

К ДИАГНОСТИКЕ ПИТАНИЯ СОИ

В. Т. КУРКАЕВ

Соя использует большое количество элементов питания, особенно азота. Значительная часть азота усваивается при помощи клубеньковых бактерий из воздуха. Этот процесс зависит от ряда условий: обеспеченности фосфором и молибденом, кислотности, наличия влаги и воздуха в почве. Поэтому меняется и потребность в азотных и фосфорных удобрениях.

Потребление элементов питания соей растягивается надолго. Вегетационный период длится 102—113 и более дней. За это время происходят большие изменения в содержании доступных форм элементов питания в почве и превращении удобрений. От всходов до цветения соя потребляет мало питательных веществ. Однако недостаток их в этот период отрицательно сказывается на урожае, так как в начале роста у сои формируются узлы, ветви и цветки. При недостатке питания во время цветения цветки и завязи опадают.

Действие удобрений зависит и от погоды. При нормальном увлажнении и аэрации растения лучше развиваются при внесении фосфорных удобрений, при переувлажнении начинают сильнее действовать и азотные. Поэтому контроль за содержанием элементов питания в почве и потреблением их растениями на протяжении вегетации особенно необходим при использовании удобрений под сою.

На луговых черноземовидных почвах соя больше всего нуждается в фосфорных удобрениях, в меньшей степени — в азотных. Особенно высока потребность в фосфорных удобрениях на дерново-подзолистых почвах. Калийные удобрения на этих почвах не требуются. На бурых лесных и пойменных луговых почвах необходимы фосфорные, азотные и калийные удобрения, на всех почвах — молибденовые удобрения, а на легких по механическому составу — и борные.

Потребности в удобрениях при различных условиях определяются методами почвенной и растительной диагностики. При почвенной диагностике определяют содержание нитратного и аммиачного азота, подвижного фосфора по Чирикову, подвижного калия по Пейве. В связи с внедрением пламенно-фотометрического определения калия целесообразен переход на метод Масловой, для которого будут установлены соответствующие индексы.

Определяя потребность в удобрениях, обязательно учитывают содержание влаги в почве, хотя бы глазомерно. При недостатке или избытке влаги растения хуже усваивают элементы питания.

Приводим данные об урожае сои (в ц/га) в зависимости от содержания в почве нитратного и аммиачного азота и фосфора (в мг/кг) при внесении удобрений:

	N 37,4 P — 17,9	N 23,3 P — 14,5
Контроль	13,7	17,1
N ₃₀	13,4	18,1
P ₆₀ — 90	14,3	16,2
N ₃₀ P ₆₀ — 90	15,3	16,7
N ₆₀ P ₉₀ — 120	15,6	17,2

Следовательно, при низком содержании азота фосфор снизил урожай, а при высоком, особенно при дополнительном внесении азота, — повысил.

На протяжении лета происходят превращения элементов питания в почве. Наибольшей изменчивости подвержено содержание нитратного и аммиачного азота. Из табл. 1 видно, что содержание азота во второй половине вегетации резко снижается. Это связано, главным образом, с потреблением растениями азота. Содержание подвижного фосфора также уменьшается, что может вызвать голодание растений.

Удобрения под сою применяют в разные сроки. Наибольшую трудность представляет определение норм основного удобрения. Для этой цели применяется несколько методов. При расчетном методе (3, 4, 10) учитываются: количество питательных веществ, выносимых из почвы с запланированным урожаем; использование питательных веществ, содержащихся в почве, использование элементов питания из удобрений.

Таблица 1

Динамика содержания нитратного и аммиачного азота в почве под соей в период вегетации (N в мг/кг почвы) в различные сроки (1-й — 22/VI, 2-й — 11/VII, 3-й — 21/VIII, 4-й — 14/IX)

Варианты	Нитратный азот, сроки:				Аммиачный азот, сроки:			
	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й
Контроль	9,9	0	0,9	—	23,0	2,3	—	6,3
N ₄₀	15,4	16,7	1,2	—	17,5	10,9	6,5	—
P ₄₀	12,7	2	1	1,2	13,6	2,2	8,8	5,1
N ₄₀ P ₄₀	17,5	3,2	0,8	1,6	17,2	3,2	7,1	0
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	15,8	2,5	1,1	0,9	15,6	3,8	6,6	6,8
N ₈₀ P ₄₀ K ₄₀	36,7	6,4	1,2	—	22,3	3,5	5,9	6,7

Чтобы определить дозы основного удобрения расчетным методом, необходимо применительно к определенным условиям разработать ряд коэффициентов в зависимости от сорта, почвы, величины запланированной прибавки урожая. Этот метод применительно к сое в наших условиях находится в стадии разработки.

В методе, основанном на данных опытов с учетом поправок на почвенное плодородие, используются результаты полевых опытов с видами и нормами удобрений, поставленных в условиях, близких к производственным, на основных типах почв. Чтобы увязать результаты полевых опытов с агрохимическими картограммами, нужно вносить поправки

на различие в содержании питательных веществ на почвах опытных участков и удобряемых полей.

В зависимости от обеспеченности почв подвижными элементами питания предлагаются индексы, разработанные для определенных условий, например для Приморского края (1). Для почв Амурской области можно пользоваться следующими нормами в зависимости от потребности почвы в удобрениях (I — сильная потребность, II — средняя, III — слабая, IV — нет потребности):

	I	II	III	IV
Фосфорные удобрения:				
подвижный фосфор по Чирикову, мг/кг	0—20	20—40	40—50	больше 60
P ₂ O ₅ , кг/га	90	60	30	—
Калийные удобрения:				
подвижный калий по Пейве, мг/кг	0—50	50—70	70—100	больше 100
K ₂ O, кг/мг	60	40	20	—

На дерново-подзолистых почвах обязательно внесение гранулированного суперфосфата в рядки при посеве. Азотных удобрений при посеве сои по пшенице вносят в 2—3 раза меньше, чем фосфорных, при посеве по пару — не вносят вовсе.

В период вегетации может обнаружиться недостаток некоторых элементов питания. В этом случае применяются методы растительной диагностики — визуальной и химической (анализ клеточного сока, листовой или общий). Эти методы хорошо разработаны (6, 7, 11, 12). Методы визуальной и химической диагностики для сои разрабатывались в Амурской области (5).

При визуальной диагностике отмечают внешний вид посевов, величину и форму растений, листьев, их цвет, наличие и окраску пятен, развитие корневой системы, цвет корней, наличие заболеваний, количество, размещение и размер клубеньков.

Из химических методов наиболее прост и доступен анализ клеточного сока. Из распространенных приборов В. В. Церлинг и К. П. Магницкого для производственных целей наиболее приемлем прибор Магницкого, так как он позволяет использовать в анализе сразу пробу из 20 листьев. Этим прибором в выжатом клеточном соке при помощи капельных реакций определяют азот, фосфор и калий. Приводим данные об урожае сои в связи с содержанием элементов питания в клеточном соке (в мг/кг):

	Нормальные условия	Недостаток азота	Недостаток фосфора
Фаза цветения:			
N	375	25	250
P ₂ O ₅	30	16	8
Фаза бобообразования:			
N	100	0	100
P ₂ O ₅	40	80	8
Урожай зерна, ц/га	20,2	14,8	15,8
Вес 1000 зерен, г	138	120,5	113

Нами изучался состав клеточного сока в растениях сои, взятого в разное время суток (табл. 2). Большой разницы не наблюдалось, но для большей сравнимости лучше брать пробы в одно время — утром. При этом и сок выжимается легче.

Таблица 2

Содержание азота и фосфора в клеточном соке
в зависимости от времени суток (в мг/кг)

Часть растения	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	9 ч.	17 ч.	9 ч.	17 ч.	9 ч.	17 ч.
1. Нормальное питание						
Черешки листьев:						
1-й	750	750	16	8	2200	4500
2-й	750	750	16	30	4500	6000
3-й	375	500	60	60	4500	6000
Стебель:						
низ	750	750	60	40	3000	4500
верх	100	375	60	60	4500	6000
2. Недостаток азота						
Черешки листьев:						
1-й	50	10	16	16	4500	4500
2-й	50	10	30	16	4500	4500
3-й	25	0	40	30	4500	4500
Стебель:						
низ	50	10	80	60	4500	3000
верх	10	0	40	40	4500	4500
3. Недостаток фосфора						
Черешки листьев:						
1-й	750	750	0	8	3000	4500
2-й	750	500	8	8	4500	4500
3-й	175	250	30	16	3000	4500
Стебель:						
низ	500	750	16	16	3000	3000
верх	175	250	30	30	3000	4500

Изучался также состав сока, взятого из разных частей растения. Некоторые результаты приведены в табл. 3. Они показывают, что лучше анализировать сок из черешков верхних взрослых листьев, а не нижних, как рекомендуют некоторые авторы для бобовых (7, 12). Морган и Уикстром рекомендуют брать у бобовых (кроме люцерны) черешок третьего сверху листа. При этом нужно избегать молодых листьев. Из нижней части стебля сок трудно выжимается и сильно окрашен.

На поле, питание растений на котором нужно охарактеризовать, берут не менее трех проб. Место взятия их должно отражать состояние растений на всем поле. Каждую пробу составляют из черешков третьего сверху листа (верхний взрослый лист), взятых на 20 растениях.

Отсутствие или низкое содержание одного из элементов указывает на острую нехватку этого элемента. Подкормка соответствующим удобрением исправляет питание и повышает урожай. Как показывают проведенные опыты, у сои можно проводить диагностику питания азотом по анализу клеточного сока.

Достаточно хорошие результаты при работе с прибором Магницкого достигаются при использовании бумажной цветной шкалы. Нужно учитывать, что сухой реактив на азот при хранении теряет чувствительность и становится непригодным. Качество реактивов проверяют по стандартным растворам, сравнивая их окраску с бумажной шкалой.

Анализ клеточного сока применяют и как средство контроля за действием удобрений (табл. 4).

Таблица 3

Содержание азота и фосфора в клеточном соке сои в начале цветения в зависимости от части растения (в мг/кг)

Питание	Черешки листьев					Стебель	
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	низ	верх
Азот							
Нормальное	500	375	175*	100	100	375	100
То же	500	375	250*	175	—	500	50
Недостаток азота	25	10	50*	50	—	10	100
То же, подкормка N	25	25	100*	100	—	25	100
Недостаток фосфора	500	375*	250	50	—	375	100
То же, подкормка P	500	250*	250	25	—	500	100
Фосфор							
Нормальное	30	30	30*	40	40	60	40
То же	16	16	30*	40	—	60	40
Недостаток азота	16	16	30*	40	—	60	80
То же, подкормка N	16	16	30*	40	—	80	40
Недостаток фосфора	16	16*	30	40	—	60	40
То же, подкормка P	16	16*	30	30	—	40	60

* Состав сока у листьев, отражающих питание растений.

Таблица 4

Содержание азота и фосфора в клеточном соке сои в зависимости от удобрений (в мг/кг, 1, 2, 3 — сроки взятия проб; 1-й — 27/VII, 2-й — 17/VIII, 3-й — 7/IX)

Удобрения	Азот						Фосфор					
	без молибдена			с молибденом			без молибдена			с молибденом		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	0	10	0	10	25	0	30	30	40	16	30	30
N ₃₀	375	100	0	175	100	0	30	30	30	30	30	30
P ₆₀	25	10	0	10	50	0	30	40	30	30	40	30
N ₃₀ P ₆₀	10	0	0	25	10	0	30	60	30	30	60	16
N ₃₀ P ₉₀	10	10	0	100	50	0	30	30	40	16	40	30
N ₆₀ P ₆₀	100	50	0	375	50	0	40	40	40	40	40	30
N ₆₀ P ₉₀	100	0	0	175	0	0	30	60	30	40	60	30
N ₆₀ P ₁₂₀	175	10	0	175	25	0	40	60	60	40	60	30

В период бобообразования азот в клеточном соке почти не обнаруживается. Это объясняется либо недостатком азота в питании, либо со специфическим питанием сои азотом в связи с усиленной деятельностью клубеньковых бактерий. В этом случае, кроме анализа клеточного сока, нужно использовать другие методы диагностики.

Химическая диагностика по анализу листовых пластинок или целых растений на содержание азота, фосфора и калия у нас не разработана.

Общие признаки условий питания сои следующие.

Нормальное питание — такое, при котором растения хорошо развиваются и дают высокий урожай. Соя хорошо растет, если в почве достаточно азота, фосфора, калия и других элементов питания, а также влаги.

Растения в молодом возрасте зеленые или темно-зеленые, высокорослые, с крупными широкими листьями, ветвятся, обильно цветут, междурядья смыкаются. На корнях много клубеньков, они крупные. Вид листьев и клубеньков при разном питании на Амуре показан в одной из наших работ (5). В клеточном соке содержится 250—375 мг азота, 40—60 мг фосфора и 3000 мг калия.

Недостаток азота растения сои испытывают с молодого возраста на почвах с низким содержанием гумуса (меньше 3%). На почвах с более высоким содержанием гумуса азотное голодание наступает позднее. Внесение азотных удобрений под сою требуется во многих случаях. Без применения молибдена на всех почвах с фазы цветения растения испытывают недостаток азота.

В период роста недостаток азота обнаруживается по внешнему виду растений. Растения желтовато-зеленые, скорость роста у них замедлена, низкорослые, листья мелкие. В фазе двух тройчатых листьев первый лист имеет светло-зеленую окраску, равномерную по листу, второй лист — желтовато-зеленый: возле жилок светло-зеленый, между жилками — зеленовато-желтый («пестрые листья»). В дальнейшем окраска новых листьев такая же. Если азотное голодание уменьшается или исчезает, верхние листья имеют зеленую окраску (нижние листья более светлые). В фазе бобообразования все листья могут приобрести зеленую окраску, однако желтоватые тона, особенно на нижних листьях, сохраняются до конца вегетации.

В клеточном соке черешков взрослых листьев верхнего яруса содержится 0—50 мг азота, 40—80 мг фосфора. При уменьшении азотного голодания в верхних взрослых листьях содержание азота выше, чем в нижних. Корень кремовой окраски, местами светло-бурый, клубеньков сравнительно много, они крупные (в фазе цветения 2—3 мм).

При обеспеченности молибденом, хорошей влажности и аэрации признаки недостатка азота могут исчезнуть через 10—12 дней в результате хорошей азотофиксирующей деятельности клубеньков.

Недостаток фосфора соя испытывает, если в почве перед посевом мало подвижного фосфора (особенно если его меньше 15 мг/кг). Усилению фосфорного голодания способствуют переувлажнение почвы, кислая реакция, накопление подвижных железа и алюминия. При таких признаках необходимо до посева и при посеве внести суперфосфат или другое фосфорное удобрение.

Во время роста сои признаки недостатка фосфора отчетливо выявляются по внешнему виду растений. Растения зеленые или темно-зеленые, растут медленно, листья мелкие, удлиненные. Примордиальные листья темно-зеленые, на них появляются бурые узловатые пятна отмершей ткани, листья рано отмирают. Отмершие листья бурые. Первый тройчатый лист темно-зеленый с единичными мелкими бурыми пятнами. Второй тройчатый лист — зеленый, без пятен.

Описанные признаки в дальнейшем проявляются все выше по растению. Нижний ярус имеет тусклый вид, верхний — светлее. Во все фазы сохраняется зеленая или темно-зеленая окраска, растения мелкие, междурядья (при посеве на 45 см) не смыкаются.

У молодых растений корень бурый, сердцевина белая, клубеньки единичные, мелкие (до 1 мм), расположены главным образом на боковых корнях. В дальнейшем, при улучшении фосфорного питания (или уменьшении поступления азота), клубеньков может образоваться больше. Цветов и бобов образуется мало.

В клеточном соке содержится фосфора мало (0,16 мг/кг), а содер-

жание азота повышено (до 500 и более мг/кг). Недостаток фосфора особенно сильно снижает урожай.

Недостаток калия соя испытывает, если в почве мало подвижного калия (меньше 50—70 мг/кг почвы по Пейве). В засушливые годы потребность в калийных удобрениях увеличивается, в сырые — уменьшается.

Признаки недостатка калия и потребность в калийных удобрениях нужно ожидать на бурых лесных (Благовещенский, Свободненский, Шимановский, Завитинский, Бурейский районы) и пойменных луговых почвах (в поймах Амура, Зеи, Буреи, Архары и других рек).

При недостатке калия растения развиваются хуже, урожай снижается. По краям нижних листьев появляются пожелтевшие участки, которые в дальнейшем сливаются и образуют сплошную каемку. Края листьев закручиваются, отмершая ткань выпадает (6, 8). Хорошо выраженные внешние признаки недостатка калия проявляются сравнительно редко. В клеточном соке калия мало (меньше 1500 мг/кг).

Недостаток молибдена растения сои испытывают, если его мало в почве — оксалатно-растворимого молибдена (9) меньше 0,15 мг/кг почвы. Практически на всех почвах Амурской области молибдена для сои недостаточно.

На бобовых растениях при недостатке молибдена обычно проявляются признаки азотного голодания (2, 7, 9), так как действие его связано с развитием клубеньков. При недостатке молибдена сильнее и раньше проявляются признаки недостатка азота. В начале цветения или несколько позднее листья приобретают светло-зеленую и желтовато-зеленую окраску, которая сохраняется до конца вегетации.

При недостатке молибдена и слабом азотном питании азот в клеточном соке отсутствует, а фосфор накапливается в значительном количестве. При хорошем азотном питании нитратный азот может накапливаться в клеточном соке верхнего яруса растений, так как для синтеза белковых соединений не хватает молибдена.

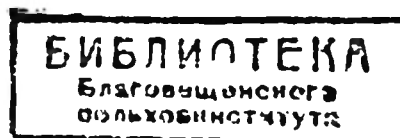
Клубеньки при наличии фосфора хотя и образуются в достаточном количестве, однако не достигают нормальной величины. При хорошей обеспеченности молибденом клубеньков образуется много и они крупные. Так как клубеньки появляются рано, их много на стержневом корне.

Недостаток бора соя испытывает (при этом снижается урожай), если воднорастворимого бора в почве меньше 0,2 мг/кг (9). Это особенно бурных лесных и пойменных луговых почв легкого механического состава.

Недостаток бора прежде всего сказывается на плодоношении: опадают цветы и завязи. Внешний вид растений сои при недостатке бора изучен мало. При избытке бора рост растений задерживается, тройчатые листья приобретают удлиненную форму. В дальнейшем растения поправляются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грицун А. Т. Применение удобрений в Приморском крае. Владивосток, 1964.
2. Катальмов М. В. Микроэлементы и микроудобрения. М.—Л., «Химия», 1965.
3. Книпер В. П. Основы расчетных методов определения доз удобрений. «Земледельце», № 7, 1966.
4. Кулаковская Т. Н. О дифференциации доз фосфорных и калийных удобрений. «Земледельце», № 9, 1963.
5. Куркаев В. Т. Применение удобрений в Приамурье. Хабаровское кн. изд-во, 1965.



6. *Магницкий К. П.* Диагностика питания растений по их внешнему виду. — В кн.: Агрохимические методы исследования почв. Изд-во АН СССР, М., 1960.
 7. *Магницкий К. П.* Контроль питания полевых и овощных культур. «Московский рабочий», 1964.
 8. *Нельсон В., Бэр Ф.* Симптомы недостаточности питательных элементов у бобовых культур. — В кн.: Признаки голодания растений, пер. с англ., М., Изд-во ин. лит-ры, 1957.
 9. *Ринькис Г. Я.* Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. Рига, 1963.
 10. *Савинский К. Ф.* Опыт разработки системы удобрения всевозобороте. «Земледелец», № 7, 1966.
 11. *Церлинг В. В.* Диагностика потребности растений в удобрениях. «Ж. Всес. хим. общества им. Менделеева», том X, № 4, 1965.
 12. *Церлинг В. В.* Диагностика питания растений по их химическому анализу. — В кн.: Агрохимические методы исследования почв, М., «Наука», 1965.
-