

К. Ф. Мирон, С. Б. Кочановский

## Изучение некоторых вопросов корневого питания тополей с помощью меченого фосфора

Одной из важных задач успешного внедрения в состав наших отечественных лесов сортовых тополей, способных в благоприятных для их произрастания условиях давать большие запасы древесины в наиболее короткий срок, является изучение некоторых особенностей корневого питания тополей в смешанных насаждениях.

Мы задались целью изучить физиологическую сущность механизма взаимодействия корневых систем тополей и их компонентов, до сих пор совсем не изученную. В Негорельском учебно-опытном лесхозе Белорусского технологического института имени С. М. Кирова проведены первые опыты по исследованию передвижения минеральных питательных веществ из тополей в произрастающие в насаждении другие породы и наоборот.

Эксперимент проводился на следующих объектах, находящихся в разных местах Негорельского лесничества.

**Объект I** в кв. 87, первая сортоиспытательная плантация площадью до 0,48 га, тип лесорастительных условий — суборь свежая, В<sub>2</sub>. Почва дерново-подзолистого типа, среднеподзоленная, на песке связном, мелкозернистом, подстилаемом с 40 см рыхлым песком, а с глубины около 1 м — суглинком легким песчанистым с пятнами и прослойками рыхлого песка (размытая морена). Глубина грунтовых вод в июле 6—7 м.

Насаждение чистое тополевое разного состава следующих сортов тополей в пятилетнем возрасте:

1. Мощный — *Populus euroamericana* Guinier f. *robusta* Schneider.
2. Серый западный — *P. euroamericana* Guinier f. *regenerata* Rehder.
3. Майский — *P. euroamericana* Guinier f. *marilandica* Rehder.
4. Поздний — *P. euroamericana* Guinier f. *serotina* Hartig.
5. Гибридный 277 — *Populus hybrida* № 277.
6. Максимовича из Подмосковья — *Maximowiczii* Henry.
7. Подмосковный Яблокова — *P. podmoskowiensis* Jabl.
8. Бальзамический — *P. balsamifera* L.
9. Китайский — *P. Simonii* Carr.
10. Душистый № 1 Богданова — *P. suaveolens* № 1. Bogdanov.
11. Осокорь × берлинский — *P. nigra* × *P. berolinensis*.

и другая растительность.

Происхождение сортовых тополей — вегетативное. Размещение деревьев — рядовое, на расстоянии 4 м между рядами и 2 м в рядах. Смешение порядное.

В пятилетнем возрасте ризосфера корневой системы достигала глубины 1 м, в том числе основной массы корней — глубины 0,4—0,6 м. В границах полос между рядами сближались, не перекрываясь и не срастаясь, отдельные корни тополей смежных рядов.

Средние высоты сортовых тополей и их диаметры на высоте 130 см колебались в пределах 4,5 м и 2,6 см (канадский тополь) и 7,7 м и 8,8 см (гибрид 277). Проективное покрытие крон 0,5.

**Объект II** в кв. 41, площадь объекта до 0,25 га. Тип лесорастительных условий — суборь сложная влажная, С<sub>3</sub>. Почва дерново-подзолистого типа, среднеподзоленная, развивающаяся на супеси, подстилаемой легким суглинком. Глубина грунтовых вод в июле до 3—4 м.

Насаждение смешанное березово-осиновое, естественного происхождения, с примесью тополя волосистоплодного, единично клена остролистного, дуба черешчатого, ясеня обыкновенного, липы, ели, лещины, ивы, рябины в возрасте от 5 до 10 лет и старше и другой растительности. Высота отдельных пород от 2—3 до 7—10 м. Проективное покрытие крон 0,6—0,8.

**Объект III** в кв. 67, площадь объекта до 1 га. Тип лесорастительных условий — суборь свежая, В<sub>2</sub>. Почва дерново-подзолистого типа, среднеподзоленная, развивающаяся на легкой супеси, подстилаемой глубоким, к низу уплотненным перемытым песком. Глубина грунтовых вод в июле от 2 до 3 м.

Культура сосны обыкновенной в возрасте 8 лет с примесью тополей канадского и волосистоплодного в возрасте 4 лет введена по междурядьям. Размещение сосны 2 × 0,7 м и тополя — по середине междурядий через 2 м. Рост насаждения притупленный. Высота культур тополя до 2 м, сосны обыкновенной — до 4 м. Проективное покрытие крон до 0,6.

Для указанной цели в наиболее характерных местах насаждений у подопытных растений осторожно находилась и откапывалась хорошо развитая мочка корней, которая помещалась затем в сосуд емкостью 0,5 л. Сосуд обертывался двойным слоем плотной водонепроницаемой бумаги, заполнялся раствором радиоактивного фосфора (в виде  $K_2HPO_4^{32}O_4$ ) удельной активности 0,5 микрокури на 1 мл (общая дозировка 250 микрокури на одно растение). В сосуд вставлялась резиновая трубочка для продувания воздухом питательной смеси. Опыт был поставлен 16 августа, а образцы брались через 2, 5, 7 и 14 дней.

Перемещение меченого фосфора из обработанных растений в рядом растущие необработанные устанавливалось путем взятия образцов листьев с последних и подсчетом их радиоактивности. Образцы листьев брались с разных частей растения в количестве 10—12 г, тщательно измельчались и перемешивались.

Из общей массы листьев брались средние пробы весом 2—2,5 г, помещались в алюминиевые бюксы, высушивались в термостате до абсолютно сухого состояния. После этого образцы измельчались до пылевидного состояния. Из растертой массы брали средний образец весом 200 мг, распределяли его равномерным слоем на алюминиевом подноске. Радиоактивность образцов определялась на установке Б-2 с помощью счетчика АС-2 по количеству импульсов на 1 г сухого вещества. При вычислении активности вводилась поправка на фон и радиоактивный распад.

Образцы считались радиоактивными в том случае, если их показания были выше фона не менее чем на 50%. Меньшие показания рассматривались как следы. Результаты исследований приводятся в табл. 1—3.

Полученные данные показывают, что меченый фосфор, введенный в одно растение, перемещается в другие, рядом растущие.

В радиусе до 4 м от опытных деревьев мы обнаруживали фосфор в более или менее значительных количествах во всех растениях, независимо от того, относились ли они к одному с опытными виду или к разным. Так, радиоактивный фосфор, введенный в тополь волосистоплодный (табл. 2), перемещался в осину, березу, дуб, лещину, крушину, иву и даже в травянистые растения. И наоборот, фосфор, введенный в осину или березу, обнаруживался у рядом растущих тополей, берез, осин и т. д.

Ж. Е. Кунц, А. Ж. Кикер (1955) указывают, что минеральные питательные вещества и болезнетворные организмы перемещаются из одного экземпляра дуба в другой через их сросшиеся корни. Такой путь передачи меченого фосфора в наших опытах не может иметь места, так как корни срастаются иногда только у растений одного вида и трудно представить себе срастание корней у таких далеких в систематическом отношении рядах, как тополь и сосна. Тем не менее, как видно из табл. 3, при введении фосфора в сосну фосфор обнаруживался у тополя и наоборот.

Передача фосфора из растений одного рода в растения другого рода может осуществляться через почвенный раствор. Поглощенные одной частью корневой системы вещества по каким-то причинам выделяются другой его частью в почвен-

Перемещение  $\text{P}^{32}$  из одного растения в другое в тополевых насаждениях

Растения, в которые вводился $\text{P}^{32}$	Растения, в которых отыскивался $\text{P}^{32}$	Расстояние в см до опытных растений	Радиоактивность в имп/мин на 1 г сухого вещества			
			18/VIII	21/VIII	23/VIII	30/VIII
Т. Максимовича	Т. волосистопл.	150	96	Следы	21	26
	Т. Максимовича	100	96	Следы	28	31
	Сераделла	—	51	30	37	42
Т. мощный	Т. мощный	200	37	Следы	0	Следы
	Т. майский	400	28	0	49	51
	Т. бальзамич.	190	51	0	Следы	0
	Т. китайский	180	51	Следы	Следы	Следы
Осокорь × берлинский	Пырей	—	28	Следы	Следы	Следы
	Т. душистый 1	130	21	Следы	Следы	Следы
	Богданова	—	—	—	—	—
	Осокорь × берлинский	100	90	0	Следы	0
	Душистый × черный 86/19	180	51	37	0	0
Богданова	—	—	—	—	—	
Пырей	—	—	—	—	—	
			70	0	42	29

ный раствор, что дает возможность другим растениям поглотить их из почвенного раствора.

Выделение минеральных питательных веществ корнями растений нельзя рассматривать как патологическое явление. Исследованиями А. И. Ахромейко и М. В. Журавлевой (1955),

Таблица 2

**Передвижение меченого фосфора из тополя волосистоплодного в сопутствующие породы в тополево-березово-осиновом насаждении**

Растение, в которое вводился P <sup>32</sup>	Растения, в которых отыскивался P <sup>32</sup>	Расстояние в см до опытных растений	Высота растений, м	Радиоактивность в имп/мин на 1 г сухого вещества			
				18/VIII	21/VIII	23/VIII	30/VIII
Т. волосисто-топл.	Т. волосисто-топл.	200	5,3	49	0	37	41
	Осина	100	3,4	56	67	56	59
	Осина	100	2,2	37	195	42	68
	Осина	100	1,6	21	0	42	45
	Береза	110	2,1	56	75	28	32
	Рябина	150	1,6	Следы	0	119	108
	Ива	110	—	29	67	28	36
Т. волосисто-топл.	Дуб	60	7,0	Следы	0	21	Следы
	Осина	120	5,0	37	47	37	38
	Лещина	120	3,7	Следы	45	Следы	Следы
	Крушина	70	—	42	60	56	59
	Осока	—	—	21	0	28	32
	Папоротники	—	—	49	330	56	101
Т. волосисто-топл.	Осина	100	5,2	0	45	70	81
	Липа	70	3,2	28	Следы	21	37
	Ель	90	2,4	28	60	42	46
	Лещина	120	2,3	28	30	28	29
Клен остролистный	Т. волосисто-топл.	80	5,5	Следы	0	96	87
	Ясень	100	9,5	56	0	21	25
Осина	Т. волосисто-топл.	40	4,1	—	Следы	0	Следы
	Клен остролист.	40	3,0	—	30	0	Следы
Береза бородавчатая	Осина	100	2,0	—	45	21	26
	Ива	50	2,8	—	0	78	65
	Т. волосисто-топл.	100	6,5	42	60	37	39
		40	4,5	84	22	Следы	0

И. Н. Рахтеенко (1958) установлено, что корневые системы растений способны не только поглощать минеральные питательные вещества, но и выделять их в почву. Этот процесс является нормальной физиологической функцией растений.

Из полученных нами данных нельзя сделать вывода о том, из какой древесной породы и в какую передачу фосфора осуществляется с большей степенью интенсивности. На этот процесс оказывает влияние множество факторов: удаленность ра-

стений друг от друга, степень развития и физиологическая активность корневых систем и, главное, взаимное расположение в почве корней этих растений, наличие или отсутствие их тесного контакта.

Таблица 3  
Перемещение  $P^{32}$  из одного растения в другое  
в тополево-сосновом насаждении

Растение, в которое вводился $P^{32}$	Растения, в которых отыскивался $P^{32}$	Расстояние в см до опытных растений	Высота растений, м	Радиоактивность в имп/мин на 1 г сухого вещества			
				18/VIII	21/VIII	23/VIII	30/VIII
Т. волосистопл.	Сосна обыкн.	120	5,0	91	30	37	42
	Сосна обыкн.	150	7,0	Следы	Следы	37	29
	Ель обыкн.	110	0,55	42	67	56	56
	Дуб черешч.	185	2,6	0	111	Следы	91
	Осина	150	1,7	42	90	28	26
	Береза бород.	90	1,8	21	Следы	37	31
	Береза бород.	95	2,3	37	0	0	0
	Береза бород.	125	2,5	42	38	49	53
	Брусника	—	—	21	Следы	Следы	Следы
	Черника	—	—	37	22	Следы	0
Сосна обыкн.	Кукушкин лен	—	—	37	30	42	48
	Т. канадский	80	2,8	42	68	21	37
	Ель обыкн.	70	2,5	70	15	56	55
Береза бород.	Береза бород.	185	2,9	49	30	42	45
	Т. волосистопл.	60	3,2	37	0	0	0
	Береза бород.	90	3,5	21	67	21	32
	Дуб черешч.	300	1,3	21	75	37	38

Сочетание всех указанных факторов нужно учитывать при подборе пород в культуры. Следует учесть еще и то, что каждая древесная порода или группа имеет свой определенный сезонный ритм поглощения (а следовательно, и выделения) минеральных питательных веществ (И. Н. Рахтеенко, 1958). Вполне понятно, что при совместном произрастании пород, у которых периоды интенсивного поглощения того или иного элемента совпадают, конкуренция будет проявляться в большей степени.

Сам факт выделения минеральных питательных веществ одним растением и поглощения их другим может и не иметь большого значения, если у растений незначительный контакт на небольшой части корней и поглощенные отдельной прядью корней соседнего дерева вещества направляются в отдельные ветки его, а не распределяются более или менее равномерно по всей кроне.

В литературе по этому вопросу существуют противоречивые мнения. Одни исследователи (Л. И. Казакевич, 1925; И. В. Красовская, 1948; А. Л. Курсанов, 1935 и др.) указывают, что любой корень или группа корней может питать в какой-то мере все участки кроны. Другие же (П. Г. Шитт, З. А. Метлицкий, 1940; Т. Н. Евдокимова, 1955; Ю. А. Белавин, 1958 и др.) считают, что отдельные корешки могут снабжать питательными веществами только определенные участки кроны, т. е. что между определенными частями кроны и корневой системы существует локализованная связь.

С целью уточнения роли отдельных частей корневой системы в питании растений нами был поставлен опыт в лабораторных условиях, для чего были использованы окорененные черенки тополя канадского, на которых насчитывалось 5—8 хорошо развитых боковых веток. Основная масса корней находилась в стеклянном сосуде емкостью 2 л, а отдельная мочка, через которую вводился радиоактивный фосфор,— в колбочке емкостью 150 мл. Колбочка определенным образом укреплялась за пределами основного сосуда, и всякая возможность попадания  $P^{32}$  в среду нахождения остальной части корней была исключена. Оба сосуда покрывались двойным слоем светонепроницаемой бумаги. Удельная активность раствора 0,1 микрокюри. Пробы листьев брались через 2—4 дня с отдельных предварительно занумерованных веток. В конце опыта были взяты пробы листьев молодых и старых побегов, тонких необработанных корней.

Как видно из приведенных данных, фосфор, введенный через отдельную прядь корней, поступает во все ветки растения. В это же время можно отметить неравномерность поступления фосфора в отдельные части растений. Так, через 2 дня после введения в листья ветки 4 (тополь I) находились лишь следы фосфора, а спустя еще 2 дня поступление его в эту же ветку резко увеличивалось. Если меченый фосфор не поступал в листья определенной ветки, то он все же находился в значительных количествах в древесине молодых или старых веток (ветка 1 тополя II). Кроме того, меченый фосфор поступал и в не обработанные раствором корни. Наибольшее количество фосфора накапливали молодые растущие ветки.

Таким образом, если корни соседних растений имеют контакт и в небольшой своей части, то при выделении определенного элемента корнями одного из них он тут же будет поглощаться корнями другого и направляться во все части кроны дерева. Кроме того, это растение может в свою очередь выделять в почву некоторое количество не вовлеченного в общий метаболизм элемента, который будет поглощен корнями третьего растения. В результате тот или иной очаг удобрения может служить источником питания растений на довольно

большой площади, и деревья, корни которых не будут иметь непосредственного контакта с этим очагом, все же в какой-то мере будут получать из него элементы питания. Этот факт может иметь большое значение при разработке системы ухода за культурами, и, в частности, представляется целесообразным очаговое внесение удобрений, если по каким-либо причинам распределение их равномерно по всей площади неосуществимо.

Таблица 4

Поступление меченого фосфора в разные ветки тополя канадского при введении его через отдельную мочку корней

Номер растения	Номер ветки	Радиоактивность в имп/мин на 1 г сухого вещества				
		через 2 дня	через 4 дня			
			листья	листья	молодые побеги	старые побеги
I	1	1728	14731	10491	9704	1727
	2	1856	7684	3819	3715	
	3	20	42	121	Следы	
	4	Следы	101	279	69	
II	1	60	0	0	0	133
	2	40	Следы	0	32	
	3	47	69	—	293	
	4	20	Следы	1397	Следы	
III	1	0	Следы	177	Следы	222
	2	47	368	482	224	
	3	Следы	25	127	Следы	

Как данными наших опытов, так и анализом состояния производственных плантаций культур тополей в Могилевском, Рогачевском, Буда-Кошелевском, Речицком и других лесхозах можно считать в достаточной степени установленным, что культуры тополей в БССР не удаются, медленно растут на тяжелых суглинистых почвах, незаболоченных или заболочиваемых луговых низинах и замкнутых впадинах (К. Ф. Мирон, 1959). Это, вероятно, связано с недостаточной аэрацией почв, в которой особенно нуждаются тополя.

С целью выяснения реакций тополей на недостаток кислорода нами был поставлен ряд опытов в вегетационных условиях. Объектами исследования послужили окоренные черенки тополя душистого. Растения предварительно разделялись на две группы и помещались в широкогорлые конические колбы емкостью 0,75 л, которые заполнялись смесью Гельригеля (0,5 нормы), плотно обертывались светонепроницаемой

бумагой и помещались в одинаковые условия освещения и температуры. Одна группа растений предназначалась для выращивания в аэробных условиях, а другая — в анаэробных. Аэрирование питательного раствора производилось путем ежедневного продувания воздуха в течение 30 минут. По мере снижения уровня жидкости в колбе добавлялась питательная смесь. Один раз в месяц питательный раствор сменялся.

Анаэробные условия создавались путем помещения корней в питательный раствор без последующего его продувания, так как рядом исследователей установлено, что в непроточных

Таблица 5

Поглощение  $P^{32}$  корнями тополя душистого в зависимости от аэрации (средние данные)

Условия опыта	Радиоактивность в имп/мин на 1 г сухого вещества		
	листья	побеги	корни
Аэробные	16634	32175	283789
Анаэробные	3797	8365	178077

водах газообразного кислорода содержится крайне мало (Г. Гессельман, 1915; В. Д. Лопатин, 1947; А. Л. Кошечев, 1955) или он вовсе отсутствует (L. G. Romell, 1922). Продолжительность опыта — 4 месяца. Повторность — 12-кратная.

В конце опыта под корневую систему растений был введен радиоактивный фосфор удельной активности 0,01 микрокюри. Методика взятия и обработки проб стандартная. В растворе радиоактивного фосфора корни выдерживались 24 часа. Результаты приведены в табл. 5.

Из полученных данных видно, что при ухудшении условий аэрации поглощение меченого фосфора тополем резко снижается. Так, при аэрировании питательного раствора в листьях накапливается в 4,4, в побегах — в 3,8 и в корнях — в 1,5 раза больше фосфора, чем в анаэробных условиях, поглотительная деятельность корней заметно уменьшается и даже при наличии в почве достаточных количеств питательных веществ надземные органы тополя могут испытывать резкий их недостаток.

Из всего отмеченного выше можно сделать такие выводы:

1. Минеральные питательные вещества способны из одного вида растений перемещаться в другие. «Переносчиком» их, видимо, является почвенный раствор.

2. Питательные вещества, выделенные одним растением и поглощенные отдельной прядью корней другого растения, распределяются в кроне последнего более или менее равномерно, а не концентрируются в какой-либо определенной части кроны. Следовательно, представляется целесообразным вносить удобрения под древесные растения очаговым способом.

3. Тополя очень требовательны к хорошим условиям аэрации. При ее ухудшении поглотительная активность корней снижается в 1,5—4,4 раза.

Ю. Д. Сироткин

### Сравнительная характеристика лесных культур некоторых местных и интродуцированных хвойных пород

Изучение разнообразия хвойных культур, созданных в прошлом из местных и интродуцированных пород, и использование лучшего опыта при современном лесокультурном производстве имеет существенное лесохозяйственное значение.

В этом отношении интересным является опыт выращивания хвойных культур в Минском лесхозе БССР. В Прилуцкой лесной даче этого лесхоза на протяжении нескольких десятилетий создаются культуры различных хвойных древесных пород.

Для сравнительного изучения были подобраны культуры местных хвойных пород — сосны обыкновенной, ели обыкновенной и интродуцированных хвойных пород — сосны Муррея (*Pinus Murrayana* Balfour.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledebur.) и лжетсуги тисолистной (*Pseudotsuga menziesii* Franco). Культуры размещены на небольших участках, расположенных вблизи друг друга, в идентичных рельефных и почвенно-грунтовых условиях.

Почвы дерново-подзолистые, среднеоподзоленные, развивающиеся на суглинках средних (тяжелых) пылеватых, подстилаемых суглинками средними; по влажности свежие. Тип лесорастительных условий — свежая сложная субурь, С<sub>2</sub> (кисличная серия типов леса).

Известно, что в условиях свежей сложной субори местные хвойные породы — сосна и ель — способны создавать насаждения с большими запасами древесины. Успешно растет здесь и лиственница сибирская, но об успешности роста и особенно о характере формирования древостоев в культурах таких иноземных пород, как лжетсуга тисолистная и сосна