

## ГЛАВА II

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВНЕКОРНЕВОГО ПИТАНИЯ СОИ

Внекорневая подкормка, как агроприем, в сельскохозяйственной практике в настоящее время применяется широко. Используются фосфорные, азотные, калийные и кальциевые удобрения, а также многие микроэлементы — бор, медь, молибден, марганец, сера и другие. Подкармливаются посевы зерновых, овощных, плодово-ягодных, технических, масличных и других культур. Отмечено, что внекорневые подкормки положительно влияют на урожай и его качество, стимулируют фотосинтез, дыхание, обменные реакции и повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды. Сущность внекорневой подкормки в том, что удобрения наносятся на надземные органы растения, большей частью на листья, в виде раствора или порошка. В Советском Союзе чаще всего это делается с помощью авиации.

За 1900—1963 гг. внекорневым подкормкам в нашей стране и за рубежом посвящено более тысячи опубликованных работ. Среди них много монографий и обзорных статей. Несмотря на большое количество проведенных исследований, вопросы теории внекорневого питания растений в достаточной мере еще не изучены. Особенно слабо освещены вопросы механизма действия элементов, проникших в организм растения через листья.

Возникает вопрос, противоречит ли биологии наших полевых культур питание их минеральными веществами через листья? Не совершаем ли мы насилие над растениями, применяя внекорневую подкормку? Не будет ли этот прием равноценен тому, когда в некоторых случаях организм человека и животных приходится питать с помощью клизмы или инъекций? Чтобы ответить на поставленные вопросы, обратимся к прошлому и настоящему растительного мира.

По общепринятой теории жизнь на нашей планете зародилась в воде, в океане. Следовательно, растения, обитающие ныне на суше, в далеком прошлом были водными. Эти черты они сохранили и поныне. Их организм на 70—95% состоит из воды. Поч-

ти все клетки наземных растений находятся в водной среде организма. Элементы питания, в том числе и минеральные вещества, поступают к ним через их оболочку. Наряду с этим, в настоящее время около 90% всех растений земного шара продолжает оставаться водными, обитают в морях, океанах, озерах, реках, прудах, болотах и других водоемах. У высокоорганизованных растений в водной среде чаще всего корни служат органами прикрепления к субстрату. У многих они вообще отсутствуют, и все элементы питания растение поглощает всеми клетками, без участия корневой системы. Все это говорит о том, что принципиальной разницы в минеральном питании клеток корней и листьев нет, на что указывали многие авторы (Мацков, 1941, 1957; Сабинин, 1940; Учеваткин и Бородулина, 1953; Егоров, 1957; Ратнер и Баринов, 1959; Трошин, 1956; Уиттвер, Букавак и Таки, 1965; и др.).

Сказанное все же не дает основания ставить знак равенства между корневым и внекорневым питанием наших полевых культур. Все водные растения находятся в однофазной среде — воде и, вполне естественно, все клетки этих растений элементы питания получают непосредственно из воды. Органы же растений суши находятся в двухфазной среде — в воздухе (на свету) и в почве (в темноте). В течение многих миллионов лет растения суши приспособились к новым для них условиям, и отдельные органы стали выполнять специфические функции. Например, надземные побеги выполняют обычно основную функцию — фотосинтез, хотя они могут также поглощать воду и растворенные в ней минеральные вещества. Корневая система поглощает воду и элементы минерального питания. Но этим функции корневой системы не ограничиваются.

Известный исследователь физиологии минерального питания Д. А. Сабинин (1949) писал об этом: «Значение корневой системы в жизнедеятельности растений выходит далеко за пределы органа, снабжающего надземные части водой и необходимыми элементами минерального питания. В жизни растения первостепенное значение имеют продукты специфических реакций обмена веществ, протекающих в корневой системе. Характер этих реакций и количество образующихся веществ, обладающих высокой физиологической активностью, определяется специфическими видовыми особенностями организма, условиями среды, окружающей корневую систему и ассимилятами, притекающими в корни со стороны надземных органов».

А. Л. Курсанов (1957) показал, что в корнях осуществляется синтез разнообразных важных химических соединений, в том числе и физиологических активных веществ, которые являются необходимыми во внутриклеточном обмене растительного организма.

И. В. Якушкин и М. М. Эдельштейн (1955), применяя внекор-

невую подкормку в посевах сельскохозяйственных растений, пришли к заключению, что этот прием нельзя рассматривать только как дополнительную дачу элементов питания и исправление погрешностей при основном внесении удобрений в почву. Внекорневые подкормки оказывают на растений многостороннее влияние, затрагивающее многие физиологические процессы. Нельзя, говорят они, ограничивать действие внекорневых подкормок только, например, их действием на фотосинтез или дыхание растений или углеводный и фосфорный обмен. Действие внекорневых подкормок на растения значительно шире. Такого же мнения придерживаются Н. С. Авдонин (1954), Уитвер, Буковак и Таки (1965).

Состояние вопроса внекорневого питания растений с достаточной полнотой изложено в монографиях, обзорных статьях и специальных сборниках советских и зарубежных авторов (Мацков, 1957, 1962; Авдонин, 1954; Сб. Внекорневая подкормка с.-х. растений, 1955; Сб. Внекорневое питание растений, 1956; Егоров, 1957; Пейве, 1960, 1961; Уиттвер, Буковак и Таки, 1965).

Из литературных данных известно, что растения по-разному отзываются на внекорневое питание различными элементами. Так, при опрыскивании сахарного тростника мочевиной листья перехватывают до 95% этого соединения. Обобщая данные американских авторов по внекорневому питанию, Уиттвер, Буковак и Таки сообщают, что на Гавайских островах, на ананасовых плантациях при внекорневых подкормках азотистых удобрений в виде мочевины вносится 75—80%, а фосфорных и калийных — 40—50%. Подобные примеры дают большой эффект, в то же время эти исследователи сообщают много фактов, когда внекорневые подкормки не дают эффекта, и в заключение пишут: «Однако истинная ценность внекорневого питания в дополнении к стандартной системе внесения удобрений в почву все еще остается малозученной».

В Советском Союзе профессор Харьковского сельскохозяйственного института Ф. Ф. Мацков впервые применил в практических целях внекорневую подкормку на ряде культур. Он один из первых обратил внимание на отсутствие теории внекорневого питания растений. Еще в 1941 г. Ф. Ф. Мацков писал: «...обнаружилась чрезвычайно слабая изученность этого нового агроприема, специфические особенности которого невозможно понять, применяя лишь методы опытничества, голого эмпиризма и слепого искания наиболее удачных нормативов. Очевидно, настала необходимость усиления теоретических исследований отдельных сторон заинтересовавшего нас вопроса». Эти высказывания не потеряли своей актуальности и в настоящее время.

До последнего времени внекорневое питание сои не исследовалось. Среди печатных работ, посвященных внекорневым подкормкам, ни одной не оказалось посвященной этой культуре.

В литературе имеются указания, что удобрения, вносимые в почву под сою, не дают эффекта или они малоэффективны. Так, В. И. Товарницкий (1935), обобщая работы зарубежных авторов применения удобрений под сою, писал, что согласно исследованиям многих из них удобрения, вносимые под сою, особенно азотистые, малоэффективны. А. К. Лещенко, В. В. Касаткин и М. И. Хотулев (1948), обобщая опыты по применению удобрений под сою Ростовской и Ставропольской опытных станций, указывают: «Полученные в опытах прибавки настолько незначительны, что не представляли практического интереса». Отмечено немало подобных случаев и на Дальнем Востоке: в Амурской области и Приморском и Хабаровском краях, когда вносимые под сою удобрения не давали должного эффекта, хотя с контрольных делянок при этом урожай снимался довольно низкий (5—7 ц/га).

Правильно оценить потребность растений в удобрениях можно лишь при знании потребности растения в элементах питания и наличии этих элементов в почве в период вегетации.

В условиях Дальнего Востока соя — культура позднеспелая. Сеется в мае, а убирается — в лучшие годы в конце сентября, а в обычные — в половине октября. Согласно исследованиям А. Т. Грицуна (1965), растения ее до 50% фосфора потребляют в период плодообразования (августе—сентябре); в это же время они поглощают и значительную часть азота. По данным того же автора и В. Т. Куркаева, и Д. А. Курдина (1961), динамика подвижных форм фосфора и азота в почве неблагоприятствует нормальному росту и развитию сои. В начале ее вегетации в почвах Приморского края и Амурской области отмечаются значительные количества подвижных форм соединений азота и фосфора, затем содержание их уменьшается и к началу плодоношения становится ничтожно мало. Поэтому в самый ответственный период, когда начинают формироваться семена, растения испытывают недостаток в основных элементах питания.

Следовательно, образование бобов у сои в обычных условиях протекает при минимальном количестве в почве азота и фосфора.

На Дальнем Востоке в июле—августе, как правило, выпадает большое количество осадков. Почвы же в соесеющих районах большей частью тяжелые, слабоструктурные, гумусовый горизонт мелкий и расползнен на плотном подзолистом слое. В силу этого верхний горизонт после выпадения осадков переувлажняется и создаются неблагоприятные условия воздушно-водного режима для корневой системы, микробов и биохимических процессов. В частности, анаэробные условия способствуют образованию труднорастворимых соединений фосфора, типа фосфатов полоторных окислов железа и алюминия.

Из-за переувлажнения почвы и чаще всего из-за смыкания листьев растений в междурядьях обработка посевов в июле прекращается. Таким образом, улучшить воздушно-водный режим почвы путем агротехнических приемов в период образования бобов не представляется возможным. В силу этого, даже при наличии большого количества в почве фосфора, растения испытывают его недостаток и голодают. Аналогичное происходит и при наличии азота в подобных условиях.

О том, что в период плодоношения соя нуждается в питании и весьма отзывчива на внесение удобрений во всех формах, говорится в работах А. Т. Грицуна (1965), В. Т. Куркаева, В. И. Голова (глава I) и Н. А. Пенчуковой (1965). Таким образом, в период образования бобов растения сои оказываются в критическом положении и сильно нуждаются в снабжении фосфором и азотом. Внести их в почву в это время не представляется возможным по указанным выше причинам. Остается один путь — дать растениям элементы питания в виде внекорневой подкормки.

Ранее (Беликов, 1952, 1955, 1957, 1963) установлено, что с момента образования бобов в отдельных узлах вегетативный рост замедляется, а с их появлением во всех узлах он прекращается совсем. Ассимиляты при этом используются локально, т. е. от каждого листа они поступают преимущественно к бобам, которые находятся в его пазухе. После удаления даже всех бобов на растении или при усилении азотистого питания вегетативный рост не возобновляется. Следовательно, применяя внекорневую подкормку посевов сои, мы будем влиять на увеличение урожая семян и на изменение его качества.

Внекорневая подкормка сои суперфосфатом. В 1955—1956 гг. изучалось внекорневое питание сои с помощью метода меченых атомов ( $P^{32}$ ). Применялся радиоактивный суперфосфат в виде раствора и порошка. Его наносили на листья различных ярусов. Через небольшой промежуток времени фосфор был обнаружен в подкормленном листе и листьях различных ярусов, стебле, боковых побегах, клубеньках и корневой системе. Особенно много его было отмечено в растущих частях растения (Беликов, 1957, 1963). Позднее подобные опыты с внекорневой подкормкой радиоактивным суперфосфатом проводили П. К. Сидоренко и Н. А. Пенчукова. Они получили аналогичные данные.

Проведенные полевые и производственные опыты с внекорневой подкормкой посевов сои пылевидным суперфосфатом показали большую эффективность этого приема. Урожай семян увеличивался на 2—3,5 ц/га. Такая большая эффективность внекорневой подкормки посевов сои объясняется еще и биологическими особенностями растений сои и природными условиями Дальнего Востока. Листья у сои имеют очень густое опушение, и пылинки

суперфосфата довольно прочно удерживаются на листе. Они не смываются осадками и не сдуваются ветром. В июле—сентябре в соеящихся районах Дальнего Востока относительная влажность воздуха держится на уровне 90—95%, а в ночные часы и в пасмурную погоду в дневные часы она бывает еще выше. Вот почему после проведения внекорневой подкормки суперфосфат растворяется постепенно, и растение получает возможность в течение длительного времени поглощать фосфор. Последний резко улучшает и азотистое питание.

В опытах П. К. Сидоренко отмечено, что фосфор, движущийся вниз по стеблю, в первую очередь поступает к клубенькам, а затем уже в корни. Вскоре после проведения внекорневой подкормки суперфосфатом содержание азота в клеточном соке листьев резко увеличивалось. Подсчет показал, что у подкормленных растений количество клубеньков и их вес увеличивается в 2 и более раза против контроля.

Поскольку поступление фосфора через листья не специфический акт, то и реакция организма растения тоже неспецифическая. В этом отношении весьма интересны данные Н. А. Пенчуковой. Ею показано, что при нанесении суперфосфата на листья растения из расчета 100 кг/га резко увеличивается поступление фосфора в надземные органы через корни. Хотя казалось бы, наоборот, при нанесении на листья суперфосфата из корней в надземные органы должно поступать меньше, чем где удобрения на листья не вносились. Наиболее полное познание роли фосфора, поступающего через листья, позволит использовать внекорневую подкормку намного эффективней. Биологические возможности к этому у сои имеются большие, и урожай ее может быть увеличен еще больше.

Подкормка сои азотистыми удобрениями. Вопрос, нужно ли под сою вносить азотистые удобрения, до сих пор в зарубежной и нашей литературе трактуется по-разному. Одни утверждают, что соя в них не нуждается, наоборот, она сама обогащает почву азотом. Другие придерживаются противоположного мнения и считают, что азотистые удобрения под сою вносить необходимо. А. Т. Грицун в книге «Соя в Приморье» (1965) в разделе «Применение удобрений под сою» пишет: «Пашотные земли Приморья богаты содержанием клубеньковых бактерий, с которыми соя вступает в активный симбиоз и при благоприятных условиях зольного, особенно фосфорного питания, а также при хороших физико-химических свойствах почвы не нуждаются в минеральном азоте. При таких условиях соя свою потребность в азоте почти на 100% удовлетворяет за счет фиксирующего азота атмосферы» (стр. 135—136). В ранний период, когда растение сои имеет только 2—3 тройчатых листа, большую часть продуктов фотосинтеза, созданных этим малым ассимиляционным аппаратом, растение вынуждено отдавать клубенько-

вым бактериям за атмосферный азот. Вот почему в ранний период вегетации соя растет очень медленно. А при наличии в почве азота растения ее не прибегают к помощи клубеньковых бактерий и все ассимиляты расходуют на свои нужды. Почему на почвах, богатых азотом, соя растет энергичнее? Об этом говорят следующие данные.

В колхозе имени КПСС (Приморский край) нами проведены сравнительные наблюдения за ростом и развитием растений на почвах, богатых и бедных азотом. На 10 июля на почвах, бедных азотом, растения сои имели на стебле по 2 узла и 2 листа с общей площадью 50 см<sup>2</sup>; на это же число на почвах, богатых азотом, растения имели уже по 6 узлов и по 6 листьев с площадью 580 см<sup>2</sup>. Растения сои прибегают к помощи клубеньковых бактерий только в случае, когда нет азота в почве. Если все сбалансировать, то может оказаться, что выгодней под сою вносить минеральный азот и получать больший урожай семян, чем менять часть урожая семян на атмосферный азот клубеньков. Азотистые удобрения часто не влияют на повышение урожайности семян только потому, что их вносят весной, а бобы формируются в сентябре. В такой длинный промежуток времени много азотистых соединений вымывается осадками.

Положительное влияние азотистых удобрений на повышение урожая семян сои и их качество установлено нами специальным опытом (Беликов, 1952). Позднее, в течение трех лет А. И. Чуб и Н. П. Выхрестюк (главы 5 и 6) изучали влияние внекорневой подкормки сои азотистыми удобрениями и установили, что азотистые внекорневые подкормки увеличивают урожай семян сои на 1,5—2,0 ц/га. Несколько уменьшается при этом процент масла в семенах, но общий сбор масла с гектара возрастает. Особенно заметное влияние азотистые внекорневые подкормки оказывают на повышение процента содержания в семенах белка и сбора его с гектара.

Подкормка сои молибденом. Опыты по применению молибдена в качестве микроудобрения под сою проводятся на Дальнем Востоке уже несколько лет Амурской и Приморской опытными станциями, Дальневосточным научно-исследовательским институтом сельского хозяйства и Дальневосточным государственным университетом. Доказана его эффективность: получается хорошая и устойчивая прибавка урожая. Применение молибдена (обработка семян перед посевом) в настоящее время обязательный агроприем.

В организме растений молибден является составной частью ряда ферментов: ксантиноксидазы, альдегидоксидазы, которые активизируют ферменты — нитратредуктазу, гидроксиламиноредуктазу и др. При их помощи клубеньковые бактерии усваивают молекулярный азот воздуха и переводят его в усвояемую форму для растений в виде аммиачных солей; в процессе обменных ре-

акций в организме растений синтезируются аминокислоты, белки и другие азотистые соединения.

При корневом питании бобовые растения также поглощают много азота из почвы. Он чаще всего поступает через корни в виде соединений нитратов и нитритов —  $\text{NaNO}_3$  и  $\text{NaNO}_2$ . Данные этих соединений могут включаться в белковый обмен растения, только когда с помощью ферментов и молибдена будут переведены в форму аммиачных соединений. При недостатке молибдена в почве азотистые удобрения, кроме аммиачных, бобовыми растениями почти не усваиваются, и растения голодают, несмотря на то, что в почве много азота. Усвоение бобовыми растениями азота и его превращение в процессе обмена находится в большой зависимости от наличия в почве молибдена в усвояемой для растений форме. Чем больше растения потребляют азота, тем больше им требуется молибдена. Вот почему бобовые растения резко реагируют на внесение молибденовых удобрений и дают высокие прибавки в урожае.

### Выводы

1. В условиях Дальнего Востока соя имеет сравнительно длинный вегетационный период, который в зависимости от сорта длится от 105 до 140 дней.

2. В течение всего вегетационного периода в довольно большом количестве соя поглощает элементы питания: более 50% азота, фосфора, калия и молибдена в период формирования бобов — августе—сентябре.

3. В силу своеобразных природных условий Дальнего Востока (выпадения большого количества осадков в июле—августе и тяжелые физико-химические свойства почв) к началу формирования у сои бобов элементов питания (азота и фосфора) в подвижной форме в почве в достаточном количестве не оказывается, и растения голодают. Нужны подкормки.

4. Проведенные внекорневые подкормки суперфосфатом, раствором мочевины и молибдатом аммония в этот период дали весьма положительные результаты. Получена прибавка 2—4,5 ц/га семян. Элементы питания из суперфосфата в равной мере хорошо поглощаются клетками листьев как из раствора, так и из порошка.

5. Высокая эффективность внекорневых подкормок объясняется еще тем, что листья у сои имеют густое опушение, благодаря чему капли раствора и пылинок удобрений прочно удерживаются на листе.

Высокая относительная влажность воздуха в период формирования бобов способствует растворению удобрений и хорошему усвоению азотистых и фосфорных соединений через клетки листьев. Кроме того, высокой эффективностью внекорневых под-

кормок способствует еще и следующее. С образованием бобов на растении сои ассимиляты перестают поступать в вегетативные органы, а направляются преимущественно в бобы, и этот процесс необратим. Причем, используются ассимиляты локально, т. е. от каждого листа они поступают только к тем бобам, которые находятся в его пазухе. Поэтому корневые подкормки, проведенные на посевах сои в период бобообразования, будут способствовать не только накоплению в семенах пластических веществ, но и изменять их качество.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Авдонин Н. С., 1954. Подкормка сельскохозяйственных растений. М., Сельхозгиз.
- Беликов И. Ф., 1952. Влияние удобрений на химический состав сои. Тр. ДВ ФАН, № 1, серия растениевод. Владивосток.
- Беликов И. Ф., 1955. О локальном использовании продуктов фотосинтеза у сои. Докл. АН СССР, т. 102, № 2.
- Беликов И. Ф., 1957. Поступление радиоактивного фосфора ( $P^{32}$ ) в растение сои при внекорневом питании. Вестник н.-и. ин-та КНДР, т. 2, № 5 (на корейском языке).
- Беликов И. Ф., 1963. Распределение продуктов ассимиляции у сои в онтогенезе. В кн.: Физиология сои и картофеля на Дальнем Востоке. Изд. АН СССР.
- Беликов И. Ф., И. Г. Ткаченко, 1961. Соя в Приморском крае, Владивосток.
- Грицун А. Т., 1965. Применение удобрений под сою. В кн.: Соя в Приморском крае. Владивосток.
- Егоров А. В., 1957. Внекорневое питание растений фосфором. Известия ТСХА, вып. 3.
- Куркаев В. Т., Д. А. Курдин, 1961. Удобрения сои. Благовещенск.
- Курсанов А. Л., 1957. Корневая система растений как орган обмена веществ. Известия АН СССР, № 6, серия биологич.
- Лешенко А. К., В. В. Касаткин, М. И. Хотулев, 1948. Соя. М., Сельхозгиз.
- Мацков Ф. Ф., 1941. Теория и практика внекорневой подкормки. Записки Харьковского СХИ, т. 3, вып. 1—2.
- Мацков Ф. Ф., 1957. Внекорневое питание растений, Киев. Изд. АН УССР.
- Пейве Я. В., 1960. Микроэлементы и ферменты. Рига.
- Пейве Я. В., 1961. Роль микроэлементов в обмене веществ и повышении продуктивности сельскохозяйственных культур. Изв. АН СССР, № 6.
- Пенчукова Н. А., 1965. Внекорневые подкормки сои. Тр. Амурск. с.-х. опытной станции, Хабаровск, Кн. изд.
- Ратнер Е. И., Г. В. Бариннов, 1959. «Физиология растений», № 3.
- Сабинин Д. А., 1940. Минеральное питание растений. М.—Л., Изд. АН СССР.
- Сборник: Внекорневая подкормка сельскохозяйственных растений, 1955. М., Сельхозгиз.
- Сидоренко П. К., 1967. Внекорневая подкормка сои в условиях Приморского края. Автореферат кандид. дисс.
- Сабинин Д. А., 1949. О значении корневой системы в жизнедеятельности растений. Девятое Тимирязевское чтение. Изд. АН СССР.
- Трошин А. С., 1956. Проблема клеточной проницаемости. М.—Л., Изд. АН СССР.

---

Сборник: Внекорневое питание растений. Сборник переводов из иностр. период. литературы, 1956. Изд. ИЛ.

Учеваткин Ф. И., А. А. Бородулина, 1953. Результаты исследований по внекорневым подкормкам хлопчатника. Изв. АН УзССР, № 3.

Унттвер С. Х., М. Д. Буковак, Х. Б. Таки, 1965. Достижения во внекорневом питании растений. В кн.: Удобрения. Изд. «Колос».

Якушкин И. В., М. М. Эдельштейн, 1955. Внекорневая подкормка сельскохозяйственных культур, М., Изд. «Знание».