

О ДИАГНОСТИКЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ СОИ НА ОСНОВАНИИ ЕЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

М. Д. САЛТАНОВ

При определении потребности растений в удобрениях в настоящее время, наряду с анализами почв, все большее распространение получают методы растительной диагностики.

В Амурской области, которая дает около 70% всей сои, выращиваемой в стране, исследования по диагностике питания этой ценной технической культуры особенно необходимы. Данным вопросом впервые стал заниматься В. Т. Куркаев (1965).

Наша статья посвящена диагностированию питания сои и основана на экспериментальных данных за 1966 г.

Полевые опыты проводились нами совместно с Д. А. Курдиным на бурых лесных почвах Иннокентьевского совхоза Завитинского района с видами и нормами минеральных удобрений под сою сорта Салют 216. Площадь делянки — 150 кв. м, повторность опыта 4-кратная. Пробы растений и почв брали с трех мест делянки по диагонали, в двух повторностях опыта. Кроме того, пробы растений отбирали с производственных полей (на той же почве) Иннокентьевского и Куприяновского совхозов.

Бурые лесные почвы относятся к легким по механическому составу супесчаным почвам. На опытном участке они имели следующую агрохимическую характеристику: pH — 4,8; гидролитическая кислотность — 2,54 м.-экв. на 100 г почвы; содержание гумуса по Тюрину — 2,8%; подвижного фосфора по Чирикову — 4,1 мг P_2O_5 на 100 г почвы; подвижного калия по Масловой — 13 мг K_2O на 100 г почвы; сумма поглощенных оснований — 10,1 м.-экв. на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями — 79,9%.

В почве определяли следующее: нитратный азот — колориметрически с дисульфифеноловой кислотой; аммиачный азот — в 0,1н сол. вытяжке с реактивом Несслера; фосфор — по Чирикову, калий — в солянокислой вытяжке на пламенном фотометре.

Анализы проводились в различных органах сои в основные фазы развития растений.

Для изучения диагностики минерального питания сои использованы различные методы анализа: нитратный азот, фосфор и калий определяли в клеточном соке черешков и стеблей с помощью полевой лаборатории Магницкого; содержание тех же элементов определялось и в сухих образцах различных органов сои в вытяжке с 2-процентной ук-

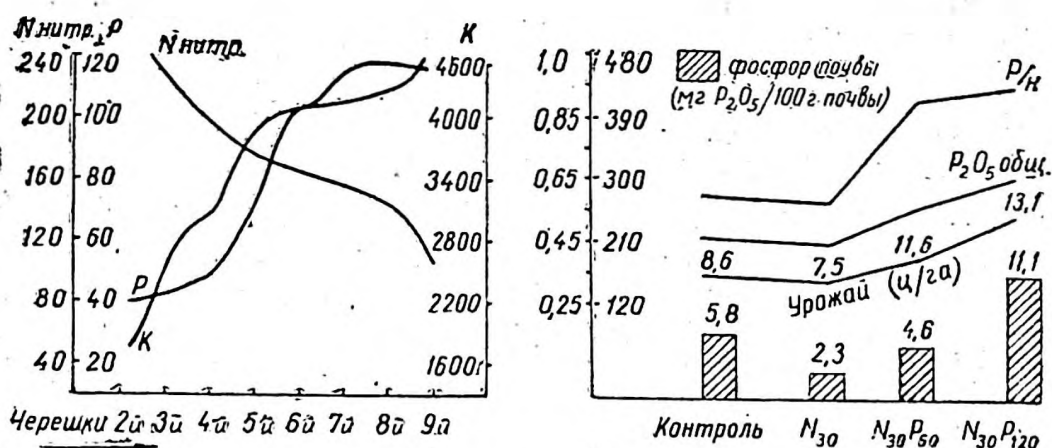
сусной кислотой при соотношении 1:100. Для осветления вытяжки использован активированный уголь. Названные элементы в подвижной форме определены колориметрическим и нефелометрическим методами, а калий, кальций и натрий — на пламенном фотометре.

Общее содержание азота, фосфора и калия определено в сухих образцах после сжигания смесью серной и хлорной кислот по методу Гинсбург и Щегловой. В полученной вытяжке азот определен по Кудряеву (фенолятгипохлоритная реакция), фосфор — по Дениже в модификации Труога-Мейера, калий — на пламенном фотометре.

Чтобы обосновать выбор органа и части растения для анализа, необходимо было знать распределение элементов питания по всему растению.

Как показали исследования Магницкого (1965), у ряда культур условия питания хорошо отражает химический состав черешков листьев. Кроме того, в черешках обычно меньше пигментов, что облегчает получение прозрачной вытяжки. Это побудило нас изучить распределение элементов питания в разные фазы развития в черешках листьев и стеблях сои с помощью полевой лаборатории Магницкого.

На рис. слева дано графическое изображение содержания нитратного азота, неорганического фосфора и калия в черешках в фазе плодобразования (вариант NPK).



Полученные результаты показывают, что содержание нитратного азота в черешках и стеблях сои снижалось, а фосфора и калия — увеличивалось от нижней части растения к верхней.

Состав клеточного сока черешков листьев сои на бурой лесной почве

Варианты	А з о т					Ф о с		
	28/VI	12/VII	19/VII	29/VII	8/VIII	28/VI	12/VII	19/VII
Контроль	313	200	313	313	100	16	28	12
N ₃₀	250	250	500	438	375	22	40	22
P ₆₀	313	250	175	175	75	16	40	34
K ₆₀	250	250	438	313	213	34	40	34
N ₃₀ P ₆₀	250	200	500	175	213	28	60	34
K ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	250	375	375	213	313	28	40	40
N ₃₀ P ₉₀	250	375	375	213	313	34	60	40
N ₃₀ P ₁₂₀	250	375	175	175	50	34	60	40
N ₆₀ P ₁₂₀	250	375	438	175	313	34	60	40
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	313	375	375	250	313	28	28	40

Данные графика (рис. слева) показывают также важное значение мест отбора проб. Для контроля питания сои и определения ее потребности в удобрениях необходимо брать черешки листьев одного возраста, чтобы получить сравнимые данные.

При сопоставлении урожайных данных с нормальным составом клеточного сока сои и местом отбора проб были выявлены определенные закономерности в распределении элементов питания по ярусам и органам сои. В связи с этим для контроля за минеральным питанием сои предлагается следующий порядок отбора растительных проб для анализов по фазам: 1) 1—2-й настоящий лист — все растение; 2) 3-й тройчатый лист — 2—3-й лист снизу; 3) цветение — 3—4-й лист снизу; 4) плодообразование — 4—5-й лист снизу; 5) налив бобов — 5—6-й лист снизу; 6) созревание — 6—7-й лист снизу.

При сопоставлении химического состава сока черешков и листьев сои в опыте с применением удобрения было установлено, что различия в азотном и фосфорном питании наиболее заметны в черешках листьев, закончивших рост, но физиологически еще активных (табл. 1).

Применение аммиачной селитры (вариант N₃₀) увеличило содержание нитратного азота почти во все фазы, но не сказалось на урожае сои, так как в первом минимуме был фосфор.

При внесении же азотных удобрений на фоне фосфорных (вариант N₃₀P₆₀) существенно увеличилось содержание нитратного азота, только в фазу бобообразования, что опять-таки не повысило урожая сои. Это, по-видимому, объясняется тем, что содержание нитратного азота в черешках листьев сои в варианте P₆₀ было в данном случае вполне достаточно для формирования урожая сои в 12,1 ц/га.

Увеличение дозы фосфора с 60 до 120 кг P₂O₅ снизило содержание нитратного азота в последние три срока до 175—150 мг, что, однако, не сказалось на урожае. Значит, падение содержания нитратного азота к фазе налива зерна—свидетельство оттока этого элемента из листьев в зерно, где он участвует в синтезе белка.

Содержание фосфора в черешках листьев контрольных и слабо удобренных растений было низким во все фазы и колебалось от 12 до 50 мг. В то же время, при внесении суперфосфата в вариантах N₃₀P₉₀, N₃₀P₁₂₀ и N₆₀P₁₂₀, которые дали максимальный урожай, содержание неорганического фосфора было значительно выше и колебалось по фазам в пределах 34—80 мг/кг сока. Это указывает на то, что в соке черешков листьев на контрольных делянках и удобренных одним азотом неорганического фосфора было недостаточно для получения высокого урожая сои в условиях 1966 г.

Таблица 1

в зависимости от удобрений (в мг/кг сока)

Ф о р		К а л и й					Урожай (ц/га)
29/VII	8/VIII	28/VI	12/VII	19/VII	29/VII	8/VIII	
50	40	3000	2200	3000	3000	3750	8,6
50	40	3000	2200	3000	3750	3000	7,5
70	60	3000	2200	3000	3500	3000	12,1
70	50	3000	2200	3000	3000	3750	7,6
80	70	3000	2200	3000	3000	3500	11,6
80	70	3000	2200	3000	3750	4500	11,8
80	80	3000	2200	3000	3750	4500	13,1
80	80	3000	2200	3000	3000	3750	13,1
80	80	3000	2200	3000	3000	4500	13,6
80	80	3000	2200	3000	3750	4500	13,3

Содержание калия мало изменялось в зависимости от удобрений и было сравнительно высоким во все фазы вегетации сои (2200—4500 мг). Признаки же калийного голодания обычно проявляются лишь при падении концентрации калия в черешках листьев сои до 1000—1500 мг/кг сока и ниже. Следовательно, в условиях 1966 г. калийные удобрения не оказали положительного влияния на урожай сои, так как растения были в достаточной степени обеспечены этим элементом.

Чтобы понять ход питания растений и уметь установить контроль за этим важным процессом, необходимо знать нормальный состав элементов питания, особенно в первый период жизни растений. Для этой цели, кроме полевого опыта, мы проводили анализы черешков листьев сои и на производственных посевах и в других опытах. Результаты этих анализов (300) позволяют дать ориентировочный состав клеточного сока черешков листьев сои для урожаев порядка 12—15 ц/га для бурых лесных почв (табл. 2).

Таблица 2

Нормальный состав клеточного сока сои для урожаев в 12—15 ц/га

Черешки	Фазы развития	Содержание (мг/кг кл. сока)		
		азот	фосфор	калий
2—3-й	3-й тройч. лист.	250—300	16—30	2500—3000
3—4-й	Цветение	300—375	40—60	2000—2200
4—5-й	Плодообразование	250—350	60—80	3000—4000
5—6-й	Налив бобов	200—300	60—80	3500—4000
6—7-й	Нач. созревания	до 50	60—80	2000—3000

Обсудим вопрос о влиянии удобрений на содержание в растениях неорганических и общих форм азота, фосфора и калия, а также их взаимосвязь с урожаем сои. Неорганические соединения извлекались 2-процентной уксусной кислотой из высушенных образцов растений. В сухом веществе обнаружено значительное содержание нитратного азота в первой половине вегетации (до плодообразования). В надземной массе в фазу 3-го листа содержалось 40—100, в фазу цветения — 120—300 мг нитратного азота на 100 г сухого вещества. В листьях нитратов оказалось в 1,5—2 раза меньше, а в стеблях, наоборот, в 1,5—2 раза больше, чем в надземной массе. Обращает на себя внимание явно низкое содержание азота в фазу 3-го листа (40—100) по сравнению с фазой цветения (140—300 мг на 100 г сухого вещества).

Содержание общего азота (в % на кг сухого вещества) в органах сои
IV — налив

Варианты	Надземная масса:				Л и с т ь я:		
	I	II	III	IV	I	II	III
Контроль	1,83	3,2	2,77	3,7	3,08	4,02	3,52
N ₃₀	2,85	3,77	2,99	3,7	3,58	4,91	3,86
P ₆₀	2,61	3,3	2,99	3,47	3,45	4,11	3,85
N ₃₀ P ₆₀	—	3,48	3,29	3,53	3,6	3,78	3,86
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	2,48	3,61	2,91	3,42	3,48	3,95	3,88
N ₃₀ P ₉₀	2,93	3,68	3,22	3,51	3,24	3,61	4,2
N ₃₀ P ₁₂₀	2,83	3,66	3,08	3,5	3,37	4,11	4,33

Как и в случае с клеточным соком, содержание неорганических соединений азота и фосфора, извлеченных уксуснокислой вытяжкой, в значительной степени увеличивается от внесения удобрений. Однако в условиях 1966 г. это не всегда приводило к увеличению урожая. Так, между содержанием нитратного азота в листьях и урожаем коэффициент корреляции для разных фаз развития сои колебался от $r=0,23 \pm 0,013$ до $r=0,11 \pm 0,01$, что указывает на отсутствие взаимосвязи между этими показателями.

Между содержанием неорганического фосфора в листьях и урожаем установлена положительная взаимосвязь. Коэффициент корреляции для разных фаз развития сои был довольно высоким и колебался от $r=0,82 \pm 0,073$ до $r=0,90 \pm 0,084$.

Таким образом, оба метода — анализ неорганических форм элементов питания в сыром веществе (клеточный сок), а также в сухом веществе (извлечение уксуснокислой вытяжкой) — дают весьма близкие результаты. Но второй метод более точен и удобен в тех случаях, когда невозможно проводить анализ растительных проб в полевых условиях.

Наибольшее содержание общего азота (табл. 3) обнаружено в зерне сои 5,71—7,35%, затем в бобах (со створками) — 5,48—5,90%, листьях — 3,08—4,9%, в стеблях — 1,4—2,38%. Максимальное накопление общего азота, как и нитратного, наблюдается в период цветения — плодообразования сои, а затем уменьшается.

Как видно из табл. 3, увеличение содержания азота в растении (особенно в фазу 3-го листа) не приводит к увеличению урожая.

Наибольшее накопление фосфора (табл. 4) приходится также на период цветения — плодообразования; наименьшее содержание его наблюдается в фазу 3-го листа (0,31—0,55%). Количество фосфора по фазам подвержено небольшим колебаниям и имеет тенденцию увеличиваться во второй период вегетации. Максимальное содержание этого элемента отмечено в зерне сои (1,05—1,47%), затем в бобах (0,74—0,95%), листьях (0,33—0,78%) и в стеблях (0,18—0,54%).

Повышение доз фосфорных удобрений приводит к накоплению фосфора в растениях и к увеличению урожая.

По аналогии с неорганическим фосфором между общим фосфором растений и урожаем сои также существует положительная зависимость. Коэффициент корреляции для различных фаз развития сои для надземной массы и листьев колеблется в пределах $r=0,71 \pm 0,055$ до $r=0,98 \pm 0,015$. Однако, несмотря на высокий коэффициент корреляции, абсолютные величины различия в содержании общего фосфора в ли-

Таблица 3

в основные фазы (I — 3-й лист; II — цветение; III — плодобразование; бобов)

IV	С т е б л и:				Б о б ы:		Зерно полн. спел.
	I	II	III	IV	III	IV	
3,52	1,9	1,62	1,44	1,69	3,09	5,79	5,71
3,53	1,9	1,58	1,42	1,73	3,5	5,9	5,88
3,52	1,9	1,95	1,44	1,7	3,48	5,86	5,8
3,49	1,9	2,38	1,54	1,66	3,44	5,75	6
3,2	1,55	2,23	1,4	1,46	3,51	5,6	6,23
3,34	2,07	2,25	1,42	1,66	3,18	5,48	6
3,25	2,23	2,27	1,46	1,68	3,58	5,7	6,05

Содержание общего фосфора (в % P_2O_5 на 1 кг сухого вещества) в органах
IV — налив

Варианты	Надземная масса:				Л и с т ь я :		
	I	II	III	IV	I	II	III
Контроль	0,31	0,39	0,58	0,51	0,33	0,44	0,67
N ₃₀	0,32	0,4	0,57	0,53	0,39	0,46	0,7
P ₆₀	0,38	0,58	0,76	0,67	0,4	0,62	0,74
N ₃₀ P ₆₀	0,36	0,58	0,66	0,65	0,36	0,58	0,72
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	0,36	0,53	0,62	0,62	0,36	0,61	0,75
N ₃₀ P ₉₀	0,42	0,62	0,68	0,64	0,43	0,61	0,75
N ₃₀ P ₁₂₀	0,55	0,64	0,72	0,77	0,52	0,67	0,78

ствах и других органах сои на удобренных и удобренных делянках опыта были небольшими. В связи с этим диагностировать питание сои с помощью общего содержания элементов питания будет, видимо, труднее, чем по их неорганическим формам. Эти различия хорошо видны на рис. 2, где приводится сравнительная зависимость урожая сои от содержания неорганического и общего фосфора растений и подвижного фосфора бурой лесной почвы.

Содержание калия в сое (1,2—2,4%) подвержено небольшим колебаниям в течение всей вегетации и зависит в большей степени от фазы развития, чем от действия удобрений. Максимальное накопление калия отмечено в период плодообразования (в 1,3—1,8 раза больше, чем в фазу цветения).

По органам сои калий распределяется относительно равномерно в первый период вегетации. Но, начиная с образования бобов, содержание его в стеблях постепенно уменьшается (с 1,2—1,7 до 0,6—0,8%) к фазе налива бобов, что связано, видимо, не только с участием калия в обмене веществ, но и в синтезе белка сои.

На основе проведенных исследований можно сделать предварительные выводы:

1. Содержание азота по высоте растений сои уменьшается, а фосфора увеличивается; калия больше в средней и верхней частях растений. С возрастом концентрация фосфора в растении плавно увеличивается. Наибольшее содержание азота приходится на период цветения — плодообразования, а калия — на промежуток вегетации от середины до конца плодообразования. Максимальное содержание азота, фосфора и калия приходится на бобы и зерно, а наименьшее — на стебли.

2. Диагноз питания сои возможно осуществлять в течение всей вегетации; контроль питания по фосфору и калию — в период от 3-го листа до плодообразования, а по азоту — в период до 3-го листа. Более поздние сроки приемлемы для контроля за качеством зерна сои.

3. На основе проведенных работ установлен ориентировочный нормальный состав трех элементов питания в клеточном соке черешков листьев сои для урожаев в 12—15 ц/га сои, а также уточнена методика отбора растительных проб для химических анализов.

4. Между химическим составом различных органов сои и урожаем существует определенная взаимосвязь; между содержанием азота и калия в растениях положительной корреляции с урожаем не установлено, а между содержанием фосфора в растениях и урожаем существует положительная и довольно высокая степень корреляции. На-

Таблица 4

соя в основные фазы (I — 3-й лист; II — цветение; III — плодообразование; бобов)

IV	С т е б л и:				Б о б ы:		Зерно полн. спел.
	I	II	III	IV	III	IV	
0,4	0,22	0,32	0,3	0,21	0,88	0,74	1,05
0,35	0,2	0,35	0,35	0,18	0,79	0,76	1,06
0,44	0,26	0,41	0,47	0,26	1,04	0,8	1,08
0,45	0,22	0,42	0,51	0,31	1,05	0,85	1,17
0,45	0,22	0,4	0,51	0,2	1,14	0,78	1,14
0,45	0,29	0,42	0,52	0,25	1,05	0,87	1,28
0,47	0,33	0,49	0,54	0,35	1,05	0,95	1,36

большой урожай сои наблюдается при содержании фосфора в листьях в фазу цветения 0,6—0,7% P_2O_5 . Соотношение азота к фосфору в этом случае равно 5,5—6,5 для листьев и 4,5—5,5 — для надземной массы.

5. Для диагностики минерального питания сои вполне приемлемы все три использованных нами метода анализа растений: капельные с полевой лабораторией Магницкого, пробирочные экспресс-методы Магницкого и общий анализ.