

А. Ф. ТЮЛИН и К. Г. ЩЕРБИНА

БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ АЗОТА И ФОСФОРА МЕЖДУ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ И ПОЧВОЙ В ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПИ ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

(Представлено академиком В. Н. Сукачевым 5 V 1954)

В числе мероприятий, содействующих усилению плодоношения дуба и сокращению сроков межсеменных лет, видное место занимает минеральное питание. Опыты, проведенные Н. Д. Нестеровичем ⁽¹⁾ с применением удобрений под различные древесные породы на подзолистых почвах БССР, дали большой положительный эффект. Большой фактический материал по этому вопросу можно найти в специальной монографии по удобрению лесных культур Антонина Немец ⁽²⁾ и в книге Аальтонен ⁽³⁾.

Положительное действие удобрений обычно объясняется бедностью почв питательными веществами. Мы проводили свои опыты с удобрениями в молодой снытьевой дубраве (25—30 лет) естественного семенного происхождения на очень богатых темносерых лесных почвах Теллермановского лесного массива Воронежской обл. и тоже получили большой положительный эффект: от внесения фосфатов урожай желудей увеличился в 5 раз, а по полному набору удобрений — в 14 раз.

Подобные результаты нельзя объяснить бедностью нашей почвы питательными веществами. С целью выяснения причин положительного действия удобрений в наших условиях мы решили обратить особое внимание на биологический круговорот углерода, азота и фосфора за вегетационный период в снытьевой дубраве (5-й квартал Теллермановского опытного лесничества).

Для этой цели мы в продолжение 3 последних лет (с мая по октябрь) вели в нашем лесу фенологические наблюдения, учитывали прирост, сухое вещество в листьях и один или два раза в месяц брали на анализ пробы

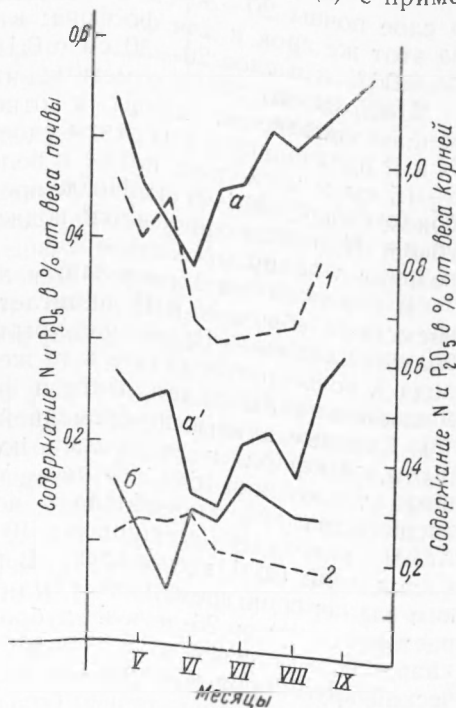


Рис. 1. Сезонные изменения в содержании азота и фосфора в почве и в корнях. а — N в слое 3—15 см; а' — N в слое 20—30 см; б — P₂O₅ в слое 3—15 см. 1 — N в корнях, 2 — P₂O₅ в корнях

как почвенные, так и растительные. Почвенные пробы брали в верхних слоях максимального скопления тонких корней в слое почвы 3—15 и 20—30 см. Корни дуба диаметром менее 1 мм брались в этих же слоях. Листья срывали с скелетных нижних веток тех же дубов, под которыми брали образцы почв и корней. Оби́й азот определяли по Кьельдалю, белковый азот — по Барнштейну, аминокислотный — по Парнасу — Вагнеру, углеводы — по Бертрону, фосфор — по Малюгиной, Хреновой у растений, а в почве — после сплавления с щелочами по Лоренцу; гумус в почве определялся по Тюрину.

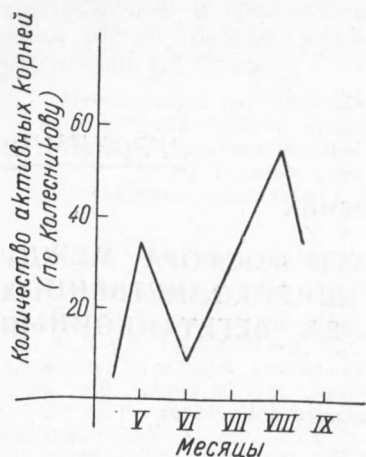


Рис. 2

в слое почвы 20—30 см с 0,27 до 0,15%. Большая убыль наблюдается за этот же срок и для фосфора: в слое 3—15 см P_2O_5 снижается с 0,16 до 0,06% и в слое 20—30 см с 0,14 до 0,01%.

Необходимо особо отметить, что временное обеднение почвы в отношении N и P идет сначала в верхнем слое почвы 3—15 см и несколько позже в более глубоком слое — 20—30 см. После временной убыли N и P из почвы наблюдается их возврат в почву.

В пересчете на 1 га в нашем лесу эта временная убыль N и P достигает очень больших величин. Временная убыль углерода в почве наблюдалась в те же сроки, в какие она была для азота и фосфора (4). Сходные данные по временной убыли азота, фосфора и углерода получены нами также и в 16-м квартале того же лесничества, где преобладает ясень, и в 3-м квартале смешанных 40-летних насаждений (дуб, ясень, клен). В последнем случае срок временной убыли более растянут, чем в 25-летней дубраве 5-го квартала, т. е. в 3-м квартале в биологический круговорот вовлекается за вегетационный период значительно больше N и P, чем в 25-летней дубраве.

В литературе имеются указания на временную убыль углерода в лесных почвах (5); по азоту и фосфору мы таких указаний пока не встретили. На рис. 1 (кривые 1, 2) приводятся данные изменения содержания азота и фосфора в тонких корнях, взятых из тех же слоев почвы и в те же сроки. Как видно из этих кривых, азот в корнях обнаруживает в наших условиях ясно выраженную тенденцию к убыли в мае — июне, тогда как содержание фосфора в корнях в те же сроки, наоборот, даже несколько повышается. Поскольку поглощение питательных веществ из почвы корнями связано с их ростом, мы определяли также рост корней

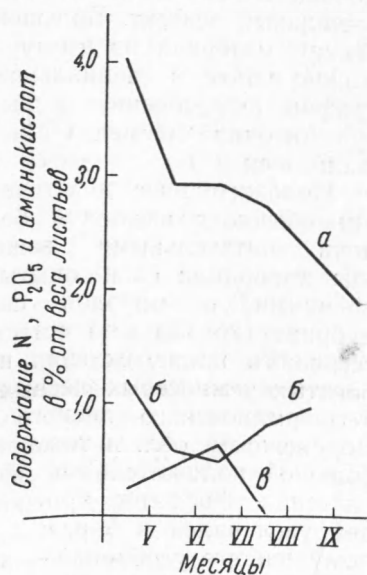


Рис. 3. Содержание N (а), P_2O_5 (б) и аминокислот (в) в листьях

по В. А. Колесникову (6). Кривая роста корней приводится на рис. 2, из которого видно, что рост корней начинает ослабевать в наших условиях в начале июня.

Наконец, укажем здесь, что по исследованиям О. И. Пушкинской (7) в нашей почве наблюдается в эти же сроки значительное уменьшение числа бактерий, а грибы, наоборот, возрастают в количестве (дуб — микотрофное растение).

Кроме изучения содержания питательных веществ по отдельным срокам вегетационного периода в почве и в корнях, мы изучали также азотный и углеводный обмен в листьях 25-летних дубов (5-й квартал). На рис. 3 верхняя кривая показывает содержание общего азота в листьях, средняя — фосфора, а нижняя — аминокислотный азот в листьях. Как видно из рис. 4, примерно за первые 4 декады вегетационного периода идет значительный отток из листьев соединений, содержащих азот и фосфор. Несмотря на эту абсолютную убыль азота и фосфора, в тот же период наблюдается относительное повышение содержания в листьях аминокислот. Из рис. 4 видно, что в мае — июне в листьях и в корнях дуба содержится много моносахаров.

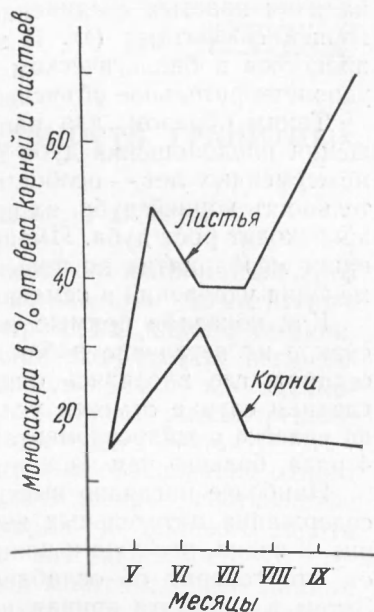


Рис. 4

Перейдем к краткому анализу полученных результатов.

В литературе нет указаний на такую большую временную убыль N и P из верхних слоев почвы в лесу в мае — июне и последующего их возврата в почву еще до наступления осеннего опада. Мы полагаем, что эта большая временная убыль N и P из почвы связана с интенсивным поглощением питательных веществ корнями всего фитоценоза в лесу в этот критический срок, когда рост растений, расход воды через транспирацию тоже достигают максимума.

Но можно предполагать, что и без участия корней такие питательные вещества, как нитраты и амачные соли, передвигаются из верхних слоев почвы в нижние, более глубокие слои путем вымывания. Чтобы доказать, что здесь дело действительно в поглощении питательных веществ живыми корнями и ризосферными микроорганизмами, мы поставили следующий опыт. На опытном участке в нашем лесу мы выбрали в мае 1952 г. из-под дубов большое количество почвы с глубины 3—15 см, где сосредоточена главная масса корней; корни из почвы были вручную выбраны, после чего эту почву (без корней) поместили тут же среди дубов на небольшую площадку глубиной около 20 см. Чтобы корни соседней растительности не проникали в почву на площадке, мы ее защитили со всех сторон досками.

За вегетационный период как 1952, так и 1953 г. на этой площадке брали пробы почвы для анализа на азот. При этом оказалось, что в то время как в почве под растением убыль азота очень велика, в почве без корней эта убыль незначительна.

Что касается возврата питательных веществ в почву за вторую половину вегетационного периода, то мы не располагаем пока материалами, пригодными для объяснения этих фактов; здесь нужны дальнейшие исследования.

Большое внимание привлекает к себе сопряженность во времени (первые 4—6 декад) большой убыли N и P из верхних слоев почвы,

повышенного содержания Р в корнях, повышенного притока моносахаров в корни, относительно возрастания аминокислот в листьях. Эту сопряженность трудно объяснить без учета новых достижений науки по синтезу аминокислот и образованию фитогормонов в корнях растений (⁸, ⁹).

Для синтеза аминокислот в корнях, кроме притока сахаров в корни, наличия простых соединений азота в корнях, требуется обеспеченность корней фосфатами (⁸). В этом свете сопряженность отмеченных нами процессов в биологическом круговороте веществ в нашем лесу находит удовлетворительное объяснение.

Таким образом, для нашей основной задачи — найти условия повышения плодоношения дуба в семенных хозяйствах и сокращения сроков межсеменных лет — особое значение приобретает интенсивная жизнедеятельность корней дуба, их интенсивный рост в критический период, когда происходит рост дуба. Именно в таком свете мы и рассматриваем теперь наши мероприятия по повышению плодоношения дуба, в частности применения удобрений в семенных хозяйствах в лесу.

Как показали прямые исследования, усиленный рост корней, интенсивное их ветвление наблюдаются на удобренных секциях, а также на секциях, где вносились одни микроэлементы — бор, цинк, медь. В последнем случае отмечен усиленный рост желудей: к концу июля 1952 г. на участке с микроэлементами вес несозревших еще желудей был в 3—4 раза, больше чем на контроле.

Наиболее наглядно выступает зависимость роста активных корней от содержания питательных веществ из сопоставления рис. 3 с рис. 1. Из рис. 3 видно, что уже к концу июня кривая роста активных корней падает, что говорит об ослаблении роста активных корней в этот период. Затем в июле эта кривая начинает подниматься вверх. На рис. 1 мы видим, что период ослабления роста активных корней совпадает с периодом временной убыли из почвы N и P и, наоборот, подъему кривой роста активных корней на рис. 3 отвечает на рис. 1 усиленный возврат в почву N и P. Таким образом, здесь мы видим тесную связь ослабления роста активных корней с пониженным содержанием доступных корням питательных веществ. Внесение удобрений в нашем случае надо рассматривать не столько со стороны пополнения валового запаса питательных веществ в почве, сколько со стороны усиления роста корней в критический период. Экспериментально сравнительно давно это было показано в работе А. И. Ахромейко (¹⁰). И в новейших работах (¹¹) мы находим убедительные доказательства в пользу нашего вывода: полевые опыты с изотопом Р³² показали, что растение, хорошо укоренившись, берет потом фосфаты преимущественно из запасов самой почвы и очень мало из внесенных удобрений (10% и меньше).

На основе полученных выводов по биологическому круговороту питательных веществ мы и строим теперь новую систему мероприятий по повышению плодоношения дуба и сокращению сроков межсеменных лет в нашем лесу. Проверка этих выводов намечена и в других экологических условиях.

Институт леса
Академии наук СССР

Поступило
3 IV 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Д. Нестерович, Изв. АН БССР, № 6 (1949). ² A. Nemes, Hnojení Lesnich Kultur, 3, Praha, 1950. ³ V. Aaltonen, Boden und Wald, 1948. ⁴ А. Ф. Тюлин, С. В. Кушниренко, К. Г. Щербина, Почвоведение, 3 (1953). ⁵ М. М. Абрамова, Тр. Почв. инст. АН СССР, 25 (1947). ⁶ В. А. Колесников, Тр. Крымск. с.-х. инст., 3 (1952). ⁷ О. И. Пушкинская, Тр. Инст. леса АН СССР, 12 (1953). ⁸ А. Л. Курсанов, Вестн. АН СССР, 12, (1953). ⁹ Д. А. Сабинин, Тимирязевские чтения, 9, Изд. АН СССР, 1949. ¹⁰ А. И. Ахромейко, Докл. Всесоюз. совещ. по физиол. раст., 28, 1—3 II 1940, 4, в. 2 (1945). ¹¹ W. L. Nelson, B. A. Kranz et al., Proc. Soil Sci. Soc. of America, 12 (1947).