

MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE STRUCTURE OF XYLEM AND PHLOEM IN THE STEMS OF SCOTS PINE TREES WITH DIFFERENT RATES GROWTH

Astrakhantseva N.V., Antonova G.F.

V.N. Sukachev Institute of Forest RAS (Sib. Br.), Russia, E-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru, astr_nat@mail.ru

Abstract. The purpose of this work was to compare the development of secondary phloem and xylem in the stems of 200-year-old Scots pine trees (*Pinus sylvestris* L., middle taiga, 60° N, 89° E) during the vegetation. The trees had the same age and height but differed each from other by the number of xylem cells in annual increment. With the increase of growth rate by stem diameter the percentage of functioning sieve cells and differentiating tracheids in the common amount of living cells in the stem rose. For example, when the zone of differentiating xylem reached a maximum width the proportion of sieve cells changed from 26 to 29 %, while that of xylem cells varied from 14 to 26 %. The number of resin ducts and the content of radial rays in the xylem decreased, and the cross-sectional area of the walls of early and late tracheids increased. At the same time in the phloem the deposition of callose at sieve fields decreased. The amount of radial parenchyma in the inner bark was reduced, while that of axial parenchyma increased. In all trees the volume of phloem parenchyma cells was minimal in the middle of the growth season. In dependence on the period vegetation and growth rate of tree by diameter the amount of living cells in phloem was 55–69 % from the total volume of that in the stem.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ КСИЛЕМЫ И ФЛОЭМЫ В СТВОЛАХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗНОЙ СКОРОСТИ РОСТА

Астраханцева Н.В., Антонова Г.Ф.

Институт леса им. ВН. Сукачева СО РАН, Россия, 660036 Красноярск, Академгородок, 50, строение 28, факс: (3-912) 43-36-86, E-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru, astr_nat@mail.ru

В связи с изучением дыхания ствола сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в одновозрастном сосняке лишайниковом в Туруханском районе (южная часть зоны средней тайги, 60° с.ш., 89° в.д.) в рамках международного проекта EUROSIBERIAN CARBONFLUX (1998–2000 гг.) исследовалось развитие тканей ксилемы и флоэмы в ходе вегетации. Была выбрана экспериментальная площадка, соответствовавшая среднестатистическому участку древостоя (густота древостоя 450 деревьев/га [12]), где деревья произрастали в одинаковых условиях и были примерно равномерно удалены друг от друга. Возраст деревьев составил 193±17 лет, высота 21,75±0,25 м, диаметр ствола на высоте 1,3 м был равен 29,3±2,7 см.

В течение лета 2000 г. на высоте ствола 1,3 м брали высечки, содержащие луб и несколько слоев ксилемы. В полученных поперечных срезах высечек подсчитывали число клеток ксилемы и флоэмы, продуцированных камбием, измеряли толщину и площадь поперечного сечения стенок трахеид текущего года. Окончание дифференциации ксилемы устанавливали по исчезновению протопласта в трахеидах и прекращению роста стенок трахеид текущего года в толщину. Границы проводящей флоэмы определяли по появлению больших количеств каллозы на ситовидных полях и по исчезновению содержимого в клетках Страсбургера. Содержание радиальной и тяжелой паренхимы в лубе, сердцевинных лучей и смоляных ходов в ксилеме находили методом имидж-анализа (компьютерная обработка микроснимков срезов) и методом линейного определения удельного объема [8]. Так как процентное содержание для луба использовать не очень удобно (нужно указывать ширину луба, которая варьирует), то для нахождения объема живых клеток в тканях ствола использовали суммарную площадь поперечного сечения клеток. Расчет вели в прямоугольниках шириной 1 мм, начинающихся от последнего годичного слоя луба, проходящих через камбиальную зону и кончающихся на границе перехода от заболони к ядру (ширина заболони была равна 23 мм). Данные выражали в мм². Так как основная масса живых клеток ствола находится в слое шириной около 5 мм, то кривизной поверхности при таком диаметре ствола можно пренебречь. Полученные данные сопоставляли с литературными данными по сосне из других регионов и с собственными наблюдениями по развитию тканей ствола сосны в лесостепной зоне Красноярского края (56° с.ш., возраст деревьев 30–60 лет и менее).

Выбранные деревья, несмотря на близкий возраст и высоту ствола, отличались по приростам кси-

лемы на протяжении последних десятков лет. Различия в приростах древесины деревьев, занимающих сходное положение в древостое, находящихся в одинаковых условиях произрастания, обусловлены скорее внутренними факторами, чем конкуренцией за пространство и свет, поскольку кроны у деревьев не соприкасались. Для выявления внутривидовых особенностей анатомического строения ствола деревья были разделены на группы по количеству клеток ксилемы в годичных слоях. В группе деревьев с малым темпом роста ствола по диаметру прирост ксилемы 2000 г. составил 6,3, со средним темпом роста – 9,0 и в группе деревьев с высоким темпом роста – 11,3 трахеиды. Группы деревьев, с одной стороны, отличались между собой по соотношению анатомических элементов и особенностям их развития, с другой, имели ряд особенностей, отличающих их от деревьев сосны других мест обитания.

В исследовании особое внимание было уделено строению и развитию флоэмы, играющей важную роль в жизнедеятельности ствола. Установлено, что возраст луба на уровне груди был равен 13–17 годам – чем больше клеток ежегодно продуцировал камбий, тем меньше было слоев в лубе. Однако в верхней части ствола возраст отдельных участков мог достигать до 30 и более лет, а поверхностное натяжение, возникающее при росте ствола по диаметру, снималось за счет закладки слоев феллогена полусферой, отсекающей от 10 и более годичных слоев (зафиксированный максимум – 27 слоев). Возраст луба определяли по слоям тяжелой (запасающей) паренхимы, образующейся при переходе от продукции клеток ранней флоэмы к клеткам поздней флоэмы. В ее закладке на уровне груди отмечена некая периодичность – годичные слои луба с большим количеством клеток тяжелой паренхимы чередовались со слоями с малым (вплоть до почти полного отсутствия) числом клеток. Однако в верхней части ствола заложение тяжелой паренхимы было обильным и регулярным, что объяснялось как увеличением в кроне приростов ксилемы (акцептора ассимилятов), так и близостью к хвое (источнику ассимилятов). В 2000 г. первые клетки тяжелой паренхимы появились в слое флоэмы текущего года в образцах от 12 июня, к 19 июня все деревья перешли к образованию поздней флоэмы. Отметим, что в стволах сосны из южных популяций тяжелая паренхима закладывается ежегодно в конце июня [1] в одном или нескольких тангентальных рядах флоэмных клеток, а у молодых деревьев и ветвей закладка тяжелой паренхимы может возобновляться в августе при благоприятных погодных условиях.

Установлено, что в годичных слоях луба у деревьев с малыми приростами ксилемы закладывалось меньшее число клеток тяжелой паренхимы и большее – радиальной паренхимы. При увеличении приростов ксилемы в лубе начинала преобладать тяжелая паренхима. Площадь сечения клеток тяжелой и радиальной паренхимы луба менялась асинхронно – в июле, на фоне дефицита влаги и активного расхода запасенного крахмала, площадь клеток тяжелой паренхимы сокращалась быстрее, чем клеток радиальной паренхимы. В августе, по мере увеличения влажности воздуха, количества осадков и возобладания процессов синтеза крахмала над его распадом, площадь сечения клеток тяжелой паренхимы возрастала быстрее, чем радиальной, приближаясь к июньским значениям.

Содержание крахмала в клетках *тяжелой паренхимы* несколько снижалось с увеличением приростов ксилемы, однако, даже в засушливый период в середине вегетации, не опускалось ниже 20 %. В *радиальной паренхиме* высокое содержание крахмала отмечали на протяжении всей вегетации, при этом зерна крахмала наблюдали даже в камбиальной зоне. Это не характерно для сосны из более южных популяций – из-за образования более широкого слоя ксилемы содержание крахмала в паренхимных клетках непроводящего луба там заметно ниже, а зерна крахмала в лучевой паренхиме камбиальной зоны отсутствуют на протяжении всей вегетации [1]. Следовательно, в районе нашего исследования рост ствола по диаметру не был лимитирован по углеводному субстрату. Избыток ассимилятов откладывался помимо крахмальных зерен и в виде больших количеств каллозы на ситовидных полях. У сосен, растущих на несколько градусов южнее, больших количеств каллозы (видимых без специального окрашивания) на ситовидных полях почти не наблюдается, в то время как у изучаемых нами деревьев эти отложения в отдельных ситовидных элементах могли занимать почти все внутреннее пространство клетки (в поперечном сечении). Больше всего каллозы откладывалось при прекращении функционирования клеток флоэмы предыдущего года. Накопление каллозы при уменьшении приростов ксилемы могло быть одним из способов временного депонирования «излишков» ассимилятов, которые впоследствии могут реутилизироваться [5]. Однако полного гидролиза каллозы мы не фиксировали, и ее видимые без окрашивания отложения наблюдались во всех годичных слоях непроводящего луба, особенно заметные в отдельных ситовидных элементах у

деревьев с малым темпом роста ствола по диаметру. Повышенное отложение каллозы по сравнению с сосной из лесостепной зоны, также может свидетельствовать и о более суровых условиях существования, так как действие стрессовых факторов, например внедрение патогенов [10], может активировать синтез каллозы в растениях.

Избыток сахаров в камбиальной зоне может объяснить увеличение числа камбиальных аномалий [7]. Нами отмечено относительно частое появление в ксилеме и флоэме трабекул, которые почти не наблюдаются у сосны в южных популяциях. Избыток ассимилятов влиял и на частоту заложения смоляных ходов и сердцевинных лучей. Их содержание было больше у деревьев с малым темпом роста ствола по диаметру [2]. В ксилеме 2000 г. у деревьев сосны в районе исследований резко увеличилось содержание смоляных ходов по сравнению с годовыми слоями ксилемы других лет. Это явление объясняется необычно холодным июнем в 1999 г., из-за чего сформировался очень узкий слой ксилемы, затраты на развитие ксилемы, следовательно, были малы, однако уровень фотосинтеза на протяжении периода вегетации оставался высоким [9]. Неизрасходованные на рост ксилемы ассимиляты стимулировали повышенное заложение смоляных ходов в следующем вегетационном периоде. В целом содержание смоляных ходов в ксилеме изученных деревьев (1,3–1,6 %) было выше по сравнению с сосной из других мест обитания (0,5–1,1 % [4]). Этот факт согласуется с замечанием Л.И. Лотовой [6] о том, что растения из северных широт накапливают больше смолы, которая усиливает сопротивляемость инфекциям и повышает морозоустойчивость.

Соотношение ситовидных элементов флоэмы и трахеид, произведенных камбием за сезон, было примерно равным 1/1 и увеличивалось при снижении темпа роста ствола по диаметру. Такое соотношение характерно для угнетенных и растущих в неблагоприятных условиях деревьев [3]. Для сосны обыкновенной, растущей в более благоприятных условиях лесостепной зоны Красноярского края, это соотношение обычно равно 1/3–4 [1]. Отметим, что у всех деревьев многолетняя изменчивость приростов флоэмы значительно меньше изменчивости приростов ксилемы. Так, за период 1996–2000 гг. среднее число образованных за вегетацию клеток флоэмы составило $7,4 \pm 0,7$; $8,3 \pm 0,1$; $10,1 \pm 0,7$, а клеток ксилемы – $5,3 \pm 1,7$; $8,1 \pm 1,8$; $11,9 \pm 2,6$ у деревьев с малым, средним и высоким темпами роста ствола по диаметру, соответственно.

С увеличением темпа роста радиальный диаметр *поздних трахеид* последовательно возрастал на 8 и 16 % от минимального размера. Эту же тенденцию отмечали для *ранних трахеид* (исключение – группа деревьев со средними приростами, где диаметр оказался самым большим и превысил минимальный на 10 %). Аналогично радиальному диаметру изменялась площадь поперечного сечения стенки трахеид: для ранних трахеид она была больше у деревьев со средним и максимальным темпами роста по сравнению с группой с малыми приростами на 5 и 4 %, для поздних трахеид – на 16 и 19 %, соответственно. У деревьев с малым темпом роста площадь сечения стенок поздних трахеид оказалась меньше площади сечения ранних трахеид, что обусловлено не только малым радиальным диаметром, но и меньшей длительностью дифференциации поздних трахеид по сравнению с другими группами.

По радиальным диаметрам ситовидных клеток дерева с малым и высоким темпами роста достоверно не отличались. У деревьев средней группы радиальный диаметр как ранних, так и поздних клеток флоэмы был ниже примерно на 25 % по сравнению с другими группами. Флоэма деревьев со средним темпом роста в целом выказывала большую чувствительность к водному стрессу, что проявилось не только в меньшем радиальном диаметре клеток, образуемых в ходе вегетации, но и в более резком снижении площади поперечного сечения паренхимных клеток непроводящего луба в засушливый период первой половины июля.

У всех деревьев суммарная площадь поперечного сечения живых клеток ствола (в пересчете на 1 мм длины окружности камбия) достигла максимума в середине третьей декады июня и составила 0,86; 0,89 и 1,09 мм² у деревьев с малым, средним и высоким темпами роста ствола по диаметру, соответственно. К этому времени образовалась большая часть клеток ксилемы и флоэмы текущего года, все эти клетки были еще живы – трахеиды дифференцировались, ситовидные клетки функционировали. Проводящая флоэма, кроме клеток флоэмы текущего года, включала часть клеток флоэмы предыдущего года (у деревьев с малым темпом роста во флоэме предыдущего года помимо клеток поздней флоэмы функционировали 1–2 клетки ранней флоэмы). Площадь поперечного сечения дифференцирующихся трахеид от общей площади сечения живых клеток ствола составляла

14, 20 и 26 %, площадь функционирующих ситовидных элементов – 26, 26 и 29 % у деревьев с малым, средним и высоким темпами роста, соответственно (рис.). Площадь паренхимных клеток луба была в два раза больше площади сечения паренхимных клеток заболони.

В середине июля площадь поперечного сечения живых клеток ствола составила 0,65; 0,57 и 0,79 мм² у деревьев с малым, средним и высоким темпами роста, соответственно. В этот период закончилась дифференциация части клеток ранней ксилемы, перестали функционировать ситовидные клетки флоэмы предыдущего года, площадь сечения паренхимных клеток луба сократилась в среднем на треть. Площадь поперечного сечения дифференцирующихся трахеид от общей площади сечения живых клеток ствола составила 11, 17 и 19 %, соответственно. Площадь сечения проводящей флоэмы сократилась, однако процентное содержание функционирующих ситовидных элементов осталась на прежнем уровне: 24, 25 и 30 % у деревьев с малым, средним и высоким темпами роста, соответственно, что обусловлено сокращением суммарного объема живых клеток в тканях ствола.

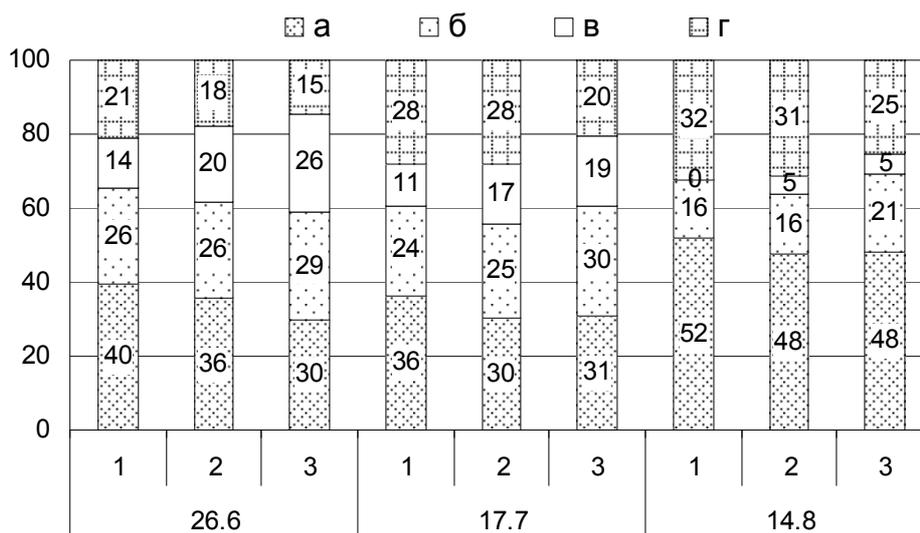


Рисунок. Изменение процентного соотношения тканей ствола в ходе вегетации у деревьев разных темпов роста ствола по диаметру.

По оси абсцисс – дата взятия образца и номер группы: 1, 2 и 3 – деревья с малым, средним и высоким темпом роста ствола по диаметру, соответственно; по оси ординат – проценты; а – лубяная паренхима (совокупность клеток тяжелой и радиальной паренхимы), б – проводящая флоэма (функционирующие ситовидные клетки), в – дифференцирующаяся ксилема (трахеиды текущего года на стадии дифференциации), г – паренхима заболони (живые паренхимные клетки сердцевинных лучей и смоляных ходов в ксилеме).

В середине августа площадь поперечного сечения живых клеток ствола составила 0,57; 0,51 и 0,63 мм² у деревьев с малым, средним и высоким темпами роста, соответственно. В этот период закончилась дифференциация клеток ксилемы у деревьев с малым темпом роста, у других деревьев заканчивали дифференцироваться клетки поздней ксилемы (объем дифференцирующихся трахеид составил около 5 % от общего объема живых клеток ствола), перестали функционировать ситовидные клетки ранней флоэмы текущего года. Площадь поперечного сечения функционирующих ситовидных элементов от общей площади сечения живых клеток ствола составила 16, 16 и 21 % у деревьев с малым, средним и высоким темпами роста, соответственно, площадь сечения паренхимных клеток луба увеличилась по сравнению с серединой июля примерно на 25 %.

Таким образом, деревья близкого возраста и высоты ствола, занимающие сходное положение в древостое, отличались друг от друга не только по темпам роста ствола по диаметру (по приростам ксилемы), но и по содержанию, и особенностям развития анатомических элементов в тканях ксилемы и флоэмы, что указывает на генетическую регуляцию деятельности камбия. Деревья с малыми приростами ксилемы характеризовались повышенным содержанием смоляных ходов и сердцевинных (радиальных) лучей в ксилеме, меньшей аккумуляцией веществ в стенках трахеид. Площадь сечения радиальной паренхимы луба в этой группе была выше площади сечения тяжелой паренхимы на протяжении большей части вегетации.

Площадь сечения дифференцирующейся ксилемы и проводящей флоэмы (тканей, характеризующихся высоким уровнем метаболизма и дыхания) была ниже, чем у деревьев с большими приростами, составляя в период интенсивного роста ствола по диаметру 40 % от общего объема живых клеток ствола. При этом площадь сечения проводящей флоэмы была почти в два раза больше площади дифференцирующейся ксилемы (которая составляла всего 1/7 часть от площади сечения всех живых клеток ствола).

У деревьев с более высоким темпом роста снижено содержание смоляной паренхимы и сердцевинных лучей, площадь сечения тяжелой паренхимы была выше площади радиальной паренхимы на протяжении всей вегетации, общее содержание паренхимы в годичном слое луба было выше, а число годичных слоев в лубе ниже, чем у деревьев с малыми приростами. Суммарная площадь сечения дифференцирующейся ксилемы и проводящей флоэмы составляла в период интенсивного роста ствола по диаметру 46 и 55 % от общего объема живых клеток ствола у деревьев со средним и высоким темпами роста, соответственно. Площадь дифференцирующейся ксилемы с увеличением темпа роста приблизилась к площади сечения проводящей флоэмы, составив 1/4 от общего объема живых клеток ствола.

Установлено, что живые клетки флоэмы составляли в зависимости от группы и периода вегетации 55–69 % от общего объема живых клеток ствола. Схожие данные получены при изучении 30-летней ели (*Picea abies* L., Швеция): в конце вегетации, несмотря на большой объем заболони (ширина заболони 27–37 мм, ширина флоэмы 2,3–2,9 мм), 75–80 % всех живых клеток ствола было локализовано во флоэме [11].

Заключение. При увеличении приростов ксилемы в общем объеме живых клеток ствола возрастает доля клеток проводящей флоэмы и дифференцирующейся ксилемы, характеризующихся высоким уровнем метаболизма, при этом соотношение функционирующие ситовидные клетки / дифференцирующиеся трахеиды снижается. В лубе снижается доля радиальной паренхимы, а тяжелой, отличающейся по накоплению ряда веществ, наоборот, растет. Тенденции по изменению содержания крахмала и толщине стенок трахеид сходны с описанными в литературе, – с увеличением темпа роста ствола содержание крахмала снижается, а толщина стенок трахеид (в первую очередь, поздних) растет. Если небольшая величина приростов ксилемы вызвана не недостатком углеводных субстратов, а другими факторами, то излишек ассимилятов может идти на повышение числа смоляных ходов в ксилеме и на увеличение отложений каллозы на ситовидных полях функционирующих ситовидных элементов.

Для расчетов, подобных нахождению уровня дыхания за вегетацию в целом и дыхания поддержания в частности, необходимо учитывать, что при малых приростах ксилемы доля дифференцирующихся трахеид в общем объеме живых клеток ствола невелика и, что объем паренхимных клеток может меняться на протяжении вегетации. Нельзя игнорировать и дыхание флоэмы, объем живых клеток которой может превышать таковой ксилемы. Также следует учитывать неоднородность деревьев в популяции, и то, что индивидуальная изменчивость отражается не только на приростах ксилемы, но и на ряде параметров строения и развития тканей ксилемы и флоэмы в ходе вегетации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова Г.Ф., Стасова В.В. Сезонное развитие флоэмы в стволах сосны обыкновенной // Онтогенез. 2006. Т. 37. № 5. С. 368–383.
2. Астраханцева Н.В., Черкашин В.П., Стасова В.В., Антонова Г.Ф. Строение и развитие вторичной ксилемы и луба в стволах деревьев *Pinus sylvestris* (Pinaceae) разного темпа роста // Ботанический журнал. 2010. Т. 95. № 2. С. 190–202.
3. Еремин В.М. Особенности анатомического строения коры некоторых сосновых в связи с условиями произрастания // Лесной журнал. 1982. № 3. С. 14–18.
4. Клеточная стенка древесины и ее изменения при химическом воздействии. Рига: Изд-во «Зинатне», 1972. 507 с.
5. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. 647 с.
6. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 528 с.
7. Новицкая Л.Л., Кушнир Ф.И. Узорчатая древесина карельской березы // Природа. 2005. № 3. С. 23–29.
8. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1954. 337 с.
9. Lloyd J., Shibistova O., Zolotoukhine D., Kolle O., Arneth A., Wirth C., Styles J.M., Tchebakova N.M., Schulze E.-D. Seasonal and annual variations in the photosynthetic productivity and carbon balance of a central

Siberian pine forest // *Tellus*. 2002. №. 54 В. P. 590–610.

10. *Stanghellini M.E., Rasmussen S.L., Vandemark G.J.* Relationship of callose deposition to resistance of lettuce to *Plasmopara lactucae-radices* // *Phytopathology*. 1993. Vol. 83. №. 12. P. 1498–1501.

11. *Stockfors J., Linder S.* Effect of nitrogen on the seasonal course of growth and maintenance respiration in stems of Norway spruce trees // *Tree Physiology*. 1998. №. 18. P. 155–166.

12. *Wirth C., Schulze E.-D., Schulze W., von Stünzner-Karbe D., Ziegler W., Miljukowa I.M., Sogatchev A., Varlagin A.B., Panvyorov M., Grigorev S., Kusnetzova W., Siry M., Harges G., Zimmermann R., Vygodskaya N.N.* Above-ground biomass and structure of pristine Siberian Scots pine forests as controlled by competition and fire // *Oecologia*. 1999. №. 121. P. 66–80.

TEST OF POSTERITIES OF GEOGRAPHICAL POPULATIONS OF KARELIAN BIRCH IN THE KIROV REGION

Bagaev S.S.

Central-European Experimental Station, the branch of VNIILM, Kostroma, E-mail: klos@kosnet.ru

Abstract. Results of experience on check in conditions of the Kirov region provenances of Karelian birch from natural area (Latvia, Belarus, Finland), from the Moscow region and also three families from free pollination from micropopulations of the Kostroma region are considered. Experience is incorporated on various ecological backgrounds. Following parameters are analysed: percent of safety, height, a gain of top runaway, diameters of a trunk and a crone, their factor of a variation in the age of from 1 till 11 years, and also a share in structure of eleven-year skilled cultures of forms with a figured structure of wood. Most expediently at cultivation of afforestations in the Kirov region to use seeds of the Kostroma origin. On intensity of growth and display of attributes figured structures of wood strong influence renders a set of factors of environment. Karelian silver birch on speed of growth essentially surpasses Karelian downy. The created skilled objects represent archives of a valuable potential genofond of various origins.

ИСПЫТАНИЕ ПОТОМСТВ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ БЕРЁЗЫ КАРЕЛЬСКОЙ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Багаев С.С.

Филиал ФГУ «ВНИИЛМ» «Центрально-европейская лесная опытная станция» 156605, г.Кострома, пр-т Мира, д.134, Россия, тел. (4942) 55-64-72, E-mail: klos@kosnet.ru

Географическое происхождение семян оказывает существенное влияние на показатели роста и наследуемость признаков узорчатой текстуры древесины берёзы карельской [1;3;4;7–11;13]. Испытательные культуры берёзы карельской, повислой и пушистой, включающие географические образцы, в южно-таёжном районе Европейской части России с участием Центрально-европейской (Костромской) лесной опытной станцией ВНИИЛМ создавались после обнаружения мест её естественного произрастания на территории Судиславского, Костромского и Нерехтского административных районов Костромской области [2] с 1964 по 1985 гг.

Известно, что для выявления степени наследуемости признаков и свойств древесных растений при выращивании в новых условиях среды важное значение имеет изучение ранее созданных географических культур. В Кировской области, не входящей в естественный дискретный ареал берёзы карельской, первые культуры из семян карельского происхождения были созданы ещё в 50–60-е годы прошлого столетия в Кировском лесхозе [5; 6]. Опытные объекты с использованием посадочного материала, выращенного из семян костромских микропопуляций, закладывались с целью создания сырьевой базы для местных художественных промыслов в 70-е годы XX века [12]. Один из них создан в Шабалинском лесхозе весной 1973 г. на четырёх участках общей площадью 16,7 га, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования. Местоположение возвышенное, с уклоном к реке. Почва подзолистая, супесчаная, свежая. Верхний, бывший пахотный, горизонт – кислый. Содержание гумуса и фосфора – низкое, обеспеченность калием – средняя. Осенью проводилась сплошная обработка и дискование почвы. Двухлетние сеянцы от 28 сибсовых и полусибсовых потомств, выращенные в Костромском лесхозе, высажи-