

УДК 581.192:635.655

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ СОИ^{1,2}Воронкова Н.А., ¹Мирошниченко А.А., ¹Скрипко Т.В., ²Волкова В.А., ²Цыганова Н.А.¹ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск;²ФГБНУ «СибНИИСХ», Омск, e-mail: shansiya@rambler.ru

В настоящей работе выявлены определенные закономерности и зависимости химического состава листьев растений сои от содержания элементов питания в почве и доз минеральных удобрений, величины и качества урожая. Установлено, что внесение минеральных удобрений и содержание подвижных форм в почве оказывает влияние на концентрацию как валовых, так и минеральных форм элементов питания в листе растений. Корреляционный анализ показал, что между дозами азотных удобрений и содержанием подвижного фосфора в почве и валовым содержанием элементов питания существует линейная зависимость. Получены математические закономерности, отображающие взаимосвязи содержания N, P, K в системе «почва-растение», дают возможность быстро, с достаточной точностью определять дозы минеральных удобрений для основного внесения и для коррекции режима питания в период вегетации. Полученные результаты позволяют по ходу процесса роста и развития растений диагностировать потребность в элементах питания и этим самым избежать чрезмерной концентрации химических веществ в почве и растениях и снизить затраты на удобрения.

Ключевые слова: химический состав, листья, соя, элементы питания, минеральные удобрения, урожайность

CHEMICAL COMPOSITION OF LEAVES OF SOYBEAN PLANTS^{1,2}Voronkova N.A., ¹Miroshnichenko A.A., ¹Skripko T.V., ²Volkova V.A., ²Tsyganova N.A.¹Omsk State Technical University, Omsk;²SibNIISKH, Omsk, e-mail: shansiya@rambler.ru

In the present work certain regularities and dependences of the chemical composition of soy plants' leaves from the content of nutrition elements in the soil and doses of mineral fertilizers, the size and quality of the crop are revealed. It is established that the application of mineral fertilizers and contents of mobile forms in the soil affect on the concentration of both gross, and mineral forms of nutrients in the leaf of plants. Correlation analysis showed that there is a linear relationship between the doses of nitrogen fertilizers and contents of mobile phosphorus in the soil and the gross nutrient contents. Obtained mathematical regularities showing the relations of the content of N, P, K in the system soil-plant, enable with sufficient accuracy to determine the amounts of mineral fertilizers for the main application and for the correction of diet during the growing season. The obtained results allow to diagnose the need for nutrition elements during the process of growth and development of plants, and thereby to avoid excessive concentration of chemicals in soil and plants and reduce fertiliser costs.

Keywords: chemical composition, leaves, soybeans, batteries, fertilizers, yield

В настоящее время многие исследования [3, 5, 10] направлены на установление математических зависимостей, связывающих урожайность и качество продукции с количеством применяемых удобрений. Нарушение баланса минеральных веществ в почве неизбежно приводит к изменению химического состава и к нарушению жизненных процессов внутри растений, а следовательно, и к ухудшению качества урожая.

Почвенно-растительная диагностика [3, 5] позволяет осуществлять оптимизацию минерального питания почв, воздействующего на формирование урожая. Оптимизация питания базируется на концепции единства почвы и растения и обеспечивает получение планируемых или запланированных урожаев при минимальном использовании удобрений. Почвенно-растительная диагностика базируется на трех принципах:

1) почвенная диагностика – установление обеспеченности растений макро- и микроэлементами до сева (посадки);

2) растительная диагностика – контроль питания растений в период их активного роста и развития в связи с влиянием факторов внешней среды;

3) прогнозирование величины биологической полноценности продукции по формулам листового или тканевого анализа.

Почвенно-растительная диагностика позволяет разработать систему применения питательных веществ, которая приведет к поднятию урожайности и повышению качества продукции, а также позволяет провести исследования химического состава почв и растения.

О потребности растений в питательных веществах можно судить по химическому составу целого растения или листа индикатора [1, 4, 7]. Именно в листьях синтезируется органическое вещество урожая, поэтому анализ листьев дает наиболее точную информацию об обеспеченности растений элементами питания. Исследования, проведенные с зерновыми, овощными и рядом

кормовых культур показали, что содержание питательных веществ в целом растении хорошо отражается на химическом составе определенного листа и химический состав почвы и растения (листа) коррелирует с величиной и качеством урожая [3, 5, 8–10].

Кроме того, некоторые авторы считают, что анализ целого растения часто является не лучшим способом для диагностирования недостатка, избытка или несбалансированности элементов питания в растениях, так как отдельные органы, исполняя различные физиологические функции, различаются химически, и поэтому анализ целых растений может представить не четко выраженную информацию о питании растений. В связи с этим информация о питании растений хорошо отражается в химическом составе определенного листа [8].

Для диагностики питания растений рекомендуют использовать листья нижнего яруса, которые закончили рост, но физиологически активны [8]. Хотя старые ткани могут быть полезными для выявления недостатка некоторых минеральных элементов, все же листья, находящиеся в фазе активного роста, по всей вероятности, лучше позволяют определить текущее снабжение растений питательными веществами. Кроме того, взятие растительных образцов из листьев нижнего яруса затруднено ввиду частых поломок их при междурядных обработках, а также загрязнения и загнивания от соприкосновения с почвой.

Целесообразность использования листа в растительной диагностике, по мнению Ю.И. Ермохина [3, 4], обусловлена следующим: это физиологически наиболее активный орган; изменения в химическом составе в процессе его онтогенеза почти те же, что и в целом растении; характеризует определенный физиологический возраст растений; взятие проб не причиняет серьезного вреда растению.

Известно, что химический состав растений подвержен большому сезонному варьированию. В связи с этим, важным является установление фазы развития культуры, пригодной для отбора растительных образцов в диагностических целях. Необходимо как можно раньше выявить нарушение питания, чтобы иметь возможность его исправить. Ю.И. Ермохин [5] отмечает, что для того, чтобы обеспечить формирование наилучшего урожая, надо проводить химический анализ листьев в ранний период развития – в фазу быстрого роста и накопления органического вещества.

В этой связи цель работы – установление закономерности химического состава листьев растений сои от содержания элементов питания в почве и величиной и качеством урожая семян сои.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на опытном полигоне лаборатории агрохимии ФГБНУ «СибНИИХ», расположенном в южной лесостепи Западной Сибири. В качестве объекта исследования выбраны растения сои, почва и минеральные удобрения (азотно-фосфорно-калийные), связанные в единый комплекс метеорологических условий и агротехнических мероприятий.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 6,3–6,7% (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия (по Чиринову) – 98–103 и 325–350 мг/кг почвы, соответственно, рН водный – 6,6–6,8.

Цель исследования реализована в стационарном полевом опыте, заложенном методом расщепленных делянок. Повторность – трехкратная. В схему опыта включены два фактора: фосфорный фон и внесение азотных удобрений. В опыте высевался районированный сорт сои – СибНИИК-315. В растениях по фазам роста и развития определяли содержание валовых азота, фосфора и калия из водной вытяжки по В.В. Пиневицу. Свежие растительные образцы анализировали на содержание нитратного азота (N_n), неорганического фосфора (P_n) и свободного калия (K_c). Содержание нитратного азота в почве устанавливали по методу Грандваль-Ляжа, подвижного фосфора и обменного калия из одной вытяжки по Чирикову [6].

Результаты исследований статистически обработаны методами корреляционного и регрессионного анализов [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Для установления индикаторной фазы отбора и физиологически наиболее чувствительного яруса листовых пластинок растений сои были отобраны растительные образцы и проанализированы на содержание в них N_n , P_n и K_c . Химический состав листьев растений сои в фазы цветения и образования бобов обработан математически с установлением степени сопряженности химического состава листьев с урожайностью семян сои (табл.). Установлено, что отбор растительных проб с целью текущего контроля следует проводить в фазу цветения, в этот период роста растения устанавливается тесная положительная корреляционная связь ($r = 0,649 - 0,834$) между содержанием питательных веществ в листьях и урожайностью. Вероятно, это связано с тем, что с начала фазы цветения соя начинает интенсивно потреблять элементы питания.

Корреляционная связь химического состава листьев сои в разные фазы развития растений с продуктивностью

Ярус листьев	Опыт	Фаза развития растения					
		цветение			образование бобов		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Нижний	1	0,888	0,643	-0,217	0,338	0,806	-0,696
	2	-0,109	0,672	0,077	0,681	0,798	-0,545
	3	-0,283	0,809	-0,846	-0,183	0,823	-0,184
Средний	1	0,802	0,649	-0,595	0,273	0,736	0,017
	2	-0,159	0,834	-0,454	0,126	0,831	-0,182
	3	-0,326	0,740	-0,547	-0,170	0,810	-0,392
Верхний	1	0,806	0,483	-0,424	0,592	0,242	-0,167
	2	0,235	0,945	-0,215	-0,209	0,837	0,400
	3	-0,205	0,264	-0,283	-0,787	0,889	-0,352

Следует отметить, что корреляционная связь между содержанием нитратного азота и урожаем различается по годам. В первый год исследований корреляционный коэффициент в фазу цветения равнялся 0,802–0,888, а во второй и третий года – отсутствовал для всех ярусов листьев.

В фазу образования бобов у растений сои степень сопряженности урожайности сои и минеральной формы азота слабая или вообще отсутствует для всех ярусов листьев. Связь между продуктивностью сои и неорганическим фосфором высокая (0,736–0,889) и более стабильна по годам. Корреляционной связи между свободным калием и урожайностью сои не установлено.

Таким образом, для диагностики условий питания сои необходимо отбирать листья среднего яруса в фазу цветения.

Кроме того, опытным путем выявлено, что внесение минеральных удобрений и содержание подвижных форм в почве оказывает влияние на концентрацию как валовых, так и минеральных форм элементов питания в органе-индикаторе (рис. 1, 2). Концентрация минерального и валового азота в листьях среднего яруса растений сои увеличилась с внесением азотных удобрений, без существенных различий по фосфорным фонам. С повышением фосфорного фона содержание минеральных и валовых форм фосфора в органе-индикаторе аналогично азоту увеличивается.

Математическая обработка аналитических данных показала, что зависимости концентрации валовых и минеральных форм азота и фосфора в листьях сои (фаза цветения) от доз азотных удобрений и фонов удобрений по фосфору носят линей-

ный характер ($r = 0,824 - 0,974$) и описываются уравнениями:

– зависимости концентрации валовых азота и фосфора в листьях сои:

$$Y_N = 4,64 - 0,005 \cdot X_1, r = 0,824, \quad (1)$$

$$Y_P = 0,675 - 0,015 \cdot X_2, r = 0,974, \quad (2)$$

– зависимости концентрации минеральных форм азота и фосфора в листьях сои:

$$Y_N = 29,48 - 0,056 \cdot X_1, r = 0,905, \quad (3)$$

$$Y_P = 84,085 - 2,457 \cdot X_2, r = 0,938, \quad (4)$$

где X_1 – доза азота, кг/га; X_2 – содержание подвижного фосфора в почве, мг/100 г.

Полученные уравнения регрессии (1–4) позволяют прогнозировать состав органа индикатора в зависимости от содержания веществ в ранние фазы и вносить соответствующие коррективы в процесс питания.

Таким образом, установленные закономерности и зависимости химического состава органа индикатора от содержания элементов питания в почве и доз минеральных удобрений вполне позволяют в определенных пределах в благоприятных условиях возделывания растений прогнозировать будущий химический состав растительной продукции и делать выводы об эффективности внесения удобрений под культуры.

Изучение количественной взаимосвязи между внутренней концентрацией неорганических форм и валовым содержанием питательных веществ в листьях и подвижных питательных веществ во внешней среде (почве) позволят более глубоко изучить особенности минерального питания сои.

Было выявлено, что растения, располагая резервными минеральными формами питательных элементов в тканях листа, при благоприятных внешних условиях содержат и высокий процент валового содержания питательных веществ. Для фазы цветения выявлены высокие и средние коэффициенты корреляции и соответственные урав-

нения регрессии, показывающие степень сопряженности между величиной неорганических и валовых форм элементов питания. Располагая такими данными, можно проверить и уточнить оптимальные величины и соотношения элементов питания валовых или минеральных элементов в листьях и целых растениях.

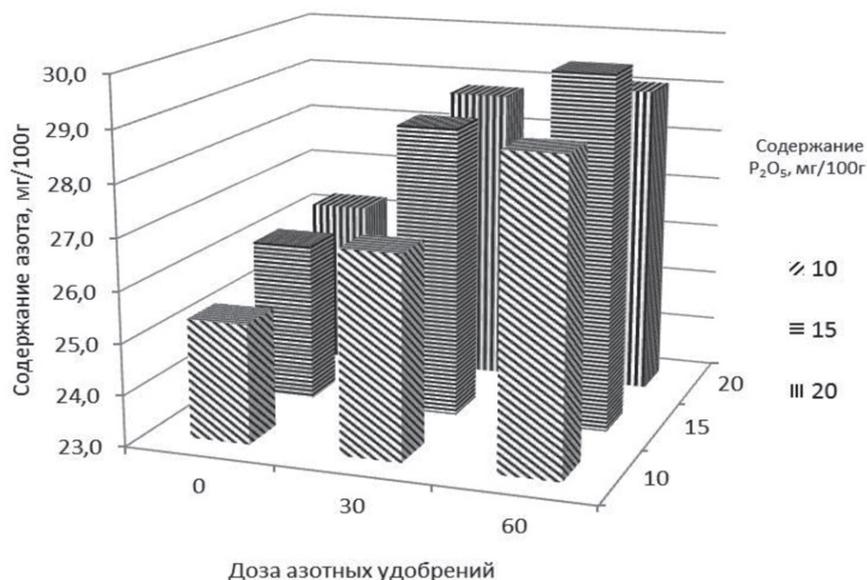


Рис. 1. Содержание N_n в листьях сои в зависимости от доз азотных удобрений и фосфорных фонов

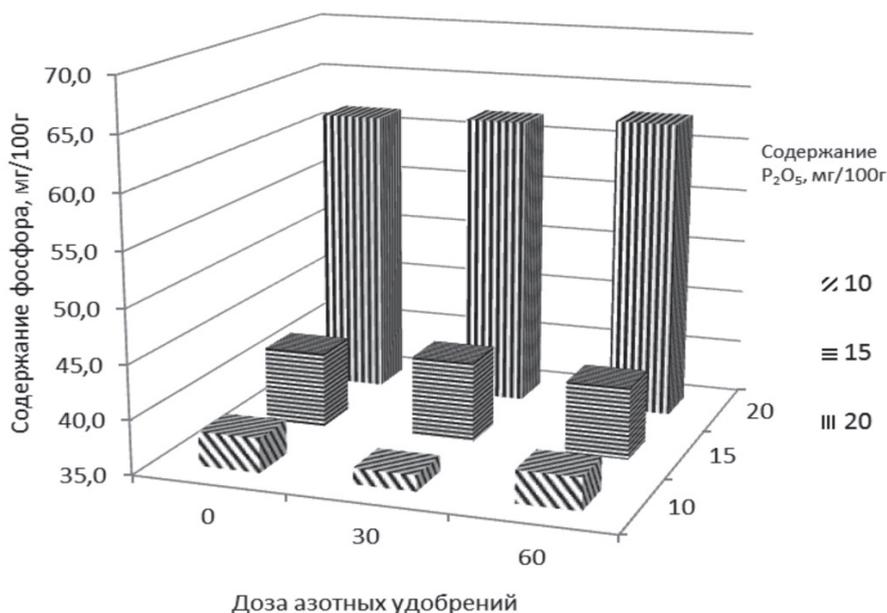


Рис. 2. Содержание P_n в листьях сои в зависимости от доз азотных удобрений и фосфорных фонов

Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции показывают, что теснота связи между валовыми формами элементов питания (X) и минеральными их формами (Y) в листьях среднего яруса зависит от фазы развития, а также элемента:

– в фазу цветения:

$$Y_N = 249,89 - 50,038 \cdot X, r = 0,825, \quad (5)$$

$$Y_P = 122,11 - 1660405 \cdot X, r = 0,979, \quad (6)$$

– в фазу образования бобов:

$$Y_P = 99,11 - 177,605 \cdot X, r = 0,869. \quad (7)$$

Наибольшая сопряженность наблюдается между содержанием валового и минерального фосфора ($r = 0,979$) в фазу цветения. В фазу образования бобов коэффициент равнялся 0,869. В отношении азота и калия можно сказать, что только в раннюю фазу наблюдалась количественная связь между валовым и нитратным азотом в органе-индикаторе, а в фазу образования бобов связь отсутствует.

Выводы

Таким образом, чтобы судить в полной мере о питании растений, мы должны знать, каким количеством резервных форм оно располагает, какой процент питательных веществ пошел на создание урожая. Проводя быстрый химический анализ растительных тканей (сырого листа), можно проверить, достаточные ли количества таких питательных веществ, как нитратный азот, неорганический фосфор, свободный калий, и других элементов поступают в растение. Растительный анализ дает возможность об-

наружить недостаток питательных веществ раньше, чем на листьях растений проявятся симптомы «голодания». В этих случаях обязательно нужно иметь данные относительно равновесия питательных веществ в развивающихся растениях. Установление внутреннего оптимального баланса питательных элементов является качественной стороной питания растения.

Список литературы

1. Гисматулина Ю.А. Сравнительный химический состав пяти урожаев мискантуса сорта сорановский: растение в целом, лист, стебель / Ю.А. Гисматулина // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 4. – С. 23–26.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 2011. – 416 с.
3. Ермохин Ю.И. Методология в изучении физиолого-агрохимической основы диагностики питания растений / Ю.И. Ермохин, Д.Н. Молкоедов // Вестник Омского университета. – 2013. – № 4 (70). – С. 243–244.
4. Ермохин Ю.И. Метод определения урожайности тысячелистника обыкновенного (*Achillea Millefolium* L.) по химическому составу растений / Ю.И. Ермохин, Н.Н. Тищенко // Агрохимия. – 2014. – № 6. – С. 89–93.
5. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко. – Омск, 2005. – 282 с.
6. Кидин В.В. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин. – М.: Колос, 2008. – 599 с.
7. Пешкова А.А. Участие листьев различных ярусов в усвоении нитратов почвы растениями семейства капустных / А.А. Пешкова, Н.В. Дорофеев, Е.В. Бояркин // Агрохимия. – 2011. – № 1. – С. 8–10.
8. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
9. Церлинг В.В. К методике контроля и управления формированием урожая сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг // Агрохимия. – 1998. – № 11. – С. 76.
10. Шафран С.А. Развитие исследований по диагностике минерального питания растений / С.А. Шафран // Агрохимия. – 2014. – № 3. – С. 3–11.