

На правах рукописи

БИРЮКОВ Сергей Юрьевич

**ЭКОЛОГО – БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
В СЕВЕРНОЙ ПОДЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТАЙГИ
(АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Специальность 03.00.16. – экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Сыктывкар - 2007

Работа выполнена в лаборатории экологической биологии Института экологических проблем Севера УрО РАН и на кафедре экологии и защиты леса Архангельского государственного технического университета.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Феклистов Павел Александрович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Загирова Светлана Витальевна

кандидат биологических наук,
доцент
Шаврина Елена Валентиновна

Ведущая организация: Московский государственный университет леса

Защита состоится 31 октября 2007 г. в 14³⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 004.007.01 при Институте биологии Коми НЦ УрО РАН по адресу: 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая 28.
Факс (8212)24-01-63, E-mail: dissovet@ib.komisc.ru;
<http://www.ib.komisc.ru>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Коми научного центра УрО РАН

Автореферат разослан 11 сентября 2007 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Кудяшева А. Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из путей повышения качества и продуктивности современных лесов в мировой практике является интродукция новых быстрорастущих и высокопродуктивных видов. Сосна скрученная (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) является одним из таких видов, который в естественном ареале в Северной Америке имеет широкий диапазон местообитаний. Внедрять эту сосну рекомендовали М.С. Ткаченко (1952), Д.И. Гиргидов (1955), А. М. Мауринь (1967), Мелехов (1984) и др. Выбор сосны скрученной для испытания ее в условиях северотаежной зоны с целью ускоренного выращивания древесины обусловлен интенсивным ростом, высокой продуктивностью и возможностью использования ее древесины для производства целлюлозы. Введение сосны скрученной в культуру получило широкое распространение в странах Северной Европы. Преимущества этого вида весьма существенно проявляются в северных и центральных районах Швеции (Elfving et al, 2000). Показано, что производительность сосны скрученной позволяет снизить оборот рубки на 15-20 лет по сравнению с сосной обыкновенной (Lingren et al, 1976).

В Архангельской области сосну скрученную начали вводить в культуру в 1979 году (Стафеев, 1989). Вопросы, связанные с ее интродукцией и продуктивностью, нашли отражение в публикациях (Нилов, Стафеев, 1986, 1987; Стафеев, 1990, 1991; Демидова, Дуркина, 2003). В то же время биология и экология данного вида, которые и определяют успешность развития его в этом регионе, остаются неизученными, особенно в сравнении с сосной обыкновенной.

Цель и задачи работы. Целью настоящих исследований являлось установление основных закономерностей биологии, роста и развития сосны скрученной для оценки устойчивости и перспективности вида для выращивания на территории Архангельской области.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Дать оценку состояния и морфоструктуры деревьев сосен скрученной и обыкновенной.
2. Изучить генеративные органы сосны скрученной.
3. Исследовать сезонный и погодичный рост побегов и деревьев по высоте и диаметру в зависимости от экологических факторов. Выявить особенности формирования ранней и поздней зон древесины годичного кольца.
4. Изучить транспирацию и влажность хвои.

Научная новизна. Впервые для северной подзоны тайги Архангельской области проведены комплексные исследования сосны скрученной в культурах. Дана количественная оценка ее генеративных органов и установлена зависимость семенной продуктивности от размера шишки и условий местопроизрастания. Проведен сравнительный анализ морфоструктуры деревьев, сезонного и погодичного роста вегетативных органов сосен скрученной и обыкновенной. Установлено, что у сосны

скрученной по сравнению с сосной обыкновенной более развит ассимиляционный аппарат, больше приросты по высоте, диаметру, объему ствола, период сезонного роста побегов и продолжительность жизни хвои. Выявлены тесные связи прироста терминального побега обоих видов сосен со средней дневной температурой воздуха вегетационных периодов предыдущего и текущего годов. Впервые изучен водный режим хвои сосны скрученной, установлена тесная положительная связь транспирации хвои с освещенностью и температурой воздуха и отрицательная - с влажностью воздуха.

Практическая значимость выполненных исследований. Полученные данные могут служить основой для разработки рекомендаций по повышению продуктивности и устойчивости хвойных насаждений в условиях северной тайги. Результаты могут быть использованы также в качестве рекомендации лесхозам Архангельской области сосны скрученной, как одного из перспективных видов хвойных пород для лесовосстановления и ускоренного выращивания древесины.

Личный вклад автора заключается в обосновании темы, определении цели и задач исследований, выборе участков исследования, разработке и уточнении методики исследований, в проведении полевых работ, анализе, обобщении и интерпретации представленных в диссертации материалов.

Апробация работы. Основные результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных, инженерно-технических работников и аспирантов АГТУ в 2005 и в 2006 гг., на Всероссийской конференции «Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России» (Архангельск, 2006), на научно-практической конференции «Мониторинг природной среды Соловецкого архипелага: предварительные результаты и дальнейшие перспективы» (Архангельск, 2006), на IX региональной научной конференции КФ ПетрГУ (Апатиты, 2006), на II Международной научной конференции «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах» (Белгород, 2006), на VI Международной научной конференции «Освоение Севера и проблемы природовосстановления» (Сыктывкар, 2006).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 печатных работ, из них одна работа в рецензируемом журнале ВАКа.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и приложения. Список литературы включает 167 наименований, в том числе 15 на иностранных языках. Текст диссертации изложен на 127 страницах печатного текста, включает 13 таблиц, 34 рисунка.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В настоящее время на территории региона наблюдается неравномерное лесопользование, в результате чего истощены сырьевые базы многих лесозаготовительных предприятий. Изменился состав северных лесов, увеличились площади заняты лиственными насаждениями (Чупров и др., 1987). Интродукция новых быстрорастущих и высокопродуктивных хвойных видов занимает важное место в практике повышения качества и производительности современных лесов (Лапин и др. 1979). Одним из таких видов является сосна скрученная (Георгиевский, 1927; Гиргидов, 1952; Мелехов, 1984).

Показателем успешной интродукции растений является сохранение жизненной формы, присущей растениям на родине и характер их роста в новых условиях. Раскрытие эколого-биологических особенностей растений невозможно без изучения их сезонного роста и развития. Этому изучению уделялось и уделяется большое внимание (Ворошилов, 1960; Вартазарова, 1961; Миронова, 1967; Бусова, 1972; Шкутко, 1970, 1973; Лантраторова, 1979; Видякин, 1979; Лапин и др., 1979; Булыгин, 1979; Логинов, 1980; Трулевич, 1983; Плотникова, 1983; Колесниченко, 1985; Потапова, 1985; Таренков, 1986; Плотникова, 1988; Григорьев, 1988; Забуга В. Ф., Забуга Г. А., 1988; Репин, 1993; Вильдатова, Штонда, 1996; Кищенко, 2000) и др. Анализ литературных источников показал, что интенсивность биопродукционных процессов древостоев определяется в конечном итоге продолжительностью и скоростью роста всех вегетативных органов дерева.

Как один из хвойных интродуцентов сосна скрученная описана во многих литературных источниках (Георгиевский, 1927; Деревья и кустарники СССР, 1949; Гиргидов, 1952, 1955; Мауринь, 1957; Вехов, 1962; Салиньш, 1964; Эйзенрейх, 1959; Шкутко, 1970; Мелехов, 1984; Tigerstedt, 1926; Metzger, 1928; Weissenberg, 1978; Hagner, 1983; Bartram, 1988; Elfving, 2000) и др. Анализ литературы показал, что единого мнения о лесохозяйственном значении сосны скрученной пока еще нет. Разногласия объясняются ограниченностью экспериментальных данных о росте и продуктивности ее в лесных посадках и тем, что рост сосны скрученной в очень большой степени зависит от экотипа ее или расы. В Архангельской области некоторые аспекты развития сосны скрученной в сравнении с местной сосной обыкновенной освещены в работах (Нилов, Стафеев, 1986, 1987; Стафеев, 1989, 1990, 1991; Демидова, Дуркина, 2003). Но многие вопросы биологии и экологии, которые и определяют успешность развития этого вида в регионе, остаются до сих пор неизученными.

2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований находится на северо-западе европейской части Российской Федерации, в северной части Архангельской области. Климат района умеренно-континентальный, особенностью является частая смена

воздушных масс в результате действия циклонов, поступающих, в основном, со стороны Атлантического океана. Самый холодный месяц – январь, самый тёплый – июль. Продолжительность вегетационного сезона со среднесуточной температурой выше $+5^{\circ}\text{C}$ составляет 120-125 дней, а общая продолжительность сезона со среднесуточной температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ – 70-110 дней. Годовая сумма осадков в среднем равна около 520 мм. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 98 дней. Общая продолжительность морозного периода – 138 дней. Среднегодовая температура поверхности почвы составляет $+1^{\circ}\text{C}$. Наиболее вероятные направления ветра в течение года – юго-западное, юго-восточное, северное и восточное. Средняя годовая относительная влажность варьирует от 78 до 84 % (Агроклиматический справочник по Архангельской области, 1961; Справочник по климату СССР, 1965).

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Характеристика объектов исследования

Объектами исследования служили участки лесных культур сосны скрученной и сосны обыкновенной, созданных в разных районах северной подзоны тайги Архангельской области. Для создания культур использовались, выращенные в пленочных теплицах питомника дендросада АИЛиЛХ сеянцы и саженцы сосны скрученной из семян канадского происхождения (Британская Колумбия $56^{\circ}45' \text{с.ш.}$, Юкон $63^{\circ}30' \text{с.ш.}$). Возраст посадок к моменту исследований составлял от 7 до 21 года.

3.2. Программа и методика проведения исследований

Применяли классические лесоводственные (Сукачев, Зонн, 1961), лесотаксационные (Гусев, Калинин, 1988) методы проведения наблюдения в полевых условиях и анализа данных, а также собственные методические разработки, отраженные ниже.

На участках культур методом систематической выборки брали 100 учетных деревьев сосны скрученной и 50 учетных деревьев сосны обыкновенной, у которых измеряли мерной вилкой диаметр на высоте груди с точностью до 0,1 см, высоту деревьев с помощью измерительного шеста, с точностью до 1 см. Подсчитывали количество живых ветвей первого порядка, определяли максимальную продолжительность жизни хвои на терминальных и боковых побегах, отмечали наличие патологий. У учетных деревьев с помощью возрастного бурава брали керны с одной стороны света, на которых в дальнейшем была измерена ширина годичного кольца и слоя поздней древесины микроскопом МБС – 1 с точностью до $\pm 0,05$ мм. Брали по три модельных дерева каждого вида с целью изучения изменчивости годичного прироста по высоте ствола и образования мутовок. Изучение ассимиляционного аппарата хвои сосны скрученной и сосны обыкновенной проводили в соответствии с рекомендациями Родина, Мерзленко (1983); Базилевича и др. (1978).

Для изучения сезонного роста деревьев обоих видов отбирали по 10 деревьев в каждой из трех высотных групп деревьев (I – до 1 м, II – 1-2 м, III – выше 2 м), у которых измеряли сезонный рост терминальных и боковых побегов с точностью до 1 мм через каждые 5 суток с фазы набухания почек и до фазы заложения зимующих почек. Для изучения сезонного роста хвои измеряли длину 10 хвоинок на терминальных побегах у тех же деревьев через каждые 5 суток после распускания почек, а для изучения сезонного роста стволов по диаметру у тех же деревьев измеряли штангенциркулем диаметр на высоте 0,5 м через каждые 5 суток после начала деятельности камбия. Одновременно с этими измерениями регистрировали через каждые 5 суток температуру воздуха, относительную влажность воздуха с помощью метеометра МЭС – 200 и освещенность люксметром Ю – 116. Изучение транспирации проводили методом быстрого взвешивания (Иванов и др., 1950).

При оценке результатов наблюдений и экспериментов использовали методы вариационной статистики (Гусев, 2002). Для обработки данных использовали стандартные программы для ЭВМ.

3.3. Объем выполненных работ

По изложенной методике выполнен большой объем полевых работ. Детально обследовано 6 участков культур сосны обоих видов. Отобрано и обмерено 1400 учетных деревьев. Для изучения ассимиляционного аппарата отобрано 220 модельных ветвей, у которых отделена, обмерена и взвешена хвоя. В процессе исследования ассимиляционного аппарата и транспирации хвои выполнено 3246 взвешиваний образцов. На образцах древесины измерено 317 годичных колец и 140 слоев поздней древесины. Проведено наблюдение за сезонным ростом побегов и диаметра на 60 учетных деревьях в течение двух вегетационных периодов, за сезонным ростом хвои на 600 шт. хвоинок также в течение двух сезонов. Обмерено, взвешено и разрезано 450 шишек, подсчитано 9815 шт. семян, подсчитано 20123 крылаток, из них обмерено 400 штук.

4. МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ И ОБЫКНОВЕННОЙ

4.1. Диаметр, высота, и объем ствола

По морфометрическим показателям сосна скрученная превосходит сосну обыкновенную: по диаметру в среднем в 1,5 раза; по высоте – в 1,2 раза, а по объему ствола в среднем – в 2,2 раза.

4.2. Ассимиляционный аппарат

Степень развития ассимиляционного аппарата определяется количеством живых ветвей первого порядка, количеством хвои на ветвях, размерами хвои и продолжительностью ее жизни от момента появления до опадения.

Число боковых ветвей в мутовке в разные годы отличается, однако у сосны скрученной их больше, чем у сосны обыкновенной, в среднем на 35 % (рис.1).

Длина средней хвоинки сосны скрученной в среднем на 38 % больше чем у сосны обыкновенной, а различия по массе достигают 50 % (табл.1).

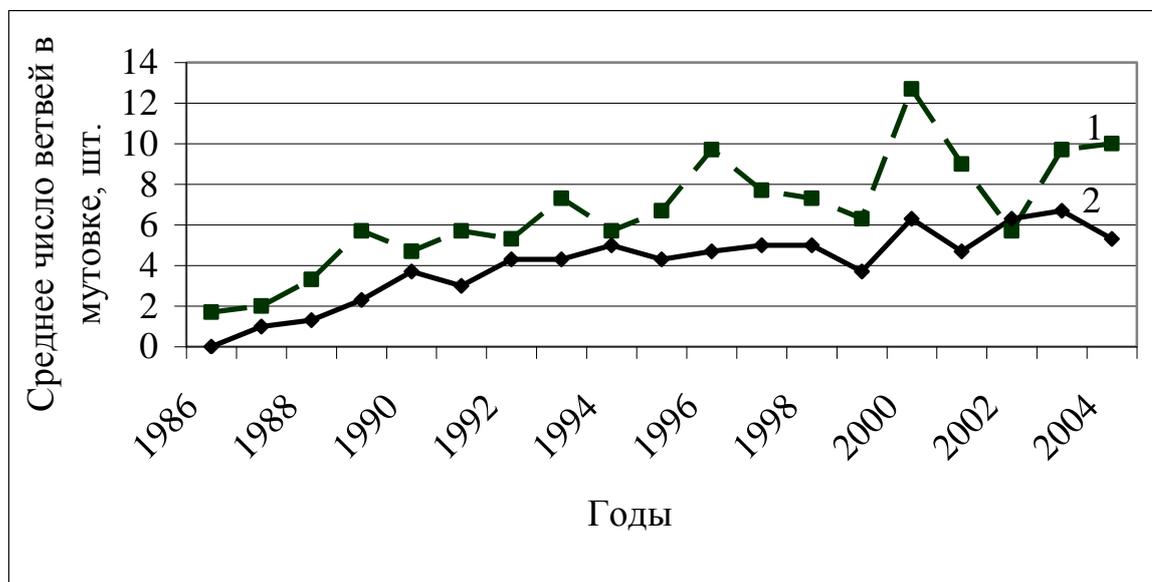


Рис. 1. Динамика среднего числа ветвей в мутовке сосны:
1 – скрученной; 2 – обыкновенной

Таблица 1. Морфометрические показатели средней хвоинки сосен

Наименование лесхоза	Вид	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Площадь, мм ²	Масса, мг
Емецкий	сосна скрученная	50,2±1,1	1,4±0,03	0,6±0,02	163,0±5,7	37,3±1,0
	сосна обыкновенная	39,7±1,6	1,4±0,05	0,6±0,02	134,6±8,2	30,0±1,5
Холмогорский	сосна скрученная	59,6±1,0	1,6±0,03	0,7±0,01	229,2±5,2	63,9±1,8
	сосна обыкновенная	39,6±1,1	1,5±0,03	0,6±0,02	138,5±5,8	35,8±1,3

На терминальных побегах сосны скрученной хвоя живет больше на 40-50 %, на боковых - на 18-22 % по сравнению с сосной обыкновенной (табл.2).

Продолжительность жизни хвои у сосны скрученной в среднем составляет 4,9 года, а у сосны обыкновенной - 3,7 года. Суммарная длина

охвоенных побегов в 4,7 раза больше у сосны скрученной, чем у сосны обыкновенной, а общая масса хвои на единицу длины побега – в 2,6 раза.

Корреляционный анализ зависимости объема ствола от массы хвои на дереве позволил установить наличие тесной связи. Установлено, что нарастание объема ствола с увеличением массы хвои у сосны обыкновенной идет быстрее, чем у сосны скрученной, но развитие ассимиляционного аппарата сдерживается.

Таблица 2. Продолжительность жизни хвои на разных побегах (пороговое значение критерия Стьюдента 2,01 при вероятности 0,95)

Наименование лесхоза	Побег	Максимальная продолжительность жизни хвои, лет		Критерий Стьюдента расчетный	Критерий Стьюдента табличный
		сосна скрученная	сосна обыкновенная		
Емецкий	терминальный	5,3 ± 0,1	3,5 ± 0,1	14,1	2,6
	боковой	4,5 ± 0,1	3,8 ± 0,1	6,4	2,6
Холмогорский	терминальный	5,1 ± 0,1	3,6 ± 0,1	12,1	2,6
	боковой	4,7 ± 0,1	3,9 ± 0,1	9,2	2,6

4.3. Особенности генеративных органов сосны скрученной

Генеративные органы исследуемых нами двух видов сосны имеют существенные отличия. Если макро- и микростробилы сосны скрученной крупнее в среднем на 50 %, чем у сосны обыкновенной, то шишки мельче на 40 %. Длина шишки в среднем составила 3,6 см, а ширина – 2,0 см (табл. 3). Длина и ширина шишек очень стабильны у разных деревьев, коэффициент изменчивости соответственно 8,6 % и 10,7 %. По массе шишки различия более существенны, коэффициент изменчивости – 27,7 %. Семян в шишке мало, в среднем 16,7 шт. Однако этот показатель очень сильно варьировал для разных шишек, коэффициент изменчивости составил 65,1 %, поэтому относительно большую точность удалось получить только, благодаря, большой выборке семян. По массе семян коэффициент изменчивости еще больше – 73,2 %. Количество семян могло бы быть значительно больше, чем отмечено нами в наличии, так как не все крылатки были с семенами.

Корреляционный анализ позволил выявить, что между наиболее важными показателями семенной продуктивности, такими как количество и масса семян в шишке и длиной шишки, существует криволинейная зависимость. Рассчитанные корреляционные отношения ($\eta = 0,33$ и $0,38$, соответственно), свидетельствуют об умеренной связи между этими показателями и все они достоверны. Следовательно, по длине шишки можно приблизительно судить и о семенной продуктивности, например о массе семян в шишке

Таблица 3. Характеристики шишек сосны скрученной (Емецкий лесхоз)

Показатели шишки	Статистические показатели					
	среднее значение	ошибка среднего значения	средне-квадратичное отклонение	коэффициент изменчивости, %	точность опыта, %	достоверность среднего значения
Длина шишки, см	3,6	0,03	0,3	8,6	0,9	16,6
Ширина шишки, см	2,0	0,02	0,2	10,7	1,1	93,6
Масса шишки, г	4,8	0,13	1,3	27,7	2,8	36,2
Ширина щитка, мм	5,1	0,1	0,7	14,5	1,5	69,0
Высота щитка, мм	4,3	0,1	0,6	13,6	1,4	73,5
Выход семян из одной шишки, мг	23,4	1,7	17,2	73,2	7,4	13,6
Число семян в одной шишке, шт.	16,7	1,1	10,9	65,1	6,5	15,4

5. РОСТ И СОСТОЯНИЕ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ И ОБЫКНОВЕННОЙ

5.1. Сезонный рост хвои на побегах

Исследованиями установлено, что рост хвои на терминальном и боковом побегах у обоих видов сосен в разные годы начинается с 25 по 30 мая (рис.2.). Рост в мае и первой декаде июня очень слабый. Наиболее интенсивный рост наблюдается в июле месяце. В целом, рост хвои у сосны скрученной происходит более интенсивно и различие в длине хвои между двумя видами в конце сезона составило 40 %. Исследования показали наличие разной скорости роста хвои, связанной с высотой деревьев у обоих видов. У крупных деревьев наращивание ассимиляционного аппарата идет быстрее. Продолжительность роста хвои сосны скрученной составила 65 дней, что на 5 дней больше, чем у сосны обыкновенной. Что же касается роста хвои на боковом побеге, то здесь прослеживаются те же

закономерности. Разница в длине хвои деревьев разной высоты составила в среднем около 35 %.

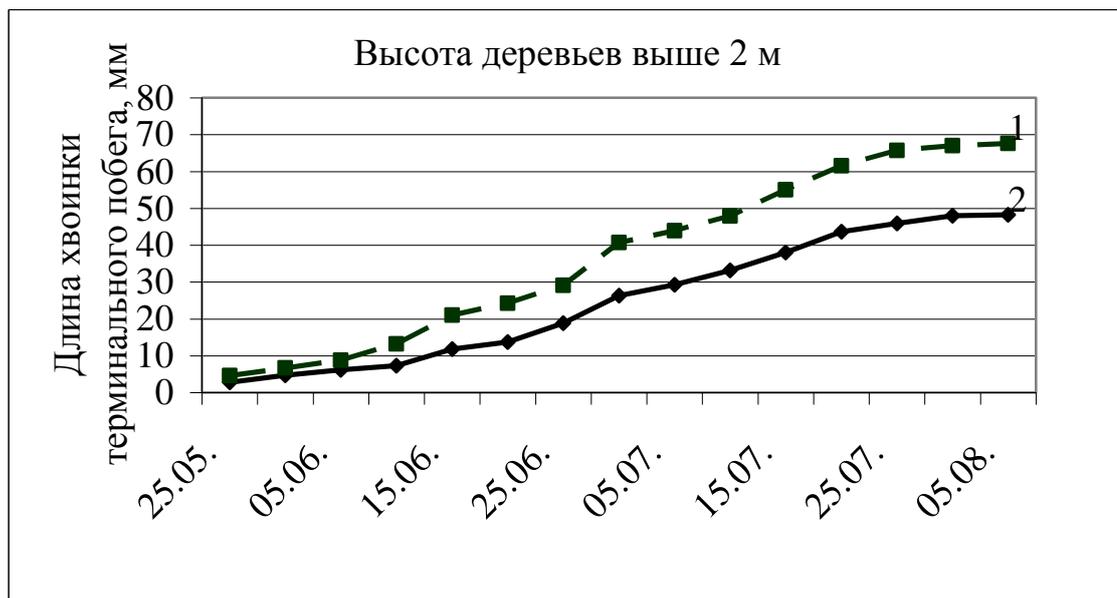


Рис. 2. Рост хвои на терминальном побеге сосны:
1 – скрученной; 2 - обыкновенной

5.2. Сезонный рост побегов

Проведенные исследования сезонного роста терминальных побегов позволили установить, что характер роста разных видов сосны исключительно синхронен, но абсолютные его показатели у сосны скрученной всегда выше, чем у сосны обыкновенной (рис.3).



Рис. 3. Сезонный рост терминального побега сосны:
1 – скрученной; 2 - обыкновенной

Рост побегов в разные годы начинается у обоих видов 10-30 мая, наиболее высокие его показатели отмечаются 5-30 июня. Выявлены два

максимума прироста за сезон - 10 – 15 июня и 25 - 30 июня. Заканчивается рост у сосны обыкновенной - 15-20 июля, у сосны скрученной - 20-25 июля. Следовательно, рост побегов сосны скрученной продолжается примерно на 5 дней больше, чем сосны обыкновенной.

Боковые побеги растут более короткое время, чем терминальные. Все ростовые процессы у них прекращаются у обоих видов сосен к 15-20 июля. Этот период на 5 дней короче, чем период роста терминального побега. Следует отметить, что у самых низкорослых деревьев (до 1 м) сосны скрученной рост меньше, чем у сосны обыкновенной, а в высотных группах от 1 м до 2 м и более 2 м более интенсивно растут боковые побеги сосны скрученной.

5.3. Сезонный рост стволов по диаметру

Сезонный рост стволов по диаметру у обоих видов начинается 10 – 25 мая. Рост в диаметре у самых низкорослых деревьев сосны скрученной заметно меньше, чем у сосны обыкновенной. В других высотных группах сосна скрученная превосходит в росте по диаметру сосну обыкновенную. Было установлено, что ростовые процессы протекают у обоих видов синхронно, хотя тенденция увеличения разницы в величинах прироста по диаметру со временем прослеживается. Рост по диаметру заканчивается у них между 10 и 25 сентября. Таким образом, продолжительность сезонного роста в среднем составляет 123 дня.

Прирост по диаметру у обоих видов в течение сезона имеет два максимума (рис.4). Первый приходится на начало роста - 10-15 июня, в это время наблюдаются максимальные приросты.

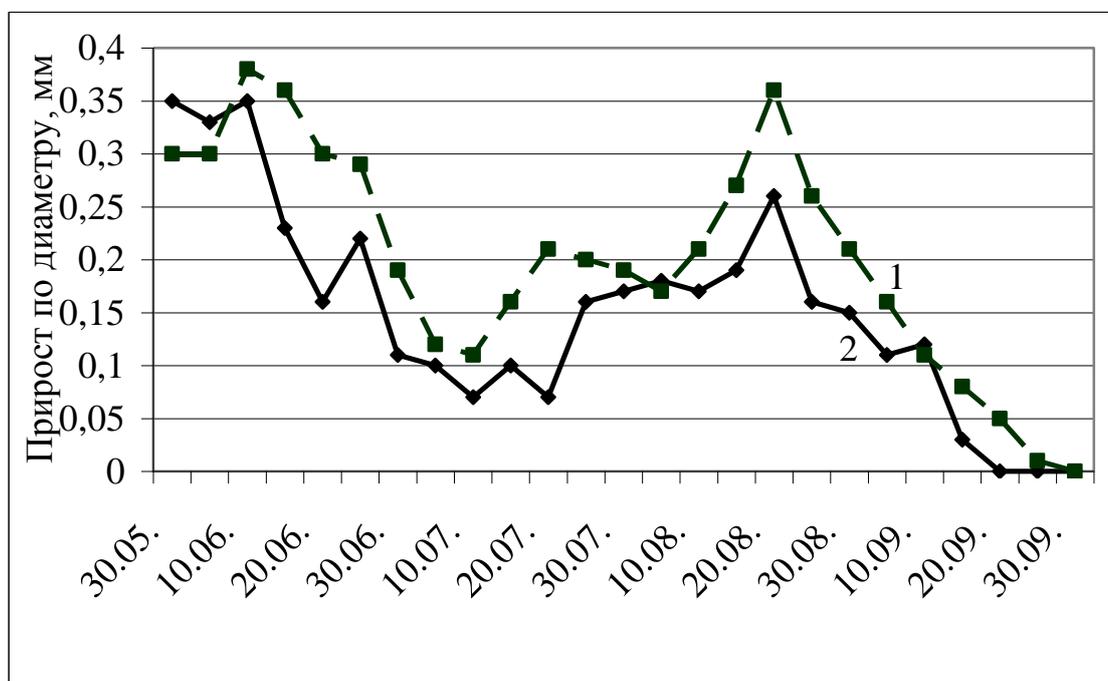


Рис. 4. Сезонный прирост по диаметру сосны:
1 – скрученной; 2 – обыкновенной

В дальнейшем величины прироста снижаются и достигают наименьшего значения в период с 10 по 15 июля, когда заканчивается рост по высоте. Затем прирост по диаметру снова увеличивается и достигает максимума синхронно у обоих видов 15-20 августа. Во время этого максимума величины прироста сосны скрученной заметно выше, чем сосны обыкновенной. Разница в величинах общего прироста по диаметру между двумя видами в конце сезона составила 75 %.

5.4. Сезонный рост разных побегов сосны скрученной на участке бывшей свалки

Продолжительность роста побегов сосны скрученной на территории бывшей свалки значительно короче, чем в лесных местообитаниях. В 2003 году рост начался в середине июня и закончился к концу июля. Величины их прироста в длину низкие. На рост терминальных и верхних боковых побегов оказывает умеренное влияние температура воздуха текущего года.

5.5. Годичный прирост вегетативных органов

5.5.1. Годичный прирост стволов по радиусу

Прирост по радиусу ствола в разных по географической широте районах северной подзоны тайги варьирует подобным образом у обоих видов сосны (рис. 5). Однако имеются различия. В Емецком лесхозе у сосны скрученной в начальные 11 лет после посадки радиальный прирост был больше, чем у сосны обыкновенной, а в Соловецком лесхозе у сосны скрученной прирост меньше на протяжении почти всего периода роста.

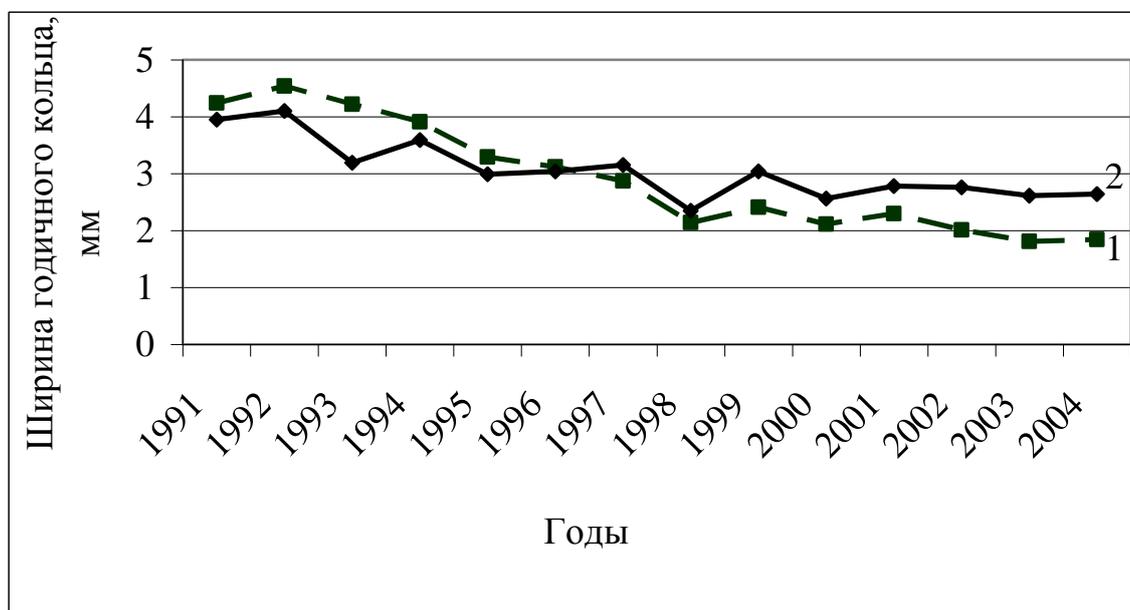


Рис. 5. Динамика годичного прироста по радиусу сосны:
1 – скрученной; 2 – обыкновенной (Емецкий лесхоз)

Разница в величинах прироста в отдельные годы достигала 30%. Наибольшие значения прироста приходятся на разные сроки. В Емецком лесхозе максимум приходится на 1992 год, через 7 лет после посадки, а в Соловецком лесхозе - на 2000 год, через 12 лет после посадки. Средняя их

величина в Емецком лесхозе – 2-4 мм, в Соловецком лесхозе, в более суровых условиях – 1-3 мм.

Сравнение слоя поздней древесины с шириной годичного кольца в целом у обоих видов сосны в лесхозах, расположенных на разной географической широте, показывает, что доля его характеризуется слабой хронологической изменчивостью и составляет в среднем 0,5 мм. Ширина кольца определяется в основном долей его ранней зоны, которая существенно больше поздней и значительно варьирует по годам. В среднем за период наших наблюдений, ширина поздней зоны у сосны скрученной составляет 0,6 мм, у сосны обыкновенной – 0,52 мм (различия - 15 %). У сосны скрученной поздняя зона варьирует по годам от 16 до 28% (в среднем 22 %), а у сосны обыкновенной - от 13 до 22 % (в среднем 18 %) от ширины годичного кольца.

5.5.2. Годичный прирост по высоте

Анализ многолетней динамики прироста по высоте двух видов сосен в разных условиях произрастания, показывает, что величины прироста значительно варьируют (от 5 до 60 см). На лесокультурных площадях в материковой области сосна скрученная имеет, как правило, больший прирост по высоте (рис.6), а в более суровых климатических условиях, в Соловецком лесхозе, наоборот.

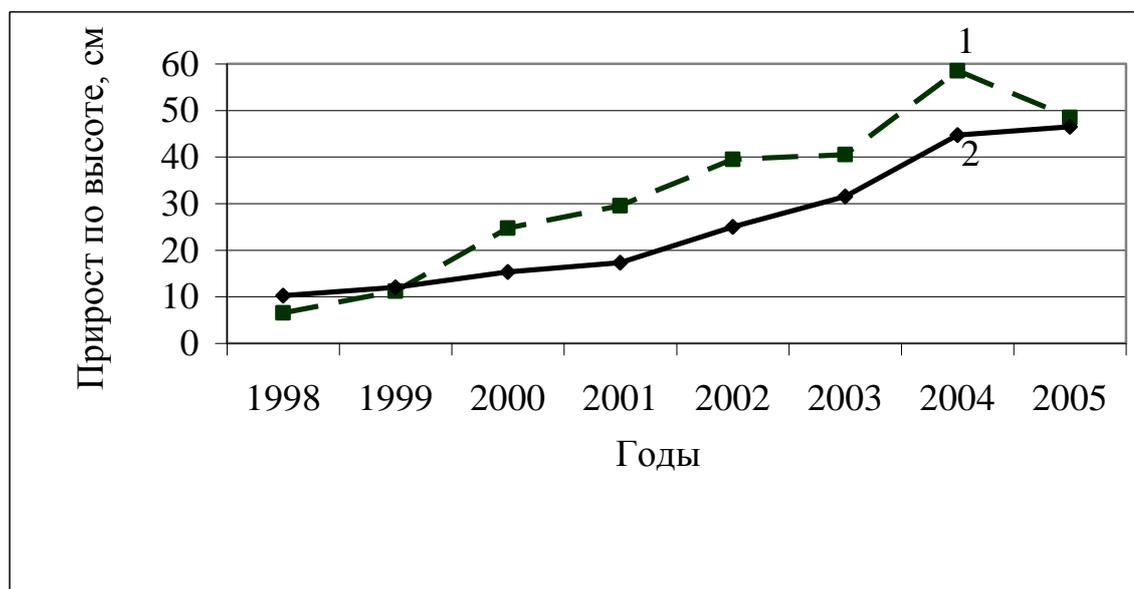


Рис. 6. Многолетняя динамика прироста по высоте сосны:
1 – скрученной; 2 – обыкновенной (Холмогорский лесхоз)

Надо отметить, что насаждения всех древесных пород на Соловецких островах характеризуются очень низкими высотами.

5.6. Зависимость линейного прироста побегов и хвои от температуры воздуха

Установлена довольно тесная связь прироста терминального побега со средней дневной температурой воздуха предыдущего и текущего годов (табл.

4). Зависимость криволинейная. Степень влияния на прирост побегов сосны примерно равная, как температуры текущего, так и предшествующего годов.

Таблица 4. Зависимость прироста терминального побега сосен от средней дневной температуры воздуха

Показатели связи	Температура воздуха предыдущего года		Температура воздуха текущего года	
	обыкн.	скручен.	обыкн.	скручен.
Коэффициент корреляции	0,46	0,53	0,3	0,22
Основная ошибка коэффициента корреляции	0,08	0,07	0,09	0,09
Достоверность коэффициента корреляции	5,78	7,28	3,25	2,23
Корреляционное отношение	0,6	0,59	0,66	0,52
Основная ошибка корреляционного отношения	0,06	0,07	0,06	0,07
Достоверность корреляционного отношения	9,23	8,92	11,34	6,89

Корреляционные отношения для обеих ее видов варьируют в пределах от 0,52 до 0,66. На прирост терминальных побегов сосны скрученной несколько сильнее влияет температура воздуха предыдущего года ($\eta = 0,59$ и $\eta = 0,52$, соответственно), а на прирост сосны обыкновенной - температура текущего года ($\eta = 0,66$ и $\eta = 0,6$, соответственно). На прирост боковых побегов температура воздуха влияет несколько слабее (корреляционные отношения варьируют от 0,47 до 0,6).

Прирост хвои обнаруживает более тесную связь с температурой воздуха, чем прирост побегов, причем, с температурой воздуха предыдущего года связь можно характеризовать как значительную. Корреляционное отношение для сосны обыкновенной составляет 0,67, а для сосны скрученной - 0,63.

5.7. Состояние культур двух видов

5.7.1. Возрастная структура

Имеются различия в индивидуальном развитии особей сосны скрученной и обыкновенной в одновозрастных посадках. У сосны скрученной встречаются все состояния от ювенильных до генеративных (при календарном возрасте 7 лет), у сосны же обыкновенной генеративных особей

нет. Среди сосны скрученной 55% особей в имматурном состоянии, а у сосны обыкновенной - 70 %.

5.7.2. Патологическое состояние

Самым типичным видом патологии является двухвершинность. Она в разных культурах встречается от 14 до 30 % - у сосны скрученной и от 7 до 25 % - у сосны обыкновенной. В целом, сосна скрученная более подвержена различным патологиям (рис.7).

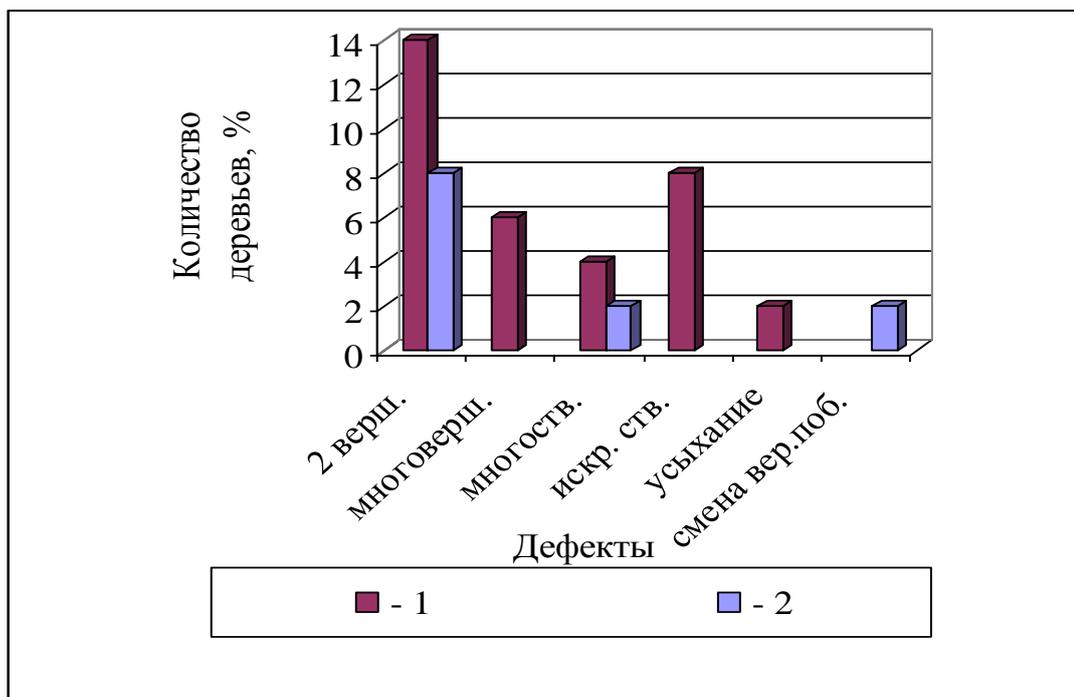


Рис. 7. Наличие патологий у деревьев сосны: 1 – скрученной; 2 – обыкновенной (Холмогорский лесхоз)

6. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ДЕРЕВЬЕВ

6.1. Транспирация хвои

Исследования суточных изменений транспирации хвои показывают следующее (рис. 8). Изменения ее в течение суток сходны в разные годы. В суточном ходе имеются два максимума, один приходится на 10 часов, а второй - на 14-16 часов (у обоих видов примерно в одно время). Среднесуточная транспирация составила у сосны скрученной 244,8 мг/г×час, а у сосны обыкновенной - 247,7 мг/г×час. В ночное время происходит спад испарения и наименьшие значения наблюдаются с 22 до 4 часов утра. Связь транспирации с метеорологическими факторами у сосны скрученной более высокая, чем у сосны обыкновенной (табл.5).

Очень близкие по тесноте связи имеют место с освещенностью, температурой и влажностью воздуха. Коэффициент корреляции, соответственно, составляет 0,90; 0,89; -0,87. Менее тесна связь транспирации со скоростью ветра. У сосны обыкновенной эти связи умеренные.

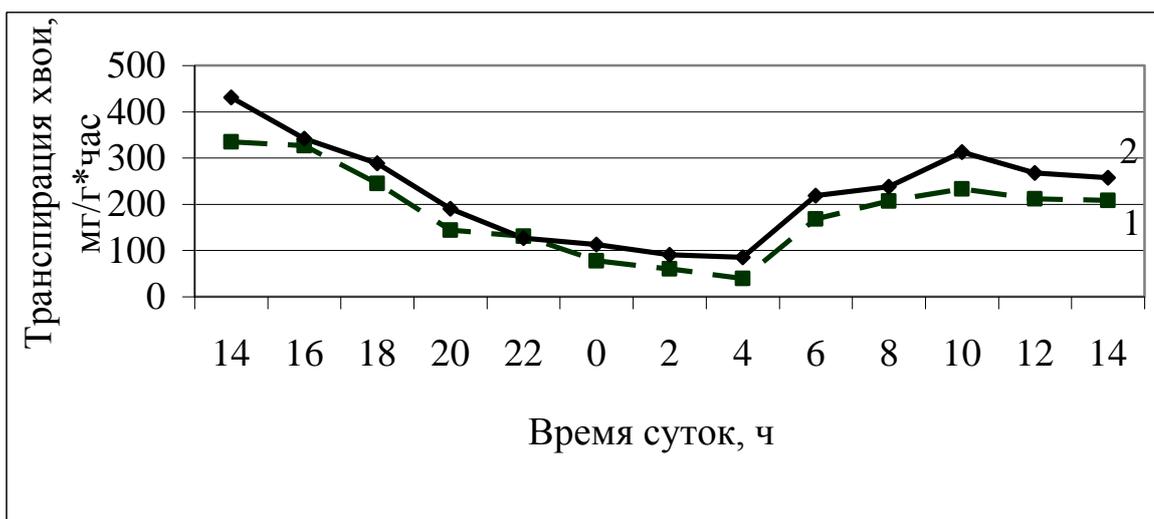


Рис. 8. Суточный ход транспирации хвои сосны:
1 – скрученной; 2 - обыкновенной

Форма связи транспирации хвои с метеорологическими факторами у обоих видов схожи – это прямая (рис. 9).

Таблица 5. Зависимость транспирации хвои от метеорологических факторов

Метеорологические факторы	Показатели связи					
	2005 год			2006 год		
	r	mr	t1	r	mr	t1
сосна скрученная						
Температура воздуха, °С	0,89	0,06	15,1	0,71	0,13	5,2
Влажность воздуха, %	-0,87	0,07	12,8	-0,81	0,1	8,5
Освещенность, тыс. лк	0,9	0,05	17,4	0,54	0,20	2,8
Скорость ветра, м/с	0,73	0,13	5,7	0,68	0,15	4,6
сосна обыкновенная						
Температура воздуха, °С	0,47	0,22	2,2	0,72	0,13	5,6
Влажность воздуха, %	-0,52	0,2	2,6	-0,82	0,09	9,1
Освещенность, тыс. лк	0,53	0,2	2,7	0,6	0,18	3,4
Скорость ветра, м/с	0,44	0,22	2	0,7	0,14	5,0

r – коэффициент корреляции;
mr – основная ошибка коэффициента корреляции;
t1 - достоверность коэффициента корреляции

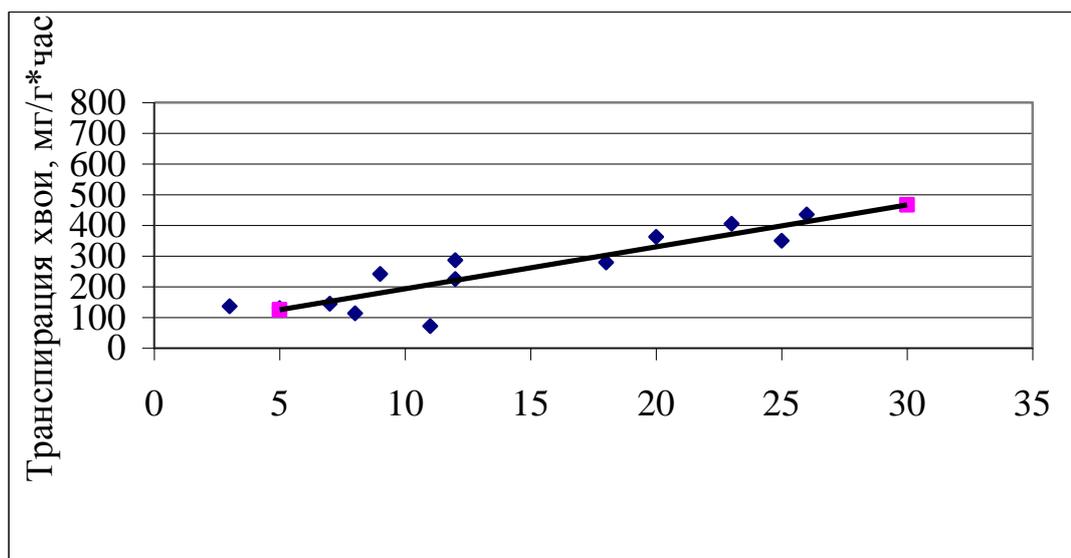


Рис. 9. Зависимость транспирации хвои сосны скрученной от температуры воздуха: $Y = 56,7 + 13,7 \times X$

Сосна скрученная быстрее реагирует как на увеличение температуры воздуха, так и на повышение влажности воздуха. При верхних значениях освещенности транспирация хвои у обоих видов фактически одинакова, но при минимальных ее значениях сосна обыкновенная сохраняет более высокую транспирационную способность, примерно в 1,5 раза выше, чем сосна скрученная.

6.2. Влажность хвои

Влажность хвои сосны скрученной несколько больше, чем сосны обыкновенной. Различия для хвои большинства возрастов составляют 3-4 % (рис. 10).

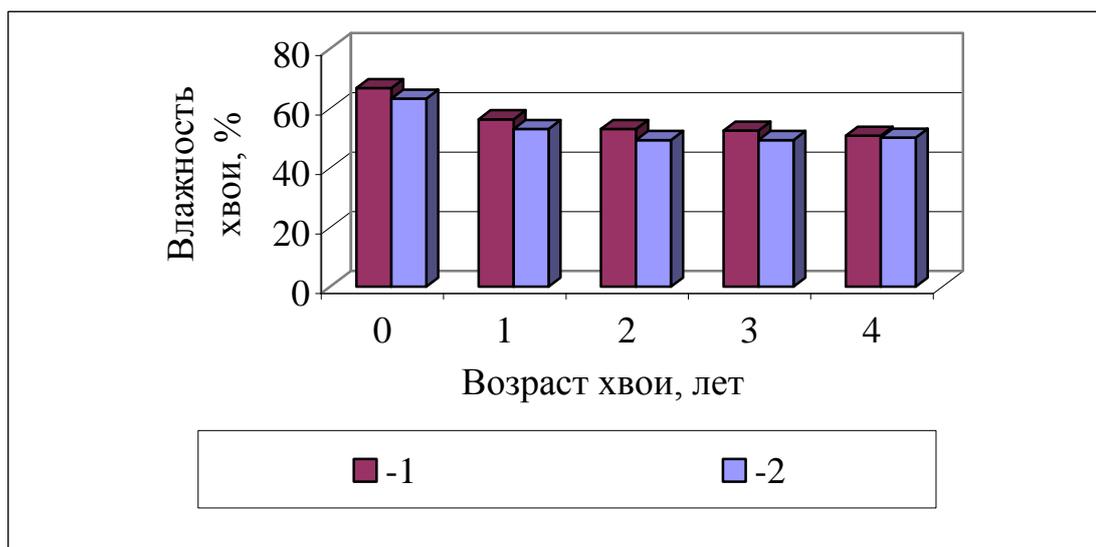


Рис. 10. Влажность хвои разного возраста на побегах сосны: 1 – скрученной; 2 – обыкновенной (Холмогорский лесхоз)

Для хвой четырехлетнего возраста они минимальны. В целом прослеживается тренд снижения влажности хвой по мере увеличения возраста как у сосны скрученной, так и у сосны обыкновенной. Для сосны скрученной влажность хвой составляет в среднем 54%, а для сосны обыкновенной – 50%.

ВЫВОДЫ

1. В одновозрастных культурах двух видов сосны, созданных в одинаковых условиях местопроизрастания, у сосны скрученной по сравнению с сосной обыкновенной отмечен более развитый ассимиляционный аппарат: число ветвей в мутовке больше на 20 – 50 %, суммарная длина охвоенных побегов больше в 4,7, а общая масса хвой на единицу длины побега - в 2,6 раза. Продолжительность жизни хвой на терминальном побеге у сосны скрученной больше на 1 год. У обоих видов установлена тесная связь ($r = 0,6-0,8$) между массой хвой на дереве и объемом его ствола.

2. Генеративные органы двух исследуемых нами видов имеют существенные отличия. Макро- и микростробилы сосны скрученной крупнее, а шишки мельче, чем у сосны обыкновенной. В шишках сосны скрученной число семян достигает в среднем 23 шт., в том числе полнозернистых - 40 %. Вес 1000 шт. семян составляет 1,8 – 3,2 г. Урожай шишек на суглинистых по механическому составу почвах выше, чем на песчаных. Отмечается тесная связь семенной продуктивности от длины шишки.

3. В условиях северной тайги рост терминального побега у обоих видов сосны начинается в мае и заканчивается в конце июля. Продолжительность роста у сосны скрученной больше в среднем на 10 дней, а средняя величина прироста за сезон на 40 %, чем у сосны обыкновенной. Выявлена тесная связь ($\eta = 0,52 - 0,66$) прироста терминального побега со средней дневной температурой воздуха вегетационных периодов предыдущего и текущего годов. Боковые побеги трогаются в рост во второй - третьей декаде мая, заканчивают рост – в третьей декаде июля. Период роста боковых побегов составляет в среднем 55 дней у обоих видов. Наибольшая скорость роста всех побегов - в период с 30 июня по 10 июля. Начало роста хвой приходится на третью декаду мая, одновременно у обоих видов. Продолжительность ее роста у сосны скрученной составила 65 дней, что на 5 дней больше, чем у сосны обыкновенной. Длина хвой сосны скрученной в конце сезона на 40 % больше.

4. Рост стволов по диаметру у исследуемых видов начинается во второй - третьей декаде мая, заканчивается во второй - третьей декаде сентября. В течение вегетации прирост ствола по диаметру имеет два максимума. Первый в начале роста - 10 - 15 июня, второй – в середине августа. Рост по диаметру продолжается в среднем 123 дня у обоих видов. В целом годичный прирост по диаметру у сосны скрученной на 75 % выше, чем у сосны обыкновенной. Доля поздней древесины в годичном слое остается стабильной из года в год и

составляет около 0,5 мм. Ширина кольца определяется в основном шириной ранней зоны, которая заметно варьирует.

5. Выявлены различия в индивидуальном развитии сосен. У сосны скрученной встречаются все состояния от ювенильных до генеративных (при календарном возрасте 7 лет), у сосны обыкновенной генеративные особи отсутствуют. Особей в имматурном состоянии у сосны скрученной 55, у обыкновенной - 70 % от общего количества. Часто встречающаяся патология сосны скрученной - двухвершинность.

6. В суточном ходе транспирации у обоих видов сосны имеются два максимума, один приходится на 10, а второй на 14-16 часов. Среднесуточная транспирация у сосны скрученной составила в среднем 244,8, а у сосны обыкновенной - 247,7 мг/г×час. Установлена тесная прямая связь транспирации хвои с освещенностью и температурой воздуха и обратная - с влажностью воздуха. Влажность хвои сосны скрученной больше, чем сосны обыкновенной. Наибольшее различие наблюдается для хвои текущего года.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Федяев А. Л., **Бирюков С. Ю.**, Бормотов В. И. Американка на Европейском Севере России // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2003. - С. 98-100.

2. Феклистов П. А., Гошко Е. Ф., Федяев А. Л., **Бирюков С. Ю.** Сезонный рост сосны скрученной // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2004. - С. 25-28.

3. Феклистов П. А., Гошко Е. Ф., Федяев А. Л., **Бирюков С. Ю.** Морфологические особенности шишек и семян сосны скрученной в Емецком лесхозе // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2004. - С. 62-64.

4. **Бирюков С. Ю.**, Федяев А. Л. Опыт выращивания посадочного материала сосны скрученной для рекультивации земель на Кожимском месторождении золота // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2004. - С. 58-61.

5. **Бирюков С. Ю.**, Федяев А. Л., Феклистов П. А. Морфологические особенности шишек и семян сосны скрученной в северной подзоне тайги // Вопросы ведения лесного хозяйства на Европейском Севере: сборник научных трудов / отв. редактор А. А. Бахтин.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2004. - С. 14 – 18.

6. Феклистов П. А., **Бирюков С. Ю.** Сравнительный анализ ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной и сосны скрученной // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2005. - С. 121-126.

7. **Бирюков С. Ю.**, Федяев А. Л. Сосна скрученная на отработанных полигонах Кожимского месторождения золота // Экологические проблемы

Севера: Межвузовский сборник научных трудов.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2005. - С. 171-173.

8. Феклистов П. А., **Бирюков С. Ю.** Особенности транспирации сосны скрученной (*Pinus contorta*) в условиях Архангельской области // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: Материалы II Международной науч. конф. – Белгород, 12 – 15 окт. 2006 г. – М.; Белгород: изд-во БелГУ, 2006. - С. 142 - 143.

9. Феклистов П. А., **Бирюков С. Ю.** Годичный прирост по диаметру сосны скрученной и обыкновенной в северной подзоне тайги // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов.- Архангельск: изд – во АГТУ, 2006. - С. 95-96.

10. **Бирюков С. Ю.**, Соболев А.Н., Феклистов П. А. Сосна скрученная на Соловецких островах // Научно-практическая конференция «Мониторинг природной среды Соловецкого архипелага: предварительные результаты и дальнейшие перспективы». Тезисы докладов.- Соловки: изд-во Соловецкого музея-заповедника, 2006. - С. 49-50.

11. Феклистов П. А., **Бирюков С. Ю.** Сезонный рост сосен скрученной и обыкновенной в северной подзоне тайги // Лесной журнал. № 6. - Архангельск: изд – во АГТУ, 2006. – С. 24-29.