

В. ПОРГАСААР

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХВОИ СОСНЫ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПИТАНИЯ

Обычно обеспеченность деревьев элементами питания стремятся определять по химическому анализу почвы. Но толкование данных такого анализа с точки зрения потребностей отдельных древесных пород очень затруднено. Диагностика питания по химическому составу почвы у деревьев сложнее, чем у сельскохозяйственных растений. Здесь нельзя ограничиться анализом только верхнего слоя, а надо учесть весь корнеобитаемый слой, который у древесных пород часто весьма значителен, а также изучить распределение корней по почвенным горизонтам. Кроме того, посредством микотрофного питания деревья могут усваивать питательные вещества из труднорастворимых минеральных и органических соединений, которые не удается экстрагировать при определении количества доступных для растений питательных элементов. Принимая во внимание эти трудности, более перспективной надо считать оценку обеспеченности деревьев питательными веществами по химическому составу ассимилирующих органов, т. е. по составу листьев или хвои (Ingestad, 1957, 1959, 1960; Leyton, 1958a; Tamm, 1954, 1956; Wehrmann 1959a; Wittich, 1958).

В работах Х. Митчелла (Mitchell, 1934, 1939 — цит. по Kramer, Kozlowski, 1960), а также в более поздних исследованиях показано, что у лесных деревьев химический состав ассимилирующих органов довольно хорошо отражает уровень питания отдельными элементами.

Ведущий вопрос диагностики — изучение корреляции между химическим составом листьев-хвои, уровнем питания и ростом деревьев. Для выяснения этих коррелятивных связей используют вегетационный метод (водные, песчаные и почвенные культуры), полевые опыты с удобрениями и химический анализ листьев-хвои лесонасаждений в разных условиях местопроизрастания.

Долголетний опыт лесоразведения показывает также, что потребности отдельных древесных пород в питании резко различаются. Например, по В. Виттиху (Wittich, 1957), тополь и ясень, с одной стороны, и ель, сосна и лиственница, с другой, имеют противоположные физиологические характеристики, существенно различаются и отдельные породы в названных группах. На основе опыта лесоводства необходимо оценить уровень питания для каждой древесной породы.

Изучению вопросов минерального питания сосны обыкновенной посвящено несколько работ, авторы которых пытаются установить и листовые стандарты (выяснены показатели недостаточного и оптимального уровней питания). Результаты этих работ по азоту, фосфору и

Таблица 1

Показатели недостаточного и оптимального уровней питания сосны обыкновенной по данным литературы

Автор	Содержание элементов питания на сухое вещество, ‰					
	N		P		K	
	недостаточное	оптимальное	недостаточное	оптимальное	недостаточное	оптимальное
Gast, 1936—1937	—	3,0	—	—	—	—
Björkman, 1942	—	2,5—3,0	—	0,20—0,30	—	—
Süchting, 1942	1,37	—	0,09	—	—	—
Goor, 1956	—	—	—	—	0,35	—
Tamm, 1956	<1,6	2,0—2,5	0,09—0,10	—	—	—
Böszörmenyi, 1958	<0,6—0,7	—	0,10—0,12	—	—	—
Wehrmann, 1959a	<1,5	—	—	—	—	—
Ingstad, 1960	0,7—1,6	3,0	0,06—0,09	0,23	0,30	0,90
Gorny, 1961	—	2,0—2,5	—	—	—	—
Щербаков, 1961	0,9—1,2	1,8—1,9	—	—	—	—

калию приведены в табл. 1. Из приведенных данных видно, что листовые стандарты сосны, полученные разными авторами, варьируют в довольно широких пределах. Это, по-видимому, обусловлено неодинаковыми условиями опытов, так как рост деревьев и накопление питательных элементов зависит не только от содержания отдельных элементов в питательной среде, но и от других факторов.

Так как для выяснения листовых стандартов древесных пород наряду с экспериментальными данными большое значение имеет изучение химического состава листьев лесонасаждений в разных условиях местобитания, в последнее время много внимания уделяется методике сбора листовых образцов. Надо отметить, что этот вопрос очень важен при практическом применении листового анализа для определения уровней питания лесных культур.

Подробному анализу методики сбора проб хвойных пород для листовой диагностики посвящен ряд исследований (Leyton, 1958b; Tamm, 1955; Wehrmann, 1959b; White, 1954). В результате этих работ выяснилось, что наиболее подходящее время для сбора хвои — осенний период после окончания роста. В это время химический состав хвои довольно стабилен. Для обеспечения однородности проб по местонахождению в кроне деревьев целесообразно брать хвою с верхушечных боковых побегов текущего года. Одним из важных вопросов при взятии проб для листового анализа является изучение влияния индивидуального варьирования состава хвои между отдельными деревьями на изучаемом участке. На основе своих исследований в сосновых насаждениях Верман (Wehrmann, 1959b) пришел к выводу, что для получения на определенном участке достоверных данных об азоте и фосфоре надо хвою брать не менее чем с 10 деревьев, для анализа содержания калия и магния — не менее чем с 30 деревьев, а кальция — даже со 100 деревьев.

Зависимость химического состава хвои сосны от типов местопрорастания изучали В. Аалтонен (Aaltonen, 1950), Верман (Wehrmann, 1959b) и А. Щербаков (1961). Они нашли, что из главных питательных элементов (N, P, K) самая тесная связь выявляется между содержанием азота в хвое с условиями местобитания и ростом.

Примером такой зависимости служат и данные нашего анализа хвои, собранные в разных условиях местообитания сосновых культур в Эстонии осенью 1962 г. Образцы хвои собирали по вышеописанной методике с 30 деревьев на каждом участке. Содержание азота, фосфора и калия определяли в одной навеске по методу К. Гинзбург и М. Щегловой (1960) при сжигании материала в смеси 56%-ной хлорной и концентрированной серной кислот и сернокислой меди.

Таблица 2

Содержание N, P и K и вес хвои в сосновых культурах на разных типах местопроизрастания (1962 г.)

Тип местопроизрастания	Лесхоз	Содержание в % к сухому веществу			Сухой вес 100 пар хвоинок, г
		N	P	K	
Осушенные торфяные почвы					
Верховый	Пярнуский	1,29	0,11	0,53	1,50
Верховый	Таллинский	1,15	0,14	0,74	1,46
Переходно-сфагновый	Сууре-Яаниский	1,68	0,19	0,78	3,03
Переходный	Сууре-Яаниский	1,80	0,18	0,81	3,59
Минеральные почвы					
Вересковый	Таллинский	1,40	0,15	0,50	1,37
Вересковый	Таллинский	1,32	0,15	0,47	1,79
Вересковый	Сууре-Яаниский	1,40	0,17	0,60	2,42
Вересковый	Таллинский	1,40	0,17	0,48	1,28
Вересковый	Тартуский	1,48	0,18	0,75	1,57
Черничный	Сууре-Яаниский	1,88	0,20	0,83	4,36
Кисличный	Сууре-Яаниский	1,84	0,23	0,83	3,51
Залежная земля	Валгаский	1,75	0,22	0,81	4,66
Залежная земля	Тартуский	1,92	0,23	0,79	4,35

По данным химических анализов хвои (табл. 2) выясняется, что более производительному типу местопроизрастания соответствует и более высокое содержание питательных веществ в хвое. На самом бедном торфянике (на осушенном верховом болоте) был обнаружен самый низкий процент азота в хвое (1,15—1,29%). А самый высокий процент азота встречался на осушенном переходном болоте (1,80%). Аналогично на минеральных почвах — самый низкий процент азота в хвое (равный 1,30—1,48%) получен на самом бедном типе — на верещатнике. В более плодородных типах леса (сосняк—черничник, сосняк—кисличный, сосняк на залежи) встречалось более высокое содержание азота в хвое (1,75—1,92%).

Зависимость процентного содержания фосфора в хвое от условий местопроизрастания выявилась в меньшей степени, но все-таки довольно закономерно.

Как видно из табл. 2, таких очевидных закономерностей как у азота и фосфора в содержании калия не обнаружилось.

Кроме того, было замечено, что на более плодородных типах местопроизрастания встречались и более тяжелые хвоинки. Надо полагать, что вес хвоинок может служить критерием общего уровня питания молодой сосны.

В мае 1962 г. были заложены опыты с удобрениями на осушенном

Таблица 3

Влияние минеральных удобрений на рост и содержание N, P и K в хвое однолетней сосны

(Полевой опыт на осушенном верховом торфянике в 1962 г.)

№ варианта	Удобрения			Содержание в % к сухому веществу			Сухой вес, г	
	N	P	K	N	P	K	надзем- ной части	корней
1	—	—	—	0,93	0,11	0,81	0,022	0,011
2	1	1	1	2,10	0,30	1,23	0,135	0,050
3	1	1	—	2,22	0,30	1,05	0,121	0,046
4	1	1	1/2	2,22	0,30	1,24	0,144	0,051
5	1	—	1	2,04	0,07	0,92	0,045	0,017
6	1	1/2	1	2,36	0,28	1,14	0,129	0,053
7	—	1	1	1,00	0,20	0,98	0,024	0,012
8	1/2	1	1	1,71	0,27	1,17	0,098	0,042
9	2	2	2	2,59	0,32	1,24	0,212	0,081

безлесном верховом торфянике* в Пярнуском лесхозе на делянках 1×2 м (повторность четырехкратная). Живой сфагновый покров был снят.

Дозы удобрения применялись из расчета на гектар N — 52, P₂O₅ — 95, K₂O — 100 кг, соответственно в форме аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия. Дозы известны во всех вариантах равнялись 21,5 ц на 1 га. Во всех вариантах добавляли также магний, бор, марганец и медь.

Учет опытов проводился в октябре 1962 г. Для анализа с каждой делянки брали по 30 сеянцев, определяли сухой вес надземных частей и корней и валовое содержание азота, фосфора и калия в хвое. Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют о высокой эффективности азотно-фосфорных удобрений. Удобрение одним фосфором или одним азотом не оказало положительного действия. Это доказывает, что на верховом торфянике сосна сильно страдает от недостатка азота и фосфора. Удобрение калием не вызывало положительного эффекта, так как верховой торф опытного участка содержит достаточное для нормального роста сосны количество калия.

С увеличением дозы азотного удобрения (на одинаковом фоне фосфора и калия) увеличивались накопление органического вещества и концентрация азота в хвое (варианты 7, 8, 2). Аналогично действовали возрастающие дозы фосфора (варианты 5, 6, 2). Содержание калия в хвое под влиянием калийного удобрения изменялось незначительно (варианты 3, 4, 2).

Надо отметить, что при определении химических показателей обеспеченности растений в отдельных питательных элементах (что выражено через валовое содержание элементов в процентах на сухое вещество хвои) особое внимание надо уделять закономерности взаимовлияния элементов питания. Значение изучения этого вопроса доказывается в некоторых работах по листовой диагностике лесных древесных пород (Leyton, 1954, 1956; 1960; Böszörményi, 1958). В опытах З. Бёзёрмени (Böszörményi, 1958) ясно выявилось взаимное влияние уровней фосфорного и азотного питания на рост и химический состав хвои сосны. В песчаных

* Характеристика верхнего 20-сантиметрового слоя торфа: малоразложившийся сфагновый торф; зольность 3%; рН_{KCl} — 2,8; валовое содержание N — 0,58%, P₂O₅ — 120, K₂O — 70 и CaO — 40 мг на 100 г почвы; содержание лактатно-растворимых форм P₂O₅ — 11,0 и K₂O — 40 мг на 100 г почвы.

культурах показатели оптимальной обеспеченности азотом с повышением уровня фосфора в питательной среде сдвигались с 0,96 на 2,94% N в хвое. С другой стороны, показатели оптимального питания фосфора с повышением уровня азота в субстрате сдвигались с 0,08 на 0,28% P.

Это подтверждается и нашими данными химического анализа хвои. Из табл. 3 видно, что концентрация отдельных элементов в хвое зависит от уровня других элементов. Под влиянием повышенных доз азота увеличивался процент фосфора и калия в хвое.

В качестве показателей обеспеченности деревьев отдельными элементами питания обычно используются данные их валового содержания в листе. В некоторых работах подчеркивается важность определения различных форм элементов питания при листовой диагностике, что в изученных случаях содействует лучшему пониманию состояния питания древесных пород. Например, В. Виттих в ряде работ (Wittich, 1957, 1958; Wittich, Fiedler, Krauss, 1960) показывает, что при недостатке фосфора в хвое сосны могут накапливаться растворимые формы азота. В таком случае высокая концентрация азота не является свидетельством обильной обеспеченности им, а показывает задержку синтеза белков, принимаемую фосфорным голоданием.

В отношении сельскохозяйственных культур наша работа по содержанию минеральных форм питательных элементов в соке растений с использованием быстрых методов (Церлинг, 1960, 1962). Мы сделали попытку оценить обеспеченность сеянцев сосны в N, P и K по экспресс-методу В. Церлинга. Материалом служили сеянцы из вышеописанных полевых опытов с удобрениями. В разные сроки анализировали корни, стволики, хвою и точки роста.

Определить состояние азотного питания сеянцев сосны по нитратной форме азота, как предусмотрено методом В. Церлинга, не удалось, так как нитраты в анализируемых частях не были обнаружены. Это, очевидно, связано с особенностями обмена хвойных растений, у которых нитраты полностью восстанавливаются в тонких корнях в результате деятельности микоризы. Не удалось также обнаружить закономерных различий в содержании минеральных форм калия в сеянцах отдельных вариантов. Это, по всей вероятности (аналогично валовому содержанию калия в сеянцах), было вызвано высоким фоном калия в торфе опытного участка. Можно только отметить, что реакция на калий была самой интенсивной в хвоинках и в точках роста (3—4 балла по В. Церлингу).

Концентрация неорганических соединений фосфора была наивысшей в корнях и стволиках сеянцев. В хвое следы фосфора обнаружались только в первый срок определения (19 июля) и тогда только в более молодых хвоинках. Без фосфорного удобрения в сеянцах были обнаружены только следы неорганического фосфора и лишь в первый срок взятия проб. Уже в августе исчезли и следы фосфора. В то же время появились визуальные симптомы фосфорного голодания (фиолетовый цвет на кончиках хвоинок). В сеянцах, получивших фосфорное удобрение, реакция на неорганический фосфор оценивалась по шкале В. Церлинга в 3 балла. В общем содержание неорганического фосфора соответствует валовому содержанию фосфора в сеянцах этих вариантов опыта.

Заклучение

На основе полученных данных можно заключить, что у сосны имеется определенная связь между содержанием основных питательных элементов в хвое и уровнем питания. Это позволяет считать перспективным использование методов листовой диагностики для выяснения обеспеченности сосны питательными веществами в конкретных условиях произрастания. Наиболее закономерно химический состав хвои отражает уровень азотного и фосфорного питания.

В условиях Эстонии при различном плодородии местопроизрастания валовое содержание азота в хвое молодой сосны колеблется от 1,15 до 1,92% N, а содержание валового фосфора — от 0,11 до 0,23% P. В опытах на осушенном верховом торфянике в зависимости от удобрения концентрация азота в хвое однолетней сосны изменялась в пределах 0,93—2,95% N, а концентрация фосфора — 0,07—0,32% P. Закономерности в содержании калия оказались менее постоянными.

Концентрация отдельных элементов в хвое зависит не только от уровня соответствующих элементов в питательной среде, а и от уровня других элементов. Исходя из этого положения, при оценке данных химического анализа хвои надо обязательно учитывать обеспеченность деревьев всеми основными питательными веществами.

ЛИТЕРАТУРА

- Гинзбург К. Е., Щеглова Г. М., 1960. Определение азота, фосфора и калия в растительном материале из одной навески. Почвоведение (5) : 100—105.
- Церлинг В. В., 1960. Диагностика питания растений, по их химическому анализу. В сб.: Агрехимические методы исследования почв : 329—359. Изд. АН СССР, М.
- Церлинг В. В., 1962. Методы химической диагностики потребности растений в удобрениях. Сб. науч. трудов ЭСХА. Тр. по почвоведению и агрохимии 24 : 314—326. Тарту.
- Щербатов А. П., 1961. Опыт применения метода листовой диагностики для определения нуждаемости сосны в азоте и фосфоре. Корневое питание в обмене веществ и продуктивности растений. Тезисы докл. конф. 6—10 февраля 1961 : 158—160. Изд. АН СССР, М.
- Aaltonen V. T., 1950. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 50 : 17—24.
- Björkman E., 1942. Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. Symbolae Botanicae Upsalienses 6 (2).
- Böszörményi Z., 1958. Leaf analysis investigations with scotch pine seedlings; the problem of the constancy of critical nutrient concentrations. Acta Bot. Acad. Scient. Hungaricae 4 : 19—44.
- Gast P. R., 1936—1937. Studies on the development of conifers in raw humus. II. The growth of scotch pine (*Pinus silvestris*) seedlings in pot cultures of different soils under varied radiation intensities. Medd. Statens Skogsförsöksanstalt 29 : 587—682.
- Gorny M., 1961. Nowe kierunki nawożenia w lesnictwie. Las polski 35 : 8—9.
- Ingestad T., 1957. Studies on the nutrition of forest tree seedlings. I. Mineral nutrition of birch (*Betula verrucosa*). Physiologia Plantarum 10 : 418—439.
- Ingestad T., 1959. Studies on the nutrition of forest tree seedlings. II. Mineral nutrition of spruce. Physiol. Plantarum 12 : 569—593.
- Ingestad T., 1960. Studies on the nutrition of forest tree seedlings. III. Mineral nutrition of pine. Physiol. Plantarum 13 : 513—535.
- Kramer J. P., Kozłowski T. T., 1960. Physiology of trees. New York—Toronto—London.
- Leyton L., 1954. The growth and mineral nutrition of spruce and pine in heathland plantations. Imperial Forest University of Oxford. Institute Paper (31).

- Leyton L., 1956. The relationship between the growth and mineral composition of the foliage of the Japanese larch (*Larix leptolepis*). *Plant and Soil* 7 : 167—177.
- Leyton L., 1958a. The mineral requirements of forest plants. *Encyclopedia of Plant Physiology*, IV. Mineral nutrition of plants : 1025—1039. Berlin—Göttingen—Heidelberg.
- Leyton L., 1958b. The relationship between the growth and mineral nutrition of conifers. A symposium held at the Harvard Forest, April, 1957 : 323—345. New York.
- Leyton L., 1960. The growth and mineral nutrition of tree species in relation to site factors. *Trans. 7th Intern. Congr. Soil Sci. Madison, Wisc.; U.S.A.* 3 : 419—427.
- Schönnamsgruber, 1962. Kali-Mangelerscheinungen bei Kiefern in Holland. *Allgem. Forstzeitschrift* 17 : 402—403.
- Süchting H., 1942. Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse des Waldes. VIII. Zur Methodik der Bestimmung der Nährstoffdynamik in Waldböden. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* 28 : 340—361.
- Tamm C. O., 1954. A study of forest nutrition by means of foliar analysis. In: *Plant analysis and fertilizer problems* : 203—207. Paris.
- Tamm C. O., 1955. Studies on forest nutrition. I. Seasonal variations in the nutrient content of conifer needles. *Medd. Statens Skogsforskningsinstitut* 45.
- Tamm C. O., 1956. Studies on forest nutrition. III. The effect of supply of plant nutrients to a forest stand on a poor site. *Medd. Statens Skogsforskningsinstitut* 46.
- Wehrmann J., 1959a. Mineralstoffernährung von Kieferbeständen in Bayern. *Z. Pflanzenernähr. Düng., Bodenkunde* 84 : 271—279.
- Wehrmann J., 1959b. Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kieferbeständen. *Forstwiss. Cbl.* (3/4) : 77—97.
- White D. P., 1954. Variation in the nitrogen, phosphorus and potassium content of pine needles with season, crown position and sample treatment. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 18 : 326—330.
- Wittich W., 1957. Stand und Aussichten der forstlichen Düngung. In: *Düngung in der Forstwirtschaft* : 129—136. Essen.
- Wittich W., 1958. Bodenkundliche und pflanzenphysiologische Grundlagen der mineralischen Düngung im Walde und Möglichkeiten für die Ermittlung des Nährstoffbedarfes. *Allgem. Forstzeitschrift* 13 : 121—124.
- Wittich W., Fiedler H. J., Krauss H. H., 1960. Möglichkeiten der Produktionssteigerung in der Forstwirtschaft durch Düngung und die sich daraus ergebenden Forschungsprobleme. *Sitzungsber. Dtsch. Akad. Landwirtsch. Wiss. Berlin* 9 (6).

Эстонская сельскохозяйственная академия

Поступила в редакцию
23/IX 1965

V. PORGASAAR

MÄNNIOKASTE KEEMILINE KOOSTIS ERINEVATES TOITUMISTINGIMUSTES

Resüme

Katsete tulemused võimaldavad järeldada, et männiokastes valitseb kindel seos elementide sisalduse ja toitainetega varustatuse vahel. Sellepärast võib lehe analüüsi pidada männi mineraalse toitumise hindamisel perspektiivseks meetodiks konkreetsetes kasvukohtades. Kõige seaduspärasemalt näitab okaste koostis lämmastikuga ja fosforiga varustatust.

Eestis, olenevalt kasvukohatüübist, oli üldine lämmastikuisaldus noorte männide okastes 1,15—1,92% ja fosforisisaldus 0,11—0,23%.

Kuivendatud rabas läbiviidud väetiskatsetes leidis üheaastaste männiseemikute okastes 0,93—2,59% lämmastikku ja 0,07—0,32% fosforit, olenevalt lisatud lämmastik- ja fosforväetistest. Okaste kaaliumisisalduses ei täheldatud kindlaid seaduspärasusi.

Üksikute elementide sisaldus okastes sõltub ka teiste elementide hulgast toitekeskkonnas. Sellepärast tuleb puude toitumise hindamisel leheanalüüsi-meetodi abil üheaegselt määrata kõigi tähtsamate elementide sisaldus okastes.

Eesti Põllumajanduse Akadeemia

Saabus toimetusse
23. IX 1965

V. PORGASAAR

CHEMICAL COMPOSITION OF PINE NEEDLES IN VARIED NUTRIENT CONDITIONS

Summary

According to the experimental data stated, the chemical composition of pine needles is correlated with the nutrients in soil. Therefore leaf analyses are suitable for a diagnosis of the nutrient status of a pine, particularly in respect to phosphorus and nitrogen supply.

The total N concentration of pine needles is 1.15—1.92%, and the P content — 0.11—0.23%, depending on the site type of pine in the conditions of the Estonian SSR.

In manuring tests in dried peat-bogs, the N concentration in pine needles varied from 0.93 to 2.59% and that of P — 0.07—0.32%, in accordance with the nature of fertilizers. There was no stable correlation between the K content in pine needles and soil.

The nutrient content of these elements in needles depends on the effect of other elements in the soil. Therefore it is necessary to study the nutrient status of all the important elements in pine needles simultaneously.

Estonian Agricultural Academy

Received
Sept. 23, 1965