

## СМЕШАННЫЕ КУЛЬТУРЫ СОСНЫ И ЕЛИ И ИХ КОРНЕВЫЕ СИСТЕМЫ В КИСЛИЧНЫХ СУБОРЯХ МИНСКОГО ЛЕСХОЗА

Ю. Д. СИРОТКИН, В. Г. АНУФРИЕВА

(Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова)

Об успешности смешанных сосново-еловых насаждений у лесоводов нет единого мнения. В. К. Захаров (1958), Ю. Д. Сироткин (1959—1970), А. И. Градецкас (1966) считают, что сосново-еловые насаждения естественного и искусственного происхождения более продуктивны, чем чистые сосняки, а в отдельных случаях и чем чистые ельники. В то же время В. Ф. Морозов (1954), А. Ф. Киселев (1960), В. К. Поджаров и В. П. Червяков (1963), не умаляя в общем достоинств смешанных сосново-еловых культур, все же отмечают преимущества чистых. По мнению К. Ф. Мирона (1954), в смешанных культурах между сосной и елью возникает острая межвидовая борьба, приводящая к снижению продуцирования насаждения. Угнетение ели сосной отмечает Ф. Н. Харитонович (1962).

Взаимоотношения сосны и ели изучаются нами в смешанных и чистых культурах в субори кисличной. Культуры находятся в Прилуцкой лесной даче Минского лесхоза: два стационара (1 и 4) в чистых культурах сосны и ели, два стационара (2 и 3) в культурах, где сосна и ель смешаны в рядах, и четыре стационара (5, 6, 6<sup>a</sup>, 7) в культурах рядового смешения Д. Д. Лавриненко (1965), В. В. Огиевский (1949) при этих способах смешения отмечают наиболее острую межвидовую конкуренцию смешиваемых пород, что позволяет с большей достоверностью судить о степени влияния одной породы на другую.

Участки культур отличаются относительно богатыми условиями местопроизрастания (свежая сложная суборь, С<sub>2</sub> кисличная серия типов леса) с подлеском, состоящим из лещины, рябины, крушины, бузины. В разреженных местах древостоя и в окнах встречается подрост из ели обыкновенной и дуба черешчатого. В составе живого напочвенного покрова *Oxalisacetosella* L. (Сор.<sub>1</sub>), *Carvallaria bifolia* L. (р), *Carex silvatica* Нuds, *Urtica dioica* L., *Veronica chamaedrys* L., *Athyrium filixfemina* L., *Dryopteris filix-mas* L. (Sol), *Pleurozium Schreberi* (Wild.) Mitt. (Сор.<sub>2</sub>), *Polytrichum commune* Hedw. (Sp), *Climacium dendroides* (L.) Web et Mohr (Sol).

Нанорельеф стационаров не выражен. Уровень грунтовых вод ниже 3 м. Почва дерново-подзолистая среднеподзоленная, суглинистая. Химический анализ почв показывает их относительно высокое плодородие. Так, в перегнойном горизонте гумуса до 3,7%, степень насыщенности почв основаниями достигает 82%, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>—до 2,5 мг/100 г почвы, К<sub>2</sub>О—до 2,8 мг/100 г почвы.

Несколько отличается от других участков стационар 5, расположенный в небольшом понижении, с более богатыми условиями местопроизрастания (свежая рамень, Д<sub>2</sub>; ельник кисличный). Почва с мощным пере-

гнойным горизонтом (65 см, а на других стационарах 16—20 см) и более повышенной влажностью.

Культуры созданы в начале 30-х годов на площадях из-под сельскохозяйственного пользования. Размещение посадочных мест  $1 \times 1,5$  м (6670 шт/га). В культурах, смешанных чистыми рядами, состав был 5С5Е, близок к нему и первоначальный состав культур, созданных смешением пород в ряду. Для посадки использовались сеянцы сосны и ели, выращенные в местном питомнике.

Современная таксационная характеристика исследованных культур (табл. 1) показывает, что в смешанных культурфитоценозах к концу второго класса возраста вполне определенно выявляется характер взаимоотношений древесных пород, сложившихся на протяжении длительного периода совместного произрастания.

В культурах, где сосна и ель смешаны в рядах (стационары 2 и 3), обе породы снижают интенсивность ростовых процессов, причем у ели это проявляется в большей мере. Продуцирование этой породы падает на один класс бонитета, а сохранность ниже на 1,7—5,2%, чем в чистой культуре (стационар 1). Снижение прироста по диаметру и более интенсивное естественное изреживание приводит к формированию смешанных древостоев, запасы которых к 40-летнему возрасту ниже чистых фитоценозов.

Анализируя таксационные показатели сосны и ели в культурах рядового смешения, прежде всего надо отметить их различную сохранность, зависящую не только от лесоводственных приемов воспитания насаждения, но и от биоэкологических особенностей пород, способности одной породы противостоять угнетающему влиянию другой породы, «конкурентно-способности» (по Д. Д. Лавриненко, 1965) пород или способности одной древесной породы перехватывать у другой необходимые элементы среды.

На стационарах 6 и 6<sup>а</sup> ель находится в угнетенном состоянии, на ее долю приходится всего 4—6% общего запаса смешанного насаждения, и растет она по II—III бонитету. Сосна же занимает господствующее положение и характеризуется Ic классом бонитета.

С увеличением естественного отпада сосны в культурах рядового смешения (стационар 7) усиливается рост ели, и она в значительном количестве входит в состав верхнего полога насаждения. Здесь при хорошем общем состоянии сосны ель дает в 4,5 раза больший запас, чем в культурах, где она находится во втором ярусе (стационары 6 и 6<sup>а</sup>).

Особый интерес представляет древостой стационара 5. Высокая сохранность (современный состав 7ЕЗС) и быстрый рост ели способствовали формированию высокопродуктивного насаждения (497 м<sup>3</sup>/га, средний прирост 12,1 м<sup>3</sup>/га). Оставшаяся в небольшом количестве сосна имеет среднюю высоту и диаметр более высокий, чем в чистых сосновых культурах, но запас ее за счет значительного уменьшения числа стволов на единицу площади снижается в 3 раза и составляет всего 25% общего запаса в смешанном древостое. Условия местопроизрастания (свежая рамень, Д<sub>2</sub>) здесь оказались более благоприятными для ели. Достаточная влажность почвы, мощный гумусный горизонт (до 65 см) и достаточное содержание элементов питания в большей степени соответствовали ее биоэкологическим особенностям. Обладая хорошо развитой поверхностной корневой системой, ель максимально использовала естественные возможности почвы, формируя большую надземную и подземную массу. Сосна по своей природе менее требовательна к почвенному плодородию и в данных условиях оказалась менее отзывчивой к богатству поч-

Таблица 1

Таксационная характеристика древостоев чистых и смешанных культур сосны и ели

Стаци- онно- нар	Способ смешения пород в культуре	Современный состав древостоя	Воз- раст, лет	Поро- да	Средние		Ство- лов, шт/га	Сумма площадей сечения, м <sup>2</sup> /га	Сохран- ность, %	Бонитет по Дави- дову	Полнота		Фактический запас, м <sup>3</sup> /га	
					Н, м	Д, см					по- ро- ды	об- щая	по- ро- ды	об- щий
1	Чистые	10Е	39	Е	20,2	17,0	1933	43,2	29,0	16	1,4	1,4	453	453
2	В рядах	6С4Е	39	С	19,9	18,0	879	22,2	26,3	1а	0,6	1,0	220	357
3	В рядах	6С4Е	39	Е	19,1	14,8	793	13,7	23,8	1а	0,4	1,3	137	358
4	Чистые	10С	39	С	18,6	16,5	911	19,4	27,3	1а	0,6	0,7	198	160
5	Рядами	7Е3С	41	С	18,7	19,3	668	19,6	20,0	1а	1,1	1,1	381	381
6	Рядами	1 ярус 10С II ярус 10Е	41	С	19,5	18,2	1408	37,3	21,1	1с	0,9	1,3	370	497
6 <sup>а</sup>	Рядами	I ярус 10С II ярус 10Е	41	С	21,7	23,3	748	31,9	22,4	1с	0,4	0,4	127	418
7	Рядами	7С3Е	41	С	21,4	22,2	313	12,0	9,7	1с	1,1	1,2	17	435
			41	Е	21,9	24,3	830	38,6	24,9	III	0,1	0,1	386	413
			41	С	10,1	8,9	491	3,0	14,7	1с	1,0	1,1	27	413
			41	Е	21,4	24,3	739	36,3	22,2	II	0,1	0,1	304	417
			41	С	13,0	10,5	416	3,7	12,5	1с	0,8	0,8	113	417
			41	С	21,1	25,2	579	29,1	17,4	I	0,4	1,2	113	417
			41	Е	17,5	15,5	621	11,7	18,5	I	0,4	0,4	113	417

вы. Развитая надземная масса ели, затеняя сосну, постепенно вытеснила ее из насаждения.

При рядовом смешении сосны и ели их взаимоотношения складываются так: или сосна «процветает», оставляя ель во втором ярусе, или ель, находясь в более благоприятных условиях, не уступает сосне по интенсивности роста и даже вытесняет ее из насаждения. При смешении этих пород в рядах наблюдается некоторое взаимоугнетение, что сказывается на общей продуктивности насаждения.

С целью дополнительного выявления сложившихся к 40 годам взаимоотношений сосны и ели в описанных выше культурах проведено изучение корневых систем путем их тщательной раскопки, учета и зарисовки.

Формирование корневых систем сосны и ели изучалось нами по 10—20-сантиметровым слоям почвы (И. Н. Рахтеенко, 1963; И. Н. Рахтеенко, Б. И. Якушев, 1970). В наиболее типичных местах стационаров, между средними модельными деревьями закладывалось по две траншеи, ширина которых соответствовала ширине междурядий. По длине траншеи располагалось не менее трех соседних деревьев в ряду. Корни отмывались, разбирались по породам и делились на две фракции—мелкие (тоньше 1 мм) и крупные (толще 1 мм и скелетные). Корни высушивались до постоянного веса и взвешивались. Расчет производился в граммах на 1 м<sup>2</sup>.

В чистых культурах сосна имеет наиболее мощную корневую систему (табл. 2), чем в смешанных культурах, и достигает глубины 3 м, осваивая все генетические горизонты. Обращает внимание различное коли-

Таблица 2

Распределение корней сосны и ели по генетическим горизонтам почвы  
в чистых культурах (сухой вес корней на 1 м<sup>2</sup>,  $\frac{г}{\%}$ )

Генетический горизонт	Ель обыкновенная (стац. 1)			Сосна обыкновенная (стац. 4)		
	крупные	мелкие	итого	крупные	мелкие	итого
А <sub>1</sub>	3407,9	232,8	3640,7	3895,2	35,0	3930,2
	70,1	4,8	74,9	44,9	0,4	45,3
А <sub>2</sub>	1032,7	79,3	1112,0	4021,4	24,0	4045,4
	21,2	1,6	22,8	46,4	0,3	46,7
А <sub>2</sub> В <sub>1</sub>	59,6	14,7	74,3	559,8	26,0	585,8
	1,2	0,3	1,5	6,5	0,3	6,8
В <sub>2</sub>	25,5	4,7	30,2	63,4	27,3	90,7
	0,5	0,1	0,6	0,7	0,3	1,0
В <sub>3</sub>	3,1	1,4	4,5	13,1	5,8	18,9
	0,15	0,05	0,2	0,15	0,05	0,2
Итого ...	4528,8	332,9	4961,7	8553,9	118,1	8671,0
	93,15	6,85	100	98,65	1,35	100

чество тонких корней у этих пород. Вес тонких корней ели на единицу площади в 3 раза больше, чем вес тонких корней сосны. Корневая система сосны более равномерно осваивает почвенный профиль. Так, в перегнойном горизонте у ели сосредоточено 75% всех корней, а у сосны

всего 45% корней. В то же время в подзолистом горизонте у сосны находится в 2 раза больше корней, чем у ели.

В смешанных культурах с преобладанием ели (табл. 3) последняя накапливает массу корней на 20—40% больше, чем в чистых еловых культурах. Однако проникновение корневых систем в почву менее глубоко.

Таблица 3

Распределение корней сосны и ели по генетическим горизонтам почвы в смешанных культурах с преобладающим участием ели (сухой вес корней

на 1 м,  $\frac{г}{\%}$ )

Стационар	Генетический горизонт	Ель обыкновенная			Сосна обыкновенная		
		крупные	мелкие	итого	крупные	мелкие	итого
3	A <sub>1</sub>	4144,6	104,3	4248,9	1155,2	20,7	1175,9
		65,7	1,7	67,4	60,1	1,1	61,2
	A <sub>2</sub>	1349,8	19,8	1369,6	298,2	6,0	304,2
		21,4	0,3	21,7	15,5	0,3	15,8
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	566,8	15,3	582,1	209,2	7,0	216,2
		9,0	0,2	9,2	10,8	0,4	11,2
	B <sub>2</sub>	99,3	4,9	104,2	197,4	6,3	203,7
		1,6	0,1	1,7	10,3	0,3	10,6
	B <sub>3</sub>	2,5	0,1	2,6	17,7	5,7	23,4
		0	0	0	0,9	0,3	1,2
Итого ...	6163,0	144,4	6307,4	1877,7	45,7	1923,4	
5	A <sub>1</sub>	97,7	2,3	100	97,6	2,4	100
		5094,1	104,4	5198,5	2783,0	100,4	2883,4
	A <sub>2</sub>	96,1	2,0	98,1	86,3	3,1	89,4
		69,4	6,7	76,1	96,1	9,7	105,8
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	1,3	0,1	1,4	3,0	0,3	3,3
		19,5	2,5	22,0	69,0	4,3	73,3
	B <sub>2</sub>	0,4	0,1	0,5	2,1	0,2	2,3
		1,5	0,6	2,1	106,8	5,2	112,0
	B <sub>3</sub>	0,1	0	0,1	3,3	0,2	3,5
					43,2	6,8	50,0
Итого ...	5184,5	114,2	5298,1	3098,1	126,4	3224,5	
	97,9	2,1	100	96,0	4,0	100	

кое (120—140 см) и мелких корней в 3 раза (по сравнению с чистыми ельниками) меньше. Присутствие сосны положительно влияет на минеральное питание ели—у нее нет необходимости развивать более мощную сеть активных корней. В смешанных культурах сосна формирует в 3 раза меньше корней, чем в чистых сосновых культурфитоценозах, на 40—60 см сокращается проникновение их в глубь почвы. Однако процент активных корней по отношению к общему весу повышается. Встречаясь с непривычными для своего существования условиями минерального питания, сосна меняет соотношение активной и скелетной частей корневой системы.

В культурфитоценозах с преобладающим участием сосны эта порода имеет хорошо развитую корневую систему. Равномерно осваивая почвенный профиль, корни проникают на глубину 340—380 см. В этих культурах сосна образует в 1,6 раза меньше корней, чем в чистых сосновых насаждениях (табл. 4). Но выйдя в первый ярус насаждения (станция 7), масса корней ели на единицу площади приближается к массе их в чистых древостоях. Корни ели здесь проникают лишь на глубину 80—120 см. Тонкие корни составляют 2—3,8%, в чистых же еловых насаждениях — 6,8%.

Таблица 4

Распределение корней сосны и ели по генетическим горизонтам почвы в смешанных культурах с преобладающим участием сосны (сухой вес корней на 1 м<sup>2</sup>,  $\frac{\text{г}}{\%}$ )

Станция	Генетический горизонт	Сосна обыкновенная			Ель обыкновенная		
		крупные	мелкие	итого	крупные	мелкие	итого
6	A <sub>1</sub>	3235,2	21,7	3256,9	1023,0	31,6	1054,6
		51,6	0,4	52,0	82,9	2,5	85,4
	A <sub>2</sub>	1341,8	9,1	1350,9	99,3	7,3	106,6
		21,4	0,2	21,6	8,0	0,6	8,6
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	1052,1	11,5	1063,6	63,4	7,6	71,0
		16,8	0,2	17,0	5,1	0,6	5,7
	B <sub>2</sub>	378,3	15,9	394,2	1,5	0,7	2,2
		6,0	0,3	6,3	0,15	0,05	0,2
	B <sub>3</sub>	183,4	16,3	199,7			
		2,9	0,3	3,1			
Итого....	6190,8	74,5	6265,3	1187,2	47,2	1234,4	
	98,6	1,4	100	96,2	3,8	100	
7	A <sub>1</sub>	1583,9	13,2	1597,1	2048,3	40,6	2088,9
		26,2	0,2	26,8	46,0	0,9	46,9
	A <sub>2</sub>	1383,0	6,7	1389,7	1022,1	16,0	1038,1
		23,3	0,1	23,4	22,9	0,4	23,3
	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	2182,7	13,2	2195,9	1223,3	17,6	1240,9
		36,7	0,2	36,9	27,4	0,4	27,8
	B <sub>2</sub>	500,8	16,6	517,4	76,5	12,6	89,1
		8,4	0,3	8,7	1,7	0,3	2,0
	B <sub>3я</sub>	226,0	22,3	248,3			
		3,8	0,4	4,2			
Итого...	5876,4	72,0	5948,4	4370,2	86,8	4457,0	
	98,8	1,2	100	98,0	2,0	100	

К 40-летнему возрасту в смешанных культурфитоценозах независимо от способа смешения и доли участия ели в насаждении сосна имеет меньшую подземную часть, чем в чистых сосновых культурах. Ель, зани-

мая господствующее положение в древостое, имеет более развитую, чем в чистом насаждении, корневую систему.

Надо сказать, что по своей архитектонике корневые системы сосны и ели в чистых и смешанных культурах существенно не отличаются. Сосна имеет поверхностно-стержнево-якорную корневую систему, ель — поверхностно-якорную (П. К. Красильников, 1970). Стержневой корень сосны ярко выражен, в чистых культурах достигает глубины 1 м, а в смешанных насаждениях, достигая плотного горизонта  $A_2B_1$  (50—60 см), он разветвляется на множество искривленных отростков. Вглубь идут только якорные корни. Ель не имеет стержневого корня, от шейки корня отходят 5—6 боковых корней, которые в горизонтальном направлении достигают длины 5 м. Корни обеих пород, густо переплетаясь, часто механически повреждают друг друга. Но срastaются корни только одной породы.

В результате проведенных исследований можно сделать некоторые выводы:

1. При смешении сосны и ели в рядах наблюдается некоторое уменьшение средних высот и диаметров у пород, что ведет к формированию древостоев с пониженными запасами ( $357 \text{ м}^3/\text{га}$ ), чем в чистых сосновых ( $381 \text{ м}^3/\text{га}$ ) и особенно еловых ( $453 \text{ м}^3/\text{га}$ ) культурах.

2. В кисличной серии типов леса в культурах рядового смешения сосна, как правило, растет успешно, а продуцирование ели зависит от условий местопроизрастания. В условиях  $C_2$  ель отстает в росте от сосны и образует разреженный второй ярус. Даже если она частично выходит в верхний ярус насаждения, то все равно на ель приходится не более одной трети запаса смешанного древостоя. В лесорастительных условиях  $D_2$ , более близких к биоэкологическим особенностям ели, она к 40-летнему возрасту занимает господствующее положение в культурфитоценозе, и запас ее составляет 75% общего запаса.

3. У сосны корневая система лучше развита в чистых культурах, чем в сосново-еловых, и достигает 3-метровой глубины. В смешанных культурах развитие подземной части этой породы зависит от успешности ее продуцирования в насаждении. При рядовом смешении с елью корни сосны проникают на глубину 360—380 см, но масса их ниже, чем в чистых сосняках.

4. Корневые системы ели наиболее развиты в елово-сосновых культурах в лесорастительных условиях  $D_2$ , но в чистых еловых насаждениях они достигают большей глубины, причем сеть активных корней развита лучше.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гридецкас А. И. 1966. Особенности роста елово-сосновых культур на юго-западе Прибалтики. «Лесное хозяйство», № 3. Давидов М. В. 1964. Бонитирование насаждений быстрорастущих древесных пород. В сб.: Повышение продуктивности и сохранности лесов. Минск. Захаров В. К. 1958. О высокопродуктивных и хозяйственно ценных хвойных насаждениях БССР. Лесной ж., № 1. Киселев А. Ф. 1960. Культуры ели в БССР, их географическое размещение и состояние. Сб. науч. работ БЛТИ им. С. М. Кирова, вып. 12. Красильников П. К. 1970. Классификация корневых систем деревьев и кустарников. «Лесоведение», № 3. Лавриненко Д. Д. 1965. Взаимодействие древесных пород в различных типах леса. «Лесная промышленность», Морозов В. Ф. 1954. Особенности лесорастительных условий в хвойных лесах БССР и типы культур в них. Сб. науч. работ по лесовозобновлению. Минск. Мирон К. Ф. 1954. Смешанные культуры лиственницы сибирской, сосны обыкновенной и ели обыкновенной в Некрашевской лесной даче Слуцкого лесхоза БССР. Сб. науч. работ по лесовозобновлению. Минск. Огиевский В. В. 1949. К вопросу о способах смешения древесных и кустарниковых пород. «Агробиология», № 6. Поджаров В. К., Червяков В. П. 1963. Зависимость про-

дуктивности культур ели от типов смешения. Выращивание высокопродуктивных лесов. Сб. науч. работ БелНИИЛХ, вып. 15. *Рахтеенко И. Н.* 1963. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск. *Рахтеенко И. Н., Якушев Б. И.* 1970. Комплексный метод исследования корневых систем растений. «Ботаника», вып. 12. *Сироткин Ю. Д.* 1959. О повышении продуктивности хвойных лесов. Сб. науч. работ БЛТИ им. С. М. Кирова, вып. 12. *Сироткин Ю. Д., Праходский А. Н.* 1970. Подпологовые культуры ели в сосняках разного возраста. Лесной ж., № 2. *Харитонович Ф. Н.* 1962. Роль ели в чистых еловых и смешанных сосново-еловых культурах на протяжении вегетационного периода. Изв. АН БССР, сер. биол., № 3. *Юркевич И. Д., Сироткин Ю. Д.* 1962. Повышение продуктивности сосняков путем введения ели во второй ярус. В сб.: Повышение продуктивности лесов Западных и Центральных районов СССР.