

ГЛАВА IV

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

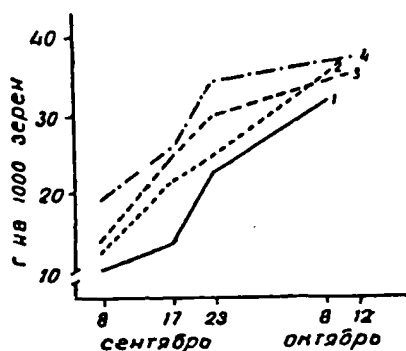


Рис. 1. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание жира в зерне сои Приморская 529 в процессе созревания (урожай 1964 г.). Фон — без удобрений: 1 — контроль, 2 — подкормка. Фон — NPK: 3 — контроль, 4 — подкормка.

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

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

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

Таблица 1

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

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

Примечание: внекорневая подкормка была проведена 14 августа.

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

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

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

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

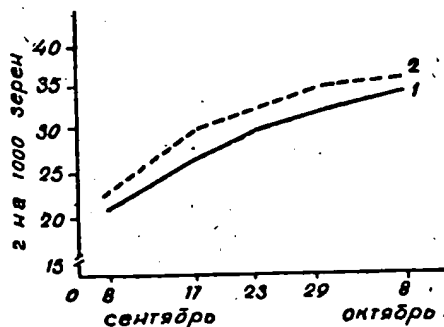


Рис. 2. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание жира в зерне сои Приморская 494 в процессе созревания (урожай 1964 г.). Фон — НРК. 1 — контроль; 2 — опрыскивание.

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

Таблица 2

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

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

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

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

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

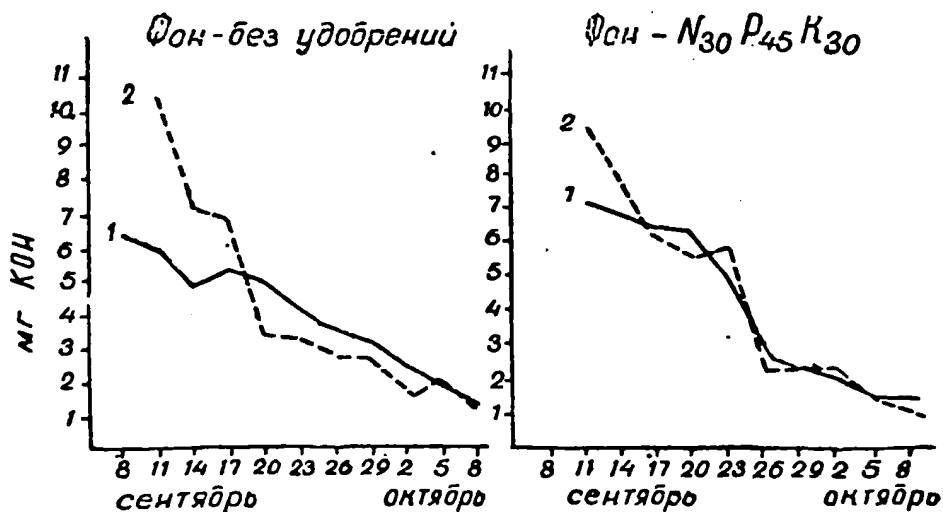


Рис. 3. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на изменение содержания свободных жирных кислот в созревающих семенах сои Приморская 529 (урожай 1964 г.): 1 — контроль; 2 — подкормка.

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

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

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

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

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

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

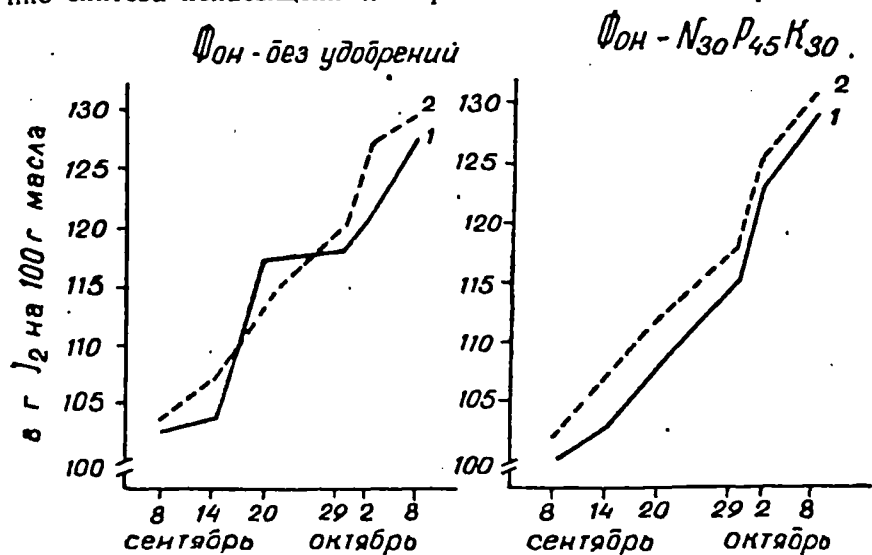


рис. 4. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на степень ненасыщенности масла у сои Приморская 529: 1 — контроль; 2 — подкормка.

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

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

Таблица 3

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

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

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

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

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

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

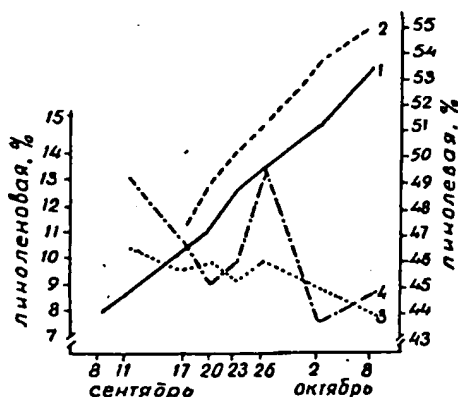


Рис. 5. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на динамику накопления линолевой (2) и линоленовой (4) кислот в семенах сои Приморская 529 (урожай 1964 г.). Фон — без удобрений: 1—3 — контроль соответственно для линолевой и линоленовой кислот.

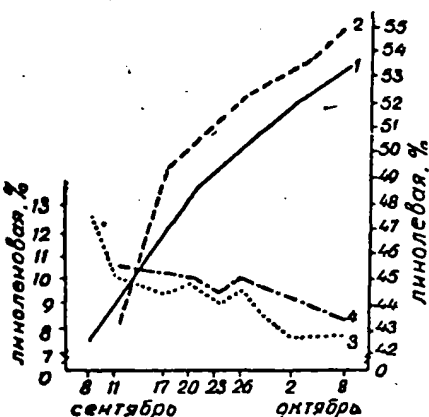


Рис. 6. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на динамику накопления линолевой (2) и линоленовой (4) кислот в семенах сои Приморская 529 (урожай 1964 г.). Фон — NPK: 1—3 — контроль; 2—4 — подкормка.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 4

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание олеиновой кислоты в зерне сои

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

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

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

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

Таблица 5

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

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

Таблица 6

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

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

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

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

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

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

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

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

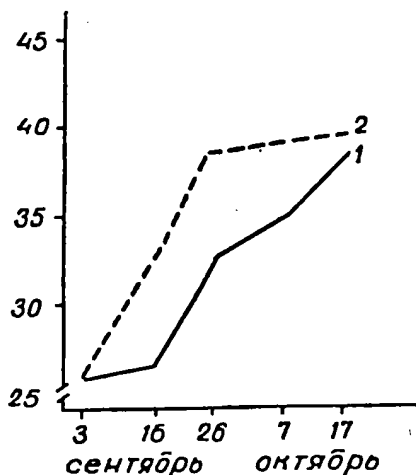


Рис. 7. Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание белка в семенах сои Приморская 529 (в %). Фон — без удобрений: 1 — контроль; 2 — опыливание суперфосфатом.

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

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

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

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

Таблица 7

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

Вариант	Фон	Фосфор, мг%			
		общий	липидный	нуклеопротенный	кислотно-растворим.
Контроль	без удобрен.	360,00	78,02	20,75	261,23
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата		400,00	87,69	27,26	285,05
Контроль	N ₃₀ P ₄₅ K ₃₀	406,66	54,80	27,91	323,95
Опрыскивание 2%-ным раств. суперфосфата		423,75	60,75	30,06	332,94

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

Таблица 8

Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на содержание различных форм фосфора в спелом зерне сои Приморская 494 (фон N₃₀P₄₅K₃₀), мг%

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 9

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

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

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

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

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

Таблица 10
Влияние внекорневой подкормки суперфосфатом на урожай сои
(фон $N_{30}P_{45}K_{30}$)

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

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

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

Выводы

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЛИТЕРАТУРА

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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