

## Библиографический список

Вомперский С.Э. Биологические основы эффективности лесосушения. М., 1968. 312 с.

Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М., 1972. С.14-68.

Чиндяев А.С., Иматов А.Р., Матвеева М.А. Лесоводственно-мелиоративная характеристика лесоболотного стационара «Мостовое» // Опытное лесохозяйственное предприятие Уральской лесотехнической академии: Сб. информ. материалов. Екатеринбург, 1995. С. 67-80.

УДК 630.181.36

А.С. Чиндяев, А.Н.Грозин  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## СТРУКТУРА КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ПОДРОСТА ЕЛИ НА ОСУШАЕМОМ НИЗИННОМ БОЛОТЕ

Пространственная структура корневых систем более полно может быть представлена сочетанием размещения корней горизонтальной и вертикальной ориентации. В отличие от крон деревьев корневые системы обладают большой способностью пространственного размещения. Эта способность проявляется в том, что горизонтальные проекции корневых систем деревьев в насаждении взаимно перекрываются. Площади же проекции корневой системы отдельного дерева формируются как результат роста скелетных горизонтальных корней 1-го порядка. Корни более высоких порядков ветвления обычно не выходят за пределы площади, занятой корнями 1-го порядка. У деревьев, произрастающих в насаждении, в большинстве случаев горизонтальная проекция площади корневой системы несимметрична. В связи с этим определение площади горизонтальной проекции корневых систем - процесс сложный и трудоемкий, требующий раскопки всех горизонтальных корней от ствола дерева до ростовых окончаний каждого корня.

Характер размещения корней вертикальной ориентации может быть графически выражен в виде вертикальной проекции корневой системы на соответствующую вертикальную плоскость. В связи с асимметричностью размещения горизонтальных корней учитываются особенности строения вертикальной проекции корневых систем по двум направлениям: наибольшей длины многоугольника, представляющего площадь горизонтальной проекции корневой системы, и наименьшей ее длины.

Исследования выполнены на стационаре «Мостовое» (Чиндяев, Има-тов, Матвеева, 1995).

Участок представляет собой низинное болото с мощностью торфа более 1,5 м, которое было осушено в 1988 г. На нем произрастают типичные девственные болотные древостои как чистые (ель, сосна, береза), так и смешанные по составу, У-У1 классов возраста, V класса бонитета. В этих древостоях достаточно хорошо идет процесс естественного возобновления. Численность подроста ели превышает 2,5 тыс. шт. га.

Нами на постоянных пробных площадях (ППП) изучены особенности строения корневых систем подроста ели. При учете весь подрост по высоте был распределен на четыре группы (Карманова, 1970): 1 группа - до 0,5 м; 2-я - 0,51-1,00 м; 3-я - 1,01-1,50 м; 4-я - 1,51-2,00 м.

Для изучения было выкопано более 80 экземпляров подроста ели. Полная раскопка исследуемых деревьев производилась по методу скелета на всю глубину залегания корневых систем (Колесников, 1972).

Исследования характера вертикальных проекций корневых систем подроста ели показали, что корневую систему условно можно считать конусовидной. Известно, что пространственная структура корневой системы или тип ее пространственного строения формируется на протяжении всего периода роста дерева под влиянием биологических особенностей древесной породы и конкретных почвенно-гидрологических условий. Размеры горизонтальных скелетных корней и характер их горизонтальной проекции в сочетании с глубиной, характером проникновения и размещения корней в почве обуславливают размеры почвенного пространства, в котором размещается корневая система дерева, или объем его почвенного питания.

Анализируя особенности формирования объема почвенного питания подроста ели, выявили, что корневые системы в разных почвенно-гидрологических условиях занимают одинаковый или близкий по размерам объем почвенного пространства, но это не означает, что они находятся в одинаковых условиях почвенного питания. Указанная неравнозначность определяется различиями в морфологическом строении корневых систем, сформировавшихся в различных почвенно-гидрологических условиях, в результате чего в одном и том же почвенном пространстве у деревьев может быть размещено различное число корней. Для сопоставления и анализа этого важного качественного показателя обычно применяют коэффициент напряженности использования занятого почвенного пространства, представляющего отношение общей длины скелетных корней дерева  $L$  (м) к объему почвы, освоенному его корневой системой  $V_d$ , т.е.  $K_n = L / V_d \text{ м/м}^3$  (Калинин, 1983).

Анализ показателя  $L$  позволил установить следующие особенности строения и формирования корневых систем подроста ели на осушаемом низинном болоте. Оказалось, что коэффициент напряженности как на осу-

шасмом, так и на неосушенном участке (контроле) уменьшается с увеличением возраста подроста (табл. 1). Однако коэффициент напряженности на контрольном участке по сравнению с осушаемыми в 1,1-1,9 раза больше. Это значит, что резерв жизнеобеспеченности у подроста на осушаемых площадях значительно выше.

М.И.Калинин (1983) в своих исследованиях корневых систем деревьев отмечал, что с повышением их возраста коэффициент напряженности увеличивается. Его исследования были проведены в основном на хорошо дренированных почвах. В исследуемых условиях корневые системы подроста ели часто подвергаются подтоплению, особенно в начальный период вегетации – весной. Вероятно, по этой причине подрост стремится в первую очередь освоить самый благоприятный в гидрологическом отношении верхний (5-10 см) слой почвы. С увеличением возраста подросту необходимо все большее количество питательных веществ, а ввиду того, что данный слой максимально загружен корнями растений и здесь наблюдается острая конкуренция за элементы питания, подрост вынужден осваивать более глубокие слои почвы. У подроста ели, произрастающего на контрольном участке, в связи с неблагоприятными почвенно-гидрологическими условиями нет возможности углублять свою корневую систему, и он удовлетворяет растущую потребность в питательных веществах за счет расширения площади питания.

Таблица 1

Характеристика компактности строения корневых систем подроста ели на низинном болоте

Группа высот подроста	Модельные экземпляры		Объем почвенного питания $V_d, м^3$	Суммарная длина скелетных корней $L, м$	Коэффициент напряженности $K_n, м/м^3$
	Высота, см	Возраст, лет			
Вблизи канала					
1	36	9	0,01	1,2	120
2	71	12	0,07	8,3	119
3	123	18	0,20	15,9	80
4	170	22	0,48	27,1	56
На середине между каналами					
1	34	10	0,01	1,4	140
2	70	13	0,08	9,6	120
3	120	20	0,20	17,8	89
4	157	24	0,50	32,2	64
Контроль					
1	27	15	0,01	1,7	170
2	63	23	0,09	12,1	134
3	111	28	0,23	25,5	110
4	145	34	0,43	44,9	104

Таким образом, подрост ели на осушаемых площадях достигает прироста объема почвенного питания как за счет увеличения площади питания, так и за счет углубления корневой системы и освоивания более глубоких слоев почвы (глубже 10 см). Подрост ели на контрольном участке достигает прироста объема почвенного питания в основном только за счет увеличения площади питания (табл. 2).

В отличие от надземной части корневые системы деревьев обладают особенностью пространственного взаимопроникновения. Это выражается в том, что в одном и том же физическом объеме почвы одновременно могут находиться и выполнять свои функции корневые системы различных деревьев. Степень (интенсивность) этого явления определяется по величине сумм горизонтальных проекций корневых систем деревьев насаждения или по сумме объемов почвы, занимаемой каждым деревом.

Площади горизонтальных проекций корневых систем деревьев на много превышают площади проекций их крон (см. табл. 2). Сумма проекций корней деревьев в насаждении обычно значительно превышает его физическую площадь. Это означает, что физическая площадь, занимаемая подростом ели разной густоты, неравнозначна по интенсивности ее использования корнями подростка. Так, подрост ели густотой 4167 шт./га, растущий вблизи канала, имеет сумму площадей проекций корней 3655 м<sup>2</sup>/га, а подрост на контроле густотой 2689 шт./га - 5853 м<sup>2</sup>/га. На основе полученных данных можно заключить, что подрост на контроле раньше, чем на осушаемых площадях, достигнет периода пространственного взаимопроникновения корневых систем (Калинин, 1983).

Таким образом, высокая напряженность использования почвенного пространства корнями подростка ели на контроле усиливается еще и в результате пространственного взаимопроникновения корневых систем, когда данный почвенный объем используется не одним, а несколькими деревьями. Усиленное использование почвенного пространства корневыми системами нескольких деревьев сопровождается усилением угнетенности отстающих в росте экземпляров и является одной из причин самоизреживания древостоев.

Объем почвенного пространства, занимаемого корневой системой, и показатель ее компактности в определенной мере взаимосвязаны со структурой корневых систем. В зависимости от относительного участия в корневой системе корней различных категорий может изменяться тип ее строения, форма и объем занимаемого ею почвенного пространства, а следовательно, и интенсивность насыщенности этого пространства корнями при одинаковых показателях развития всей корневой системы. В связи с этим структура корневых систем имеет важное значение для более глубокого понимания закономерностей их формирования под влиянием соответствующих факторов.

Таблица 2

Стереометрическая характеристика корневых систем подроста ели на низинном болоте

Группа высот подростов	Численность подростов, шт./га	Характеристика модельных экземпляров					Объем почвенного питания корней, м <sup>3</sup>	Объем почвенной танина, м <sup>3</sup> /га	Отношение сумм площадей проекций корней к сумме площадей проекций крон
		Площадь проекции кроны, м <sup>2</sup>	Площадь проекции корней, м <sup>2</sup>	Площадь проекций крон, м <sup>2</sup> /га	Площадь проекций корней, м <sup>2</sup> /га	Площадь проекций корней, м <sup>2</sup> /га			
<b>Вблизи канала</b>									
1	2395	0,06	0,25	0,01	143,7	598,8	24,0	4,2	
2	1319	0,28	1,21	0,07	369,3	1596,0	92,3	4,3	
3	319	0,60	2,56	0,20	191,4	816,6	63,8	4,3	
4	133	1,10	4,84	0,48	146,3	643,7	63,8	4,4	
Всего	4167				850,7	3655,1	243,9		
<b>На середине между каналами</b>									
1	1867	0,07	0,64	0,01	130,7	1194,9	18,7	5,1	
2	1289	0,30	1,69	0,08	386,7	2178,4	103,1	5,6	
3	483	0,63	3,24	0,20	308,1	1564,9	96,6	5,1	
4	194	1,16	5,76	0,50	225,0	1117,4	97,0	5,0	
Всего	3833				1050,5	6055,6	315,4		
<b>Контроль</b>									
1	1628	0,07	0,64	0,01	114,0	1041,9	16,3	9,1	
2	706	0,38	3,42	0,09	268,3	2414,5	63,5	9,0	
3	219	0,81	5,90	0,23	177,4	1292,1	50,4	7,3	
4	136	1,21	8,12	0,43	164,6	1104,3	58,5	6,7	
Всего	2689				724,3	5852,8	188,7		

Для структуры всех исследованных экземпляров подроста ели характерно абсолютное преобладание относительного участия корней горизонтальной ориентации, приуроченных к верхним горизонтам почвы (табл. 3). Это относится как к подросту на контроле, так и к подросту на осушаемых площадях.

Вместе с тем в структуре корневых систем подроста ели, произрастающего в различных почвенно-гидрологических условиях, имеются существенные различия. Так, подрост на осушаемых площадях имеет большее число вертикальных ответвлений от горизонтальных корней, и они проникают на большую глубину, чем у подроста на контроле. Доля корней более высоких порядков ветвления (3-го, 4-го) в общей протяженности корневой системы выше в 2-2,5 раза у подроста на осушаемых площадях. У подроста ели на контроле в общей протяженности корневой системы преобладают корни 1-го и 2-го порядков. В целом же протяженность скелетной части корневой системы подроста ели на контрольном (неосушенном) участке больше в 1,4-1,7 раза, чем у подроста на осушаемых площадях, в основном за счет корней низших порядков ветвления (1-го и 2-го).

Отмечаются также общие особенности формирования структуры корневых систем подроста ели, растущего как на осушаемых, так и на неосушенных площадях. Общим является то, что в начальном периоде роста подроста в общей протяженности корневых систем преобладают корни горизонтальной ориентации 1-го и 2-го порядков ветвления (см. табл. 3).

С повышением возраста у подроста на осушаемых площадях доля этих корней в общей протяженности корневых систем уменьшается и увеличивается доля корней 3-го и 4-го порядков ветвления. На неосушенном участке этого не происходит, здесь у подроста ели всех групп высот преобладают корни горизонтальной ориентации 1-го и 2-го порядков ветвления (от 74 до 90% общей протяженности корневых систем). Кроме того, у подроста на обеих исследуемых площадях доля вертикальных ответвлений от корней горизонтальной ориентации в общей протяженности корневых систем с повышением возраста уменьшается. При этом на неосушенном участке вертикальные ответвления отсутствуют уже у подроста 3-й группы.

На основании исследований корневых систем 84 растений подроста ели, освобожденных от почвы полной раскопкой и отмывкой, можно утверждать, что одной из биологических особенностей ели является эфемерность ее стержневого корня, так как отмечено его полное отсутствие на всех взятых экземплярах подроста. Подобное отмечали в своих работах и другие исследователи (Калинин, 1983; Чертовской, 1978). Эта особенность могла сформироваться у ели в процессе филогенетического ее развития в горных условиях на слабо развитых почвах, где решающее значение для жизнеобеспеченности деревьев имеет освоение поверхностного слоя почвы горизонтальными корнями.

Таблица 3

## Строение корневых систем подраста ели на низинном болоте

Группа высот подрост- та	Средние показатели подраста			Общая протяженность корней					вертикальных ответвлений, %	
	Воз- раст, лет	Высота, см	Диаметр кор- невой шейки, см	всего, м	горизонтальных, %					
				Порядок ветвления				всего, %		
				1-й	2-й	3-й	4-й			
Вблизи канала										
1	9	36	0,7	1,2	42,3	36,6	10,7	5,3	94,9	5,1
2	12	71	1,7	8,3	23,4	45,5	18,2	9,4	96,5	3,5
3	18	123	3,0	15,9	17,1	37,6	29,5	14,6	98,8	1,2
4	22	170	3,8	27,1	13,4	29,0	38,9	18,0	99,3	0,7
На середине между каналами										
1	10	34	0,6	1,4	48,2	33,9	9,4	4,3	95,8	4,2
2	13	70	1,4	9,6	31,2	42,7	15,6	7,1	96,7	3,3
3	20	120	2,8	17,8	24,4	38,0	24,9	11,8	99,1	0,9
4	24	157	3,5	32,2	19,8	31,4	32,1	16,3	99,6	0,4
Контроль										
1	15	27	0,5	1,7	64,5	25,0	5,1	2,9	97,5	2,5
2	23	63	1,1	12,1	48,1	35,6	9,8	5,7	99,2	0,8
3	28	111	2,3	25,5	36,5	43,5	12,2	7,8	100,0	-
4	34	145	2,9	44,9	34,5	40,0	16,0	9,5	100,0	-

Данное положение соответствует гипотезе о первоначальном возникновении ели обыкновенной в горных районах и последующем ее распространении на равнине. Вместе с тем, учитывая повышенную ветровальность ели, обусловленную строением ее корневой системы, можно сделать вывод о необходимости организации селекционного отбора форм ели с более интенсивно развитыми стержневыми и якорными корнями.

Приведенный анализ показывает, что подрост ели на осушаемых площадях имеет более развитое строение корневых систем, чем подрост ели на контроле. Образуя менее мощную по длине корневую систему, подрост на осушаемых площадях занимает практически такой же, а в некоторых случаях больший объем почвенного пространства, чем подрост на контроле. Подрост ели на осушаемых площадях, имея более интенсивно разветвленную, чем подрост на контроле, корневую систему, отличается ее компактностью. Характеризующий это положение показатель корненаселенности  $L/V_k$  составляет для подростка, растущего вблизи канала, от 120 у 1-й группы высот до 56  $m/m^3$  у 4-й, для подростка, растущего на середине между каналами, соответственно от 140 до 64  $m/m^3$ , у подростка на контроле - от 170 до 104  $m/m^3$ .

Таким образом, осушение низинного болота способствует формированию интенсивно разветвленной, пропорционально сложной и относительно компактной корневой системы подростка ели. Это обуславливает формирование из этого подростка нового поколения леса, адаптированного к улучшающимся лесорастительным условиям.

#### Библиографический список

Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев. М., 1983. 152 с.

Карманова И. В. Экспериментальное изучение роста и развития подростка ели, сосны и клена при различных режимах питания и освещенности // Естественное возобновление древесных пород и количественный анализ его роста. М., 1970. С.54-84.

Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М., 1972. С.14-68.

Чертовской В.Г. Еловые леса европейской части СССР. М., 1978. С. 63-68.

Чиндяев А.С., Иматов А.Р., Матвеева М.А. Лесоводственно-мелиоративная характеристика лесоболотного стационара «Мостовое» // Опытное лесохозяйственное предприятие Уральской лесотехнической академии: Сб. информ. материалов. Екатеринбург, 1995. С. 67-80.