

УДК 630*52:630*174.754

СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ И КОНКУРЕНТНЫЕ ОТНОШЕНИЯ КУЛЬТУР ЕЛИ И ЛИСТВЕННОГО МОЛОДНЯКА

Г.Г. Терехов¹, В.А. Усольцев^{1,2}, А.С. Касаткин²¹Ботанический сад Уральского отделения РАН,
Екатеринбург, Россия²Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

На примере трех пробных площадей, заложенных в 30-летних культурах ели сибирской, которые были созданы на сплошной вырубке 10-летней давности, исследованы после двух приемов рубок ухода морфоструктура культурценоза, фитомасса и протяженность корней ели и мелколиственных пород (береза, осина и ива) верхнего яруса естественного древостоя последующего возобновления.

Ключевые слова: фитомасса и длина корней, конкурентные отношения, культуры ели сибирской, лиственный молодняк

On three sample plots in 30-year-old *Picea obovata* L. plantations established on the cutting area, stand morphological structure, root biomass and extension of spruce and small-leaved (birch, aspen and willow) trees of the secondary upper canopy regenerated on the clear felled area are studied after two thinning stages of small-leaved and spruce trees.

Key words: root biomass and extension, competitive relations, small-leaved young stand

ВВЕДЕНИЕ

В экологии растений наименее изучены их корневые системы. Имеется диспропорция в степени изученности количественных характеристик листы и корней древесных растений, несмотря на то, что корни в не меньшей степени, чем листья, определяют продукционный потенциал растения. В первой половине XX столетия появились первые данные о том, что в корнях протекают видоспецифичные реакции синтеза физиологически активных соединений азота, что растение через корни усваивает углекислоту из почвенных газов и карбонатов, активно участвующую в фотосинтезе, что в корнях синтезируются вещества гормонального действия типа производных нуклеиновых кислот (Lundegårdh, 1927; Иванов, 1953; Курсанов, 1955).

Исследованиями Н.С. Санниковой (1992) на количественном уровне показано, что ведущая роль корневой конкуренции в формировании морфоструктуры лесного полога проявляется не только в лиственничных редколесьях на многолетней мерзлоте (Софронов, Волокитина, 1998), но и в пределах всей лесной зоны от северной тайги до сухих тургайских степей. Известно, что в формировании морфоструктуры насаждений значительную роль играют рубки ухода, но вопрос их влияния на корневую конкуренцию деревьев практически не исследован.

Как отечественная, так и зарубежная литература посвящена в основном изучению влияния рубок ухода на морфоструктуру полога, причем в естественных насаждениях. Значительно меньше таких данных по культурам, причем исследовались главным образом искусственные насаждения сосны.

По ели имеются лишь фрагментарные работы: в Московской области (Тюрмер, 1891; Эйтинген, 1953; Родин, Мерзленко, 1974); на Северо-Западе (Чмыр, 1977) и Северо-Востоке европейской части России (Ларин, Паутов, 1989); в Предуралье (Проккопьев, 1964).

Таким образом, эколого-биологические особенности формирования структуры искусственных фитоценозов под воздействием рубок ухода в зависимости от эдафических условий и корневой конкуренции ели в культурах на фоне возобновившихся мелколиственных пород практически не изучены. Сказанное обуславливает актуальность подобной работы для условий Урала, где объемы еловых молодняков искусственного происхождения только в Свердловской и Пермской областях превышают 600 тыс. га.

Цель наших исследований состояла в изучении морфоструктуры насаждений и пространственного распределения массы и протяженности корней ели и конкурирующего с ней полога мелколиственных пород последующего возобновления в толще почвогрунта после двух приемов рубок ухода в 30-летних культурах Починковского лесничества Билимбаевского лесхоза Свердловской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристика лесокультурной площади. Опытно-производственный участок площадью 8,6 га заложен в 1977 г. на вырубке 10-летней давности в типе леса ельник травяной в кв. 43. Участок приурочен к верхней 1/3 макросклона юго-западной экспозиции с уклоном до 5°. Почва на участке свежая дерново-слабоподзолистая суглинистая на элювии осадочных пород.

Почва обрабатывалась плугом ПКЛ-70, с по-

*Работа поддержана РФФИ (грант 07-07-96010)

мощью которого нарезалась борозда и двойным встречным проходом отдельно напахивались пласты. Глубина борозд 10 – 15 см; толщина пластов около 20 см, ширина их – 35 – 40 см. Размещение борозд и пластов - с востока на запад, расстояние между осями борозд около 5 м. Посадка выполнена вручную 3-летними сеянцами ели сибирской по дну борозд и в один пласт. За культурами ели проведено 3 агротехнических и 2 лесоводственных ухода: осветление коридорным методом в 8-летних, прочистка комбинированным методом – в 15-летних культурах ели. После осветления полнота насаждения была 0,7, а после прочистки – 0,4 – 0,5. Осветление выполнено на всей территории участка, прочистка – на одной части территории, а вторая оставлена в качестве контрольного варианта, где ель затенялась лиственными породами последующего возобновления.

Методика исследований. Исследования выполнены на трех пробных площадях, заложенных культурах ели соответственно по трем вариантам:

- Культуры на открытом месте с минимальной степенью затенения кроны единичными деревьями лиственных пород (состав древостоя 10Е ед.Б), заложенные по пластам (вариант 1);
- То же (состав 10Е ед.Б), заложенные по дну борозд (вариант 2);
- Культуры, сформировавшиеся под пологом березы и осины (состав 4Е4Б2Ос), заложенные по дну борозд (вариант 3).

Подбор вариантов выполнен в предположении, что первые два позволят выявить влияние на морфоструктуру и корненасыщенность эдафических условий ели (пласты и дно борозд), вторые два – влияние различной степени угнетения ели вторичным мелколиственным древостоем.

В каждом варианте взято по 6 модельных деревьев. Протяженность скелетных корней (горизонтальную проекцию корневой системы) определяли методом А.Ф. Чмыра (1984). У каждого дерева в обе стороны от ряда раскапывали по три скелетных корня, вдоль ряда – по одному-два корням. Корненасыщенность почвенных слоев изучали согласно методическим указаниям В.А. Колесникова (1972) и П.К. Красильникова (1983). Проводящие корни древесно-кустарниковых пород толщиной более 1 мм различали по цвету, например, желтовато-коричневому у ели, красноватому у березы, белесому у осины, черному у рябины и черники. Тонкие корни (<1 мм) по цвету не различались и идентифицировались по их примыканию к проводящим корням. Выделено три зоны последовательного удаления от оси ряда культур к середине междурядья. Для этого напротив модельных деревьев закладывали траншеи длиной стороной (2,2 м) вдоль междурядья на расстоянии 0,5; 1,5 и 2,5 м от оси ряда культур, обозначенных порядковыми номерами соответственно от 1 до 3. Ширина и глубина траншеи 0,5 м. Из стенки траншеи, ближней к ряду деревьев, отбирали 7 монолитов размером 25 x 20 см по каждому слою почвы: верхнему (0–10 см), среднему (10–20 см) и нижнему (20–30 см). Почву монолитов замачивали в полиэтиленовых емкостях

и промывали через сита с ячейками последовательно 2,0; 1,0 и 0,5 мм. Корни ели и лиственных пород разбирали и сортировали с помощью металлического шаблона по категориям крупности: мелкие до 1 мм, средние – 1–3, крупные 3–10 и очень крупные – 10–20 мм. Нижний срез последних выполняли на расстоянии 0,25 м от оси ствола. Затем корни взвешивали на лабораторных весах Shimadzu ELB-600 с точностью до 0,01 г и измеряли длину каждой их категории на миллиметровой бумаге. Все образцы высушивали в термостате до абсолютно сухого состояния при 100–105⁰С, после чего определяли коэффициенты содержания сухого вещества по категориям крупности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Морфоструктура культурценоза после осветлений. Культуры ели, созданные по пластам, с первых лет имели преимущество по темпам роста по сравнению с культурами в бороздах вследствие лучших эдафических условий для ели. Это преимущество сохранялось и после осветлений, а в вариантах посадки по дну борозд к моменту проведения прочисток (к возрасту 15 лет) культуры оказались под пологом лиственных пород либо имели боковое затенение. В результате сформировался по существу сложный древостой с полнотой елово-лиственного насаждения, превышающей нормативную. Под пологом этого сложного молодняка максимальная относительная освещенность поверхности почвы лишь на короткое время летом (не более 2 часов в день) составляла 30 % от полной, а температура почвы на открытом месте и под пологом имела различие в верхних слоях (0–20 см) 2–3⁰С и в нижнем (20–30 см) 1,4–2,1⁰С. Травостой был угнетен. В общей массе годовичного древесного опада 2,4 т/га доля листьев составляла 40–60 %. Высота ели по пластам превышала высоту деревьев по дну борозд в 1,4 – 2,2 раза. В первом случае около 40 % деревьев ели находились в первом ярусе, 20 % не затенялись и лишь 40 % деревьев группами по 3–5 шт. в ряду имели некоторое затенение с обеих сторон. Во втором случае, в культурах по дну борозд 75 % деревьев ели (группами по 23–75 шт. в ряду) находилось под пологом лиственных пород.

Морфоструктура культурценоза после прочистки. Прочистка в еловых культурах в значительной мере изменила экологические условия в насаждении. Прежде всего, повысились интенсивность и продолжительность освещенности большей части кроны деревьев и поверхности почвы, усилился приток солнечной радиации к нижним ярусам растительности и почвенным горизонтам, в вегетационный период возросла сумма эффективных температур. Увеличилось видовое разнообразие травяного покрова, его обилие и высота, а масса в общем опаде достигла 40–60 %. В чистых еловых культурах годовичный опад хвои, обладающей кислой реакцией, составлял около 2 т/га. Поэтому участие годовичного опада травостоя (1,8–3,0 т/га) и возросшее количество осадков, прямо проникающих к поверхности почвы, существенно улучшили химиче-

ский состав лесной подстилки, тем самым создали более благоприятные условия питания корневой системы деревьев.

К 30-летнему возрасту на участке сформировались два типа насаждений: одноярусные чистые еловые с единичным участием осины, березы, ивы козьей, рябины обыкновенной (около 65% территории участка), и двухъярусные лиственнично-хвойные молодняки (4Е4Б2Ос), где ель находилась во втором ярусе под пологом лиственных пород. Таксационная характеристика деревьев ели в 30-летних культурах приведена в таблице 1.

К возрасту 30 лет из культур, созданных по пластам, почти повсеместно сформировался чистый еловый древостой (вариант 1). В культурах, созданных по дну борозд, чистый еловый древостой (вариант 2) и смешанный лиственнично-хвойный молодняк (вариант 3) находились в соотношении соответственно 40 и 60 %. В последнем случае ель росла под пологом лиственных пород (береза, осина, ива,

рябина). Возобновившаяся после прочистки древесно-кустарниковая растительность на начальном этапе служила хорошим подгоном для роста ели в высоту. Но к возрасту 20-22 лет, когда лиственные породы стали обгонять в росте ель, прирост последней заметно снизился. Чем интенсивнее затенена ель, тем сильнее у нее выражено снижение прироста по всем морфометрическим показателям. Высота и диаметр ели на открытых местах при посадке в дно борозд (вариант 2) меньше соответствующих показателей ели при посадке ее в пласт (вариант 1) на 32-41 %, а при посадке в дно борозд морфометрические показатели ели под пологом лиственных (вариант 3) ниже соответствующих значений ели на открытых местах (вариант 2) на 42-46 % (табл. 1). В первом случае различия в морфоструктуре обусловлены разными эдафическими условиями в вариантах 1 и 2, а во втором - различной степенью угнетения ели вторичным мелколистным древостоем в вариантах 2 и 3.

Таблица 1 – Морфометрические показатели модельных деревьев ели в 30-летних культурах

Вариант	Высота, м	Диаметр на высоте груди, см	Проекция кроны, м		Протяженность живой кроны, м	Продолжительность жизни хвои, лет	
			вдоль ряда	поперек ряда		на стволе	на ветвях
Посадка в пласт. Открытое место. Состав 10ЕедБ (вариант 1)	12,8 ±0,33	10,8 ±0,37	2,41 ±0,11	3,3 ±0,19	12,2 ±0,61	8	9
Посадка в дно борозд. Открытое место. Состав 10ЕедБ (вариант 2)	7,6 ±0,20	7,3 ±0,21	1,7 ±0,07	2,4 ±0,05	7,1 ±0,20	9	11
Посадка в дно борозд. Под пологом лиственных пород. Состав 4Е4Б2Ос (вариант 3)	4,1 ±0,14	4,2 ±0,13	1,7 ±0,06	1,9 ±0,09	3,8 ±0,15	8	10

Горизонтальная коренасыщенность почвогрунта. Установлено, что на открытом месте (варианты 1 и 2) горизонтальная проекция корневой системы превышает проекцию кроны в первом варианте в 1,8–3,5 раза и во втором в 1,6–3 раза. У отдельных деревьев максимального роста и развития по пластам скелетные корни достигали 5 м в длину и выходили за пределы соседних рядов; протяженность скелетных корней вдоль ряда меньше, чем в поперечном направлении, в 2,0–2,5 раза. Степень перекрытия корневых систем деревьев в междурядьях наиболее выражена в варианте 1. В междурядьях сформировалась зона максимальной коренасыщенности на удалении от оси ряда 0-1,5 м (табл. 2). Фитомасса корней ели в почвенной толще достигла здесь в первом варианте 5,95 (3,34+2,61) т/га и во втором 2,74 (1,62+1,12) т/га, а на середине междурядий (на удалении 1,5–2,5 м от оси ряда) соответственно в 6 и 10 раз меньше (0,96 и 0,27 т/га). В варианте 1 глубина проникновения стержневых корней ели ограничена 28 см, но отдельные якорные корни достигали глубины 34 см. В варианте 2 максимальная глубина проникновения корней лиственных 36 см, а в варианте 3 еще более – до 54 см. В последнем случае корни ели не проникали глубже 22 см.

Во всех вариантах посадки ели в почвенном профиле кроме корней ели присутствовали корни

древесно-кустарниковой растительности. В варианте 1 представлены единично в основном береза и осина, но в варианте 2 относительно чаще встречались ива, рябина, черемуха обыкновенная и шиповник, которые в варианте 3 вследствие более выраженной вертикальной и горизонтальной сомкнутости полога представлены значительно меньше, а их состояние – угнетенное.

Данные таблицы 2 позволяют проанализировать изменение доли лиственных пород в общей фитомассе корней в разных вариантах в горизонтальном направлении от оси ряда к середине междурядья. Очевидно, что на открытых местах (варианты 1 и 2) эта доля в худших для ели эдафических условиях (вариант 2) существенно выше (31-62 %), чем в лучших (вариант 1) (12-19 %). Очевидно также, что в варианте 1 корни ели занимают основное пространство наиболее плодородного верхнего слоя почвы вследствие хемотропизма (т.е. предпочтения более богатой элементами питания части ризосферы), оставляя на долю единичных лиственных лишь 14-18 % массы корней. Напротив, в варианте 2 верхний слой, особенно в зонах, тяготеющих к середине междурядья, преимущественно (56-74 %) занимают корни единичных лиственных.

При посадке ели в дно борозды (варианты 2 и 3) также прослеживается четкая закономерность повышения доли лиственных в общей массе корней

по мере увеличения степени угнетения ели верхним пологом: если во втором варианте эта доля составляет 31-65 %, то в третьем – 80-98 %. В обоих вариантах доля листовых в массе корней возрастает по мере приближения к середине междурядья (рис.): в варианте 2 от 31 до 65 % и в варианте 3 – от 80 до 95-98 %. На середине междурядья в варианте 2 наибольшая доля корней листовых сосредоточена в верхнем слое, а в варианте 3 – в нижнем, где она составляет около 100 %. Таким образом, по

мере возрастания угнетения ели верхним пологом листовые вытесняют ель не только из пространства ризосферы в целом, но и из наиболее плодородного верхнего слоя.

Как фитомасса корней, так и горизонтальная проекция корневой системы во втором варианте меньше, чем в первом, а в третьем – меньше, чем во втором (табл. 3). Причины различий те же, что упомянуты выше при обсуждении различий морфоструктуры культурценозов по вариантам.

Таблица 2 – Корненасыщенность почвогрунтов в междурядьях 30-летних еловых культур на разном удалении от ряда

Глубина почвенного слоя, см	Фитомасса (т/га) корней ели (первая цифра) и листовых пород (вторая цифра) и доля листовых (%) в общей массе корней (третья цифра) на удалении от ряда культур		
	0 – 0,5 м	0,5 – 1,5 м	1,5 – 2,5 м
Посадка в пласт. Открытое место. Состав 10ЕедБ			
0 – 10	2,86 / 0,45/13,6	2,17 / 0,34/13,5	0,83 / 0,18/17,8
10 – 20	0,38 / 0,01/2,6	0,38 / 0,01/2,6	0,11 / 0,02/15,4
20 – 30	0,10 / 0,002/2,0	0,06 / 0,03/33,3	0,02 / 0,02/50,0
0 – 30	3,34 / 0,462/12,2	2,61 / 0,38/12,7	0,96 / 0,22/18,6
Посадка в дно борозды. Открытое место. Состав 10ЕедБ			
0 – 10	0,93 / 0,40/30,1	0,54 / 0,68/55,7	0,11 / 0,31/73,8
10 – 20	0,60 / 0,29/32,6	0,35 / 0,23/39,7	0,14 / 0,17/54,8
20 – 30	0,09 / 0,05/35,7	0,23 / 0,17/42,5	0,02 / 0,02/50,0
0 – 30	1,62 / 0,74/31,4	1,12 / 1,08/49,1	0,27 / 0,50/64,9
Посадка в дно борозды. Ель под пологом листовых пород. Состав 4Е4Б2Ос			
0 – 10	0,40 / 0,97/70,8	0,17 / 4,16/96,1	0,22 / 1,46/86,9
10 – 20	0,13 / 1,01/88,6	0,04 / 5,70/99,3	0,07 / 3,60/98,1
20 – 30	0,03 / 0,20/87,0	0,06 / 0,62/91,2	0,002 / 0,63/96,9
0 – 30	0,56 / 2,18/79,6	0,27 / 10,48/97,5	0,292 / 5,69/95,1

Таблица 3 – Насыщенность корнями ели почвогрунтов в 30-летних культурах

Глубина почвенного слоя, см	Фитомасса корней		Протяженность корней	
	т/га	%	тыс. км / га	%
Посадка в пласт. Открытое место. Состав 10ЕедБ				
0 – 10	5,86±0,199	85	6,26±0,591	54
10 – 20	0,87±0,067	13	4,38±0,386	38
20 – 30	0,18±0,012	2	1,00±0,084	8
0 – 30	6,91±0,465	100	11,64±0,986	100
Посадка в дно борозды. Открытое место. Состав 10ЕедБ				
0 – 10	1,58±0,149	53	3,29±0,296	42
10 – 20	1,09±0,087	36	2,57±0,201	33
20 – 30	0,34±0,028	11	2,01±0,169	25
0 – 30	3,01±0,261	100	7,89±0,545	100
Посадка в дно борозды. Ель под пологом. Состав 4Е4Б2Ос				
0 – 10	0,79±0,068	71	2,17±0,189	73
10 – 20	0,24±0,021	21	0,58±0,039	19
20 – 30	0,09±0,007	8	0,23±0,013	8
0 – 30	1,12±0,109	100	2,98±0,192	100

Здесь необходимо отметить, что показатели варьирования массы корней приведены только в табл. 3, а в табл. 2 и 4 они не указаны, поскольку из табл. 3 ясно, что приводимые значения в высшей степени достоверны.

Вертикальная корненасыщенность почвогрунта. В таблице 3 дано вертикальное распределение массы и протяженности корней ели без учета листовых по трем вариантам. Названные показатели, как уже отмечалось, статистически достоверны. Некоторое превышение доли корней ели верхнего слоя в общей массе объема ризосферы в вариантах 1 и 2 над аналогичным значением протяженности объясняется относительно более развитой корневой системой ели в названных двух вариантах и соответственно преобладанием толстых скелетных корней. Напротив, в нижнем слое преобладают относи-

тельно тонкие корни, в результате процентное соотношение массы и протяженности корней меняется на противоположное. В варианте 3 вследствие крайне угнетенного состояния ели процентные соотношения массы и протяженности ее корней практически совпадают по горизонтам. Во всех случаях корненасыщенность ели максимальная в верхнем и минимальная – в нижнем слое почвогрунта.

В варианте 2 на нижний слой приходится относительно большая доля общей корненасыщенности ризосферы (11-25 %) по сравнению с вариантом 1 (2-8 %). Сказанное является следствием того, что при посадке ели ее корневая система заделывалась на глубину 15–20 см. Посадка в дно борозды, имеющей глубину 10–15 см, увеличила глубину заделки корневой системы ели до 30–35 см, а посадка в пласт, имеющий толщину около 20 см, на-

против, уменьшила ее относительно уровня целинной части. В последнем случае более высокая концентрация корней в верхнем слое при посадке усилилась в процессе роста выше упомянутым феноменом хемотропизма. В варианте 3 увеличение глубины заделки при посадке в борозду не проявилось в относительно большей доле протяженности корней в нижнем слое, но в данном случае причина явления в другом: в чрезвычайно развитой корневой системе верхнего полога из березы, осины и ивы.

Если по градиенту удаления от оси ряда культур, а также по вертикальному профилю (см. табл. 3) выше были выявлены определенные закономерности в изменении соотношения доли ели и лиственных в общей массе корней, то в объеме ризосферы в целом каких-либо закономерностей по вертикальному профилю ризосферы не выявляется (табл. 4). Можно лишь подтвердить вывод о большей доле лиственных в варианте 2 по сравнению с вариантом 1 и в варианте 3 по сравнению с вариантом 2, объяснение чему было дано выше.

Таблица 4 – Фитомасса корневой системы ели и вторичной древесно-кустарниковой растительности в 30-летних культурированных

Глубина почвенного слоя, см	Всего		В том числе			
	т/га	%	ель		лиственные	
			т/га	%	т/га	%
Посадка в пласт. Открытое место. Состав 10ЕедБ						
0 – 10	6,83	100	5,86	86	0,97	14
10 – 20	0,91	100	0,87	96	0,04	4
20 – 30	0,23	100	0,18	78	0,05	22
Итого	7,97	100	6,91	87	1,06	13
Посадка в дно борозды. Открытое место. Состав 10ЕедБ						
0 – 10	2,97	100	1,58	53	1,39	47
10 – 20	1,78	100	1,09	61	0,69	39
20 – 30	0,58	100	0,34	59	0,24	41
Итого	5,33	100	3,01	56	2,32	44
Посадка в дно борозды. Ель под пологом. Состав 4Е4Б2Ос						
0 – 10	7,38	100	0,79	11	6,59	89
10 – 20	10,55	100	0,24	2	10,31	98
20 – 30	1,54	100	0,09	6	1,45	94
Итого	19,47	100	1,12	6	18,35	94

Результатом второго приема рубок ухода (процестки) явилось снижение напряженности конкурентных отношений в почвенном пространстве между корнями ели с одной стороны и березы, осины, ивы – с другой, но при этом на открытых местах в почвенном покрове значительно увеличились размеры корневой системы рябины, черемухи и шиповника, фитомасса и протяженность которых составила 40–80 % общего количества этих показателей лиственных пород. Основная масса корней последних видов сосредоточена в верхнем слое почвы, а отдельные корни рябины и черемухи распространяются в почвенном покрове на всю глубину корнеобитаемого слоя ели.

ВЫВОДЫ

1. Культуры ели, созданные по пластам, с первых лет имеют преимущество по темпам роста по сравнению с культурами в бороздах вследствие лучших эдафических условий для ели. Это преимущество сохраняется и после осветлений, а в вариантах посадки по дну борозд к моменту проведения прочисток (т.е. к возрасту 15 лет) культуры оказываются под пологом лиственных пород либо имеют боковое затенение. В результате формируется высокоплотный сложный елово-лиственный древостой.

2. Прочистка, проведенная лишь на части участка (вторая оставлена в качестве контрольного варианта, где ель затенялась лиственными породами последующего возобновления), в значительной

мере изменила экологические условия в насаждении. В результате к 30-летнему возрасту на участке сформировались два типа насаждений: одноярусные чистые еловые с единичным участием мелколиственных и двухъярусные лиственно-хвойные молодняки. Различия деревьев с уходом и без него составили по высоте 80 % и по диаметру на высоте груди 70 %.

3. Исследования морфоструктуры и фитомассы насаждений выполнены на трех пробных площадях, заложенных в культурах ели соответственно по трем вариантам: 1 – культуры на открытом месте с минимальной степенью затенения кроны единичными деревьями лиственных пород, заложенные по пластам; 2 – то же, заложенные по дну борозд, и 3 – культуры, сформировавшиеся под пологом березы и осины (состав 4Е4Б2Ос), заложенные по дну борозд.

4. Высота и диаметр ели на открытых местах при посадке в дно борозд (вариант 2) меньше соответствующих показателей ели при посадке ее в пласт (вариант 1) на 32–41 %, а при посадке в дно борозд морфометрические показатели ели под пологом лиственных (вариант 3) ниже соответствующих значений ели на открытых местах (вариант 2) на 42–46 %. В первом случае различия в морфоструктуре обусловлены разными эдафическими условиями в вариантах 1 и 2, а во втором – различной степенью угнетения ели вторичным мелколиственным древостоем в вариантах 2 и 3.

5. Установлено, что на открытом месте (варианты 1 и 2) горизонтальная проекция корневой сис-

темы превышает проекцию кроны в первом варианте в 1,8–3,5 раза и во втором в 1,6–3 раза. В между-рядьях сформировалась зона максимальной корне-насыщенности на удалении от оси ряда 0–1,5 м. Фито-масса корней ели в почвенной толще достигла здесь в первом варианте 5,49 и во втором 2,57 т/га, а на середине междурядий соответственно в 6 и 9 раз меньше (0,96 и 0,27 т/га).

6. На открытых местах (варианты 1 и 2) доля листовенных пород в общей фитомассе корней в худших для ели эдафических условиях (вариант 2) существенно выше (35–62 %), чем в лучших (вариант 1) (13–14 %). В варианте 1 корни ели занимают основное пространство наиболее плодородного верхнего слоя почвы вследствие хемотропизма, оставляя на долю единичных листовенных лишь 12–15 % общей массы корней. Напротив, в варианте 2 верхний слой, особенно в зонах, тяготеющих к середине междурядья, преимущественно (56–73 %) занимают корни единичных листовенных.

7. При посадке ели в дно борозды (варианты 2 и 3) также прослеживается четкая закономерность повышения доли листовенных в общей массе корней по мере увеличения степени угнетения ели верхним пологом: если во втором варианте эта доля составляет 35–62 %, то в третьем – 84–98 %. В обоих вариантах доля листовенных в массе корней возрастает по мере приближения к середине междурядья: в варианте 2 от 35 до 62 % и в варианте 3 – от 84 до 95–98 %. На середине междурядья в варианте 2 наибольшая доля корней листовенных сосредоточена в верхнем слое, а в варианте 3 – в нижнем, где она составляет около 100 %. Таким образом, по мере возрастания угнетения ели верхним пологом листовенные вытесняют ель не только из пространства ризосферы в целом, но и из наиболее плодородного верхнего слоя.

8. Основная масса (53–85 %) и протяженность (42–73 %) корней приходится на верхний (0–10 см) слой почвы. В варианте 2 на нижний слой приходится относительно большая доля общей корнена-сыщенности ризосферы (11–25 %) по сравнению с вариантом 1 (2–8 %) вследствие того, что при посадке ели ее корневая система заделывалась на глубину 15–20 см. Посадка в дно борозды, имеющей глубину 10–15 см, увеличила глубину заделки корневой системы ели до 30–35 см, а посадка в пласт, имеющий толщину около 20 см, напротив, уменьшила ее относительно уровня целинной части. В последнем случае более высокая концентрация

корней в верхнем слое при посадке усилилась в процессе роста феноменом хемотропизма. В варианте 3 увеличение глубины заделки при посадке в борозду не проявилось в относительно большей доле протяженности корней в нижнем слое, но в данном случае причина явления в другом - в чрезвычайно развитой корневой системе верхнего полога из березы, осины и ивы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Иванов Л.А. К вопросу о взаимодействии листьев и корней у многолетних растений / Л.А. Иванов // ДАН СССР. - Т. LXXXVIII. - № 3. - 1953. - С. 567-570.
- Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений / В.А. Колесников. - М.: Лесная пром-сть, 1972. - 152 с.
- Красильников П.К. Методика полевого изучения подземных частей растений / П.К. Красильников. - Л.: Наука, 1983. - 207 с.
- Курсанов А.Л. Усвоение растениями углекислоты через корневую систему / А.Л. Курсанов // Тр. Ин-та физиологии растений им. К. А. Тимирязева. - 1955. - Т. 10. - С. 150-155.
- Ларин В.Б. Формирование хвойных молодняков на вырубках Северо-Востока европейской части СССР / В.Б.Ларин, Ю.А.Паутов. - Л.: Наука, 1989. - 144 с.
- Прокопьев М.Н. Лесные культуры на концентрированных вырубках / М.Н. Прокопьев.- М.: Лесная промышленность, 1964. - 144 с.
- Родин А.Р. Рост культур сосны и ели на суглинистых почвах / А.Р.Родин, М.Д. Мерзленко // Лесное хозяйство. - 1974. - № 12. - С. 26 – 30.
- Санникова Н.С. Микроэкосистемный анализ ценопопуляций древесных растений / Н.С. Санникова. - Екатеринбург: УрО РАН, 1992. - 65 с.
- Софронов М.А. Об экологических особенностях зоны северных редколесий в Средней Сибири / М.А.Софронов, А.В. Волокитина // Сиб. эколог. журн. - 1998. - № 3-4. - С. 245-250.
- Тюрмер К.Ф. Пятьдесят лет лесохозяйственной практики / К.Ф.Тюрмер. -М., 1891. - 182 с.
- Чмыр А.Ф. Биологические основы восстановления еловых лесов южной тайги / А.Ф. Чмыр. - Л.: ЛГУ, 1977. - 160 с.
- Чмыр А.Ф. Лесные культуры: методические указания по исследованию корневых систем древесных пород / А.Ф. Чмыр. - Л.: ЛЛТА, 1984. - 40 с.
- Эйтинген Г.Р. Лесоводство / Г.Р. Эйтинген.- М., 1953. - 423 с.
- Lundegårdh H. Carbon dioxide evolution of soil and crop growth / H. Lundegårdh // Soil Science. - 1927. - Vol. 23.- No. 6. - P. 417-453.

Поступила в редакцию 25 января 2008 г.
Принята к печати 27 августа 2008 г.