

А. Т. ГРИЦУН
Приморский НИИСХ

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД СОЮ

В своеобразных природных условиях Дальнего Востока соя предъявляет большие и разносторонние требования к ее возделыванию. Особенно следует подчеркнуть высокие требования ее к условиям минерального питания и водно-воздушного режима почвы [1—3]. Соя нормально развивается и формирует высокий урожай (15—25 ц/га) на глубоких, рыхлых с хорошей водопрочной структурой почвах, при непрерывном поступлении подвижных форм фосфора и калия, а в первый период роста — и азота к корням в течение всего периода вегетации.

Как показывают результаты наших исследований [4], при урожае зерна в 22 ц/га соя потребляет азота 173, фосфора (P_2O_5) — 42, калия (K_2O) — 77 кг.

На основных типах почв Приморья (буро-подзолистых, лугово-бурых оподзоленных и луговых глеевых) при оптимальных погодных условиях соя способна поглотить из почвы азота до 60 кг, фосфора — 14—16, калия — 27—30 кг и сформировать урожай зерна 7—8 ц/га. Прогнозируя урожай сои в ближайшие годы на этих почвах в 12—13 ц/га, необходимо пополнить запас питательных веществ в почве за счет применения органических и минеральных удобрений. На десятую пятилетку по детальным расчетам с органическими удобрениями будет внесено азота 15 кг, фосфора 6 кг и калия 18 кг/га (в среднем 3 т/га). Из них растения для своего питания используют азота 4,5, фосфора — 2,4, калия — 10,8 кг/га. Расчет потребности в минеральных удобрениях мы сделали по двум вариантам: на полный возврат вынесенных с урожаем элементов питания и неполный, с учетом почвенных запасов.

По первому варианту при урожае сои 12—13 ц/га необходимо вносить питательных веществ с минеральными удобрениями (учитывая их приход из навоза) азота 41,5 кг (без биологического азота 65%), фосфора — 25,6, калия — 35,2 кг/га. С учетом коэффициента использования необходимо внести такие дозы минеральных удобрений: азотных 72, фосфорных 128, калийных — 51,0 (в стандартных туках 3,5 ц/га азотных, 6,8 фосфорных, 12 ц/га калийных, а всего 11,5 ц/га).

По второму варианту необходимо внести следующие дозы минеральных удобрений: азотных 40 кг, фосфорных 85, калийных 37 кг, (в стандартных туках 2 ц/га азотных, 4,5 фосфорных, 0,9 ц/га калийных, а всего 7,4 ц/га).

В 1973 г. в колхозах и совхозах Приморского края под посев сои в среднем внесено минеральных удобрений в стандартных туках око-

до 3,5 ц/га. Следовательно, чтобы получить программируемый урожай, применение минеральных удобрений под сою необходимо увеличить, по сравнению с фактическим внесением в 1973 г., в два раза по первому варианту и в три раза — по второму.

Химическая промышленность нашей страны хотя и развивается высокими темпами, однако прогнозируемая потребность в минеральных удобрениях под сою в десятой пятилетке вряд ли будет полностью удовлетворена. В связи с этим остро встает вопрос о рациональном и наиболее эффективном использовании минеральных удобрений, вносимых под посев сои. В этом направлении уже сделаны, на наш взгляд, крупные шаги: разработан местный способ внесения в рядки и ниже расположения семян на 2—3 см при посеве сои простых и высокопроцентных фосфорных и сложных удобрений [5].

Исследованиями установлено, что все виды и формы минеральных удобрений, за исключением фосфоритной муки (сульфат аммония, аммиачная селитра, суперфосфат пылевидный и гранулированный, хлористый калий, 40%-ная калийная соль), в дозах 15 и 30 кг д. в. на гектар при внесении в рядки оказывают токсическое действие на прорастание семян. Двойной суперфосфат и сложные удобрения аммофос, диаммофос и нитрофоска при внесении в рядки с семенами также оказывают токсическое действие на семена при прорастании их.

При нарушении непосредственного контакта семян с удобрениями, т. е. при раздельном внесении их или создании прослойки почвы между семенами и удобрениями, токсичность устраняется, а эффективность удобрений заметно возрастает.

Многолетние и всесторонние наши исследования в этом направлении позволили дать научное обоснование рядковому способу и разработать практические рекомендации по местному рядковому способу внесения удобрений под сою в совхозах и колхозах Приморского края и Дальнего Востока.

Двойной суперфосфат и аммофос (лучше с содержанием P_2O_5 —48—61%) рекомендуется вносить в рядки при посеве комбинированными зернотуковыми сеялками (СУК-24, СУК-24А, СУ-24) в дозах 15—20 кг д. в. на гектар. Повышенные дозы этих удобрений (25—30 кг/га) рекомендуется вносить рядковым способом, но ниже размещения семян на 2—3 см с помощью приспособления к сошникам сеялки.

Применение двойного суперфосфата и аммофоса местным способом в указанных выше дозах под сою повышает урожай зерна этой культуры от 1,5 до 3,9 ц/га.

В целях дальнейшего повышения эффективности основного минерального удобрения, вносимого под сою в последние годы, отдел агрохимии и почвоведения Приморского НИИ сельского хозяйства проводит значительные исследования по изучению локально-ленточного способа. В. Булаев [6], обобщая результаты опытов по изучению локального ленточного внесения основного удобрения, указывает на высокую его эффективность в сравнении с разбросным способом. Он сообщает, что в 100 опытах с картофелем при внесении удобрений в дозах 50—90 кг/га НРК, урожайность клубней картофеля при разбросном внесении повысилась на 32 ц/га, а при локальном (в посадочную борозду) — на 62 ц/га. Подобные исследования ведутся на Украине, в Белоруссии и в других районах страны. Широкое распространение получил локально-ленточный способ внесения удобрений под пропашные и зерновые культуры в Финляндии, ГДР, ФРГ, Голландии, Швеции и других странах.

Весна в Приморском крае обычно засушливая. В результате этого

верхний слой почвы быстро теряет воду и иссушается до полной потери продуктивной влаги. Многочисленные опыты, проведенные на Приморской сельскохозяйственной станции, показали, что мелкая заделка минеральных удобрений в этих условиях всегда менее эффективна, чем глубокая. Удобрения, заделанные боронованием или мелкой культивацией, находятся в иссушенном слое (0—5 см), плохо используются культурными растениями и в конечном счете дают прибавку урожая в 2—3 раза меньшую, чем при глубокой заделке.

Сущность новой технологии состоит в том, что основное минеральное удобрение в оптимальных дозах вносится не вразброс, а местным локально-ленточным способом, при котором туки располагаются в почве узкими полосами, или лентами (фронтально), на глубине 10—22 см, в зависимости от агрегатов.

В наших опытах локально-ленточным способом вносились удобрения туковысевающими аппаратами АТ-2 на КРН-4,2, КОН-2,8 на глубину 15—17 см при расстановке сошников подкормщиков на расстоянии 30 см, а также поставленными на плуг с внесением удобрений на дно борозды предплужника (на глубину 10 см) и на дно борозды основного корпуса (на 22 см).

Опыты проводятся на лугово-бурой оподзоленной почве со следующей агрохимической характеристикой: гумуса—4,3%, рН (КСl) 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 (P₂O₅, по Кирсанову)—0,9 мг, обменный калий (K₂O, по Масловой)—14,8 мг на 100 г почвы. По механическому составу это тяжелый суглинок.

Площадь посевной делянки—120—150 м², учетной—75—100 м². Повторность в опыте 3—4-кратная. В опытах высевалась соя сорта Приморская 529 при норме 650 тыс. всхожих зерен на гектар (142 кг/га). Сою высевали 29 мая—2 июня широкорядным двустрочным способом (51×15 см), убирали 5—8 октября. Из минеральных удобрений в опытах применяли аммиачную селитру—33% азота, суперфосфат двойной гранулированный (48% P₂O₅) и калийную соль (40% K₂O). Схема опытов (1973, 1974) и полученные результаты приведены в табл. 1.

Результаты опытов показывают большое преимущество локально-ленточного способа внесения минеральных удобрений перед разброс-

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений на урожай сои (Приморская 529) при локально-ленточном и разбросном способах их внесения (1973—1974)

Вариант опыта	Урожай зерна сои, ц/га			Прибавка урожая зерна сои			
	1973	1974	среднее за 2 года	от контроля		от локального в сравнении с разбросным	
				ц/га	%	ц/га	%
Контроль (без удобрений)	9,3	16,4	12,9	—	—	—	—
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ вразброс под культивацию	11,4	18,5	15,0	2,1	16,3	—	—
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ локально-ленточным способом КРН-2,8	16,0	20,0	18,0	5,1	39,6	3,0	20,0
N ₁₂₀ K ₁₂₀ P ₁₈₀ вразброс под культивацию	14,5	19,9	17,2	4,3	33,4	—	—
N ₁₂₀ K ₁₂₀ P ₁₈₀ локально-ленточным способом КРН-2,8	19,2	21,7	20,4	7,5	58,2	3,2	18,7

ным. Особенно высокая эффективность удобрений при локальном внесении проявилась в 1973 засушливом году. В опыте под посевом сои в весенне-летний период влажность почвы в слое 0—20 см находилась в пределах 40—50% от наименьшей влагоемкости (НВ), а в слое 0—10 см в июле вообще отсутствовала продуктивная влага. Растения сои страдали от недостатка влаги, что проявилось в замедленном росте, пожелтении и опадении листьев и завязей нижнего яруса.

Минеральные удобрения, внесенные локально-ленточным способом на глубину 15—17 см, в этих условиях использовались полнее и, естественно, дали более высокий эффект, чем при разбросном. При разбросном способе прибавка урожая сои за оба года при внесении оптимальной дозы колебалась в пределах 2,1 ц/га, при двойной — от 5,2 до 5,3 ц/га. В то же время, как при локально-ленточном внесении, прибавки урожая от тех же доз выразились следующими показателями: соответственно 3,4—6,7 и 5,3—9,9 ц/га.

Следовательно, основное минеральное удобрение, внесенное локально-ленточным способом, обеспечивает прирост урожая зерна сои на 3,0—3,2 ц/га (18,7—20%) выше, чем при разбросном внесении.

Убедительным подтверждением высокой эффективности минеральных удобрений, внесенных под сою локально-ленточным способом, могут служить результаты биометрического анализа растений в опыте 1973 г. (табл. 2).

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений
на структуру урожая сои
сорта Приморская 529 на Дальнем Востоке (1973)

Вариант опыта	Масса растений,		Колич. растений	Высота растений	Колич. на 1 растение			Масса 1000 зерен, г
	общая	зерна			веток	бобов	зерна	
Контроль (без удобрения)	188,2	93,3	54,4	25,3	0,4	6,6	10,6	258
NK ₆₀ P ₉₀ разброс	225,3	132,6	46,9	29,2	0,6	6,4	14,4	260
NK ₆₀ P ₉₀ локально	290,4	151,1	51,0	30,7	1,3	10,9	19,2	264
NK ₁₂₀ P ₁₈₀ разброс	256,4	134,0	46,8	28,6	0,9	9,9	17,4	259
NK ₁₂₀ P ₁₈₀ локально	330,8	166,4	38,3	34,3	1,8	14,7	25,3	270

Примечание. Сведения даны в расчете на 1 м².

Данные биометрического анализа растительных проб (по 8 проб на каждом варианте) вполне согласуются с результатами учета фактического урожая. Из-за сильной засухи растения сои оказались низкорослыми: 25,3—34,3 см вместо 60—75 см в годы с нормальной водообеспеченностью. Тем не менее реакция сои на удобрения достаточно рельефна, особенно на внесенные локально-ленточным способом.

Все элементы структуры урожая растений сои с вариантов, где удобрения внесены локально-ленточным способом, выгодно отличаются от взятых на вариантах с разбросным внесением. При локально-ленточном внесении удобрений вес общей массы с 1 м² на 74—75 г и зерна на 18—32 г выше, чем при разбросном внесении. Заметно различаются варианты и по продуктивности отдельных растений. У растений, выросших на почве с локально-ленточным внесением удобрений, количество веток на 0,4—0,9, бобов — на 2,5—4,6, зерна — на 4,8—7,9

штук больше, чем при разбросном внесении. По высоте растений и массе 1000 зерен варианты также заметно различаются в пользу локально-ленточного внесения удобрений.

Известный интерес представляют результаты анализа образцов почвы в опыте 1973 г. на содержание подвижных элементов питания и химических свойств в связи с дозами и способами внесения минеральных удобрений под сою (табл. 3). Данные табл. 3 показывают заметное влияние минеральных удобрений на химический состав почвы пахотного слоя и изменения в содержании подвижных элементов питания и обменного алюминия. С внесением удобрений происходит сдвиг реакции почвенной среды в кислую сторону, повышается несколько гидролитическая и обменная кислотность почвы. В отношении суммы поглощенных оснований ясной тенденции не прослеживается. С внесением минеральных удобрений заметно увеличивается количество подвижных форм фосфора (до двух раз и более), обменного калия и алюминия. Следует отметить, что при локально-ленточном способе внесения удобрений содержание фосфора в почве несколько выше, чем при разбросном.

Таблица 3

Химические свойства почвы и содержание подвижного фосфора и обменного калия в зависимости от способов и доз внесения минеральных удобрений под сою на Дальнем Востоке (в слое 0—20 см, 1973 г.)

Вариант опыта	рН (КС1)	В мг-экв на 100 г почвы			Содержится в 100 г почвы (среднее по 3 срокам определения), мг		
		гидролит. кислотность	обменная	сумма поглощенных оснований	P ₂ O ₅	K ₂ O	Al по Соколову
Без удобрения	4,46	7,29	0,11	14,97	1,60	11,72	0,67
NK ₆₀ P ₉₀ разброс под культу- вацию	4,38	7,88	0,18	14,77	2,12	12,31	1,44
NK ₆₀ P ₉₀ локально-ленточным способом	4,35	7,96	0,23	14,06	3,19	13,67	1,80
NK ₁₂₀ P ₁₈₀ разброс под культу- вацию	4,49	7,21	0,12	14,63	3,62	13,67	0,90
NK ₁₂₀ P ₁₈₀ локально-ленточным способом	4,35	8,04	0,15	15,40	3,65	12,89	1,17

В последние годы нами выявлена важная биологическая особенность растения сои, заключающаяся в повышенной реакции корневой системы к очагам концентрированного размещения удобрений. Считаем, что эта особенность помогает растению в очагах локализации удобрений (на глубине 10, 15, 22 см) развивать мощную корневую систему, способную активно поглощать и подавать в надземные органы воду и питательные вещества (табл. 4).

В неудобренной почве корневая система сои размещается в основном в верхнем 10-сантиметровом слое (78,8%), естественно, она подвергается и более частым воздействиям невзгод — засухе, избыточному увлажнению, уплотнению почвы и др. Внесение удобрений даже разбросным способом улучшает размещение корней по слоям: уменьшает в верхнем слое (0—10 см) и увеличивает в нижней части пахотного и в подпахотном слоях.

Несравненно выгоднее распределяется корневая система сои в варианте, где удобрения вносятся локально-ленточным способом на глубину 15—17 см. В этом случае почти 40% корней сосредотачива-

Таблица 4

Размещение корневой системы сои по слоям почвы в связи со способами внесения минеральных удобрений на Дальнем Востоке (1973)

Слой почвы	Количество корней по вариантам, %		
	без удобрения	N ₁₀₂ K ₁₂₀ P ₁₈₀ вразброс под культивацию	N ₁₀₂ K ₁₂₀ P ₁₈₀ локально-ленточ- ным способом на глубину 15—17 см
0—10 см	78,8	62,8	51,1
10—20 см	18,2	28,7	39,5
20—30 см	3,0	8,5	9,4

ются в зоне размещения удобрений (10—20 см). Тут же, как мы отмечали выше, содержится и больше продуктивной влаги. Это и создает благоприятные условия для использования элементов питания из удобрений и формирования в конечном итоге высокого урожая сои.

Следует отметить и такой важный факт, как засоренность посевов сои в связи со способами внесения минеральных удобрений. Удобрения, внесенные вразброс и мелко заделанные, создают благоприятную среду в верхнем слое почвы для массового прорастания и развития сорной растительности. При локально-ленточном же способе внесения удобрения заделываются глубоко (10—22 см) и малодоступны для сорняков, особенно в ранний период их развития. Поэтому посевы сои успевают хорошо развиться, затенить поверхность почвы и в течение всего лета находятся в чистом от сорной растительности состоянии. Важно при этом подчеркнуть, что посевы сои получают чистыми и от таких злостных для культуры сои сорняков, какими являются в местных условиях щирица, куриное просо, плоскуша и щетинники. Результаты учета сорняков за 1972—1973 гг. по двум опытам приводятся в табл. 5.

При локально-ленточном способе внесения минеральных удобрений количество сорняков в посевах сои в 1,5—3 раза, а по массе в 4—5 раз меньше, чем при внесении их вразброс под культивацию. В 1973 засушливом году на постоянно закрепленных площадках посева сои в вариантах с локально-ленточным внесением удобрений их вовсе не

Таблица 5

Влияние способов внесения минеральных удобрений на засоренность посева сои

Вариант опыта	Сорняков на 1 м ²							
	Опыт закладки 1972 г.				Опыт закладки 1973 г.			
	учет 1972		учет 1973		учет 20/VII		учет 18/X	
	колич.	сухой вес, г	колич.	сухой вес, г	колич.	сырой вес, г	колич.	сухой вес, г
Контроль (без удобрения)	9,8	21,6	8,2	22,6	28	59,7	—	—
N ₆₀ K ₆₀ P ₉₀ вразброс под культивацию	9,1	47,6	10,2	27,8	32	122,0	3,7	15,3
N ₆₀ K ₆₀ P ₉₀ локально-ленточным способом	4,2	12,3	5,6	15,6	28	99,7	—	—
N ₁₂₀ K ₁₂₀ P ₁₈₀ вразброс под культивацию	8,1	31,6	10,5	34,0	35	263,3	4,3	32,3
N ₁₂₀ K ₁₂₀ P ₁₈₀ локально-ленточным способом	5,5	6,0	4,8	9,4	23	62,3	—	—

оказалось, в то время как в вариантах с разбросным внесением количество сорняков, особенно по массе, было больше.

В опыте закладки 1972 г. по предшественнику, кукурузе, в 1973 г. испытывалось действие и последствие минеральных удобрений на урожай сои (табл. 6). Результаты этого опыта так же убедительно свидетельствуют о высокой эффективности минеральных удобрений, внесенных локально-ленточным способом. Преимущество этого способа в сравнении с разбросным выразилось приростом урожая сои в 2 ц/га (22,8%) при норме удобрений за два года $N_{90}K_{90}P_{120}$ и в 3,7 ц/га (41,1%) — при норме $N_{180}K_{180}P_{270}$.

Таблица 6

Действие и последствие минеральных удобрений
на урожай сои на Дальнем Востоке
при различных способах внесения
(опыт закладки 1972 г.)

Вариант опыта	Урожай сои, ц/га		Прибавка урожая зерна			
	общей массы	зерна	от контроля		от разбросного внесения	
			ц/га	%	ц/га	%
1. Контроль (без удобрения)	17,6	7,1	—	—	—	—
2. $NK_{45}P_{60}$ (1972) + $NK_{45}P_{60}$ (1973) разброс под культивацию	19,8	8,8	1,7	24,0	—	—
3. $NK_{45}P_{60}$ (1972) + $NK_{45}P_{60}$ (1973) локально- ленточным способом	22,9	10,8	3,7	52,2	2,0	22,8
4. $NK_{90}P_{135}$ (1972) + $NK_{90}P_{135}$ (1973) разброс под культивацию	17,1	9,0	1,9	26,8	—	—
5. $NK_{90}P_{135}$ (1972) + $NK_{90}P_{135}$ (1973) локально- ленточным способом	26,5	12,7	5,6	78,9	3,7	41,1

$R = 4,3\%$, $E = 0,4$ ц/га

Обобщение экспериментальных данных по технике применения минеральных удобрений под сою позволили Приморской опытной станции рекомендовать производству новую, более прогрессивную технологию внесения удобрений под сою в Приморском крае.

Принципиальная схема новой технологии состоит в том, что вся оптимальная доза полного минерального удобрения ($N_{45-60} P_{60-90} K_{30-45}$ вносится только местным рядковым и локально-ленточным способами в два приема:

1) при посеве в рядки вносится двойной суперфосфат или аммофос в дозе 15—20 кг или ниже семян на 2—3 см в дозе 25—30 кг д. в. на гектар;

2) полное удобрение в качестве основного вносится локально-ленточным способом с помощью туковысевающих аппаратов АТ-2 на глубину от 15 до 22 см.

Разбросный способ внесения малоэффективен, к тому же вызывает буйное развитие сорной растительности в посевах, от чего значительно снижается урожай сои, поэтому он не пригоден для этой культуры в Приморском крае и на Дальнем Востоке.

Для внесения здесь основного минерального удобрения рекомендуются два способа.

1. С помощью туковысевающих аппаратов АТ-2, устанавливаемых на плуги любых марок. При вспашке зяби или перепашке ее минеральные удобрения по тукопроводам вносятся лентой на дно борозды

предплужника (на глубину 10 см) и на дно борозды основного корпуса плуга (на глубину 20—22 см);

2. Минеральные удобрения вносятся локально-ленточным способом культиваторами-растениепитателями КРН-4,2; КРН-2,8; КРН-2,8. Культиваторами этих марок, оборудованных подкормочными приспособлениями КРН-40, удобрения вносятся на глубину 15—17 см лентами через 30 см.

Машины и аппараты для внесения минеральных удобрений локально-ленточным способом требуют дальнейшего совершенствования и разработки новых машин более производительных конструкций.

Выводы

1. Прежними опытами, а также экспериментальными исследованиями последних лет (1972—1974) установлена высокая эффективность основного полного минерального удобрения под сою при локально-ленточном способе их внесения. От применения оптимальных доз ($N_{60}P_{90}K_{60}$) урожайность сои в среднем за два года повышается на 5,1 ц, а при внесении повышенных доз ($N_{120}P_{180}K_{120}$) — на 7,5 ц/га. При этом способе внесения удобрения обеспечивают прирост урожая зерна сои на 3,0—3,2 ц/га (20—18,7%) выше, чем при разбросном.

2. Локально-ленточный способ внесения минеральных удобрений обеспечивает перемещение корневой системы сои из верхней части пахотного слоя (0—10 см) в нижнюю часть (10—22 см), где сосредоточивается до 40% корней вместо 18% на контроле и 28,7% — в варианте с разбросным внесением. Это и создает благоприятные условия для лучшего использования продуктивной влаги и элементов питания из удобрений и формирование в конечном итоге высокого урожая сои.

3. При локально-ленточном способе внесения минеральных удобрений количество сорняков в посевах сои в 1,5—3 раза, а по массе в 4—5 раз меньше, чем при внесении их вразброс под культивацию.

4. С внесением повышенных доз минеральных удобрений на лугово-бурой оподзоленной почве происходит сдвиг реакции среды в кислую сторону, повышается несколько гидролитическая и обменная кислотности, увеличивается количество подвижного фосфора до 2 раз и более, обменного калия и алюминия. Подвижность фосфатов при локально-ленточном способе внесения несколько выше, чем при разбросном. По другим показателям химических свойств и содержания подвижных элементов питания существенной разницы по способам внесения не обнаружено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новак А. Г. Соя на Дальнем Востоке. Владивосток, 1960.
2. Грицун А. Т. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток, 1964.
3. Бурак В. В. Биологические основы растениеводства на переувлажненных почвах Дальнего Востока. Хабаровск, 1967.
4. Грицун А. Т. Эффективность применения минеральных удобрений под сою. — «Земледелие», 1958, № 4.
5. Грицун А. Т. Местное внесение удобрений под сою. — «Труды ДВФ им. Комарова АН СССР, Сер. растениеводческая», 1952, т. 1.
6. Булаев В. Локальное внесение удобрений. — «Земледелие», 1974, № 1.