УДК 630*181.32

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НА СУПЕСЧАНОЙ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Прутской А.В.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, e-mail: prutskoj@yandex.ru

Выращивание продуктивных и устойчивых древостоев из ценных древесных пород в Брянской области невозможно без исследования ценотического фактора. Механизм взаимоотношений между растениями на фоне почвенных, климатических и др. условий очень сложный, и его изучение необходимо для создания лесных культур и проведения системы рубок ухода. Предлагаемые исследования построены на изучении взаимоотношений сосны и дуба в ризосфере. Раскопку корневых систем начинали с горизонтальных корней, постепенно обнажая корни по периферии. Исследования показали, что у сосны к 122-летнему возрасту сформировалась поверхностно-стержнево-якорная корневая система, а у дуба к 125-летнему возрасту – колоколовидно-якорная. В зоне непосредственного контакта между корневыми системами сосны и дуба наблюдается три типа взаимоотношений – полное изменение направления роста, частичное изменение направления роста, непосредственное соприкосновение корней. В сосняке лещиново-копытеневом, на подзолистой почве на флювиогляциальной супеси с галькой фосфоритов, подстилаемой глауконитовым песком с редкими желваками фосфоритов, в корневой сфере взаимовлияния между дубом и сосной складываются конкурентные отношения с элементами индифферентности. Большую конкурентоспособность проявляет дуб, осваивая больший объём почвы, что позволяет ему произрастать в одном ярусе с сосной. У сосны более развиты поверхностные горизонтальные корни, у дуба глубинные горизонтальные корни. По длине поверхностных горизонтальных корней 2-го порядка сосна превышает дуб в 2,4 раза, уступая в глубинных – в 7,8 раза. Установлено, что в первые десятилетия у дуба активно развивается стержневой корень. В дальнейшем темпы роста стержневого корня дуба уменьшаются и со временем он меняет направление роста на горизонтальное. Это объясняется морфологическими особенностями почвы.

Ключевые слова: корневая система, сосна обыкновенная, дуб черешчатый, насаждения, ценотический фактор, почва

STRUCTURAL PECULIARITIES OF THE ROOT SYSTEMS OF PINE AND OF OAK IN CONIFER-BROADLEAF PLANTINGS ON SANDY LOAM PODZOLIC SOIL

Prutskoy A.V.

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, e-mail: prutskoj@yandex.ru

The farming productive and sustainable forest stands of valuable tree species in the Bryansk region is impossible without examination of cenotic factors. The mechanism of the relationship between the plants on the background of soil, climatic and other conditions is very complex and its study is necessary for creation of forest cultures and the system of thinning. The proposed study built on the study of relations between Pinus silvestris and Qercus robur in the rhizosphere. The excavation of the root systems started with horizontal roots, gradually exposing the roots on the periphery. Studies have shown that Pinus silvestris to 122 years of age formed the surface-a pivotal anchor of the root system, and the Qercus robur to 125 years of age are bell – shaped anchor. In the area of direct contact between root systems of Pinus silvestris and Qercus robur and observed three types of relationships – a complete change in the direction of growth, a partial reversal of the direction of growth, the direct contact of the roots. The plantations, podzolic soil on fluvioglacial sandy loam with pebbles, phosphate rock, underlain by glauconitic sand with sparse phosphate nodules in the root area of interaction between the Qercus robur and Pinus silvestris formed a competitive relationship with the elements of indifference. Greater competitiveness shows Qercus robur, exploiting greater volume of soil, allowing it to grow in a single layer with pine. Pinus silvestris trees have more developed surface horizontal roots, the Qercus robur of deep horizontal roots. The length of horizontal surface roots of the 2nd order Pinus silvestris exceeds Qercus robur in 2,4 times, yielding in a depth – 7.8 times. It is established that in the first decades of the Qercus robur is actively growing taproot. In the future, the growth rate of the taproot of an Qercus robur decrease, and with time, it changes the direction of growth is horizontal. It is due to the morphological characteristics of the soil.

Keywords: the root system, Pinus silvestris, Qercus robur, plantations, cenotic factor, soil

Для формирования устойчивых и продуктивных сосново-дубовых насаждений в Брянской области РФ необходимо изучение ценотического фактора взаимовлияния корневых систем. Это позволяет в будущем создавать лесные культуры и проводить в них соответствующие лесоводственные мероприятия.

Анализ взаимоотношений сосны и дуба в зоне корневых систем при совместном произрастании показал, что потенциальные возможности дуба к корнеобразованию не ниже, чем у сосны, но проявляются они в разных лесорастительных условиях неодинаково.

Г.Ф. Морозов утверждал, что на супесях у сосны формируется развитая корневая система, причём деятельная часть её уходит гораздо глубже в область грунта, чем у дуба в этих условиях, что ослабляет конкуренцию между сосной и дубом [1].

Установлено, что с улучшением эдафических условий позиции дуба в корнеобитаемом слое почвы укрепляются. В свежих и влажных сложных суборях они уравниваются с позициями сосны, а в дубравах преимущество переходит к дубу [2–4].

Цель исследования

Изучить ценотические взаимоотношения корневых систем сосны обыкновенной (*Pinus silvestris, L.*) и дуба черешчатого (*Qercus robur, L.*) в хвойно-широколиственных насаждениях.

Материалы и методы исследования

Для сравнительного анализа закономерностей строения корневых систем взяты модельные деревья сосны и дуба, произрастающие в I ярусе 122-летнего сосняка лещиново-копытеневого ($Д_2$), Учебно-опытного лесничества, в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений, на 3-ей террасе р. Десны, на подзолистой почве на флювиогляциальной супеси с галькой фосфоритов, подстилаемой глауконитовым песком с редкими желваками фосфоритов.

Строение корневых систем изучалось методом скелета, монолита, среза почвенного профиля [5, 6]. В основу исследований корневых систем положена методика М.И. Калинина [7, 8], П.К. Красильникова [9] и классификация корневых систем по П.К. Красильникову [10].

Раскопка велась сухим способом от периферии к центру корневых систем. Сначала почва размягчалась деревянными рыхлителями, а затем аккуратно обнажалась корневая система. Раскопку корневых систем начинали с горизонтальных корней, постепенно обнажая корни по периферии. Все корни распределяли на группы: горизонтальные поверхностные (горизонтальные корни, расположенные не глубже 20 см); горизонтальные глубинные (горизонтальные корни, расположенные глубже 20 см); якорные (вертикальные ответвления от горизонтальных корней); стержневые (корни идущие вертикально вниз и являющиеся продолжением ствола дерева). В зависимости от толщины корни подразделяли на тонкие ($d < 2$ мм), полускелетные ($d = 2{,}1$–$4{,}0$ мм) и скелетные ($d > 4{,}0$ мм).

Для горизонтальной корневой системы замерялись следующие показатели: длина корня первого и второго порядка; расстояние до ответвлений второго порядка; длина якорных корней и глубина их проникновения; диаметр корней в месте их прикрепления.

Для вертикальной корневой системы замерялись следующие показатели: глубина и длина корня; расстояние до места прикрепления ответвлений второго порядка; протяжённость корней второго порядка и их диаметры в месте ответвления.

Препарированные корневые системы изучались по горизонтам почвы с зарисовкой и фотографированием их расположения. Измерения диаметров корней проводились штангенциркулем с точностью 0,1 мм, длины – мерной лентой с точностью 1 см.

Корни, взятые из монолитов, взвешивали в сыром состоянии, по фракциям, с точностью до 1 г. Для определения процента влажности отбирали по 5 образцов из каждой фракции, с величиной навески 50 г. После высушивания в сушильном шкафу, при температуре 100–110 °С до абсолютно сухого состояния и повторного взвешивания устанавливали средний процент влажности.

Развитие корневой системы исследовалось анализом процесса роста корней. Средний прирост корня по длине определяли путём деления длины корня на его возраст, вычисляемый по количеству годичных колец у основания корня.

Для изучения роста корня по длине и диаметру использовали метод анатомического анализа корней. Рост по длине определялся при помощи срезов у двух горизонтальных корней типичного строения, у их основания и через каждые 50 см. Рост по диаметру определялся при помощи срезов главных и скелетных корней у их основания.

Результаты исследования и их обсуждение

В данных почвенных условиях у сосны сформировалась поверхностно-стержнево-якорная корневая система, у дуба – колоколовидно-якорная (рисунок). У дуба сформировались крупные корневые лапы (дисковидной формы), которые проникают в почву под углом 30–60° к поверхности, что придаёт особую устойчивость стволу на супесчаной почве. От них в разные стороны (на 90% в противоположную сторону от сосны) в гумусовом, переходном оподзоленном горизонтах с галькой фосфоритов распространяются скелетные корни второго и третьего порядков. Причём горизонтальные глубинные и якорные корни дуба на 35% по корненаселённости проникают до глубины 161–180 см.

Общий вид корневых систем сосны обыкновенной (слева) и дуба черешчатого (справа) на супесчаной подзолистой почве (расстояние между деревьями 3,2 м)

Из них основная масса (65 %), доходя до плотных горизонтов с фосфоритами, принимает горизонтальное направление роста. Якорные корни сосны проникают до глубины 181–200 см, где из-за плотноватого глауконитового песка с редкими желваками фосфоритов образуют на концах корней «метёлки».

Сложные взаимоотношения у сосны и дуба складываются при непосредственном взаимодействии корней. Установлено, что наибольшую активность проявляют поверхностные горизонтальные корни дуба, которые в 4 раза активнее осваивают фитогенное поле корневой сферы сосны. При вхождении в корневую систему сосны скелетные корни дуба (второго и выше порядков) углубляются под поверхностные горизонтальные корни сосны.

Мы наблюдали три типа взаимоотношений между корневыми системами сосны и дуба:

1) полное изменение направления роста, с разворотом скелетных (полускелетных) корней в пространстве относительно друг друга (при угле более 90 °);

2) частичное изменение направления роста, с разворотом скелетных (полускелетных) корней в пространстве относительно друг друга (при угле менее 90 °);

3) непосредственное соприкосновение скелетных (полускелетных) корней. Чаще при взаимовлиянии корней сосны и дуба наблюдается частичное изменение направления их роста.

При третьем типе взаимоотношений поверхностные и глубинные горизонтальные скелетные корни дуба (второго, третьего порядков) растут, соприкасаясь с поверхностными и глубинными горизонтальными корнями сосны (первого, второго, третьего порядков) и располагаются в 50–150 см от стержневого корня сосны. В свою очередь поверхностные горизонтальные (скелетные, полускелетные, тонкие) корни сосны проникают в ризосферу дуба. Более детальное представление о взаимоотношениях корневых систем даёт морфологическая структура корневых систем сосны и дуба представленная в табл. 1.

В ходе анализа табл. 1 видно, что общая длина скелетных корней дуба превышает в 2,3 раза длину сосновых. По категории горизонтальных корней дуб превосходит сосну в 3,3 раза. Поверхностных горизонтальных корней у дуба на 68 %, а глубинных горизонтальных корней на 83 % больше, чем у сосны. Стержневых корней в 3,4 раза больше у сосны.

Во многом на развитие корней дуба повлияло неравномерное распределение по профилю почвы прослоек фосфоритов разной мощности. Так, стержневой корень дуба на глубине 1–1,5 м столкнулся с мощным и плотным слоем фосфоритной гальки, что затормозило его рост в вертикальном

направлении и побудило к разветвлённости и росту в горизонтальном направлении. Стержневой корень сосны не встретил таких плотных прослоек фосфоритов и нормально развивался, проникая в почвообразующую породу.

У дуба средняя скорость роста по диаметру стержневого корня 0,1 см/год, по длине – 1,1 см/год (в первое десятилетие – 22 см). Для сосны средняя скорость роста стержневого корня по диаметру 0,3 см/год, по длине – 2,9 см/год. Неравномерное уплотнение почвы, возможно, повлияло на перераспределение и относительную долю горизонтальных, вертикальных и косовертикальных корней. На долю якорных корней сосны приходится 49 %, дуба – 37 %. По вертикальным корням дуб превышает сосну в 1,5 раза, косовертикальным – в 3,6 раза, а в целом по категории якорных – на 35 %.

В данных условиях у сосны наблюдается переход от поверхностно-глубокого укоренения к ещё более глубокому, что выражается в 57% долевом участии корней вертикальной ориентации. Несмотря на это у сосны чётко выражены горизонтальные корни 1-го и 2-го порядков (табл. 2).

Таблица 1

Морфологическая структура корневых систем сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Порода	Характеристика надземной части модели			Характеристика подземной части модели								
	диаметр, см	высота, м	объём ствола, $м^3$	всего скелетных корней, м	горизонтальные корни, м			стержневые корни, м	якорные корни, м			всего корней вертикальной ориентации, м
					поверхностные	глубинные	всего		вертикальные	косовертикальные	всего	
Сосна 122 года	44,5	30,9	2,5	1240	490	43	533	99	541	67	608	707
Дуб 125 лет	36,1	27,5	1,3	2852	1520	248	1768	29	812	243	1055	1084

Таблица 2

Характеристика горизонтальных корней сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Порода	Суммарная длина корней, м	Корни 1-го порядка			Корни 2-го порядка		
		длина, м	количество, шт.	средняя длина, м	длина, м	количество, шт.	средняя длина, м
Поверхностные горизонтальные корни							
сосна 122 года	109	30	7	4,3	79	99	0,8
дуб 125 лет	50	17	8	2,1	33	67	0,5
Глубинные горизонтальные корни							
сосна 122 года	19	13	4	3,2	6	16	0,4
дуб 125 лет	73	26	10	2,6	47	78	0,6

По данным табл. 2 видно, что у сосны более развиты поверхностные горизонтальные корни 1-го и 2-го порядков, которые превышают аналогичные корни дуба по суммарной длине в 2,2 раза. Наоборот, у дуба глубинные горизонтальные корни развиты в 3,8 раза больше, чем сосновые. По длине поверхностных горизонтальных корней 2-го порядка сосна превышает дуб в 2,4 раза, уступая в глубинных в 7,8 раза. Всё это увеличивает площадь всасывающей поверхности корней с почвой и позволяет дубу более рационально использовать питательные вещества, проникая под поверхностные горизонтальные корни сосны. Тем самым снижается напряжённость конкуренции и укрепляется позиция дуба в ризосфере.

При исследовании корневых систем учитывалась корненаселённость почвы полускелетными и скелетными корнями. Их размещение по почвенному профилю во многом определяет развитие и взаимовлияние сосны и дуба. Для этого были заложены почвенные монолиты в трёхкратной повторности (9 монолитов). Распределение полускелетных корней сосны и дуба приведено в табл. 3.

Таблица 3

Распределение полускелетных (d = 2,1–4,0 мм) корней сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Горизонты почвы, см	Сосна 122 года		Дуб 125 лет	
	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %
0–20	234	49,9	300	30,5
21–40	80	17,1	87	8,8
41–60	45	9,5	145	14,7
61–80	35	7,4	102	10,4
81–100	24	5,1	115	11,7
101–120	19	4,1	81	8,2
121–140	12	2,6	62	6,3
141–160	10	2,2	43	4,4
161–180	6	1,3	29	2,9
181–200	4	0,8	21	2,1
Всего:	469	100,0	985	100,0

Таблица 4

Распределение скелетных (d > 4 мм) корней сосны обыкновенной и дуба черешчатого в Пальцовском полесском ландшафте елово-широколиственных насаждений (Брянского лесного массива) в сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$)

Горизонты почвы, см	Сосна 122 года		Дуб 125 лет	
	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %	масса на 1 м^2 монолита, г	доля в общей массе, %
0–20	532	15,9	628	12,7
21–40	883	26,4	410	8,3
41–60	579	17,3	746	15,1
61–80	328	9,8	963	19,5
81–100	365	10,9	712	14,4
101–120	217	6,5	459	9,3
121–140	157	4,7	405	8,2
141–160	117	3,5	316	6,4
161–180	97	2,9	252	5,1
181–200	70	2,1	49	1,0
Всего:	3345	100,0	4940	100,0

Распределение полускелетных корней сосны и дуба по профилю почвы неравномерное. Большая часть корней сосредоточена в гумусовом горизонте, где у сосны их 49,9 %, у дуба – 30,5 %, хотя по массе корней дуб превышает сосну в этом горизонте в 1,3 раза. Это объясняется более благоприятным почвенно-гидрологическим режимом исследуемого горизонта почвы для требовательного дуба. В подзолистом горизонте у сосны – 17,1 %, у дуба – 8,8 % корней от общей массы. Этот горизонт слабо освоен полускелетными корнями дуба, хотя по массе не уступает сосне. В переходном иллювиальном горизонте почвы и по доле в общей массе, и по массе корней преимущество за дубом. На глубине от 41 см до 100 см сосредоточено 36,8 % корней дуба, а у сосны – 22,0 % корней. Это объясняется обилием конкреций фосфора в данных горизонтах. Глубже 100 см происходит уменьшение количества фосфоритов, с 140 см изменяется плотность горизонта почвы. Всё это приводит к уменьшению доли в общей массе полускелетных корней, как сосны, так и дуба. Освоенность этих горизонтов у дуба по массе выше и, вероятно, связана с конкурентным влиянием сосны, как породы с более быстрыми темпами развития корней в поверхностных горизонтах почвы. В общем итоге, по массе полускелетных корней, дубовые превышают в 2,1 раза сосновые.

Распределение скелетных корней сосны и дуба приведено в табл. 4.

Распределение скелетных корней сосны и дуба показывает, что сфера их проникновения по почвенному профилю глубже, чем полускелетных. Так у сосны на глубине 81–100 см скелетных корней 10,9 %, у дуба – 14,4 %. В категории скелетных корней преимущество сохраняется за дубом в 1,5 раза, что на 29 % меньше по сравнению с категорией полускелетных. В гумусовом горизонте почвы дуб по массе скелетных корней превышает сосну в 1,2 раза, а в подзолистом – уступает ей в 2,2 раза. В подзолистом горизонте почвы сосна имеет преимущество, проникая по нему в корневую сферу дуба. В переходном иллювиальном горизонте дуб по массе корней превосходит сосну в 1,3 раза. В следующих почвенных горизонтах позиции дуба улучшаются. На глубине 181–200 см сосна по массе скелетных корней превышает дуб в 1,4 раза. Это объясняется повышением плотности горизонта почвы, где у сосны данная категория корней образует большее количество ветвлений на единицу площади.

Выводы

Впервые установлено, что при вхождении в корневую систему сосны скелетные корни дуба углубляются под поверхностные горизонтальные корни сосны. Это является стратегическим элементом развития корневой системы дуба, позволяющим увеличить с возрастом площадь питания и возможность произрастания дуба с сосной в одном пологе насаждения. У сосны к 122-летнему возрасту сформировалась поверхностно-стержнево-якорная корневая система, а у дуба к 125-летнему возрасту – колоколовидно-якорная. Для дуба и сосны характерно развитие крупных якорных корней. В зоне непосредственного контакта между корневыми системами сосны и дуба наблюдается три типа взаимоотношений – полное изменение направления роста, частичное изменение направления роста, непосредственное соприкосновение корней. По морфологической структуре корневых систем у сосны более развиты поверхностные горизонтальные корни, у дуба глубинные горизонтальные корни. По длине поверхностных горизонтальных корней 2-го порядка сосна превышает дуб в 2,4 раза, уступая в глубинных в 7,8 раза. У дуба в первые десятилетия активно развивается стержневой корень. В дальнейшем темпы роста стержневого корня дуба уменьшаются, и со временем, он меняет направление роста на горизонтальное. Это объясняется морфологическими особенностями почвы.

В сосняке лещиново-копытеневом ($Д_2$), на подзолистой почве на флювиогляциальной супеси с галькой фосфоритов, подстилаемой глауконитовым песком с редкими желваками фосфоритов, в корневой сфере взаимовлияния, между дубом и сосной складываются конкурентные отношения с элементами индифферентности. Большую конкурентоспособность проявляет дуб, осваивая больший объём почвы, что позволяет ему произрастать в одном ярусе с сосной.

Список литературы

1. Морозов Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Морозов. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 556 с.

2. Калинин М.И., Тиунчик В.К., Лантух В.С. Восстановительная способность корней сосны и дуба в смешанных

сосново-дубовых культурах / М.И. Калинин, В.К. Тиунчик, В.С. Лантух // Лесн. журн. – 1981. – № 5. – С. 15–18.

3. Калинин М.И., Лантух В.С. Регенерация корневых систем сосны и дуба в культурах / М.И. Калинин, В.С. Лантух // Лес. х-во, лес., бум. и деревообраб. пром-сть. – 1985. – № 16. – С. 15–18.

4. Костомаров В.Н. Корневые системы сосны и дуба свежей субори Украинского Полесья: Автореф. дис. … канд. с.-х. наук. – Киев, 1954. – 22 с.

5. Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений / В.А. Колесников. – М.: Лес. пром-сть, 1972. – 152 с.

6. Методы изучения лесных сообществ: монография / Е.Н. Андреева, И.Ю. Баккал, В.В. Горшков [и др.] / под ред. проф. В.Т. Ярмишко. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.

7. Калинин М.И. Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса / М.И. Калинин. – Львов: Вища школа, 1975. – 175 с.

8. Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев / М.И. Калинин. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 152 с.

9. Красильников П.К. Методика полевого изучения подземных частей растений / П.К. Красильников. – Л.: Наука, 1983. – 207 с.

10. Красильников П.К. Классификация корневых систем деревьев и кустарников / П.К. Красильников // Лесоведение. – 1970. – № 3. – С. 35–45.