

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. П. ЩЕРБАКОВ

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О НАКОПЛЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗОЛЫ И АЗОТА
РАЗЛИЧНЫМИ ТКАНЯМИ ДВУХЛЕТОК ХВОЙНЫХ ПОРОД**

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 20 XI 1953)

Известно, что различные ткани одного и того же органа физиологически неравноценны. Более того, в процессе роста и развития растительного организма одни и те же органы и образующие их ткани изменяют свои физиологические функции. Наиболее полно эти различия показаны в отношении анатомического строения, фотосинтеза, дыхания, транспирации, ферментативных процессов (¹⁻⁹) и несколько менее в отношении потребления и накопления питательных веществ почвы (¹⁰). Последнее еще в меньшей мере освещено для семян древесных пород, чем для сельскохозяйственных культур (¹¹).

В связи с этим представляло интерес проследить распределение элементов золы и азота в различных частях надземных и подземных органов семян хвойных пород в течение вегетационного периода*.

Материалом служили семена двухлеток ели, сосны и лиственницы, выросшие на среднеподзоленном суглинке Подмосковного лесхоза (Черкизово). Образцы растений брались ежемесячно, начиная с 19—24 IV до 1—2 XI 1948 г. Взято всего 7 проб. Методика взятия проб описана нами в предыдущих работах (¹²). Здесь укажем лишь некоторые методические детали, ранее не отмеченные нами. Начиная со второго срока взятия проб у сосны и с третьего срока у ели, стволы вместе с хвоей и корни (последние у лиственницы — с первого срока) делились на две или три части, причем в верхней части (верхний ярус — помеченный в таблице знаком I) были представлены календарно наиболее молодые хвоинки, верхняя часть стволика и преимущественно тонкие всасывающие корни; в средней части (средний ярус — II) несколько более старые хвоинки, ткани стволика и более молодая проводящая часть корневой системы и в нижней части (нижний ярус — III) календарно самые старые хвоинки, ткани стволика и наиболее толстая, старая часть проводящей системы корня. Если рассматривать это деление тканей хвои, стволиков и корней в свете теории Кренке (⁶), то первая группа тканей будет представлять собою наиболее старые по возрасту, вторая менее старые и третья — самые молодые части этих органов.

В первые два срока взятия проб — в апреле и в мае — хвоя и стволы у сосны и ели, а также стволы у лиственницы анализировались целиком, без разделения. У лиственницы в апреле и в ноябре хвоя не могла быть проанализирована, так как она или еще не образовалась или уже опала.

В таблице 1 даны результаты анализов, характеризующие распределение золы, кальция и магния в различные сроки вегетационного периода.

* В первичном учете и обработке исследуемого материала принимала участие А. А. Лазарева; химические анализы выполнены В. Ф. Валиковой.

Содержание золы, кальция и магния в различных частях надземных и подземных органов двухлетних
сеянцев ели, сосны и лиственницы (в % на сух. вес)

Таблица 1

Сроки взятия проб	Ель						Сосна						Лиственница					
	хвоя			корни			хвоя			корни			хвоя			стволовики		
	стволовики			стволовики			стволовики			стволовики			стволовики			стволовики		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III

1	8,60	—	—	—	—	—	6,05	4,31	—	3,98	—	—	4,37	—	—	11,18	4,18	—
2	4,41	—	—	—	—	—	11,32	3,13	—	4,03	—	—	4,46	4,01	—	15,51	3,01	—
3	5,13	—	—	—	—	—	10,27	2,62	—	2,84	3,48	—	3,74	3,08	—	10,20	2,33	—
4	3,31	3,91	4,75	4,65	3,80	3,20	6,62	2,60	2,10	2,59	2,95	3,89	4,11	3,17	3,40	7,60	2,27	1,83
5	4,26	4,81	5,11	4,33	3,60	2,78	6,50	2,65	1,85	3,40	3,65	6,06	5,15	3,45	3,24	9,35	2,55	2,02
6	5,03	6,29	7,22	3,66	3,28	2,85	8,95	2,47	2,00	3,91	4,13	5,89	5,13	3,05	3,40	8,37	2,65	2,00
7	4,83	5,64	6,42	3,25	3,00	2,87	10,20	4,17	2,35	3,54	3,93	5,16	3,92	2,28	2,32	9,77	2,83	2,09

1	1,40	—	—	—	—	—	0,46	0,42	—	0,26	—	—	0,20	—	—	0,25	0,18	—
2	0,43	—	—	—	—	—	0,56	0,28	—	0,27	0,46	—	0,23	0,17	—	0,34	0,16	—
3	0,60	—	—	—	—	—	0,56	0,23	—	0,22	0,40	—	0,25	0,22	—	0,56	0,19	—
4	0,60	0,89	1,19	0,35	0,33	0,29	0,75	0,27	0,22	0,28	0,29	0,55	0,25	0,25	0,23	0,40	0,11	0,14
5	0,87	1,18	1,35	0,39	0,34	0,39	0,81	0,32	0,23	0,40	0,40	0,67	0,33	0,23	0,22	0,40	0,16	0,13
6	1,18	1,30	1,52	0,47	0,33	0,35	0,84	0,30	0,27	0,46	0,41	0,80	0,31	0,23	0,22	0,42	0,16	0,18
7	1,14	1,33	1,42	0,43	0,38	0,32	0,85	0,49	0,31	0,34	0,48	0,79	0,30	0,27	0,27	0,44	0,20	0,21

1	0,45	—	—	—	—	—	0,24	0,25	—	0,08	—	—	0,24	—	—	0,23	0,09	—
2	0,22	—	—	—	—	—	0,40	0,16	—	0,14	0,22	—	0,17	0,12	—	0,20	0,13	—
3	0,42	—	—	—	—	—	0,17	0,12	—	0,20	0,16	—	0,17	0,12	—	0,29	0,12	—
4	0,11	0,22	0,23	0,20	0,20	0,22	0,29	0,17	0,11	0,15	0,16	0,13	0,13	0,11	0,10	0,18	0,20	0,07
5	0,24	0,30	0,29	0,31	0,20	0,14	0,19	0,17	0,17	0,23	0,25	0,22	0,28	0,17	0,18	0,29	0,16	0,12
6	0,24	0,20	0,23	0,23	0,22	0,14	0,22	0,18	0,10	0,15	0,23	0,16	0,17	0,15	0,18	0,13	0,11	0,08
7	0,16	0,21	0,23	0,19	0,18	0,15	0,26	0,15	0,18	0,18	0,18	0,11	0,23	0,15	0,14	0,19	0,13	0,10

1	0,45	—	—	—	—	—	0,44	—	—	0,08	—	—	0,24	—	—	0,23	0,09	—
2	0,22	—	—	—	—	—	0,24	—	—	0,14	0,22	—	0,17	0,12	—	0,20	0,13	—
3	0,42	—	—	—	—	—	0,30	0,27	—	0,20	0,16	—	0,17	0,12	—	0,29	0,12	—
4	0,11	0,22	0,23	0,20	0,20	0,22	0,29	0,17	0,11	0,15	0,16	0,13	0,13	0,11	0,10	0,18	0,20	0,07
5	0,24	0,30	0,29	0,31	0,20	0,14	0,19	0,17	0,17	0,23	0,25	0,22	0,28	0,17	0,18	0,29	0,16	0,12
6	0,24	0,20	0,23	0,23	0,22	0,14	0,22	0,18	0,10	0,15	0,23	0,16	0,17	0,15	0,18	0,13	0,11	0,08
7	0,16	0,21	0,23	0,19	0,18	0,15	0,26	0,15	0,18	0,18	0,18	0,11	0,23	0,15	0,14	0,19	0,13	0,10

1	3,85	5,35	—	—	—	—	3,85	5,35	—	—	—	—	4,87	—	—	5,51	—	—
2	3,75	5,15	—	—	—	—	3,75	5,15	—	—	—	—	5,15	—	—	9,63	2,95	—
3	5,02	6,61	6,58	3,32	2,80	3,32	5,02	6,61	6,58	3,32	2,80	3,32	2,80	3,68	6,88	2,15	1,84	—
4	7,89	8,89	—	—	—	—	7,89	8,89	—	—	—	—	2,80	2,10	3,00	9,33	2,35	2,08
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,68	2,95	3,60	7,02	2,26	2,07
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,94	2,33	2,48	7,86	2,94	1,99

1	0,47	1,44	—	—	—	—	0,47	1,44	—	—	—	—	0,28	—	—	0,39	—	—
2	0,59	0,99	—	—	—	—	0,59	0,99	—	—	—	—	0,32	—	—	0,59	0,24	—
3	0,49	0,74	0,76	0,24	0,24	0,24	0,49	0,74	0,76	0,24	0,24	0,24	0,24	0,26	0,49	0,18	0,18	—
4	0,60	0,73	0,83	0,23	0,20	0,20	0,60	0,73	0,83	0,23	0,20	0,20	0,20	0,22	0,42	0,16	0,19	—
5	0,91	0,99	—	—	—	—	0,91	0,99	—	—	—	—	0,22	0,17	0,20	0,47	0,18	0,19
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,18	0,16	0,17	0,38	0,19	0,15

1	0,20	0,22	—	—	—	—	0,20	0,22	—	—	—	—	0,32	—	—	0,29	—	—
2	0,18	0,24	—	—	—	—	0,18	0,24	—	—	—	—	0,23	—	—	0,24	0,11	—
3	0,49	0,62	0,57	0,34	0,26	0,26	0,49	0,62	0,57	0,34	0,26	0,26	0,20	0,28	0,12	0,15	—	—
4	0,50	0,67	0,66	0,27	0,21	0,21	0,50	0,67	0,66	0,27	0,21	0,21	0,23	0,31	0,18	0,14	—	—
5	0,73	0,76	—	—	—	—	0,73	0,76	—	—	—	—	0,24	0,17	0,19	0,23	0,18	0,12
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,18	0,13	0,12	0,26	0,14	0,09

Из этих данных необходимо отметить, что в хвое ели, сосны и лиственницы процентное содержание золы, кальция и магния, как правило, повышается от верхнего яруса — самых молодых хвоинок — к нижнему — старым хвоинкам. Несколько менее определенную картину показывает хвоя сосны и отчасти лиственницы в отношении магния; в этих случаях наблюдалось иногда более высокое содержание магния у хвоинок, расположенных в среднем ярусе стволика (II), по сравнению с верхними, более молодыми (I), и нижними (III), более старыми. Содержание калия, азота и фосфорной кислоты, как показали наши исследования, наоборот, закономерно снижалось от верхних хвоинок к нижним, календарно более старым у всех растений.

В стволиках и корнях картина была иная. Накопление элементов золы и азота в этих органах во всех случаях снижалось от календарно молодых к старым тканям. Некоторое исключение представляла лишь лиственница, в стволиках которой содержание золы, кальция и магния снижалось от верхней, наиболее молодой части к средней и затем снова повышалось в нижней, имеющей наиболее старые ткани. Особенно это резко было выражено в июле и в августе (4 и 5 сроки).

Следовательно, распределение золы, кальция и отчасти магния в хвое у сеянцев хвойных пород представлено в ином плане, чем в стволиках и в корнях. Если в хвое более старые хвоинки характеризовались накоплением этих элементов питания, то в осевых органах, наоборот, наиболее молодые ткани имели и более высокое содержание золы, кальция и магния. Поэтому существующая до сих пор точка зрения, что кальций накапливается в стареющих органах и тканях, если возраст последних рассматривать календарно, по крайней мере в отношении стволиков и корней двухлетних сеянцев хвойных пород, не получает подтверждения. Подобная точка зрения может быть принята только для хвои. Не укладываются отмеченные нами закономерности распределения золы, кальция и магния в различных по возрасту тканях хвои, корней и стволиков и в теорию циклического старения и омоложения растений Н. П. Кренке (6). Опираясь на наши данные, можно лишь сказать, что закономерности накопления, а также и потребления золы, кальция и магния в различных по возрасту (календарному или по Кренке — безразлично) листовых органах не могут распространяться на подобные же возрастные ткани других органов. Очевидно также, что у сеянцев древесных пород, в отличие от однолетних растений, продолжительность полного цикла развития листовых органов отличается от продолжительности развития стволиков и корней, что проявляется в различиях потребления и накопления некоторых питательных веществ.

Как сказывается, вывод о распределении кальция в связи с изменением возраста тканей и органов сделан был Д. А. Сабининым и другими стечественными и зарубежными исследователями на основании только анализа листьев и произвольно распространен на другие органы (10).

Далее интересно отметить, что процентное содержание элементов золы и азота в течение вегетационного периода в различных тканях хвои, стволиков и корней изменяется, то повышаясь, то снижаясь; причем эти изменения не всегда обуславливаются изменениями температуры и влажности внешней среды и отражают специфические особенности обмена различных пород и их органов. Ранее отмеченная нами периодичность накопления сухого вещества в различных органах двухлетних сеянцев (12) получила в данной работе подтверждение в периодичности накопления питательных веществ почвы, хотя и не совпадающей во времени и по уровню. Однако эти факты заслуживают более детального рассмотрения.

Наконец представляет известный интерес факт одновременного накопления магния и кальция в тканях рассмотренных пород, особенно резко выраженный на лиственнице.

До сих пор было известно, что кальций является антагонистом магния и при высоком поступлении первого в растение, поступление магния должно тормозиться. Наши данные не позволяют утверждать этого. Более того, если выразить наши данные по накоплению кальция и магния (табл. 1) в миллиэквивалентах, то можно легко убедиться, что поступление магния (особенно в листовенницу) не только не тормозилось повышенным поступлением кальция, но даже возрастало. Этот факт также представляет интерес для изучения специфических особенностей зольного питания сеянцев древесных пород (13).

Институт леса
Академии наук СССР

Поступило
20 XI 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Р. Заленский, Изв. Киевск. политехн. инст., 4, 1, 1 (1904). ² В. Р. Заленский, Изв. Саратов. ун-та, 4 (1923). ³ В. Г. Александров, Зап. Научно-прикл. отд. Тифлисск. бот. сада, 3, 1 (1922). ⁴ А. И. Смирнов и сотр., Тр. Гос. инст. табаковод., 46 (1928). ⁵ С. Д. Львов и Л. Н. Березнеговская, Эксперимент. ботаника, сер. 7, 1, 135 (1934). ⁶ Н. П. Кренке, Теория циклического старения и омоложения растений. М., 1940. ⁷ А. Л. Курсанов, Физиология растений. Курс ботаники, 1, 3 (1940). ⁸ Н. М. Сисакян, Биохимическая характеристика засухоустойчивости растений, 1940. ⁹ А. П. Щербаков, Биохимия, 10, 1 (1940). ¹⁰ Д. А. Сабинин, Минеральное питание растений, 1940. ¹¹ А. П. Щербаков, ДАН, 81, № 3 (1951). ¹² А. П. Щербаков и А. А. Лазарева, Бюлл. МОИП, Отд. биологии, 57 (1) (1952). ¹³ А. П. Щербаков, ДАН, 70, № 6 (1950).