

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. П. ЩЕРБАКОВ

**О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ЗОЛЫ И АЗОТА
В РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНАХ ДВУХЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ
ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД**

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 15 IX 1951)

Знание закономерностей распределения питательных веществ в растении позволяет глубже понять процессы реутилизации и передвижения элементов золы и азота, на основе чего можно полнее представить степень использования питательных веществ различными органами растения в отдельные периоды его развития.

Т. Д. Лысенко показал необходимость изучения взаимосвязей, возникающих между растением и условиями его жизни (1). Исследований о распределении элементов золы и азота в сеянцах древесных пород мало. Можно указать лишь на работу Рамана и Бауера (2), выполненную на трех- и четырехлетках некоторых пород в условиях юга Германии, и на исследования Н. Н. Степанова (3) о содержании элементов золы и азота в стволиках однолетних сеянцев пород степного лесоразведения. Однако эти исследования не безупречны в методическом отношении и неполно освещают данную проблему.

В своей работе мы делаем попытку дать характеристику распределения элементов золы и азота в двухлетних сеянцах дуба черешчатого, ясеня зеленого, вяза обыкновенного, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной и ели обыкновенной.

Наши данные показали, что процент элементов золы и азота в различных органах в течение вегетационного периода сильно меняется во всех породах. Наиболее высокий процент обнаружился в листьях или в хвое. Далее в убывающем порядке располагаются корни и стволики. Такой порядок распределения элементов золы сохраняется, однако, далеко не во всех случаях. В частности, хвойные породы имели наиболее высокий процент золы в большей части случаев не в хвое, а в корнях, причем у сосны он сохранялся в течение всего вегетационного периода, у ели с мая до августа, а у лиственницы только до июля, после чего максимум сдвигался к хвое.

Кроме того, у лиственных (за исключением дуба) и хвойных пород имели место два различных типа распределения кальция. Ясень и вяз накапливали кальций больше всего в листьях, постепенно снижая его содержание в стволиках и еще более в корнях, тогда как хвойные, имея минимум содержания кальция в стволиках, повышали его содержание в корнях и в хвое. У дуба можно было видеть иное распределение кальция в отдельных органах: наибольшее накопление в стволиках по сравнению с листьями и корнями. Подобное же распределение обнаруживается у хвойных пород в отношении калия. Более высокий процент его в стволиках, чем в хвое и в корнях, можно видеть у лиственницы в течение всего вегетационного периода. У ели такой порядок распределения сохранялся до сентября, а у сосны только до июня, после чего по содержанию калия первое место заняла хвоя. Следует отметить, что высокое содержание золы и относительно небольшой процент кальция в листьях дуба по сравнению со стволиками, повидимому, объясняется

повышенным накоплением в этих органах каких-то специфических для дуба элементов зольных.

Все эти факты говорят о своеобразии распределения зольных элементов в сеянцах древесных пород. Более того, аналитические данные позволяют сделать вывод, что в живой, развивающейся и взаимосвязанной системе растения, состоящей из корней, стволиков и листовых органов, в течение вегетационного периода не сохраняется сколько-нибудь стабильного распределения элементов зольных и азота.

Уровень накопления питательных веществ в отдельных органах меняется в процессе роста и развития растения, характеризуя этим своеобразие минерального обмена, совершающегося в организме каждой породы. Следовательно, система лист — ствол — корень является динамической системой,* развивающейся во времени и в пространстве, отражающей собой природу растения и вместе с тем меняющейся под влиянием внешних условий. Колебания в накоплении питательных веществ отдельными органами представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что градиент содержания элементов зольных и азота варьирует в процессе развития каждой породы. У дуба содержание зольных, кальция и магния в течение всего вегетационного периода, калия и азота в июне и в июле, фосфорной кислоты с апреля по июнь включительно, выражено в системе ствол — корни базипетальным градиентом. В остальные месяцы направление градиента содержания азота, калия и фосфорной кислоты оставалось акропетальным. Интересно отметить, что градиент содержания последних трех элементов питания, в противоположность магнию, кальцию и зольным в июне, когда наступил второй прирост, изменился из базипетального в акропетальный, сохраняя это направление до конца вегетации.

Если обратиться к системе лист — ствол дуба, то можно отметить более высокое накопление этих веществ в листьях, чем в стволиках, за исключением зольных в мае и кальция в течение всего вегетационного периода. Ясень резко отличается от других пород постоянством градиента содержания всех элементов питания. При этом между листьями и стволиком строго сохраняется базипетальное его направление, тогда как между стволиками и корнями такого постоянства не наблюдается. Распределение зольных, азота, магния и фосфорной кислоты было подчинено акропетальному направлению, а кальция и калия — базипетальному с отклонением последнего в апреле и в октябре. Вяз характеризуется более частыми сменами направления градиента содержания магния, калия и фосфорной кислоты. Устойчиво сохранялись градиенты содержания зольных, азота и кальция, причем распределение всех элементов питания между листьями и стволиками, за исключением магния и калия в июле, было выражено градиентом базипетального направления.

Значительно чаще проявлялись изменения направления градиента содержания магния, калия и фосфорной кислоты между стволиками и корнями. В частности у вяза, в отличие от ясеня и дуба, градиент содержания магния менялся ежемесячно, что говорит о своеобразных периодических перемещениях этого элемента из одного органа в другой. По калию базипетальный градиент между стволиками и корнями сохранился с апреля до сентября, после чего распределение калия в этих органах менялось в обратном направлении. По фосфорной кислоте базипетальное направление имело место в течение более короткого периода (апрель — май), чем по калию; акропетальный же градиент по фосфорной кислоте характеризовался более длительным периодом (июнь — ноябрь).

Наиболее устойчиво сохранялся в течение всего вегетационного периода акропетальный градиент содержания зольных и азота и базипетальный кальция. Любопытно, что распределение этих элементов как между стволиками и корнями, так и между листьями и стволиками у вяза и

Таблица 1

Изменение градиента содержания элементов зола и азота в течение вегетационного периода*

Вид	Месяц	Зола	N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅				
Дуб	IV	-с>к	-с<к	-с>к	-с>к	-с<к	-с>к				
	V	л<с>к	л>с<к	}	}	л>с=к	л>с=к				
	VI	}	л>с>к			л<с>к	л>с>к	л>с>к			
	VII		л>с>к	л=с>к	л>с<к	л>с<к					
	VIII		л>с<к	-с>к	-с<к	-с<к					
	IX	-с>к	-с<к	-с>к	-с>к	-с<к	-с<к				
X	-с>к	-с<к	-с>к	-с>к	-с<к	-с<к					
Ясень	IV	-с<к	-с>к	-с>к	-с<к	-с<к	-с<к				
	V	}	}	}	}	}	}				
	VI							л>с<к	л>с<к	л>с>к	л>с<к
	VII							л>с<к	л>с<к	л>с>к	л>с<к
	VIII	-с<к	-с<к	-с>к	-с=к	-с>к	-с<к				
	IX	-с<к	-с<к	-с>к	-с<к	-с<к	-с<к				
X	-с<к	-с<к	-с>к	-с<к	-с<к	-с<к					
Вяз	IV	-с<к	-с>к	-с>к	-с<к	-с>к	-с>к				
	V	}	}	}	л<с<к	л>с>к	л>с>к				
	VI				л>с<к	л>с<к	л>с>к	л>с<к			
	VII				л>с<к	л>с<к	л>с>к	л<с>к	л>с<к		
	VIII	-с<к	-с<к	-с>к	л>с>к	л>с>к	л>с<к				
	IX	-с<к	-с<к	-с>к	л>с>к	л>с<к	л>с<к				
X	-с<к	-с<к	-с>к	-с<к	-с<к	-с<к					
Сосна	IV	}	х<с>к	}	х<с>к	х<с>к	х<с>к				
	V		х>с=к		х>с<к	х>с<к	х>с<к				
	VI		х<с<к		х>с<к	х>с<к	х>с<к				
	VII	х>с<к	х>с<к	х>с<к	х>с<к	х>с<к					
	VIII	х>с<к	х>с<к	х>с<к	х>с=к	х>с<к	х>с<к				
	IX	х>с<к	х>с>к	х>с<к	х>с>к	х>с<к	х>с<к				
X	х>с<к	х>с>к	х>с<к	х>с=к	х>с<к	х>с<к					
Ель	IV	х<с>к	}	}	х>с>к	х>с>к	х>с>к				
	V	х<с<к			х>с<к	х>с<к	х>с<к				
	VI	х>с<к			х>с<к	х>с<к	х>с<к				
	VII	х<с<к	х>с<к	х>с<к	х>с<к	х>с<к					
	VIII	х>с>к	х>с>к	х>с<к	х>с>к	х>с<к	х>с<к				
	IX	х>с<к	х>с>к	х>с<к	х>с>к	х>с<к	х>с<к				
X	х>с<к	х>с<к	х>с<к	х>с<к	х>с<к	х>с=к					
Лиственница	IV	-с<к	-с>к	-с<к	-с>к	-с>к	-с<к				
	V	}	х>с=к	}	х=с>к	}	х<с>к				
	VI		х>с<к		х>с=к		х>с>к	х>с>к			
	VII		х>с<к		х>с<к		х>с<к	х>с<к			
	VIII	х>с<к	х>с>к	х>с<к	х>с=к	х>с<к	х>с<к				
	IX	х>с<к	х>с=к	х>с<к	х>с>к	х<с<к	х<с=к				
X	-с<к	-с=к	-с<к	-с<к	-с>к	-с=к					

* Обозначения: л — лист, х — хвоя, с — стволы, к — корни.

ясеня выражалось одними и теми же направлениями градиента, чего нельзя сказать в отношении магния, калия и фосфорной кислоты.

Из этих данных можно сделать вывод, что специфику минерального обмена, отличающую вяз от ясеня и дуба, нужно искать в круговороте магния, калия и, может быть, фосфорной кислоты.

У хвойных пород градиенты содержания питательных веществ более часто смещаются в течение вегетационного периода, чем у лиственных пород. Повидимому, круговорот минеральных веществ в хвойных породах совершается более быстрыми и частыми циклами, чем у лиственных. Причем это в первую очередь можно говорить в отношении золы, маг-

ния, калия и фосфорной кислоты у ели; магния и фосфорной кислоты у сосны; азота, магния и фосфорной кислоты у лиственницы. Исключение составляет у всех хвойных пород только кальций, а у сосны зола. При этом между хвоей и стволиками базипетальный градиент содержания кальция сохранялся в течение периода вегетации, тогда как между стволиками и корнями, в отличие от лиственных пород, он приобретал акропетальное направление. Только в апреле можно было видеть у ели небольшое отклонение от общего правила для хвойных пород.

Однако у сосны базипетальное направление градиента содержания азота, магния, калия и фосфорной кислоты между хвоей и стволиками было более продолжительное, чем акропетальное, как правило, приуроченное к началу вегетационного периода (по азоту в апреле, по магнию в апреле и мае, по фосфорной кислоте в апреле и в июле). В отличие от этого, распределение золы было представлено акропетальным градиентом с апреля по август, после чего наступило более интенсивное накопление золы в хвое, чем в стволиках.

Значительно чаще, чем в системе хвоя — стволики, менялось направление градиента содержания азота, магния и фосфорной кислоты между стволиками и корнями сосны. Эти изменения происходили почти ежемесячно в отношении фосфорной кислоты и через короткие отрезки времени в отношении магния и азота. Возникший в апреле базипетальный градиент содержания калия между стволиками и корнями, в отличие от фосфорной кислоты, магния и азота, сохранялся более длительное время, вплоть до августа, после чего содержание калия в стволиках стало уменьшаться, а в корнях возрастать.

У ели и лиственницы распределение кальция в течение вегетационного периода было выражено теми же градиентами, как и у сосны, чего нельзя отметить в отношении остальных элементов питания. Так например, уровень накопления золы, магния, калия и фосфорной кислоты в системе хвоя — стволики ели менялся ежемесячно (или через более длительные отрезки времени) в двух направлениях. Только в распределении азота и кальция устойчиво сохранялся базипетальный градиент. Одновременно в системе стволики — корни ели происходили не менее частые изменения направления градиента содержания золы, магния, калия и азота. Однако базипетальный градиент содержания фосфорной кислоты устойчиво сохранялся почти на протяжении всего вегетационного периода. Изменения в направлении градиента содержания питательных веществ в системе хвоя — ствол — корни у лиственницы проявились не меньше, чем у ели. Соотношения между хвоей и стволиками в содержании азота и магния были выражены в течение вегетационного периода устойчиво базипетальным градиентом, а распределение калия — акропетальным. Несколько иначе представлено распределение золы и фосфорной кислоты: в течение мая и июня их содержание было более высокое в хвое, чем в стволиках, в июле градиент содержания этих веществ между хвоей и стволиками переменялся на базипетальный, который и сохранился по золе до конца вегетации, а по фосфорной кислоте до октября, после чего снова наступило большее ее накопление в хвое, чем в стволиках.

Между стволиками и корнями устойчивый акропетальный градиент содержания был по золе и кальцию и базипетальный по магнию. Уровень содержания азота, калия и фосфорной кислоты в этих органах изменялся периодически в течение вегетационного периода.

Институт леса
Академии наук СССР

Поступило
14 VIII 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Т. Д. Лысенко, Стенографич. отчет Сессии ВАСХНИЛ, 1948. ² Н. Рамап и. Е. Вауег, *Jahrb. wiss. Bot.*, 50, 67 (1912). ³ Н. Н. Степанов, *Лесной журн.*, в. 1, 28 (1914).