

УДК 630*561.21+630*44+630*162

ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО РОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

С.Р. Кузьмин

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок, 50/28; e-mail: skr_7@mail.ru

Представлены результаты исследований радиально роста деревьев 15 климатипов сосны обыкновенной, произрастающих в географических культурах на песчаной почве. Показано влияние болезней, вызванных ценангиевым некрозом на деградацию радиального прироста. Выявлены «морозобойные» повреждения годичных колец, проведена оценка комплексного воздействия погодных факторов и грибного заболевания на радиальный рост.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, географические культуры, устойчивость, патогены, ценангиевый некроз, погодные условия, морозобойные кольца

Results of radial growth study of 15 Scots pine climatypes, growing in provenance trial on sandy soil were shown. The result of cenangium dieback influence on radial increment decrease was shown. «Frost rings» were revealed. The assessment of complex influence of weather conditions and fungal disease on radial growth was conducted.

Key words: Scots pine, provenance trial, resistance, pathogens, cenangium dieback, weather conditions, frost rings

ВВЕДЕНИЕ

Исследование радиального роста сосны обыкновенной разного происхождения в сухих условиях дерново-подзолистой песчаной почвы в географических культурах позволяет выявить климатипы сосны, способные адаптироваться к стрессовым условиям. Условия сухих почв характеризуются наиболее неблагоприятными условиями для жизни растений, связанными с большим риском возникновения заболеваний, вызываемых грибами. Известно, что медленный рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах во многом определяется недостатком минерального питания, а его повышение приводит к значительному возрастанию прироста ствола по радиусу (Гаврилова, Кищенко, 2003). Супесчаные и песчаные почвы в различных климатических зонах имеют такие общие черты, как крайне низкая поглотительная способность, бедность элементного питания для растений, невысокая микробиологическая активность и влагоемкость, очень высокая водопроницаемость (Смирнова, Карпачевский, 2006). Тем не менее, у деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в данных условиях, могут быть определенные преимущества и перспективы использования. Механические свойства древесины выше в сосняках, произрастающих на песчаных и супесчаных почвах, а на высокоплодородных почвах из-за увеличения ширины годичных слоев уменьшается плотность и прочность древесины, поэтому эти факты необходимо учитывать при подборе участков для создания насаждений сосны целевого назначения

(Пчелин и др., 2003). Выявление климатипов сосны обыкновенной, способных расти лучше местного или на его уровне в условиях дерново-подзолистой песчаной почвы, способствует разработке рекомендаций для решения вопросов селекции и восстановления лесов на территории Приангарья.

Цель работы – выявить особенности радиального роста у сосны разного происхождения, оценить влияние внешних факторов на его динамику в условиях дерново-подзолистой песчаной почвы в географических культурах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являются географические культуры сосны обыкновенной, созданные в 1977 году в Богучанском лесхозе Красноярского края (58°39' с.ш., 97°30' в.д.) по программе и методике ВНИИЛМ (Изучение..., 1972). Географические культуры создавались 3-х летними сеянцами на участках с разными почвенными условиями. Посадка культур проводилась под меч Колесова. Густота посадки определена из расчета 8000 шт./га. Расстояние между рядами - 1,5 м, расстояние между деревьями в одном ряду – 0,75 м. В географических культурах регулярно проводятся наблюдения за ростом, сохранностью, устойчивостью к патогенам сосны обыкновенной, изучаются морфо-анатомические признаки хвои, древесины и генеративных органов (Кузьмина и др., 2004; Kuzmina, Kuzmin, 2008; Кузьмин и др., 2008; 2009).

В данной работе приводятся результаты исследования деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в Приангарье на дерново-подзолистой песчаной почве. Проведено исследование роста по диаметру у 15 климатипов: богучанского (контроль), туруханского, енисейского и минусинского из Красноярского края, пинежского

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (№ 11-04-00246; 11-04-00033; 11-04-00063; 11-04-92226), федерального агентства по образованию (проект СФУ 1.7.09)

и плесецкого из Архангельской области, балгазынского из Тывы, кандалакшского и печенгского из Мурманской области; чемальского с Алтая, заудинского и кяхтинского из Бурятии, сузунского из Новосибирской области, усть-кутского и вихоревского из Иркутской области. У каждого климатипа исследовалось по 5 деревьев, с каждого дерева приростным буравом на высоте 20 см от поверхности почвы бралось по два керны с юго-восточной и северо-западной стороны.

Полученные данные усреднялись для каждого дерева. Для исследования отбирались деревья с одинаковой площадью питания (центральные ряды, без «окон») и с диаметрами, соответствующими средним значениям климатипов сосны. Ширина годичных колец измерялась, в соответствии с принятой методикой (Rinn, 1996) на полуавтоматической установке «LINTAB» (RINNTECH), с использованием стереомикроскопа «Leica MS5». Измерение ширины годичных колец проводилось с точностью до 0,01 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика радиального прироста большинства исследуемых климатипов имеет общий характер, который выражается в наличии периода увеличения радиального прироста, с абсолютными максимумами средних значений в раннем возрасте (1987, 1988, 1990, 1993 гг.) - 13-19 лет. Затем отмечается период существенного спада радиального прироста на протяжении нескольких лет, с выраженным минимумом значений прироста в 1999 г. почти у всех климатипов. Далее идет постепенное восстановление радиальных приростов, в некоторых случаях достигающих уровня предыдущих максимумов. У одних климатипов средние значения прироста возрастают, но не доходят до значений первого пика, у других значения ширины годичных колец второго пика превышают значения первого. Причины появления резкого спада в годичном приросте приводятся ниже.

В 1997 гг. в географических культурах в возрасте 23 лет на участке с дерново-подзолистой песчаной почвой было диагностировано заболевание,

вызванное ценангиевым некрозом *Cenangium abietis* (Pers) Pehm. (Кузьмина, Кузьмин, 2009; Kuzmina, Kuzmin, 2009). У всех климатипов в этот период, за исключением устойчивого к этому заболеванию енисейского климатипа, было выявлено существенное падение радиального прироста (рис. 1). Вихоревский, кандалакшский и туруханский климатипы отличаются от остальных наибольшими средними значениями радиального прироста в 1999 году (год наименьшего прироста), они имеют прирост равный 0,82, 0,65 и 0,50 мм соответственно, эти значения превышают среднее для всех климатипов в этот год, равное 0,40 мм.

У деревьев климатипов сосны с сильной степенью повреждения хвои (более 50%) и последующей ее элиминацией отмечается нарушение деятельности камбия, приводящее к отсутствию клеток ксилемы (выпадение колец) в 1999 г., а у отдельных южных климатипов (кахтинского и чемальского) в 2000 и 2001 гг. Выпадение годичных колец фиксировалось на древесном керне в одном радиусе или в двух противоположных. К климатипам, у которых отмечается выпадение годичного кольца, относятся: сузунский, кяхтинский, чемальский, балгазынский, заудинский и плесецкий.

Свидетельством того, что именно грибное заболевание привело к постепенной деградации радиального прироста с абсолютным минимумом значений в 1999 г. является сравнение погодных условий исследуемых лет, которое показывает, что погодные условия не могли так существенно изменить динамику радиального прироста без воздействия каких-либо других факторов.

В данных почвенных условиях большое значение имеет количество воды в течение вегетационного сезона, которое получают деревья. В этой связи, чем меньше количество осадков, тем хуже будут чувствовать себя деревья. На рис. 1. видно, что этап деградации радиального прироста начался в 1994 г. и усилился в 1999 г. Однако в 1994 году количество осадков мая (30,2 мм), а также с мая по август (151 мм) не является низким по сравнению с предыдущим 1993 годом, когда в мае выпало 31,9 мм, за весь период 149 мм (рис. 2).

Таблица - Средние значения радиального прироста климатипов сосны обыкновенной в географических культурах на дерново-подзолистой песчаной почве

Категория устойчивости к патогенам	Название климатипа	Радиальный прирост, мм	
		1987-2010 гг.	1997-2000 гг.
Устойчивые	Туруханский	1,14±0,08	0,67±0,05
	Кандалакшский	1,15±0,07	0,71±0,09
	Енисейский	1,43±0,07	1,30±0,08
	Богучанский	0,82±0,05	0,51±0,08
	Вихоревский	1,52±0,09	0,95±0,06
Неустойчивые	Чемальский	1,12±0,09	0,44±0,14
	Балгазынский	0,85±0,07	0,43±0,10
	Кяхтинский	0,92±0,08	0,40±0,10
	Сузунский	0,87±0,08	0,30±0,10

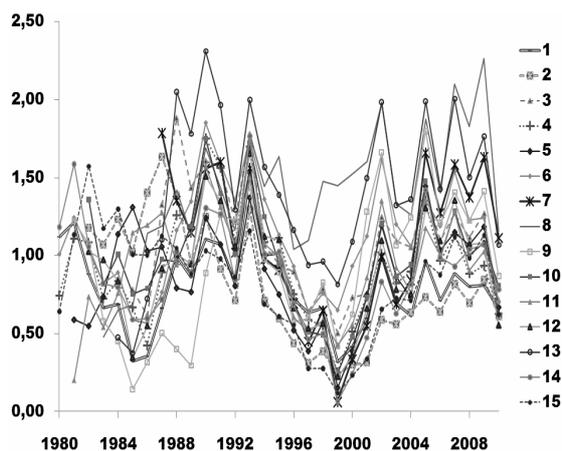


Рисунок 1 - Динамика средних значений ширины годичного кольца (мм, ось ординат) с 1980 по 2010 гг. (ось абсцисс) у климатипов сосны обыкновенной (1 – богучанский; 2 – пинежский; 3 – туруханский; 4 – плесецкий; 5 – балгазынский; 6 – кандалакшский; 7 – чемальский; 8 – енисейский; 9 – заудинский; 10 – усть-кутский; 11 – минусинский; 12 – кяхтинский; 13 – вихоревский; 14 – сузунский; 15 – печенгский)

В дальнейшем, в 1995 и 1996 гг., действительно отмечается уменьшение общего количества осадков с мая по август до 100 и 72 мм, но в 1997 и 1998 гг., оно снова возрастает, причем значительно – до 205 и 280, деревья реагируют заметным увеличением радиального прироста в 1998 году, но под воздействием грибного заболевания этот пик не приводит к возвращению до значений 1994 года.

Действительно, 1999 год можно отнести к одному из засушливых, особенно в начале вегетационного сезона (147 мм осадков с мая по август и 5,3 мм в мае), однако в последующие годы (2003, 2006, 2008, 2010 гг.) происходили подобные падения количества осадков и даже более существенные, но они не приводили к таким последствиям, как спад прироста в 1999 году.

Например, у трех из пяти деревьев сузунского климатипа нарушается формирование клеток в 1999 году. При этом одно из деревьев не имеет клеток ксилемы 1999 года в двух противоположных радиусах, у других отмечается отсутствие клеток этого же года только в одном радиусе. У кяхтинского климатипа выпадения отмечаются только в одном из пяти исследованных деревьев. Деревья кяхтинского климатипа имеют выпадения двух годичных колец в 1999 и 2000 гг., с несимметричным характером расположения. Наибольшее число случаев выпадения годичных колец отмечается у деревьев чемальского климатипа. Серия последовательных выпадений трех годичных колец (1999-2001 гг.) подряд обнаружена у одного из пяти деревьев, у других - отмечается выпадение двух или одного годичного кольца в одном или противоположных радиусах древесного ядра.

Меньше случаев выпадения годичного кольца 1999 года (у одного из пяти деревьев) выявлено у

деревьев балгазынского, заудинского и плесецкого климатипов. Так, у балгазынского климатипа выпадение кольца отмечается в двух радиусах ядра, у заудинского и плесецкого - только в одном.

Различия между некоторыми устойчивыми и неустойчивыми климатипами, которые были отмечены в предыдущих работах на географических культурах (Кузьмина, Кузьмин, 2009) по радиальному приросту в отдельные периоды представлены в таблице.

Устойчивые к патогенам деревья не имеют нарушений камбиального роста, связанных с отсутствием клеток ксилемы, у них отмечается только спад радиального прироста в связи с повреждением хвои средней и слабой тяжести. Среди устойчивых климатипов сосны выделяется енисейский, у деревьев которого не выявлено существенного спада радиального прироста в годы эпифитотии. Таким образом, у исследованных деревьев, имеющих слабую и среднюю степень повреждения ассимиляционного аппарата (устойчивые к фитопатогенам климатипы), не отмечается выпадения годичных колец. Этот показатель подтверждает, что повреждение грибными болезнями вегетативных органов, и в частности, хвои, сказывается на качестве древесины – формировании годичных колец, интенсивности и количестве делений клеток камбия.

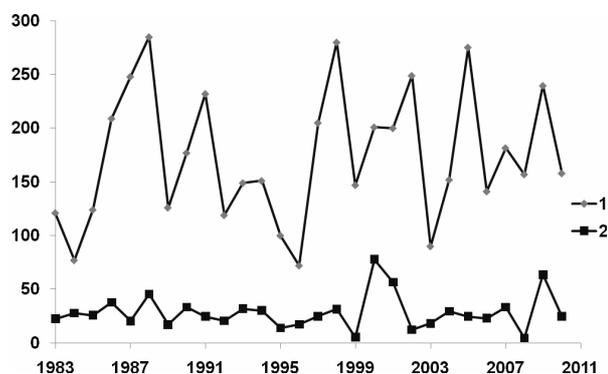


Рисунок 2 - Сумма осадков (мм) с мая по август (1) и отдельно в мае (2) с 1983 по 2010 гг. по данным Богучанской метеостанции

Местный богучанский климатип имеет низкое среднее значение радиального прироста и уступает по этому признаку остальным устойчивым климатипам, что свидетельствует о сухих и бедных гумусовым горизонтом почвенных условиях участка. Соседние по географическому происхождению вихоревский и енисейский климатипы на протяжении всего исследуемого периода жизни демонстрируют наибольшие значения радиальных приростов и наименьшую чувствительность к такому заболеванию, как ценангиевый некроз. Эти климатипы могут быть перспективными при выращивании в данных стрессовых почвенных условиях Приангарья.

У всех исследуемых климатипов в 1992 г. году было обнаружено «морозобойное» повреждение в

годовом кольце (рис. 3). Ряд морозобойных повреждений наблюдается и в предыдущие годы, но именно в 1992 это повреждение наиболее выражено, причем оно является последним за наблюдаемый период у исследуемых деревьев. М.А. Гурской и С.Г. Шиятовым (2006) приводятся данные о морозобойных повреждениях ели и лиственницы на полярном пределе распространения (66°40'-66°44' с.ш., 66°20'-66°20' в.д.). Они отмечают, что причиной морозобойных повреждений является довольно резкое падение температур в течение вегетационного сезона, не обязательно до отрицательных.

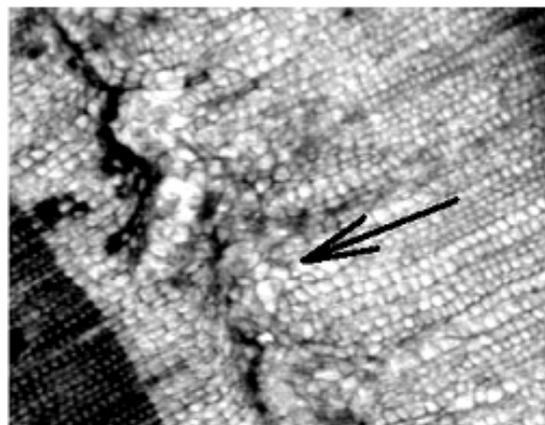
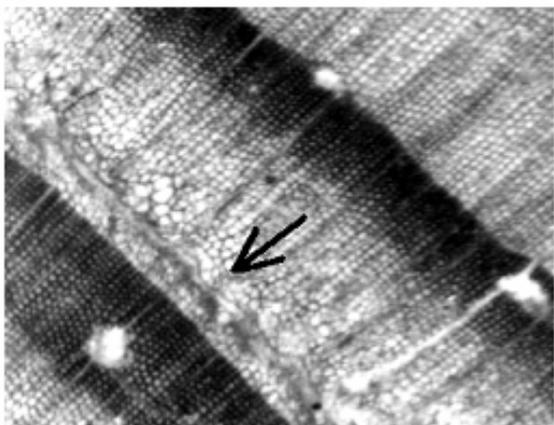


Рисунок 3 - «Морозобойные» повреждения годичных колец в 1992 г. у богучанского (слева) и енисейского (справа) климатипов

В условиях географических культур в Богучанском лесничестве таким погодным условием стало понижение температуры с 21 мая по 2 июня 1992 года с 22,6°C до 2,4°C, общее падение составило 20,2°C за 12 дней. На рисунке видно, что у дерева енисейского климатипа к этому времени уже сформировано около 10 клеток ксилемы, а у местного богучанского – в два-три раза меньше. На рисунке 1 видно, как сильно повлияло такое повреждение на радиальный прирост, который заметно снизился в 1992 г. Однако комплексное воздействие погодных условий и грибного заболевания приводит к более существенной деградации прироста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Причиной деградации радиального прироста, сопровождающейся выпадением годичных колец и появлением морозобойных повреждений, является комплексное воздействие грибного заболевания и погодных условий. В условиях дерново-подзолистой песчаной почвы лимитирующим фактором являются осадки, поэтому реакция деревьев в засушливые сезоны ярко проявляется в существенном уменьшении радиального прироста.

В условиях географических культур в Приангарье енисейский климатип сосны является перспективным, так как он имеет устойчивый тренд на увеличение прироста, что связано с его хорошей адаптацией к почвенным и климатическим условиям.

Характерно такое повреждение для молодых деревьев. Авторы подчеркивают, что проблеме морозобойных повреждений мало уделяется внимание в литературе.

Таким образом, появлению подобных повреждений в более южных условиях Приангарья у сосны обыкновенной, вероятно, способствуют именно почвенные условия места произрастания географических культур, которые при определенных погодных условиях привели к формированию последнего ярко выраженного «морозобойного кольца» в 18-летнем возрасте.

Выявленная особенность генетико-адаптационной реакции енисейского климатипа по радиальному росту обусловлена сходными экологическими условиями его места происхождения и пункта испытания. Кроме енисейского климатипа, в перспективные можно выделить вихоревский, так как его деревья отличаются высокими показателями радиального роста на протяжении всего исследуемого периода. Южные климатипы, в особенности чемальский, более чувствительны по сравнению с остальными к грибным заболеваниям и погодным условиям, их деревья имеют серийные выпадения годичных колец.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гаврилова, О.И. Влияние минеральных удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии / О.И. Гаврилова, И.Т. Кищенко // Лесной журнал. – 2003. – № 6. – С. 7-15.
- Гурская, М.А. Распределение морозобойных повреждений в древесине хвойных деревьев / М.А. Гурская, С.Г. Шиятов // Экология. – 2006. – № 1. – С. 9-15.
- Изучение имеющихся и создание новых географических культур. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1972. – 52 с.
- Кузьмин, С.Р. Особенности трахеид древесины у климатипов *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae) в географических культурах / С.Р. Кузьмин, Е.А. Ваганов, Н.А. Кузьмина, Л.И. Милютин // Ботанический журнал. – 2008. – Т. 93. – № 1. – С. 10-21.
- Кузьмин, С.Р. Плотность устьиц хвои у сосны обыкновенной разного происхождения в

- географических культурах Приангарья / С.Р. Кузьмин, Е.А. Ваганов, Н.А.Кузьмина, Л.И. Милютин, П.П. Силкин // Лесоведение. – 2009. - № 2. – С. 35-40.
- Кузьмина, Н.А. Селекция сосны обыкновенной по устойчивости к грибным патогенам в географических культурах / Н.А. Кузьмина, С.Р. Кузьмин // Хвойные бореальной зоны. – 2009. – Т. XXVI. – № 1. – С. 76-81.
- Кузьмина, Н.А. Дифференциация сосны обыкновенной по росту и выживаемости в географических культурах Приангарья / Н.А. Кузьмина, С.Р. Кузьмин, Л.И. Милютин // Хвойные бореальной зоны. – 2004. – Вып. 2. – С. 48-56.
- Пчелин, В.И. Влияние типа лесорастительных условий на качество древесины сосны обыкновенной в насаждениях среднего Поволжья / В.И. Пчелин, А.Х. Гозизулин, Е.И. Патрикеев // Лесной журнал. – 2003. – № 1. – С. 62-66.
- Смирнова, Л.Ф. Почвы сосновых насаждений на песках / Л.Ф. Смирнова, Л.О. Карпачевский // Лесоведение. – 2006. – № 3. – С. 31-41.
- Kuzmina, N.A. Intraspecific response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to pathogens in a provenance trial in Middle Siberia / N.A. Kuzmina, S.R. Kuzmin // Eurasian Journal of Forest Research. – 2008. – V. 11. – № 2. – P. 51-59.
- Rinn, F. TSAP V 3.6 Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation /F. Rinn. Germany, Heidelberg, 1996. – 263 p.

Поступила в редакцию 30 января 2012 г.
Принята к печати 01 марта 2012 г.