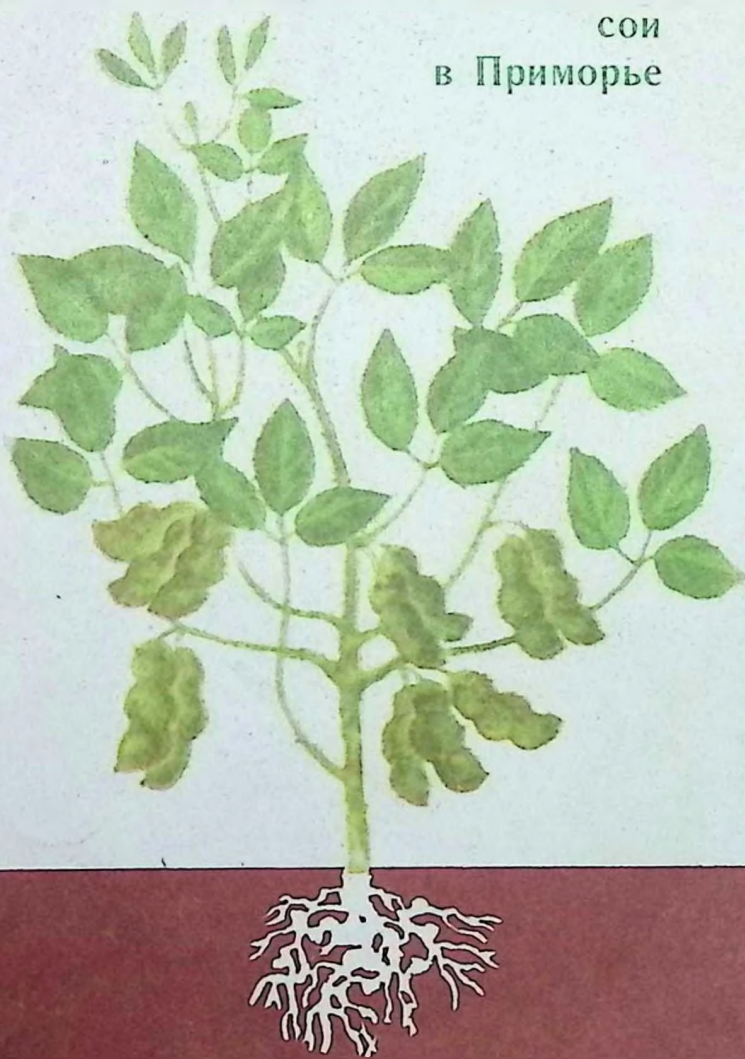


633.34

Г85

А. Т. Грицун

Основы
возделывания
сои
в Приморье



А. Т. Грицун

**Основы
возделывания
сои
в Приморье**

**Владивосток
Дальневосточное
книжное издательство
1981**

В книге обобщены результаты многолетних научных исследований Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства по биологии, агрохимии почвы и растений, а также полевых и вегетационных опытов по изучению эффективности органических и минеральных удобрений, микроудобрений, известкования и фосфоритования кислых почв под сою в условиях Приморского края.

Рекомендации по возделыванию сои помогут работникам сельского хозяйства Дальнего Востока и новых сосеющих районов в выполнении продовольственной программы, разработанной XXVI съездом КПСС.

Автор выражает благодарность сотрудникам Приморского НИИСХ В. М. Суходубу, Л. П. Капыш, Г. И. Мельникову, Л. М. Панковой, М. А. Пантелеевой, принимавшим участие в проведении полевых и вегетационных опытов, а также А. К. Чайке, А. П. Ващенко и А. А. Федорову за ценные советы при написании этой книги.

Рецензент
заслуженный агроном РСФСР
Т. К. Базжина

Библиотека
Благовещенского
сельхозинститута.

Почвенно-климатические ресурсы Приморского края

Приморский край расположен на юго-восточной окраине евразийского материка между 42—49° с. ш. и 130—139° в. д. Территория края граничит на севере с Хабаровским краем, на западе примыкает к государственной границе. Восточное и южное побережья омываются водами Японского моря.

Приморский край по рельефу является по существу горной страной. Из общей площади, составляющей 167,8 тыс. км², около 80% территории занимает горная система Сихотэ-Алинь, простирающаяся на сотни километров вдоль морского побережья с северо-востока на юго-запад. Лишь около 20% территории приходится на равнины и низменности.

Климат Приморского края носит муссонный характер с ярко выраженной континентальностью. Он обусловлен влиянием водного бассейна Тихого океана и огромных территорий Восточной Сибири.

Территория края находится под постоянным воздействием чередующихся по сезонам зимнего и летнего муссонов. Весной, летом и осенью ветры дуют с океана на материк, зимой — с материка на океан.

Зима в Приморье малоснежная и суровая. Самый холодный месяц январь. Средняя температура января на побережье — 12—15°, в приханкайских и центральных районах — 19—22°. Минимальная температура воздуха на побережье — 27—32°, в западных районах — 33—38°, в горных и предгорных — 40—43°. Средняя температура зимы по краю колеблется от —29,9° (Картуи) до —9,4° (Краскино). Абсолютный температурный минимум воздуха наблюдается в январе и составляет —51° (Вострецово), —31° (Владивосток).

В зимний период выпадает от 2,6 до 7,3% годового коли-

чества осадков, поэтому высота снежного покрова небольшая — 25—50 см в северных горно-долинных районах, 12—18 см в юго-западных районах Раздольно-Ханкайской равнины и в южных районах морского побережья. В связи с низкими температурами и незначительным снежным покровом происходит глубокое промерзание почвы (на 1,5—2 м) и создаются суровые условия для перезимовки озимых и многолетних растений.

Снег сходит в последние дни марта и в первой половине апреля. В западных районах (Ханкайском) поля зачастую освобождаются от снега в начале 3-й декады марта.

Весна в крае затяжная, холодная и засушливая. Сильно охладившаяся за зимний период почва прогревается и оттаивает медленно, что задерживает развитие микробиологических процессов. Оттаивание почвы на глубину 5 см наступает в конце марта — начале апреля.

Самая ранняя и относительно теплая весна наблюдается в юго-западных районах Раздольно-Ханкайской равнины, а наиболее холодная и затяжная — в северных горно-долинных районах. Весной в отдельных районах выпадает 16—20% годового количества осадков. Меньше всего их выпадает в центральных и юго-западных районах Раздольно-Ханкайской равнины. Вследствие сильных и сухих ветров здесь наблюдаются большие потери влаги в почве от испарения.

По наблюдениям агрометеорологической станции «Тимирязевский», в апреле и начале мая испарение влаги с поверхности почвы значительно превосходит количество осадков, выпадающих в это время. На весенние месяцы приходится более 60% дней с суховейнными явлениями. Весной нередко наступают длительные периоды без осадков (10—15, иногда более 20 дней).

Отсутствие осадков весной даже в течение одной декады вызывает почвенную засуху. Абсолютное содержание влаги в пахотном слое почвы опускается до уровня коэффициента увядания, а иногда и ниже.

Наступление вегетационного периода по отдельным районам (переход среднесуточной температуры через $+5^{\circ}$) устанавливается 13—23 апреля с колебаниями 30 марта — 8 апреля, 25 апреля — 9 мая, через 10° — 4—28 мая. Весенние заморозки прекращаются 30 апреля — 15 мая, но в отдельных случаях бывают 23—27 мая и даже 19 июня (Ольга).

Лето в Приморском крае жаркое, с обильными осадками. Наиболее теплый период года в континентальных районах края — вторая половина июля — первая половина августа. По многолетним данным, средняя продолжительность лета в При-

морье около 85 дней. За вегетационный период в среднем по краю накапливается более 2600° активных температур, а за период вегетации сои и кукурузы более 2300°.

Летние осадки распределяются неравномерно и чаще всего выпадают в виде ливней, в это время их количество достигает 100—200 мм и более. Сумма осадков за летний период по отдельным районам составляет 44—54,3% годового количества. Ливневые дожди в отдельные годы являются причиной наводнений, приносящих большой ущерб сельскому хозяйству.

Засушливые периоды чаще всего наблюдаются в первую половину лета, когда в течение двух и более декад осадков почти не бывает. По этим причинам ранние зерновые культуры (особенно яровая пшеница, ячмень), однолетние и многолетние кормовые травы в полевых севооборотах имеют отрицательный баланс продуктивной влаги от 23 мм (пшеница) до 75 мм (бобово-злаковая травосмесь).

Высокая относительная влажность воздуха (80—90%) в сочетании с высокими температурами в летнее время способствует интенсивному развитию грибных заболеваний сои и других сельскохозяйственных культур на всей территории края.

Осень в Приморье достаточно богата осадками (особенно сентябрь) и теплыми днями. Средняя температура сентября в северных районах 12—13°, на остальной территории края 14—15°.

Безморозный период по отдельным районам края делится от 129 (Ольга) до 164 (Краскино) дней. Однако бывают и отклонения от 105 до 147 и от 153 до 181 дня соответственно. Продолжительность вегетационного периода (переход температуры через +5°) по отдельным сельскохозяйственным районам составляет 174—189 дней. Заморозки в воздухе, по средним данным, начинаются в конце сентября—начале октября. В отдельные годы заморозки возможны и в середине сентября.

Почвы. В Приморском крае из общей площади сельскохозяйственных угодий (1250 тыс. га) пашня занимает 690 тыс. га (55%), сенокосы — 235 тыс. га (19%), пастбища — 325 тыс. га (26%). В основных земледельческих районах края используются под пашню буро-подзолистые, лугово-бурые оподзоленные, луговые глеевые, бурые лесные оподзоленные и аллювиальные (дерново-аллювиальные, остаточнопойменные) почвы.

Бурые лесные почвы формируются по шлейфам пологих сопков на слабоскелетных рыхлых, а также на тяжелых суглинках и глинах. Мощность гумусового горизонта 5—10 см, содержание органического вещества в нем 2,5—3%, иногда 5%. Гумусовый горизонт постепенно переходит в осветленный, мощность

которого колеблется от 15 до 30 см. Бурые лесные почвы характеризуются очень кислой, кислой и слабокислой реакцией среды — pH (KCl) 3,8; 4,5—5,2, повышенной гидролитической кислотностью — 3—5,3 мг экв на 100 г почвы. Сумма поглощенных оснований, в зависимости от разности, колеблется от 13 до 25 мг/экв на 100 г почвы. Содержание общего азота 0,05—0,22%. Занимая повышенные элементы рельефа, эти почвы хорошо дренированы, быстро впитывают влагу и обычно не испытывают переувлажнения. При проведении известкования и применении удобрений бурые лесные почвы могут быть использованы под посев сои.

Буро-подзолистые почвы формируются на пологих шлейфах предгорий и увалах равнин. Они имеют неглубокий гумусовый горизонт — от 7 до 14 см, бедны органическим веществом, подвержены эрозийным процессам и обладают слабовыраженной структурой. В пахотных землях содержание гумуса в пахотном слое (А пах.) варьирует от 2,5 до 5%, в осветленном (подзолистом) горизонте от 0,6 до 1,5%. Содержание общего азота в гумусовом слое колеблется от 0,13 до 0,24%, валового фосфора — от 0,07 до 0,15%. Эти почвы имеют очень кислую и кислую реакцию среды — pH (KCl) 4,4—4,9. Обменная кислотность (по Соколову) невысокая — 0,01—0,09 мг/экв на 100 г почвы, но при подкислении до pH 4,1—4,2 она увеличивается за счет алюминия до 3—5 и даже 8 мг/экв на 100 г почвы. Гидролитическая кислотность в этих почвах значительная — 4,7—7,4 мг/экв на 100 г почвы. Сумма поглощенных оснований составляет 12—18 мг/экв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями 55—60%. Буро-подзолистые почвы требуют введения противоэрозийных севооборотов и окультуривания путем систематического обогащения пахотного слоя органическим веществом, известкования, фосфоритования, улучшения водопроходной структуры посевами клевера и бобово-злаковой травосмеси.

Лугово-бурые оподзоленные почвы занимают меньшие высоты по сравнению с буро-подзолистыми и залегают на платообразных пологих шлейфах и прилегающих к ним увалах. Гумусовый горизонт мощностью 16—20 см более резко сменяется осветленным (подзолистым) горизонтом мощностью 15—20 см с содержанием большого количества орштейнов. Содержание гумуса в верхнем слое (А₁) 4,5—7%, в пахотном слое 3,5—5,5%. Количество общего азота колеблется от 0,14 до 0,28%, валовой фосфорной кислоты — от 0,08 до 0,20%. Почвы обладают кислой и среднекислой реакцией среды — pH (KCl) 4,6—5,2. Обменная кислотность 0,08—0,1 мг/экв на 100 г почвы, при подкислении 1,5—2,5 мг/экв на 100 г почвы. Гидролитическая

кислотность составляет 4—8 мг/экв на 100 г почвы, в северных районах края 11—12 мг/экв на 100 г почвы. Сумма поглощенных оснований достигает 18—25 мг/экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 65—70%. Лугово-бурые оподзоленные почвы имеют наибольшее распространение в крае, но они, как и буро-подзолистые почвы, нуждаются в окультуривании.

Луговые глеевые почвы занимают более низкие высоты равнинного ландшафта и формируются на первой террасе оз. Ханка, на надпойменных террасах широких речных долин. По морфологическому строению профиля и химизму эти почвы довольно разнообразны. Они различаются по мощности гумусового горизонта, содержанию органического вещества, а также проявлению процессов оподзоливания и оглеения. Луговые глеевые почвы по содержанию гумуса (4,5—6,5), общего азота (0,18—0,28) и валового фосфора приближаются к лугово-бурым оподзоленным почвам, за исключением луговых перегнойно-глеевых почв, где мощность гумусового горизонта 50—60 см и выше. Реакция среды этого типа почв находится в довольно широком диапазоне — от 4,3 до 5,8 pH (KCl), а зачастую переувлажняющихся массивах величины pH (KCl) опускается до самых низких значений — 4,2—3,8. Гидролитическая кислотность луговых глеевых почв достигает 7,9 мг/экв на 100 г почвы и выше. Сумма поглощенных оснований 15—19 мг/экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 70—80%. Эти почвы также нуждаются в известковании. Они в большей степени подвергаются избыточному увлажнению, поэтому крупные массивы таких почв целесообразно использовать под посев орошаемого риса.

Все перечисленные типы почв по механическому составу относятся к тяжелым суглинкам и глинам, обладают слабовыраженной структурой, а на массивах, подвергающихся плоскостной эрозии, бесструктурны. Эти почвы быстро переувлажняются после обильных осадков и также быстро (в течение одной декады) теряют влагу. Наступает почвенная засуха, растения испытывают явный дефицит продуктивной влаги. Особенно большой дефицит продуктивной влаги в весенний период отмечается на ранних зерновых культурах: пшенице, ячмене, в посевах клевера и бобово-злаковой травосмеси. Поэтому на этих почвах необходимо накапливать влагу и оберегать ее для периода минимальных осадков и максимальной потребности растений. Аккумулятивный дренаж (водопоглощающие траншеи) и глубокий окультуренный пахотный слой почвы в этом отношении являются высокоэффективными комплексными приемами в местных условиях.

Аллювиальные (наносные) почвы формируются в долинах и поймах рек. Здесь различаются слоистые остаточно-пойменные и дерново-аллювиальные почвы. Первые, как правило, залегают в пойменной части долины, имеют легкий механический состав и подстилаются на небольшой глубине отложениями песка и гальки. Дерново-аллювиальные почвы формируются на более повышенных частях долины. Они имеют хорошо выраженный гумусовый горизонт, подстилаемый с глубины 20—70 см гравийно-галечными наносами разной степени заиленности. Содержание гумуса невысокое (2,5—3,5%), но, учитывая мощность наноса, они более богаты органическим веществом, поэтому обладают более высоким потенциальным плодородием. Аллювиальные почвы обладают средне- и слабокислой реакцией среды (рН 4,8—5,8), степень насыщенности основаниями колеблется от 72,5 до 92%. По механическому составу эти почвы относятся к легким и средним суглинкам. Гидролитическая кислотность невысокая, чаще отмечается в диапазоне 2,2—4,5 мг/экв на 100 г почвы. Содержание легкодоступных для растений фосфатов в этих почвах высокое. В пахотном слое запасы подвижного фосфора составляют 20—35% общего содержания его в минеральной форме, в то время как в лугово-бурой оподзоленной почве их всего 3—10%.

Водный режим лугово-бурой оподзоленной почвы в севообороте

Под водным режимом почвы (Родс, 1965) понимают совокупность всех явлений, связанных с поступлением влаги в почву, ее передвижением, расходом из почвы и изменением ее состояния в корнеобитаемом слое почвы. Режим влажности почвы охватывает все явления увеличения и уменьшения содержания влаги в почве.

В Приморском НИИСХ изучение динамики влажности почвы под посевом основных культур полевого севооборота начато в 1940 г., со времени закладки агрохимического стационара. Систематические наблюдения за влажностью в однометровом слое почвы ведутся с 1946 г. Влажность почвы определялась весовым методом, в семи слоях почвы 5 и 20 числа с мая по октябрь.

При анализе фактического материала по режиму влажности почвы в динамике под посевом сои за период вегетации в девятипольном севообороте агрохимического стационара за 25-лет-

ний срок наблюдений определился ряд весьма существенных положений.

Ход влажности почвы пахотного слоя за вегетационный период представляет трехвершинную кривую с максимумом в мае и сентябре и минимумом в конце июля — начале августа (табл. 1).

Таблица 1. Средняя влажность лугово-бурой оподзоленной почвы в агрохимическом стационаре под посевом сои, % на абсолютно сухую почву

Генетический горизонт	Слой почвы, см	5/V	20/V	5/VI	20/VI	5/VII
A ₁	0—10	30,4	31,0	32,0	30,4	28,3
	10—20	30,8	30,0	31,5	31,5	30,1
A ₂	20—30	23,8	23,7	23,9	23,6	23,3
	30—40	25,0	23,6	24,3	23,9	24,1
B ₁	40—60	30,2	31,1	32,5	31,8	31,7
	60—80	33,2	33,1	32,5	32,9	32,7
B ₂	80—100	31,6	31,5	30,3	31,0	30,7
	0—20	30,6	30,5	29,7	30,3	29,2
	0—40	27,5	27,1	27,9	27,3	26,4
	0—100	29,3	29,1	29,6	29,1	28,7

Генетический горизонт	Слой почвы, см	20/VII	5/VIII	20/VIII	5/IX	20/IX	5/X
A ₁	0—10	29,7	28,6	28,2	32,7	34,8	35,6
	10—20	29,0	27,4	26,6	30,1	30,1	33,0
A ₂	20—30	22,8	22,2	22,2	24,4	23,4	27,6
	30—40	23,7	23,7	24,1	24,7	25,9	25,8
B ₁	40—60	32,3	31,4	32,0	32,8	32,8	33,4
	60—80	32,4	33,0	32,5	32,8	33,3	33,8
B ₂	80—100	30,3	31,0	30,9	32,0	32,4	32,5
	0—20	29,3	28,0	27,4	31,4	32,4	34,3
	0—40	26,3	25,5	25,5	28,0	28,6	30,3
	0—100	28,6	28,2	28,2	29,9	30,4	31,6

В зависимости от слоя почвы влажность за ее вегетационный период колеблется в значительных пределах. Самое большое колебание наблюдается в пахотном слое почвы. В верхней его части в слое 0—10 см разница в содержании влаги в почве между летним минимумом и весенним (майским) максимумом составляет в среднем 3,8%, а осенним (сентябрьским) — 6,6%. В нижней части пахотного слоя (10—20 см) эта разница составляет соответственно 4,9 и 3,5%.

В подпахотном слое (A₂) в течение всего вегетационного периода содержится самый низкий процент влаги в почве. Если

в пахотном слое почвы весной содержится влаги 30,5%, летом — 29,4% и осенью 32,7%, то в подпахотном содержится ее соответственно 24, 23,5 и 25,3%.

Влажность почвы иллювиального горизонта (B_1 , B_2) не подвержена значительным колебаниям. Она остается стабильной в течение вегетационного периода, наблюдается только тенденция увеличения ее от весны к лету и к осени. Разница во влажности почвы в эти периоды года составляет в слое 40—60 см 1,5—3,2%, в слое 60—80 см — 0,7—1,3% и в слое 80—100 см — 0,7—2,2%.

Иллювиальный горизонт (B_1 , B_2) содержит большой процент физической глины и коллоидальных частиц, обеспечивающий низкую его водопроницаемость и высокую водоудерживающую способность.

Большое количество осадков в летне-осенний период, бесструктурность гор. A_1 и водонепроницаемость гор. B_1 определяют динамику влажности местных почв. Во время ливневых осадков гор. A в силу водонепроницаемости гор. B быстро переувлажняется. Во время небольшого периода без осадков (8—10 дней), ввиду бесструктурности гор. A_1 , влажность быстро уменьшается, и растения страдают от засухи.

Рассматривая динамику влажности в метровом профиле почвы, нетрудно убедиться в том, что слой от 0 до 40 см (гор. A_1 и A_2) является наиболее активным. В этом слое влажность находится в прямой зависимости от осадков и других элементов погоды и колеблется в течение короткого времени в больших пределах.

В иллювиальном горизонте (B_1 , B_2), наоборот, влажность характеризуется стабильностью в течение всего теплого периода года. Поднятие влаги в вышележащие и просачивание в нижележащие горизонты происходят в слабой степени и по величине они близки. По данным Дятловой (1938), просачивание до 1 м наблюдается при выпадении осадков в количестве около 100 мм и при выпадении их подряд в течение нескольких дней.

Влажность иллювиального горизонта (B_1 и B_2) является резервной для культурных растений, но капиллярное поднятие ее к верхнему пахотному слою происходит медленно и при значительном подсыхании последнего. Использование резервной влаги (гор. B_1 и B_2) может осуществляться непосредственно корнями растений, проникаемыми сюда на фоне глубокой дренажной вспашки, аккумулятивного дренажа, глубокого рыхления подпахотного слоя и других вариантов окультуривания почвы.

У сои в фазе цветения и бобообразования наблюдается самая высокая потребность в почвенной влаге. В этот критический период (август) влажность почвы пахотного слоя (0—20 см) составляет 27,7%, подпахотного (20—40 см) 23,2% и иллювиального — 31,8%, а наименьшая влагоемкость составляет соответственно 79, 92 и 104%. По данным Степановой (1972), при запасах влаги в почве 75% наименьшей влагоемкости (НВ) задерживается прирост вегетативных органов.

По нашим наблюдениям, развитие сои в период всходов и начала цветения (20/VI—20/VII) проходит при влажности почвы 84—88% НВ в слое 0—20 см и в период цветения и формирования зерна (5/VIII—20/IX) — при 85—95% НВ в слое 0—40 см.

Таким образом, в отдельные годы критический период сои проходит при таком уровне влажности, который оказывает явное тормозящее действие на прирост всей вегетативной массы.

Наблюдаются также годы, когда влажность почвы пахотного слоя в период цветения и налива зерна находится на уровне 100% НВ и более, что приводит к нарушению нормальных водно-воздушных условий для жизни растений и формирования урожая.

Следовательно, соя в сухие годы в наиболее ответственный период (цветение — бобообразование) развивается в условиях недостаточной обеспеченности влагой. Дефицит влаги снижает темпы прироста вегетативной массы, что приводит к уменьшению урожая зерна. У сои за 10-летний период получается таких 1—2 года.

Баланс продуктивной влаги и адаптация сои к условиям увлажнения

Структура и качество урожая сои находится в прямой зависимости от степени увлажнения почвы. Первые исследования о потребности сои во влаге в Приморском НИИСХ выполнены в вегетационных условиях Кадомцевой и Старостиным в 1930 и 1931 гг. Максимальный урожай как общей массы, так и зерна сои достигнут при влажности почвы 80% полной влагоемкости (ПВ). По нашим данным, лугово-бурья оподзоленная почва на стационарном участке Приморского НИИСХ имеет 56% ПВ. Следовательно, наилучшие условия для развития соевого растения создаются при влажности корнесобитаемого слоя почвы 44,8%. Даже при повышенной

влажности почвы (90—100% ПВ) соя не страдает от ее избытка и дает высокий урожай. С повышением влажности (80—90%) увеличивается количество бобов, масса 1000 зерен и высота растений. При оптимальной влажности почвы (80%) продуктивная часть формируется с высоким содержанием жира (21,9%) и пониженным содержанием белка (34,2%). В годы с большим количеством летних осадков и высокой влажностью почвы удлиняется вегетационный период; зерно сои, как правило, имеет пониженный процент сырого протеина.

Результаты опытов выявили другую биологическую особенность сои — сильную чувствительность к засухе. При влажности почвы 20, 30 и даже 40% ПВ резко снижается урожай общей массы и зерна сои. Если урожай сои, полученный при влажности почвы 80% ПВ, принять за оптимальный (100%), то при влажности 50—40% он составляет 60—68%. А если в течение всего вегетационного периода влажность почвы держится на уровне 30—20% ПВ, то урожай сои составляет всего лишь 40—20%.

На эту биологическую особенность культуры указывают многие исследователи. Так, Момот (1930) сообщает, что недостаток влаги в период цветения, особенно формирования бобов, и сухие ветры со сравнительно наибольшей влажностью воздуха, очевидно, имеют решающее влияние на урожай, понижая его. По мнению Лещенко (1948), засуха во время цветения и налива бобов, как атмосферная, так и почвенная, отрицательно влияет на продуктивность сои. Такого взгляда придерживается и ряд дальневосточных авторов (1932, 1951, 1960).

В 1931 г. в Приморском НИИСХ Кадомцевой был поставлен вегетационный опыт с переменной влажностью для определения потребности сои во влаге в разные фазы развития. В опыте взяты основные фазы развития: I — от посева до образования 5-го тройчатого листа, II — до цветения, III — до формирования нижних бобов, IV — до налива нижних бобов, V — до конца созревания. Самая высокая продуктивность сои получается, когда в фазу цветения и бобообразования влажность почвы держится на уровне 70—80% ПВ. В вариантах, где первые фазы, включая цветение и бобообразование, проходят при влажности, близкой к оптимальной, а последующие — до полного созревания — при пониженной (30, 40, 50% ПВ), растения сои хорошо развиваются и также дают высокий урожай. Самый низкий урожай сои формируется в случае, когда начальные (до цветения) и конечные (налив и созревание) фазы развития проходят в условиях повышенной и высокой влажности почвы (100—120% ПВ).

Данные этого опыта свидетельствуют, что соя обладает высокой устойчивостью к избыточному увлажнению, особенно после появления всходов. Растения сои не теряют своей жизнедеятельности и в том случае, когда условия анаэробноз создаются до появления всходов. Следует заметить, что продуктивность сои как в случае создания слоя воды на поверхности почвы до всходов, так и после их появления сильно снижается. Данное положение подтверждает высокую адаптационную способность сои к внешним факторам жизни.

В результате опыта было установлено, что благоприятный водный режим почвы в течение всего периода вегетации или в критический период обеспечивает отношение зерна к соломе, близкое к норме (1 : 1). Избыток влаги в почве или ее недостаток в критический период и в конце вегетации снижают урожай зерна и увеличивают выход соломы.

Вопрос о потребности растений сои во влаге по фазам развития представляет большой теоретический и практический интерес. В Приморском НИИСХ мы продолжили его исследование в связи с изучением минерального питания сои. Вегетационные опыты проводились с 1966 по 1969 г. без удобрений и на фоне полного минерального удобрения (НПК). Опыты проводились в вагнеровских сосудах емкостью 5 кг сухой почвы. Для опытов брали лугово-бурую оподзоленную маломощную почву; по механическому составу — тяжелый суглинок. Минеральные удобрения применяли в виде аммиачной селитры, суперфосфата простого и калийной соли в дозе 1 г д. в. на сосуд каждого вида (табл. 2).

Данные этих исследований хорошо согласуются с результатами опытов 1930—1931 гг. И в этих опытах максимальный урожай растений сои формируется при влажности почвы во все фазы развития 80% ПВ. Влияние других вариантов влажности находится в прямой связи с фоном питания.

Соя оказалась достаточно отзывчивой на уровень влажности и питания. На фоне без удобрений не наблюдалось больших колебаний в урожае зерна и общей массы в зависимости от степени увлажнения почвы. Существенное снижение урожая сои получено при влажности почвы 100% ПВ в течение всего цикла развития в сравнении с оптимальной (80% ПВ). Самую высокую продуктивность на этом фоне обеспечил вариант с переменным увлажнением — до фазы цветения 80% ПВ на уровне оптимальной, от цветения до налива 100% ПВ и в фазу формирования и созревания зерна 60% ПВ. Самый неблагоприятный режим влажности почвы для сои оказался — до бобообразования 60% ПВ, до фазы побурения бобов — 30% ПВ. Вариант с

Таблица 2. Влияние влажности почвы и фона минерального питания на продуктивность сои Приморская 529, г/сосуд

Номер варианта	Влажность почвы, % ПВ	1966		1967		1968		1969		Среднее, г		Среднее, %	
		общая масса	зерно	общая масса	зерно	общая масса	зерно	общая масса	зерно	общая масса	зерно	общая масса	зерно
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Без удобрения</i>													
1	60	9,0	4,3	11,5	5,5	6,3	3,2	15,7	7,8	10,6	5,2	98	98
2	80	9,6	4,4	11,6	5,8	6,3	3,3	15,7	7,6	10,8	5,3	100	100
3	100	8,9	4,2	8,6	3,9	7,4	3,4	13,9	5,9	9,7	4,4	90	83
4	60 — до цветения	За два года в сравнении с вариантом 2											
	80 — до полного налива												
	60 — до созревания	9,0	4,5	10,4	5,0	—	—	—	—	9,7	4,8	92	94
5	80 — до цветения												
	100 — до налива												
	60 — до созревания	9,8	4,8	11,7	5,7	6,7	3,2	17,9	8,6	11,5	5,6	107	106
6	60 — до ветвления												
	80 — до цветения												
	100 — до бобообразования												
	120 — до полного налива												
	60 — до созревания	9,6	4,5	10,8	5,3	6,0	3,0	14,6	6,4	10,2	4,8	94	91
	60 — до бобообразования	За два года в сравнении с вариантом 2											
	30 — до побурения бобов												
						5,8	2,8	12,3	5,5	9,1	4,2	83	76

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Полное минеральное удобрение (NPK)</i>													
1	60	62,5	27,8	70,8	32,1	63,2	31,7	82,0	42,2	69,6	33,5	81	82
2	80	85,4	40,0	89,9	43,0	79,4	37,6	89,3	43,5	86,0	41,0	100	100
3	100	76,8	35,8	45,2	19,9	57,5	25,8	57,8	24,9	59,3	26,6	69	65
	60 — до цветения	За два года в сравнении с вариантом 2											
4	80 — до полного налива												
	60 — до созревания	51,7	17,2	85,8	41,0	—	—	—	—	68,7	29,1	78	70
	80 — до цветения												
5	100 — до налива												
	60 — до созревания	66,6	29,9	95,1	43,1	63,3	30,8	74,9	35,8	74,9	35,7		
	60 — до ветвления												
	80 — до цветения												
6	100 — до бобообразования												
	120 — до полного налива												
	60 — до созревания	69,7	29,4	95,3	47,9	60	28,5	72,2	31,8	74,3	34,4	86	84
	60 — до бобообразования												
	30 — до побурения бобов						36,4	11,5	37,2	13,2	36,8	12,4	44 31

постепенным увеличением влажности от ветвления до фазы полного налива не дал положительного результата.

Аналогичная картина наблюдалась и в прежних опытах. Поэтому можно заключить, что избыточная влажность (выше 80% ПВ) в фазы налива и формирования зерна вредна.

На фоне полного минерального удобрения влияние влажности почвы на продуктивность сои проявляется резче и нагляднее, чем на фоне без удобрения. Растения, выросшие при влажности почвы 80% ПВ, имеют большую урожайность, чем выросшие на почве с влажностью 60% ПВ. При влажности почвы 100% ПВ растения угнетаются сильнее, чем на фоне без удобрений.

Следует заметить, что засуха в фазу налива и формирования отрицательно сказалась на урожайности, которая составила всего 31% от оптимальной. Аналогичные результаты в вегетационном опыте получил Бурлака (1967). Данные урожайности сои хорошо согласуются с результатами биометрического анализа, развитием корневой системы, образованием клубеньков на корнях, а также с качеством продукции.

На фоне без удобрения все показатели структуры урожая, вес воздушно-сухой надземной массы и корней выгодно отличаются в варианте, где влажность почвы в течение вегетации сои была 80—100—60% ПВ (80% — до цветения, 100% — до налива, 60% — до созревания).

На фоне повышенного уровня минерального питания (НРК) большим преимуществом по всем показателям структуры отличаются растения, развивающиеся при влажности 80—60% ПВ и переменной влажности почвы (80—100—60%).

Растения, развивающиеся в течение вегетации при влажности почвы 100% ПВ, имели показатели биометрического анализа значительно ниже, чем растения предыдущих вариантов, но по высоте растений, весу корней и клубеньков мало чем уступали последним. Этот момент подчеркивает высокую адаптационную способность сои к условиям почвенно-воздушной среды. Самые низкие показатели биометрического анализа у растений, выросших при влажности почвы 60—30% ПВ.

С повышением влажности почвы увеличивается содержание жира и снижается содержание протеина и наоборот. Засуха в фазу налива и формирования зерна ведет к значительному снижению процента жира и повышению сырого протеина. Применение полного минерального удобрения повышает содержание жира в зерне на 1,5—2% и несколько снижает содержание протеина.

СУММАРНЫЙ РАСХОД ВОДЫ В ПОЧВЕ ПОД СОЕЙ

В вегетационном опыте (1969) при изучении потребности сои во влаге мы учитывали суммарный расход воды по трем вариантам опыта (60, 80 и 100% ПВ) в три межфазных периода: от всходов до начала цветения (43 дня), до конца бобообразования и начала налива (34 дня), до созревания (35 дней). В полевых условиях суммарное испарение воды из почвы определяли путем учета запасов влаги в слое почвы 0—40 см в начале и конце периода (всходы 1 июня, созревание 1 октября), осадков и поверхностного стока (П ст.) по уравнению:

$$СИ = W_n - W_k + (P - П \text{ ст.}),$$

где СИ — суммарное испарение, мм; W_n и W_k — запасы влаги в начале и конце периода, мм; P — сумма осадков; П ст. — поверхностный сток за период.

По материалам стоковой станции ДВНИГМИ (1968), в районе Приморского НИИСХ коэффициент стока за летний период составляет 18%. Степанова (1972) установила, что при переменной влажности почвы суммарное испарение в среднем за период вегетации у различных по скороспелости сортов сои колеблется от 318 до 472 мм, а при постоянной влажности (85—95% ПВ) суммарное испарение с поля, занятого среднеспелым сортом Кубанская 276, составляет 550—600 мм.

В условиях Приморья у среднепозднего сорта сои Приморская 529 максимальное накопление сухого вещества происходит в фазу цветения — бобообразования (табл. 3). Если сухую массу, накопленную растением сои к уборке, принять за 100%, то в наиболее ответственную фазу цветения — бобообразования ее образуется 63,9%. Сухая масса, накапливаемая в первоначальные фазы развития, до цветения составляет 17,8%, а в фазу налива — созревания 18,3%. В отношении темпов накопления сухой массы и продуктивности фотосинтеза соя не имеет себе аналогов среди культур, выращиваемых на Дальнем Востоке.

За период в 25—36 дней, который составляет 25% вегетационного периода, растения сои накапливают 52—64% сухой массы от максимального ее накопления к созреванию. Хотя этот период (цветение — бобообразование) у сои как по накоплению сухой массы, так и по потреблению элементов питания и влаги, является критическим, в условиях Дальнего Востока он не всегда определяет урожай зерна. Подробнее об этом мы скажем несколько ниже.

Суммарный расход воды на образование единицы сухого

Таблица 3. Суммарное испарение воды соей (опыт вегетационный), мм

Влажность почвы, % ПВ	Вариант опыта	Всходы — начало цветения (15/V—27/VII)			Начало цветения — начало налива (28/VII—1/IX)		
		г на сосуд		на 1 г сухого вещества, г воды	г на сосуд		на 1 г сухого вещества, г воды
		сухой массы	расход воды		сухой массы	расход воды	
60	Без удобрения	3,2	3850	1203	11,5	11560	1005
	НРК	18,8	18875	1004	63,9	51040	799
80	Без удобрения	3,7	5273	1425	12,5	15125	1210
	НРК	22,6	24883	1101	69,8	72243	1015
100	Без удобрения	2,3	3036	1320	9,5	12778	1345
	НРК	11,4	14068	1234	41,3	53855	1304

Окончание табл. 3

Влажность почвы, % ПВ	Вариант опыта	Налив — созревание (2/IX—5/X)			Всходы — созревание (15/VI—5/X)			Зерно	
		г на сосуд		на 1 г сухого вещества, г воды	г на сосуд		на 1 г сухого вещества, г воды	сухой вес, г	расход воды, г на 1 г зерна
		сухого вещества	расход воды		сухого вещества	расход воды			
60	Без удобрения	3,3	2640	800	18,0	18050	1003	5,2	3470
	НРК	11,3	7910	610	94,0	77785	828	33,5	2322
80	Без удобрения	3,0	3069	1024	19,2	23467	1222	5,3	4428
	НРК	10,2	8282	812	102,6	105408	1027	41,0	2571
100	Без удобрения	3,3	4019	1218	15,1	19833	1314	4,4	4507
	НРК	10,8	13435	1244	63,5	81339	1281	26,6	3059

Примечание. НРК — аммиачная селитра, двойной суперфосфат и 40%-ная калийная соль — вносились из расчета 1 г д. в. на сосуд.

вещества зависит от влажности почвы и колеблется в значительных пределах. Наименьший расход воды наблюдается при влажности 60% ПВ. С увеличением влажности почвы суммарное испарение возрастает, достигая в нашем опыте максимума при 100% ПВ. Эта закономерность наблюдается и при внесении

в почву полного минерального удобрения. С увеличением влажности почвы до 80—100% ПВ расход воды на образование единицы сухого вещества возрастает.

При любой влажности почвы максимальное количество воды на образование единицы сухого вещества сои расходуется в первоначальные фазы — до цветения. В фазу начала цветения — конец бобообразования и начала налива расход воды уменьшается при влажности почвы 60 и 80% ПВ, а при влажности 100% ПВ возрастает. В период налива — созревания потребление воды заметно сокращается.

Важно отметить, что при внесении в почву полного минерального удобрения расход воды на формирование единицы сухого вещества растения сои заметно уменьшается. Особенно наглядно это проявляется при влажности почвы 60 и 80%; расход воды на образование сухого вещества снижается на 16—18%, зерна — на 32—42%.

На окультуренных почвах, а также при непосредственном внесении минеральных удобрений под сою создается как бы резерв почвенной влаги за счет уменьшения суммарного испарения. Этот резерв составляет 16—42%, и за счет него обеспечивается повышение урожайности сои.

Ряд исследователей указывает, что удобрения выступают как фактор, усиливающий поглощение воды почвой и корневой системой (Сабинин, 1955; Колясев, 1957; Петинцов, Павлов, 1961; Филимонов с соавт., 1974, и др.). В результате повышается урожайность сельскохозяйственных культур при поливах и внесении удобрений.

По данным Степановой (1972), средний расход влаги на транспирацию у сои составляет 50—60% суммарного испарения влаги, хотя она может варьировать по периодам развития очень широко, в пределах 19—95%.

Суммарное водопотребление сои за вегетационный период в нашем полевом опыте складывается также из транспирации растениями и испарения влаги с поверхности почвы. Количественное определение водопотребления сои мы учитываем методом водного баланса почвы, основанного на динамике влажности ее под соей.

Приходная часть баланса поля сои складывается из следующих элементов: почвенной влаги, учитываемой по разности запасов в начале и конце вегетации ($1/VI - 1/X$); осадков за период вегетации сои. В расходную часть водного баланса входит поверхностный сток, равный 18% общего количества осадков, суммарное испарение (транспирация растений + испарение с поверхности почвы).

Расчет водного баланса в слое почвы 0—40 см произведен нами по уравнению (1973):

$$B_1 - B_0 = (O_c - \text{ПО ст.}) - P,$$

где B_0 — начальный запас влаги в почве; B_1 — конечный запас влаги в почве; O_c — сумма осадков за период вегетации сои; ПО ст. — величина поверхностного стока; P — суммарный расход влаги из слоя 0—40 см.

При отрицательном значении P происходит расход влаги из почвы, при положительном — приход влаги в почву.

Определяя суммарное испарение с поля, занятого соей, мы использовали результаты наблюдений за динамикой влажности почвы в агрохимическом стационаре Приморского НИИСХ (1947—1974 гг.). Сумма осадков определялась по данным агрометеостанции «Тимирязевский».

За указанный срок наблюдений суммарное испарение воды с поля, занятого соей, составило 328 мм (3280 м³). Этот показатель по годам колеблется в больших пределах: от 182 (1970) до 477 мм (1974) и находится в прямой зависимости от количества осадков, выпадающих за период вегетации сои. Коэффициент корреляции между суммарным испарением воды и количеством выпадающих осадков равен $0,96 \pm 0,022$ с колебанием от $0,88 \pm 0,09$ до $0,98 \pm 0,02$.

Средний урожай сои в агрохимическом стационаре получен без удобрения 11,7 ц/га и на фоне комплексного удобрения 15,8 ц/га. При такой урожайности в слое почвы 0—40 см складывается положительный баланс воды — 11,1 мм. В соответствии с этим урожаем и суммарным испарением при переменной влажности коэффициент водопотребления сои составил на неудобренной почве 250 м³/ц, на удобренной 208 м³/ц.

Таким образом, суммарное водопотребление сои при постоянной влажности заметно выше, особенно в контрольных вариантах (без удобрения). В вариантах с применением удобрения суммарный расход и коэффициент водопотребления остаются стабильными и заметно меньшими по сравнению с контролем.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ СОИ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГОЙ

Водообеспеченности растений как в период всей вегетации, так и по отдельным фазам, особенно в критическую, придается особое значение (Вериге, Разумова, 1973; Шульгин, 1967; Роде, 1969, и др.).

Почти во всех слоях почвы от весны к середине лета про-

исходит постепенное уменьшение запасов продуктивной влаги, достигая минимальной величины к концу лета. В активном слое почвы (0—40 см) наименьшее количество продуктивной влаги содержится в августе (5/VIII—20/VIII), то есть в наиболее ответственный период жизни растений сои — бобообразования и начала налива зерна.

Так как значительная часть осадков выпадает в летне-осенний период, максимальные запасы продуктивной влаги в активном и в однометровом слое почвы содержатся в сентябре — октябре. Наиболее доступной для растений (Роде, 1965; Долгов, 1957; Рыжов, 1948, и др.) является влажность почвы в пределах 75—85% предельной полевой или наименьшей влагоемкости (НВ). Влажность почвы, которая находится в интервале от влажности завядания растений до 75% НВ, считается физиологически труднодоступной. Эту влажность Долгов называет влажностью торможения роста растений.

По данным Степановой (1972), как только запасы влаги в почве достигают 75% НВ, происходит торможение прироста вегетативных органов. Чтобы избежать это торможение, влажность почвы должна быть 75—90% НВ в слое 0—20 см в период от появления всходов до начала цветения и в слое 0—50 см в период цветения и формирования плодов.

Наши исследования показывают, что в зоне деятельности Приморского НИИСХ в период от посева до начала цветения (20/VII) сои запасы продуктивной влаги в почве в слое 0—20 см находятся на уровне 80—90% НВ (табл. 4). На уровне 87—100% НВ они держатся в период налива и созревания растений сои. И только в непродолжительный период вегетации, но наиболее ответственный — массового цветения и бобообразования, — количество продуктивной влаги составляет 71—74% НВ. В активном слое почвы (0—40 см) в этот критический для сои период количество продуктивной влаги достигает 78—79% НВ. Период от посева сои до цветения и бобообразования проходит при запасах продуктивной влаги в этом слое в пределах 83—92%, а от бобообразования до созревания — 92—106% НВ.

В слое почвы 0—100 см влажность почвы составляет 95—101% в весенне-летний (5/V—20/VII), 92—93% в критический период (5/VIII—20/VIII) и в пределах 103—113% НВ в период формирования и созревания зерна (5/IX—5/X).

Следовательно, под посевом сои расход воды на суммарное испарение из плювиального горизонта (B_1 и B_2 60—100 см) почти не наблюдается. Правда, в засушливые для сои годы (1957, 1965) продуктивная влага этих горизонтов расходуется на суммарное испарение и в критический для сои период опус-

кается до уровня 57—70% НВ. Это дает основание заключить, что продуктивная влага, содержащаяся в горизонте В₁ и В₂, является резервной и при коренном окультуривании почвы может быть использована для повышения урожайности сои и других культур полевого севооборота. Урожай сои, полученный в длительных опытах на неудобренной почве (контроль) в 10—12 ц/га и на удобренной в 15—19 ц/га, по запасам продуктивной влаги не является предельным.

ФОРМИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЯ СОИ

Для количественной и качественной оценки водного режима почвы в формировании урожая сои, а также для определения зависимости его от отдельных элементов мы использовали суммарное испарение влаги за период вегетации культуры, осадки за это время и также выпавшие в критический для сои период (цветение — бобообразование), запасы продуктивной влаги в активном слое почвы (0—40 см) за весь период вегетации и в критический период. При обработке материала использовались урожайности сои по двум фонам — без удобрения и на фоне комплексного удобрения (навоз + известкование + NPK в оптимальных дозах).

Результаты обработки показали отсутствие удовлетворительной связи между урожаем сои и осадками, выпадающими в период от посева (20—30/V) до созревания (5/X). Во многие годы получается обратная картина — чем больше выпало осадков, тем ниже урожай. Большое количество осадков во второй половине лета (август — сентябрь) создает избыточное увлажнение почвы, при котором наблюдается угнетение сои: отмирает часть корневой системы, опадают нижние бобки и листья, что приводит к заметному снижению урожая бобов. Коэффициент корреляции в этом случае 0,50—0,53. Аналогичная картина получается и при установлении связи между суммарным испарением влаги из почвы за период вегетации и урожаем бобов ($r=0,58\pm 0,14$; $0,60\pm 0,13$). Следует заметить, что между количеством осадков, выпадающих за период вегетации сои, и суммарным расходом влаги из почвы под посевом за это же время существует самая тесная связь ($r=0,96$). Однако корреляционная зависимость урожая сои от суммарного расхода влаги из почвы заметно бо́льшая, нежели от осадков.

Сопоставление данных урожайности с осадками, выпадающими в отдельные межфазные периоды развития растений, установило, что осадки периода цветения и бобообразования имеют более тесную связь с урожаем ($r=0,57—0,66$). Чем

больше выпадает осадков в эти фазы, тем энергичнее идет цветение, больше образуется завязей на растении и выше урожай бобов. Из всех рассмотренных элементов режима влажности запасы продуктивной влаги в активном слое почвы (0—40 см) имеют наиболее тесную связь с урожаем, причем в критический период, который длится 30—35 дней (с 20—25/VII по 25—30/VIII).

Связь между урожаем сои и запасом продуктивной влаги в критический период выражается уравнением регрессии. На фоне без удобрения $Y=0,17 \pm 1,2$; $r=0,73 \pm 0,09$; $t=8,0$; $S_y=2,25$ ц/га. На фоне комплексного удобрения $Y=0,18 \pm 3,5$; $r=0,63 \pm 0,12$; $t=5,2$; $S_y=3,26$ ц/га, где Y —урожай сои, ц/га; x —запас продуктивной влаги в активном слое почвы 0—40 см, мм; r —коэффициент корреляции, t —коэффициент существенности, S_y —ошибка уравнения регрессии. Уравнение регрессии применимо в пределах значения x от 40 до 100 мм.

Таким образом, располагая данными о запасах продуктивной влаги в активном слое почвы в период цветения и образования бобов, можно с достаточной точностью прогнозировать урожайность сои с заблаговременностью в 2—2,5 месяца.

Подгорная и Калмыкова (1970), обработав данные урожайности сои госсортоучастков за период с 1938 по 1968 г. и осадков, полученных на близрасположенных агрометеорологических станциях, установили наличие достаточно тесной связи между урожаем сои и суммой осадков за июль—август.

Наши материалы показывают, что такая связь существует, но она не достаточно тесная.

Определяя зависимость урожая сои от влагообеспеченности, мы объединили полученные урожаи в стационарном опыте за период исследования в четыре группы, а также запасы продуктивной влаги, суммарное испарение ее за период вегетации сои в слое почвы 0—40 см, и коэффициент водопотребления (табл. 5). Как на контроле, так и на удобренной почве урожай сои находится в тесной связи с запасом продуктивной влаги в активном слое почвы 0—40 см в фазу цветения и бобообразования. Имеется также существенная связь между урожаем и суммарным расходом влаги за период вегетации сои, но коэффициент корреляции в этом случае невысокий.

В варианте без удобрения в группе урожайности до 10 ц/га урожай формируется при дефиците продуктивной влаги в почве в период цветения и бобообразования, что приводит к торможению роста растений, а в конечном счете и к недобору зерна.

При внесении в почву комплексного удобрения (навоз

Таблица 4. Среднемноголетние запасы продуктивной влаги в лугово-бурой оподзоленной почве в период вегетации сои, мм

Слой почвы, см	%, ПВ	5/V	20/V	5/VI	20/VI	5/VII	20/VII	5/VIII	20/VIII	5/IX	20/IX	5/X	Изменение запасов влаги за период				
													посев — цветение	цветение — образование бобов	образование бобов — цветение	цветение — образование бобов	посев — созревание
0—10	22,9	18,1	18,6	19,5	18,1	16,1	17,4	16,4	16,0	20,2	22,1	22,8	—2,2		+6,4		+3,2
10—20	24,9	22,7	21,8	23,5	23,5	21,9	20,7	18,9	18,0	21,9	21,9	25,1	—2,9		+6,2		+3,3
20—30	16,0	14,5	14,4	14,7	14,3	13,9	13,3	12,6	12,6	15,3	14,1	19,2	—1,8		+6,6		+4,8
30—40	16,0	16,7	14,8	15,7	15,2	15,5	14,9	14,9	15,5	16,3	17,9	17,7	+0,1		+2,8		+2,9
40—60	32,9	28,1	30,6	34,2	32,4	32,2	33,7	31,4	32,9	34,9	34,9	36,5	+0,8		+5,1		+5,9
60—80	28,2	31,7	31,4	29,8	31,1	30,3	29,5	31,1	29,8	30,6	31,9	33,2	—0,3		+2,1		+1,8
80—100	27,3	10,8	30,6	27,3	29,2	28,4	27,3	29,2	28,9	31,9	33,0	33,3	—1,4		+4,1		+2,7
0—20	47,8	40,8	40,4	43,0	41,6	38,0	38,1	35,3	34,0	42,1	44,0	47,9	—5,1		+12,6		+7,5
0—40	79,8	72,0	69,6	73,4	71,1	67,4	66,3	62,8	62,1	73,7	76,0	84,8	—6,8		+22,0		+15,2
0—100	166,8	162,0	162,2	167,7	163,8	158,3	156,8	154,5	153,7	171,1	175,8	187,8	—5,4		+33,3		+25,6

Таблица 5. Влагообеспеченность и урожай сои в севообороте (1947—1974 гг.)

Группа урожайности, ц/га	Количество лет	Средний урожай, ц/га	% от периода	Запас продуктивной влаги в критический период в слое почвы 0—40 см		Суммарное испарение за период вегетации сои, мм	Коэффициент подопотребления, м ³ /ц
				мм	% ПВ		
Без удобрения							
До 10,0	8	7,8	32	53	66	266	283
10,1—15,0	12	12,8	48	64	80	312	243
15,1—20,0	5	17,2	20	70	88	374	217
20,1 и выше	нет	—	—	—	—	—	—
Комплексное удобрение (навоз+известь+ NPK)							
До 10,0	нет	—	—	—	—	—	—
10,1—15,0	11	12,2	44	56	73	268	220
15,1—20,0	8	17,6	32	65	81	319	181
20,1 и выше	6	21,2	24	69	85	369	174

40 т/га, известь из расчета 1 г.к. и полное минеральное удобрение $N_{280} P_{360} K_{280}$ за ротацию 9-польного севооборота) структура урожая сои значительно изменяется. В одних и тех же погодных условиях исчезают урожаи до 10 ц/га, количество лет с урожайностью от 15,1 до 20 ц/га увеличивается в сравнении с контролем на 12%. Под влиянием более высокого плодородия почвы растения сои, даже в критический период, не испытывают недостатка в продуктивной влаге.

На удобренной почве расход воды на образование одного центнера зерна в среднем снизился на 89 м³/ц, или 39%.

Таким образом, на окультуренной плодородной почве в условиях Приморского края запасы продуктивной влаги в почве гарантируют получение стабильного урожая сои 20 ц/га, а с внедрением в производство новых потенциально продуктивных сортов интенсивного типа — 25 ц/га и выше.

Таблица 6. Прогноз урожая сои на буро-подзолистой, лугово-бурой оподзоленной и луговой глеевой почвах, ц/га

Запас продуктивной влаги в слое почвы 0—40 см в критический период, мм	Уровень плодородия почвы		
	низкий	средний	высокий
До 50	5—7	7—9	11—13
51—65	8—10	11—14	15—17
66—80	11—13	15—18	20—22

Уровень плодородия почв (табл. 6) характеризуется следующими наиболее важными агрохимическими показателями:

низкий — почва не удобряется органическими удобрениями и известью, содержание гумуса 3—4%, глубина пахотного слоя 15—18 см, pH (KCl) 4,5—4,6. Содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) до 1,5 мг, обменного калия (K_2O) 8—10 мг на 100 г почвы, гидролитическая кислотность 5—7 мг/экв на 100 г почвы. Севооборот не освоен, посев бобово-злаковой смеси многолетних кормовых трав не проводится;

средний — севооборот введен, высеваются многолетние травы, мощность пахотного слоя доведена до 20—22 см. Содержание гумуса 4—5%, реакция кислая и слабокислая — pH (KCl) 5,0—5,4, содержание подвижного фосфора (P_2O_5) до 2,5 мг, обменного калия (K_2O) 12—15 мг на 100 г почвы, гидролитическая кислотность 3,5—4 мг/экв на 100 г почвы. В течение одной ротации 9—10-польного севооборота вносятся органических удобрений 20—30 т/га и извести 3—4 т/га;

высокий — освоен севооборот, в который введено поле интенсивного плодородия и клин многолетних кормовых трав. Почва систематически известкуется оптимальными дозами извести из расчета 1 г.к. и два раза за ротацию заправляется органическими удобрениями в дозе 5—6 т/га пашни. рН (KCl) 5,8—6,2, гидролитическая кислотность 1,5—2,5 мг/экв на 100 г почвы. Степень насыщенности почв основаниями 85—90%. Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) свыше 5 мг, обменного калия (K_2O) 18—25 мг на 100 г почвы. Содержание гумуса 4,5—6%, мощность пахотного слоя 24—27 см.

АДАПТАЦИЯ СОИ К ИЗБЫТОЧНОМУ УВЛАЖНЕНИЮ

Лугово-бурья оподзоленная почва полностью насыщается или имеет полную влагоемкость при 56% влаги на абсолютно сухую навеску. При 80% ПВ почва содержит абсолютной влаги 44,8%. Наименьшая влагоемкость пахотного слоя данного типа почвы составляет 34,5%. Следовательно, оптимальная влажность почвы для сои 80% ПВ, что составляет 44,8% абсолютной влаги, практически в обычной полевой обстановке удерживаться более или менее продолжительное время не может.

Такая влажность почвы бывает в период летне-осенних ливневых осадков, чаще продолжительностью в одну-полторы декады. Более продолжительный период с этой влажностью почвы наблюдается один раз в два-три года.

Почва с влажностью 44,8% содержит 10% гравитационной воды, свободно передвигающейся под влиянием своего веса, и по своему физическому состоянию напоминает избыточно влажную почву. Поэтому многие агрономы и исследователи определяют почву по водно-физическому состоянию как избыточно влажную, хотя для сои она является оптимальной. Вероятно, по этой причине многие исследователи приходят к выводу, что соя проявляет заметную устойчивость к переувлажнению почвы.

Действительно, когда наступает период постоянных ливневых осадков (август — сентябрь), соя накапливает максимум органического вещества, в том числе и в ассимиляционном аппарате — листьях. Как показали наши исследования (1975), на фоне удобрений, а тем более при локально-ленточном внесении их, почти 40% корней сосредоточивается в нижней части пахотного слоя почвы (10—20 см).

Мы считаем, что стойкость сои к избыточному увлажнению находится в соответствии с биологической особенностью данно-

го растения. Во-первых, она по своей природе относится к группе влаголюбивых культур. Во-вторых, соя обладает высокой адаптацией к условиям водно-воздушного режима почвы.

Наши вегетационные опыты и наблюдения в полевых условиях показали, что соя обладает большой приспособительной реакцией к условиям избыточного увлажнения почвы.

Соя, выращиваемая в течение всего цикла развития при полном насыщении почвы влагой (100% ПВ), заметно отстает в росте. растения вдвое меньше имеют веток, бобов и, как следствие, пониженный урожай в сравнении с растениями, выросшими при оптимальной влажности. Развитие же корневой системы, количество клубеньков на корнях и вес были такие же, как у растений, выросших при нормальной влажности.

При избыточной влажности (100% ПВ) вся основная корневая система сои размещается на поверхности почвы, которая сплошь усеяна клубеньками. Клубеньки, как правило, крупные, с фиолетовым оттенком, то есть обладающие высокой азотфиксирующей способностью.

Изучая влияние влажности почвы на урожай сои и его структуру, мы переводим растения на программную норму с фазы начала ветвления, то есть спустя 20—30 дней после появления полных всходов. От всходов до ветвления влажность почвы в сосудах держалась на уровне 60% ПВ.

Таблица 7. Развитие корневой системы сои

Влажность почвы, % ПВ	Вариант опыта	Вес сухой массы на сосуд, г		Клубеньки на сосуд	
		надземной	корней	количество шт.	вес, г
80	Без удобрения	17,4	7,3	216	0,7
	НРК	132,0	28,5	1387	5,5
100	Без удобрения	11,6	7,7	182	0,6
	НРК	64,0	26,4	1088	4,9

При оптимальной влажности почвы в сосудах (80% ПВ) удельный вес корневой системы по отношению к надземной массе без удобрения составляет 42%, в то время как при избыточной влажности (100% ПВ) вес ее достигает 66%.

При внесении минеральных удобрений удельный вес корневой системы заметно снижается, но закономерность ее развития в зависимости от степени увлажнения остается такой же. На фоне оптимальной влажности корни составляют по отношению к надземной массе 21,6%, а при избыточной — 41,2%.

Через 4—5—7 суток после перевода сосудов на избыточное увлажнение (100% ПВ) на поверхности почвы появляются молодые корешки с еле заметными на них клубеньками. После 25—30-дневного пребывания растений в таких условиях вся поверхность почвы в сосудах покрывается сплошной сеткой корней с большим количеством крупных и средних клубеньков. Прикорневая шейка при этом сильно утолщается, и в нижней части образуются корни с клубеньками, которые быстро увеличиваются в объеме. В сосудах, где внесено полное минеральное удобрение, корневая система после отмывки почвы представляет собой вид «мочала» или «шапки-берета», густо усеянных клубеньками различной величины.

Изучая влияние влажности почвы на развитие и продуктивность сои, мы в дальнейших исследованиях попытались установить пагубность действия избыточного увлажнения на жизненные функции растений в критическую фазу (цветение — бобообразование) и в фазу налива и созревания, которая в условиях Дальнего Востока совпадает с осенним максимумом ливневых осадков. Опыты проводили в вегетационных сосудах с лугобурой оподзоленной почвой и с применением минеральных удобрений в различных дозах и соотношениях. Минеральные удобрения (двойной суперфосфат, аммиачная селитра и 40%-ная калийная соль в дозе 0,6 г д.в. на сосуд емкостью 5 кг сухой почвы) в условиях избыточного увлажнения почвы мы вводили для выявления их роли (табл. 5).

При избыточной влажности (100% ПВ) в фазу цветения — бобообразования в течение 30-дневного периода снизился урожай общей массы на 5% и зерна более чем на 12%.

На контрольных вариантах средний урожай за два года получен практически одинаковый. Большой интерес представляют результаты опытов по эффективности минеральных удобрений. Самое высокое действие на урожай зерна сои оказала парная азотно-фосфорная комбинация (NP) и тройная (NPK). Соя довольно хорошо реагировала на азотно-фосфорные удобрения как на фоне оптимальной, так и на фоне избыточной влажности. При внесении полного минерального удобрения, а тем более фосфорно-калийной комбинации, такая стабильность не сохраняется. Особенно заметно снижается эффективность этих комбинаций при избыточной влажности почвы в фазу цветения — бобообразования. Подобная закономерность отмечается и по результатам учета вегетативной массы.

Следует отметить другую важную закономерность: возрастание эффективности полного минерального удобрения при увеличении доз фосфорных в два и три раза и неизменных дозах

Таблица 8. Влияние избыточной влажности и минеральных удобрений на урожай общей массы и зерна сои, г на сосуд

Вариант опыта	Влажность почвы 60% ПВ в течение всей вегетации ^с			
	1973		1974	
	общая масса	зерно	общая масса	зерно
Без удобрения	10,2	4,6	12,0	5,5
NP	60,6	27,9	64,4	30,4
NK	15,7	6,8	14,8	6,8
PK	47,5	25,7	42,5	23,3
NPК	60,9	28,4	62,5	30,1
N ₁ P ₂ K ₁	64,7	32,9	72,0	36,6
N ₁ P ₃ K ₁	77,3	42,2	68,7	35,4
N ₂ P ₃ K ₁	77,5	38,6	84,2	38,7

Вариант опыта	Влажность почвы: всходы — начало цветения — 60% ПВ, цветение — бобообразование — 100%, налив — созревание — 60% ПВ			
	1973		1974	
	общая масса	зерно	общая масса	зерно
Без удобрения	12,5	5,6	11,7	5,4
NP	62,9	30,6	57,5	25,7
NK	15,3	5,9	15,1	6,4
PK	51,0	20,8	38,8	21,6
NPК	63,0	28,3	58,4	27,1
N ₁ P ₂ K ₁	73,3	37,8	54,8	24,1
N ₁ P ₃ K ₁	76,1	42,0	55,9	26,3
N ₂ P ₃ K ₁	73,6	19,6	85,0	39,1

азотных и калийных удобрений. Такая закономерность сохраняется и на фоне избыточного увлажнения почвы в фазу налива и созревания и фазу цветения — бобообразования. Это положение, несомненно, приобретает важное научное и практическое значение для производства сои в условиях Дальнего Востока, где переувлажнение почвы имеет постоянный характер.

Фосфорные удобрения в повышенных дозах, применяемые совместно с азотными, стимулируют процесс симбиоза между растениями сои и клубеньковыми бактериями как при нормальном водно-воздушном режиме, так и при избыточной влажности почвы. Это позволяет растению относительно быстро восстановить новую корневую систему, преодолеть кислородно-воздуш-

ный барьер, образовать новое поколение клубеньков и сформировать высокий урожай зерна и побочной продукции.

Следовательно, создание нормального режима минерального питания для растений сои является серьезной мерой преодоления невзгод, вызываемых избыточным увлажнением почвы.

Минеральное питание сои

РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Для раскрытия наиболее важных закономерностей в минеральном питании сои необходимо располагать данными о темпах роста и развития растений в течение всего периода вегетации. Анализируя процесс накопления сухого вещества у сои, Олроне (1970) показал, что в опыте по дефолиации 30% сухого вещества соевого зерна является продуктом фотосинтеза, протекающего в репродуктивных органах, и еще 20% — в листе. 50%-ная дефолиация на стадии, когда вторичный рост ограничен, уменьшала урожай зерна на 10—20%, а полная дефолиация — на 85%, при урожае сои на контроле 19,4 ц/га. По данным Беликова (1965), с уменьшением или увеличением числа листьев на растениях в прямой пропорции уменьшается или увеличивается число бобов, а следовательно и урожай семян. Реальное представление о накоплении сухого вещества сои дает динамический учет прироста по фазам развития.

По нашим многолетним наблюдениям, дата наступления и продолжительность отдельных фаз развития сои в условиях Приморского края характеризуются следующим образом:

Посев	20/V—30/V
Полные всходы	10/VI—15/VI
Ветвление	15/VI—20/VII
Цветение	24/VII—8/VIII
Образование бобов	1/VIII—20/VIII
Налив	16/VIII—15/IX
Пожелтение и опадение листьев	15/IX—20/IX
Побурение бобиков	25/IX—29/IX
Созревание	2/X—7/X с 25/V

Первоначальная фаза развития — от всходов до цветения наиболее продолжительная и отличается самой низкой фото-

синтетической деятельностью. Фаза цветения и бобообразования относительно короткая, но она характеризуется исключительной интенсивностью фотосинтетических процессов. Цветение и бобообразование проходят в самый благоприятный по погодным условиям период летнего сезона. Среднесуточная температура воздуха в это время 20,9—21,6°С, осадков выпадает 113 мм, или 40% их суммы за летние месяцы, относительная влажность воздуха не опускается ниже 83%.

Период налива, формирования и созревания репродуктивных органов длится 51 день (39%) и проходит в менее благоприятных условиях. Чаще всего растения страдают от обильных ливневых осадков и избыточного увлажнения почвенного покрова. Если в фазу налива избыточная влажность активного слоя почвы (0—40 см) длится 10—15 дней, соя начинает сбрасывать листья и бобы нижнего яруса; и чем дольше влажность в пахотном слое держится на уровне 40—45%, тем пагубнее она сказывается на урожае сои.

За 30-летний опыт в агрохимическом стационаре Приморского НИИСХ в 14 годах получен самый высокий урожай сои: на контроле (без удобрений) — 14,6 ц/га, на удобренном варианте — 19,1 ц/га. В 7 годах получен средний урожай сои: 10 ц/га на контроле и 12,8 ц/га на удобренном варианте. В эти годы осадков больше выпадало в летний период, меньше — осенью. В 9 годах получен самый низкий урожай сои: на контроле 7,2 ц/га и 10,4 ц/га с удобрениями. Осадки в эти годы больше концентрировались в осенний период. Получается обратная зависимость урожая от количества выпадающих осадков в осенний период. За 10-летний период 3 года бывают с избыточным увлажнением почвы.

Термический режим при недоборе тепла, в сравнении с многолетней нормой, также приводит к недобору урожая сои. В 10 лет один год получается с низким урожаем и низким качеством зерна за счет этого фактора и раннего наступления осенних заморозков.

Что касается продолжительности и изменчивости межфазных периодов сорта сои Приморская 529, то в результате высокой адаптации к местным природным условиям она имеет узкий диапазон изменчивости периода посев — созревание при оптимальных сроках сева (20—30 мая). В условиях Дальнего Востока, как сообщает Степанова (1972), средняя продолжительность периода посев — всходы изменяется от 13 до 17 дней. У сорта Приморская 529, по нашим данным, этот период длится 18 дней. Период посев — всходы в условиях Приморья колеблется в больших пределах:

Т а б л и ц а 9

С о р т	Фаза развития	Сроки посева, длина периода в днях					
		25/IV	5/V	15/V	25/V	5/VI	10/VI
Приморская 529 (среднепоздне- спелый)	Посев — всходы	42	34	24	19	15	11
	Посев — созре- вание	162	155	148	138	129	126
Приморская 494 (среднеранний)	Посев — всходы	42	34	28	19	13	11
	Посев — созре- вание	154	148	140	132	121	122

В результате значительного удлинения периода посев — всходы при ранних сроках посева (10—15 мая) много проростков гибнет от грибных заболеваний, посев сои изреживается и зачастую зарастает сорной растительностью. Более поздний посев (после 5—10 июня) приводит к удлинению фазы налива — созревания, соя попадает под заморозки, недозревает и дает пониженный урожай бобов.

НАКОПЛЕНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА

Поступление азота и зольных элементов в растение происходит в тесной связи с образованием и накоплением органического вещества. Биологические особенности отдельных растений, в том числе и сои, определяют характер накопления сухого вещества в течение вегетационного периода. Соя очень чувствительна к изменениям условий внешней среды: свету, температуре, влажности почвы, аэрации корней, питанию.

В этом разделе мы попытаемся раскрыть некоторые закономерности в накоплении сухого вещества сои по основным фенологическим фазам и структурные особенности растений. Исследования проводились нами на экспериментальном участке Приморского НИИСХ на лугово-бурой оподзоленной почве со следующими агрохимическими показателями: гумус 4,2—4,8%, общий азот 0,30—0,34%, рН (HCl) 4,5—4,8, гидролитическая кислотность 4,5—6,4 м/экв, сумма поглощенных оснований 12—16 м/экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 65—78%, P_2O_5 (по Кирсанову) 0,7—1,5 мг, K_2O (по Масловой) 10—12 мг на 100 г почвы, гидролизуемый азот (по Тюрину и Кононовой) 6—10 мг на 100 г почвы.

Развитие сои и нарастание надземной массы от всходов до фазы цветения идет медленно (табл. 10). От полных всходов до начала образования бобов проходит 50—55 дней, то есть почти половина вегетационного периода. Между тем за этот

Таблица 10. Динамика нарастания сухой массы растений сои Приморская 529

Органы растения	Вес сухой массы 25 растений, г						
	массовое цветение (29/VII)	начало образо- вания бобов (8/VIII)	образо- вание бобов (17/VIII)	налив зерна (25/VIII)	налив зер- на, начало пожелтения и опадения листьев (15/IX)	побурение бобиков и опадение листьев (25/IX)	полная спелость (7/X)
<i>С учетом опадающих листьев; без удобрения</i>							
Стебли	30,3	41,5	80,7	153,4	155,0	163,7	190,8
Листья	36,7	78,3	142,7	170,7	162,8	156,4	150,6
Зерно	—	—	—	10,3	98,5	145,3	195,7
Все растение	67,4	119,8	223,4	334,4	416,3	365,4	537,1
% от максимальной	12,6	22,3	41,6	62,2	77,5	86,6	100
<i>На фоне N₄₅P₉₀K₄₅</i>							
Стебли	45,0	65,1	133,2	195,6	214,8	216,2	221,6
Листья	59,2	104,0	197,8	240,1	230,3	222,8	216,4
Зерно	—	—	—	8,8	131,7	238,8	262,4
Все растение	104,2	169,1	331,0	464,5	576,7	677,8	700,4
% от максимальной	14,9	24,2	47,2	66,3	82,3	96,8	100
<i>Без учета опадающих листьев; без удобрения</i>							
Листья	36,7	78,3	142,7	170,7	146,5	78,2	0,0
Все растение	67,4	119,8	223,4	334,4	400,0	387,2	386,5
% от максимального	16,8	29,9	55,8	83,6	100	96,8	96,6
<i>На фоне NPK</i>							
Листья	59,2	104,0	197,8	240,1	207,3	89,0	0,0
Все растение	104,2	169,1	331,0	464,5	553,7	544,8	484,0
% от максимального	18,8	30,5	59,8	83,9	100	98,4	87,4

промежуток времени сухой массы нарастает только 22—24%, а до начала цветения всего лишь 12—15%. Однако в этот период наблюдается усиленное развитие корневой системы, вес которой к началу цветения сои в слое почвы 0—40 см достигает более 52% веса надземной массы.

Интенсивное нарастание сухого вещества у сои (50—52%) происходит в период от цветения до начала налива зерна. В последующие фазы развития прирост сухого вещества продолжается, но значительно слабее. К периоду полного созревания, при учете опадающих листьев, общий вес сухой массы растений достигает максимальной величины.

Сравнивая ход нарастания сухой массы в листьях и стеблях, устанавливаем, что в листьях как наиболее важном ассимиляционном аппарате синтез органической массы протекает значительно интенсивнее, чем в стеблях, и максимальной величины (100%) достигает уже к началу формирования зерна. В стеблях же к наступлению этой фазы нарастает сухой массы только 85%.

Таким образом, в период от цветения до начала формирования репродуктивных органов (20 дней) образуется почти вся основная масса листьев. Следовательно, чем лучше условия развития растений в этот период и чем мощнее листья, тем более высокий урожай можно ожидать.

С наступлением фазы налива зерна происходит заметное уменьшение сухой массы листьев и усиленное нарастание ее в зерне. Темп прироста сухой массы растений замедляется, формирование зерна у сои протекает в значительной степени за счет уже синтезированного в листьях пластического вещества. При этом в относительно короткие сроки (15—18 дней) происходит перемещение пластического вещества из листьев в репродуктивные органы. Нарастание сухой массы в стеблях, хотя и слабо, продолжается до полного созревания.

На фоне полного минерального удобрения $N_{45}P_{90}K_{45}$ в почве создаются благоприятные условия питания растений. В результате нарастание сухой массы во все фазы развития идет более интенсивно, чем на удобрённой почве.

У сортов сои зернового направления по мере созревания бобов к концу вегетации листья опадают полностью.

ФОТОСИНТЕЗ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Наряду с определением нарастания сухой массы мы проводили исследования по росту фотосинтетического аппарата сои (листьев) и продуктивности фотосинтеза (табл. 11). Нараста-

Таблица 11. Динамика роста площади листовой поверхности, урожая сухой массы и чистая продуктивность фотосинтеза сои Приморская 529 (1971)

Элемент анализа	Дата определения							
	2/VIII	11/VIII	23/VIII	2/IX	14/IX	23/IX	1/X	14/X
<i>Без удобрения, густота насаждений 582 000 шт. на 1 га</i>								
Площадь листьев, тыс. м ² /га	29,68	41,90	52,38	62,27	45,98	41,90	—	—
Урожай сухой массы, ц/га	16,58	23,57	34,16	46,62	59,07	57,44	56,58	52,12
г/м ² /сутки между периодами	—	6,3	10,1	12,6	—	—	—	—
г/м ² /сутки — между максимальными периодами	—	—	—	—	3,1	—	—	—
г/м ² /сутки — за весь период вегетации	—	—	—	—	—	—	—	1,6
<i>N₆₀P₉₀K₆₀, густота насаждений 578 000 шт. на 1 га</i>								
Площадь листьев, тыс. м ² /га	52,02	63,68	71,67	83,81	57,22	53,75	—	—
Урожай сухой массы, ц/га	16,99	29,13	44,45	63,35	88,26	196,53	105,43	82,7?
г/м ² /сутки — между периодами	—	10,7	15,4	15,5	—	—	—	—
г/м ² /сутки — между максимальными периодами	—	—	—	—	—	5,5	—	—
г/м ² /сутки — за весь период вегетации	—	—	—	—	—	—	—	3,0

ние листовой площади и сухой массы сои, а также чистая продуктивность фотосинтеза находятся в прямой зависимости от уровня минерального питания растений. На контрольном варианте за 30-дневный период (с фазы цветения до начала налива) листовая площадь достигла 62 тыс. м²/га, на удобренном варианте (N₆₀P₉₀K₆₀) она составила 83 тыс. м²/га. К фазе массового цветения, то есть к началу наблюдений (2/VIII), листовая площадь на удобренном варианте составляла 52 тыс. м²/га, а на контроле всего лишь 29,7 тыс. м²/га, или на 75% меньше.

Нарастание сухой массы растений на контрольном варианте максимальной величины (59,07 ц/га) достигло к 14/IX, на фоне полного минерального удобрения — к 23/IX, до 4 октября вес сухой массы держался почти на одном уровне (106—105 ц/га).

Чистая продуктивность фотосинтеза в подекадных периодах в фазу бобообразования довольно высокая: на контроле от 6,3 до 12 г/м²/сутки, на удобренном варианте — от 10 до 15,5 г/м²/сутки. Эта продуктивность резко снижается при расчете на весь период от начала наблюдений до максимального нарастания листовой площади и всей сухой массы растений за период вегетации. В первом случае на контрольном варианте она составила 3,1 г/м²/сутки, на фоне минеральных удобрений — 5,5 г/м²/сутки. За период вегетации чистая продуктивность фотосинтеза у сои оказалась еще ниже: на контроле — 1,6 г/м²/сутки и на удобренном варианте 3 г/м²/сутки.

Большой научный и практический интерес представляют данные о взаимосвязи листовой площади и фотосинтетической деятельности растений с биологическим и фактическим урожаем сои в полевых опытах (табл. 12). Краткая характеристика лет, в которые проводили опыты и исследования, следующая.

1971 г. — нормально влажный, за вегетационный период выпало 712,4 мм осадков, за год 761,9 мм. Соя во все фазы развития обеспечивалась продуктивной влагой на уровне 78—90% НВ.

1972—1973 гг. отличались сильной весенней засухой, а 1973 г. и осенней засухой. За вегетационный период 1973 г. выпало 373 мм осадков и за год 435 мм при норме соответственно 529 и 596 мм.

В 1972 г. в августе выпало 353,5 мм осадков за счет сильных ливневых дождей и в сентябре 260 мм, за вегетационный период 902,1 мм и за год 973 мм осадков. Со второй половины августа и по октябрь включительно почва пахотного слоя была переувлажнена (120—130% НВ).

1974 г. — умеренно влажный в весенне-летний и избыточно

Таблица 12. Влияние листовой площади и фотосинтетической деятельности растений на биологический и фактический урожай сои Приморская 529

Элемент анализа	Единица измерения	Без удобрения				Полное минеральное удобрение N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀				Среднее за 4 года			
		1971	1972	1973	1974	1971	1972	1973	1974	контроль	NPK	прирост от контроля	
												абсолютная величина	%
Листовая площадь в период максимального прироста листьев	тыс. м ² /га	62,2	19,6	8,8	38,1	4,8	45,0	11,5	69,6	31,1	52,2	21,4	68,8
Вес сухой массы растений сои (биологический урожай)													
в период максимального прироста	ц/га	59,1	21,5	22,3	48,8	88,3	43,0	28,7	58,6	37,9	54,6	16,7	44,1
в конце вегетации	»	52,1	17,0	20,0	34,2	82,8	31,8	27,0	51,6	30,8	48,3	17,5	56,8
Фактический урожай сои													
общей массы	»	31,6	8,2	18,6	23,1	47,4	15,5	27,0	40,0	20,4	32,5	12,1	59,3
зерна	»	16,7	4,7	9,3	12,1	21,8	8,1	14,5	20,0	10,7	16,1	5,4	50,5
Чистая продуктивность фотосинтеза за период вегетации	г/м ² /сутки	1,6	4,5	6,8	2,2	3,0	5,3	7,8	1,4	3,8	4,4	0,6	15,8
	P, %	4,6	2,2	3,7	4,6	4,6	2,2	3,7	4,6	—	—	—	—
	E, н/га	0,9	0,2	0,5	0,8	0,9	0,2	0,5	0,8	—	—	—	—

влажный в летне-осенний период. За вегетационный период осадков выпало 940,8 мм и за год 994,8 мм.

Исследования определили прямую связь между площадью листьев и продуктивностью растений. Некоторое несоответствие данной закономерности наблюдалось в 1972 г. вследствие избыточного увлажнения почвы в фазу формирования зерна. Оно обусловило преждевременное пожелтение и опадение листьев и бобов нижних ярусов.

Существует также связь между продуктивностью растений и чистой продуктивностью фотосинтеза. Однако имеются нарушения этой закономерности — несоответствие между площадью листьев, чистой продуктивностью фотосинтеза и урожайностью основной продукции.

При нормальных агрометеорологических условиях существует тесная связь между чистой продуктивностью фотосинтеза и урожаем общей биомассы и зерна сои. Однако следует отметить, что мы не располагаем еще достаточными данными об оптимальных размерах площади листьев у сои, при которых формируется самый высокий урожай маслосемян.

Основываясь на наших экспериментальных данных, а также исследованиях Биолого-почвенного института ДВНЦ АН СССР (Беликов, 1959, 1965, 1971), считаем необходимым оптимальную величину листовой площади сои дифференцировать на три градации в зависимости от типа и уровня плодородия почвы:

1. На слабокультуренных буро-подзолистых и буро-лесных почвах, тяжелых по механическому составу, кислых и среднекислых оптимальная площадь листьев сои должна формироваться в пределах 10—20 тыс. м²/га, которая при нормальных погодных условиях способна обеспечить формирование урожая зерна сои 8—10 ц/га и более.

2. На среднекультуренных буро-подзолистых, лугово-бурых и луговых глеевых почвах и слабокультуренных аллювиальных (наносных) почвах оптимальная площадь листьев у сои должна быть в пределах 30—40 тыс. м²/га, что позволит сформировать биологический урожай массы сои 30—40 ц/га, в том числе зерна 12—16 ц/га и выше.

3. На хорошо окультуренных (высокоплодородных) лугово-бурых, луговых глеевых и среднекультуренных аллювиальных (наносных) почвах эта площадь должна быть в пределах 60—80 тыс. м²/га, что обеспечит формирование биологического урожая сои 50—70 ц/га, в том числе зерна 18—24 ц/га.

Для получения указанной площади листьев и урожая сои следует дифференцировать нормы посева и способы посева.

На почвах первой категории густота насаждения должна быть в пределах 500—550, в отдельных случаях до 600 тыс. растений на 1 га с площадью питания 180—200 см².

На почвах второй категории густота насаждения 460—500 тыс. растений на 1 га. Способ посева широкорядный трехстрочный и однострочный с площадью питания 200—225 см².

На почвах третьей категории густота насаждения 350—400 тыс. растений на 1 га.

На хорошо окультуренных лугово-бурых, луговых глеевых и аллювиальных почвах можно снижать густоту насаждения до 250—300 тыс. растений на 1 га, что повысит фотосинтетическую деятельность и продуктивность растений и сократит расход семян для посева почти вдвое.

СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ

Минеральное питание растений является важным фактором, влияющим на их рост и развитие. Чтобы судить о потребностях растений сои в минеральных элементах, важно знать их количественное содержание как в целом растении, так и в отдельных органах в течение всего периода вегетации. Содержание минеральных элементов в растении и последующий вынос их зависят от вида и биологической особенности растения, от природных условий, агротехники, доз удобрений и урожайности.

Данных о содержании минеральных элементов в отдельных органах растений сои по периодам развития опубликовано очень мало. Поэтому мы считаем целесообразным привести результаты исследований, полученные в разное время в Приморском НИИСХ (табл. 13).

Азот. Наибольшее количество азота содержится в зерне, особенно в ранние стадии его формирования. По мере накопления сухого вещества в зерне содержание азота в нем уменьшается с 8,16% в начале налива до 6,52% в фазу полной спелости.

Вторым органом растения по содержанию азота является лист. Листья наиболее богаты азотом в фазу цветения и бобообразования. К фазе полной спелости наблюдается постепенное снижение содержания азота. Наименьшее количество азота содержится в стеблях: максимум — в фазу цветения — начала бобообразования, минимум — в фазу полной спелости.

В опыте 1971 г. в фазу налива мы определяли содержание азота в бобах (зерно и створки) в фазу полного налива и созревания в зерне и отдельно в створках. Полученные результаты

Таблица 13. Содержание минеральных веществ в органах растений сои в период вегетации, % на сухой вес

Органы растений	Дата взятия проб растений; без удобрения							
	29/VII	8/VIII	17/VIII	25/VIII	5/IX	15/IX	25/IX	7/X

				Азот				
Листья	5,31	5,20	5,20	5,12	3,64	3,24	2,56	1,54
Стебли	2,90	2,30	1,96	2,54	1,97	1,52	1,28	0,93
Зерно	—	—	—	8,16	7,09	6,68	6,63	6,72
				Фосфор				
Листья	0,60	0,56	0,72	0,69	0,47	0,50	0,69	0,39
Стебли	0,42	0,41	0,72	0,45	0,30	0,30	0,30	0,29
Зерно	—	—	—	1,78	1,31	1,51	1,49	1,09
				Калий				
Листья	2,06	2,01	1,18	1,27	2,14	1,83	1,64	1,64
Стебли	2,11	3,24	2,04	1,84	1,80	1,02	1,18	1,08
Зерно	—	—	—	2,35	1,98	1,77	1,55	1,35

Органы растений	Дата взятия проб растений; (N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀)							
	29/VII	8/VIII	17/VIII	25/VIII	5/IX	15/IX	25/IX	7/X

				Азот				
Листья	5,24	5,22	5,40	5,10	3,63	3,64	2,06	2,05
Стебли	2,07	2,54	2,38	2,39	1,85	1,44	1,13	1,08
Зерно	—	—	—	8,11	6,62	6,63	6,63	6,52
				Фосфор				
Листья	0,78	0,88	0,72	0,76	0,63	0,57	0,38	0,38
Стебли	0,48	0,49	0,74	0,64	0,48	0,33	0,21	0,20
Зерно	—	—	—	1,99	1,52	1,52	1,41	1,62
				Калий				
Листья	2,06	2,34	2,11	1,93	1,99	2,05	1,61	1,64
Стебли	3,03	2,78	2,85	1,86	1,46	1,25	1,09	1,07
Зерно	—	—	—	2,64	2,02	1,84	1,63	1,58

показывают высокое содержание азота в бобах в фазу налива. В эту же фазу бобы по сухому весу составляют около 30—33% веса всей биомассы. Поэтому фаза бобообразования и налива является наиболее оптимальным периодом для уборки сои на корм скоту. Содержание протеина в зеленой массе сои наибольшее, оно колеблется по годам от 19 до 24,3%.

В период полной спелости в семенах сои содержалось 7,14—7,22% азота, в створках 1,4—1,73% без удобрения и 1,9—2,07% на фоне полного минерального удобрения (N₆₀P₉₀K₆₀).

Фосфор. Содержание фосфора в листьях и стеблях увеличивается с фазы цветения и достигает максимума к фазе бо-

боообразования и начала налива зерна. Процентное содержание фосфора в вегетативных органах с возрастом растения уменьшается и к полному созреванию составляет в листьях 0,38—0,39 и в стеблях 0,2—0,29. Следует заметить, что в листьях в течение всей фазы налива и формирования зерна содержание фосфора оставалось стабильным (0,72—0,57%). И только в фазу созревания оно снижалось до указанной уже выше величины. В стеблях же процесс реутилизации выражен более рельефно, по мере налива, формирования и созревания зерна идет постепенное уменьшение содержания фосфора (0,2—0,12%).

Калий. Самое высокое содержание калия в надземных органах растений сои отмечается в фазу цветения. Вместе с тем наблюдается стабильность содержания калия во всех органах, особенно в листьях и зерне. В листьях содержание калия к концу вегетации снижается в 2—3 раза в сравнении с фазой цветения и бобообразования. Большое количество калия сосредоточивается в зерне сои, особенно в период интенсивного налива его. Содержание калия в вегетативных органах к концу вегетации в 3—5 раз превышает количество фосфора.

Применение полного минерального удобрения в оптимальных дозах ($N_{60}P_{90}K_{60}$) под сою улучшает качество основной и побочной продукции за счет повышения содержания азота в листьях, стеблях, створках и калия во всех органах, а также фосфора в зерне.

ПОСТУПЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯ

Количественные показатели поступления основных элементов питания в растения сои нами определены по данным прироста сухой массы и содержанию азота, фосфора и калия в органах растения сои в период вегетации (табл. 14). Поступление питательных веществ в растения сои протекает неравномерно. От всходов до цветения проходит около 45 дней, и за это время соя поглощает лишь 16,6% азота, 8,4—12,4% фосфора и 23,8—25,6% калия. Следовательно, этот период у сои характеризуется слабым нарастанием органической массы и сравнительно небольшим потреблением элементов пищи. С фазы цветения поступление питательных веществ возрастает, и в период от цветения до начала формирования зерна, то есть в фазу бобообразования, потребляется наибольшее количество их. В эту фазу идет наиболее энергичное нарастание сухого вещества. Поэтому совершенно очевидно, что в зависимости от степени обеспеченности сои питательными веществами, в это время будет определяться высота урожая и его качество.

В отношении усвоения отдельных элементов питания по

фазам развития растений устанавливаем следующие закономерности. Начальный период развития сои до цветения характеризуется повышенной потребностью в калийном и азотном питании и относительно меньшей в фосфорном. Максимальное поглощение азота и калия приходится на период образования бобов, что связано не только с интенсивным образованием ассимиляционного аппарата, но и с накоплением продуктов фотосинтеза (углеводов, азотистых белковых веществ), которые затем в процессе реутилизации станут основным источником формирования зерна.

В последующие фазы развития растений сои темп поступления азота и калия значительно замедляется, но (при учете и опадающих листьев) не приостанавливается до конца вегетации. К моменту образования зерна накапливается 94—98% калия. Иное положение с фосфором. Поглощение его растением идет равномерно до полного созревания. Иначе говоря, растения сои в течение всего жизненного цикла нуждаются в постоянном и равномерном притоке фосфатного питания.

Несколько иной характер поступления элементов питания получается при учете только продуктивной биомассы, то есть без учета листьев, остающихся при уборке на поле. Максимальное накопление азота и фосфора без внесения удобрений приходится также на период полного созревания, калия — к фазе начала налива, побурения и опадения листьев. К фазе полного налива и опадения листьев (на 80% — 25/IX) содержание калия в биомассе уменьшается до 90,9%, а к полной спелости — до 78,2%.

При внесении полного минерального удобрения ($N_{60}P_{90}K_{60}$) под сою максимальное накопление фосфора приходится на период полной спелости. Азота к периоду налива — начала пожелтения и опадения листьев (15/IX) накапливается 97,7%, к фазе побурения бобов и опадения листьев 80—100% и почти та же величина его остается к полной спелости (99,9%).

Накопление калия в растениях на фоне NPK имеет такой же характер, как и на неудобренном фоне. В фазу налива зерна (15/IX) его накапливается 100%. К периоду побурения бобов и опадению листьев на 80% количество калия в биомассе уменьшается до 82,2%, а к полной спелости — до 69,4%. Хотя соя в начальных фазах развития меньше поглощает фосфора, чем калия и азота, недостаток его в этот период значительно снижает темпы развития и накопления сухого вещества.

В полевом опыте, где велась динамика прироста сухой массы сои в течение вегетации, методом сплошной уборки со всей площади делянки (100 м²) определен урожай сои в 22,5 ц/га и

Таблица 14. Динамика поступления минеральных веществ в растения сои Приморская 529 (в 25 растениях) г

Фаза развития	Дата взятия пробы	Без удобрения			N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀			Без удобрения			N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀																		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K																
С учетом опадающих листьев															Без учета опадающих листьев														
Массовое цветение	29/VII	2,82	0,35	1,70	4,03	0,68	2,57	Без изменений																					
Начало образова-																													
ния бобов	8/VIII	5,02	0,61	2,60	7,08	1,24	4,28																						
Образование бобов	17/VIII	9,03	1,60	4,32	13,86	2,54	4,27																						
Налив зерна	25/VIII	13,52	2,08	5,88	17,68	3,09	8,50																						
Налив зерна, на-																													
чало пожелтения и																													
опадения листьев	15/IX	14,21	2,84	6,29	20,16	4,03	9,83	13,67	2,76	5,99	19,32	3,76	9,35																
Налив, побурение																													
бобов и опадение																													
листьев на 80%	25/IX	15,72	3,82	6,72	22,54	4,91	9,84	13,71	3,42	5,44	19,78	3,98	7,68																
Полная спелость	7/X	17,23	4,16	7,16	24,24	5,47	10,03	14,91	3,57	4,68	19,76	4,64	6,48																

Таблица 15. Динамика поглощения минеральных веществ соей, %

Элемент питания	Период развития				Соотношение NPK по периодам развития			
	от всходов до цветения (45 дней)	от цветения до начала налива зерна (31 день)	от начала налива до созревания (40 дней)	общая потребность за вегетацию (116 дней)	всходы — цветение	цветение — начало налива зерна	начало налива — созревание	всходы — созревание
Без удобрения								
Азот	18,1	59,2	22,7	100	58,2	61,7	54,8	59,4
Фосфор	8,8	40,5	50,7	100	6,8	10,2	29,7	14,3
Калий	24,6	60,8	14,6	100	35,0	28,1	15,5	26,3
На фоне NPK								
Азот	20,6	54,5	24,9	100	55,6	58,8	69,8	60,5
Фосфор	13,6	52,8	33,6	100	9,3	14,3	23,7	15,2
Калий	32,2	61,9	5,9	100	35,1	26,9	6,5	24,3

21,8 ц/га соломы на неудобренном фоне и в 33,2 ц/га зерна и 28,1 ц/га соломы на фоне полного минерального удобрения.

Для создания урожая в 22,5 ц/га зерна и соответствующего количества соломы соя поглотила 172,8 кг азота, 41,8 кг фосфора и 76,4 кг калия. На оструктуренной почве после многолетних кормовых трав при внесении полного минерального удобрения в оптимальных дозах ($N_{60}P_{90}K_{60}$) урожай зерна сои получен в 33,2 ц/га. Для получения такого урожая сое потребовалось 250,1 кг азота, 62,9 — фосфора и 100,7 кг калия. При учете в урожае только зерна и соломы, без опадающих листьев, вынос питательных веществ из почвы соей заметно уменьшается.

Нами выделены три наиболее существенных периода в онтогенезе растений сои: I — всходы — начало цветения, II — цветение и бобообразование — начало налива, III — налив — созревание. Накопление азота в растении особенно энергично протекает во II периоде, затем в III периоде и самое низкое в I периоде. Накопление фосфора в максимальных размерах протекает в III периоде, когда фотосинтез и процессы перегруппировки и транспортировки пластических веществ направлены на образование белковых веществ и формирование зерна.

В I периоде соя поглощает больше азота, затем калия и меньше фосфора. Этот период характеризуется усиливающимся темпом нарастания стеблей и ассимиляционного аппарата. Поэтому и характер соотношения между поступающими в растения элементами соответствующий. Во II периоде в связи с формированием репродуктивных органов резко возрастает поглощение фосфора, несколько снижается калия, а поглощение азота остается на высоком уровне. Этот период в развитии сои выделяется как критический по отношению к влаге и режиму питания. Накопление сухой массы и нарастание листовой поверхности идут особенно энергично, если в этот период запасы продуктивной влаги в активном слое почвы находятся на уровне 70—85% НВ и обеспечивается нормальное фосфато-азотное питание.

III период характеризуется большим поглощением фосфора и резким снижением потребления калия, а также некоторым уменьшением азота по сравнению со вторым периодом.

Аналогичное соотношение питательных веществ по периодам развития отмечается и при внесении полного минерального удобрения под посев сои. По общему выносу с урожаем соотношение отдельных элементов выражается следующими показателями: азот — 60%, фосфор — 15% и калий — 25%.

Согласно данным урожайности и анализа растений, опре-

делено потребление питательных элементов а также соотношение и вынос их на 1 т основной продукции (табл. 16, 17)

На фоне полного минерального удобрения соотношение питательных элементов несколько изменяется: снижается удельный вес азота и повышается фосфора и калия. При внесении полного удобрения прибавка урожая составляет 5 ц/га и увеличивается вынос питательных элементов на 1 т основной продукции. Последнее связано с тем, что с внесением в почву минеральных удобрений заметно улучшается качество продукции, как основной, так и побочной. На удобренном фоне (NPK) повышается содержание азота, фосфорсодержащих белковых веществ и жира.

Таким образом, улучшение условий минерального питания исключительно благоприятно сказывается на росте и развитии сои.

Таблица 16. Потребление питательных элементов соей Приморская 529

Вид продукции	Элемент питания	Фактический урожай		Биологический урожай	
		без удобрения	N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	без удобрения	N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀
Зерно		16,7	21,8	19,0	23,8
Солома		14,9	25,6	16,8	26,3
Азот		121,0	175,5	149,0	207,9
Фосфор		26,2	48,0	27,7	36,8
Калий		57,4	97,8	56,3	84,9

Таблица 17. Соотношение питательных элементов в растениях сои

Средний урожай сои, ц/га	Соотношение, %			Вынос на 1 т основной продукции, кг		
	N	P	K	N	P	K

<i>Без удобрения</i>						
17,8	61,7	12,3	26,0	75,8	15,2	31,9
23,8	58,9	13,0	N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ 28,1	84,1	18,6	40,0

Для получения высокого урожая почва должна содержать значительное количество легкодоступных зольных элементов и азота. При этом особенно важно, чтобы повышенный уровень азотного и калийного питания обеспечивался в I и II периоды

развития (от всходов до налива зерна), а высокий уровень фосфатного питания — в течение всего вегетационного периода.

При такой закономерности в потреблении соей питательных элементов в течение вегетации вытекает основное требование к почве для выращивания высокого урожая — она должна содержать оптимальное количество подвижных легкодоступных питательных элементов в течение всей вегетации растений в нужном физиологическом равновесном соотношении. Такой пищевой режим корневого питания сои должен создаваться методом запасного внесения фосфорно-калийных удобрений, ежегодного внесения основного удобрения (NPK) локально-ленточным способом и припосевного внесения в рядки фосфорных удобрений в гранулированном виде.

ОТНОШЕНИЕ СОИ К РЕАКЦИИ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ

Отсутствие достаточного количества научных данных об отношении сои к реакции среды послужило основанием для постановки специальных исследований в условиях вегетационного опыта. В Приморском НИИСХ опыты проводились в 1973 и 1974 гг. на лугово-бурой оподзоленной почве без удобрения и с применением полного минерального удобрения ($N_{60}P_{90}K_{60}$). Для опыта применяли вагнеровские сосуды емкостью 5 кг сухой почвы. Минеральные удобрения вносились при набивке сосудов в дозе 0,6 г д. в. каждого вида на сосуд. Для подкисления и подщелачивания почвы до заданного значения pH применяли 0,1%-ный раствор HCl и NaOH от 75 до 375 см³ кислоты и до 675 см³ щелочи на сосуд. В опыте 1973 г. в сосуд высевали 10 зерен и после полных всходов оставляли 7 растений. В опыте 1974 г. высевали 6, а оставляли 4 растения.

В период вегетации в фазу начала цветения (25/VII), бобообразования (13/VIII), налива (17/IX) и созревания (10/X) в почве сосудов определяли: pH (KCl), гидролитическую кислотность по Каппену, обменную кислотность и подвижный алюминий по Соколову, подвижный фосфор (P_2O_5) по Кирсанову, обменный калий (K_2O) по Масловой на пламенном фотометре. В 1974 г. дополнительно определяли обменные кальций и магний тригонометрическим методом, марганец — перосульфатным и pH (H_2O).

Опыт 1973 г. Результаты четырехкратного анализа почвы за вегетационный период показали, что теоретически заданная в опыте pH (KCl) получилась довольно близкой к фактической средней из четырех определений. Сдвиг реакции среды в сторону кислого, нейтрального и щелочного интервала

заметно сказался на химизме и содержании некоторых зольных элементов питания. Прежде всего наблюдается сильное увеличение подвижности алюминия в кислой среде. Хотя почва контрольного варианта содержала большое количество алюминия (2,6 мг на 100 г почвы), при сдвиге реакции в сторону снижения значения pH на 0,54 оно увеличилось до 10,62 мг на 100 г почвы.

Переход алюминия из труднорастворимого состояния в подвижное в результате химических реакций между ионом водорода и почвенным поглощающим комплексом и накопление его в почве в количестве 8—10 мг на 100 г почвы создали губительную среду для сои. Из работ Гедройца (1921—1923), Чернова (1947), Каргина (1937) известно, что простые и комплексные растворимые соли алюминия токсичны для растений. Исследования Ганжи (1941) показали, что токсичность солей алюминия сказывается прежде всего на корневой системе растений: она почти не развивается, отмирают корневые волоски, и в результате корневая система не выполняет своих физиологических функций, растения погибают.

Анализ наших исследований установил, что при сдвиге реакции среды в стороны кислого интервала на 0,2 доли pH содержание подвижного алюминия в почве увеличивается на 2,8—3 мг на 100 г почвы. Как отмечает Голубев (1954), содержание такого количества алюминия в кислой почве, тем более с наличием повышенного количества в почвенном растворе одновалентных катионов (Na, K), отрицательно сказывается на поступлении и обмене питательных веществ и в конечном счете на продуктивности растений.

Лугово-бурые оподзоленные и буро-подзолистые почвы Приморья богаты полуторными оксидами алюминия, а переход его в подвижную форму, по нашим данным, при подкислении реакций среды довольно энергичный. Необходима широкая химическая мелiorация известкованием, особенно если под посев сои применяются оптимальные дозы физиологически кислых минеральных удобрений.

Гидролитическая кислотность находится в прочной связи с величиной pH (KCl). Она резко повышается с увеличением кислотности и медленно снижается при повышении pH.

В кислой среде подвижного фосфора находится минимум. Содержание его увеличивается по мере снижения кислотности, достигая максимума (2,03 мг на 100 г почвы) при pH 6,95. Содержание обменного калия в почве с нейтральной и щелочной реакцией максимальное.

При внесении в почву минерального удобрения содержание

подвижного фосфора и обменного калия в удобренной почве в 2—4 раза больше, чем в неудобренной. Однако самое низкое содержание подвижного фосфора и калия на удобренном фоне отмечается на тех вариантах, где реакция почвенной среды находилась в средне- и слабокислом интервале pH (5,29—6,08—6,18; 6,35).

Данные учета урожая и результаты биометрического анализа растений показывают, что растения сои обладают высокой чувствительностью к кислой и щелочной реакции почвы. При кислой реакции pH (KCl) 3,62—3,77 как без удобрения, так и на удобренной (NPK) почве растения погибли в фазу начала ветвления. В почве с такой кислотностью растения выглядели болезненными и отставали в росте с самого начала появления всходов. Очень угнетенными чувствовали себя растения сои и в щелочной среде при pH (KCl) 6,97—7,07. На неудобренной почве растения погибли при pH 6,79 и 6,95, а на удобренной только при pH 7,07. На удобренном фоне при pH 6,85, хотя растения и отставали в росте, имели хлорозный вид, но цвели и дали урожай зерна в пределах 21,4% (5,3 г/сосуд) от контроля. В щелочной среде гибель растений наступала медленнее и в более поздний период — в фазу ветвления и бутонизации.

Самые благоприятные условия для роста и развития растений сои складываются при слабокислой и близкой к нейтральной реакции (pH 5—6). В этом интервале кислотности на неудобренной почве получен максимальный урожай общей массы и зерна.

На фоне полного минерального удобрения диапазон благоприятной кислотности несколько сузился, максимальная продуктивность растений сои проявилась при слабокислой реакции. Сдвиг реакции среды в кислую сторону, в сравнении с контролем, как без удобрения, так и на фоне полного минерального удобрения приводит к заметному снижению урожая всей биомассы и зерна. Особенно сильно снижается урожай сои при переходе реакции среды от pH (KCl) 3,92—3,99 до 3,81—3,74. В этом случае урожай общей массы снижается на 38—40% и зерна на 35—42%, а в сравнении с контрольным вариантом соответственно на 45—78 и 45—87%. Дальнейшее подкисление реакции среды до 3,62—3,77 pH (KCl) приводит к полной гибели растений.

Такая же картина наблюдается при подщелачивании реакции почвенной среды выше 6,06—6,35 pH (KCl). Доведение pH до 6,79—6,95 на контроле и до 7,07 pH (KCl) на удобренной почве ведет к полной гибели растений.

Данные биометрического анализа находятся в полном соответствии с характеристикой урожая всей биомассы при сопоставлении с реакцией среды.

Опыт 1974 г. проводился по несколько расширенной схеме за счет того, что для подщелачивания почвенной среды взяты два катиона Na в виде гидрата окиси натрия (NaOH) и Ca в виде углекислого кальция (CaCO_3). Проведены также дополнительные анализы почвы на содержание кальция, магния, марганца и pH (H_2O), анализы растений в период вегетации, зерна и соломы в полной зрелости.

По данным химического анализа почвы применение углекислого кальция для подщелачивания среды заметно сказалось как на pH, гидролитической и обменной кислотности, так и на содержании обменного кальция и магния и подвижных соединений калия, фосфора, а также алюминия и марганца. Словом, внесение в кислую почву углекислого кальция коренным образом изменяет направленность химических процессов и мобилизацию зольных элементов питания. Доза его в 1,5 г. к. почти полностью устраняет гидролитическую кислотность (до 0,74 мг/экв на 100 г почвы), в 1,5—2 раза повышает содержание в почве обменного кальция, подвижного фосфора и полностью устраняет подвижный алюминий и марганец.

С увеличением дозы углекислого кальция наблюдается тенденция к снижению магния и калия. Гедройц (1955) указывал, что при известковании кислых почв снижается подвижность калия и магния. Для устранения калийного дефицита в почве при известковании рекомендуется применять калийные удобрения совместно с азотно-фосфорными, а дефицита магния — доломитовую муку местных месторождений. Подвижность обменного калия увеличивается при сдвиге реакции среды в кислую сторону и в сторону щелочного интервала. Одновалентный ион Na при щелочной реакции pH (H_2O) 8,17—8,63 энергично вытесняет калий из почвенного поглощающего комплекса, который переходит в обменную форму и накапливается в значительном количестве.

На фоне полного минерального удобрения имеются изменения в сравнении с неудобренным фоном только в содержании обменного калия и подвижного фосфора. При этом значительное увеличение обменного калия наблюдается в почве с очень кислой — pH (KCl) 3,92—4,47 и щелочной (6,80—7,63) реакцией среды.

Содержание подвижного фосфора в удобренной почве увеличилось в 3—4 раза и почти на одном уровне находилось в течение всего периода вегетации.

Таблица 18. Влияние реакции среды почвы на химизм и содержание
зольных элементов питания (средние данные из четырех определений в вегетационном опыте)

Вариант опыта	Количество раствора, см ³	pH		H _r	H _{об}	Ca	Mg	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	Al
		H ₂ O	KCl	мг/экв на 100 г почвы				мг на 100 г почвы			
				Доза извест- ти, г. к.							
Почва — контроль		5,66	4,75	4,40	0,035	9,5	4,5	21,0	0,59	7,9	0,25
Почва+HCl 0,1 N	375	4,27	3,86	8,69	0,74	10,0	5,5	26,1	0,63	17,6	9,9
»	300	4,41	3,94	8,05	0,54	10,0	7,0	24,0	0,64	13,0	7,2
»	225	4,69	4,06	7,13	0,32	9,0	4,5	21,2	0,49	11,7	6,0
»	150	4,95	4,21	6,33	0,19	8,5	5,0	20,6	0,47	10,7	3,3
»	75	5,20	4,45	5,54	0,10	8,2	5,0	17,9	0,67	9,3	0,71
0,1 Почва+NaOH 0,1 N	75	6,73	5,25	2,57	0,009	10	7,5	22,2	0,59	1,5	—
»	150	7,09	5,95	1,99	0,005	8,5	5,5	21,7	0,52	1,0	—
»	225	7,44	6,39	0,96	—	9,0	7,0	22,4	0,56	1,2	—
»	300	7,71	6,40	0,79	—	8,5	4,5	23,0	0,39	1,1	—
»	375	7,94	6,77	0,77	—	8,3	4,0	25,7	0,61	1,2	—
»	450	8,10	6,67	0,78	—	9,0	5,0	28,2	0,60	1,0	—
»	525	8,59	6,95	0,41	—	8,0	3,0	30,3	0,71	0,73	—
»	600	8,71	6,94	0,40	—	9,2	4,8	31,9	0,83	0,58	—
»	675	9,15	7,46	0,17	—	8,0	5,0	42,1	1,35	1,30	—
Почва+CaCO ₃	0,5	6,57	5,52	2,63	0,008	10,5	3,7	20,5	0,69	—	—
»	1,0	7,09	6,12	1,41	0,002	13,0	5,3	19,1	0,77	—	—
»	1,5	7,56	6,57	0,78	—	15,0	5,0	18,1	0,76	—	—
»	2,0	7,71	6,91	0,47	—	18,0	3,0	17,8	0,66	—	—
»	2,5	7,92	7,09	0,41	—	20,0	4,0	17,6	0,65	—	—
»	3,0	8,06	7,25	0,31	—	20,0	3,0	16,5	0,78	—	—
»	3,5	8,09	7,35	0,28	—	19,8	2,6	18,1	0,83	—	—

Опытные данные о влиянии реакции среды лугово-бурой оподзоленной почвы на урожай сои Приморская 529 показывают, что максимальный урожай общей массы и зерна сои формируется при слабокислой и нейтральной реакции рН (KCl) 5,5—6,7 (табл. 19). Сдвиг реакции в сторону кислого интервала (рН 4,75—4,45) приводит к снижению урожая зерна в 2,5—3 раза в сравнении со средним урожаем, формирующимся при оптимальном значении рН. Дальнейшее подкисление реакции среды до рН (KCl) 4,21—4,06 приводит к резкому падению продуктивности, а до сильно кислой (рН 3,94—3,86) — к полной гибели растений. Щелочная реакция почвенной среды — рН (KCl) 7,37—7,47, или (H₂O) 9,15—9,20, — также губительна для сои. Внесение полного минерального удобрения под сою делает ее устойчивее к пониженной кислотности почвы, но урожай формируется в 5—6 раз ниже, чем при оптимальной рН.

При внесении в лугово-бурую оподзоленную почву с кислой реакцией среды углекислой извести усредняется реакция среды и повышается урожай сои. При этом максимальный урожай общей массы и зерна сои получен на фоне самых высоких доз извести — 3—3,5 г.к. Следовательно, известкование кислой лугово-бурой оподзоленной почвы даже тройной дозой по гидролитической кислотности положительно сказывается на развитии растений и урожае сои. При этом диапазон оптимальной реакции среды раздвигается в сторону щелочного интервала. Иначе говоря, рН (KCl), доведенная при известковании почвы до щелочной реакции (7,25—7,38), не депрессирует, а обеспечивает лучшие условия для развития и формирования высокого урожая сои.

Полное минеральное удобрение, внесенное в предпосевной период, обеспечивает урожай зерна сои в 4 раза больше (28,4 г/с), чем без удобрения (7 г/с). Эффективность минерального удобрения значительно повышается при внесении его на известкованной почве. Причем чем выше доза извести, тем выше прибавка урожая от удобрений. Такая же закономерность отмечается и в наших длительных полевых опытах.

Урожай сои (зерно и солома), полученный в этих опытах, подвергнут нами анализу на содержание основных питательных элементов (N, P₂O₅, K₂O) и кальция для определения влияния реакции среды на потребление и их соотношение в растении сои (табл. 20). Максимальное потребление азота, фосфора, калия и кальция происходит в среде при рН (KCl) от 5,5 до 6,7. При такой кислотности формируется и самый высокий урожай растений.

Таблица 19. Влияние реакции среды почвы на урожай сои
Приморская 529 (опыт вегетационный)

Вариант опыта	Доза	Без удобрения								На фоне $N_{60}P_{80}K_{60}$			
		рН		урожай сои на сосуд				рН		урожай сои на сосуд			
		H ₂ O	KCl	общая масса		зерно		H ₂ O	KCl	общая масса		зерно	
				г	%	г	%			г	%	г	%
Почва — контроль		5,66	4,75	15,0	100,0	7,0	100,0	5,68	4,71	56,8	100,0	28,4	100,0
Почва + HCl 0,1 N, см ³ на сосуд	375	4,27	3,86	Растения погибли в стадии семяздолей				4,44	3,92	Растения погибли в фазе бутонизации			
	300	4,41	3,94	Растения погибли в фазе начала ветвления				4,61	4,00	16,7	29,4	8,1	28,6
	225	4,69	4,06	8,9	59,6	4,0	57,2	4,67	4,10	21,1	37,2	9,2	32,4
	150	4,95	4,21	9,9	66,0	4,3	61,5	4,85	4,28	25,0	44,1	8,9	31,3
	75	5,20	4,45	13,2	88,0	5,8	82,9	5,13	4,47	44,2	77,8	20,4	71,8
Почва + CaCO ₃ , г. к.	0,5	6,57	5,52	16,0	106,7	7,7	110,0	6,21	5,34	65,2	114,8	34,1	120,1
	1,0	7,09	6,12	18,9	126,0	9,5	135,8	6,87	6,01	73,4	129,2	38,6	135,9
	1,5	7,56	6,57	25,1	167,4	12,5	178,6	7,38	6,52	72,1	126,9	37,6	132,4
	2,0	7,71	6,91	33,5	224,4	16,1	230,0	7,70	6,89	73,2	128,9	40,6	142,6
	2,5	7,92	7,09	38,6	257,4	19,7	281,5	7,87	7,11	76,6	134,2	40,4	142,3
	3,0	8,06	7,25	42,5	283,4	21,6	308,6	7,99	7,31	77,2	135,9	39,5	139,1
	3,5	8,09	7,35	43,4	289,4	21,8	311,5	7,99	7,38	82,2	144,7	44,9	158,1
Почва + NaOH 0,1 N, см ³ на сосуд	75	6,73	5,25	18,8	125,4	9,6	131,2	6,55	5,15	80,3	141,4	40,5	142,6
	150	7,09	5,95	23,8	158,7	12,4	171,2	7,15	5,74	81,4	143,3	42,6	150,0
	225	7,44	6,39	27,1	180,7	14,2	202,9	7,55	6,06	77,8	136,8	41,9	147,6
	300	7,71	6,40	30,2	201,4	16,7	238,6	7,45	5,95	80,7	142,1	42,4	149,3
	375	7,94	6,77	31,9	212,7	17,9	255,8	7,88	6,25	75,5	132,9	41,6	146,2
	450	8,10	6,67	30,2	201,4	17,8	254,3	8,17	6,45	73,4	129,2	40,7	143,3
	525	8,59	6,95	20,2	134,7	10,8	154,3	8,63	6,80	60,8	107,1	33,7	118,7
	600	8,71	6,94	18,5	125,4	10,9	155,8	8,89	7,37	22,8	40,2	11,5	40,5
	675	9,15	7,47	Растения погибли в фазе ветвления — начала бутонизации				9,21	7,63				

Таблица 20. Потребление питательных элементов сосой Приморская 529
в связи с различной реакцией среды почвы (опыт вегетационный)

Вариант опыта	Без удобрения						На фоне N ₆₀ P ₉₀ K ₆₁				
	Доза	рН (KCl)	потребление урожаем сои на сосуд, г				рН (KCl)	потребление урожаем сои на сосуд, г			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Почва — контроль		4,75	0,47	0,09	0,31	0,14	4,71	1,91	0,33	1,16	0,55
Почва + HCl 0,1 N, см ³ на сосуд	375	3,86		Растения погибли				3,92		Растения погибли	
	300	3,94		Растения погибли				4,00	0,45	0,12	0,38
	225	4,06	0,23	0,07	0,20	0,09	4,10	0,58	0,14	0,33	0,23
	150	4,21	0,25	0,07	0,21	0,11	4,28	0,58	0,14	0,45	0,31
	75	4,45	0,38	0,08	0,28	0,14	4,47	1,25	0,31	0,94	0,49
25 Почва + NaOH 0,1 N, см ³ на сосуд	75	5,25	0,68	0,08	0,37	0,18	5,15	2,76	0,36	1,44	0,77
	150	5,95	0,84	0,11	0,49	0,23	5,74	2,90	0,41	1,42	0,78
	225	6,39	0,99	0,12	0,56	0,26	6,06	3,03	0,39	1,37	0,73
	300	6,40	1,10	0,15	0,66	0,28	5,96	2,91	0,41	1,42	0,74
	375	6,77	1,18	0,18	0,67	0,29	6,25	2,81	0,42	1,37	0,71
	450	6,67	1,16	0,17	0,68	0,27	6,45	2,74	0,43	1,36	0,67
	525	6,95	0,71	0,11	0,41	0,19	6,80	2,28	0,36	1,15	0,57
	600	6,94	0,75	0,11	0,40	0,19	7,73	0,60	0,13	0,43	0,25
	675	7,47		Растения погибли				7,63		Растения погибли	
Почва + CaCO ₃ , г. к.	0,5	5,52	0,57	0,06	0,22	0,17	5,34	2,32	0,35	1,18	0,63
	1,0	6,12	0,70	0,08	0,27	0,18	6,01	2,60	0,38	1,37	0,69
	1,5	6,57	0,89	0,11	0,35	0,26	6,52	2,79	0,39	1,36	0,70
	2,0	6,91	1,11	0,14	0,46	0,34	6,89	2,94	0,42	1,38	0,68
	2,5	7,07	1,40	0,18	0,55	0,41	7,11	3,06	0,46	1,33	0,74
	3,0	7,25	1,53	0,20	0,60	0,45	7,31	2,94	0,42	1,34	0,78
	3,5	7,35	1,58	0,19	0,62	0,43	7,38	3,16	0,46	1,51	0,78

В данном диапазоне pH растения на неудобренной почве по сравнению с почвой-контролем потребляют азота в 2 раза, фосфора в 1,5, калия в 1,6 и кальция в 1,8 раза больше. На фоне полного минерального удобрения по сравнению с почвой-контролем эти показатели соответственно больше в 6, 4,4, 4,4 и 5 раз, а в сравнении с удобрённым контролем — больше в 1,5, 1,1, 1,2 и 1,3 раза.

На неудобренной и в особенности на удобрённой минеральными удобрениями почве при благоприятной реакции среды 5,5—6,7 pH (KCl) увеличивается потребление растениями сои, в первую очередь азота, затем кальция и уже в одинаковой степени фосфора и калия. Особенно резко увеличивается потребление азота и кальция при внесении полного минерального удобрения. Это обстоятельство скорее всего связано с тем, что на удобрённой почве резко усиливается фотосинтез и образование вегетативных органов, в которых и сосредоточиваются эти элементы в разных формах.

На известкованной почве потребление питательных элементов растениями имеет самые высокие показатели. Причем по мере увеличения дозы углекислого кальция возрастает потребление азота, калия, кальция и особенно фосфора. Это понятно, так как кальций способствует мобилизации почвенных фосфатов; из нерастворимых соединений он переводит их в подвижные и легкодоступные растениям формы. На фоне высоких доз известки (3—3,5 г.к.) потребление азота увеличивается в 3,2 раза, фосфора в 2,2, калия в 2 и кальция в 3 раза по сравнению с неизвесткованной почвой.

При внесении полного минерального удобрения и известки в оптимальных дозах потребление азота возрастает в 6,5 раза, фосфора — в 5, калия в 4,6 и кальция в 5,5 раза.

Известкование способствует значительному повышению эффективности минеральных удобрений. Коэффициент использования питательных элементов из удобрений при этом существенно возрастает. Так, по азоту он повышается на 37%, фосфору — на 8 $\frac{1}{10}$ и по калию — на 19% по сравнению с использованием на неизвесткованной почве.

Анализ соотношения питательных элементов в растениях в связи с различной реакцией среды показал большую их разницу. В условиях сильнокислой реакции среды поглощение азота происходит в очень замедленном темпе, зольных элементов — фосфора, калия и кальция — в повышенном темпе. При реакции pH (KCl) 4,0—4,8 физиологические и биохимические процессы идут, видимо, не до конца, с образованием большого количества углеводов и малого белковых веществ.

Таблица 21. Влияние реакции среды почвы на соотношение питательных элементов в растении сои Приморская 529 (опыт вегетационный), %

Степень кислотности почвы	рН (KCl)	Без удобрения		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сильнокислая	4,0—4,8	42,3	10,3	32,0
Среднекислая	4,9—5,5	51,9	6,1	28,2
Слабокислая	5,6—6,2	54,2	6,6	25,0
Нейтральная	6,3—6,7	51,1	7,4	29,3
Щелочная	6,8—7,4	50,7	7,8	28,2

Известковый фон

Слабокислая	5,6—6,2	56,3	6,2	21,4
Нейтральная	6,3—6,7	55,2	6,8	21,7
Щелочная	6,8—7,4	55,3	7,1	21,6

Степень кислотности почвы	На фоне N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀				
	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Сильнокислая	15,4	40,6	11,1	31,4	16,9
Среднекислая	13,8	51,7	6,8	27,0	14,5
Слабокислая	14,2	53,3	7,5	25,7	13,5
Нейтральная	12,2	52,5	8,4	26,2	12,9
Щелочная	13,3	42,6	9,2	30,5	17,7

Известковый фон

Слабокислая	16,1	50,5	7,4	27,8	14,3
Нейтральная	16,3	53,5	7,5	25,6	13,4
Щелочная	16,0	54,0	8,0	24,6	13,4

Анализ зерна и соломы сои показывает, что при сильно кислой реакции содержание протеина в них падает до 28—30% вместо 35—37%. Самый высокий урожай зерна сои в нашем опыте получен при слабокислой и нейтральной реакции среды, поэтому можно считать, что лучшее соотношение питательных элементов будет также в этом интервале кислотности почвы — 5,5—6,7 рН (KCl). Оптимальное соотношение на неудобренной почве составило 52,6% N, 7% P₂O₅, 27,2% K₂O, 13,2% CaO и на удобренной соответственно 52,9, 8,3, 25,6, 13,2%. При доведении реакции среды до щелочной путем насыщения почвы катионом Na соотношение элементов также резко меняется — уменьшается поглощение растением азота и увеличивается — фосфора, калия и кальция. Особенно это заметно

на почве, удобренной минеральными удобрениями, где поглощение азота снижается почти на 10%.

На известкованной и на удобренной почве, независимо от характера реакции, соотношение элементов также заметно меняется — увеличивается потребление растением азота и кальция и снижается — калия при почти неизменном уровне фосфора.

На удобренной почве увеличивается потребление фосфора и калия и в небольшом количестве азота.

Таким образом, полученные нами данные об отношении сои к реакции почвенной среды позволяют сделать следующие выводы. Соя является всею чувствительной культурой к реакции почвенного раствора. Оптимальная реакция для нее находится в диапазоне от 5,5 до 6,7 pH (KCl), то есть в пределах слабокислого и нейтрального интервала. Сдвиг реакции почвы в сторону кислого или щелочного интервала pH (KCl) приводит к резкому угнетению и гибели растений.

При насыщении лугово-бурой оподзоленной почвы углекислым кальцием, вплоть до щелочной реакции 7—7,5 pH (KCl), создаются наиболее благоприятные агрохимические и биологические свойства для развития растений и формирования максимального урожая сои.

В Приморском крае и на Дальнем Востоке кислые почвы (pH до 5,5) занимают около 94 %. Вследствие этого для посева и выращивания высоких урожаев сои в этой зоне практически все пахотные земли подлежат химической мелнорации — известкованию.

Минеральные удобрения

В растениях, в том числе и в сое, находят около 30 различных макро- и микроэлементов, поглощаемых из почвы, воды и воздуха. Для сои жизненно необходимы, как минимум, и незаменимы 10 макроэлементов — углерод, кислород, водород, сера, железо и особенно азот, фосфор, калий, кальций и магний и 8 микроэлементов — бор, кобальт, медь, марганец, ванадий, йод, цинк и особенно молибден.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОЧВ ПОДВИЖНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ

Азот. Основные типы почв Приморья по содержанию подвижных форм азота относятся к средне- и высокообеспеченным

при использовании их под посев зерновых культур, сои, корнеплодов и картофеля и среднеобеспеченным при использовании под овощные.

По нашим данным (Грицун, Васичева, Аксенов, 1971), гидролизуемого азота в слое почвы 0—20 см под посевом сельскохозяйственных культур, в том числе и сои, в севообороте содержится: в буро-подзолистой почве от 8,1 до 13,2 мг на 100 г почвы, в лугово-бурой оподзоленной от 8,9 до 12,7, в луговой глеевой от 8,6 до 11,1 и в аллювиальной от 7,5 до 20,4 мг на 100 г почвы. Следует иметь в виду, что связь между содержанием азота в почве и отзывчивостью растений на азотные удобрения во многих случаях отсутствует. Так, на почвах Приморья при содержании гидролизуемого азота 4 мг на 100 г почвы азотные удобрения часто не дают положительного результата, но действие их сильно проявляется при совместном внесении с фосфорными. Нередко бывает и наоборот, когда гидролизуемого азота содержится более 7 мг на 100 г почвы, а внесенные азотные удобрения положительно сказываются на урожае. Это обычно наблюдается на хорошо заправленных органическими и фосфорными удобрениями или на известкованных почвах. Поэтому при определении нуждемости растений сои в азотных удобрениях наряду с показателями содержания гидролизуемого азота в почве (по Тюрину и Кононовой, 1975) необходимо учитывать окультуренность ее, содержание нитратного азота в пахотном и подпахотном слое в предпосевной период.

Многолетний анализ почвы в стационарном опыте (в пару и под посевом сельскохозяйственных культур в севообороте) позволил определить ряд закономерностей и особенностей динамики подвижных элементов питания за вегетационный период.

При изучении нитрификационной способности лугово-бурой оподзоленной почвы было установлено, что в почвах, заправленных органическими удобрениями и известью, при хорошей аэрации создаются благоприятные условия для накопления в пахотном слое больших запасов доступного для питания растений азота.

Динамика почвенных нитратов в условиях Приморья зависит главным образом от температурного и водного режимов. Весной вследствие низких температур и медленного оттаивания почвы в последней содержится мало нитратов или они вовсе отсутствуют. В июне накопление нитратов усиливается, в июле, августе их содержится максимальное количество.

Дальнейшая динамика нитратного азота находится в пря-

мой зависимости от водного режима почвы. В годы с малым количеством осадков в летне-осенний период накопление нитратов продолжается до глубокой осени, и на следующий год весной в почве обнаруживаются значительные их запасы. В годы с дождливым летне-осенним периодом, что чаще всего и наблюдается, почва переувлажняется, окислительные процессы сменяются резко выраженными восстановительными, где бурно протекает денитрификация. Нитраты, накопившиеся за летний период, исчезают, почва обедняется минеральным азотом. Основными причинами исчезновения нитратов при переувлажнении почвы в условиях Дальнего Востока являются вынос нитратов поверхностным стоком и денитрификация. Можно прогнозировать потребность в азоте весной ранних культур, если предшествующей осенью почва продолжительное время находилась в состоянии избыточного увлажнения.

Под соей, как пропашной культурой, динамика нитратов несколько отличается от таковой под зерновыми культурами. Весной, до появления всходов (посев 20—30 мая, всходы 10—15 июня), в почве идет накопление нитратов. Максимальное количество их в пахотном слое отмечается к началу июля, когда соя находится в фазе ветвления. С этого времени идет постепенное уменьшение содержания нитратов, однако заметное уменьшение их наступает в фазу цветения и бобообразования. В это время соя потребляет максимальное количество азота и других элементов питания.

Содержание нитратов в почве, обеспеченность ими сои зависят и от предшественников. По пласту трав нитраты, хотя и убывают в период максимального их потребления, но не исчезают до конца вегетации. Если же соя высевается после яровой пшеницы, кукурузы и других зерновых культур, она не обеспечивается азотом, особенно в начальный период ее развития.

Приморским НИИСХ и краевой агрохимической лабораторией обследовано 600 тыс. га земель совхозов и колхозов края по обеспеченности азотом. Очень низкую обеспеченность азотом по всем типам почв имеют 60 тыс. га (10%), низкую — 96 тыс. га (16%), среднюю — 312 тыс. га (52%), высокую и очень высокую 132 тыс. га (22%)

Следовательно, на почвах Приморья посевы сои в средней и высокой степени обеспечиваются минеральным азотом (444 тыс. га, 74 %)

Подвижный фосфор. На содержание подвижного фосфора в почвах было обследовано 688 тыс. га пахотных земель. Очень низкая степень обеспеченности отмечается на 449,3 тыс. га

(65,3%), низкая — 172 тыс. га (25%), средняя — 52,3 тыс. га (7,6%), повышенная — на 14,4 тыс. га (2,1%). Как видно, почвы Приморского края очень бедны подвижными формами фосфатов. Из всего фонда пахотных земель 449,3 тыс. га (90,3%) обладают очень низкой и низкой обеспеченностью фосфором. На почвах Приморья все сельскохозяйственные культуры полевого севооборота в первую очередь и в сильной степени должны реагировать на фосфорные удобрения. Самый низкий запас подвижного фосфора содержится в буро-подзолистой почве (9,6%), несколько больше в лугово-бурой оподзоленной (13,1%) и луговой глеевой (15,5%). Наиболее высоким запасом подвижных фосфатов отличаются аллювиальные (пойменные) почвы (18—31%).

Учеными Приморского НИИСХ в течение четырех лет были проанализированы почвенные образцы с 18 опытных участков с удобрениями (118 вариантов). При исследовании использовались методы Кирсанова, Эгнера-Рима, Чирикова, Арренхуса в модификации Гинзбург и метод молибденовой вытяжки. Была проведена математическая обработка данных об урожае сои и содержании подвижного фосфора в связи с применением удобрений для установления корреляционной связи. По трем полевым стационарным и трем вегетационным опытам коэффициент корреляции составляет от 0,86 до 0,97.

Таким образом, на почвах Приморья по содержанию подвижного фосфора, определенного методом Кирсанова, можно устанавливать степень обеспеченности почв, а отсюда и потребность сои в фосфорных удобрениях. Сопоставление данных об урожае с результатами химического анализа почвы показало, что наиболее высокая зависимость между урожаем, эффективностью удобрений и степенью нуждаемости почв в фосфоре получается при определении подвижных фосфатов методом Кирсанова и Эгнера-Рима (коэффициент корреляции для первого $0,84 \pm 0,12$, для второго $0,85 \pm 0,11$). Определение другими методами дает худшие результаты ($0,74 \pm 0,17$). Метод Кирсанова менее трудоемок, особенно при массовых анализах.

Однако шкала предельных величин обеспеченности почв фосфором (по Кирсанову), рекомендуемая общесоюзной инструкцией Министерства сельского хозяйства СССР, неприемлема для условий Приморья, так как содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) во всех типах почв, кроме аллювиальной, не выходит за пределы первой группы обеспеченности. Содержание подвижного фосфора более 3 мг на 100 г почвы в крае встречается редко, только на окультуренных участках. Поэтому картограмма обеспеченности подвижным фосфором

закрашивается в один-два тона, что не отображает истинной картины содержания фосфора в почвах Приморья. На основании многолетних опытов была разработана шкала предельных величин для определения обеспеченности почв Приморского края фосфором и потребности сельскохозяйственных культур в фосфорных удобрениях (табл. 22).

Т а б л и ц а 22. Группировка почв по обеспеченности подвижным фосфором для сои, мг P_2O_5 на 100 г почвы (по Кирсанову)

Обеспеченность	Буро-подзолистые, лугово-бурые, луговые глеевые	Аллювиальные
Очень низкая	0—1,5	0—5
Низкая	1,5—2,5	5—10
Средняя	2,5—5,0	10—20
Повышенная	5—10	20—30
Высокая	10—20	30—40
Очень высокая	20	40

В соответствии с группировкой почв по обеспеченности их подвижным фосфором корректируются дозы удобрений. При очень низкой обеспеченности доза увеличивается на $\frac{1}{3}$, при низкой дается полная норма удобрений, при средней и повышенной обеспеченности в зависимости от планируемого урожая применяется полная доза или $\frac{2}{3}$, при высокой обеспеченности фосфорные удобрения вносятся только местным способом в пределах $\frac{1}{3}$ нормы. При очень высокой обеспеченности фосфорные удобрения вовсе не применяются или в малых дозах местно в рядки.

Поскольку в основных типах почв подвижные формы фосфатов представлены очень малыми запасами, соя испытывает постоянный дефицит в фосфорном питании.

Многолетние наблюдения за динамикой подвижной фосфорной кислоты в пару и под посевом сои в агрохимическом стационаре позволили установить ряд закономерностей. В числительном паре ранней весной количество подвижного фосфора в почве увеличивается, достигая максимума в середине июня. С этого времени наблюдается постепенное уменьшение подвижного фосфора, с минимумом в июле и в первой половине августа. Со второй половины августа накопление подвижного фосфора в пахотном слое почвы резко увеличивается, и к концу вегетационного периода запасы его достигают наибольшей величины. Подобная сезонная динамика находится в прямой зависимости от степени увлажнения почвы и наличия закисных форм железа.

Ранней весной и осенью почва избыточно увлажнена и содержание подвижных фосфатов в связи с переходом окисного железа в закисное в анаэробной среде наибольшее, а летом (в засушливый период) наименьшее. Разница в содержании подвижных фосфатов в почве под посевом сои и другими культурами полевого севооборота одного фона плодородия небольшая. Однако наибольший запас их в течение всего вегетационного периода в пахотном слое почвы содержится под соей.

Подвижный калий. В почвах Приморского края общие запасы калия колеблются в больших пределах. Наибольшее количество валового запаса калия содержится в буро-подзолистых и лугово-бурых почвах. В пахотном слое этих почв (А пах.) калия (K_2O) содержится от 1,33 до 1,87%. В луговых глеевых почвах в пахотном слое (А пах. 0—20 см) содержание калия колеблется от 1,28 до 1,6%.

Наименьшие запасы калия в дерново-аллювиальных и слоисто-аллювиальных почвах. В пахотном слое содержание K_2O составляет 0,74—1,24%. Количество обменного калия здесь 5—7 мг (по Пейве) и 11—16 мг K_2O на 100 г почвы (по Масловой). Судя по содержанию подвижного калия, у буро-подзолистых и лугово-бурых почв обеспеченность калием средняя и повышенная, а у луговых глеевых почв средняя. В аллювиальных почвах запасы подвижного калия наименьшие. Потребность сои в калии находится в большей зависимости от применения других видов удобрений. При внесении на буро-подзолистой почве под сою азотных и фосфорных удобрений потребность в калийных возрастает, и чем больше дозы азота и фосфора, тем резче проявляется дефицит калия.

Зависимость урожая сои от содержания подвижного калия в почве хорошо прослеживается по данным, полученным в Приморском НИИСХ в агрохимическом стационаре. В 1967 г. на контроле при содержании в слое почвы 0—20 см обменного калия 15,2 мг на 100 г почвы урожай сои составил 11,6 ц/га, а на удобренном варианте при содержании K_2O 22,9 мг урожай сои составил 13,6 ц/га. В 1968 г. эти показатели соответственно составили 13,9 и 15,9 ц/га; 21,3 и 18,5 ц/га.

На основании имеющегося материала по содержанию подвижного калия можно составить только предварительную группировку обеспеченности почв Приморья подвижным калием. При определении калия в уксусноаммонийной вытяжке (по Масловой) почвы характеризуются очень низкой обеспеченностью при содержании подвижного калия менее 10 мг на 100 г почвы, низкой — менее 15, средней — 15—25, повышенной — 25—35 и высокой — более 35 мг на 100 г почвы.

В вегетационных опытах минеральные удобрения применялись в форме аммиачной селитры, порошковидного суперфосфата и хлористого калия в дозах, соответствующих 1 г азота, P_2O_5 , K_2O . В полевых опытах в качестве фосфорного удобрения использовали суперфосфат двойной гранулированный, азотного — аммиачную селитру и калийного — 40%-ную калийную соль.

На лугово-бурой оподзоленной почве наблюдалась высокая реакция сои на внесение минеральных удобрений. При раздельном внесении минеральных удобрений самая сильная реакция у сои проявляется к фосфорным удобрениям и отсутствует или очень слабая к азотным и калийным удобрениям. Это вполне закономерно. В лугово-бурой оподзоленной почве подвижного фосфора содержится ничтожно малое количество, поэтому и отзывчивость на его внесение с удобрением сои самая высокая.

При раздельном внесении азотных и калийных удобрений они не оказывают положительного действия на развитие и урожай сои, она не проявляет нужды в них. При внесении парных комбинаций отзывчивость сои к азотным и калийным удобрениям существенным образом изменяется в сторону положительной реакции.

Результаты опытов показали, что азотные и калийные удобрения при совместном их внесении не оказывают положительного действия. Положительное действие калийных удобрений проявляется при одновременном их внесении с фосфорными. Однако максимальный прирост урожая сои от калийного удобрения достигается при внесении его на фоне азотных и фосфорных удобрений.

Мы уже отмечали, что в лугово-бурой оподзоленной почве, равно как и в других типах почв, формирующихся на повышенных элементах рельефа, очень низкая и низкая обеспеченность подвижными формами фосфатов, а азотом и калием средняя и повышенная. В почвенном растворе создается физиологическая неуравновешенность питания растений азотом, фосфором и калием, которая усугубляется в кислой среде, где происходит закрепление подвижных фосфатов в труднорастворимые соединения.

При внесении одних азотных удобрений или совместно с калийными реакция среды сдвигается в кислую сторону и физиологическая неуравновешенность фосфатным питанием еще больше усугубляется. В такой почвенной среде соя еще в большей степени начинает страдать от недостатка фосфора, она слабо или вовсе не реагирует на азотные удобрения.

Обобщая результаты вегетационных и полевых опытов, приходим к выводу, что в лугово-бурых оподзоленных почвах Приморья в первом минимуме находится фосфор, во втором — азот и в третьем — калий. Наивысший урожай сои на этих почвах достигается при совместном внесении в почву всех трех видов минеральных удобрений — азотных, фосфорных и калийных.

Азотные и калийные удобрения как при отдельном, так и при совместном их внесении под сою не дают заметного положительного результата. Положительное действие азотных удобрений проявляется при совместном внесении с фосфорными удобрениями, калийных — при совместном внесении с азотными и фосфорными минеральными удобрениями.

Действие фосфорных удобрений и коэффициент использования их растениями сои намного повышаются при совместном внесении его с азотными удобрениями.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ

Изучая эффективность минеральных удобрений в зависимости от типа почвы, мы установили следующее.

Без внесения удобрений соя наилучшим образом реагирует на аллювиальный тип почвы. Урожай общей биомассы и зерна здесь в 3—4 раза выше, чем на других типах почв. Самый низкий урожай сои формирует на буро-подзолистой и лугово-бурой оподзоленной тяжелосуглинистой почве. Промежуточное положение в создании урожая сои занимают луговая глеевая и лугово-бурая глеевая почвы (табл. 23, 24)

По агрохимическим показателям можно установить, какие почвы оказались наиболее действенными в формировании того или иного урожая. Для оценки можно взять два типа почвы — аллювиальную и буро-подзолистую и лугово-бурую оподзоленную маломощную. Аллювиальная почва отличается высоким содержанием подвижного фосфора (9—35 мг на 100 г почвы по Кирсанову), слабокислой и нейтральной реакцией среды и насыщенностью основаниями. Кроме того, аллювиальные почвы обладают хорошей аэрацией, дренажем и другими благоприятными водно-физическими свойствами. Буро-подзолистая и малой мощности лугово-бурая оподзоленная почва обладает высокой обменной и гидролитической кислотностью, она не насыщена основаниями (61,7—62,8%) и содержит малое количество подвижного фосфора (0,62—1,31 мг/100 г почвы). Отсюда можно сделать вывод, что очень кислая и кислая

реакция среды и низкое содержание подвижных форм фосфатов являются лимитирующими факторами в создании высокого урожая сои на буро-подзолистых, лугово-бурых оподзоленных и луговых глеевых почвах.

Однако эти лимитирующие факторы могут быть относительно легко устранены известкованием (до 5,6—6,2 рН), фос-

Таблица 23. Урожай сои Приморская 529 на различных типах почв (А пах. 0—20 см)

Тип почвы	Район, хозяйство	Общая масса	Зерно	рН (KCl)	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований
		г на сосуд			мг/эка на 100 г почвы	
Лугово-бурая оподзоленная	Уссурийский, Приморский НИИСХ	15,74	8,21	4,7	7,8	13,2
Лугово-бурая глеевая слабо оподзоленная	Уссурийский, колхоз «Коммунар»	24,36	12,50	5,3	4,5	23,7
Луговая глеевая	Пожарский, Губеровская опытная станция	17,25	10,70	5,2	9,2	13,8
Аллювиальная	Уссурийский, совхоз «Корсаковский»	61,14	32,47	6,0	2,4	17,6
Дерново-аллювиальная	Анучинский, совхоз «Таежный»	43,27	21,30	5,8	2,5	23,7

Тип почвы	Район, хозяйство	Степень насыщенности основани-ми, %	Р ₂ O ₅ , мг/100 г почвы		
			по Кирсанову	по Чirikову	
				CH ₃ CO OH 0,5	HCl 0,5
Лугово-бурая оподзоленная	Уссурийский, Приморский НИИСХ	62,8	0,60	2,69	16,91
Лугово-бурая глеевая слабо оподзоленная	Уссурийский, колхоз «Коммунар»	84,1	2,24	2,22	14,9
Луговая глеевая	Пожарский, Губеровская опытная станция	60,0	1,29	1,58	10,81
Аллювиальная	Уссурийский, совхоз «Корсаковский»	88,0	9,01	13,2	43,3
Дерново-аллювиальная	Анучинский, совхоз «Таежный»	90,5	24,30	20,8	59,7

— Таблица 24. Эффективность минеральных удобрений под сою Приморская 529 на разных типах почв (опыт вегетационный)

Вариант опыта	Общая масса	Зерно	Общая масса	Зерно
	г на сосуд		% к контролю	
Буро-подзолистая				
Без удобрения	15,7	8,2	100,0	100,0
P	51,1	26,5	329,3	323,2
NP	60,8	30,5	387,3	372,0
NK	18,8	9,5	119,8	115,9
NPК	64,0	33,0	407,7	402,5
Лугово-бурая оподзоленная				
Без удобрения	24,4	12,5	100,0	100,0
P	63,9	34,6	261,9	276,8
NP	71,2	39,7	291,8	317,6
NK	25,8	13,0	105,7	104,0
NPК	76,2	44,3	312,3	354,4
Луговая глеевая				
Без удобрения	26,8	14,2	100	100
P	42,5	21,4	158,6	150,7
NP	56,0	26,6	209,0	187,4
NK	32,3	15,8	118,1	111,3
NPК	60,4	27,8	227,7	197,2
Аллювиальная				
Без удобрения	43,3	21,3	100	100
P	75,3	41,9	173,9	196,8
NP	85,0	43,9	197,0	206,2
NK	46,8	22,2	108,1	104,3
NPК	90,8	48,2	209,7	226,3

форитованием и применением растворимых фосфорных минеральных и органических удобрений.

Буро-подзолистые почвы содержат наименьшее количество подвижных элементов минерального питания. Поэтому здесь соя проявляет исключительно высокую нуждаемость в минеральных удобрениях.

Самая высокая потребность у сои проявляется в фосфорных удобрениях. Из парных комбинаций азотно-фосфорные удобрения по своему действию на урожай сои приближаются к полному минеральному удобрению. Азотно-калийные удобрения при совместном внесении, даже при оптимальном увлажнении почвы в течение всей вегетации растений, оказывают слабое действие на урожай сои (115,9%). Их действие значитель-

но сильнее проявляется при совместном внесении с фосфорными удобрениями. Такая реакция сои вполне закономерна, так как с устранением дефицита в фосфатном питании проявляется в растениях и более острая потребность в азотных и калийных удобрениях. Без них нарушается нужное соотношение элементов минерального питания в почвенном растворе, а это ведет к неполному использованию фосфорных удобрений.

В производственных условиях (табл. 25) максимальная прибавка урожая сои Приморская 529 (5,3 ц/га) получена при внесении полного минерального удобрения в соотношении

Таблица 25. Эффективность минеральных удобрений под сою на различных типах почв (опыт производственный)

Вариант опыта	Зерно, ц/га	Индекс эффективности, % от контроля
<i>Буро-подзолистая (совхозы им. Дальзавода, «Увальный», «Кировский», Приморский НННСХ)</i>		
Без удобрения	7,0	—
N ₄₅	7,5	12,8
P ₆₀	9,6	42,8
K ₄₅	—	20,0
N ₄₅ P ₆₀	10,9	55,7
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	12,3	75,7
<i>Лугово-бурая оподзоленная (совхозы «Ружинский», Сун Ятсена, ОПХ «Степное», Приморский НННСХ)</i>		
Без удобрения	8,1	—
N ₄₅	8,2	—
P ₆₀	10,0	28,4
K ₄₅	—	7,4
N ₄₅ P ₆₀	10,9	34,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	11,5	42,0
<i>Луговая глеевая (совхозы «Черниговский», «Астраханский»)</i>		
Без удобрения	8,5	—
N ₄₅	9,5	13,0
P ₆₀	10,0	16,5
K ₄₅	—	5,9
N ₄₅ P ₆₀	10,7	25,9
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	11,2	31,8
<i>Аллювиальная (колхоз «Луч», ОПХ «Пуцилловское»)</i>		
Без удобрения	6,9	—
N ₄₅	8,1	21,8
P ₆₀	9,1	36,6
K ₄₅	—	21,8
N ₄₅ P ₆₀	10,9	58,0
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	12,4	78,2

1:1,5:1. Высокая прибавка получена от применения азотно-фосфорных минеральных удобрений (3,9 ц/га).

Индекс эффективности минеральных удобрений на буро-подзолистой почве довольно высокий и согласуется с величиной прибавок урожая.

Резюмируя сказанное, приходим к выводу, что буро-подзолистые почвы слабо обеспечены легкодоступными элементами питания, особенно фосфором, и соя в сильной степени нуждается в минеральных удобрениях. Поэтому под посев сои необходимо вносить полное минеральное удобрение в научно обоснованном, физиологически уравновешенном соотношении ($N:P:K=1:1,5-2:1-0,5$) в оптимальных дозах: азотных — 45—60 кг/га, фосфорных 60—90 и калийных 45—60 кг/га д. в.

Лугово-бурые оподзоленные почвы несколько богаче валовыми запасами питательных веществ, но они мало чем отличаются от буро-подзолистых почв по содержанию подвижных, легкодоступных растениям элементов минерального питания, особенно фосфора и азота.

На лугово-бурой оподзоленной почве соя также в первую очередь и довольно сильно реагирует на фосфорное удобрение, от действия которого урожай зерна возрос на 276,8% по сравнению с контролем. Отмечается слабое действие азотно-калийных удобрений и на этом типе почвы. Однако при совместном внесении с фосфорным удобрением эффективность их возрастает.

Максимальная продуктивность сои сорта Приморская 529 проявляется на фоне полного минерального удобрения. Несколько ниже эффективность азотно-фосфорных удобрений. На фоне фосфорного удобрения заметно возрастает роль азотного удобрения, особенно в формировании основной продукции — зерна.

Максимальный прирост урожая основной продукции на этом типе почв обеспечивает внесение полного минерального удобрения в оптимальных дозах и при соотношении $N:P:K=1:1,5:1$. Второе место по эффективности занимают азотно-фосфорные минеральные удобрения. Азотные и калийные удобрения при раздельном их внесении оказывают слабое действие. Поэтому на таких почвах отдельно применять под сою азотно-калийные удобрения не рекомендуется. Их следует вносить совместно с фосфорными в виде тукосмеси. На лугово-бурых глеевых разностях с повышенным содержанием обменного калия можно рекомендовать внесение под сою азотно-фосфорных удобрений. Дозы и соотношение компонентов полного минерального удобрения те же, что и на буро-подзолистых почвах.

Луговые глеевые почвы отличаются повышенным потенциальным плодородием, однако по содержанию подвижных элементов минерального питания почти ничем не выделяются от лугово-бурых оподзоленных почв. Поэтому и здесь соя достаточно хорошо отзывается на минеральные удобрения.

В вегетационных опытах на луговой глеевой почве характер действия удобрений, особенно азотных и калийных, заметно отличается от действия на двух предыдущих типах. Луговая глеевая почва несколько богаче содержанием подвижных фосфатов, поэтому и эффективность фосфорных удобрений здесь слабее, а азотных выше. Реакция сои на калийные удобрения слабая, поэтому их эффективность по сравнению с другими типами почв самая низкая.

Нужно отметить, что и на луговой глеевой почве соя прежде всего и сильнее всего реагирует на фосфорные удобрения. Максимальный уровень всей биомассы и зерна соя формирует при внесении полного (NPK) и азотно-фосфорных (NP) минеральных удобрений.

В производственных опытах минеральные удобрения при внесении под сою дали меньший эффект, чем на буро-подзолистых и лугово-бурых оподзоленных почвах. Отмечается пониженное действие фосфорных и калийных удобрений. Азотные удобрения, наоборот, дают повышенный эффект.

Основными причинами такого явления, по нашему мнению, являются особенности химизма и физико-механического состава этих почв. Они имеют высокий процент физической глины и содержат большое количество полуторных окислов железа, алюминия и марганца. Вследствие этого почва обладает высокой степенью поглощения растворимых фосфатов. Из внесенных в почву фосфорных удобрений значительная доля переходит в формы, недоступные растениям, в результате эффективность их резко падает.

Вегетационные и лабораторные опыты показали, что на луговых глеевых почвах внесение фосфорных удобрений вследствие высказанных положений является недостаточным и что данный тип почвы крайне нуждается в известковании и фосфоритовании.

Самая высокая прибавка урожая достигается от применения азотно-фосфорных и азотно-фосфорно-калийных удобрений. На луговых глеевых почвах, особенно не известкованных, оптимальные дозы удобрений при основном внесении будут следующие: азотных — 60 кг, фосфорных — 90 кг, калийных — 45 кг/га д. в.

Аллювиальные почвы за счет более мощного гумусового

горизонта богаты органическим веществом (150—200 т/га), подвижными фосфатами (20—30% общего запаса в минеральной форме), обладают хорошей структурой и аэрацией. В результате этого аллювиальные почвы отличаются высоким потенциальным и эффективным плодородием. Однако отзывчивость на минеральные удобрения достаточно высока, причем не только на фосфорные, но и на калийные и азотные.

Внесение полного минерального удобрения обеспечивает повышение урожая общей массы в 2 раза, зерна в 2,25 раза по сравнению с урожаем на неудобренной почве. Что касается действия парных комбинаций, второе место по эффективности занимает азотно-фосфорная (NP) и последнее — азотно-калийная. Эффективность фосфорного удобрения и на этой почве достаточно высокая. При отдельном внесении фосфорное удобрение обеспечивает наибольшую прибавку урожая сои. Совместное внесение усиливает их действие.

На аллювиальной почве, так же как на предыдущих типах, максимальная эффективность минеральных удобрений достигается при одновременном внесении под сою всех трех видов — азотных, фосфорных и калийных. Полное минеральное удобрение рациональнее применять в соотношении $N:P:K = 1:1:1$, в дозе 45—60 кг га д. в.

Обобщая научные эксперименты и результаты полевых производственных опытов по эффективности минеральных удобрений под сою на различных типах почв, можно сделать следующий краткий вывод. Самый высокий агротехнический эффект минеральные удобрения при совместном внесении всех трех видов (азотных, фосфорных, калийных) дают на маломощных буро-подзолистых почвах. Остальные типы почв в убывающем порядке располагаются следующим образом: лугово-бурые оподзоленные, аллювиальные, луговые глеевые.

В соответствии с этим минеральные удобрения под сою в условиях Приморского края следует применять в первую очередь на буро-подзолистых и лугово-бурых оподзоленных маломощных, затем на аллювиальных и в последнюю очередь — на луговых глеевых почвах.

Соя на всех типах почв Приморья в сильной степени нуждается в минеральных удобрениях. Для повышения ее урожайности и увеличения валовых сборов маслосемян минеральные удобрения необходимо применять на всей площади посева сои, независимо от типа почвы. В зависимости от почвы должны дифференцироваться дозы удобрений и соотношение их по действующему веществу в NPK.

ФОРМЫ УДОБРЕНИЙ

Изучение эффективности различных форм минеральных удобрений в Приморском НИИСХ на лугово-бурых и буроподзолистых почвах под сою можно разделить на два периода. Первый период (1930—1936 гг.), когда в системе Географической сети опытов с удобрениями по единой методике ставились полевые и вегетационные опыты с азотными, фосфорными и калийными удобрениями, и второй период (1960—1974 гг.). В первом периоде из азотных удобрений испытывались натриевая селитра — NaNO_3 , кальциевая селитра — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, аммиачная селитра — NH_4NO_3 , сульфат аммония — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и цианамид кальция — CaNH_2 .

Результаты опытов показали, что при внесении под сою все испытывавшиеся формы азотных удобрений почти в одинаковой степени оказывали положительное действие на урожай сои. Отмечено лучшее их действие на нейтральном фоне, чем на кислом.

Из фосфорных удобрений испытывались суперфосфат, преципитат, фосфатшлак и обесфторенный фосфат. Опыты показали высокую их эффективность и равнозначность не только под сою, но и под другие культуры, возделываемые в Приморском крае. Эффективность фосфоритной муки под сою обеспечивала такую же прибавку урожая, как и водорастворимые формы фосфорных удобрений.

Калийные удобрения под сою испытывались такие: хлористый калий, 30 и 40%-ная калийная соль, сернокислый калий с содержанием K_2O 48—52%. Результаты опытов показали некоторое преимущество хлористого калия с содержанием 52—60% K_2O и сернокислого калия с содержанием 48—52% K_2O . Эти высокопроцентные формы калийного удобрения наиболее рациональны для Приморского края. Во втором периоде опытов изучались в основном водонерастворимые формы фосфорных удобрений в сравнении с суперфосфатом, а также сложные удобрения и двойной суперфосфат в качестве основного и припосевного внесения.

Фосфорные удобрения. В системе Географической сети опытов с удобрениями в Приморском НИИСХ велось сравнительное испытание эффективности водонерастворимых форм фосфорных удобрений: фосфоритной муки (P — 20,14% P_2O_5), обесфторенного фосфата (P — 38,89% P_2O_5), фосфатшлака (P — 12,12% P_2O_5), преципитата (P — 39,77% P_2O_5) и водорастворимого простого суперфосфата (P — 18% P_2O_5). Все формы удобрений вносились в дозе 60 кг/га P_2O_5 на фоне

азотно-калийных удобрений в дозе по 45 кг/га N и K₂O, а фосфоритная мука и в дозе 120 кг/га P₂O₅.

Опыты проводились на почве с кислой реакцией — pH(KCl) 4,4—4,5, тяжелосуглинистой, с высокой гидролитической кислотностью — 4,5—5,6 мг/экв на 100 г почвы и с очень низкой обеспеченностью подвижным фосфором (по Кирсанову — следы 0,8 мг P₂O₅ на 100 г почвы). Для надежной оценки сравнительной эффективности водонерастворимых форм и простого суперфосфата опыты закладывались в трехкратной повторности во времени в 1960, 1963, 1968 гг.

Эффективность удобрений испытывалась на первой культуре сои и в двух звеньях полевого севооборота: 1-е звено — соя, яровая пшеница, соя; 2-е звено — яровая пшеница, соя, яровая пшеница. В 1-м звене сои 66,6%, пшеницы 33,4%, во 2-м звене, наоборот, пшеницы 66,3%, сои 33,4%.

Оценивать эффективность минеральных удобрений, а тем более фосфорных и к тому же водонерастворимых форм, только по действию на первой культуре считаем нецелесообразным. Для определения полного действия и степени использования удобрений считаем наиболее правильным изучать их в коротких севооборотах или в отдельных звеньях севооборота. В опытах закладки 1960 и 1963 гг. соя высевалась на лугово-бурой оподзоленной почве первой культурой, поэтому мы смогли получить данные о действии водонерастворимых форм удобрений на урожай сои за этот период:

Т а б л и ц а 26

Урожай сои по фону N ₄₅ K ₄₅ , ц/га	Прибавка урожая, ц/га					
	Pc	Pф ₆₀	Pф ₁₂₀	Pn	Pфш	Pсф
1960 г.						
12,6	0,4	1,3	2,7	1,3	2,0	1,7
1963 г.						
11,5	5,6	5,3	7,8	4,7	2,2	4,3

В опыте закладки 1963 г. испытывались те же удобрения, что и в предыдущем опыте, по аналогичной методике. Однако действие и последствие удобрений изучалось на четырех культурах в двух звеньях (табл. 27). В 1-м звене соя высевалась первой и третьей культурой, яровая пшеница — второй и четвертой. Во 2-м звене соя шла второй и четвертой, а пшеница первой и третьей культурой.

Таблица 27. Эффективность водонерастворимых форм фосфорных удобрений в зерносовых звеньях полевого севооборота

Вариант опыта	Средний урожай культур за 3 года, корм. ед., ц/га		Средний урожай по двум звеньям				
	1-е звено	2-е звено	корм. ед., ц/га	прибавка от контроля		прибавка от фона	
				ц/га	%	ц/га	%
Без удобрения	16,8	14,9	15,8	—	—	—	—
N ₄₅ K ₄₅ — фон	17,1	15,6	16,4	0,6	3,8	—	—
Фон+Рс ₆₀	18,1	20,0	19,0	3,2	20,3	2,6	16,0
Фон+Рф ₆₀	19,2	17,6	18,4	2,6	16,6	2,0	12,2
Фон+Рф ₁₂₀	19,6	20,0	19,8	4,0	25,3	3,4	20,8
Фон+Рп ₆₀	19,0	21,3	20,1	4,3	27,3	3,7	22,5
Фон+Рфш ₆₀	18,5	20,9	19,7	3,9	24,7	3,3	20,2
Фон+Рсф ₆₀	18,6	20,6	19,6	3,8	24,1	3,2	19,6

За год действия и три года последствия (табл. 28) фосфоритная мука в дозе 120 кг/га P₂O₅ дала максимальный эффект, средняя прибавка урожая зерна сои составила 5,1 ц/га (47,3%). При внесении удобрений в дозе 60 кг/га P₂O₅ из водонерастворимых форм наиболее эффективными являются преципитат, средний прирост урожая сои 3,9 ц/га (36,2%), и фосфоритная мука, обеспечившая прибавку урожая сои 3,8 ц/га (35,2%).

Таблица 28. Действие и последствие водонерастворимых форм фосфорных удобрений на урожай сои Приморская 529, ц/га

Вариант опыта	1963	1964	1965	1966	Средний за 4 года
Без удобрения	12,3	8,6	13,8	8,0	10,7
N ₄₅ K ₄₅ — фон	11,5	8,9	14,2	8,7	10,8
Фон+Рс ₆₀	17,1	11,1	16,8	11,6	14,1
Фон+Рф ₆₀	16,8	12,2	17,6	11,6	14,6
Фон+Рф ₁₂₀	19,6	11,7	20,1	12,1	15,9
Фон+Рп ₆₀	16,2	11,8	19,5	11,3	14,7
Фон+Рфш ₆₀	13,7	11,0	15,5	8,6	12,2
Фон+Рсф ₆₀	15,8	11,3	18,3	10,8	14,1
P, %	3,2	5,3	4,5	4,5	—
E, ц/га	0,3	0,6	0,7	0,5	—

Обесфторенный фосфат по своей эффективности оказался равноценным простому суперфосфату. Они дали прибавку урожая сои в среднем 3,3 ц/га (30,6%).

Приведенные цифры свидетельствуют о том, что на лугово-бурых оподзоленных почвах Приморья обесфторенный фосфат, преципитат и фосфоритная мука обеспечивают более стабильные по годам прибавки урожая, чем суперфосфат.

Самую низкую и малодостоверную эффективность в опыте показал фосфатшлак, давший в среднем за четыре года прибавку урожая сои в 3 раза меньшую, чем фосфоритная мука и преципитат, внесенные в дозе 60 кг/га, и в 4 раза, чем фосфоритная мука в дозе 120 кг/га P_2O_5 .

В производственных условиях соя не высевается монокультурой, а чередуется в севообороте с зерновыми и другими пропашными культурами, используя как действие, так и последствие удобрений. Поэтому оценка эффективности водонерастворимых форм фосфорных удобрений в зерносоевых звеньях севооборота научно более объективна и с практической точки зрения заслуживает особого внимания. Так, эффективность обесфторенного фосфата и фосфоритной муки, внесенных в дозе 60 кг/га P_2O_5 , не уступает эффективности суперфосфату. Фосфоритная мука в дозе 120 кг/га P_2O_5 дает несравненно более высокую прибавку, чем другие формы водонерастворимых фосфорных удобрений и суперфосфат. Преципитат дал несколько меньшую прибавку, чем фосфоритная мука, обесфторенный фосфат и суперфосфат; но это мы относим за счет несколько пониженной эффективности его на яровой пшенице в засушливые годы (1963, 1966). Фосфатшлак оказался наименее эффективным удобрением.

Таким образом, на лугово-бурых оподзоленных и буроподзолистых почвах Приморья водонерастворимые формы фосфорных удобрений при основном внесении в зерносоевых звеньях полевого севооборота по действию на урожайность не уступают водорастворимой форме — суперфосфату, а при внесении непосредственно под сою фосфоритная мука, обесфторенный фосфат и преципитат превосходят его действие.

Фосфатшлак по своей незначительной эффективности не может считаться перспективным для Приморского края. Фосфоритная мука, обесфторенный фосфат и преципитат из апатитов являются наиболее перспективными водонерастворимыми формами фосфорных удобрений для основного внесения, особенно под сою, на почвах Приморья.

Результаты наших исследований по агрономической оценке эффективности водонерастворимых форм фосфорных удобрений на лугово-бурых оподзоленных и буроподзолистых почвах Приморья вполне согласуются с результатами опытов Географической сети опытов с удобрениями на дерново-подзоли-

тых и серых лесных почвах страны (Надин и др., 1960; Кореньков, 1961, 1967; Баранов, 1962; Попов, 1965; Подколзина, 1975)

Фосфоритная мука. Высокая эффективность фосфоритной муки, установленная опытами, подтверждена практикой колхозов и совхозов Приморья (Грицун, 1964). Широкое и всестороннее изучение эффективности фосфоритной муки под сою и другие культуры севооборота позволило выявить, что корневая система сои обладает большой способностью усваивать фосфор из труднорастворимых форм фосфатов почвы и удобрений.

Мы полагаем, что своими корневыми выделениями соя активизирует процесс разложения трехкальцевого фосфата фосфоритной муки не только в ризосфере, но и за ее пределами. Есть основание считать, что в процессе обменных реакций между ионами почвенного раствора и корневыми выделениями принимает участие и подвижный отчуждаемый фосфор. В результате этих процессов после сои, удобренной фосфоритной мукой, наблюдается заметное увеличение подвижных фосфатов в пахотном слое почвы. Это положение подтверждается результатами анализа почвы на содержание подвижной фосфорной кислоты при вынесении фосфорита, а также последствия фосфоритной муки на урожай яровой пшеницы, посеянной после сои.

Как показывают данные этого анализа, действие фосфоритной муки при внесении ее непосредственно под яровую пшеницу оказалось значительно слабее, чем суперфосфата. При дозе ее 60 кг/га P_2O_5 прибавка урожая составила 1,3 ц/га и 120 кг/га P_2O_5 — 1,7 ц/га, в то время как от суперфосфата в дозе 60 кг/га P_2O_5 получена прибавка в 4,6 ц/га (26,3%). Действие фосфоритной муки на сою оказалось несравненно сильнее, чем на яровую пшеницу. При посеве же яровой пшеницы после сои содержание подвижной фосфорной кислоты в почве и действие фосфоритной муки на урожай культуры оказались почти равноценными действию суперфосфата. Если прирост урожая пшеницы при внесении фосфоритной муки в дозе 60 кг/га P_2O_5 составил 1,3 ц/га, то от последствий — 4,2 ц/га, в дозе 120 кг/га P_2O_5 — 1,7 и 5,9 ц/га соответственно, а от последствий суперфосфата — 4,9 ц/га.

Эти цифры представляют большой интерес при оценке экономической эффективности фосфоритной муки. Так, если она вносится под первую культуру — яровую пшеницу, а второй высевается соя, то по двум культурам прирост урожая зерна составляет 9,1 ц/га при дозе 60 кг/га P_2O_5 и 11,8 ц/га при дозе 120 кг/га P_2O_5 . Когда же фосфоритная мука вносится под

сою, а второй культурой идет яровая пшеница, то прирост урожайная зерна составляет при дозе 60 кг/га P_2O_5 12,4 ц/га, при дозе 120 кг/га P_2O_5 — 16,6 ц/га.

Эффективность фосфоритной муки в звене севооборота пшеница — соя может быть еще выше при внесении ее в повышенных дозах.

Применение фосфоритной муки в дозе 270—360 кг/га P_2O_5 можно считать фосфоритованием, которое резко улучшает баланс подвижного фосфора и химические свойства почвы, что обеспечивает подъем плодородия и урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте.

В связи с расширением в настоящее время площадей известкования почв большую часть удобрений, в том числе и фосфоритную муку, будут применять одновременно с известкованием или уже на известкованных почвах. Действие как водонерастворимых, так и растворимых форм фосфорных удобрений будет иным, чем на неизвесткованных, и будет зависеть от целого ряда факторов: доз удобрений, известки, севооборота, набора культур и др.

Для изучения этого вопроса в Приморском НИИСХ проведена серия вегетационных и полевых опытов. Вегетационные опыты проводились на лугово-бурой оподзоленной почве с кислой реакцией среды — pH (KCl) 4,4—5,2, содержание подвижной фосфорной кислоты (по Кирсанову) колебалось в контрольном варианте от 0,31 до 1,56 мг/г почвы.

Действие удобрений и известки испытывалось на сое в течение 3 лет (1963—1965 гг.), которая высевалась в сосудах емкостью 20 кг сухой почвы, последствие — на сахарной свекле и яровой пшенице (1964—1966 гг.) в сосудах Митчерлиха емкостью 5 кг сухой почвы. Известь вносилась из расчета 1 г. к. за 1,5 недели до внесения суперфосфата и фосфоритной муки, суперфосфат вносили в дозе 200 мг, фосфоритную муку — 200 и 400 мг P_2O_5 на 1 кг почвы. В больших сосудах оставляли по 6 растений сои, в малых по 3 растения сахарной свеклы, по 20 растений пшеницы. Остальные условия постановки вегетационных опытов аналогичны предыдущим.

Изучение прямого действия удобрений на сою показало, что эффективность фосфоритной муки и суперфосфата на неизвесткованной почве при внесении одной и той же дозы P_2O_5 почти равноценна. Фосфоритная мука, внесенная в двойной дозе, имеет явное преимущество перед суперфосфатом. Известь из расчета 1 г. к., хотя и внесена незадолго до посева сои, оказала положительное действие на урожай сои.

На известкованной почве суперфосфат в первый год дейст-

вия обеспечил такую же прибавку урожая, как и на известкованной. Фосфоритная же мука заметно ослабила свое положительное действие. Мобилизация подвижных форм фосфатов при внесении фосфоритной муки шла энергичнее, чем при внесении суперфосфата. Однако, судя по урожаю, подвижный фосфор фосфорной муки, особенно на известкованной почве, использовался слабо. Вероятно, это произошло за счет неуравновешенного соотношения между азотом и фосфором: недостаток легкодоступного азота тормозил использование растением фосфора, а также из-за более быстрого перехода фосфатов кальция в неподвижные фосфаты полуторных оксидов железа и алюминия.

Эффективность фосфорных удобрений в последствии на сахарной свекле, второй культуре, более высокая, чем в действии на сое. Особенно резко возросла эффективность фосфоритной муки. Эффективность суперфосфата в последствии заметно повысилась на фоне известии. Фосфоритная мука на фоне известии по урожаю общей массы дала такой же эффект, а по урожаю корней на 56% больший, чем на известкованной почве. Аналогичные результаты были получены нами в опытах со столовой свеклой.

Поэтому можно заключить, что на кислых лугово-бурых оподзоленных и буро-подзолистых почвах Приморья растения корнеплодов (сахарной и столовой свеклы) сильно реагируют на известкование почвы и внесение фосфорных удобрений, эффективность которых резко повышается на фоне известии. Это в равной мере относится к суперфосфату и фосфоритной муке.

При внесении фосфоритной муки в произвесткованную почву мы сталкиваемся, по-видимому, с явлением процесса очагового перехода (растворения) фосфора из основных фосфатов кальция в одно- и двузамещенные фосфаты кальция. Вместе с этим в слабокислой и нейтральной среде идет гидролиз прочно связанных (кристаллических) с полуторными оксидами железа и алюминия фосфатов в аморфные формы, обладающие большей подвижностью и доступностью для растений (Хейфец, 1936). За счет этих процессов и происходит более активное накопление запасов подвижного фосфора при внесении фосфоритной муки на известкованной почве. Особенно это отмечается при повышенной дозе фосфоритной муки.

Анализируя экспериментальные данные и материалы многолетних наблюдений за динамикой подвижных фосфатов, приходим к заключению, что в почве известкованной, где реакция среды доведена до слабокислой или нейтральной, при внесении фосфорных удобрений, особенно фосфоритной муки, наряду с

активной мобилизацией подвижного фосфора идет накопление фосфатов полуторных окислов железа и алюминия (III группа, по Чирикову). Однако имеются основания полагать, что в III группу фосфатов входят и такие формы, которые обладают слабой устойчивостью против воздействия корневых выделений и обменных реакций. По нашему мнению, эти формы используются для непосредственного питания сои, клевера и других культур, а также являются резервом в накоплении подвижных фосфатов. Поэтому повышение обеспеченности почв подвижным фосфором, а также решение всей проблемы фосфатного питания сельскохозяйственных культур в местных условиях должны осуществляться путем комплексного применения известкования, фосфоритования и внесения водорастворимых форм фосфорных удобрений.

Изучение эффективности фосфоритной муки на известкованной почве проводилось и в полевом опыте Приморского НИИСХ в двух пятипольных севооборотах: первый севооборот — яровая пшеница, соя, яровая пшеница, овес, многолетние травы (клевер + тимopheевка); второй севооборот — сахарная свекла, яровая пшеница, соя, овес и многолетние травы. Азотно-калийные удобрения в качестве фона вносились дважды — в 1968 г. в дозе $N_{60}K_{60}$ кг/га и в 1970 г. в дозе $N_{45}K_{45}$ кг/га. В 1967 г. осенью внесена известь в виде гашеной пушонки под вспашку зяби из расчета 1 г.к. (7 т/га $CaCO_3$). Суперфосфат в дозе 90 кг/га P_2O_5 , фосфоритная мука в дозах 90 и 120 кг/га P_2O_5 вносились ежегодно в течение 3 лет (1968, 1969, 1970).

Несмотря на то что в севооборотах соя высевалась второй и третьей культурой, действие минеральных удобрений и известки на ее урожай проявилось отчетливо. На фоне без известки соя в одинаковой степени реагировала на суперфосфат и фосфоритную муку. На известкованной почве эффективность фосфоритной муки оказалась даже выше, чем без известки, а действие суперфосфата обеспечило вполне достоверную прибавку урожая сои. Существенную прибавку на лугово-бурой оподзоленной почве обеспечило внесение известки из расчета 1 г.к. Следовательно, можно заключить, что на известкованной почве соя способна использовать фосфор фосфоритной муки в такой же степени, как и на неизвесткованной.

В среднем по двум пятипольным севооборотам на 10 культурах от действия фосфоритной муки прибавка урожая на известкованном фоне получена только на 0,5 ц/га (2,1%) ниже, чем на неизвесткованном, но она не выходит за пределы точности опыта.

По результатам наших исследований можно сделать определенные выводы. На лугово-бурых оподзоленных и буро-подзолистых кислых почвах Приморского края фосфоритная мука, внесенная в дозе 270 кг/га P_2O_5 за 3 года, оказывает более сильное влияние на накопление подвижного фосфора в пахотном слое, чем водорастворимая форма — суперфосфат. Соя хорошо использует фосфор фосфоритной муки на известкованной почве и дает более высокий урожай основной продукции, чем без известки. В двух севооборотах в сумме за ротацию пятипольного севооборота эффективность фосфоритной муки на известкованном фоне почти не уступает действию ее на неизвесткованной почве. Совместное известкование и фосфоритование почвы оказывает более сильное действие на мобилизацию питательных веществ, улучшает агрохимические свойства и повышает ее плодородие.

Сложные удобрения. В настоящее время принята следующая классификация сложных удобрений (1976). Удобрения, содержащие два и более питательных веществ в одной молекуле, грануле или смеси отдельных компонентов, называются комплексными. По способу производства комплексные удобрения делятся на сложные, сложносмешанные и смешанные. Сложные удобрения содержат два и более питательных веществ в молекуле или грануле и образуются в едином технологическом процессе при химическом взаимодействии исходных компонентов. Сложносмешанные удобрения получают при смешивании готовых продуктов с вводом в смесь жидких и газообразных веществ. Смешанные удобрения состоят из механической смеси простых или сложных туков.

В последние годы в Географической сети опытов с удобрениями в разных зонах страны, в том числе и в Приморском крае, по единой методике проведены исследования по изучению эффективности сложных удобрений применительно к местным почвенно-климатическим условиям.

Полевые опыты по испытанию сложных и простых минеральных удобрений проводились Приморским НИИСХ на лугово-бурой оподзоленной почве с агрохимической характеристикой, аналогичной предыдущему полевому опыту. Испытание велось как в звеньях севооборота с участием сои, так и с ежегодной закладкой опыта под посев первой культуры сои.

В опытах закладки 1969, 1970 и 1971 гг. испытывались такие сложные удобрения: нитрофоска ($N—17,5\%$; $P_2O_5—17,0\%$; $K_2O—17,8\%$), нитроаммофоска ($N—19,0\%$; $P_2O_5—19,4\%$; $K_2O—16,3\%$), диамонитрофоска ($N—17,6\%$; $P_2O_5—17,3\%$; $K_2O—18,2\%$), аммофос ($N—12,0\%$; $P_2O_5—62,0\%$).

В опытах закладки 1972, 1973 гг. испытывались нитроаммофоска ($N—15,7\%$; $P_2O_5—16,6$; $K_2O—18,3\%$), карбоаммофоска ($N—17,5\%$; $P_2O_5—19,5$; $K_2O—18\%$), нитрофоска азотно-сульфатная ($N—11,2\%$; $P_2O_5—10,6$; $K_2O—12,3\%$). Из простых минеральных удобрений в опытах применялись двойной гранулированный суперфосфат ($P_2O_5—48\%$), аммиачная селитра ($N—33\%$) и калийная соль ($K_2O—40\%$). Минеральные удобрения вносились весной в дозе 60 кг/га д. в. и заделывались культиватором на глубину 10—12 см. В опыте закладки 1969 г. соя высевалась второй культурой, яровая пшеница—первой, а в 1970 г. соя—первой, яровая пшеница—второй культурой.

В опытах этих лет был введен вариант диаммонитрофоска + $Рс_{30}$ с целью доведения соотношения $N:P:K$ до наиболее эффективного на местных почвах. Следует указать, что в период исследований наблюдались засушливые (1969, 1970, 1973) и сырые (1971, 1972, 1974) годы. В засушливом 1970 г. на сое испытывалось действие и последствие удобрений, в обоих опытах соя слабо реагировала на них и дала невысокий урожай.

Эффективность сложных удобрений—нитроаммофоски и диаммонитрофоски оказалась равной эффективности смеси простых удобрений. Что касается варианта с внесением диаммонитрофоски и суперфосфата в дозе 30 кг/га P_2O_5 , получена самая высокая и вполне достоверная прибавка урожая сои. Нитрофоска в качестве основного удобрения под сою оказалась неэффективной.

В итоге по четырем культурам двух полевых опытов эффективность нитроаммофоски и диаммонитрофоски почти равноценна смеси простых удобрений. При добавлении суперфосфата в дозе 30 кг/га P_2O_5 к диаммонитрофоске для создания нормального соотношения элементов питания в почве ($N:P:K=1:1,5:1$) получена самая высокая прибавка урожая (табл. 29).

Третья повторность опыта по испытанию сложных удобрений заложена в 1971 г. в четырехпольном звене полевого севооборота с чередованием культур: яровая пшеница, соя, ячмень, многолетние травы (клевер+тимофеевка) (табл. 30). В опыт дополнительно был включен аммофос с добавлением 48 кг/га азота и 60 кг/га калия (K_2O) для выравнивания по действующему веществу с другими формами сложных и простых удобрений. Результаты опыта показали, что все испытываемые сложные удобрения по действию и последствию равноценны с эквивалентной смесью простых удобрений. В ка-

Т а б л и ц а 29. Эффективность сложных и простых минеральных удобрений
под сою и яровую пшеницу, ц/га

Вариант опыта	1969 яровая пшеница	1970 соя	1970 соя	1971 яровая пшеница	Средний урожай четырех культур по двум опытам, корм. ед.		Прибав- ка уро- жая культур, корм. ед., ц/га
					ц/га	% к конт- ролю	
Без удобрения	15,0	5,1	6,5	16,0	13,1	100	—
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ смесь простых удобрений	19,2	6,0	7,6	17,9	15,6	119,1	2,5
Нитрофоска (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	18,9	5,7	5,7	16,6	14,4	110,0	1,3
Нитроаммофоска (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	19,7	6,5	6,2	17,5	15,3	116,9	2,2
Диаммонитрофоска (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	19,4	6,2	7,6	17,0	15,5	118,4	2,4
Диаммонитрофоска + + P ₃₀ (N ₆₀ P ₉₀ K ₃₀)	20,0	7,4	7,8	17,0	16,2	123,7	3,1
P, %	5,3	4,0	4,2	5,9	—	—	—
E, ц/га	1,0	0,3	0,3	0,6	—	—	—

честве основного удобрения они могут применяться под сою и другие культуры полевого севооборота. Из сложных удобрений преимуществом отличается нитроаммофоска.

Аммофос при совместном внесении с аммиачной селитрой и хлористым калием по эффективности почти не уступает другим сложным удобрениям. Его можно вносить в виде основного удобрения совместно с азотными и калийными при соотношении питательных веществ $N:P:K=1:1,5:1$.

При анализе экономической эффективности сложных и простых удобрений низкие показатели получились при учете только действия удобрений на первой культуре — сое. При учете действия и последствий на трех-четырёх культурах экономическая эффективность сложных и простых минеральных удобрений значительно повышается. Сложные удобрения по экономической эффективности равны или заметно превосходят смесь простых удобрений.

Таким образом, применение сложных удобрений при основном внесении под сою и другие культуры в трех-четырёх-польных звеньях севооборотов на лугово-бурых оподзоленных и буро-подзолистых почвах Приморского края оказывают равноценное действие, а такие, как нитроаммофоска, диаммонитрофоска и карбоаммофоска, дают лучший результат по сравнению с эквивалентными смесями простых удобрений.

Для внесения под сою лучшими в условиях Приморского края являются сложные удобрения с невыровненным соотношением питательных веществ с преобладанием фосфора ($N:P_2O_5:K_2O=1:1,5-2:0,5-1$).

При внесении под сою сложных удобрений в виде основного с выровненным соотношением элементов питания ($1:1:1$) рекомендуется совместно вносить двойной гранулированный суперфосфат в дозах, обеспечивающих получение нормального для культуры соотношения $N:P:K=1:1,5-2:0,5-1$.

При использовании аммофоса в качестве основного удобрения под сою его также следует вносить совместно с азотными и калийными удобрениями в соотношении питательных элементов $N:P:K=1:1,5-2:0,5-1$.

ДОЗЫ И СООТНОШЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В Приморском НИИСХ изучение доз и соотношения минеральных удобрений под сою включало в себя постановку полевых и вегетационных опытов, агрохимические анализы почвы на опытных участках и растений на содержание в основном и побочном урожае питательных веществ и качество продукции.

Т а б л и ц а 30. Эффективность сложных и простых минеральных удобрений
под сою и другие культуры полевого севооборота, ц/га

Вариант опыта	1971 яровая пшеница	1972 соя	1974 сено много- летних трав	Урожай в корм. ед.			
				суммар- ный за 3 года	средний за год	прибавка	
						ц/га	%
Без удобрения	13,8	5,5	80,0	42,1	14,0	—	—
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ смесь простых удобрений	19,2	9,6	95,8	56,5	18,8	4,8	34,3
Нитрофоска (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	18,9	7,6	105,5	56,6	18,9	4,9	35,0
Нитроаммофоска (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	17,4	9,6	115,0	59,1	19,7	5,7	40,8
Диаммонитрофоска + P ₃₀ (N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀)	21,2	6,5	107,1	57,6	19,2	5,2	37,2
Аммофос + N ₄₈ K ₆₀	19,6	9,9	80,0	54,7	18,2	4,2	30,0
P ₃₀	5,3	7,9	10,2	—	—	—	—
E, а	1,0	0,6	10,0	—	—	—	—

В вегетационных опытах применялась лугово-бурая оодзоленая почва со следующей агрохимической характеристикой: рН (KCl) 4,61—4,79, гидролитическая кислотность 4,92—5,91 мг/экв, сумма поглощенных оснований 12,4—13,6 мг/экв на 100 г почвы, подвижный фосфор (P_2O_5) 0,58—0,62 мг, обменный калий (K_2O) 13,9—18,3 мг на 100 г почвы, обменная кислотность (по Соколову) 0,09—0,18 мг/экв, алюминий 0,4—0,8 мг на 100 г почвы, гумус 3,93%. Удобрения вносились при набивке сосудов (емкостью 5 кг сухой почвы) в виде аммиачной селитры, двойного суперфосфата и 40%-ной калийной соли в дозе 0,6 г д.в. на сосуд каждого вида и увеличенной в 2—3 раза согласно схеме опыта (табл. 31).

Таблица 31. Влияние минеральных удобрений на продуктивность сои Приморская 529

Вариант опыта	Урожай сои на сосуд, г				Среднее за 2 года				Отноше- ние, %	
	1971		1972		общая масса		зерно			
	общая масса	зер- но	общая масса	зер- но	г	%	г	%	зер- но	соло- ма
Без удобрения	8,9	4,3	10,6	5,2	9,8	100	4,9	100	50	50
РК (по 0,6 г/сосуд)	43,8	22,8	45,5	23,8	44,1	450,0	23,3	475,6	52,8	47,2
N _{0,5} P ₁ K ₁	45,1	22,8	53,9	27,4	49,5	505,2	25,1	512,3	50,7	49,3
N ₁ P ₁ K ₁	54,0	24,7	60,2	27,8	57,1	582,7	26,2	534,7	45,7	54,3
N ₂ P ₁ K ₁	73,2	30,8	65,4	22,4	69,3	707,2	26,6	543,0	38,4	61,6
N ₃ P ₁ K ₁	73,1	28,0	70,1	23,3	71,6	730,7	25,6	522,5	35,8	64,2
P ₂ K ₁	—	—	50,2	26,2	—	—	—	—	—	—
N ₁ P ₂ K ₁	—	—	64,3	31,5	—	—	—	—	—	—
N ₂ P ₂ K ₁	77,4	30,3	75,7	30,9	76,5	780,7	30,6	624,5	40,0	60
P ₂ K ₂	—	—	43,6	22,6	—	—	—	—	—	—
P ₃ K ₂	37,7	17,6	43,5	22,4	40,6	414,3	20,0	410,0	49,3	50,7
N ₂ P ₃ K ₂	65,2	19,3	67,6	26,7	66,4	677,6	23,0	470,0	34,6	65,4
N ₃ P ₃ K ₂	79,7	23,7	76,6	26,0	78,1	797,0	24,8	506,2	31,8	68,2

Результаты опытов выявили значительную зависимость урожая общей массы зерна сои от доз и соотношения между азотными и фосфорными удобрениями. Максимальный урожай зерна формируется при внесении в почву фосфорно-калийных удобрений при соотношении их 1—2:1.

Применение азотных удобрений совместно с фосфорными и калийными повышает продуктивность растений, которые самый высокий прирост репродуктивной части дают при соотношении $N:P:K=0,5-1:1-2:1$.

Увеличение дозы азотных удобрений в 2—3 раза ($N_2P_1K_1$; $N_3P_1K_1$) без изменения доз фосфорных и калийных удобрений сопровождается значительным повышением урожая общей массы за счет образования и накопления вегетативной массы. Урожай зерна сои в этом случае остается стабильным или снижается, и довольно значительно.

При внесении парной фосфорно-калийной комбинации увеличение доли фосфорного удобрения (P_2K_1) заметно повышает урожай зерна и незначительно соломы. При повышении дозы и калийных удобрений наблюдается депрессия, в результате которой снижается урожай общей массы и зерна сои.

Высокие дозы азотных удобрений на фоне таких же доз фосфорных и калийных удобрений ($N_2P_2K_1$; $N_2P_3K_2$; $N_3P_3K_2$) способствуют дальнейшему росту урожая вегетативной массы, в данном случае соломы, и снижают урожай зерна в сравнении с оптимальными дозами и соотношением питательных элементов ($N : P_2O_5 : K_2O = 0,5—1 : 1—2 : 1$).

Корневая система растений обладает избирательностью к питательным элементам, находящимся в почвенном растворе (Журбицкий и Вахмистров, 1964). Она возрастает или снижается в зависимости от фазы развития и потребности в элементах питания. Поэтому по конечному урожаю (при учете только зерна и соломы) нельзя установить, как развиваются отдельные части растений в процессе вегетации и как изменяется структурное состояние растений в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений. Чтобы проследить за этим физиологическим процессом, провели полный учет всех надземных органов и корневой системы растений в фазу полного налива (21 сентября) в опыте 1972 г.

Результаты опыта свидетельствуют о высокой реакции растений сои на уровень азотного и фосфорного питания и их совместного действия. На контроле, а также в вариантах с внесением фосфорно-калийных удобрений в равных дозах (1:1) листья и стебли составляют около 50%, бобы и корни — 50%. Внесение совместно с фосфорными и калийными азотных удобрений в половинной дозе не вызывает заметных изменений. Однако при дальнейшем увеличении дозы азотного удобрения, но при постоянном уровне фосфатно-калийного питания, резко увеличивается вес листьев, особенно стеблей, и снижается вес бобов и корней.

Следовательно, соя по своей биологической особенности хорошо переносит обилие азотной пищи в почвенном растворе, в условиях которого фотосинтетические процессы в растении направлены на образование и накопление органического ве-

щества в стеблях и листьях. Однако такое доминирование азотной пищи над фосфорно-калийной ведет к явному торможению процессов формирования репродуктивных органов.

Повышение дозы фосфорных удобрений в 2—3 раза на фоне калийных в одинарной и двойной дозе не вносит существенных изменений в структуру биологического урожая сои в фазу полного налива. Азотные удобрения, даже на фоне высоких доз фосфорных и калийных удобрений, оказывают существенное влияние на эту структуру. Вес листьев остается без изменений, вес стеблей значительно повышается, снижается вес бобов и корней.

На фоне повышенных доз фосфорно-калийных удобрений возрастание доз азотных приводит к резкому падению урожая зерна и возрастанию урожая соломы.

Поступление питательных элементов в растения сои определялось при анализе частей растений на содержание азота, фосфора и калия и учете сухой массы в фазу налива. В эту фазу бобы по содержанию азота и фосфора являются самой богатой частью. Калий почти в одинаковых количествах содержится в бобах и листьях. После бобов по содержанию элементов питания идут листья, затем стебли и на последнем месте корни.

В динамическом изменении содержания питательных элементов в связи с применением минеральных удобрений присутствует закономерность повышения содержания азота и фосфора во всех частях растения при увеличении доз азотных и фосфорных удобрений. Особенно заметно возрастает содержание фосфора в стеблях, бобах и корнях при совместном внесении повышенных доз азотных и фосфорных удобрений. Содержание калия во всех частях растения от внесения различных доз и соотношения удобрений изменяется слабо.

Поступление питательных элементов в растения сои хорошо согласуется с дозами, соотношением минеральных удобрений и урожаем сухой массы. При внесении фосфорно-калийных удобрений (P_1K_1) заметно возросли урожай массы и поступление азота, фосфора и калия в растения.

В то же время применение оптимальной дозы азотного удобрения совместно с фосфорно-калийными не дало сдвига в росте, а при увеличении дозы его в 2—3 раза ($N_2P_2K_1$; $N_3P_1K_1$) уменьшается сухая масса и снижается поступление питательных элементов в растения.

Наибольший урожай сухой массы в фазу налива и максимальное поступление питательных веществ были в вариантах с внесением двух, трех и четырех доз фосфора и одной, двух доз

азота при соотношении $N:P:K=1-2:2-3-4:1$ ($N_1P_2K_1$; $N_2P_3K_1$; $N_3P_4K_1$). Здесь отмечается самый высокий процент использования растениями сои азота и фосфора из внесенных удобрений. При этом важно отметить, что с увеличением дозы азотного удобрения, на фоне постоянного уровня фосфатно-калийного, использование азота растениями резко падает. В таком же примерно порядке снижается использование фосфора из внесенных фосфорных удобрений (с 20 до 7%). Процент использования калия из калийных удобрений самый высокий (45—170%).

В оптимальных условиях водного, теплового и светового режимов, какие создаются в вегетационных опытах, и при благоприятном сочетании удобрений ($N_1P_2K_1$; $N_2P_3K_1$; $N_3P_4K_1$) растения сои способны использовать для питания не только азот и калий, внесенные с удобрениями, но и из почвы. Это положение, по нашему мнению, представляет большой научный и практический интерес. Выявляется очень важная биологическая особенность сои — большая избирательная способность поглощения питательных веществ из почвенного раствора в пределах нуждаемости в том или ином элементе. Так, при хорошей обеспеченности фосфором и калием она усиливает за счет азотфиксации поглощение азота, а при обеспеченности азотом и фосфором — поглощение калия как из удобрений, так и из почвенных запасов.

Однако в отношении фосфора такого биофизиологического процесса не отмечается. Причина этого, по-видимому, кроется в том, что в почве подвижных фосфатов содержится ничтожно малое количество, растворимые фосфаты удобрений в короткий срок переходят в неподвижные соединения; сами растения поглощают фосфор в 2—3 раза меньше, чем азота и калия.

Что касается соотношения питательных элементов, поглощенных растениями сои ($N+P_2O_5+K_2O=100$), то в фазу налива оно колеблется в малых пределах. По всем вариантам опыта содержание азота в растительной массе варьирует в пределах 42—38%, фосфора (P_2O_5) — 13—16%, калия (K_2O) — 45—47%. Отсюда следует, что какие бы ни были широкие отношения между питательными элементами во внешних удобрениях, соотношение их в растениях остается на определенной фазу весьма близким, хотя урожай сухой массы различен.

При продолжении вегетационных опытов определялись конечный биологический и хозяйственный урожай сои, потребление и соотношение питательных элементов в растениях в связи с дозой и соотношением минеральных удобрений. На конт-

рольном варианте (без удобрения) хозяйственный урожай сои составляет 50% биологического урожая. Значительный процент в биологическом урожае приходится на корневую систему (35%), в то время как на удобренных вариантах опыта доля ее в общем урожае снижается до 13—11%. При внесении одних фосфорно-калийных удобрений, а также с половинной дозой азотных (P_1K_1 ; $N_{0,5}P_1K_1$), доля хозяйственного урожая по сравнению с контролем увеличивается до 57—67%, в котором больше половины приходится на основную продукцию — зерно. С увеличением дозы азотных удобрений на фоне оптимальных доз фосфорно-калийных доля хозяйственного урожая увеличивается до 67—65%. Однако в этом случае качество хозяйственного урожая заметно снижается за счет уменьшения веса зерна (43%) и увеличения соломы (57%).

При расширении соотношения между азотным и фосфорным удобрениями, где на фоне оптимальных доз азота и калия вносятся двойная и тройная доза фосфора, удельный вес хозяйственного урожая составляет 62—64% биологического, но в нем 50% приходится на основную продукцию — зерно и 50% на побочную — солому.

Одновременное увеличение доз азотных и фосфорных удобрений, при неизменной дозе калийных, приводит к стабилизации хозяйственного урожая (62—66%), в пределах которого на долю основной продукции приходится 42—48% и побочной — 58—52%.

При внесении полного минерального удобрения в оптимальных дозах и наилучшем соотношении $N:P:K=1:2-3:1$ ($N_1P_2K_1$; $N_1P_3K_1$) получается максимальный хозяйственный урожай сои, где на долю зерна приходится не менее 50%. В остальных вариантах опыта доля хозяйственного урожая хотя и не снижается, но ухудшается качество его за счет недобора основной продукции — зерна.

В среднем по 11 вариантам опыта в растения сои для создания биологического урожая поступило 2,73 г азота, 0,49 г фосфора (P_2O_5) и 1,29 г калия (K_2O) на сосуд, хозяйственного урожая соответственно 2,05, 0,37, 0,96 г на сосуд. Иначе говоря, $\frac{2}{3}$ (75%) питательных элементов выносятся хозяйственным урожаем сои. Соотношение питательных элементов остается абсолютно одинаковым в биологическом и хозяйственном урожае. При создании хозяйственного урожая вынос отдельных элементов по вариантам опыта (исключая контрольный) колеблется в таких пределах: 64—58% азота, 11—12% фосфора (P_2O_5), 25—31% калия (K_2O).

Самый высокий процент поступления азота наблюдается в

вариантах с обильным фосфорным питанием ($N_1P_2K_1$; $N_1P_3K_1$), самый низкий — с обильным азотным питанием ($N_2P_1K_1$; $N_3P_1K_1$). В последнем случае одновременно в этих же вариантах увеличивается процент поступления калия, поступление фосфора остается неизменным ($N:P:K=58:11:30$). В среднем по удобренным вариантам опыта соотношение питательных элементов в хозяйственном урожае составляет $61:11:28$ вместо $65:9:26$ в варианте без удобрения. Данные об использовании питательных элементов из удобрений, хотя они и получены в вегетационном опыте, заслуживают большого внимания.

Наибольший процент использования азота получается в вариантах с оптимальным уровнем азотно-калийного удобрения и обильным фосфатным питанием ($N_{0,5}P_1K_1$; $N_1P_2K_1$; $N_1P_3K_1$), вероятно, за счет значительного количества симбиотического азота (70 %). Фосфорные удобрения на почвах Приморья сильно активизируют развитие клубеньковых бактерий на корнях сои и их азотфиксирующую способность.

По мере увеличения дозы азотных удобрений при неизменном уровне фосфорно-калийных процент использования азота снижается со 143 ($N_{0,5}P_1K_1$) до 29 ($N_3P_1K_1$). Использование фосфора и калия в этом случае возрастает. При одновременном увеличении доз азотных и фосфорных удобрений в NP_2K ($N_2P_3K_1$; $N_2P_4K_1$) использование азота стабилизируется в пределах 40—63%, фосфора снижается до 22—16%, а калия возрастает до 152—167%. Увеличение доз фосфорных, а также одновременно фосфорных и азотных удобрений, ведет к постепенному снижению процента использования фосфора. С повышением доз азотных и фосфорных удобрений увеличивается поступление в растения калия.

Используя установленную закономерность, можно регулировать направленность биохимических процессов, создавая тем самым соответствующий режим минерального питания растений. Обильное питание азотом и калием и умеренное фосфором обеспечивает формирование зерна, богатого белком, а обильное фосфатное и умеренное азотно-калийное — жиром. При оптимальном уровне питания достигается высокий урожай зерна сои, повышенное содержание жира и среднее, даже несколько сниженное, — белка.

Полевые опыты. Изучение доз и соотношений минеральных удобрений под сою в полевых опытах проводилось на лугово-бурой оподзоленной почве в течение трех лет. Агрохимические показатели опытных участков следующие: гумус 3,8—4,2 %, рН (KCl) 4,6—4,8, гидролитическая кислотность 6—6,5 мг/экв,

сумма поглощенных оснований (по Каппену) 13—14 мг/экв на 100 г почвы, подвижный P_2O_5 (по Кирсанову) 0,6—1 мг, K_2O (по Масловой) 12—15 мг на 100 г почвы. Минеральные удобрения в виде суперфосфата пылевидного, аммиачной селитры и хлористого калия вносились весной под первую глубокую культивацию или лущение корпусным лущильщиком на глубину 10—12 см.

Данные полевых опытов (табл. 32) вполне согласуются с результатами вегетационных опытов, где максимальная прибавка урожая зерна сои была при совместном действии азотных, фосфорных и калийных удобрений, внесенных в оптимальных дозах. Лучшим соотношением питательных элементов в

Таблица 32. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожай сои Приморская 529, ц/га

Вариант опыта	1963	1964	1965	Среднее за 3 года	Прибавка урожая зерна	
					ц/га	%
Без удобрения	12,4	11,8	12,8	12,3	—	—
$N_{30}K_{60}$	14,1	12,6	14,2	13,6	1,3	6,5
$N_{30}P_{60}$	15,8	13,8	16,7	15,4	3,1	25,2
$N_{30}P_{60}K_{60}$	17,8	14,6	15,1	15,8	3,5	28,5
$N_{30}P_{90}K_{60}$	18,2	14,8	16,5	16,5	4,2	34,2
$N_{30}P_{120}K_{60}$	17,1	15,2	17,2	16,5	4,2	34,2
$N_{60}P_{60}K_{60}$	16,2	14,2	16,1	15,5	3,2	26,1
$N_{60}P_{120}K_{60}$	16,6	14,3	17,2	16,0	3,7	30,1
P, %	3,4	5,3	4,5	—	—	—
E, ц/га	0,3	0,6	0,5	—	—	—

НРК на лугово-бурой оподзоленной слабо- и среднеоккультурированной почве ($N:P_2O_5:K_2O$) является 1:2—3:1; оптимальные дозы минеральных удобрений — 30—60 кг/га азотных, 90—120 кг фосфорных и 60 кг/га д. в. калийных.

В опыте, где изучали действие удобрений на сое и последствие на пшенице и сое, получены данные, подтверждающие отмеченную ранее закономерность: максимальная эффективность полного минерального удобрения получается при внесении его в соотношении питательных элементов $N:P_2O_5:K_2O = 1:2—3:1$. Оптимальными дозами удобрений являются 30—60 кг/га азотных, 90—120 кг/га фосфорных и 60 кг/га д. в. калийных. Следует отметить, что в звене севооборота при внесении полного удобрения в одинаковых дозах ($N_{60}P_{60}K_{60}$) получена также высокая прибавка урожая (4,3 ц/га) за счет более повышенного урожая яровой пшеницы (15,5 ц/га) по это-

му варианту. То же самое относится к варианту $N_{30}P_{120}K_{60}$, по которому яровая пшеница дала высокий урожай (15,5 ц/га).

Внесение одних азотно-калийных удобрений ($N_{30}K_{60}$) не оказывает заметного положительного действия.

Поступление питательных элементов в растения сои и использование их в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений варьирует в больших пределах, особенно азота и калия. Так, в опытах, где изучалось только действие удобрений на развитие и урожай сои, максимальное поступление азота и калия в растения соответствует наибольшему урожаю зерна ($N_{30}P_{90}K_{60}$; $N_{60}P_{120}K_{60}$ и $N_{30}P_{120}K_{60}$).

Аналогичная картина наблюдается в опыте, где изучалось действие и последствие удобрений на сое и яровой пшенице в трехпольном звене севооборота (табл. 33). Поступление фосфора по вариантам опытов различается слабее. Так, на удобренных вариантах оно колеблется в пределах 15—21 кг/га, а в трехпольном звене севооборота на сое — 13—18 кг/га.

Т а б л и ц а 33. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на поступление и использование питательных элементов соей и яровой пшеницей

Вариант опыта	3-польное звено севооборота соя, яровая пшеница, соя					
	поступление, кг/га			использование из удобрений, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрения	212	40	155	—	—	—
$N_{30}K_{60}$	237	41	168	24,4	—	21,7
$N_{30}P_{60}$	241	50	172	29,0	15,5	—
$N_{30}P_{60}K_{60}$	234	54	170	22,0	23,0	24,0
$N_{30}P_{90}K_{60}$	288	61	180	75,7	23,4	41,5
$N_{30}P_{120}K_{60}$	260	57	192	41,0	13,6	61,7
$P_{60}K_{60}$	242	54	165	—	23,1	16,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	276	56	201	31,5	25,6	74,6
$N_{60}P_{120}K_{60}$	294	62	189	40,2	17,9	56,9

Более существенная разница получается в использовании питательных элементов из удобрений. В опыте с испытанием действия удобрений в первый год использование азота соей по вариантам удобрений варьирует от 10,6 до 41,7%, фосфора от 5,6 до 9,2%, калия от 20,3 до 29,5%. Самый высокий процент использования соей питательных веществ из удобрений приходится на оптимальные варианты ($N_{30}P_{90}K_{60}$; $N_{30}P_{120}K_{60}$).

$N_{30}P_{60}K_{60}$), где соотношение $N:P_2O_5:K_2O=1:2-3:1-2$. При таком соотношении соя при урожае зерна в 16—16,5 ц/га использует 36—41,7% азота, 5,6—9,2% фосфора и 20,3—29,5% калия.

В трехпольном звене, где действие удобрений испытывалось на сое, а последствие на яровой пшенице и сое, коэффициент использования питательных элементов в среднем по всем вариантам удобрений составил 37,7% по азоту, 20,3% по фосфору и 42,4% по калию. За один год на сое этот показатель составляет соответственно 25,2, 7,3 и 24,7%. При учете эффективности удобрений за 3 года коэффициент использования значительно возрастает, чем за один год. Поэтому при расчете потребности удобрений на планируемый урожай считаем более правильным применять коэффициент использования питательных веществ из удобрений за 3 года.

Важно отметить, что и за 3 года учета самый высокий коэффициент использования достигается в тех вариантах, где удобрения применяются в оптимальном соотношении питательных веществ ($N:P_2O_5:K_2O=1:2-3:1-2$).

В варианте $N_{30}P_{90}K_{60}$ использование культурами азота составляет 75,7%, фосфора 23,4% и калия 41,5%. В одногодичных опытах с соей потребление азота на создание 1 т основной продукции варьирует в пределах 73,8—79,6 кг, фосфора 11,3—12,9 и калия 34,6—36,4 кг. Такая же стабильность в потреблении питательных веществ наблюдалась в опыте с трехгодичным использованием удобрений, где на создание 1 т основной продукции потребляется 76,3—82,7 кг азота, 11,4—13,1 кг фосфора и 37,2—39,3 кг калия.

Соотношение питательных элементов в растениях остается довольно стабильным, независимо от видов и доз минеральных удобрений, вносимых под сою. По пяти нашим полевым опытам в хозяйственном урожае сои соотношение питательных элементов ($N:P_2O_5:K_2O$) в среднем составляет 61,3:9,6:29,1.

В эти же годы проводились полевые опыты по изучению доз фосфорных удобрений под сою и в производственных условиях. Результаты их мы приводим только по двум хозяйствам: ОПХ «Степное» Уссурийского района и совхозу «Кировский» Кировского района.

В ОПХ «Степное» опыты закладывались на лугово-бурой оподзоленной почве, pH (KCl) 4,8—5, гидролитическая кислотность 5,2 мг/экв на 100 г почвы, содержание подвижного P_2O_5 (по Кирсанову) 1,8—2 мг на 100 г почвы, обменного калия (K_2O по Масловой) 13—15 мг на 100 г почвы.

В этом хозяйстве внесение азотно-калийных удобрений под сою не дало положительного эффекта. Внесение фосфорного удобрения совместно с азотно-калийным оказало положительное действие. Самая высокая прибавка урожая бобов сои (3,5 ц/га — 31,6%) получена в варианте, где внесено азотных и калийных по 45 кг/га и фосфорных 90 кг/га д. в. Как в ОПХ «Степное», так и в совхозе «Кировский» наилучший эффект достигнут при внесении удобрений в соотношении $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 2 : 1$.

В совхозе «Кировский» опыт проводился на лугово-бурой почве, pH (KCl) 5,2, содержание подвижного фосфора 3,6 мг P_2O_5 и обменного калия 24 мг на 100 г почвы. Соя достаточно сильно реагировала на внесение азотно-калийных удобрений; прибавка урожая составила 4,1 ц/га (40,6%). На фоне азотно-калийных удобрений высокоэффективным оказалось и фосфорное удобрение.

Совхоз находится в зоне более высокого увлажнения почвы, и растения в течение всего вегетационного периода полнее удовлетворяются влагой. Поэтому эффективность минеральных удобрений здесь гораздо выше, чем в ОПХ «Степное», которое находится в зоне умеренного увлажнения. Однако для обоих хозяйств при любых дозах внесения полного минерального удобрения под сою отношение питательных элементов в нем должно быть $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 2 : 3$.

СРОКИ И СПОСОБЫ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Высокая требовательность сои к режиму минерального питания вызывает необходимость в разработке таких сроков и способов внесения минеральных удобрений, чтобы они оказались наиболее доступными в самые ответственные периоды роста и развития растений. В первый период — от всходов до цветения — соя активно поглощает азот и калий ($N : P_2O_5 : K_2O = 58,2 : 6,8 : 35$), во второй — от цветения до начала налива зерна — потребность в фосфоре и азоте возрастает, в калии снижается ($N : P_2O_5 : K_2O = 61,7 : 10,2 : 28,1$), в третий период — от начала налива до созревания — резко увеличивается потребность в фосфоре, заметно снижается в азоте и особенно в калии ($N : P_2O_5 : K_2O = 54,8 : 29,7 : 15,5$).

сельскохозяйственной науке и практике получили распространение три срока внесения минеральных удобрений: допосевное (основное), припосевное (рядковое, очаговое) и послепосевное (подкормка)

Допосевное внесение минеральных удобрений обеспечивает

растения сои питательными веществами на длительный срок и в период максимального их поглощения, поэтому оно и называется основным. По способам внесения основного удобрения различают разбросное и локально-ленточное.

Разбросное внесение удобрений имеет ряд положительных сторон, но больше отрицательных. Не останавливаясь на их перечислении, отметим только то, что изучение эффективности минеральных удобрений, вносимых в качестве основного, на почвах Приморья под культуры, в том числе и сою, проводили с применением разбросного.

При возделывании сои в природных условиях Приморского края осеннее внесение основного минерального удобрения под зяблевую вспашку дает более высокий эффект, чем весеннее под культивацию зяби. Максимальная отдача от полного удобрения достигается в размещении фосфорных удобрений в двух слоях и внесении в два приема. Оптимальная доза калийных и азотных (по 45—60 кг/га) и $\frac{3}{4}$ фосфорных (45—60 кг/га) удобрений вносится осенью под плуг или весной под глубокую культивацию, а $\frac{1}{3}$ или 15—20 кг/га P_2O_5 в виде гранулированного суперфосфата вносится в рядки при посеве. При таком внесении прибавка урожая зерна сои на 1,4—2,6 ц/га (8—15%) выше, чем при внесении всей дозы в один прием вразброс.

В начальных фазах жизни соя поглощает фосфор и другие питательные элементы из удобрений, размещенных в верхнем слое (рядке), а в последующие фазы из удобрений, заделанных на большую глубину.

В одном из наших опытов, где полное удобрение в дозе $N_{50}P_{75}K_{50}$ внесено под вспашку зяби, урожай сои составил 20,2 ц/га, а в варианте, где $N_{50}P_{55}K_{50}$ внесено осенью под зябь и 20 кг/га P_2O_5 в виде гранулированного двойного суперфосфата при посеве в рядки,—21,7 ц/га, или на 1,5 ц/га выше урожая на контроле.

Исследования Всероссийского научно-исследовательского института сои также показали (1972, 1976), что глубокая заделка удобрений осенью под вспашку зяби обеспечивает более высокую их эффективность. Урожай зерна сои повышается на 1,1—2 ц/га против мелкой заделки удобрений. Последняя, особенно в засушливые годы, не способствует положительному действию минеральных удобрений.

Как в наших опытах, так и в опытах ВНИИ сои внесение азотных удобрений весной при внесении фосфорно-калийных удобрений под вспашку зяби положительного результата не дает. Так, в опытах Приморского НИИСХ при внесении фосфорно-калийных удобрений ($P_{75}K_{50}$) осенью под вспашку, а

азотных (P_{150}) весной под культивацию урожай зерна сои составил 18,8 ц/га, а в варианте, где удобрение $N_2 P_{75} K_{50}$ внесено осенью под вспашку зяби, — 20,2 ц/га.

На лугово-бурых оподзоленных почвах Приморья соя достаточно хорошо реагирует на минеральные удобрения, вносимые весной в качестве основного. Однако в этом случае для повышения эффективности туков требуется более глубокая заделка и послонное внесение фосфорных удобрений в два приема: $\frac{3}{4}$ их совместно с азотно-калийными удобрениями вносятся в предпосевной период и $\frac{1}{3}$ (15—20 кг/га P_2O_5) в виде гранулированного суперфосфата местно в рядки при посеве.

Прибавка урожая при этом на 1,2—2,4 ц/га выше, чем при внесении удобрений вразброс в один прием до посева.

Локально-ленточное внесение основного минерального удобрения под сою испытывается в Приморском НИИСХ много лет.

В 1972—1976 гг. было поставлено более 22 полевых и производственных опытов, выполнено большое число агрохимических анализов почв и растений, учетов по развитию корневой системы сои и развитию сорняков и других наблюдений.

Полевые опыты проводились на лугово-бурой оподзоленной, тяжелосуглинистой почве со следующей агрохимической характеристикой: гумус 4,3%, pH (KCl) 4,46, гидролитическая кислотность 7,3 мг/экв, сумма поглощенных оснований 15 мг/экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 67%, обменный алюминий (по Соколову) 0,67 мг, подвижный фосфор (P_2O_5 по Кирсанову) 0,9 мг, обменный калий (K_2O по Масло-вой) 14,8 мг на 100 г почвы.

Теоретические основы локального внесения основного минерального удобрения под сою и другие пропашные культуры в условиях Приморского края имеют следующие аспекты:

1. Основные типы почв Приморья обладают повышенной кислотностью — pH (KCl) 4,3—4,8, содержат большое количество полуторных окислов железа, алюминия и марганца. Процесс поглощения фосфорной кислоты из удобрений в этих почвах проявляется особенно сильно. Исследования Слугина (1935), Грицуна (1964, 1971) показали, что фосфорная кислота суперфосфата, внесенного в почву разбросным способом, по истечении 30—45 дней переходит из подвижного состояния в недоступную для культурных растений форму фосфатов (до 50—70%).

Агрохимические исследования по установлению динамики подвижных фосфатов показали существенное различие в содержании и концентрации их в почве при разбросном и ло-

кальном внесении минеральных удобрений. Так, при внесении $N_{60}P_{90}K_{60}$ взброс под культивацию в пахотном слое почвы (0—20 см) за период наблюдений по двум опытам разных лет закладки (1973, 1974) в среднем содержалось P_2O_5 1,87 мг; а при внесении этой же дозы удобрений локально-ленточным способом на глубину 15 см в ленте — 4,6 мг, между лентой — 0,82 мг. При внесении повышенной дозы ($N_{120}P_{180}K_{120}$) эти показатели были соответственно 1,92, 7,88 и 1,82 мг на 100 г почвы. Таким образом, локально-ленточное внесение создает очаги высокой концентрации подвижных фосфатов как за счет локализации удобрений, так и за счет уменьшения поглощения фосфорного ангидрида (P_2O_5) почвой.

2. В результате засушливой весны верхний слой почвы при наличии сильных ветров быстро теряет воду и иссушается до полной потери продуктивной влаги. Минеральные удобрения, заделанные мелко боронованием или культивацией, размещаются в иссушенном слое почвы (0—5 см) и слабо используются культурными растениями, что снижает прибавку урожая в два с лишним раза по сравнению с глубокой заделкой. Так, в опытах с соей при разбросном внесении азотно-фосфорных удобрений ($N_{45}P_{60}$) прибавка урожая зерна составила 1,7 ц/га, при локальном (переоборудованной свекловичной сеялкой) на глубину 10—12 см — 4,5 ц/га.

3. Мелкая заделка минеральных удобрений предопределяет развитие корневой системы в самых верхних слоях почвы, где она подвергается резкому воздействию неблагоприятных факторов (иссушению, избыточному увлажнению, перегреву почвы, уплотнению почвы обрабатывающими агрегатами).

При локально-ленточном внесении минеральных удобрений корневая система сои перемещается из верхней части пахотного слоя (0—10 см) в нижнюю (10—20 см) и густой сетью сосредотачивается в очагах (лентах) удобрений. В этом слое почвы корневая система сои составляет 40% общей массы, в то время как на контроле (без удобрения) ее около 18%, а в варианте с разбросным внесением — 28,7%. Такое размещение корневой системы позволяет растениям лучше использовать продуктивную влагу и питательные элементы из удобрений и почвы, способствует формированию высокого урожая сои, кукурузы и других культур.

4. Минеральные удобрения, внесенные разбросным способом и мелко заделанные, создают благоприятную среду в верхнем слое почвы (0—5—7 см) для массового прорастания и развития сорной растительности. Особенно активно развиваются в посевах сои и других пропашных культур поздние сорняки: ку-

риное просо, щетинники, плоскуша, дурнишник и шершца. Этими сорняками соя сильно угнетается и резко снижает урожай. При локально-ленточном внесении удобрения заделываются глубоко (10—22 см), и они малодоступны для сорняков. Поэтому посевы сои и кукурузы успевают хорошо развиваться, затенить поверхность почвы, и в течение всего периода вегетации они находятся в чистом от сорной растительности состоянии. Количество сорняков при этом в 1,5—3 раза, а по весу сухой массы в 4—5 раз меньше, чем при внесении удобрений вразброс под культивацию.

Для определения действия основного удобрения на урожай сои при локальном и разбросном внесении полевые опыты закладывались в 1972, 1973, 1974, 1975, 1976 гг. В большинстве из них в год действия удобрений высевались две культуры — соя и кукуруза с соей на силос. В опыте закладки 1972 г. последствие испытывалось на культурах двух звеньев севооборота со следующим чередованием: в 1-м звене — яровая пшеница, ячмень. В опыте 1973 г. последствие испытывалось также в двух звеньях: на кукурузе и ячмене, на сое и ячмене.

Результаты опытов показали явное преимущество локально-ленточного внесения основного удобрения под сою перед разбросным. Прирост урожая зерна сои от оптимальных доз $N_{60}P_{90}K_{60}$ был на 3 ц/га, или на 27,6%, выше, чем при разбросном внесении.

С повышением дозы удобрений возрастает и эффективность минеральных туков. Особенно показательными в этом отношении являются данные опыта 1973 г. При внесении азотно-калийных удобрений в дозе 120, а фосфорных 240 кг/га P_2O_5 разбросным способом прибавка урожая бобов сои составила 7 ц/га, то есть она была почти такой же, как и от дозы $N_{60}P_{90}K_{60}$, но внесенной локально-ленточным способом (6,7 ц/га). При внесении повышенной дозы ($N_{120}P_{240}K_{120}$) локальным способом прибавка урожая составила 12 ц/га, или на 53,7% больше урожая на контроле, или на 30,7% — при разбросном внесении.

Почти во всех опытах, где первой культурой высевалась соя, испытывалось и последствие минеральных удобрений на двух-трех культурах. В опыте закладки 1972 г. действие и последствие минеральных удобрений в 1-м звене испытывалось на сое, яровой пшенице, сое и ячмене. В 1-м звене в варианте, где удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ вносились в течение трех лет вразброс под культивацию, прибавка урожая четырех культур составила 5,9 ц/га, при локально-ленточном внесении 10,1 ц/га корм. ед. При внесении минеральных удобрений в дозах $N_{180}P_{270}K_{180}$ за два года эти показатели получены соответствен-

но 4,1, 9,8, 5,7 ц/га корм. ед. В варианте опыта, где удобрения $N_{135}P_{180}K_{135}$ внесены в один прием в запас на ряд лет разбросным способом, урожай культур повысился на 0,9, а локально-ленточным на 3,5 ц/га корм. ед. В этом опыте из-за низкого урожая сои (1972) и яровой пшеницы (1973) эффективность минеральных удобрений, внесенных в запас, особенно разбросным способом, была заметно ниже, чем при ежегодном внесении в течение двух-трех лет. Однако во 2-м четырехпольном звене эффективность минеральных удобрений при разбросном и локальном внесении почти одинакова и при ежегодном внесении и при запасном. Так, от внесения $N_{135}P_{180}K_{135}$ за 3 года разбросным способом получена прибавка урожая 5,2 ц/га, а в один прием (в запас) 5 ц/га, при локально-ленточном внесении соответственно 6,2 и 6,5 ц/га корм. ед.

В опыте закладки 1973 г. за трехлетний период по двум звеньям получены еще более убедительные данные о преимуществе локально-ленточного внесения удобрений перед разбросным. В 1-м звене, где высевалась первой культурой соя, второй кукуруза с соей на силос и третьей ячмень, от действия полного удобрения $N_{120}P_{180}K_{120}$, внесенного за 2 года разбросным способом, урожай культур повысился в среднем за 3 года на 1,8, а при локально-ленточном на 11,9 ц/га корм. ед.

При внесении в запас разбросным способом удобрения в дозах $N_{120}P_{240}K_{120}$ обеспечили прирост основного урожая культур на 6,8, а локально-ленточным способом на 14,3 ц/га корм. ед.

В итоге исследований по этому опыту в 1-м трехпольном звене в вариантах, где минеральные удобрения вносились разбросным способом, прирост урожая от их действия в среднем составил 6,5 ц/га корм. ед., или 23,8%, в сравнении с контролем, а в вариантах с локально-ленточным внесением 11,5 ц/га корм. ед., или 42,2%.

Локально-ленточное внесение минеральных удобрений под сою, кукурузу и зерновые культуры в условиях Приморского края заслуживает большого внимания и с той точки зрения, что при этом способе удобрения могут вноситься в запас на 2—3 года без снижения эффективности, а во многих случаях запасное внесение превосходит ежегодное, особенно при локальном способе (табл. 34).

Высокую эффективность основного минерального удобрения при локальном способе внесения Дулаев, Овчинникова, Тищенко, Евдокимова и Булаева (1976) объясняют высокой концентрацией основных питательных элементов в лентах и других очагах их размещения. В лентах концентрируется большое

Таблица 34. Действие и последствие минеральных удобрений
при локально-ленточном и разбросном внесении на урожай
сельскохозяйственных культур, корм. ед., ц/га

Вариант опыта	1-е трехпольное звено								2-е трехпольное звено							
	1973	1974	1975	Средняя прибавка урожая за 3 года				1973	1974	1975	Средняя прибавка урожая за 3 года					
	соя	куку- руза	ячмень	от конт- роля		от разброс- ного		куку- руза	соя	ячмень	от конт- роля		от разброс- ного			
				ц/га	%	ц/га	%				ц/га	%	ц/га	%		
Без удобрения	12,8	57,0	12,1	—	—	—	—	21,6	16,3	12,1	—	—	—	—		
98	N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — за 2 года вразброс	15,7	77,2	12,3	7,8	21,3	—	—	27,0	18,8	12,3	2,7	16,2	—	—	
	N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — за 2 года локально	22,1	80,8	14,8	11,9	43,6	4,1	11,7	32,4	17,7	14,8	4,9	29,4	2,2	11,4	
	N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — в 1 прием вразброс	20,0	63,2	13,8	5,0	18,4	—	—	28,8	18,4	13,8	3,6	21,6	—	—	
	N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — в 1 прием локально	26,5	65,8	14,6	8,4	28,8	3,4	10,6	42,8	20,6	14,6	9,3	55,7	5,7	28,1	
	N ₁₂₀ P ₂₄₀ K ₁₂₀ — в 1 прием вразброс	22,5	64,6	15,1	6,8	25,0	—	—	30,8	18,6	15,1	4,8	28,8	—	—	
N ₁₂₀ P ₂₄₀ K ₁₂₀ — в 1 прием локально	29,4	79,8	15,5	14,3	52,4	7,5	22	38,6	20,4	15,5	8,1	48,5	3,3	15,4		

количество аммонийного и нитратного азота, от 200 до 450 мг на 100 г почвы подвижного фосфора (P_2O_5), от 50 до 200 мг на 100 г почвы обменного калия в зависимости от доз удобрений. В зоне концентрации подвижных питательных элементов сосредоточивается основная масса деятельной корневой системы растений. Практически все культуры, с которыми ставились эксперименты, положительно отзываются на ленточно-очаговую концентрацию удобрений.

В наших опытах ежегодно проводился анализ основной и побочной продукции сои, кукурузы и зерновых культур на содержание питательных элементов. Средние данные по сое — за 3 года, по кукурузе и ячменю — за 2 года показали, что полное минеральное удобрение, внесенное в предпосевной период в качестве основного, повышает содержание в основной и побочной продукции азота, фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O).

Особенно заметно увеличивается содержание фосфора (P_2O_5) в зерне и соломе сои, азота — в соломе сои и ячменя и калия (K_2O) — в зеленой массе кукурузы, в соломе ячменя и сои. На фоне высоких доз $N_{120}P_{180}K_{120}$, особенно при локальном внесении, заметно повышается содержание калия в зеленой массе кукурузы с соей, в соломе ячменя и сои.

С увеличением урожая растет и потребление питательных элементов сои. При этом следует указать, что локальное внесение удобрений способствует более интенсивному поглощению растениями питательных веществ из почвы и удобрений. Несмотря на значительные различия в потреблении питательных элементов по вариантам опыта, показатели потребления их на 1 т зерна с учетом соломы получаются довольно близкие.

При локальном внесении удобрений растения сои потребляют азота и калия меньше, фосфора одинаковое количество. Использование питательных элементов из минеральных удобрений почвы удваивается. Это положение заслуживает особого внимания как со стороны практиков земледелия, так и со стороны земельных органов и сельскохозяйственных научных учреждений, разрабатывающих новую технику. Для Приморского края и других соседних районов Дальнего Востока необходимы туковые высокопроизводительные сеялки или комплексные агрегаты для локально-ленточного внесения основного минерального удобрения под сою и другие пропашные культуры.

Исследования показывали, что при посеве трех культур после внесения минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{180}K_{120}$ за два года и в один прием использование питательных веществ из удобрений значительно повышается (табл. 35).

При внесении полного минерального удобрения в дозах

$N_{120}P_{180}K_{120}$ в один или в два года коэффициент использования культурами трехпольного звена (соя, кукуруза + соя, ячмень) составляет при разбросном внесении в среднем 48,6 азота, 10,2% фосфора и 65,3% калия, а при локально-ленточном 70,2% азота, 17% фосфора и 99,5% калия.

На почвах Приморья первая культура соя очень слабо использует питательные вещества из минеральных удобрений, вносимых разбросным способом. При внесении удобрений в почву под сою локально-ленточным способом процент использования почти удваивается, а при посеве трех культур коэффициент использования увеличивается: азота на 21,6%, фосфора на 6,8% и калия на 34,1%.

Запасное внесение. В опытах Приморского НИИСХ ставилась цель изучить применительно к конкретным условиям эффективность различных форм фосфорных удобрений под сою и другие культуры полевого севооборота при запасном и ежегодном внесении, дозы и соотношение питательных элементов в NPK, а также различный набор пропашных и зерновых культур в звеньях полевого севооборота.

Полевые опыты проводились на экспериментальном участке института на лугово-бурой оподзоленной почве с такими агрохимическими показателями: pH (KCl) 4,5—5,2, гидролитическая кислотность 4,5—7,4 мг/экв, сумма поглощенных оснований 14—17 мг/экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями 65—78%, подвижный фосфор (I_2O_5 по Кирсанову) 0,4—1,2 мг, обменный калий (K_2O по Пейве) 4,6 мг, гидролиземый азот (по Тюрину и Кононовой) 5—8 мг на 100 г почвы.

В опытах 1966 и 1968 гг. закладки испытывались минеральные удобрения в дозах $N_{135}K_{135}P_{180}$ с внесением в запас и $N_{45}K_{45}P_{60}$ ежегодно в течение 3 лет. В изучение были включены разные по растворимости формы фосфорных удобрений (суперфосфат, фосфоритная мука, обесфторенный фосфат и преципитат). В качестве фона применялись азотно-калийные удобрения — аммиачная селитра и 40%-ная калийная соль. Минеральные удобрения вносились по зяби весной под культивацию или лущение с заделкой их на глубину 10—12 см.

В опыте 1966 г. действие и последствие изучали в пятипольном звене полевого севооборота с таким чередованием культур: яровая пшеница, соя, яровая пшеница + травы (клевер с тимopheевкой), травы 1-го года, соя; в опыте 1968 г. в четырехпольном звене: яровая пшеница, соя, яровая пшеница, соя.

В течение всех лет исследования в почве на делянках определялись динамика влажности почвы, подвижных элементов питания, химические свойства почвы, а также содержание азо-

та, фосфора и калия в урожае основной и побочной продукции. (табл. 36).

В 1966 и 1970 гг. были засушливыми весна и первая половина лета. Осадков выпало около 40% нормы, в слое почвы (0—10 см) влажность почвы находилась на уровне завядания (12—13%). Урожай яровой пшеницы и соя в эти годы был невысокий. 1968 г. отличается повышенной влажностью почвы за счет большего количества и равномерного распределения осадков, выпавших за вегетационный период.

1967 и 1969 гг. по количеству осадков, температурному режиму и по другим метеорологическим факторам были близки к средним многолетним показателям.

Как показали исследования этого периода, все формы фосфорных удобрений на всех культурах оказывали положительное действие, и к тому же более сильное, нежели азотно-калийные. Из всех форм фосфатов наиболее эффективной оказалась растворимая форма — суперфосфат, затем обесфторенный фосфат, преципитат и, наконец, фосфоритная мука. Однако действие последней значительно меняется при внесении ее в повышенной дозе в запас.

Судя по результатам математической обработки, азотно-калийные удобрения в качестве фона при ежегодном внесении дали достоверную прибавку урожая только в 1968 г. на яровой пшенице. При внесении в запас действие азотно-калийных удобрений заметно ослабло, в результате чего только на двух культурах (соя — 1967 г. и многолетних травах — 1969 г.) получены достоверные прибавки урожая.

Все формы фосфорных удобрений при запасном внесении как в сравнении с контролем, так и с фоном (НК), почти на всех пяти культурах дали достоверную прибавку урожая. В опыте 1966 г., где в структуре посевной площади соя занимала 40%, зерновые — 40% и многолетние травы — 20%, эффективность фосфорных удобрений на фоне НК при запасном внесении оказалась более высокой, чем при ежегодном в течение 3 лет (табл. 37). Особенно резко возросла эффективность фосфоритной муки при внесении в запас: доза 180 кг/га д. в. обеспечила прирост урожая в 3,8 раза больше, чем при ежегодном внесении. Фосфоритную муку при коренной мелiorации — фосфоритовании и под сою в виде основного удобрения следует вносить высокими дозами (180, 240, 300 кг/га P_2O_5) одновременно на ряд лет.

Что касается обесфторенного фосфата и преципитата, то их эффективность при запасном внесении почти одинаковая или даже выше ежегодного внесения. Более убедительные данные

Таблица 35. Потребление и коэффициент использования азота, фосфора и калия культурами трехпольного звена севооборота из минеральных удобрений

Вариант опыта	Соя			Кукуруза + соя			Ячмень			% использования из удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрения	77,2	10,9	34,4	164,7	39,9	63,8	38,5	6,1	18,0	—	—	—
N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — за 2 года вразброс	95,3	15,7	43,5	236,2	53,3	105,7	40,0	6,8	22,1	65,0	10,6	45,9
N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — за 2 года локально	125,9	23,7	56,1	241,0	56,4	132,4	50,1	7,9	32,5	85,6	17,2	93,2
N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — в 1 прием вразброс	115,5	22,7	57,7	182,6	43,6	120,0	47,4	8,0	30,5	32,1	9,8	84,6
N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — в 1 прием локально	154,7	28,7	73,6	195,4	50,0	136,0	50,0	8,7	33,0	54,7	16,8	105,5

* При расчете коэффициента использования азота из удобрений 70% его из общего потребления вычтено как азот симбиотический.

Таблица 36. Потребление и коэффициент использования азота, фосфора, калия соей из минеральных удобрений

Вариант опыта	Средний урожай сои за 4 года (1973—1976), ц/га		Потребление хозяйст- венным урожаем сои			% использования из удобрений		
	зерно	солома	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрения	11,0	11,2	81,7*	15,4	36,4	—	—	—
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ — вразброс	12,8	13,7	101,7	19,1	44,4	10,0	4,0	13,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ — локально	15,8	15,5	120,0	23,7	53,0	19,2	9,2	27,7
N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — вразброс	14,4	14,2	110,9	23,0	52,3	7,3	4,2	13,3
N ₁₂₀ P ₁₈₀ K ₁₂₀ — локально	17,6	17,7	137,5	27,6	62,7	13,9	6,7	22,0

* При расчете коэффициента использования азота из удобрений 70% его из общего потребления вычтено как азот симбиотический.

Таблица 37. Эффективность фосфорных удобрений под сою и другие культуры полевого севооборота (опыт закладки 1966 г.), ц/га

Вариант опыта	1966 яровая пшеница	1967 соя	1968 пшеница+ травы	1969 травы	1970 соя	Средний урожай за 3 года, корм. ед.		Средний урожай за 5 лет, корм. ед.	
						ц/га	прибавка	ц/га	прибавка
N ₄₅ K ₄₅ P ₆₀ — ежегодно в течение 3 лет									
Без удобрения	7,2	14,3	20,1	60,0	6,9	17,3	—	18,6	—
NK — фон	6,8	15,4	24,2	64,0	7,1	19,2	1,9	20,1	1,6
NK+Pс	9,6	15,2	30,6	71,2	8,9	22,9	5,6	23,6	5,1
NK+Pф	7,0	14,9	24,6	70,2	7,6	19,3	2,0	21,0	2,5
NK+Pсф	8,7	15,7	29,9	70,6	8,4	22,4	5,1	23,1	4,6
NK+Pп	8,1	15,6	26,9	70,8	7,3	20,9	3,6	22,0	3,5
P, %	6,7	3,9	5,2	3,1	6,1	—	—	—	—
E, ц/га	0,5	0,6	1,3	1,8	0,5	—	—	—	—
N ₁₃₅ K ₁₃₅ P ₁₈₀ — запасное в 1966 г.									
Без удобрения	7,2	14,3	20,1	60,0	6,9	17,3	—	18,5	—
NK — фон	6,4	15,6	19,2	64,0	6,7	17,2	—0,1	18,9	0,4
NK+Pс	12,0	16,6	27,7	73,5	7,8	23,2	5,9	23,7	5,2
NK+Pф	8,0	16,3	26,9	70,8	8,1	21,2	5,9	22,3	3,8
NK+Pсф	9,8	16,3	25,0	70,1	7,1	21,2	3,9	22,0	3,5
NK+Pп	10,3	16,2	25,1	66,5	7,4	21,4	4,1	21,8	3,3
P, %	6,0	2,3	5,1	3,1	4,0	—	—	—	—
E, ц/га	0,5	0,4	1,0	1,5	0,3	—	—	—	—

в пользу периодического внесения фосфорных удобрений получены нами и в опыте 1968 г. Здесь за четырехлетний период высевалось 50% сои и 50% яровой пшеницы. Как известно, соя обладает более высокой способностью усваивать фосфор из труднорастворимых фосфорных удобрений, чем зерновые культуры. Поэтому эффективность суперфосфата и особенно водонерастворимых форм фосфатов — преципитата и обесфторенного фосфата при одновременном внесении оказалась более высокой, чем при ежегодном. Периодическое внесение суперфосфата в дозе 180 кг/га P_2O_5 в качестве основной заправки на 4 года на фоне $N_{135}K_{135}$ дало среднюю прибавку урожая культур 6,8 ц/га корм. ед., или 38%, в то время как ежегодное внесение этого удобрения обеспечило прирост урожая только 2,8 ц/га (23,6%). Такая же разница в эффективности получена по преципитату. Фосфоритная мука при запасном внесении дала прибавку урожая культур 2,6 ц/га (15,3%).

Обобщая полученные экспериментальные данные, приходим к следующему заключению. На лугово-бурых оподзоленных и буро-подзолистых почвах в звеньях севооборотов, где соя занимает 40% и менее площади, фосфорные удобрения на фоне азотно-калийных при ежегодном и запасном внесении дают одинаковый эффект. В обоих случаях средняя прибавка урожая культур за пятилетний цикл составляет 3,9 ц/га корм. ед., или 21,4% от контроля. По отношению же к фону (NK) несомненное преимущество остается за запасным внесением фосфатов. Прирост урожая в этом случае составляет 3,5 ц/га (18,5%); а при ежегодном внесении только 2,3 ц/га корм. ед. (11,4%).

В севооборотах с удельным весом бобовых культур клевера и сои около 50% запасное внесение фосфорных удобрений обуславливает более высокое действие их на рост урожайности всех культур. Так, если при ежегодном внесении фосфорные удобрения за четырехлетний цикл повышают урожай культур в среднем на 3,2 ц/га корм. ед. (17%) в сравнении с контролем и на 2,5 ц/га (12,8%) — с фоном (NK), то при запасном внесении эти данные составляют соответственно 5,2 ц/га (27,7%) и 6,1 ц/га (34,1%).

Эффективность запасного внесения минеральных удобрений в производственных условиях проверялась в ОПХ «Степное». Испытание проводилось в 10-польном севообороте на лугово-бурой оподзоленной среднекультуренной почве. Удобрения применялись азотные в виде аммиачной селитры, фосфорные — двойного суперфосфата и калийные в виде хлористого калия.

Повторность в опыте трехкратная, площадь посевной де-

лянки 2500 м². Действие и последствие удобрений испытывались на четырех культурах первого звена полевого севооборота: кукурузе с соей на силос, яровой пшенице Дальневосточная, сое Приморская 529 и ячмене Уссурийский 8 (табл. 38).

Таблица 38. Влияние запасного внесения минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур в производственном опыте (ОПХ «Степное»), ц/га

Вариант опыта	1971	1972	1973	1974
	кукуруза + соя	яровая пшеница	соя	ячмень
Без удобрения	365,0	14,1	8,3	8,7
N ₅₀ P ₇₀ K ₅₀ — ежегодно				
· в течение 3 лет	446,4	19,6	10,3	10,4
N ₁₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀ — в один при- ем в 1971 г.	477,5	17,9	8,5	9,2

Вариант опыта	Урожай с/х культур за 4 года, корм. ед., ц/га		Прибавка урожая зерна, корм. ед.	
	суммар- ный	средний	ц/га	%
Без удобрения	111,6	27,9	—	—
N ₅₀ P ₇₀ K ₅₀ — ежегодно				
· в течение 3 лет	139,2	34,8	6,9	24,7
N ₁₅₀ P ₂₁₀ K ₁₅₀ — в один при- ем в 1971 г.	139,4	34,9	7	25,1

В год действия запасное внесение оказало более сильное влияние на урожай зеленой массы кукурузы с соей, нежели ежегодное внесение. В последующие три года на яровой пшенице, сое и ячмене несколько сильнее сказывалось ежегодное внесение удобрений. Однако в среднем за все годы испытания эффективность этих двух способов внесения была почти одинаковой. Некоторое преимущество остается на стороне запасного внесения за счет сокращения затрат на внесение минеральных удобрений.

Следовательно, производственные опыты также дают положительную оценку запасному внесению удобрений. Оно не только не уступает, а превосходит эффективность ежегодного внесения.

Экономическая эффективность минеральных удобрений при

ежегодном и запасном внесении нами рассчитана по каждому опыту.

Самая высокая экономическая эффективность фосфорных удобрений достигнута в опытах 1966 и 1968 гг., когда действие и последствие их учитывались в длинных звеньях полевого севооборота — на 4—5 культурах. Причем в этих опытах заметно преимущество запасного внесения фосфорных удобрений, особенно фосфоритной муки. Так, условно чистый доход от суперфосфата в дозе 180 кг/га P_2O_5 при ежегодном внесении в течение трех лет (по 60 кг/га P_2O_5) составил 82—164,5 руб., уровень рентабельности 130—262%. При запасном внесении суперфосфата в той же дозе в один прием эти показатели составляют 253,5—295,1 руб. и 433—504%. Особенно резко возрастают показатели экономической эффективности фосфоритной муки при запасном внесении в повышенных дозах. При ежегодном внесении ее (по 60 кг/га P_2O_5) в течение 3 лет условно чистый доход составляет 1—40,3 руб., а уровень рентабельности 1,6—69%. При запасном внесении условно-чистый доход увеличивается до 167—180 руб., а уровень рентабельности до 289—333%.

По другим опытам экономическую эффективность минеральных удобрений в зависимости от способа внесения можно сформулировать следующим образом.

Полное минеральное удобрение в дозах $NK_{120}P_{180}$ при внесении в запас на 3 года обеспечивает более высокие показатели условно-чистого дохода и уровня рентабельности, чем при ежегодном внесении в течение 3 лет; более высокие дозы ($NK_{180}P_{273}$, $NK_{180}P_{360}$) снижают рентабельность запасного внесения в сравнении с ежегодным. При насыщении севооборота высокоинтенсивными культурами (кукурузой с соей на силос, соей) с применением высоких доз удобрений ($NK_{180}P_{270}$, $NK_{180}P_{360}$) преимущество ежегодного внесения снижается и экономическая эффективность изучаемых способов выравнивается, а в некоторых случаях запасное внесение более эффективно.

Рядковое удобрение. Приморский НИИСХ провел большие экспериментальные работы по изучению местного внесения удобрений под сою. В проведении полевых, вегетационных и лабораторных опытов в институте, а также в производственных условиях выделяются два периода: в первый период (1941—1950 гг.) изучались простые пылевидные формы, во второй (1967—1972 гг.) — двойной суперфосфат и сложные минеральные удобрения.

При внесении рядкового удобрения под сою особое внимание уделялось изучению реакции семян при прорастании на

близкий контакт с удобрениями, влияния различных концентраций солей на всхожесть семян и на продуктивность растений.

Исследования показывают, что соя весьма чувствительна к близкому расположению минеральных удобрений. При непосредственном контакте семян с удобрениями (азотным, калийным и суперфосфатом) последние токсически действуют на прорастание семян. Самое ядовитое действие оказывают азотные удобрения — сульфат аммония и аммиачная селитра. При внесении их в один рядок с семенами в дозе 15 кг/га д. в. всхожесть семян снижается на 28—30% и при дозе 30 кг/га — на 44—56%. К фосфорным и калийным удобрениям соя проявляет большую устойчивость. Из фосфорных удобрений токсическим действием обладает только суперфосфат: от дозы 15 кг/га д. в. всхожесть семян снижается на 9% и от 30 кг/га — на 17%. Повышенные дозы рядкового суперфосфата до 60 кг/га P_2O_5 приводит к более резкому снижению всхожести семян — до 46%. Преципитат и фосфорная мука как нейтральные соли не оказывают отрицательного действия на процесс прорастания семян сои. Токсичность хлористого калия и 40%-ной калийной соли проявляется почти в одинаковой степени. От рядкового калийного удобрения соя теряет всхожесть до 7% при дозе 15 кг/га и до 20% при дозе 30 кг/га д. в.

Токсичность удобрений в процессе прорастания заметно усиливается при совместном внесении сульфата аммония, суперфосфата и хлористого калия. При внесении их в один рядок с семенами в дозах $N_{15}P_{15}K_{15}$ полевая всхожесть семян сои снижается на 22%, $N_{15}P_{30}K_{15}$ — на 79%, $N_{30}P_{60}K_{30}$ — на 88%. При более высоких дозах ($N_{60}P_{30}K_{30}$) семена сои теряют способность к прорастанию.

Степень токсического действия рядкового удобрения на всхожесть сои зависит также от состояния влажности и уровня плодородия почвы: чем выше плодородие и содержание влаги в почве, тем слабее отрицательное действие солей. Наши наблюдения показывают, что от полного удобрения, внесенного в рядок в дозе $N_{15}P_{30}K_{15}$ при влажности почвы 25% в момент посева, всхожесть семян понизилась на 25—30%, а при влажности 16% — на 85%. По пласту и обороту пласта клевера, в сравнении с другими предшественниками, токсичность удобрений заметно ослабевает.

Создание прослойки почвы между очагом удобрения и семенами в 3—5 см снижает или вовсе устраняет отрицательное действие солей на прорастание. Так, если полное удобрение в дозах $N_{15}P_{15}K_{15}$ и $N_{15}P_{30}K_{15}$ вносится в контакте с семенами и

Всхожесть последних снижается на 22—79%, то при создании прослойки почвы в 3—5 см между семенами и удобрениями нормально прорастает 100% семян. Высокие дозы полного минерального удобрения ($N_{60}P_{90}K_{60}$) при местном способе внесения создают большую концентрацию солей в рядке, из-за чего семена теряют способность к прорастанию и нормальному развитию растений. В случае удаления удобрения на расстояние 6—7 см от рядка семян такие же и двойные дозы не оказывают токсического действия на прорастание семян сои.

Таким образом, ядовитое действие минеральных солей проявляется главным образом в период прорастания семян сои.

Кудрявцева (1938) сообщает, что многими исследователями, изучавшими биохимические процессы в прорастающем семени сои, установлено, что в первые дни прорастания они сводятся к разложению жира и значительному накоплению редуцирующих сахаров и крахмала. Эти процессы ферментативного порядка: очевидно, под влиянием повышенной концентрации солей они затормаживаются или вовсе прекращаются. Росток еще в стадии зародыша, не получая достаточно пищи, погибает, и соя теряет способность к прорастанию. Достаточно создать условия, нарушающие непосредственное воздействие солей на зерно в момент его прорастания, как отрицательное действие удобрений на всхожесть сои устраняется.

Прослойка почвы между семенами и удобрениями служит преградой для ядовитого действия солей в период прорастания семян (развития зародыша). С началом корневого питания растения эта преграда становится ненужной и нарушается корнями сои, чувствительность которых к повышенной концентрации удобрений довольно слабая. Последнее подтверждается тем, что после появления всходов в развитии растений не наблюдается депрессии от высоких концентраций солей. Даже при высоких дозах удобрений ($N_{100}P_{90}K_{60}$), внесенных сбоку рядка на расстоянии 3—5 см, появившиеся всходы в дальнейшем развивались значительно лучше, чем в других вариантах опыта.

Необходимо отметить, что при внесении минеральных удобрений в рядки с семенами процесс набухания последних происходит почти нормально, но прорастание их замедляется. Наши наблюдения показали, что если на контроле семена сои прорастают на 100% по истечении 11 суток, то по сульфату аммония прорастание их растягивается до 20 суток и по суперфосфату до 16 суток; по хлористому калию в дозе 15 кг/га K_2O период прорастания семян удлиняется до 18—19 суток, а по истечении этого срока прорастание семян уже не наблюдается. В таких условиях семена сои, обладающие низкой энергией

прорастания, а также семена с физическими повреждениями быстро подвергаются грибному и бактериальному поражению. На семядолях сои появляются пятна бурого цвета, которые затем увеличиваются и покрываются плесенью. Часть таких семян загнивает, другая часть дает уродливые проростки, которые в большинстве случаев не появляются на поверхности, а если появляются, то вскоре погибают.

Следовательно, непосредственный контакт семян с удобрениями, особенно с азотными или в комбинации азотных с другими, обуславливает не только снижение общей всхожести, но в значительной степени ослабляет энергию прорастания семян.

Наши опыты с нейтрализацией углекислой известью кислого набора минеральных удобрений при рядковом внесении не дали положительных результатов. Углекислая известь, внесенная в смеси с суперфосфатом, аммиачной селитрой и хлористым калием, не устранила токсичности этих форм удобрений.

Минеральные удобрения — сульфат аммония, аммиачная селитра, суперфосфат пылевидный и гранулированный, хлористый калий и 40%-ная калийная соль в дозах 15 и 30 кг/га д. в. при рядковом внесении с семенами сои токсически действуют на их прорастание.

Более высокие дозы азотных удобрений (30—60 кг/га азота) приводят к значительной или полной потере всхожести семян. Суперфосфат и калийные удобрения также снижают всхожесть семян сои. Преципитат и фосфоритная мука, как нейтральные соли, в дозе 30 и 60 кг/га д. в. не оказывают отрицательного действия на всхожесть сои.

Двойной суперфосфат и сложные удобрения — аммофос, диаммофос и нитрофоска — при внесении в рядки с семенами также оказывают токсическое действие на семена при их прорастании. По степени токсичности сложные удобрения и суперфосфат располагаются в следующем порядке: двойной суперфосфат в дозе 30 кг/га P_2O_5 снижает всхожесть на 10,1%, аммофос — на 14,9, диаммофос — на 17,9, нитрофоска — на 19,5%.

При раздельном внесении простых минеральных удобрений в дозах 30 и 60 кг/га д. в. на расстоянии 3—5—7 см от рядка семян сои на глубину 5—8 см устраняется токсическое действие солей на прорастание семян.

Значительно снижается или полностью устраняется токсичность двойного суперфосфата и сложных удобрений в дозе 30 кг/га д. в. при внесении их в рядок глубже расположения семян на 2—3 см. При этом условии наблюдаются нормальные всходы и последующее хорошее развитие растений за счет эффективного действия удобрений.

Дозы простых минеральных удобрений до 30 кг/га д. в. при разбросном их внесении в пылевидном состоянии под сою дают слабый эффект. При местном внерядковом внесении эти же дозы дают прибавку урожая до 3,9 ц/га, а оптимальные дозы ($N_{45}P_{60}K_{30-45}$) при локально-ленточном внесении — до 5,7 ц/га.

Применение минеральных удобрений в малых дозах под сою при рядковом способе внесения, особенно двойного суперфосфата и аммофоса как высококонцентрированных и быстродействующих удобрений, приобретает исключительно важное значение для всех соседствующих районов Дальнего Востока.

Двойной суперфосфат и аммофос (лучше с содержанием P_2O_5 —48—61%) вносятся рядковым способом при посеве комбинированными зернотуковыми сеялками СУК-24, СУК-24А, СУ-24, СЗП-3,6 в дозах 15—20 кг/га д. в. Повышенные дозы этих удобрений (25—35 кг/га) вносятся рядковым способом ниже семян на 2—3 см зернотуковой сеялкой или с помощью специального приспособления к сошникам сеялки.

Внесение азотных удобрений местным способом в рядки при посеве сои является нецелесообразным. Они оказывают сильное токсическое действие на семена при прорастании, уменьшают густоту насаждения растений и, как следствие, ослабляют положительное действие двойного суперфосфата при совместном их внесении.

Рядковый способ внесения двойного суперфосфата и аммофоса под сою обеспечивает высокий экономический эффект. Уровень хозяйственной рентабельности применения этих удобрений в дозах 15—20 кг/га д. в. составляет 695—970%.

Обобщение экспериментальных данных по технике применения и рациональному использованию удобрений под пропашные культуры позволило Приморскому НИИСХ рекомендовать производству новую, более прогрессивную технологию применения минеральных удобрений под сою, кукурузу и другие культуры в хозяйствах Приморского края. Особенность ее состоит в том, что удобрения в оптимальных дозах, установленных научно-опытными учреждениями, вносятся только местным локально-ленточным и рядковым способами в два-три приема.

Основное (допосевное) удобрение вносится в виде полного минерального удобрения. Дозы и соотношение отдельных элементов в НРК дифференцируются в зависимости от типов почв и биологической особенности культуры.

На буро-подзолистых, лугово-бурых оподзоленных и луговых глеевых почвах под сою лучшим соотношением по дейст-

вующему веществу будет такое, когда на одну часть азотных удобрений приходится 1,5—2 части фосфорных и 0,5—1 часть калийных. Наиболее эффективными дозами являются: азотные — 30—60 кг/га, фосфорные — 60—90, калийные — 30—45 кг/га д. в.

На кислых почвах с очень низкой обеспеченностью подвижным фосфором лучше принять соотношение $N:P:K=1:3:1$. В этом случае азотно-калийные удобрения вносятся по 45 кг/га и фосфорные по 135—180 кг/га д. в. Под кукурузу на этих почвах соотношение элементов в NPK такое же, как под сою, но с небольшим повышением доли азотных удобрений ($N:P:K=1:1,2-1,8:1$). Оптимальными дозами для этой культуры являются $N_{60-70}P_{90-100}K_{60}$.

На аллювиальных (наносных) почвах для сои оптимальными дозами являются $N_{45-60}P_{60}K_{45-60}$ при соотношении элементов, близком к единице. Для кукурузы в чистом виде или в смеси с соей на зеленую массу наиболее эффективны дозы $N_{60}P_{60-90}K_{60}$ при соотношении $N:P:K=1:1-1,5:1$.

Основное минеральное удобрение вносится локально-ленточным способом с помощью туковывсевающего аппарата АТ-2; устанавливаемого на плугах любой марки, или с помощью культиваторов-растениепитателей КРН-4,2, КОН-2,8. Можно также использовать зернотуковые сеялки, ящички и высевашей аппарат зерновых сеялок (списанных) с установкой их на плугах.

При вспашке или перепашке зяби минеральные удобрения вносятся по тукопроводам на дно борозды предплужника (на глубину 8—10 см) и на дно борозды основного корпуса (на глубину 18—20 см). Весной по зяблевой пахоте основное удобрение вносится КРН-4,2 с помощью туковывсевающего аппарата АТ-2 и сошников-подкормщиков. Удобрение вносится лентами на расстоянии 30 см одна от другой и заделывается на глубину 15—17 см.

В полевых соево-кукурузно-травяных севооборотах, где пропашные культуры занимают 40—50%, рекомендуется внесение минеральных фосфорно-калийных удобрений в запас на ряд лет (2—3 года) и в повышенных дозах. В звене севооборота кукуруза, соя, зерновые под первую культуру в качестве основного удобрения вносят локально-ленточным способом 180—210 кг/га фосфорных и 120—135 кг/га калийных. В звене, где высеваются одна пропашная и две зерновые культуры, дозы уменьшаются: 120—160 кг/га фосфорных и 70—90 кг/га калийных. На массивах, где уклоны небольшие и потери азота с водами поверхностного стока не будет, азотные удобрения

можно вносить одновременно с фосфорно-калийными. В противном случае их следует вносить ежегодно в соответствующих дозах.

Рядковое (припосевное) удобрение под сою на всех типах почв вносится в рядки в виде суперфосфата двойного гранулированного или аммофоса в дозе 15—20 кг/га д. в. При внесении удобрения ниже расположения семян на 2—3 см, что достигается применением приспособления к сошникам сеялки, доза их может быть увеличена до 25—35 кг/га д. в. Рядковое удобрение используется растениями для питания в начальный период своего развития (20—30 дней). Затем с проникновением корневой системы в глубь пахотного и подпахотного слоев растения сои переходят к использованию удобрений, внесенных в виде основного локально-ленточным способом.

Рядковое удобрение вносится в рядки при посеве сои сеялками СУК-2,4, СУ-24, СЗП-3,6. Под кукурузу в чистом виде рядковое удобрение вносится в виде двойного суперфосфата или аммофоса в дозе 15—20 кг/га с добавлением азотного удобрения в дозе 8—10 кг/га д. в. Увеличивать указанные дозы под кукурузу во избежание снижения всхожести семян не рекомендуется.

Подкормка корневая локально-ленточная проводится в тех случаях, когда из-за отсутствия нужного количества и ассортимента удобрений основное удобрение не внесено или внесено не в полной дозе. На кукурузе азотно-фосфорная подкормка повышает урожай и качество зеленой массы. Внесение мочевины в качестве внекорневой подкормки в фазу начала налива повышает содержание сырого протеина в зеленой массе. Однако концентрация раствора мочевины не должна быть более 25% по препарату. В противном случае листья кукурузы могут подвергнуться ожогам.

Если посевы сои не получили полную дозу основного удобрения, проводится подкормка фосфорными или азотно-фосфорными удобрениями. Для этого лучше применять хорошо растворимые высокопроцентные формы удобрений в дозах: азотные — 15—25 кг/га, фосфорные — 30—40 кг/га д. в. Лучшими формами удобрений для подкормки являются суперфосфат двойной, аммофос, диаммофос, нитрофос, мочевина. Подкормка вносится культиватором-растениепитателем локально-ленточным способом с заделкой на глубину 6—8 см, а если верхний слой почвы сухой, то на глубину 8—10 см. На бедных буро-подзолистых и буро-лесных почвах при отсутствии основного удобрения следует проводить две подкормки сои этими же удобрениями: первую в фазе начала ветвления, вторую в фазе полного цветения.

Несмотря на резкие колебания в выпадении атмосферных осадков и режиме влажности почвы по годам, применение удобрений под сою по новой технологии обеспечивает формирование высоких и устойчивых урожаев этой культуры. В наших опытах в годы экспериментов по новой технологии урожай сои поднимался до 25,3 ц/га и не опускался ниже 15,3 ц/га в самый неблагоприятный по влагообеспеченности растений год.

При локально-ленточном внесении основного и рядкового припосевного удобрения прибавка урожая зерна сои в зависимости от года колеблется от 2,1 до 9,9 ц/га по сравнению с контролем. Эффективность минеральных удобрений при внесении их под сою по новой технологии повысилась в два раза по сравнению с обычным способом внесения. Прибавка урожая сои от действия удобрений, внесенных локально-ленточным и рядковым способами, в среднем составила 6,2 ц/га, или 47%, а при разбросном внесении только 3,1 ц/га, или 23,5% от контроля.

Новая технология применения минеральных удобрений под сою включает в себе большой потенциальный резерв, обеспечивающий рост эффективности химических туков, повышение урожайности и увеличение производства сои в совхозах и колхозах Приморского края.

Удобрение сои по новой технологии Приморский НИИСХ включил с 1974 г. в рекомендации по выращиванию высоких урожаев этой культуры на всей площади посева в совхозах «Борисовский» Уссурийского района, «Новокачалинский» Ханкайского района, «Краснореченский» Кировского района; в колхозе имени XVII партсъезда Спасского района и в ОПХ «Степное», «Пушиловское», «Центральное» Уссурийского района.

В совхозе «Краснореченский» в 1974 г. основное удобрение в дозе 9 ц/га стандартных туков (НРК) вносили локально-ленточным способом переоборудованным плугом ПН-35 на площади свыше 700 га. В совхозе «Новокачалинский» локально-ленточным способом внесли 5—6 ц/га стандартных туков с помощью КРН-4,2 более чем на 1000 га.

Многие звенья в указанных хозяйствах, несмотря на неблагоприятные погодные условия 1974 г., используя передовую агротехнику и новую технологию удобрения, добились хороших результатов. Звеньевой-соевод И. Д. Смирнов в совхозе «Краснореченский» на площади 167 га собрал урожай сои 12,4 ц/га, а на всей закрепленной площади в 360 га — 8,9 ц/га. В хозяйствах Кировского района в этом же году собрали только 3—4 ц/га. В 1975 г. И. Д. Смирнов добился урожая 18,38 ц/га на

площади 363 га, а на площади 156 га — 22,3 ц/га. А в целом по совхозу на площади 1500 га собирали по 13,3 ц/га. В 1978 г. совхоз собрал уже по 16,9 ц/га с площади 1960 га.

В колхозе им. XVII партсъезда в 1974 г. на всей площади посева в 900 га урожай сои был 10,8 ц/га, а звеньевой-соевод этого колхоза В. И. Сологуб на 312 га собрал семян сои 11,6 ц/га.

Герой Социалистического Труда звеньевой П. И. Елхин в ОПХ «Степное» ежегодно получал урожай сои 12—13 ц/га на площади 300—350 га. В 1975 г. он собрал 17,2 ц/га, а в 1976 г. 16,2 ц/га на такой же площади.

В ОПХ «Центральное» на площади 50 га был собран урожай 14 ц/га. В совхозе «Борисовский» на 80 га вносили основное удобрение локально-ленточным способом в дозе 4—5 ц NPK в условных туках и при посеве в рядки двойной суперфосфат по 60 кг физического веса на 1 га. Урожай составил 20 ц/га.

Эти примеры высокой эффективности новой технологии удобрения сои убедительно доказывают его практическую ценность в дальнейшем подъеме урожайности и увеличении валовых сборов сои.

МИКРОУДОБРЕНИЯ

Изучение влияния микроэлементов на рост и развитие сои в Приморском НИИСХ начато с 1959 г. В полевых и вегетационных опытах испытывались бор, марганец, молибден, медь, кобальт, а также дозы и способы их внесения. Результаты исследований показали, что внесение в почву бора, марганца и кобальта не дает положительного результата. На лугово-бурых оподзоленных почвах края потребность сои в марганце и кобальте, вероятно, удовлетворяется за счет природных запасов, поэтому она не реагирует на их внесение. В то же время молибден и молибденовые удобрения обеспечивают надежную прибавку урожая сои при любом способе его внесения: при обработке семян, при внесении в почву — в рядки или вразброс, при внекорневой подкормке растений.

Молибден играет важную роль в жизни растений и микроорганизмов. Он концентрируется в клубеньках бобовых растений и способствует фиксации азота клубеньковыми бактериями. Молибден принимает участие в процессах восстановления нитратов, способствует синтезу белков и лучшему использованию азота и фосфора растениями (1954). Молибден, особенно при внесении его в рядки с суперфосфатом, не только повышает урожай зерна и соломы, но и улучшает развитие корневой системы и образование клубеньков. Так, при внесении молибдена

в почву количество клубеньков на корнях сои увеличивается в 2 раза, а вес клубеньков в 2,7—3 раза в сравнении с контролем. При внесении молибдена в рядки в дозе 0,1—0,2 кг га прибавка урожая зерна сои составила 1,6—3,3 ц/га (9—34,5%), а в дозе 0,4—0,5 кг/га — 4,7—8,4 ц/га (27,4—46,9%). Опыты показали положительный результат и разбросного внесения молибдена под сою. От внесения молибденовокислого аммония натрия в дозе 1,5 кг/га д. в. совместно с суперфосфатом урожай зерна сои повышается на 1,59—2,22 ц/га, или на 14,4—19,4%.

Значительные работы проведены отделом агрохимии и почвоведения Приморского НИИСХ по изучению эффективности предпосевной обработки семян сои молибденовым удобрением. Для предпосевного смачивания (опрыскивания) семян сои применялся молибдат аммония натрия в дозах от 25 до 100 г/га сои. Эти дозы растворялись в 1,5 л воды, и этим раствором обрабатывалась гектарная норма — 110—120 кг семян сои.

Молибдат аммония натрия в дозе 25 г/га обеспечил невысокую прибавку урожая зерна. Наиболее эффективными дозами для опрыскивания семян являются 50 и 100 г/га соли. Они обеспечили прибавку урожая зерна сои 1,1—2,3 ц/га (11,7—21,9%).

Опудривание семян сои в предпосевной период молибдатом аммония натрия из расчета 100 г/га соли также достаточно эффективно. Опрыскивание и опыливание семян сои молибденом дают явную экономическую выгоду. Стоимость 100 г молибденового удобрения, расходуемого на обработку семян, составляет 90—120 коп., а стоимость прибавки урожая зерна с 1 га — от 28 руб. 25 коп. до 59 руб. 80 коп.

Положительное действие молибден оказывает на урожай сои и при внекорневой подкормке растений, которая проводилась раствором молибдата в концентрации 0,05% и 0,02% при расходе раствора 700 л/га. Раствор вносили в фазу начала цветения сои с помощью раннего опрыскивателя. Внекорневая подкормка растений 0,05%-ным молибдатом аммония натрия дала прибавку урожая зерна сои в среднем за 4 года 2,1 ц/га (14,2%). А в опыте 1963 г. при внесении молибдата аммония натрия в 0,05- и 0,02%-ной концентрации прибавка урожая сои составила 2,9 и 4,8 ц/га (18,7—37,2%). По рекомендации института совхозы и колхозы Приморского края стали широко применять под сою молибденовое удобрение.

Производственная проверка эффективности молибденового удобрения под сою в колхозах и совхозах дала также хорошие результаты. Так, в совхозе «Хорольский» Хорольского района на площади 740 га при обработке семян сои раствором молибдата аммония натрия получена прибавка урожая сои 2 ц/га, в

совхозе «Лесозаводский» испытание эффективности молибдена на сое проводил агроном-пенсционер Ф. И. Жалоба. Опыты показали, что опрыскивание семян сои раствором молибденового удобрения при расходе его 100—200 г/га повышает урожай зерна сои на 2,3—2,8 ц/га (26,3—32%).

В ОПХ «Элитное» Приморского НИИСХ производственные проверочные опыты по испытанию действия молибдена на сое проводились в течение 3 лет. Предпосевная обработка семян сои молибдатом аммония натрия методом опрыскивания обеспечивает прибавку урожая зерна сои 1,4—2,3 ц/га.

Результаты исследований по изучению эффективности молибдена под сою, полученные как в институте, так и в производственных условиях колхозов и совхозов, позволили сделать следующие выводы и рекомендации.

На лугово-бурых и буро-подзолистых почвах Приморского края соя положительно реагирует на внесение в почву молибденового удобрения. При этом действие молибдена на рост урожайности сои проявляется при любом способе его внесения.

Молибден в форме молибденовокислого аммония или молибденовокислого аммония натрия, внесенный совместно с суперфосфатом местным способом в рядки при посеве в дозе 0,25—0,5 кг/га д. в., повышает урожай зерна сои на 1,5—4,6 ц/га. Этот способ внесения является наиболее эффективным.

Разбросное внесение молибденового удобрения под сою также дает хороший эффект: прибавка урожая составляет 1,6—2,2 ц/га. При этом способе внесения норму молибдена следует применять в дозе 1—2 кг/га д. в. и вносить также совместно с минеральными и органическими удобрениями.

Однако наиболее простым и доступным способом применения молибдена под сою является предпосевная обработка семян путем опрыскивания или опудривания их. Для приготовления раствора 50—100 г молибдена аммония натрия растворяют в небольшом объеме горячей воды, затем разбавляют до 1—1,5 л. Этим количеством раствора смачивают гектарную норму семян (100—120 кг). Для обработки больших партий семян сои следует использовать универсальные протравители марки ПУ-3 или ПУ-1Б, а также другие приспособления. Обработку семян можно проводить ранцевым опрыскивателем или лейкой при тщательном перелопачивании семян.

Для опудривания семян рекомендуется применять молибдат аммония натрия. Он порошковидный и хорошо прилипает к семенам сои. На гектарную норму семян его берут в количестве 100—200 г. Молибдат аммония можно вносить и в виде некорневой подкормки. Для этого растения сои перед цветением

опрыскивают раствором молибденовой соли 0,02—0,05% ной концентрации. На один гектар расходуется от 500 до 700 л жидкости (200—300 г молибденовой соли) при внесении наземной аппаратурой. При использовании для этой цели авиации норм расхода может быть уменьшена до 100—150 л/га, а концентрация его повышается до 0,1

Реакция сои на известкование кислых почв

Основные типы почв Приморского края и Дальнего Востока с очень кислой, кислой и среднекислой реакцией, то есть с рН (KCl) 5,5 и ниже, составляют около 9 % всех земель. Поэтому все пахотные земли этих типов почв при выращивании сои подлежат известкованию.

Аноглетними опытами Приморского НИИСХ установлено, что известь, внесенная в оптимальных дозах (6—8 т/га), оказывает на почву сложное и многостороннее положительное действие. Она резко повышает мобилизацию азота и фосфора в течение двух-трех ротаций девятипольного севооборота.

На местных почвах, где постоянно выражен дефицит подвижных фосфатов, перевод фосфора из труднорастворимых форм в подвижные, легкодоступные растениям соединения путем известкования приобретает важное значение.

Длительные стационарные опыты института показывают, что известь из расчета 1 г. к., внесенная в пару на фоне органических удобрений, положительно влияет на все культуры в течение двух ротаций девятипольного севооборота. За этот период среднегодовая прибавка урожая зерна составляет 3,9 ц/га. Каждая тонна извести, внесенная в почву, за две ротации севооборота (18 лет) окупилась 10,8 ц зерна.

В нашем агрохимическом стационаре соя высевается третьей, шестой и восьмой культурой после занятого удобренного пара. Эффективность извести на сое в этом опыте испытывалась как при раздельном, так и совместном внесении с органическими удобрениями (табл. 39).

В последнее десятилетие мы обращали особое внимание на изучение таких вопросов, как установление оптимальных доз извести, влияние известкования на агрохимические свойства почвы, сдвиги реакции среды рН (KCl) и гидролитической кислотности при известковании и внесении минеральных удобрений, баланс кальция в почве, эффективность органических и минеральных удобрений под сою на фоне извести.

Таблица 39. Последствие извести на урожай сои Приморская 529, идущей шестой культурой в агрохимическом стационаре

Вариант опыта	Средний урожай сои по 5 полям за 15 лет, ц/га	Прибавка урожая зерна			
		от контроля		от навоза	
		ц/га	%	ц/га	%
Без удобрения	11,5	—	—	—	—
Известь по 1 г. к.	13,8	2,3	20,0	—	—
Навоз 20 и 40 т/га в пару	13,2	1,7	14,8	—	—
Навоз 20—40 т/га + известь 1 г. к.	16,3	4,8	41,8	3,1	23,5

Дозы извести изучались на лугово-бурой оподзоленной почве в полевом стационарном опыте, в вегетационных условиях на различных типах почв, а также в производственных условиях в ОПХ «Пунилловское». В вегетационных опытах применяли сосуды емкостью 20 и 5 кг сухой почвы. После появления настоящей пары листьев в больших сосудах оставляли по 6, в малых по 4 растения сои. В остальном методика вегетационных опытов была аналогична предыдущим.

При внесении полной дозы извести, что соответствует 1 г. к, урожайность общей массы сои значительно повышается — на 42,2—97,4%, зерна на 51,2—100%. В опыте с оптимальным объемом сосудов (5 кг сухой почвы) по мере увеличения дозы извести возрастает и ее эффективность. Максимальный урожай общей массы зерна сои получен от дозы извести 2,5 г. к.: 347,4—344,5% в сравнении с контролем. Однако следует отметить, что самый большой прирост урожая сои от известкования получается при внесении извести в дозе 1,5—2 г. к. Увеличение дозы извести до 2,5 г. к. сопровождается дальнейшим приростом урожая, но уже заметно меньшим в сравнении с дозой в 2 г. к.

Аналогичная картина наблюдается в опыте с большей емкостью сосудов (20 кг). Правда, здесь максимальный эффект от известкования достигнут при внесении углекислого кальция (CaCO_3) в дозе 2 г. к. Доза CaCO_3 2,5 г. к. дала снижение прибавки урожая в сравнении с дозой 2 г. к. Причина этого кроется в том, что при таком объеме почвы в варианте с дозой 2,5 г. к. растения сои развивались исключительно буйно. В результате наблюдалось самозатенение, листья и бобышки в нижнем ярусе желтели и опадали. Так, в вариантах, где известь вносилась в дозе 2 г. к., на 1 растении количество веток было 1,9, бобов — 15,1 и зерна 32,9 штук, а в дозе 2,5 г. к. эти показатели были соответственно 1,4, 11,7 и 23,3.

В Приморском НИИСХ проведены некоторые исследования по изучению отзывчивости сои на известкование на других типах почв в вегетационных условиях.

По степени реакции растений сои на известкование на первом месте стоят буро-подзолистые и лугово-бурые оподзоленные тяжелосуглинистые почвы, обладающие очень кислой и кислой реакцией среды. На этих типах полная доза извести (1 г. к.) оказывает сильное положительное действие на почвенное плодородие, в результате чего урожай зерна сои возрастает на 134,3—285,8% в сравнении с контролем. С увеличением дозы извести наблюдается дальнейший и значительный рост урожайности общей массы и зерна сои.

На второе место по отзывчивости сои на известкование выходят луговые глеевые почвы, обладающие среднекислой реакцией среды. Здесь одинарная доза извести (1 г. к.) почти не оказывает положительного действия на урожай сои. Хороший эффект достигается от применения полуторной дозы извести. Наибольший прирост урожая сои обеспечивает доза извести 2,5 г. к.

Третье место по отзывчивости занимают дерново-аллювиальные почвы, имеющие слабокислую реакцию почвенного раствора. На этом типе почв одинарная и полуторная дозы извести не дают или почти не дают положительного результата. Внесение извести в дозе 2,5 г. к. повышает урожай сои на 19,1%, т. е. на вполне достоверную прибавку.

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных можно рекомендовать следующую очередность известкования в разрезе генетических типов почв в Приморском крае. Первоочередному известкованию подлежат буро-подзолистые и лугово-бурые оподзоленные почвы всех степеней кислотности (от очень кислой до слабокислой); во вторую очередь известкуются кислые луговые глеевые оподзоленные и луговые глеевые почвы, в третью — дерново-аллювиальные и остаточнопойменные почвы. Бурые лесные оподзоленные почвы, обладающие высокой кислотностью, относятся к группе почв первоочередного известкования.

Для изучения оптимальных доз извести на лугово-бурых оподзоленных почвах в полевых зерново-соево-кормовых севооборотах ведутся в Приморском НИИСХ и полевые стационарные опыты. Один из них заложен в 1968 г. Почва опытного участка лугово-бурая оподзоленная, реакция среды кислая — рН (КСІ) 4,6, гидролитическая кислотность 5,5 мг/экв на 100 г почвы. Доза извести по гидролитической кислотности определена в 8 т/га CaCO_3 , вносили ее в форме известняковой муки.

Изучение доз извести проводилось в двух звеньях полевого севооборота: в 1-м звене соя высевалась 3 года, во 2-м звене — 2 года (табл. 40).

Таблица 40. Эффективность последствий извести на урожай сои в полевом севообороте, ц/га

Вариант опыта	1-е звено севооборота			
	год посева сои и год действия извести			
	1970 3-й	1972 5-й	1975 8-й	среднее за 3 года
Контроль (без извести)	4,8	7,2	12,6	8,2
Известь — 0,5 г. к.	6,2	7,2	14,9	9,4
» 1,0 г. к.	6,4	7,4	15,6	9,8
» 1,5 г. к.	6,9	8,5	17,4	10,9
» 2,0 г. к.	7,5	9,6	16,9	11,3
» 2,5 г. к.	7,1	8,8	16,3	10,7
P, %	4,9	3,6	3,7	—
E, ц/га	0,4	0,6	0,4	—

Вариант опыта	2-е звено севооборота			Среднее по 2 звеньям за 5 лет	
	год посева сои и год действия извести			урожай зерна соя, ц/га	прибав- ка уро- жая, %
	1969 2-й	1971 4-й	среднее за 2 года		
Контроль (без извести)	11,6	17,2	14,4	11,3	—
Известь — 0,5 г. к.	12,9	16,8	14,8	12,1	7,1
» 1,0 г. к.	12,9	19,1	16,0	12,9	14,2
» 1,5 г. к.	14,4	20,6	17,5	14,2	25,7
» 2,0 г. к.	14,7	20,5	17,6	14,4	27,4
» 2,5 г. к.	16,4	18,1	17,2	14,0	23,9
P, %	2,7	6,7	—	—	—
E, ц/га	0,5	0,6	—	—	—

Соя в полевых опытах, как и в вегетационных, достаточно хорошо реагирует на известковые удобрения. С увеличением дозы извести возрастает и эффективность ее. Причем интересно заметить, что действие извести на урожай сои на восьмой год после ее внесения ничуть не слабее, чем, допустим, на второй (1969) или четвертый (1971). Результаты математической обработки позволяют судить, что по всем дозам, за исключением половинной (0,5 г. к.), получены вполне достоверные данные.

Для проверки экспериментальных данных проводилось испытание доз извести в производственных условиях в ОПХ

«Пуцилловское» на лугово-бурой оподзоленной маломощной почве с реакцией среды pH (KCl) 4,3—4,5 (1970—1971 гг.). По механическому составу почва тяжелый суглинок, бесструктурная, с содержанием гумуса 3,5%, подвижного фосфора (по Кирсанову) 0,3—0,7 мг/100 г почвы. Площадь посевной делянки 1500 м², повторность трехкратная. Опыт проводился на фоне без навоза и на фоне навоза 40 т/га. Действие доз извести учтено на четырех культурах: на сое за два года, на ячмене и яровой пшенице (табл. 41).

Следует заметить, что в 1971 г. в результате летне-осеннего избыточного увлажнения соя в опыте полегла и сформировала низкий урожай зерна. В результате действия извести на фоне без навоза не дало положительного результата. На фоне навоза получена удовлетворительная прибавка урожая (1,3, 2,7 ц/га). Поэтому в среднем за два года урожай соя получен невысокий.

При учете действия и последствий извести на всех четырех культурах эффективность ее возрастает почти в два раза. Действие навоза явного повышается при внесении его на известкованном фоне. Точно так же возрастает и эффективность известкового удобрения при внесении его на фоне органического удобрения.

Таблица 41. Эффективность извести в производственных условиях (ОПХ «Пуцилловское»)

Вариант опыта	Средний урожай зерна сои за два года (1971, 1973)		Суммарный урожай культур за 4 года, корм. ед., ц/га	Прибавка урожая культур, корм. ед.			
				от конт. роля		от фона	
	ц/га			ц/га	%	ц/га	%
Без удобрения	8,3	100	59,2	—	—	—	—
Известь 1,0 г. к.	9,1	109,7	70,0	10,8	18,2	—	—
» 1,5 г. к.	8,9	107,3	68,0	8,8	14,9	—	—
» 2,5 г. к.	9,5	114,5	72,1	12,9	21,8	—	—
Навоз 40 т/га — фон	8,1	97,3	72,2	13,0	22,0	—	—
Фон + известь 1,0 г. к.	9,6	115,7	85,7	26,5	44,8	13,5	18,6
Фон + известь 1,5 г. к.	9,6	115,7	84,9	25,7	43,4	12,7	17,6
Фон + известь 2,5 г. к.	10,5	126,6	87,9	28,7	48,5	15,7	21,8

Продолжительность положительного действия известкования зависит от степени кислотности почвы, дозы углекислого кальция и от темпов потерь его, обуславливаемых выщелачи-

ваннем в подпахотные горизонты и выносом с урожаем сельскохозяйственных культур. Однако нашими исследованиями установлено, что положительное действие известкования может продолжаться и после того, когда рН (KCl) почвы перейдет или приблизится к первоначальному состоянию.

Это положение казалось бы маловероятным, но это факт. В данной работе мы не касаемся вопроса о влиянии известкования на агрохимические свойства почв Приморья. Они подробно освещены в наших работах (1964, 1971, 1971, 1972, 1972), где, в частности, отмечается, что внесение извести резко повышает мобилизацию фосфора в течение двух ротаций девятипольного севооборота. На местных почвах с высоким содержанием полуторных окислов железа, алюминия, марганца, где постоянно выражен дефицит подвижного фосфора, перевод его путем известкования из труднорастворимых форм в соединения, легко усвояемые растениями, приобретает очень важное значение. В этих условиях, хотя рН (KCl) и приближается к первоначальному состоянию по прошествии десятка лет после внесения извести, мобилизирующее действие ее на фосфаты остается, что оказывает положительное влияние на повышение урожая сои и других культур севооборота.

Поэтому при решении вопроса о повторном известковании необходимо принимать во внимание не только величину рН (KCl), но и другие свойства почвы: состояние фосфатного режима, обменную кислотность, гидролитическую кислотность, степень насыщенности почвы основаниями. В полевом опыте, где изучались дозы извести (табл. 42), мы ежегодно 2—3 раза за вегетационный период определяли в пахотном (0—20 см) и подпахотном (20—40 см) слоях почвы рН (KCl) и другие показатели. Результаты наших исследований позволили установить влияние различных доз извести на смещение реакции почвенной среды. Известь в дозе от 0,5 до 2,5 г. к. мешает реакцию среды в лугово-бурой оподзоленной почве от 1,31 до 2,51, а 1 т в среднем на 0,17 рН (KCl).

Исходные показатели рН после внесения извести мы взяли средние за первые два года (1968—1969), учитывая при этом, что только по прошествии двух лет известь полностью прореагировала с почвой пахотного слоя. К 1975 г., то есть по истечении семи лет, значение рН (KCl) снизилось в среднем по всем дозам извести на 0,72, или на 0,1 рН (KCl), в год. Следовательно, для компенсации потери кальция, происходящей в почве за счет выщелачивания и потребления сельскохозяйственными культурами, необходимо вносить 0,6 т/га углекислого кальция (CaCO_3) ежегодно.

Таблица 42. Влияние извести на смещение реакции среды лугово-бурой оподзоленной почвы (1968-1975 гг.); pH сол.

Вариант опыта	На последний 1975 г.	Среднее за первые 2 года (1968—1969)	Смещение от контроля	Смещение реакции от 1 т CaCO_3	Смещение к 1975 г.	Снижение pH за 7-летний период (1975)
Без удобрения	4,70	4,74	—	—	—	—
Известь, г. к.						
0,5	5,25	6,05	1,31	0,327	0,55	0,76
1,0	5,92	6,60	1,86	0,232	1,22	0,64
1,5	6,13	6,86	2,12	0,176	1,43	0,69
2,0	6,33	7,13	2,39	0,149	1,63	0,76
2,5	6,45	7,25	2,51	0,125	1,75	0,76

Смещение реакции почвенной среды в зависимости от доз извести происходит в весьма широком диапазоне. Самое большое смещение от 1 т углекислого кальция (CaCO_3) происходит при внесении малых доз — 0,5—1 г. к. С увеличением дозы закономерно снижается и смещение реакции от 1 т известковых удобрений. Однако снижение значений pH (KCl) за семилетний период происходит относительно равномерно, почти одинаково на всех дозах извести. При среднем снижении за период на 0,72 pH (KCl) пределы колебания составляют от 0,64 до 0,76 pH (KCl).

Вместе с тем необходимо отметить, что потери кальция из почвы возрастают по мере увеличения дозы извести. Это явление вполне закономерно, так как с повышением дозы извести увеличивается ее вынос урожаем и выщелачивание в нижележащие горизонты.

Для расчета баланса кальция в почвах Приморья мы использовали результаты многолетних наблюдений в стационарных опытах за смещением реакции почвенной среды в почве без удобрений, с применением ежегодно оптимальных доз полного минерального удобрения и на известкованной почве.

Установлено, что в пахотном слое почвы (0—20 см) без применения удобрений при ежегодном выращивании сельскохозяйственных культур за 8- и 28-летний период по двум стационарным опытам на контроле (без удобрений) показатель кислотности pH (KCl) смещается на 0,052 pH ежегодно (по одному опыту за 23 года смещение произошло с 4,8 до 4,3, по второму за 8 лет — с 5 до 4,3 pH). При ежегодном внесении в почву полного минерального удобрения в оптимальных дозах ($\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{13}$) реакция почвенной среды смещается в сторону кислого интервала на 0,05 pH (KCl) в год. Для нейтрализации

этой кислотности, согласно нашим данным о смещении реакции среды от 1 т извести (CaCO_3), требуется 0,294 т/га.

На известкованной почве смещение реакции почвенной среды идет более интенсивно, и для нейтрализации кислотности требуется дополнительное внесение извести в дозе 0,282 т/га. В 1976 г., согласно данным ЦСУ, в совхозах и колхозах Приморского края проведено известкование кислых почв на площади 51,5 тыс. га, на которые внесено извести в форме известняковой муки в количестве 329 тыс. т. С органическими удобрениями ее поступило в почву в этом же году около 9 тыс. т.

Полученные экспериментальные материалы и количество фактически внесенной извести в почву легли в основу составленного нами баланса кальция в почвах Приморского края. На известкованной и удобренной минеральными удобрениями почве в полевом севообороте, где соя занимает 30—33%, потери углекислого кальция (CaCO_3) с отчуждением урожая составляют 0,852 т/га. На известкованной почве без применения минеральных удобрений потери кальция составляют 0,6 т/га. Годовое поступление кальция в почву с известковыми материалами при известковании и с органическими удобрениями составляет 0,52 т/га.

Следовательно, дефицит кальция в почве пахотных земель выражается в 0,356 т/га, а для всей площади пашни в крае (650 тыс. га) — 231,4 тыс. т.

Естественно, этот дефицит кальция необходимо устранить, в противном случае заметного смещения реакции почвенной среды в сторону снижения кислотности ожидать нет оснований. Это подтверждают и материалы краевой агрохимической лаборатории по определению кислотности почв во втором туре: смещения реакции почвы от проведенного известкования с внесением 150—240 тыс. т извести в год почти не произошло (1973).

Таким образом, можно заключить, что объем работ по известкованию почв в крае должен быть доведен до 80—100 тыс. га в год с внесением в почву извести не менее 600—700 тыс. т. Что касается доз извести, то они разработаны нами, исходя из степеней кислотности и механического состава, типов почв с учетом гидролитической кислотности и степени насыщенности основаниями (1964). Полученные в многолетних опытах данные по смещению реакции почвенной среды от внесения 1 т CaCO_3 и оптимальному интервалу $\text{pH}(\text{KCl})$ представляют возможность рассчитать дозы извести по формуле:

$$D = \frac{\Delta \text{pH}}{x},$$

где D — доза известии; ΔpH — величина прироста исходного показателя pH до оптимального интервала; x — норматив смещения реакции почвенной среды (pH) на тонну $CaCO_3$.

Используя приведенную формулу, мы рассчитали дозы известии для основных типов почв Приморского края (табл. 43).

Таблица 43. Средние дозы известии на кислых почвах Приморского края

Почвы	Примерное оптимальное значение pH (KCl)	pH сол.							
		4,5 и ниже	4,6—4,8	4,9—5,0	5,1—5,2	5,3—5,5	5,6—5,8	5,9—6,2	
Дерново-аллювиальные, остаточного пойменные средние и легкие суглинки	5,5—5,8	6,5	5,0	4,0	3,0	1,5	—	—	
Буро-подзолистые, лугово-бурые оподзоленные, маломощные тяжелые суглинки	5,6—6,1	7,0	6,0	4,5	3,5	2,5	1,5	—	
Лугово-бурые, луговые глеевые оподзоленные тяжелые суглинки и глины	5,7—6,2	8,0	7,0	5,5	5,0	3,0	2,0	—	
Луговые глеевые, перегнойно-глеевые тяжелые суглинки и глины	5,8—6,5	9,0	8,0	6,0	5,5	4,0	3,0	1,5	

Для поддержания реакции почвы на оптимальном уровне следует периодически пополнять запасы карбонатов, что связано с большими потерями кальция и магния, то есть проводить повторное известкование. В зерно-соево-кормовых севооборотах, где соя занимает 30—33% площади посева, оптимальная кислотность почвы должна находиться в среднем на уровне 6 pH (KCl) (с колебаниями 5,5—6,5). Следовательно, в севообороте, где применяются известкование и ежегодно оптимальная доза полного минерального удобрения, повторное известкование проводится через 6—7 лет.

Примерный срок повторного известкования можно определить по уравнению:

$$t = \frac{I_{pH}}{x - c},$$

где t — количество лет эффективного последствия известкования; I_{pH} — допустимое снижение значения pH (KCl) почвенной среды перед повторным внесением известии по сравнению с достигнутым значением pH при предшествующем известковании; c — общие среднегодовые потери $CaCO_3$ из пахотного слоя поч-

вы, т/га; x — норматив смещения рН почвенной среды на 1 т CaCO_3 .

В севооборотах, где ежегодно вносятся более высокие дозы минеральных удобрений (10—12 ц/га стандартных туков) и где увеличится расход кальция на нейтрализацию физиологически кислых удобрений, период повторного известкования может быть сокращен до 5—6 лет.

Система удобрений в севообороте

Система удобрений в севообороте — это план применения органических и минеральных удобрений и известкования почвы в конкретном хозяйстве. Под системой удобрений следует понимать весь комплекс мероприятий по рациональному использованию всех видов удобрений с целью повышения урожая, плодородия почвы и эффективности сельскохозяйственного производства.

Система удобрений разрабатывается и осуществляется в тесной связи со всем комплексом агротехнических мероприятий применительно как к отдельным культурам, входящим в севооборот, так и в целом для одного или нескольких севооборотов в хозяйстве.

Система удобрений включает в себя следующее: подбор видов и форм удобрений, распределение их под отдельные культуры в полях севооборота в соответствии с потребностью растений в питательных элементах по периодам развития, определение необходимых доз, приемы внесения и способы заделки органических и минеральных удобрений.

При составлении ежегодного плана применения удобрений по отдельным полям севооборота используют почвенную карту и картограммы содержания подвижных форм фосфора, калия и кислотности почвы. При этом принимают во внимание предшествующую культуру и ее урожай, последствие удобрений, внесенных под нее, качество основной обработки почвы, степень засоренности и другие условия, определяющие плодородие почвы и степень окультуренности данного поля.

Изучение и разработка системы применения органических и минеральных удобрений и известкования почвы как под сою, так и под другие культуры правильного севооборота в Приморском НИИСХ проводятся в длительных опытах.

В агрохимическом стационарном опыте в девятипольном севообороте изучаются следующие основные варианты: без

удобрения, навоз 20, 40, 80 и 120 т/га за ротацию, известь $\frac{3}{4}$ и 1 г.к., навоз 40 т/га + известь, навоз 40 т/га + известь + NPK (под основные культуры севооборота), NPK, зеленое удобрение (клевер, соя), зеленое удобрение + известь + NPK. В четвертой ротации севооборота помимо названных испытываются варианты: навоз 80 т/га + известь + NPK, навоз 120 т/га + известь + NPK. Повышенные дозы навоза и минеральных удобрений ($N_{90}P_{150}K_{90}$, $N_{120}P_{240}K_{120}$, $N_{400}P_{600}K_{400}$) за ротацию севооборота вносятся в соответствии с планируемым урожаем сои и других культур.

В биологическом стационарном опыте, размещающемся в десятипольном севообороте, изучаются следующие варианты: монокультура яровая пшеница, двухполка — соя, яровая пшеница, севооборот без бобовых культур, севооборот с четырьмя бобовыми (одно поле клевера, три поля сои), севооборот с пятью бобовыми культурами (два поля клевера, три поля сои).

Варианты опыта испытываются на двух фонах: без органических удобрений и на фоне навоза 30 т/га + известь $\frac{1}{2}$ г.к. На всех вариантах под посев культур ежегодно вносятся фосфорные удобрения в дозе 45 кг/га P_2O_5 .

Длительными стационарными опытами установлено, что буро-подзолистые, лугово-бурые оподзоленные и луговые глеевые почвы Приморья исключительно нуждаются в удобрениях. Самый высокий урожай сои и других культур севооборота получается при обязательном сочетании органических и минеральных удобрений с доминированием фосфорных удобрений и известкования. Органические удобрения и известкование кислых почв применяются в качестве коренной заправки почвы один или два раза за ротацию девяти-десятипольного севооборота в зависимости от окультуренности полей, удельного веса сои и других высокотребовательных к условиям почвенного питания культур.

Минеральные удобрения применяются на фоне основной заправки почвы органическими удобрениями и известью в виде основного при ежегодном внесении или в запас на ряд лет и припосевного в рядки или на 2—3 см ниже расположения семян сои.

Исходя из изложенных научных принципов агрономической химии, наиболее важными элементами системы удобрения в зерносоевых и соево-кормовых севооборотах Приморья являются:

обогащение пахотного слоя почвы органическими веществами путем систематического применения органических удобрений

ний — навоза, торфокомпостов, зеленого удобрения, корневых и пожнивных остатков многолетних кормовых трав;

- известкование кислых, среднекислых и в некоторых случаях (при внесении высоких доз азотно-калийных удобрений) слабокислых почв;

увеличение запасов подвижных фосфатов за счет мобилизации их из природных запасов самой почвы и внесения промышленных фосфорных, азотных и калийных удобрений. Применение двойного гранулированного суперфосфата или аммофоса в рядки при посеве или ниже на 2—3 см расположения семян сои;

повышение роли бобовых культур (клевера, сои) в накоплении дешевого биологического азота в почве и рациональное использование его.

ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

Почвы края нуждаются в систематическом обогащении органическими удобрениями, которые оказывают сильное и длительное действие на плодородие почвы и повышение урожайности сои и других культур севооборота. Органические удобрения дают высокий эффект в местных условиях не только потому, что они содержат основные питательные элементы (азот, фосфор, калий, кальций) и микроэлементы, но и потому, что этими элементами они обеспечивают потребность растений в течение всего периода вегетации. В условиях Приморья последнее обстоятельство имеет особенно важное значение, так как после длительного переувлажнения только органические удобрения являются надежным источником доступной пищи для растений.

Внесение органических удобрений повышает микробиологическую деятельность почвы, улучшает физические и физико-химические свойства, что создает благоприятные условия для эффективного действия известкования и минеральных удобрений.

Основными источниками органических удобрений в Приморском крае являются навоз, торфокомпосты и зеленое удобрение.

Навоз является для сои не только источником азота и зольных питательных элементов, но и энергетическим материалом для развития клубеньковых бактерий. Чем больше почва содержит свежего органического вещества (рыхлосвязанных гуматов) к моменту посева сои, тем энергичнее развиваются клубеньковые бактерии и тем выше урожай культуры. По этой причине клеверный пласт и клеверный сидерально-занятый пар являются лучшими предшественниками для сои в условиях Приморского края.

При внесении непосредственно под сою по 25 полевым опытам, проведенным в Приморском НИИСХ, навоз в дозах 20—40 т/га повышает урожай зерна сои на 3,9 ц/га при урожае на контроле 10,2 ц/га. Положительное действие навоза в дозе 40 т/га сказывается на восьми и даже девяти культурах, то есть в течение всей ротации девяти-десятипольного севооборота. На лугово-бурых оподзоленных и буро-подзолистых почвах в полевых и кормовых севооборотах оптимальной дозой навоза при правильной системе удобрений является 40 т/га. При внесении 20 т/га продолжительность действия навоза сокращается до 4—5 лет, и суммарная прибавка урожая за этот период составляет только 41,5% прибавки, полученной от действия навоза в дозе 40 т/га. Доза навоза в 40 т/га, внесенная в два приема (по 20 т/га), дает только 90% урожая, полученного при внесении этой дозы в один прием. В агрохимическом и других стационарных опытах действие навоза изучается на сое, кукурузе, картофеле, яровой пшенице, многолетних и однолетних травах. Прибавка урожая всех культур в кормовых единицах за ротацию составляет 39 ц/га, то есть 1 т навоза за ротацию севооборота обеспечивает прирост урожая около 1 ц зерна.

Отзывчивость и прибавка урожая сои находятся в прямой зависимости от года действия навозного удобрения после внесения его в почву. Так, в агрохимическом стационаре соя высевается в трех полях севооборота и занимает 33,3% площади посева. Навоз в дозе 40 т/га вносится в занятом (вико-овсяном) удобренном пару. После внесения навоза соя высевается пятой, седьмой и девятой культурой, то есть по пласту многолетних трав (клевера с тимфеевой) и после зерновых культур (пшеницы, ячменя). В агрохимическом стационаре за 30-летний период (по 62 полям севооборота, в год в среднем засевалось два поля) действие навоза на пятый, седьмой и девятый год после внесения обеспечивает прибавку урожая в среднем 2,1 ц/га. Отдельно по годам действия навоза мы получили такие данные: на пятый год действия прибавка урожая сои составляет около 3,5 ц/га (36%), на седьмой год 2,6 ц/га (24,5%) и на девятый 1,5 ц/га (14%). По известковому стационару средняя прибавка урожая сои за восьмилетний период составляет 4,4 ц/га, или 40% в сравнении с контролем. В опыте по изучению потенциальной продуктивности сортов прибавка урожая сои сорта Приморская 529 составила 6 ц/га (58,8%), сорта Приморская 649—3,7 ц/га (40,2%).

На основе полученного экспериментального материала по эффективности навоза под сою мы пришли к выводу, что соя в севооборотах должна располагаться как можно ближе к месту

внесения навозного удобрения. Навоз рекомендуется вносить в занятых (вино-горохо-овсяных, соево-пайзовых) удобренных парах. Поэтому соя должна высеваться первой или второй культурой после внесения навоза. В этом случае прибавка урожая сои от действия или последствий навоза будет составлять 4,5—6 ц/га, а общий урожай — 13,5—15 ц/га.

Торфокомпосты также оказывают положительное действие на развитие сои, особенно те, в состав которых входят навоз и фосфоритная мука. Эффективность торфокомпостов под сою находитсся в прямой зависимости от размещения культуры в севообороте и года действия компоста (табл. 44).

Таблица 44. Эффективность торфокомпостов под сою Приморская 529

Вариант опыта	Прибавка урожая зерна сои от года действия компоста		Прибавка урожая за 2 года действия компоста	
	2-й	4-й	ц/га	% от среднего конт-роля
Торфонавозный (торф + 15% + навоз 25%) — 40 т/га	3,7	1,7	5,4	46,6
Торфопосфатный (торф 98% + фосфатная мука 2%) — 40 т/га	3,6	1,5	5,1	44,0
Торфопосфатно-известковый (торф 93%, фосфатная мука 2%, известь 5%)	3,5	1,4	4,9	42,3
Торфонизвестковый (торф 95% + известь 5%) — 40 т/га	2,6	1,2	3,8	32,8
Полуперепревший навоз 40 т/га	2,4	2,2	4,6	39,7
Урожай сои на контроле	13,4	9,7	—	—

Подготовка торфа и других компонентов к компостированию может вестись в течение всего года, но сам процесс, то есть разложение органического вещества торфа, должен проходить в теплый период времени в течение 3—4 месяцев.

Зеленое удобрение является важным источником органического вещества для обогащения почвы в условиях Приморского края. Культура сидерации приобретает особенное значение в окультуривании почвы в полевых севооборотах, куда навоз и торфокомпосты вносятся в ограниченном количестве. В то же время почвы массивов, расположенных на увалах, обладают низким потенциальным плодородием и нуждаются в систематическом обогащении пахотного слоя органическими удобрениями.

ями. Зеленое удобрение, а также корневые и пожнивные остатки многолетних кормовых трав пока являются наиболее реальным источником органического вещества на землях полевых севооборотов.

В современном сельскохозяйственном производстве существует две системы зеленого удобрения: самостоятельная и отавная.

Примером самостоятельной формы зеленого удобрения является посев сои, люпина или другого бобового растения в паровом поле с целью выращивания и заделки зеленой массы на удобрение. Лучшими культурами на зеленое удобрение в Приморском крае и на Дальнем Востоке являются красный клевер и соя. Они хорошо используют влагу осадков и тепло второй половины лета, накапливают высокий урожай надземной массы и корневой системы.

По опытам Приморского НИИСХ, надземной массы клевера зимостойкого сорта Приморский 28 запахивается 30 т/га и корневых остатков 5,2 т/га. При заделке сои в почву поступает надземной массы в среднем за много лет 21 т/га и корневых остатков 2,3 т/га.

Красный клевер при одинаковых условиях дает более высокий урожай надземной массы и корневых остатков по сравнению с соей, хотя соя дает достаточно высокий урожай растительной массы.

Перспективной для Приморья формой сидерации является отавное зеленое удобрение. Посевы красного клевера Приморский 28 и более зимостойкого и урожайного сорта Приморский 14, размещаемые в травяных полях (в этом случае их можно назвать паровыми занятыми), используются двояко: первое раннее отрастание массы красного клевера при одногодичной культуре убирается на корм (сiloе или зеленую массу), а отросшая во второй половине лета отава запахивается на зеленое удобрение.

При отавной форме сидерации запахивается надземной растительной массы клевера от 15 до 20 т/га и корневой системы от 3 до 5 т/га. При заделке 20 т/га зеленой массы клевера и сои в почву поступает следующее количество питательных элементов: 218 кг/га азота, 84 кг/га фосфора (P_2O_5) и 103 кг/га калия (K_2O), а от сои соответственно 190, 32 и 61 кг/га. Как видно, соевый сидерат по содержанию основных элементов питания заметно уступает клеверному. В растительной массе клеверного сидерата содержится азота и фосфора почти такое же количество, как в 36—40 т полуперепревшего навоза, а содержание калия в два с лишним раза меньше.

В наших опытах под сою испытывалось зеленое удобрение клевера и сои. При этом последствие соевого и клеверного сидератов прослеживалось в течение 3—4 лет. Результаты опытов показали, что соя является весьма отзывчивой культурой на зеленое удобрение. Оно обеспечило сравнительно высокую прибавку урожая зерна сои (3,6 ц/га), которая оказалась на 0,4 ц/га ниже, чем от первого последствия навоза в дозе 40 т/га. Клеверная сидерация дает высокую прибавку урожая сои не только в год действия, но и на второй год после заделки, хотя эффективность ее и в первый год была высокой. Так, прибавка урожая зерна яровой пшеницы, высеваемой первой культурой после заделки сидерации, составила 5,4 ц/га (33,2%), а сои на второй год действия сидерации — 3,5 ц/га (23,1%).

В Приморском НИИСХ широко испытывалась эффективность под сою сидерально-клеверного занятого пара, в котором первый укос клевера убирался на силос, а отава запахивалась на зеленое удобрение. Лучший результат получен от действия отавной сидерации, хотя количество органической массы запаханно в почву почти одинаковое.

Прибавка урожая зерна сои здесь получена на 0,7 ц/га (4,6% выше, чем по самостоятельной сидерации). Поэтому для сои, как культуры позднего срока посева, следует рекомендовать отавную форму клеверного сидерата. Кроме того, экономическая эффективность клеверного зеленого удобрения в случае использования отавы для заделки значительно повышается. Так, при отавной сидерации окупаемость затрат на ее применение получается на 60—90% выше, чем при заделке клевера 1-го укоса.

Положительное действие клеверного зеленого удобрения продолжается в течение 3—4, а иногда и 5 лет (при урожае зеленой массы 35 т и более) после заделки его в почву.

При хорошем урожае зеленой массы и качественной ее заделки в почву соевая сидерация также дает положительный результат. В первый год действия соевое зеленое удобрение обеспечивает довольно высокую прибавку урожая зерна сои — 2,6 ц/га. Однако последствие его на пятой культуре — сое — значительно снизилось, хотя прирост урожая зерна вполне достоверный — 0,8 ц/га.

Анализ экспериментального материала по эффективности зеленого удобрения под сою, полученного в Приморском НИИСХ и в производственных условиях многих районов края (Спаском, Черниговском, Пожарском, Чугуевском, Уссурийском), позволяет сделать вывод о том, что на буро-подзолистых и лугово-бурых оподзоленных узальных почвах сидеральные пары, а тем более клеверные сидерально-занятые пары, являются на

дежным источником обогащения почвы органическим веществом и важным агротехническим приемом в повышении урожайности сои в колхозах и совхозах Приморья и Дальнего Востока. Для получения высокого урожая зеленой массы соевого сидерата рекомендуется под посев этой культуры применять азотно-фосфорные минеральные удобрения в качестве основного в дозах $N_{40-60} P_{60-80}$, в зависимости от окультуренности и удобренности поля. Весьма полезно перед запашкой зеленой массы бобового сидерата провести фосфоритование почвы, внося по 1,5—2 т/га фосфоритной муки.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ АЗОТ

В условиях Дальнего Востока соя обладает высокой азотфиксирующей способностью. Соя Приморская 529 при урожае зерна 14—17 ц/га поглощает 102—122 кг/га азота, из которых 70—90 кг/га (72%) приходится на долю азота, фиксируемого из воздуха. В среднем за 15-летний период наших опытов за счет биомассы сои (корневых и пожнивных остатков) почва обогащается биологическим азотом в количестве 10,4—22,4 кг/га в год (табл. 45). В девяти-десятипольных севооборотах с четырьмя-пятью полями бобовых культур (три поля сои — одно-два клевера) в почву поступает биологического азота с биомассой от 41 до 54 кг/га в год. У красного клевера Приморский 28 эта величина составляет при одногодичном использовании 128—137 кг/га, при двухгодичном 185—200 кг/га.

В биологическом стационарном опыте за 15-летний период влияние сои как бобовой культуры сказалось повышением урожая общей массы яровой пшеницы: без удобрения на 5,8 ц/га и зерна на 2,3 ц/га, а на фоне навоза 30 т/га + известь 3 т/га соответственно на 13,9 и 5,3 ц/га.

В десятипольном севообороте под влиянием клевера и сои прирост урожая культур в протеиновых кормовых единицах в среднем за 10-летний период составляет от 5,6 до 9,5 ц/га, или от 26 до 40%, а на фоне навоза 30 т/га + известь 3 т/га — от 7,2 до 11,9 ц/га, или от 24 до 40%.

Соя и клевер красный в севообороте улучшают плодородие почвы и заметно повышают урожай зерновых культур, в частности яровой пшеницы. Соя как предшественник для пшеницы после девятилетнего посева в звене двухполки (соя — пшеница) обеспечила повышение урожая зерна в сравнении с бессменной культурой на 9 ц/га, на фоне удобрений (навоз 30 т/га + известь 3 т/га) — на 11,9 ц/га. А в севообороте с четырьмя и пятью полями бобовых культур прирост урожая пшеницы по

Таблица 45. Азотфиксирующая способность сои и обогащение почвы
биологическим азотом, кг/га

Вариант опыта	Использовано растениями				Поступление в почву с пожнивными и корневыми остатками	Накопление биологичес- кого азота в почве	
	в урожае сои	из воздуха		из почвы		за период опыта	ежегодно
		кг/га	% от об- щего пот- ребления				
1959—1968 гг.							
Двухполка: пшеница, соя Без удобрения	507,6	356,8	70,3	150,8	193,4	42,6	8,5
Навоз 30 т/га + известь 3 т/га	611,6	457,2		154,0	270,5	116,5	23,3
1969—1973 гг.							
Без удобрения	237,4	162,4	68,4	75,0	115,8	40,8	13,6
Навоз 30 т/га + известь 3 т/га	323,6	224,4	69,4	99,2	162,3	63,1	21,0
1959—1973 гг.							
Без удобрения	745,0	519,2	69,7	225,8	308,8	83,0	10,4
Навоз 30 т/га + известь 3 т/га	935,2	681,6		253,6	432,8	179,2	22,4

сравнению с бессменными посевами составил 8,4 и 12,6 ц/га, на фоне навоза и извести соответственно 7,7 и 13 ц/га.

Бессменный посев яровой пшеницы в условиях Приморского края ведет к значительному снижению продуктивности пашни. При монокультуре продуктивность снизилась по сравнению с севооборотом без бобовых культур в среднем на 5,4 ц/га (21,4%), а с севооборотом с бобовыми культурами — на 12,2—16,1 ц/га (57—75%).

В полевых девяти-десятипольных севооборотах, где соя и клевер занимают четыре-пять полей, из всего азота, выносимого с урожаем всеми культурами, на долю бобовых падает 60—66%, из которых 60—75% приходится на азот, фиксируемый ими на воздухе. Это положение представляется нам весьма важным и с той точки зрения, что с помощью бобовых культур (соя, клевера), высеваемых в севооборотах, сбор белка с 1 га увеличивается в 2—2,5 раза. Если при выращивании зерновых хлебов за один год гектар пашни дает около 400 кг белка, с введением в севооборот соя и клевера сбор его повышается до 800—920 кг, из них 540—625 кг за счет симбиотического азота.

В хозяйственном балансе обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом в Приморском крае на долю биологического азота приходится 23,8%, а на долю органических удобрений почти в два раза меньше.

Мы поставили перед собой задачу изучить роль симбиоза в питании соя азотом на фоне высокой обеспеченности растений минеральным азотом и фосфором. Постановкой экспериментов намечалось установить, способна ли соя в процессе онтогенеза обойтись без развития на ее корнях клубеньков, а следовательно, без биологического азота, используя его только из почвы и минеральных удобрений. Некоторые исследователи считают возможным выращивать хорошие урожаи соя только на техническом азоте без участия клубеньковых бактерий.

В течение 5 лет (1970—1974) мы проводили вегетационные опыты на лугово-бурой оподзоленной почве с обязательным учетом надземной массы и корневой системы, а также клубеньков по основным фазам развития растений соя Приморская 529. Для опытов использовали сосуды емкостью 5 кг сухой почвы. После появления всходов в сосудах оставляли по 4 растения. В качестве минеральных удобрений применяли аммиачную селитру, двойной суперфосфат и 40%-ную калийную соль в дозах по 0,6 г д. в. каждого вида на сосуд.

Полученные материалы научных экспериментов позволяют нам сделать следующие выводы.

Оптимальные дозы фосфорно-калийных удобрений резко усиливают симбиотический процесс, в результате которого идет энергичное образование клубеньков на корнях сои и фиксация свободного азота воздуха. Урожай основной продукции повышается в 5 раз, а потребление азота более чем в 14 раз в сравнении с контролем.

Азотные удобрения, даже совместно с фосфорно-калийными, подавляют симбиотический процесс, и чем выше доза, тем сильнее это действие проявляется. На первоначальных стадиях развития, включая фазу цветения, клубеньков на корнях сои не образуется, но в последующих фазах симбиоз восстанавливается, и на корнях сои образуются клубеньки. На фоне высоких доз азотных удобрений, особенно в фазу налива зерна, образуется значительное количество клубеньков.

Способность растения сои восстанавливать симбиоз с клубеньковыми бактериями, даже при внесении высоких доз азотных удобрений, мы относим за счет биологической особенности этой культуры. Она, как мы полагаем, состоит в том, что образование и формирование репродуктивной части урожая (бобы, зерно) должны проходить с обязательным участием биологического азота. Чем больше его участвует в этом процессе, тем выше урожай зерна. Поэтому нецелесообразно «принуждать» растения сои питаться только минеральным азотом, это противоречит биологическим свойствам сои. Наоборот, следует создавать благоприятные условия для того, чтобы процесс симбиоза и фиксация свободного азота воздуха проходили на самом высоком уровне, и за счет наиболее дешевого азота значительно увеличить сбор белка с 1 га посева сои.

Азотные удобрения в оптимальных дозах, вносимые на фоне фосфорно-калийных удобрений, хотя и ослабляют темп образования клубеньков на первых фазах развития, они оказывают положительное действие на урожайность зерна сои. Высокие дозы их на этом же фоне (1 кг.) способствуют значительному повышению урожая вегетативной массы (побочной продукции), но в ущерб основной продукции — урожаю зерна.

ВЛИЯНИЕ СЕВОБОРОТА И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ СОИ

В зоне муссонного климата Приморского края правильные севообороты имеют неопценное значение в борьбе с сорной растительностью, болезнями и вредителями культурных растений, с эрозией почвы, а также выполняют другие санитарные функции. Соя вне севооборота немыслима. Она не выдерживает конкуренции с местными сорняками (поскушей, мышеем, ку-

риным просом, щерицей, осотом), страдает от одностороннего использования питательных элементов и накопления менее полезных, что приводит к большому недобору урожая бобов.

В правильном севообороте соя хорошо чередуется с многолетними кормовыми травами (бобово-злаковыми), которые оставляют после себя в почве много рыхлосвязанных органических веществ и растворимых минеральных элементов. Соя, обладая высокой усвояющей способностью, в симбиозе с клубеньковыми бактериями активно использует эти элементы пищи и создает высокий урожай зерна. Хорошо чередуется соя с ранними зерновыми культурами, которые оставляют после себя поля, сравнительно чистые от многолетних корнеотпрысковых и поздних однолетних сорняков, а также со значительным запасом продуктивной влаги. Соя в свою очередь обогащает почву биологическим азотом, который используется для питания злаковых культур.

Одним из лучших предшественников для сои в условиях края являются однолетние травы (горох+овес, соя+пайза и др.), идущие в полях интенсивного плодородия, где после уборки культур почва удобряется органическими удобрениями, известкуется и фосфоритуется, если она очень бедна подвижным фосфором.

При правильной агротехнике на хорошо окультуренных почвах с высоким эффективным плодородием в севообороте получают урожай культур, а тем более сои, выше, чем при бесменном возделывании их. В этом направлении в Приморском НИИРСХ проведены большие экспериментальные работы.

В отделе земледелия института (Ф. Д. Чухно, 1976) многие годы изучаются бесменные посевы наиболее важных культур, в том числе и сои, в сравнении с посевами в севообороте с применением удобрений и без них (табл. 46). При бесменном посеве урожай сои резко снижается. Применение одних минеральных фосфорно-калийных удобрений не устраняет отрицательного влияния монокультуры. И в этом случае получается недобор урожая зерна сои. При внесении навоза в дозе 20 т/га через каждые 3—4 года и ежегодном внесении минеральных фосфорно-калийных удобрений отрицательное влияние монокультуры почти устраняется.

Однако следует отметить, что качество зерна по абсолютному весу, повреждению вредителями и болезнями и другим показателям биометрического анализа получается пониженным. Кроме того, почва засоряется многолетними сорняками, вредителями.

Результаты, полученные нами в полевом девятипольном се-

Таблица 46. Урожай сои в севообороте и бессменных посевах с применением удобрений, ц/га

Вариант опыта	1974	1975	1976	Снижение урожая за 3 года	
				ц/га	%
Соя — в севообороте по пшенице	14,3	7,1	12,1	—	—
Соя — бессменная без удобрений	11,3	5,1	6,5	3,6	32,1
Соя — бессменная + P ₄₅ K ₃₀	11,5	6,5	10,8	1,6	14,3
Соя — бессменная + навоз 20 т/га + P ₄₅ K ₃₀	10,0	8,8	14,6	0,1	0,9

вообороте агрохимического стационара за три ротации (27 лет), показали, что под влиянием правильного чередования культур и высокой агротехники наблюдается динамический рост урожайности всех сельскохозяйственных культур. В течение всего периода суммарный урожай культур за каждую ротацию значительно увеличился. Так, в среднем по двум полям агрохимического стационара за период от первой до третьей ротации севооборота, то есть за 18 лет, урожай культур увеличился на 94,8 ц/га корм. ед., или на 86,1%. Это достаточно высокий прирост для контрольного варианта опыта (без удобрений), полученный в этом же агрохимическом стационаре. Хотя во втором и восьмом поле севооборота урожай сои во второй ротации оказался несколько выше, чем в третьей, тем не менее закономер-

Таблица 47. Влияние севооборота на урожай сои Приморская 529 на неудобренном фоне

Поле агрохимического стационара	Ротация девятипольного севооборота			Рост урожая от 1-й до 3-й ротации	
	1-я	2-я	3-я	ц/га	%
2-е	8,8	13,0	10,7	1,9	21,6
3-е	8,7	12,3	14,9	6,2	71,3
8-е	10,9	17,1	15,5	4,6	42,2
Среднее по трем полям	9,5	14,1	13,7	4,2	44,2

ность роста от первой к третьей ротации сохраняется (табл. 47). Снижение урожая сои в третьей ротации объясняется тем, что здесь было больше лет с плохими погодными условиями.

За счет каких же элементов агротехники обеспечивается прогрессивный рост урожайности всех культур севооборота, и в частности сои, на контрольном варианте? Следует заметить, что девятипольный севооборот освоен в самый короткий срок (3—4 года) и чередование культур в течение двух ротаций выдерживалось безупречно. Мощность пахотного слоя с 15—16 см доведена до 22—24 см. В первой и во второй ротации во всех полях севооборота многолетние травы (клевер + тимофеевка) были двухлетнего пользования. рожай сена трав на контрольном варианте в среднем колебался от 50 до 70 ц/га. При таком травостое отава, корневые и пожнивные остатки запахивались в почву до 25—40 т/га. Система основной и предпосевной обработки почвы под все культуры осуществлялась согласно агротехническим правилам, разработанным Приморским НИИСХ.

Выполнение изложенного комплекса агротехнических приемов обеспечивает в течение 2—3 ротаций непрерывный рост урожайности всех сельскохозяйственных культур. При этом урожайность сои от первой до третьей ротации включительно повышается в зависимости от условий лет в ротации от 1,9 до 6,2 ц/га, или от 21,6 до 71,3%.

В последующие четвертую и пятую ротации заметного прироста урожая сои и других культур может и не быть, так как баланс питательных элементов в почве может достичь отрицательного значения (вынос с урожаем превосходит поступление их с семенами, осадками и пожнивными и корневыми остатками). Дальнейший рост урожайности должен осуществляться за счет применения удобрений, известкования и других элементов системы земледелия, обеспечивающих окультуривание почвы.

Как известно, в условиях Приморского края самый высокий урожай сои и других сельскохозяйственных культур с одного гектара севооборотной площади получается при сочетании органических и минеральных удобрений, а на кислых почвах и известкования. Органические удобрения и известь вносятся обычно в начале ротации севооборота в занятых удобренных парах (полях интенсивного плодородия) под пропашные культуры, идущие в начале ротации. Эти виды удобрений применяются в качестве коренной заправки почвы один или два раза за ротацию севооборота, в зависимости от системы ротации, специализации и удельного веса высокопотребительных к условиям почвенного питания культур. Минеральные удобрения применяются на фоне основной заправки почвы органическими удобрениями и известью.

Следует особенно подчеркнуть, что обогащение пахотного слоя почвы органическим веществом путем внесения навоза,

торфокомпостов или заправки зеленого удобрения, а также за счет накопления корневых и пожнивных остатков имеет первостепенное значение для непрерывного нарастания урожаев всех культур севооборота.

Таблица 48. Влияние комплекса удобрений на урожай сои и других сельскохозяйственных культур в девятипольном севообороте за три ротации (27 лет), %

Культура	Без удобрения	Навоз 40 т/га + известь 1 г. к. + + NPK
Яровая пшеница	100	151,2
Овес	100	178,6
Кукуруза (зерно)	100	164,3
Соя	100	134,0
Многолетние травы (сено)	100	149,2

Примечание. За три ротации девятипольного севооборота внесено 100 т/га навоза, 11,6 т/га извести (CaCO_3), минеральных удобрений в комплексном варианте $\text{N}_{230}\text{P}_{190}\text{K}_{250}$.

Комплекс удобрений, состоящий из навоза, извести и полного минерального удобрения, в течение трех ротаций девятипольного севооборота (27 лет) дает ежегодный прирост урожая в сравнении с контролем 72 корм. ед., или 55%. Самая сильная реакция на лугово-бурых оподзоленных почвах проявляется у зерновых культур — овса, яровой пшеницы и кукурузы, затем у многолетних кормовых трав и у сои. Менее высокий процент прироста урожая сои от применения удобрений в севообороте получается потому, что соя занимает 2—3 поля и высевается четвертой и шестой или четвертой, седьмой и девятой культурой. Поэтому она использует только последствие навоза и извести на четвертый и шестой или на четвертый, седьмой и девятый год после их внесения. Соя использует прямое действие только минеральных удобрений.

Как за 27 лет, так и за последние 5 лет по 12 полям максимальный урожай сои получен по последствию комплексной системы удобрения, где сочетается навоз, известь и полное минеральное удобрение. В этих полях севооборота за три ротации внесено 120 т/га навоза, 12,5 т/га извести и $\text{N}_{340}\text{P}_{520}\text{K}_{340}$. На фоне навозно-известковой системы повышается эффективность минеральных удобрений, особенно на культурах, высеваемых в первые годы после внесения навоза и извести (кукуруза + соя, пшеница, многолетние травы). Полезно подсеивать травы под ту покровную культуру, которая близко располагается к месту внесения извести и органических удобрений.

Таблица 49. Влияние различных систем удобрения на урожай сои

Система удобрений	Средний урожай соя за 3 ротации по 9 по- лям (за 27 лет)	Прибавка уро- жая зерна		Средний урожай сои за последние 5 лет по 12 полям	Прибавка урожая зерна	
		ц/га	%		ц/га	%
Без удобрения	11,1	—	—	13,1	—	—
Навоз в пару	13,2	2,1	19,0	16,2	3,1	23,7
Навоз + известь в пару	14,9	3,8	34,3	17,9	4,9	36,7
Навоз + известь + NPK	15,5	4,4	39,7	18,4	5,3	40,5
NPK	14,3	3,2	28,9	17,2	4,1	31,3
Известь в пару	13,4	2,3	20,8	—	—	—

Навозная и известковая системы по своей эффективности на кислых и среднекислых лугово-бурых оподзоленных почвах близки. Чем выше степень кислотности почвы, тем эффективнее известкование, действие органических и минеральных удобрений. От действия и последствия полного минерального удобрения при внесении его в дозах $N_{340}P_{520}K_{340}$ за ротацию севооборота получается устойчивый прирост урожая зерна сои — 3,2—4,1 ц/га (28,9—31,3%).

В связи со специализацией и концентрацией отдельных отраслей сельского хозяйства изменились и продолжают изменяться системы севооборотов и схемы чередования культур, а стало быть, и удельный вес отдельных культур, в том числе и сои. Площади посева этой культуры могут меняться не только в зависимости от направления хозяйства, но и в пределах одного совхоза и колхоза.

В совхозах зерно-соево-молочного направления вводятся и осваиваются девяти-десятипольные, восьми-шестипольные севообороты. В первых двух севооборотах с длинной ротацией соя занимает три поля, или 33%, в восьмипольном — два поля, или 25%, и в шестипольном — одно поле, или 16%. Размещение сои по предшественникам в хозяйствах этого направления можно показать на примере девятипольного севооборота: занятый удобрением пар (однолетние травы), соя, пшеница, кукуруза + соя, ячмень + клевер, клевер 1-го года пользования, соя, ячмень — овес, соя. При хорошей заправке почвы органическими удобрениями, известью и фосфоритной мукой в занятом пару первой культурой можно высевать кукурузу с соей, второй — пшеницу, а третьей — сою. В восьмипольном севообороте соя размещается по предшественникам — клеверному сидерально-занятому пару или пласту трав и зерновым, в шестиполь-

ном — по клеверному сидерально-занятому пару или пласту многолетних трав.

В совхозах молочно-свиноводческого направления (системы «Свинопром») осваиваются восьми-семи-шестипольные севообороты, насыщенные зернофуражными, кормовыми культурами и соей. В этих севооборотах соя занимает от 33 до 14% площади посева. Здесь основными предшественниками ее являются клеверные сидерально-занятые удобренные пары или пласт многолетних трав и зерновые культуры.

В совхозах скотооткормочного направления (системы «Скотпром») вводятся и осваиваются такие же севообороты с большим насыщением в них кормовых и зернофуражных культур. Соя в них занимает самый малый удельный вес — 16—12%. В редких хозяйствах площадь посева ее может быть доведена до 25%. И в этих хозяйствах основным предшественником сои является пласт многолетних трав или клеверный сидерально-занятый пар.

В совхозах овоще-картофельно-молочного направления (системы «Овощепром») вводятся и осваиваются две системы севооборотов. На пойменных, плодородных землях размещаются картофельные или овоще-картофельные севообороты с полным насыщением их картофелем и овощными культурами. Однако в этих севооборотах по агротехническим и экономическим соображениям могут высеваться кормовые (клевер в занятом пару), кукуруза с соей на силос и зернофуражные культуры (ячмень — овес с подсевом клевера). В интересах более рационального использования высокоплодородных земель в овоще-картофельных севооборотах соя не высевается.

В крупных хозяйствах на остальной площади пашни (увально-холмистые территории с маломощными лугово-бурыми оподзоленными, буро-подзолистыми почвами) осваиваются девяти-восьмипольные и другие севообороты. В них посевы сои могут занимать от 33 до 16% и размещаться по аналогичным предшественникам.

Так как в севооборотах соя высевается по строго определенным, наилучшим для нее предшественникам, то размещение удобрений, дозы, сроки и способы их внесения можно показать на примере девятипольного полевого севооборота со следующим чередованием культур: пар занятый удобренный (овес+горох—вика, соя+пайза), кукуруза+соя на силос, пшеница — ячмень, соя, ячмень+клевер, клеверный сидерально-занятый пар, соя, пшеница — овес, соя.

В девятипольном севообороте обогащение почвы органическими удобрениями осуществляется дважды за ротацию: в за-

нятом удобренном пару в начале ротации и в клеверном сидерально-занятом пару в середине ротации — в 6-м поле.

Навоз полуперепревший в оптимальной дозе (40 т/га) вносится в занятый пару после уборки парозанимающей культуры. Если в пару высевается однолетняя смесь ранних культур (овес + горох, овес + вика), то навоз вносится в июне или июле под глубокую вспашку плугами без предплужников.

При посеве поздних парозанимающих культур (соя с пайзой, кукурузы с соей на зеленый корм) навоз или торфокомпосты вносятся в допосевной период и заделываются в почву вспашкой плугами на глубину 16—18 см.

Сидерация из отавы клевера, отросшей после первого укоса на сено или силос, запахивается в зависимости от темпов нарастания зеленой массы, но не позднее второй декады сентября. Запашку отавы нужно вести на полную глубину пахотного слоя с хорошо отточенными дисками.

В девятипольном севообороте за одну ротацию почва дважды заправляется органическими удобрениями, всего 60 т га. При такой дозе на 1 га севооборотной площади в среднем за ротацию вносится 6,7 т.

Таблица 50. Схема системы удобрения сои и других культур в девятипольном севообороте

Культура	Навоз, т/га	Из- весть, т/га	Минеральные удобрения, кг/га					
			основное			припосевное		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	подкормка K ₂ O

Пар занятый удобренный
(поле интенсивного плодородия)

Кукуруза + соя	40	6—8	40	60	30	—	—	—	—	—
Пшеница	—	—	45	60	45	5	20	10—20	20—30	15
Соя	—	—	45	60	45	—	15	—	—	—
Ячмень + клевер	—	—	40	70	45	—	20	20	30	—
Клеверный сидерально-занятый пар	—	—	45	55	45	—	15	—	—	—
Соя	20	—	—	—	—	—	—	20	30	—
Ячмень — овес	—	—	40	70	40	—	20	—	—	—
Соя	—	—	40	50	40	—	10	—	—	—
Соя	—	—	40	70	45	—	20	20	30	—

В лугово-бурой оподзоленной почве, находящейся под посевом сельскохозяйственных культур, за девятилетний период теряется органического вещества (перегноя) на 4,43 т больше, чем образуется его из поступающих в почву органических остатков. Для устранения такого дефицита перегноя за ротацию

требуется внести 50—60 т навоза или других органических удобрений, равноценных ему. Потеря почвой перегноя ведет к снижению плодородия и урожаев возделываемых культур.

Из вносимых в почву органических удобрений в количестве 60 т/га в процессе гумификации образуется около 6 т перегноя, за счет которого не только покрывается создавшийся в почве дефицит, но и создается накопление его.

Следовательно, установленная норма внесения органических удобрений в 5—6 т/га севооборотной площади (пашни в обороте) является научно обоснованной и фактически минимальной для постепенного роста плодородия почв Приморья.

Известкование почвы применяется в полях интенсивного плодородия в зависимости от гидролитической кислотности, механического состава и обменной кислотности. Наиболее сильное и продолжительное действие оказывает известь, внесенная в один прием в полной дозе. Можно допускать и дробное внесение в два приема за ротацию севооборота при высоких дозах извести. Лучше всего вносить известь в паровое поле.

Известь, внесенная в поле интенсивного плодородия и клеверный сидерально-занятый пар до посева сои, хорошо прореагирует с почвой. В результате в почве создаются благоприятные условия для роста, развития и симбиотической деятельности культуры. В паровых полях представляется возможность вносить известковые удобрения в течение всего весенне-летнего и осеннего периода.

В клеверном сидерально-занятом пару известь можно вносить в течение всего ранневесеннего периода до массового отрастания розеток клевера. После уборки первого укоса также остается много времени, в течение которого можно с успехом вносить известковые удобрения.

Минеральные удобрения в севообороте применяются в оптимальных дозах и соотношении, установленных для ранних культур, в том числе и сои, научно-исследовательскими учреждениями в итоге долголетнего изучения в местных условиях. Что касается сои, то дозы полного минерального удобрения дифференцируются в зависимости от предшественников.

По клеверному сидерально-занятому пару минеральные удобрения вносятся в меньшей дозе ($N_{40}P_{90}K_{40}$) и распределяются они несколько иначе, чем при размещении сои по зерновым предшественникам. Здесь в качестве основного вносятся $N_{40}P_{40}$ и припосевное фосфорное удобрение (двойной суперфосфат) в дозе 20 кг/га P_2O_5 . На фоне сидерации, а также других органических удобрений, если соя высевается по занятому удобренному пару, подкормка не вносится.

По зерновым предшественникам (пшеница, ячмень — овес) применяется повышенная доза удобрений ($N_{60}P_{120}K_{45}$) вследствие того, что после этих культур поля остаются с меньшим запасом остаточных питательных элементов, а последствие органического удобрения заметно ослаблено. Поэтому в этих полях под сою вносится основное удобрение в дозе $N_{40}P_{70}K_{45}$, рядковое в форме двойного суперфосфата или аммофоса в дозе 20 кг/га P_2O_5 и подкормка растений в фазу начала цветения из азотно-фосфорных в дозе $N_{20}P_{30}$ кг/га д. в. Если при появлении в посевах сои большого количества сорняков борьба с ними с помощью обработок не дает нужного результата, от подкормки нужно отказаться. Такое состояние посевов наблюдается в годы с частыми дождями и сильным увлажнением почвы в первую половину лета. Сроки обработок при этом не выдерживаются, сорняки быстро растут. Подкормка в таких условиях для сои вредна.

В восьмипольном севообороте соя высевается в двух полях, где предшественниками являются клеверный сидерально-занятый пар или пласт многолетних кормовых трав (клевер с тимopheевкой) и яровые зерновые культуры.

По первому предшественнику дозы минеральных удобрений применяются те же, что и в девятипольном севообороте ($N_{40}P_{90}K_{40}$), из которых в качестве основного $N_{40}P_{70}K_{40}$ и в рядки P_{20} кг/га P_2O_5 . По зерновым предшественникам вносится доза $N_{60}P_{120}K_{45}$. Поскольку в этом севообороте после зерновых соя высевается третьей культурой, дозу азотных удобрений можно уменьшить до 45—50 кг и фосфорных — до 90—100 кг/га д. в.

Органические удобрения и известь вносятся в полях интенсивного плодородия в тех же дозах, что и в девятипольном севообороте. Для шести- и пятипольных севооборотов, если в них введены занятые удобренные и клеверные сидерально-занятые пары, дозу органических удобрений, вносимых в занятый пар, можно снизить до 30 т/га. Доза известкового удобрения та же, что и в девятипольном севообороте. В шести- и пятипольных севооборотах соя занимает одно поле и высевается по клеверному сидерально-занятому пару или по пласту многолетних трав. При посеве сои по сидерации применяются минеральные удобрения в дозе $N_{40}P_{90}K_{40}$. В случае посева ее по пласту многолетних трав дозу азотных удобрений следует увеличить до 45—60 кг/га и фосфорных до 100—120 кг/га д. в.

Определение оптимальных доз минеральных удобрений под планируемый урожай является наиболее сложным вопросом современной агрономической науки и практики химизации.

Здесь находит отражение не только вся сложность взаимоотношений между растениями, удобрениями, почвой, агротехническими условиями эффективности удобрений, климатом, но и экономическая эффективность различных доз. При планировании урожая в сельском хозяйстве принимаются в расчет колебания урожайности, обусловленные ежегодными изменениями погодных условий.

Для сои в условиях Приморского края и Дальнего Востока лимитирующим фактором является теплообеспеченность. Существенное влияние на высоту урожая этой культуры в зоне оказывает также летне-осеннее избыточное увлажнение почвы вследствие крайне неравномерного распределения осадков в течение года.

За вегетационный период в среднем по Приморскому краю накапливается активных температур (выше 10°C) более 2600°, в том числе за период вегетации сои более 2300°, что позволяет возделывать сою во всех районах края. Однако в отдельные годы из-за ранних осенних заморозков или пониженных температур в критический период (цветение — бобообразование) соя дает пониженный урожай товарного зерна. По многолетним метеорологическим наблюдениям (1975) по теплообеспеченности и летне-осеннему избыточному увлажнению почвы, недобор урожая сои колеблется от 10 до 20%, или 2—4 года из 10 лет (табл. 51).

Таблица 51. Колебания урожая сои Приморская 529 в агрохимическом стационаре в связи с погодными условиями и фоном удобрений (1946—1975 гг.), ц/га

Группа по урожаю	Количество лет	Без удобрения		По комплексному удобрению (навоз + известь + NPK)	
		средний	колебания	средний	колебания
Высокая	15	14,6	11,5—19,2	19,1	14,3—22,6
Средняя	8	10,3	9,3—12,4	12,8	11,1—15,1
Низкая	7	7,2	6,9—8,7	10,4	10,3—13,5
За весь период исследований	30	11,7	6,9—19,2	15,3	10,3—22,6

Высевая сою в предусмотренных полях севооборота и выдерживая агротехнику во всех районах края, можно получить урожай в среднем 11,7 ц/га, а на фоне комплексной системы удобрения 15,3 ц/га. В группе высокого урожая в 11 лет из

15 (73%) на удобренном фоне средний урожай сои составляет 20,1 ц/га и в 4 года (27%) — 16 ц/га. Исходя из этих данных, можно уверенно планировать урожай сои в 10 ц/га на контроле и 15—20 ц/га на фоне комплексной системы удобрений в севообороте.

Сложность излагаемого вопроса обусловила появление значительного числа методов определения доз удобрений. Принципиально эти методы могут быть объединены в три группы: расчет по непосредственным результатам полевых опытов, балансовые расчетные методы, математические методы с применением ЭВМ.

Методы, объединяемые в первых двух группах, наиболее доступны в современных условиях интенсификации сельского хозяйства. Для Приморского края, где почвы характеризуются низким содержанием подвижных элементов питания, особенно фосфора, лучшим является метод элементарного балансового расчета. Для определения доз удобрений на планируемый урожай, в том числе и сои, балансовым расчетным методом необходимо иметь следующие исходные показатели, полученные в конкретных полевых условиях: общая потребность культуры в питательных элементах, которая зависит от величины урожая и условий выращивания растений; обеспеченность почвы подвижными элементами питания (агрохимические картограммы) и коэффициенты их использования этой культурой; коэффициенты использования питательных элементов из минеральных и органических удобрений.

По результатам наших исследований, общая потребность сои Приморская 529 на лугово-бурой оподзоленной почве Приморского НИИСХ выражается следующими показателями: на создание 1 т/га зерна и соответствующего количества побочной продукции соя потребляет 78 кг азота (или 54 кг фиксированного из воздуха), 15,4 кг фосфора, 35 кг калия.

Для практического расчета мы возьмем 2-е поле агрохимического стационара, третью ротацию девятипольного севооборота (1966—1974). За эту ротацию соя высевалась в 1969, 1972 и 1974 гг., где средний урожай получен 10,7 ц/га. По агрохимическим анализам почвы за вегетационный период (по 10 определениям в год) в пахотном слое содержалось легкодоступного азота 16 мг/кг почвы, P_2O_5 (по Кирсанову) 14 мг и K_2O (по Масловой) 170 мг/кг почвы. Если принять, что вес пахотного слоя лугово-бурой почвы стационара на 1 га равен 2,6 млн. кг, то в этой почве в подвижных формах содержится: N — 41,6 кг/га ($16 \times 2,6$), P_2O_5 — 36,4 кг/га ($14,0 \times 2,6$), K_2O — 442 кг/га ($170 \times 2,6$).

Соя в варианте без удобрения при урожае 10,7 ц/га усвоила 82 кг/га азота (в том числе из почвы 25 кг/га), 16,5 кг P_2O_5 и 36,4 кг K_2O . Следовательно, коэффициенты использования питательных элементов из почвы в этом случае составляют: по N— $25 \times 100 : 41,6 = 60\%$; по P_2O_5 — $16 \times 100 : 36,4 = 45\%$; по K_2O — $37 \times 100 : 442 = 8\%$.

Содержание подвижных питательных элементов в пахотном слое под посевом сои может колебаться в больших пределах в зависимости от года, погодных условий, предшественников и удобрений. Так, например, азота от 40 до 160 кг/га, P_2O_5 от 35 до 80 кг и K_2O от 300 до 600 кг/га. Поэтому и коэффициенты использования могут быть различны. На лугово-бурых оподзоленных почвах для сои, высеваемой в трех полях девятипольного севооборота по своим предшественникам, коэффициенты использования питательных элементов из почвы в среднем получаются следующие: по азоту — 20%, по фосфору (P_2O_5) — 25% и по калию (K_2O) 5—8%.

По многолетним исследованиям в агрохимическом стационаре и в других длительных и краткосрочных опытах с удобрениями нами определены коэффициенты использования питательных элементов соей.

Из навоза 40 т/га за полную ротацию севооборота восемью культурами используется 81% азота, 64% P_2O_5 и 67% K_2O . Коэффициент использования у сои, высеваемой четвертой культурой после пара по предшественнику яровой пшенице, составляет 10,8%, высеваемой седьмой культурой по клеверному сидерально-занятому пару — 4,5% и девятой культурой после зерновых — 2,8%.

Из клеверной отавной сидерации за четырехлетний срок действия из содержащихся в запаханной зеленой массе элементов культурами используется 40% азота, 54%, P_2O_5 и 88% K_2O . У сои, высеваемой по клеверной сидерации первой культурой, коэффициент использования 28%, четвертой культурой — 8%, а если она высевается третьей — 2%.

Коэффициенты использования элементов питания из минеральных удобрений колеблются в значительных пределах в зависимости от доз и способов их внесения в почву. При внесении оптимальных доз полного минерального удобрения ($N_{33-60} P_{60-120} K_{60}$) коэффициент использования соей (первой культурой) составляет: 35% азота, 8% P_2O_5 и 25% K_2O при соотношении 1:2:1; 1:3:1; 2:4:1. В трехпольном звене при чередовании соя, пшеница, соя из доз удобрений за 3 года выносятся 46% азота, 20% P_2O_5 и 42% K_2O . Эти коэффициенты получены при внесении удобрений под вспашку зяби или весной под

корпусное лушение на глубину 10—12 см. При внесении оптимальных доз NPK положительное действие их проявляется как минимум на трех культурах. При разбросном внесении используется 34 азота, 10% P_2O_5 и 64% K_2O , а при локально-ленточном внесении на глубину 15—17 см — 70% азота, 17% P_2O_5 и 99% K_2O . При локально-ленточном внесении увеличивается коэффициент использования азота на 36%, P_2O_5 на 10% и K_2O на 35%.

По многочисленным полевым опытам, за 3 года действия и последствия (в трехпольном звене), если общий вынос принять за 100% го первой культурой используется питательных элементов (N, P_2O_5 , K_2O) 56%, второй 28% и третьей культурой 16%.

Располагая полученными в наших опытах коэффициентами использования питательных элементов соей из почвы, навоза, клеверной сидерации и минеральных удобрений, можно построить любую схему системы удобрения в севообороте для получения планируемого урожая (табл. 52). По подобной схеме составляется система удобрения для сои, высеваемой восьмой культурой после внесения навоза и третьей после заделки клеверной сидерации по предшественнику зерновых культур (ячмень, овес). Здесь коэффициент использования питательных элементов из навоза составляет 2,8%, из сидерации 12%. В сумме из органических удобрений в этом поле соя использует 18 кг/га азота, 7 кг P_2O_5 и 16 кг K_2O . Учитывая коэффициенты использования питательных элементов, получаем, что при посеве сои восьмой культурой в севообороте на планируемый урожай 15 ц/га необходимо внести минеральных удобрений: 63 кг/га азота, 225 кг/га P_2O_5 и 104 кг/га K_2O , а на урожай 20 ц/га соответственно 90, 288 и 120 кг/га.

Чем ниже обеспеченность почвы подвижным фосфором, тем выше коэффициент использования растениями сои фосфора и других элементов. Так, в опыте на лугово-бурой оподзоленной почве с очень низкой обеспеченностью фосфором из удобрений соя использовала 69% азота, 18% P_2O_5 и 168% K_2O , а на той же почве, но с средней обеспеченностью подвижным фосфором, 40% азота, 7% P_2O_5 и 68% K_2O . Эту закономерность следует учитывать при расчетах потребности минеральных удобрений на планируемый урожай.

Следует напомнить также, что при разработке системы удобрения и доз органических и минеральных удобрений необходимо учитывать весь комплекс системы земледелия агротехнических мероприятий, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев сои в конкретных условиях каждого хо-

Таблица 52. Схема системы удобрения под планируемый урожай сои
в девятипольном севообороте

Показатель	15 ц/га			20 ц/га			15 ц/га			20 ц/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Соя, высеваемая третьей культурой после внесения навоза Соя, высеваемая шестой культурой после внесения навоза и первой по клеверной сидерации												
Известкование кислой почвы, 7 т/га CaCO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Вынос питательных элемен- тов с урожаем, кг/га	130	30	60	180	40	70	130	30	60	180	40	70
Содержание питательных элементов в почве, мг/100г почвы	3,0	1,5	12	3	1,5	12	3,5	1,5	15	3,5	1,5	15
Наличие доступных п.э. в почве на кг/га	78	39	312	78	39	312	91	52	390	91	52	390
Коэффициент использования п.э. из почвы, %	20	25	6	20	25	6	20	25	6	20	25	6
Использование п.э. из почвы, кг/га	15,6	9,8	18,7	15,6	9,8	18,7	18,2	9	23,4	18,2	9	23,4
Внесено доступных п.э. в 40 т навоза, кг/га	163	51	161	163	51	161	163	51	161	163	51	163
Использование п.э. из на- воза, %	—	10,8	—	—	10,8	—	—	4,5	—	4,5	—	—
Использование п.э. из наво- за, кг/га	18	5	17	18	5	17	7	2	5	7	2	5
Внесено доступных п.э. в 18 т/га клеверной сидерации, 8 кг/га	—	—	—	—	—	—	68	29	63	68	29	63
Используется п.э. из сиде- рации соей, %	—	—	—	—	—	—	—	27	—	—	27	—
Используется п.э. из сиде- рации соей, кг/га	—	—	—	—	—	—	18	8	17	18	8	17

Использование соев биологического азота (70% от общего выноса), кг/га

90 — — 126 — — 78 — — 108 — —

Требуется внести п. э. с минеральными удобрениями, кг/га

6,4 15,2 24,3 20,4 25,2 34,3 8,8 11 12,6 28,8 21,0 22,6

Коэффициент использования п. э. из минеральных удобрений, %

35 8 25 35 8 25 35 8 25 35 8 25

при основном внесении при внесении в рядки двойного суперфосфата

— 42 — — 42 — — 42 — — 42 —

Необходимо внести п. э. под планируемый урожай с учетом процента использования, кг/га

в рядки двойной суперфосфат

— 7 — — 7 — — 6 — — 6 —

основное

18 106 97 58 216 137 25 63 50,4 82 188 90,4

Содержание п. э. в минеральных удобрениях, %

34 45 40 34 45 40 34 45 40 34 45 34

Необходимо внести минеральных удобрений в туках (аммиачной селитры, двойного суперфосфата, 40%-ной калийной соли), ц/га

0,53 2,29 2,42 1,70 4,80 3,42 0,80 1,40 1,26 2,40 4,20 2,26

Примечание. п. э. — питательные элементы.

зяйства. Только в тех хозяйствах можно рассчитывать на успех в получении планируемого высокого урожая сои, где создана высокая культура земледелия: введены и освоены правильные севообороты, систематически вносятся навоз и торфокомпосты (5—6 т/га), проводится известкование оптимальными дозами CaCO_3 , запахивается клеверная отавная сидерация в полях интенсивного плодородия (занятых парах), мощность пахотного слоя доведена до 22—24 см, почва обогащается фосфоритной мукой и наиболее эффективно, с учетом последних достижений науки и практики, применяются минеральные удобрения, а выращивание сои проводится при безупречном соблюдении передовой агротехники, разработанной применительно к местным природным условиям.

Расчет потребности сои в минеральных удобрениях на планируемый урожай в правильном севообороте по приведенной схеме системы удобрения можно сделать для каждого поля. При этом нужно использовать результаты анализа почвы на содержание подвижных питательных элементов, чтобы определить, какое количество их соя может вынести из почвы. Следует иметь в виду также, по какому предшественнику и какой культурой после внесения навоза или заправки клеверного зеленого удобрения высевается соя.

С помощью коэффициентов использования питательных элементов из почвы и удобрений можно относительно легко и быстро провести все расчеты.

В тех совхозах и колхозах, где освоены севообороты и систематически применяются органические удобрения и известкование почвы, а содержание питательных элементов в лугово-бурой оподзоленной и буро-подзолистой почве близкое к нашим показателям, можно расчеты упростить.

Потребность сои в минеральных удобрениях можно рассчитывать на единицу планируемого урожая в килограммах действующего вещества (табл. 53). Пользуясь этой таблицей, можно легко рассчитать дозу минеральных удобрений для получения планируемого урожая. Причем, при планировании урожая в пределах от 10 до 15 ц/га следует брать дозы, рассчитанные на получение 15 ц/га, а от 16 до 20 ц/га — на получение 20 ц/га.

Для наглядности приведем два примера. В севообороте соя высевается третьей культурой после внесения навоза 40 т/га, где мы планируем получить урожай ее в количестве 18 ц/га. Для получения такого урожая необходимо внести в почву 52,2 кг/га ($2,9 \times 18$) азота, 201,6 кг P_2O_5 ($11,2 \times 18$) и 109,8 кг/га K_2O ($6,1 \times 18$), или в туках 1,5 ц аммиачной селитры, 4,5 ц двойного суперфосфата и 2,75 ц/га 40%-ной калийной соли.

Таблица 53. Потребность в минеральных удобрениях на планируемый урожай соя в правильном севообороте на 1 ц зерна кг/га

Предшественники	Очередность посевов сои	15 ц/га			20 ц/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерновые (пшеница)	Третья (по навозу)	1,5	7,5	6,5	2,9	11,2	6,1
Клеверный сидерально-занятый пар	Шестая (по навозу, первая по сидерации)	1,7	4,6	3,4	4,1	9,7	4,5
Зерновые (ячмень — овес)	Восьмая (по навозу), третья (по сидерации)	4,2	15,0	7,0	4,5	14,4	6,0

Если же соя высевается восьмой культурой после внесения навоза и третьей после заправки клеверной сидерации, то для получения такого же урожая (18 ц/га) потребуется внести в почву в виде основного и припосевного в количестве: 81 кг/га азота ($4,5 \times 18$), 259,2 кг/га P₂O₅ ($14,4 \times 18$) и 108 кг/га K₂O ($6,1 \times 18$), или в туках: 2,4 ц аммиачной селитры, 5,76 ц двойного суперфосфата и 2,7 ц/га 40%-ной калийной соли.

Получение заранее рассчитанных высоких урожаев — новый шаг в агрономической науке. Всесторонний учет всех агрономических и климатических факторов, определяющих уровень урожайности, исключает случайности и произвол в агрономии и позволяет подойти с научных позиций к получению высоких урожаев сои.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдонин Н. С. Подкормка растений. М., 1939.
 Авдонин Н. С. Применение гранулированного суперфосфата. М., Сельхозгиз, 1950.
 Агроклиматические ресурсы Приморского края. Л., Гидрометеоиздат, 1973.
 Агротехника полевых культур Уссурийской области. Хабаровск, Дальгиз, 1938.
 Агрохимические методы исследования почв. М., «Наука», 1975.
 Аскинази Д. Л., Гинзбург К. Е., Лебелева Л. С. Минеральные формы фосфора в почве и методы их определения. Ж. «Почвоведение», 1963, № 5.
 Афендулов К. П., Лактухова А. И. Удобрения под планируемый урожай. М., «Колос», 1973.
 Базырина Е. К., Конокотина А. Г., Ковалева В. П. Развитие клубеньков в связи с азотным питанием бобового растения. «Труды ВИСХ микробиологии за 1941—1945 гг.»
 Баранов Н. Н. Определение внутрихозяйственной (хозрасчетной) экономической эффективности удобрений. Методические указания ВИУА. Вып. 11. М., «Колос», 1965.

Баранов П. А. О программе опытов по изучению форм минеральных удобрений на 1962 год. Методические указания, по Географической сети опытов. М., 1962.

Басистый В. П., Бурлака В. В., Сысоров Н. Д. Применение известковых удобрений на переувлажненных почвах Приамурья. Хабаровск, Дальгиз, 1965.

Безуглая Ю. М. Эффективность периодического внесения различных доз фосфорных удобрений. Ж. «Агрохимия», 1966, № 11.

Беликов И. Ф. Биологические особенности. — В кн.: Соя в Приморском крае. Владивосток, 1965.

Беликов И. Ф. Вопросы биологии и возделывания сои. — В кн.: Биология и возделывание сои. Владивосток, 1971.

Беликов И. Ф. К изучению биологии сои в условиях Приморского края. Комаровские чтения. Вып. III. Владивосток, 1951.

Беликов И. Ф. Световой режим и его регулирование в посевах сои. Сб. «Биологические ресурсы Дальнего Востока». М., изд-во АН СССР, 1959.

Бериго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага. Л., Гидрометеониздат, 1973.

Булаев В. Е. Агрохимические основы и технология локального внесения удобрений. Труды ВАСХНИЛ. «Способы внесения удобрений». М., «Колос», 197.

Бурлака В. В. Биологические основы растениеводства на переувлажненных почвах Дальнего Востока. Хабаровск, 1967.

Ганжа Б. А. К вопросу о действии А-ионов и Н-ионов на растение на подзолистой почве. Ж. «Почвоведение», 1941, № 1.

Гедройц К. К. Избранные сочинения. Т. 1. М., 1955.

Гинзбург К. Е., Артамонова Л. Ф. Определение подвижных фосфатов почвы в молибдатной вытяжке. Ж. «Агрохимия», 1966, № 8.

Голубев Б. А. Кислые почвы и их улучшение. М., Госиздат, 1954.

Гилис М. Б. Рациональные способы внесения минеральных удобрений. М., «Колос», 1975.

Грицуи А. Т. Биологический азот в земледелии Приморского края. Ж. «Агрохимия», 1964, № 6.

Грицуи А. Т. Изменение плодородия почв Приморья под влиянием длительного применения удобрений. Генезис бурых лесных почв. Труды Биолого-почвенного института ДВНЦ АН СССР, Т. 10. Владивосток, 1972.

Грицуи А. Т. Локально-ленточный способ внесения удобрений под сою. «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», 1975, № 3.

Грицуи А. Т. Местное внесение минеральных удобрений под сою. Труды ДВФ им. В. Л. Комарова АН СССР. Серия растениеводческая. Т. 1. Владивосток, 1952.

Грицуи А. Т. Научные отчеты по полевым опытам отдела агрохимии и почвоведения Приморского НИИСХ (1966—1973). Уссурийск.

Грицуи А. Т. Применение гранулированного суперфосфата и органо-минеральных смесей в условиях Приморского края. Владивосток, 1954.

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

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

Грицуи А. Т. Роль бобовых культур (соя, клевера) в накоплении биологического азота и повышении плодородия почвы в условиях Дальнего Востока. Ж. «Агрохимия», 1975, № 5.

Грицуи А. Т. Система удобрения в травопольных севооборотах Примор-

ского края. «Труды ДВФ им. В. Л. Комарова АН СССР». Серия растениеводческая. Т. 1, 1952.

Грицун А. Т. Система удобрений под сою в Приморском крае. Сб. «Биология, селекция и возделывание сои». Благовещенск, 1971.

Грицун А. Т. Технология внесения минеральных удобрений под сою. Ж. «Агрохимия», 1977, № 6.

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

Грицун А. Т., Васичева А. Д. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства и плодородие лугово-бурой оподзоленной почвы Приморского края. Ж. «Агрохимия», 1971, № 6.

Грицун А. Т., Васичева А. Д. Влияние переувлажнения на динамику полуторных окислов и подвижных фосфатов в лугово-бурой оподзоленной почве Приморского края. Ж. «Агрохимия», 1971, № 3.

Грицун А. Т., Рясинская Л. М. Влияние известкования на мобилизацию подвижных форм фосфора и азота в лугово-бурых почвах Приморья. — В кн.: Биологические и медицинские исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1971.

Грицун А. Т., Рясинская Л. М. Динамика кислотности лугово-бурых оподзоленных почв при известковании. — Там же.

Грицун А. Т., Рясинская Л. М. Изменение агрохимических свойств лугово-бурой оподзоленной почвы под влиянием известкования. Генезис бурых лесных почв. «Труды Биолого-почвенного института ДВНЦ АН СССР». Т. 10. Владивосток, 1972.

Грызлов В. П., Синдешкина Р. И. К вопросу о классификации комплексных удобрений. Бюллетень ВИАУ. М., 1976, № 27.

Гулякин И. В. Система применения удобрений. М., «Колос», 1977.

Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. М., изд-во АН СССР, 1948.

Долгов С. И. Основные закономерности поведения почвенной влаги и их значение в жизни растений. М., изд-во АН СССР, 1957.

Дятлова Т. Р. Водный режим почвы по пару и группе сельскохозяйственных культур. «Труды по с.-х. метеорологии». Вып. XXV, 1938.

Енкен В. В. Соя. М., 1959.

Жуков Ю. П. Определение доз и разработка системы удобрения в севообороте. М., 1974.

Журбицкий З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. М., изд-во АН СССР, 1963.

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

Иванов Г. И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М., «Наука», 1976.

Израильский В. П., Бернард В. В., Рунов В. Е. Клубеньковые бактерии и нитраты. М. — Л., 1933.

Калининский А. А., Тверезовская М. Н. Продуктивность фотосинтеза и урожай озимой пшеницы при локальном способе внесения минеральных удобрений. Труды ВАСХНИЛ. «Способы внесения удобрений». М., «Колос», 1976.

Каргин В. А. Обменная адсорбция на коллоидной окиси алюминия. Журнал физиологической химии. Т. 10, вып. 6, 1939.

Касаткин Б. В. Размещение посевов сои в травопольных севооборотах. Краткие итоги научной работы за 3 года (1947—1949). Краснодар, 1951.

Касицкий Ю. И. Внесение фосфорных и калийных удобрений в запас на ряд лет (обзорная информация). М., 1972.

Касицкий Ю. И. О применении фосфорно-калийных удобрений в запас

на ряд лет на слабокультуренных почвах Новосельского опытного хозяйства. Труды ВИАУ. Вып. 45. М., 1968.

Колясов Ф. Е. О подвижности воды в почве и путях ее регулирования. Ж. «Почвоведение», 1957, № 4.

Кореньков Д. А. О дальнейшем изучении новых форм минеральных удобрений в Географической сети опытов на 1961 г. Методические указания по Географической сети опытов с удобрениями. Вып. 5. М., 1961.

Кореньков Д. А. О результатах изучения новых форм минеральных удобрений в Географической сети опытов и план работ по уточнению ассортимента на 1966 год. Методические указания по Географической сети опытов с удобрениями. Вып. 14. М., 1967.

Король Я. Э. Соя, культура и использование. М., 1931.

Кудрявцева М. А. Биохимия сои. — В кн.: Биохимия культурных растений. Т. II. М. — Л., 1938.

Кузин В. Ф. Возделывание сои на Дальнем Востоке. Благовещенск, 1976.

Кулаковская Т. Н., Толстоусов В. П. Применение фосфорно-калийных удобрений в севообороте на ряд лет в ГДР. Ж. «Агрохимия», 1966, № 8.

Курдин Д. А., Миклушенков В. Ф., Сырой А. А. Рядковый способ внесения удобрений под сою. «Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции». Т. I. Хабаровск, 1965.

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

Малыш К. К. Соя в Амурской области. Благовещенск, 1951.

Мишустин Е. Н., Петербургский А. В. Биологический азот в сельском хозяйстве. Сб. «Биологический азот и его роль в земледелии». М., «Наука», 1967.

Момот Я. Г. Соя в СССР. М. — Л., 1933.

Музычкин Е. Т., Потапов А. И., Кахута Н. М. Изучение периодического внесения минеральных удобрений в запас на типичном черноземе лесостепи. Ж. «Агрохимия», 1970, № 1.

Найдин П. Г., Михайлов Н. Н., Попов Н. В., Быстриков Ф. В., Селаври А. К. Из результатов работ Географической сети опытов с удобрениями за 1959 год. Методические указания по Географической сети опытов с удобрениями. Вып. 4. М., 1960.

Научный отчет Приморской сельскохозяйственной опытной станции за 1930—1931 гг.

Научные труды ВАСХНИЛ. Способы внесения удобрений. М. «Колос», 1976.

Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. М., изд-во АН СССР, 1956.

Новак А. Г. Основные вопросы земледелия Дальнего Востока. Хабаровск, 1953.

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

Олроге А. Дж. Минеральное питание сои. — В кн.: Соя. Перевод с англ. к. с.-х. н. Селивановой К. М., под редакцией проф. Еленка В. Б., М., «Колос», 1970.

Отчеты зональной агрохимической лаборатории за 1969—1972 гг.

Отчет Приморской краевой агрохимической лаборатории за 1973 год. Уссурийск.

Пейве Я. В. Микроэлементы в сельском хозяйстве Нечерноземной полосы СССР. М., изд-во АН СССР, 1954.

Петербургский А. В., Постников А. В. Твердые и жидкие сложные удобрения, их испытание и перспективы применения в СССР. Известия ТСХА, Вып. 3 (52). М., 1963.

Петин Н. С., Павлов А. Н. Активное поглощение воды и транспирация у кукурузы в связи с поглощением минеральных веществ. Известия АН СССР. Серия биол., 1961, № 6.

Подгорная С. В., Калмыкова В. В. Сельскохозяйственная метеорология и климатология. Труды ДВНИГМИ. Вып. 33. Л., Гидрометеониздат, 1970.

Подколзина Г. В. Эффективность водонерастворяемых форм фосфорных удобрений с учетом запаса усвояемых фосфатов и их подвижности. Эффективность удобрений по зонам страны. ВАСХНИЛ, ВИУА. Вып. 25. М., 1975.

Попов Н. В. Эффективность различных форм минеральных удобрений. Краткие итоги зонального изучения эффективности удобрений в Географической сети опытов (1963—1964 гг.). Вып. 2. М., 1967.

Похлебкина Л. П., Глазунова Н. М., Плешкова А. П. Доступность фосфоритной муки для растений в зависимости от доз известн. Бюллетень ВИУА. М., 1976, № 28.

Прянишников Д. Н. Агрохимия. М., 1940.

Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М. — Л., изд-во АН СССР, 1975.

Прянишников Д. Н. Собр. соч. Т. 2. М., 1953.

Рассель Э. Почвенные условия роста растений. Перевод с англ. М., 1955.

Рекомендации по известкованию почв в Белорусской ССР. Зональные рекомендации и технологии механизированных работ по известкованию кислых почв. Часть 1. М., 1974.

Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 1. Л., Гидрометеониздат, 1969.

Рубановский Л. Л., Омелянюк Л. Л. Значение повышенной концентрации удобрений при локальном внесении их под зерновые культуры. Труды ВАСХНИЛ «Способы внесения удобрений». М., «Колос», 1976.

Рыжев С. Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине. Ташкент, 1948.

Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. М., изд-во АН СССР, 1955.

Салтанов М. Д. Минеральное питание сои и диагностика ее потребности в удобрениях в Амурской области. Автореферат. Владивосток, 1971.

Сальников В. К. Возделывание сои в США и Канаде. Обзорная информация. М., 1972.

Сиротин Ю. П. К вопросу об эффективности фосфоритной муки на известкованных почвах. Сб. «Вопрос известкования кислых почв». Вежай чай, 1969.

Соколов А. В. Использование азота бобовых трав в земледелии. «Труды почв. института им. Докучаева». М., 1957.

Соколов А. В. Распределение питательных веществ в почве и урожай растений. М., 1947.

Соя. Перевод с англ. к. б. н. Севастьяновой К. М., под редакцией проф. Енкена В. Б. М., «Колос», 1970.

Способы внесения минеральных удобрений. Бюллетень ВИУА. М., 1974, № 19.

Справочник растениевода. Владивосток, 1975.

Старостин Е. А. Техника производства сои. Хабаровск, 1932.

Степанова В. М. Биоклиматология сои. Л., Гидрометеониздат, 1972.

Техника внесения минеральных удобрений. Бюллетень ВИУА. М., 1974, № 18.

Типовые рекомендации по известкованию кислых почв. М., 1976.

Трапезников В. В., Сулейманов Р. Г., Давыдов А. М., Гирфанов В. К.

Продуктивность кукурузы и яровой пшеницы при локальном внесении удобрений. Труды ВАСХНИЛ. «Способы внесения удобрений». М. «Колос», 1976.

Трепачев Е. П., Атрашкова Н. А., Хабарова А. И. Размеры фиксации атмосферного азота бобовыми растениями и методы их определения. Ж. «Агрохимия», 1967, № 3.

Тюрин И. В. Почвообразовательный процесс, плодородие почвы и проблема азота в почвоведении и земледелии. Ж. «Почвоведение», 1956, № 3.

Урываев П. А. Испарение с почвы на юге Дальнего Востока. Труды ДВНИГМИ. Вып. 12. Л., Гидрометеониздат, 1971.

Федоров М. В. Биологическая фиксация азота атмосферы. М., 1952.

Физиология сельскохозяйственных растений. Т. VI. Изд-во М. У., 1970.

Хейфец Д. М. Состав и свойства фосфатов железа, получаемых при различных условиях осаждения. «Химизация социалистического земледелия», 1936, № 5.

Чернов, В. А. О природе почвенной кислотности. М., 1947.

Черноголовин В. П., Казьмин Г. Т., Бурлака В. В., Бакаева Е. В., Пенчуков В. М. Соя в восточных районах страны. Благовещенск, 1971.

Чириков Ф. В. Особенности в поглощении ионов фосфорной кислоты разными почвами. Ж. «Почвоведение», 1951, № 3.

Чухно Ф. Д. Научный отчет отдела земледелия Приморского НИИСХ за 1976 год. Фонды института. Уссурийск.

Шатилов И. С., Каюмов М. К. Потребление и вынос элементов минерального питания озимой пшеницей при разных дозах удобрений. Известия ТСХА, № 1. М., «Колос», 1971.

Шильников И. А., Игнатов В. Т. Влияние извести на эффективность фосфоритной муки и суперфосфата. Сб. «Вопросы известкования кислых почв». Горки, 1973.

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

Шумгин А. М. Климат почвы и его регулирование. Л., Гидрометеониздат, 1967.

Юркин С. Н. Методические вопросы балансовых разработок в земледелии. Балансовый метод анализа и оценки эффективности системы удобрения. Бюллетень № 20. ВАСХНИЛ, ВИАУ, М., 1974.

Якушкин И. В. Растениеводство. М., 1947.

СОДЕРЖАНИЕ

Почвенно-климатические ресурсы Приморского края	3
Водный режим лугово-бурой оподзоленной почвы в севообороте	8
Баланс продуктивной влаги и адаптация сои к условиям увлажнения	11
Суммарный расход воды в почве под соей	17
Обеспеченность сои продуктивной влагой	20
Формирование и прогнозирование урожая сои	22
Адаптация сои к избыточному увлажнению	26
Минеральное питание сои	30
Рост и развитие растений	30
Накопление сухого вещества	32
Фотосинтез и продуктивность растений	34
Содержание питательных элементов в растениях	39
Поступление минеральных элементов в растения	41
Отношение сои к реакции почвенной среды	46
Минеральные удобрения	56
Обеспеченность почв подвижными элементами питания	56
Эффективность минеральных удобрений на различных типах почв	63
Формы удобрений	70
Дозы и соотношение минеральных удобрений	81
Сроки и способы внесения удобрений	92
Микроудобрения	114
Реакция сои на известкование кислых почв	117
Система удобрений в севообороте	126
Органические удобрения	128
Биологический азот	133
Влияние севооборота и удобрений на урожай сои	136
Литература	153

Грицун Андрей Тимофеевич

Основы возделывания сои в Приморье

Редактор *Р. А. Павлова*

Технический редактор *В. М. Мошкина*

Корректоры *Г. К. Хованская, Л. Г. Васильченко*

ИБ № 647.

ВД 08426. Сдано в набор 27.07.81.

Подписано в печать 10.12.81. Формат 60×84/16.

Бум. тип. № 3, Гарнитура Литературная.

Высокая печать. Усл. печ. л. 9,3.

Уч.-изд. л. 9,29. Тираж 1000 экз.

Заказ 237. Цена 40 коп.

Дальневосточное
книжное издательство.

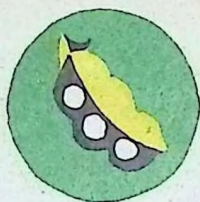
690603, Владивосток,

ул. Ленинская, 43.

Приморский
полиграфический комбинат.

690600, Владивосток,

Океанский пр.,



40 коп.