

На правах рукописи

Хамитов Ренат Салимович

**ИНТРОДУКЦИЯ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ НА
ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОЙ ОСНОВЕ
В ТАЕЖНУЮ ЗОНУ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ
РАВНИНЫ**

06.03.01 - Лесные культуры, селекция, семеноводство

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени доктора
сельскохозяйственных наук**

Вологда - 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»

Научный консультант доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Бабич Николай Алексеевич

Официальные оппоненты **Братилова Наталья Петровна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный техно-
логический университет», заведующая кафед-
рой селекции и озеленения;
Романовский Михаил Георгиевич,
доктор биологических наук, старший научный
сотрудник, ФГБУН «Институт лесоведения
РАН», главный научный сотрудник лаборатории
экологии широколиственных лесов;
Тарханов Сергей Николаевич,
доктор биологических наук, старший научный
сотрудник, ФГБУН «Институт экологических
проблем Севера УрО РАН», заведующий лабо-
раторией экологии популяций и сообществ

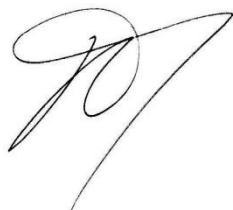
Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Московский государственный
университет леса»

Защита диссертации состоится 26 января 2016 года в 10:00 часов на заседа-
нии диссертационного совета Д 212.008.03 на базе ФГАОУ ВПО «Северный
(Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» по адре-
су: 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, главный корпус, ауд.
1220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВПО
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносо-
ва» www.narfu.ru

Автореферат разослан « ___ » _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Клевцов Денис Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), или кедр сибирский, занимая обширный ареал в Восточной части Европейской России, на Урале, в Сибири образует леса с богатым животным миром, выполняющие важную экосистемную роль. Насаждения кедра сибирского имеют рекреационное и орехоносное значение. Создание культур кедра существенно снижает нагрузку от кедрового промысла на естественные леса, обеспечивая устойчивость природных экосистем. Введение этой породы за пределы ареала, увеличивая биоразнообразие экосистем, с учётом её декоративности и орехоносного значения, позволяет существенно расширить список лесных пользований, предопределяя конкурентоспособность лесного хозяйства в рыночных условиях. В этой связи, является актуальным исследование аспектов интродукции кедра в леса Европейской части России. Биологические особенности этой породы с учётом её генетического потенциала являются наиболее существенными для исследований, требующих системного подхода для решения комплекса задач при интродукции.

Изучение признаков изменчивости вида, связанных с его адаптивными свойствами в условиях интродукции, необходимо для выявления коррелятивных морфологических признаков, позволяющих вести отбор особей наиболее соответствующих новым лесорастительным условиям. Необходимость осуществления селекции, исходным материалом для которой служат ранее созданные за пределами ареала культуры вида, предопределена длительным периодом выращивания географических культур до вступления их в пору устойчивого плодоношения. В этом аспекте приобретает актуальность исследование популяций, характеризующихся высоким формовым разнообразием, а также обоснование достаточно информативных маркеров для дальнейшей селекционной работы.

Цели и задачи исследований. Целью диссертационной работы является научно-обоснованное решение проблемы интродукции кедра сибирского в таёжную зону Восточно-Европейской равнины на генетико-селекционной основе. Достижение поставленной цели осуществлялось поэтапно путём решения следующих основных задач:

1. Обобщить опыт стихийной интродукции кедра сибирского в регионе исследований.
2. Изучить полиморфизм кедра сибирского в связи с его репродуктивным потенциалом в зоне интродукции.
3. Исследовать особенности роста сеянцев кедра сибирского с учётом изменчивости материнских продуцентов.
4. Произвести комплексную оценку воздействия стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев кедра сибирского.
5. Оценить производительность и состояние интродукционных культур кедра с учётом влияния естественного возобновления ели и антропогенной нагрузки, связанной со сбором урожая.

6. Разработать региональные рекомендации по селекционной оценке кедра сибирского в интродукционных популяциях для создания высокопродуктивных орехоносных насаждений (кедросадов).

Научная новизна исследований. Впервые обоснована возможность успешной интродукции кедра сибирского на генетико-селекционной основе в таёжную зону Восточно-Европейской равнины и предложена периодизация этапов его интродукции. Приведены в известность и исследованы культуры кедра в зоне интродукции. Произведена комплексная оценка репродуктивной способности этих насаждений как признака акклиматизации, а также выявлены особенности их роста и состояния с учётом взаимодействия с естественным возобновлением ели и антропогенной нагрузкой.

Материалы исследований отражают новые сведения в области лесного семеноводства кедра сибирского на генетико-селекционной основе. Определена селекционная ценность внутривидовых морфологических форм, значение которых ранее не было известно не только в районе интродукции, но и в пределах ареала. Выявлено влияние формовой принадлежности материнских растений на рост сеянцев кедра. Впервые получены данные о формовой разнообразии интродукционных популяций по типу апофиза семенной чешуи. Установлены связи между жизнеспособностью деревьев и изменчивостью по форме чешуи. Разработаны рекомендации по селекционной оценке кедра в интродукционных насаждениях.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследований являются перспективной научной платформой интродукции кедра сибирского в леса таёжной зоны Восточно-Европейской равнины. Теоретическую ценность имеют данные, обобщающие опыт стихийной интродукции и сведения об особенностях роста, жизненном состоянии и внутривидовом разнообразии насаждений кедра в указанном регионе.

Разработанные рекомендации по селекционной оценке деревьев кедра сибирского позволяют осуществлять практическую селекцию. Для оценки признаков структуры урожая и выделения крупношишечных форм научно обосновано использование диссиметрии шишек кедра сибирского. Рекомендовано использовать для анализа исключительно образцы с левосторонней формой изомерии, у которых более характерна взаимосвязь длины шишек с содержанием в них семян.

Методологическая и теоретическая база исследований. Выводы основаны на значительном фактологическом и экспериментальном материале. Результаты исследований получены с помощью общепринятых и стандартных методов (Огиевский, Хиров, 1967; Мамаев, 1969; 1970; Дворецкий, 1971; Доспехов, 1973; Роне, 1980; Животовский, 1982; Родин, Мерзленко, 1983; Брынцев, 2004; Александров и др., 2005; Любавская, 2007) в насаждениях сосны кедровой сибирской в средней и южной подзонах тайги севера Восточно-Европейской равнины. Теоретической платформой исследований являются принципы лесоинтродукционного процесса кедра сибирского в Европейской части России, разработанные М.В. Твеленевым (1968), А.А. Ко-

женковой (1986), И.И. Дроздовым (1991), В.А. Брынцевым (2002), а также методы лесного семеноводства кедра сибирского, основанные на его биологических особенностях семеношения и роста (Титов, 1984; Царёв, Погиба, Тренин, 2003; Горошкевич, 2011).

Положения выносимые на защиту:

1. Научное обоснование осуществления интродукции кедра сибирского с учётом целевого назначения культур на основе использования селекционно-семеноводческих приёмов, позволяющих создавать высокопродуктивные насаждения.
2. Результаты исследований репродуктивной способности интродукционных насаждений кедра сибирского. Обоснование селекционной ценности формы апофиза семенной чешуи и оценка внутривидового разнообразия по этому признаку. Положение о целесообразности использования диссиметрии шишек при селекционной оценке деревьев.
3. Выявленные особенности роста сеянцев кедра сибирского в потомстве деревьев разных морфологических форм по типу апофиза семенных чешуй шишек и половых типов.
4. Научно-обоснованное доказательство отрицательного воздействия естественного возобновления ели (появляющегося в результате отсутствия своевременных уходов) на реализацию генотипического потенциала кедра сибирского.
5. Формирование постоянных лесосеменных участков и кедросадов, не вступивших в репродуктивную стадию. Отбор растений с плоским и бугорчатым типом апофиза в кедросадах вступивших в пору семеношения (как наиболее жизнеспособных) при формировании припоселковых кедровников.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является результатом многолетних комплексных исследований автора, в ходе которых определена проблема, сформирована программа, разработана методика экспериментов и наблюдений, осуществлен сбор и анализ материалов, сформулированы выводы и положения выносимые на защиту.

Апробация и реализация результатов. Результаты исследований получены при участии в разработке бюджетной темы «Совершенствование приёмов выращивания сеянцев хвойных пород», а также гранта Правительства Вологодской области по теме «Селекционная оценка сеянцев кедра сибирского при интродукции в леса Вологодской области», где автор являлся руководителем. Концептуальные положения исследований и отдельные их результаты доложены и получили положительную оценку на международных (Архангельск, 2005; Вологда, 2011; 2013; 2014; Петрозаводск, 2011; Пенза, 2014), всероссийских (Кострома, 2006; Вологда, 2010; 2011; Новосибирск, 2013, Тобольск, 2013; 2014) конференциях и ежегодных научных конференциях ВГМХА (Вологда, 2007; 2008; 2010; 2011; 2014).

Публикации результатов исследований. По результатам исследований опубликованы 32 работы (в том числе одна монография, рекомендации производству и 11 статей в периодических изданиях по списку ВАК).

Структура и объём диссертации. Анализ проблемы и решение задач исследований изложено на 334 страницах машинописного текста, в котором помещены 83 таблицы и 42 иллюстрации. Список литературы включает 366 названий. Диссертация состоит из семи глав, заключения и рекомендаций и пяти приложений.

Глава 1. ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЕ И ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в пределах северной части Восточно-Европейской равнины, прилегающей к Волжско-Северодвинскому водоразделу, в районах, административно входящих в состав Архангельской и Вологодской областей.

Территория региона исследований входит в состав Атлантической Восточно-Европейской климатической области. Климатические условия во многом обусловлены активным воздействием циклонов атлантического происхождения. Вынос влажных атлантических масс происходит по южной периферии циклонов, преимущественно в виде юго-западных и западных потоков. Вместе с тем, довольно часты вхождения арктических воздушных масс, т.е. циркуляция воздушных масс, происходит и по меридиональному типу.

Рассматривая климат региона в ключе возможности интродукции кедра сибирского, следует отметить, что многие исследователи считают его приемлемым для этой породы (Орлов, Тарабрин, 1960; Твеленев, 1968; Крестьяшин, 1972).

Исходя из Геоботанического районирования СССР (1947) территория региона относится к лесной (таёжной) зоне, располагаясь в средней и южной подзонах тайги (Курнаев, 1973). Граница между двумя подзонами тайги проходит примерно по 60° 00' с.ш.

Природу северных лесов, их продуктивность и восстановление, в разное время исследовали многие авторы (Битрих, 1913; Мелехов, Чертовской, Моисеев, 1966; Моисеев, Цехмистренко, Мальцев, Васюнин, Беляев, 1971; Нилов, 1971; Чертовский, Волосевич, 1971; Чибисов, Ипатов, 1971; Львов, 1971; Чупров, 1981, 1982; Редько, Бабич, 1994; Феклистов, 1997; Грязькин, 1998; Воробьёв, 1999; Петрик, 2002, 2004; Евдокимов, 2003; Беляев, Бурлаков, 2006; Болотов, 2006; Тараканов, 2007; Клевцов, 2008; Торбик, Феклистов, Кононов, 2009; Корчагов, 2010; Беляев, 2011; Тарханов, 2011; Третьяков, 2011; Добрынин, Комиссарова, 2012; Наквасина, Барабин, 2012; Соколов, 2012; и др.). Выводы этих исследователей указывают на потенциальную продуктивность местных лесов. Проблема увеличения их продуктивности и

расширения биоразнообразия должна решаться, в том числе путём интродукции.

Глава 2. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИНТРОДУКЦИИ КЕДРА СИБИРСКОГО В ЕВРОПЕЙСКУЮ ЧАСТЬ РОССИИ

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) – дерево относящееся семейству Сосновые (*Pinaceae*), роду Сосна (*Pinus*) подроду *Haploxyylon* секции *Cembra* и видовому ряду *Sibiricae* (вместе с кедром европейским). Вид в качестве отдельного впервые был описан французским ботаником П.В. Дю Туром в 1803 году.

Вопросам биологии, экологии и народно-хозяйственного значения кедра сибирского в разное время посвящали свои работы Н.Г. Мальгин (1842), В.В. Огиевский (1949), И.С. Мелехов (1960), Ф.Б. Орлов, В.П. Тарабрин (1960), Н.А. Луганский (1961), А.И. Ирошников (1963), М.Н. Ширская (1964), М.В. Твеленев (1968; 1974), Н.И. Непомилуева (1968; 1972), А.В. Хохрин (1966; 1970), И.И. Дроздов (1970; 1972; 1992; 2003), С.А. Бех, И.В. Таран (1979), Г.В. Крылов, Н.К. Таланцев, Н.Ф. Козакова (1983), Б.С. Спиридонов (1988), В.А. Брынцев (1991; 1997; 2001), Р.Н. Матвеева (1994), О.Ф. Буторова (1996), В.А. Гришенков (1998), Е.П. Смолоногов, С.В. Залесов (2002), Н.П. Братилова (2005), Л.Ф. Ипатов (2005 а, б), Д.В. Политов (2007), О.Ю. Храмова (2009), С.Н. Горошкевич (2011), С.М. Хамитова (2012), М.И. Храмова (2013) и др. Значительный вклад в решении этих вопросов внесли научные школы И.И. Дроздова и Р.Н. Матвеевой.

Кедр сибирский на большей части Европейского Севера России – интродуцент, однако его полезные свойства и хозяйственная ценность были достаточно широко известны местному населению уже несколько столетий. Свидетельством этому являются старовозрастные кедровые рощи, созданные 200 и более лет тому назад.

И.И. Дроздов (1991) для периодизации интродукционной работы кедра сибирского в Европейской части России предложил следующие этапы: 1) ритуально-декоративных ограниченных культур (с XVI в.); 2) декоративно-плодовых массовых культур (с 40-х годов XIX в. до 1917 г.); 3) лесных опытно-производственных культур (1917 – 1959 гг.); 4) лесных промышленных культур (с 1959 года).

Многие отечественные ученые-лесоводы рассматривали не только орехоносное но и декоративное значение кедра сибирского. В этой связи многие участки культур создавались вблизи населенных пунктов. Причины неудачного опыта заключались в отсутствии научно-обоснованных рекомендаций культивирования интродуцента, знаний его биологических и экологических особенностей, что отражалось в несвоевременности проведения лесоводственных уходов в период производственных посадок (Бабич, Хамитов, Хамитова, 2014).

Значительный вклад в научное обоснование агротехники выращивания посадочного материала кедра сибирского внесен исследователями-лесоводами в зоне его естественного ареала (Лоскутов, 1971; Таланцев, Пряжников, Мишуков, 1978; Бех, Таран, 1979; Крылов, Таланцев, Козакова, 1983; Выращивание..., 1988; Габаев, 1988; Матвеева, Буторова, 2001 и др.), а также при его интродукции в условиях Московской, Владимирской областей (Дроздов, 1972; Агеев, 2008), Брянской области (Давыдков, Медведева, 1982), Ленинградской области (Гиргидов, 1968; Игнатенко, 1988) и ряда других регионов России. На Севере Европейской части России аналогичные исследования были проведены Ф.Б. Орловым и В.П. Тарабриным (1960) в Архангельской области, С.Н. Филипповым, В.Б. Лариным (1978), В.Б. Лариным (1980) в Республике Коми. В Вологодской области такие исследования осуществляются сотрудниками ВГМХА им. Н.В. Верещагина и С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова (Хамитов, 2006, Бабич, Хамитов, Хамитова, 2014). Вместе с этим следует отметить, что отдельные вопросы интенсивного выращивания сеянцев кедра сибирского остаются малоизученными.

Отечественными исследователями обоснованы различные агротехнические приёмы, применением которых можно достигнуть существенного сокращения сроков выращивания и увеличения выхода стандартных сеянцев кедра сибирского. Отдельные авторы (Матвеева, Буторова, 2001; Пентелькина, 2003) считают наиболее перспективной предпосевную обработку семян стимуляторами роста.

Лесная интродукция в лесоводственном отношении опирается на теоретическую платформу искусственного лесовыращивания. Эффект лесокультурного процесса, как отмечает М.Д. Мерзленко (1988), базируется на соблюдении как самой его методологии, так и осуществления его чёткой системы. Теоретической основой моделирования лесокультурного производства должно служить выявление доминирующих факторов, влияющих на рост древесных растений в конкретных лесорастительных условиях (Ковылин, 2005).

Последовательный анализ отдельных вопросов выращивания культур породы позволяет избежать непредвиденных трудностей в её интродукции. В различное время теории и практике производства культур кедра сибирского в зоне естественного распространения кедра сибирского свои исследования посвящали: А.В. Хохрин (1966), Р.И. Лоскутов (1971), И.А. Бех, И.В. Таран (1979), В.Б. Ларин, С.Н. Филиппов (1979; 1980), В.Б. Ларин (1980), Р.Н. Матвеева (1994), О.Ф. Буторова (1996), Н.П. Братилова (2005), Е.В. Титов (2007). В условиях интродукции подобные вопросы нашли отражение в работах М.В. Твеленева (1971), М.М. Игнатенко (1988), Р.Г. Ситдикова (1998), О.И. Гавриловой (2003), И.И. Дроздова, Ю.И. Дроздова (2005), Н.Н. Чернова, С.В. Митрофанова (2008) и других авторов.

В условиях разведения за пределами ареала целевое назначение культур кедра сибирского, учитывая его хозяйственное значение и малую представленность насаждений, может включать следующие типы культур: 1)

кедросады (для получения товарного ореха); 2) экологические культуры комплексного назначения; 3) специальные плантации (включающие также и постоянные лесосеменные участки).

Во избежание стихийности интродукционного процесса, для производства культур следует отдавать предпочтение местным семенам – с насаждений успешно продуцирующих их в новых условиях. Выращивание культур кедрового ореха должно опираться на использование селекционно-семеноводческих приёмов, позволяющих создавать высокопродуктивные кедросады (Игнатенко, 1988; Брынцев, 1990; Дроздов, 1991, 1993; Любавская, 2006; Храмова, 2009; Хамитова, 2012). Повышение семенной продуктивности таких насаждений возможно путём проведения отбора высокоурожайных особей с хорошими товарными признаками семян при формировании древостоя или для вновь создаваемых культур (Брынцев, 1988, 1989; Титов, 1995; Дроздов, 2005). В этой связи представляет интерес изучение морфологической изменчивости сосны сибирской и её связь с признаками семенной продуктивности.

В разное время внутривидовую изменчивость кедрового ореха исследовали Л.Ф. Правдин (1963), В.А. Брынцев (1990, 2002), Е.В. Титов (1995; 2007), Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова (2000), Р.Н. Матвеева (2003), Н.П. Браилова (2005), О.Ю. Храмова (2009), А.И. Земляной, Ю.Н. Ильичёв, В.В. Тараканов (2010), Г.В. Васильева (2011), С.М. Хамитова (2012), М.И. Храмова (2013). Исследователями было установлено, что у кедрового ореха выражена изменчивость по объёму урожая, регулярности, энергии и продолжительности плодоношения, срокам вступления в репродуктивную фазу развития, товарным признакам урожая (размеру, количеству и массе семян) и другим наследственно обусловленным признакам. Наибольшее генотипическое разнообразие характерно для районов оптимума вида (Титов, 2007). Особый интерес представляет изучение изменчивости репродуктивных органов кедровых сосен, связанной с адаптивным потенциалом (Benkman et al, 2001; Mezquida, Benkman, 2010; Siepielski, Benkman, 2007; 2010; Parchman et al, 2011) и половой специализацией (Некрасова, 1972; Титов, 2007). Можно отметить, что эти исследования не закончены.

Формовое разнообразие интродуцента свидетельствует о целесообразности введения его в культуру на генетико-селекционной основе. Анализ результатов исследований показывает, что в настоящее время существует потребность в систематизации и выявлении новых связей морфологических особенностей с прямыми селектируемыми показателями в условиях интродукции. Поэтому необходимо проведение дополнительных исследований в этом направлении.

Глава 3. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И ОБЪЁМ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являются интродукционные культуры разного возраста, семена и сеянцы кедра сибирского. Комплексные исследования проведены на 25 наиболее ценных ключевых участках насаждений кедра сибирского, т.е. исследованиями охвачены практически все интродукционные популяции этой породы, представляющие научную ценность (в том числе семеносящие).

Для оценки объёма урожая шишек на объектах исследований у модельных деревьев (отобранных пропорционально представленности по ступеням толщины их стволов) при помощи бинокля подсчитывалось количество шишек в кроне дерева (с одной стороны). Полученный результат удваивался. В соответствии с Указаниями по лесному семеноводству (2000) к модельным деревьям не относили особи без шишек или с единичными шишками (до 10 шт.). Наблюдения производили в начале Июля, когда в кроне хорошо различимы созревающие макростробилы, но до момента опадения шишек.

Форму шишки и форму апофиза на них определяли согласно методик, описанных в литературных источниках (Луганский, 1961; Матвеева, 2000). Для определения диссиметрии шишек использовали методику, предложенную П.Б. Юрасовым и А.И. Лобановым (2001). После установления внешних морфологических форм шишек из них извлекали семена. В каждой шишке подсчитывали число семян. При пересчёте семян учитывали количество односемянных и двусемянных чешуек. Затем семена взвешивали на электронных весах для установления их массы в шишке и массы 1000 штук.

Исследования прочности кожуры семян выполнены на универсальной напольной испытательной машине Shimadzu AG-50kNX (оснащённой нагрузочной ячейкой SFL-50KNAG) которая обеспечивает класс точности $\pm 0,5\%$. Определение силы прессования и величины перемещения прессовочного плунжера осуществляли с помощью штатного программного обеспечения Trapezium X.

Изучение формового разнообразия интродукционных культур путём фенетического анализа производилось по методу Л.А. Животовского (1982). В качестве фена-маркера использовали тип апофиза семенной чешуи. При фенетическом анализе популяций по признакам, характеризующимися клинальной изменчивостью, рассчитывали коэффициент наследуемости в широком смысле (H^2).

С целью определения влияния стимуляторов роста и изменчивости кедра сибирского по форме шишек, их размерам, типу апофиза, диссиметрии и другим их морфологическим признакам на рост и выход стандартных сеянцев кедра с единицы площади были заложены полевые опыты по общепринятой методике (Доспехов, 1973; Юдин, 1980). Опыты носили однофакторный характер на неизменном агротехническом фоне.

Для выявления влияния стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев кедра посева осуществлялись в стационарных условиях в теплицах Во-

логодского селекционного центра (г. Кадников). Посевы кедра осуществлялись по вариантам, в трёх повторностях в однорядном последовательном расположении. Основным опытом, носящим функцию уточнения оптимальной концентрации растворов стимуляторов, предшествовали предварительные опыты, заложенные методом равномерного поиска. На следующий год исследований в установленном оптимальном пределе опыты закладывали с наиболее дробным интервалом концентраций.

Для проведения феногенетического анализа посев семян выполняли в лабораторных условиях в первой половине мая. В качестве субстрата применяли предварительно просеянный и прокалённый песок. Семена высевали в дезинфицированные пластиковые кассеты по вариантам и повторностям. Проращивание семян осуществлялось в вегетационном домике. Пересадка всходов в открытый грунт проводилась в день учёта при определении всхожести одновременно по всем вариантам. Маркированные всходы пересаживались в специально подготовленные гряды. Длина рядочков составляла 1 м, шаг посадки – 1 см, расстояние между строчками – 10 см.

В конце вегетационного сезона и после завершения периода выращивания из каждого варианта отбирали образцы сеянцев. У отобранных растений измеряли длину корней, гипокотыля, а у сеянцев второго года и старше длину эпикотыля и пучковой хвои, а также учитывали и количество пучков на каждом сеянце. Диаметр шейки корня измеряли электронным штангенциркулем РИТ с точностью до 0,1 мм. Общую массу растения в сыром состоянии определяли путём взвешивания его на весах ВЛКТ-500 с точностью до 0,01 г. Затем аккуратно отделяли корневую часть, гипокотиль, эпикотиль, хвою и почку, поочередно взвешивая их на весах. Высушивание сеянцев осуществляли в сушильной камере при температуре 100 - 105 °С до установления постоянного веса. По результатам взвешивания до и после сушки определяли содержание абсолютно сухой массы компонентов в сырой навеске.

Исследование культур кедра производилось с использованием методических указаний В.В. Огиевского, А.А. Хирова (1967), Е.Л. Маслакова, М.Ф. Мойко, И.А. Марковой, М.С. Ковалева (1978), А.Р. Родина и М.Д. Мерзленко (1983), И.И. Дроздова, А.И. Янгутова (1984). Санитарное состояние насаждений оценивалось в соответствии с методикой, изложенной в Санитарных правилах в лесах Российской Федерации (2006).

Статистическая обработка произведена общепринятыми методами вариационной статистики (Гусев, 1980, 1981а, 1981б; Дворецкий, 1971; Доспехов, 1973, Хамитов, 2011) с применением ПК в программе Microsoft Excel 2003, Biostat 2008, Past 1.89, Regre 1.8.

Сбор полевого материала, а также постановку лабораторных исследований осуществляли в течение одиннадцати лет (2003 – 2014 гг.). За данный период отобраны образцы (около 5,2 тыс. шишек) на участках интродукционных культур и в насаждениях в пределе ареала. У каждого образца определены форма и тип апофиза семенной чешуи и изомерия навинчивания па-

растих. У порядка 3,5 тыс. шишек определена масса и измерено более 10 тыс. биометрических показателей шишек. Из 2,3 тыс. шишек извлечены семена, подсчитано их количество. Осуществлено около 2,0 тыс. взвешиваний по установлению массы семян в воздушно-сухом состоянии. Измерено более 1,1 тыс. линейных признаков орешков (длина, толщина, ширина).

С целью определения влияния изменчивости материнских растений и стимуляторов на грунтовую всхожесть семян и рост сеянцев кедра сибирского в полевых условиях заложено 80 вариантов опытов, включающих в общей сложности 240 повторностей. Для постановки эксперимента использовано 8 стимуляторов роста. В результате полевых работ у сеянцев в опытных вариантах измерено более 8,5 тыс. высот и 3,0 тыс. диаметров у шейки корня. Для проведения лабораторных исследований, по определению их биометрических показателей отобрано около 3,0 тыс. сеянцев. В лабораторных условиях произведено 2,4 тыс. взвешиваний фракций фитомассы в сыром и абсолютно-сухом состоянии, измерено свыше 3,0 тыс. высот стволиков и диаметров у шейки корня.

В наиболее ценных ключевых интродукционных популяциях произведены комплексные лесоводственно-таксационные исследования. При натурном оформлении участков интродукционных культур отведенных для исследования их репродуктивной способности краской отмечено более 600 деревьев. Произведено более 3,0 тыс. замеров диаметров стволов, 300 высот деревьев.

Объём выполненных работ по сбору эмпирического материала и анализа данных в сочетании с применением надежных методик лабораторных и полевых исследований и методов математико-статистического анализа обеспечили получение достоверных выводов по их результатам.

Глава 4. РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КУЛЬТУР КЕДРА СИБИРСКОГО В РЕГИОНЕ

В таёжной зоне Восточно-Европейской равнины, самым крупным, старейшим и особо ценным насаждением кедра сибирского, ежегодно продуцирующим урожай семян, является Чагринская роща в Грязовецком районе Вологодской области. Именно поэтому длительные наблюдения за плодоношением кедра сибирского в условиях интродукции проведены на её примере. Ежегодно в роще созревает 226-399 кг семян (61-108 кг/га). В пределах интродукционной популяции урожайность кедра сибирского между отдельными деревьями существенно флуктуирует. Максимальным репродуктивным потенциалом отличается дерево №115, продуцирующее 3,8-7,4 кг семян ежегодно. Также высокие урожаи характерны для кедров №62, 66, 77, 85, 110, 112, 170. Эти растения могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе в качестве плюсовых деревьев по признаку общей урожайности.

Количество шишек образуемых в кроне кедрa обратно связано с процентом односемянных чешуек шишек ($r=-0,73\pm 0,17$). Данный признак следует использовать при отборе высокоурожайных особей в качестве коррелятивного, выбраковывая особи с значительной долей односемянных чешуек на шишках.

К числу коррелятивных признаков можно также отнести сексуализацию семеносящих кедров. В Чагринской кедровой роще, где формирование крон плодоносящих растений завершилось, доминируют (по численной представленности) растения смешанного полового типа. Они составляют 41% от общего количества растений в популяции. Доля растений мужского полового типа – 32%, а женского – 27%.

Вместе с тем количество образуемых шишек разными половыми типами неодинаково. Принадлежность к той или иной форме существенно влияет на число образуемых ими макростробил (табл. 1.).

Таблица 1 – Влияние полового типа деревьев кедрa на количество формируемых шишек

Источник дисперсии	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Варианса (MS)	Критерий Фишера		Сила влияния фактора η^2
				F ₀₅	F _{крит.}	
Межгрупповая	425356,32	2	212678,16	49,48	3,23	0,71
Внутригрупповая	176219,86	41	4298,05			
Итого	601576,18	43				

Наличие связи существенно на 5% уровне значимости ($F_{05} > F_{крит.}$), а 71% общей вариации предопределено половым типом. Корреляционное отношение, составляя 0,84, указывает на высокий уровень связи между половым типом деревьев и количеством сформировавшихся в их кроне шишек.

На деревьях мужского полового типа в среднем созревает 47 шишек, что на 69% ниже среднего в популяции. Растения смешанного типа также продуцируют шишек меньше среднего (131 шт.). На экземплярах женского полового типа формируется урожай вдвое больше среднего (300 шт.).

Такая предопределённость существенно сказалась на распределении урожая шишек по половому типу. Более половины урожая (54%) продуцируются растениями женского полового типа (которые составляют лишь 27% от их общего количества). Около 1/3 урожая (36%) продуцируют растения промежуточной формы. Количество шишек с деревьев мужского полового типа в общем объёме урожая составляют лишь 10%.

Деревья, относящиеся к женскому типу, отличаются развитой кроной. Её образованию способствует хороший радиальный прирост стволов деревьев, что сказывается и на их урожайности. Коэффициент корреляции количе-

ства шишек образуемых в кроне с диаметром их ствола составляет $0,54 \pm 0,13$, что указывает на наличие значительной зависимости между показателями.

Дифференциация деревьев по диаметру ствола предопределяет значительное различие в урожае шишек. Максимальное количество шишек продуцируется растениями высоких ступеней толщины (70-90 см).

Различные формы кедра по типу апофиза семенной чешуи имеют одинаковую репродуктивную способность. По данным учёта морфологических форм в Чагринской роще (репродукция 2010 года) выявлен следующий состав фенотипов: плоские – 24%, бугорчатые – 50%, крючковатые – 26%. Среднее число фенотипов довольно высокое ($2,91 \pm 0,08$), доля редких морф незначительна ($0,03 \pm 0,03$). В дочернем насаждении этой популяции (Жерноково) встречаемость форм менее сбалансирована: плоские – 0,07, бугорчатые – 0,56, крючковатые – 0,37. Среднее число морф по сравнению с маточной популяцией сократилось до $2,62 \pm 0,11$, доля редких фенотипов возросла до $0,13 \pm 0,04$.

Формовой состав дочерней популяции, демонстрирующей эффект элиминации рецессивных гомозигот (плоскочешуйчатых форм) свидетельствует о слабо выраженном генетическом гомеостазе. Соотношение фенотипических частот, хотя и напоминает классическое распределение генотипов Харди-Вайнберга в данном случае вызвано не сбалансированным полиморфизмом, а стохастическим дрейфом генов. Следовательно, можно сделать вывод об исключительной гетерозиготности популяции-основателя, что возможно лишь при крайне малом количестве случайно представленных в ней генотипах. Альтернативный вариант – отбор гетерозигот, осуществленный случайно по структурным признакам урожая. Отметим, что гетерозиготное состояние особей популяции обеспечивает её адаптивную пластичность. Таким образом, существующее фенотипическое разнообразие чагринской популяции – результат случайного дрейфа генов, вызванного ограниченным числом генотипов в условиях интродукции.

В целях сравнения формового разнообразия местных насаждений, имеющих островное происхождение, с естественными популяциями ареала вида и подтверждения предположения о радиальном обеднении генофонда кедра была проанализирована фенетическая структура Полуяновского кедрового бора вблизи с. Куларово Вагайского района Тюменской области и кедрового насаждения Ермаковского района Красноярского края. Первая популяция представляет собой типичную выборку периферийной части ареала, но вместе с тем испытывающей действие панмиксии, а вторая – экологического оптимума вида (горно-черневой район Западных Саян), т.е. исторически более древнюю часть ареала (табл. 2).

Таблица 2 – Формовое разнообразие популяций кедра сибирского по типу апофиза семенной чешуи в интродукционных и естественных популяциях.

Популяция	Встречаемость форм			Среднее число морф	Доля редких морф
	П*	Б	К		

				($\mu \pm S_{\mu}$)	($h \pm S_h$)
Интродукционные популяции					
Чагрино	0,24	0,50	0,26	2,91 \pm 0,08	0,03 \pm 0,03
Жерноково	0,07	0,56	0,37	2,62 \pm 0,11	0,13 \pm 0,04
Естественные популяции					
Куларово	0,02	0,13	0,85	2,03 \pm 0,14	0,32 \pm 0,05
Ермаково	0,05	0,30	0,65	2,50 \pm 0,15	0,17 \pm 0,05

Примечание: * – тип апофиза (П – плоский, Б – бугорчатый, К – крючковатый).

В Куларовской популяции преобладает крючковатая форма шишки. Встречаемость этого морфологического типа составляет 0,85, редким фенотипом является плоская ($p = 0,02$). Бугорчатая форма встречается несколько чаще ($p = 0,13$). Среднее число морф низкое – 2,03 \pm 0,14. Доля редких морф составляет 0,32 \pm 0,05. Состав частот фенотипов Ермаковской популяции схож с Куларовской. В обоих случаях наблюдается тенденция возрастания встречаемости от плоских форм к крючковатым. Однако, среднее число морф здесь выше (2,50 \pm 0,15), а доля редких фенотипов, соответственно, ниже (0,17 \pm 0,05). По обоим параметрам различие достоверно (соответственно: $t_{\phi}=2,29$; 2,12 при $t_{05}=1,98$). Отметим, что в Ермаковской популяции по сравнению с Куларовской практически вдвое чаще встречаются бугорчатые формы, что в данном аспекте трактуется как повышение уровня гетерозиготности. Куларовская популяция, приуроченная к Иртышскому бассейну, гораздо беднее ермаковской вследствие индифферентной направленности большинства генных потоков системы «центр расселения – локальная популяция». При этом в данном исследовании фенетическим маркером генетического разнообразия является тип апофиза. Следовательно, можно утверждать о наличии адаптивной нагрузки признака формы семенной чешуи и его связи с распространением вида.

Общий уровень формового разнообразия популяций ареала даже в условиях оптимума вида ниже, чем в интродукционной чагринской. Следовательно, изоляция иммиграционных островных популяций, послужившая фактором случайного дрейфа генов на определённом временном этапе, вызывает большую изменчивость фенотипов, чем сохранение гетерозигот в экологическом оптимуме.

Чагринская популяция, являясь материнской для жерновковской, имеет и значительно большее формовое разнообразие. Полиморфность популяции представляет большой селекционный интерес. Семенной материал, заготавливаемый в Чагринской роще, следует использовать в первую очередь для создания новых интродукционных популяций на генетико-селекционной основе. В этой связи достаточно актуально установление связи между типом апофиза и семенной продуктивностью.

Избирательность кедровки в потреблении семян (по отношению к различным формам семенных чешуй) и коадаптивный характер взаимодействия между ней и кедром (Sierpielski, Benkman, 2007; 2010), указывают на наличие

связи показателей семенной продуктивности и формой деревьев по типу апофиза шишек. Трёхлетние наблюдения в Чагринской роще позволили выявить следующие особенности форм (табл. 3).

Таблица 3 – Биометрические показатели шишек с различным типом апофиза (колебания средних значений по годам наблюдений)

Признак	Форма апофиза		
	плоский	бугорчатый	крючковатый
Шишки			
Длина шишек, см	4,66–6,20	5,33–6,83	5,38–6,30
Максимальный диаметр, см	4,29–4,70	4,31–4,63	4,11–4,68
Диаметр в средней части, см	4,11–4,20	4,05–4,17	3,95–4,02
Масса шишек, г	19,96–26,92	21,03–31,53	18,89–26,00
Семенные чешуйки			
Количество односемянных, шт.	10,1–18,2	12,8–23,7	12,0–23,5
Количество двусемянных, шт.	17,6–48,3	14,7–47,1	15,8–45,9
Процент односемянных	23–40	33–54	34–48
Процент двусемянных	60–77	46–67	52–66

Образцы с плоским апофизом по своей длине ежегодно уступают бугорчатым и крючковатым. Диаметр в максимально широком месте не отличается стабильностью ранжирования образцов разных типов семенной чешуи по годам наблюдений. Выраженных отличий в зависимости от формы апофиза не отмечено и у диаметра шишек определённого в средней их части. Масса шишек чаще максимальна у бугорчатых экземпляров. В разные годы генерации урожая максимальное количество односемянных чешуек отмечалось у бугорчатых и крючковатых форм. Вместе с тем, по количеству двусемянных чешуек наблюдается устойчивое ранжирование с лидированием плоскочешуйчатых экземпляров. Количество таких чешуек у этой категории шишек колебалось от 17,6 до 48,34 шт. Как правило, меньше всего таких чешуек образуется у шишек с крючковатым типом апофиза.

Относительное количество односемянных чешуек между годами наблюдений в зависимости от формы апофиза семенной чешуи не аналогично ранжированию, выраженному в абсолютной величине. Наибольший процент односемянных чешуй, как правило, образуется у крючковатых экземпляров (34-39%). Ранжирование по процентному содержанию двусемянных чешуй зеркально отображает вышеописанные результаты. В шишках с плоским типом апофиза семенной чешуи относительно общего количества формируется значительно больше нормально развитых двусемянных чешуй (60-77%).

Оценка влияния формовой принадлежности на развитие морфометрических параметров шишек проведена методом однофакторного дисперсионного анализа на примере шишек генерации 2012 года (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние формовой принадлежности шишек по типу апофиза семенной чешуи на морфометрические параметры шишек

Признак	Критерий Фишера F_{ϕ} ($F_{\text{крит}}=3,08$)	Сила влияния $\eta^2 \pm m_{\eta^2}$
Длина шишек	10,48*	0,16±0,02
Максимальный диаметр	0,32	0,06±0,02
Диаметр в средней части	0,29	0,05±0,02
Масса шишек	0,72	0,01±0,02
Количество односемянных чешуек	8,87*	0,14±0,02
Количество двусемянных чешуек	0,99	0,02±0,02
Процент односемянных чешуек	4,53*	0,08±0,02
Процент двусемянных чешуек	4,53*	0,08±0,02

Примечание: *- влияние признака существенно на 5% уровне значимости.

Различие по форме семенной чешуи обуславливает выраженность таких признаков как длина шишек, количество односемянных чешуек и относительное количество одно- и двусемянных чешуек ($F_{\phi} > F_{\text{крит}}=3,08$). Наиболее выраженным является влияние формовой принадлежности на длину зрелых макростробил. Факториально обусловленная дисперсия параметра составляет 16%. Корреляционное отношение при такой доле влияния фактора ($\eta=0,40$) указывает на наличие умеренной зависимости. Количество односемянных чешуек также обусловлено принадлежностью шишек к определённой группе по типу апофиза семенной чешуи. Сила влияния фактора (η^2) на этот показатель составляет 0,14±0,02. Корреляционное отношение ($\eta=0,37$) также как и в предыдущем случае, демонстрирует умеренную тесноту зависимости признака от формовой принадлежности шишек. Относительное содержание одно- и двусемянных чешуек обусловлено типом апофиза семенной чешуи в меньшей степени, чем длина шишек и количество односемянных чешуек. Показатель силы влияния (η^2) у этих признаков составляет 0,08±0,02.

Диаметр шишек, а также их масса и количество двусемянных чешуй не зависит от формы апофиза семенной чешуи. Отметим, что в различные годы наблюдений по этим признакам также не наблюдалось выраженного лидирования той или иной формы.

Результаты трёхлетних наблюдений биометрических параметров шишек в разрезе их формовой принадлежности по типу апофиза семенной чешуи позволили вычислить доли дисперсий, обусловленных годом репродукции и формой семенной чешуи. В данном аспекте год урожая, можно условно принять за фактор среды, обусловленный неоднозначностью погодных условий (гидротермического режима) периодов созревания урожая. Отметим, что под условиями среды в данном случае не подразумеваются почвен-

ные и иные условия, которые соответственно схеме дисперсионного анализа включены в остаточную дисперсию.

Варьированием погодных условий сопутствующих созреванию урожая в значительной степени обусловлены все рассматриваемые признаки. В большей степени этим фактором предопределено количество двусемянных чешуек. Сила влияния фактора на этот признак составила 0,96, что показывает очень высокую зависимость от фактора ($\eta = 0,98$). При этом, напротив, относительное количество образуемых одно- или двусемянных чешуек (выраженное в процентах от общего количества) из рассматриваемых параметров обусловлено этим фактором менее всего. Лишь 66% общей дисперсии этого признака обусловлена годом сбора урожая. Отметим, что и в данном случае влияние статистически существенно ($F_{\phi}=18,45 > F_{\text{крит}}=6,94$), также как и в случае с другими признаками. Достаточно высоко годом репродукции обусловлено и количество односемянных чешуек ($\eta^2=0,76$). Размеры шишек и их масса также существенно подвержены влиянию погодных условий. В большей степени от них зависит диаметр шишек ($\eta^2=0,91$), а в меньшей их длина ($\eta^2=0,80$).

Влияние формовой принадлежности растений (по типу апофиза семенной чешуи) выражено значительно слабее. Лишь по одному параметру – проценту формируемых одно- и двусемянных чешуек определено статистически существенное влияние. Доля влияния этого фактора составляет 27%. Критерий Фишера (7,52) численно больше критического значения. Сумма дисперсий обоих рассматриваемых факторов составляет 93% от общей, таким образом, на долю иных факторов приходится около 7% вариации данного признака.

Образование односемянных чешуек связано с биометрическими параметрами шишек. Количество односемянных чешуек, выраженное в процентах от их общего числа, связано с диаметром шишек ($r=-0,35\pm 0,08$), их массой ($r=-0,48\pm 0,07$), абсолютным выражением количества чешуек обеих категорий (двусемянных: $r=-0,89\pm 0,02$; односемянных: $r=0,79\pm 0,04$). Процентное содержание односемянных чешуек не связано с диаметром в максимально широком месте (который обычно определяют у шишек) ($r=-0,17\pm 0,09$), но сопряжено с диаметром в средней её части ($r=0,35\pm 0,08$). Данный факт обусловлен тем, что образование односемянных чешуй в проксимальной части шишек неизбежно сказывается на снижении их диаметра в средней части. Таким образом, содержание односемянных чешуек (связанное с типом апофиза семенной чешуи) предопределяет геометрическую форму шишек. Большой процент двусемянных чешуек в таком случае способствует образованию цилиндрических шишек, а меньший – яйцевидных или конических.

Размеры шишек – это признак, связанный с орехопродуктивностью. Однако, непосредственно прямыми селективируемыми признаками, имеющими хозяйственное значение, являются масса и количество семян в шишках. Крупность кедрового ореха – важный аспект, который следует учитывать при селекции и интродукции вида.

В отличие от биометрических параметров шишек, количество, масса и метрические параметры семян по годам наблюдений в разрезе форм по типу апофиза семенной чешуи существенно варьируют. Практически каждая форма по тому или иному показателю в разные годы отличается рангом лидирования. Тем не менее, в шишках бугорчатой формы чаще образуется больше семян (как по количеству, так и по массе). Вместе с тем достоверного различия в количестве семян, образующихся в разных морфологических формах шишек, не обнаружено.

Семена из шишек с плоским типом апофиза требуют сравнительно меньшей максимальной силы ($11,34 \pm 0,48$ кгс) и напряжения ($0,97 \pm 0,04$ кгс/мм²), но большего времени ($7,44 \pm 0,96$ с) при их раскалывании. В практическом отношении представляет интерес отбор особей с плоским типом апофиза семенной чешуи.

Несмотря на отсутствие прямой зависимости между формой шишек по типу апофиза и параметрами семян, вполне закономерно опосредованное влияние черезсемянницы. Корреляционный анализ позволил выявить более тесную зависимость между параметрами семян сформированных под двусемянными чешуйками. Максимальная взаимосвязь здесь наблюдается между длиной и шириной семян ($r=0,80 \pm 0,06$). Несколько меньше у таких семян сопряжены длина и толщина ($r=0,72 \pm 0,09$). Тем не менее, здесь, как и у предыдущей пары, связь высокая ($r=0,71-0,90$). Меньше всего у данной группы связь выражена между толщиной и шириной ($0,62 \pm 0,11$), что позволяет её характеризовать как значительную ($r=0,51-0,70$). Достоверность взаимосвязей между описанными парами доказана на 0,1% уровне значимости ($t_{001} \geq 3,7$).

У семян, развитых под односемянной чешуйкой, сопряжение параметров выражено слабее. Так, длина таких орешков связана с толщиной и шириной соответственно на уровне коэффициентов корреляции ($r \pm m_r$) $0,55 \pm 0,12$ и $0,54 \pm 0,12$, что, тем не менее, характеризует её как значительную. Достоверность взаимного сопряжения между этими парами доказана на 0,1% уровне значимости ($t_{001} \geq 3,7$). Ещё в меньшей степени зависят друг от друга толщина и ширина таких семян. Коэффициент корреляции между этими признаками составил лишь $0,39 \pm 0,15$, что свидетельствует об её умеренном уровне. Показатель достоверности коэффициента корреляции в этом случае составил только лишь 2,60, что указывает на достоверность критерия сопряжения на 5% уровне значимости.

Связь между длиной и шириной орешков из-под односемянных чешуек друг с другом менее тесная ($r=0,54 \pm 0,12$), чем длина односемянок и ширина семян под чешуйкой, где нормально развиты оба орешка ($r=0,73 \pm 0,08$). Вполне логично, что наблюдается высокая степень взаимосвязи между шириной семян обеих категорий. Коэффициент корреляции этой пары составляет $0,79 \pm 0,07$.

Таким образом, форма апофиза семенной чешуи является ценным диагностическим маркером, позволяющим осуществлять отбор лучших семен-

ных деревьев. С формой апофиза связано процентное соотношение двусемянных и односемянных семенных чешуек. В свою очередь, процент односемянных чешуек сопряжён с диаметром шишек, их массой, абсолютным количеством чешуек обеих категорий, образуемых на них. Кроме числа односемянных чешуй их относительное количество по анализируемым параметрам имеет обратный характер зависимости. Исследования не позволили обнаружить влияния изменчивости растений по типу апофиза семенной чешуи на количество семян, их массу в шишке, массу 1000 штук и длину семян.

Наибольший процент односемянных чешуек формируется у крючковых экземпляров (34-39%). В шишках с плоским типом апофиза семенной чешуи относительно их общего количества образуются большей частью нормально развитые двусемянные чешуи (60-77%). Таким образом, растения, относящиеся к данной морфологической форме, менее подвержены колебаниям погодных условий и, следовательно, более адаптированы к местным климатическим условиям.

Вместе с тем, основные признаки структуры урожая predeterminedены погодными условиями, сопутствующими его формированию. Размеры и масса шишек, содержание в них семян, а также масса 1000 штук семян и их длина существенно варьируют по годам наблюдения.

Диссиметрия шишек у хвойных пород – важный аспект биотектоники как методологической основы изучения форм в живой природе. Выделяют несколько принципов структурно-пространственного развития растений или их органов – линейный, радиальный, концентрический и спиральный. Спиральное построение подчиняется распределению согласно числовых рядов Люка и Фибоначчи (Чернов, 2013).

В левых изомерах (L) число односемянных чешуек составляет лишь $10,94 \pm 1,05$ шт., притом, что в правых (D) на 43% больше – $15,69 \pm 1,44$ шт. ($t_{\phi} = 2,44 > t_{05} = 2,0$). Противоположная тенденция наблюдается по количеству формируемых нормально развитых двусемянных чешуек. В шишках с левосторонним накручиванием генетической спирали (L) двусемянных чешуек на 21% больше ($31,71 \pm 2,06$ шт.), чем у D-изомеров ($25,07 \pm 1,78$ шт.). В относительном выражении соотношение выглядит следующим образом. В шишках, характеризующихся D-изомерией, более одной трети фертильных чешуек формируются односемянными ($39 \pm 3\%$), в то время как у L-изомеров этот процесс выражен значительно меньше ($26 \pm 3\%$).

Несмотря на то, что изменчивость количества различных форм чешуек у противоположных изомеров близка по своему значению, их процентное соотношение у них варьирует неодинаково. Так, если относительное количество односемянных чешуек у L-форм составляет 55%, то у их противоположных форм, лишь 43% (на 12% меньше). Не менее ощутимое различие отмечается и по вариации процента двусемянных чешуек. Большая флуктуация у шишек, характеризующихся D-изомерией (27%). У их антиподов величина

этого статистического показателя по анализируемому признаку меньше на 8%.

Для D-изомеров шишек характерно несколько большее варьирование количества и массы содержащихся в них семян. Коэффициент изменчивости массы семян у D-изомеров достигает 28%, притом, что у противоположных им L-форм – 23 %. Количество семян в шишках меняется несколько меньше, чем масса. Коэффициент изменчивости у шишек с правосторонним «ходом» генетической спирали семенных чешуй (D) по этому параметру составляет 26%. У L-изомеров флуктуация массы семян меньше (20%).

В наибольшей степени и по большинству параметров сопряжённая вариация с количеством семян наблюдается у шишек с D-изомерией. Так, в отличие от их антиподов для данной формы диссиметрии шишек характерно наличие связи с количеством двусемянных чешуек ($r=0,74\pm 0,08$) и процентом односемянных ($r=-0,38\pm 0,15$). У обеих форм проявляется связь между количеством семян и массой шишек, но у D-изомеров теснота сопряжения высокая ($r=0,77\pm 0,07$), а у противоположной формы умеренная ($r=0,48\pm 0,14$).

Количество семян, содержащихся в шишке, в большей степени взаимосвязано с их массой, но в шишках с наличием правосторонней генетической спирали (D) коэффициент корреляции выше ($0,87\pm 0,04$), чем с левосторонней ($0,73\pm 0,08$).

Для D-изомеров характерна выраженная взаимосвязь массы формируемых в них семян с такими параметрами как диаметр (в максимально широком месте) – $r=0,47\pm 0,14$, масса шишек – $r=0,91\pm 0,03$, количество двусемянных чешуек – $r=0,70\pm 0,09$. В отличие от них для L-изомеров подобная закономерность проявляется лишь с длиной шишек – $r=0,73\pm 0,08$. Масса формируемых семян в шишках L-изомеров связана с массой их 1000 шт. ($r=0,50\pm 0,14$).

Образование односемянных чешуек для D-изомеров является вполне закономерным и связано с габитуальными особенностями шишек. Значительный процент формируемых в них односемянных чешуек предопределяет существенное варьирование количества и массы семян. Масса формирующихся семян в шишках с L-изомерией в большей степени предопределена качеством самих семян (массой 1000 шт.), нежели варьированием размеров шишек, кроме их длины.

Таким образом, при селекции кедра по крупности шишек (по их длине) следует использовать для анализа образцы с левосторонней формой изомерии, поскольку для них более характерна взаимосвязь с содержанием в них семян. Более крупные размеры макростробил D-изомеров могут быть предопределены черезсемянницей.

Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ КЕДРА СИБИРСКОГО НА ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОЙ ОСНОВЕ

Выращивание сеянцев в питомниках, требует увеличения их выхода и снижения их себестоимости. Повышение всхожести семян в условиях интродукции является достаточно важной задачей. При сборе семян можно производить отбор наилучших по посевным качествам деревьев (Бабич, Хамитов, Хамитова, 2014). Наследственные свойства растений предопределяют быстроту роста уже на ранних стадиях онтогенеза (Любавская, 2006). В этой связи некоторые авторы (Гуртяченко, 1994; Братилова, 2005) признают эффективность отбора посадочного материала хвойных пород.

Коэффициент наследуемости всхожести семян в широком смысле (H^2), достигает 0,57 ($F_{\phi} > F_{\text{крит}}$). Следует отметить, что наследуемость биометрических признаков обычно значительно выше, что обусловлено меньшим их варьированием (Хамитова, 2012). Изменчивость всхожести семян проявляется и на эндогенном уровне. Правые формы шишек в значительной степени превосходят по всхожести семян левые (Бабич, Хамитов, Хамитова, 2014).

Между потомством разных морфологических форм прослеживаются отличия в росте их сеянцев (табл. 5).

Таблица 5 – Влияние происхождения (по форме апофиза семенной чешуи) на рост четырёхлетних сеянцев

Форма апофиза семенной чешуи	Биометрические параметры сеянцев $M \pm m$			
	диаметр, мм	высота, см	длина, см	
			эпикотилия	хвои
К	3,9±0,06	12,5±0,3	8,3±0,3	7,4±0,2
Б	3,8±0,05	10,4±0,2	6,1±0,2	6,9±0,1
П	4,0±0,09	10,1±0,3	5,9±0,2	7,4±0,2
Среднее	3,9±0,04	10,8±0,2	6,5±0,2	7,1±0,1

Примечание: * – тип апофиза (К – крючковатый, Б – бугорчатый, П – плоский)

К четырёхлетнему возрасту средний диаметр стволиков у шейки корня составляет 3,9±0,04 мм. Наибольших размеров по толщине стволика достигают сеянцы из семей плоской формы (4,0±0,09 мм). Изменчивость по этому признаку для данной категории сеянцев максимальна ($C=18,96\%$). Наименьшая изменчивость характерна для семенного потомства крючковатой формы ($C=12,24\%$). Величина статистического показателя этой группы растений близка к таковому (и даже ниже) для общей их совокупности ($C=13,91\%$) несмотря на меньшую представленность. Среднее значение признака у данных сеянцев также совпадает со средней для всех групп. Наименьший диаметр стволика у сеянцев потомства бугорчатой формы (3,8±0,05 мм). Тем не ме-

нее, отличия между сеянцами различных морфологических форм и средним для популяции по диаметру стволика в этом возрасте незначительны (3%). Однако, различие средней величины между потомством бугорчатой и плоской форм статистически достоверно ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$).

Различия между потомством морфологических форм выражено и по длине стволиков сеянцев. Средняя высота сеянцев после четырёх лет выращивания составляет $10,8 \pm 0,2$ см. Уровень изменчивости признака высокий ($C = 25,97\%$). Вместе с тем особи, выращенные из семян деревьев, продуцирующих шишки с крючковатым типом апофиза, на 16% выше среднего ($12,5 \pm 0,3$ см). Отличие по этому признаку от потомства других морфологических форм статистически существенно при доверительной вероятности 0,95 ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$). Флуктуация этого признака для данной группы, напротив, минимальна ($C = 18,66\%$). Наименьшая высота у сеянцев из семян шишек с плоским типом апофиза ($10,1 \pm 0,3$ см). Вариация параметра здесь, также ниже средней по общей совокупности ($C = 20,62\%$). Средняя высота сеянцев достаточно чётко ранжируется, снижаясь от потомства крючковатой формы к плоской. Особи бугорчатой формы занимают промежуточное положение. Тем не менее, их высота ($10,4 \pm 0,2$ см) близка к потомству плоскошишечной формы. Сеянцы из семян деревьев с шишками бугорчатой формы наиболее изменчивы по высоте ($C = 28,35\%$), что указывает на дивергенцию по интенсивности роста их потомства.

Высота сеянцев предопределена интенсивностью прироста эпикотилия. Поэтому вполне логично, что по средней величине данного признака у сеянцев выявлены одинаковые тенденции. Средняя длина гипокотилей у всех сеянцев составляет около четырёх сантиметров. Таким образом, средняя длина эпикотилей фактически меньше высоты сеянцев на четыре сантиметра. Для сеянцев без разделения их по группам величина этого показателя составляет $6,5 \pm 0,2$ см. Уровень флуктуации параметра очень высокий ($C = 42,44\%$). Максимальная длина отмечена у экземпляров сеянцев, выращенных из семян деревьев, образующих шишки с крючковатым типом апофиза ($8,3 \pm 0,3$ см). Величина признака на 28% больше среднего. Отличие по этому признаку от потомства других морфологических форм существенно на 5% уровне значимости ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$). Как и для предыдущих параметров, для этой группы сеянцев изменчивость признака меньше чем у общей совокупности ($C = 29,16\%$). Наименьшая длина эпикотилей у сеянцев в потомстве деревьев плоскошишечной формы ($5,9 \pm 0,2$ см). Коэффициент изменчивости параметра также меньше, чем у объединённой совокупности сеянцев ($C = 34,61\%$). Максимальной величины этот статистический критерий достигает у потомства бугорчатой формы ($C = 46,81\%$). При этом средняя длина эпикотилия у таких растений, также как и высота стволиков, занимает промежуточное положение ($6,1 \pm 0,2$ см). Таким образом, наблюдается постепенное уменьшение длины эпикотилия сеянцев от семей крючковатых форм к плоским. Наиболее вариабельными по данному параметру является потомство бугорчатой формы.

Важным составным элементом, обеспечивающим интенсивность прироста сеянцев, является развитие их ассимиляционного аппарата. В этом аспекте длина хвои, обеспечивающая площадь фотосинтетической поверхности, является значимым линейным параметром, характеризующим качество посадочного материала. Тем не менее, выраженных тенденций изменения величины этого признака между формами не выявлено. Средняя длина хвои у четырёхлетних сеянцев составляет $7,1 \pm 0,1$ см. Максимальных размеров достигают хвоинки в потомстве бугорчатой и плоской форм. В обоих вариантах их длина составляет $7,4 \pm 0,2$ см, что на 4% выше среднего. Выраженного отличия в вариабельности параметра в потомствах форм не выявлено. Длина хвои у образцов сеянцев от деревьев с бугорчатым типом апофиза семенной чешуи статистически существенно меньше, чем в потомстве крючковатых и плоских ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$).

Выполненные исследования позволяют заключить, что размеры сеянцев связаны с формовой изменчивостью материнских деревьев по типу апофиза семенной чешуи. Наибольшей высотой отличаются сеянцы в потомстве растений, образующих крючковатые шишки, а наименьшей – плоские. Однако, потомство плоскошишечных форм имеет больший диаметр стволиков. Сеянцы, выращенные из семян деревьев с бугорчатой формой шишек, отличаются выраженной вариабельностью высоты стволика и длины эпикотилия. При этом потомство растений данной морфологической формы имеет самую короткую хвою.

Масса сеянцев и отдельных органов обусловлена их происхождением (в зависимости от формы апофиза семенной чешуи шишек материнских деревьев). Как по массе самих растений, так и их частей выражено её увеличение от потомства плоскошишечных к потомству крючкова-тошишечных форм. Сеянцы, выращенные из семян деревьев с бугорчатым типом апофиза, как по общей массе ($2,22 \pm 0,09$ г), так и по массе отдельных частей, приблизительно равны среднему по популяции ($2,20 \pm 0,07$ г). Наибольшее различие по массе надземной части сеянцев наблюдается между потомством деревьев образующих крючковатые ($2,59 \pm 0,16$ г) и плоские шишки ($1,92 \pm 0,13$ г). Последние уступают по этому показателю на 46% ($t_{\phi} = 3,67 > t_{05} = 1,98$). Наибольшей относительной массой надземной части ($68 \pm 1,2\%$) и наименьшей корневой системы ($32 \pm 1,2\%$) отличаются сеянцы из семян деревьев крючкова-тошишечных форм. Вариабельность кедра сибирского по форме апофиза семенной чешуи, оказывающая влияние на флуктуацию сеянцев, как по их общей массе, так и её отдельных частей, а также на распределение веса между частями растений, указывает на наличие различного уровня генетического контроля и, соответственно, нормы реакции потомства внутривидовых форм.

Половой тип материнских растений также сказывается на росте их семенного потомства (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние полового типа материнских продуцентов на рост четырёхлетних сеянцев

Половой тип материнских растений	Биометрические параметры семян $M \pm m$			
	диаметр, мм	высота, см	длина, см	
			эпикотилия	хвои
Мужской	3,9±0,09	10,8±0,4	6,6±0,4	7,1±0,1
Смешанный	3,8±0,05	11,5±0,2	7,1±0,2	7,2±0,1
Женский	3,8±0,07	9,4±0,3	5,4±0,3	6,9±0,2
Среднее	3,9±0,04	10,8±0,2	6,5±0,2	7,1±0,1

Диаметр стволиков семян не обусловлен половой дифференциацией материнских растений. В большей степени факториально обусловленным биометрическим признаком семян является их высота. Потомство смешанной половой формы достигает больших размеров (11,5±0,2 см). Величина параметра достоверно ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$) превышает среднее по совокупности потомств на 6%. Потомство женских особей отличается меньшими размерами по высоте (9,4±0,3 см). Разница со средним по популяции достигает 13% ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$). Размах между средними значениями признака в потомстве смешанной и женской форм составляет 2,1 см ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$).

Различие по высоте в вариантах обусловлено ростом эпикотилия. Наибольшей длиной эпикотилия отличаются семена в потомстве смешанной половой формы (7,1±0,2 см). Размеры этой части стволика данной категории растений на 9% выше среднего ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$). Минимальная величина эпикотилия у потомства женской формы (5,4±0,3 см). Эти семена отстают от средних по популяции на 17% ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$). Между растениями потомства смешанного и женского полового типа различие достигает 1,7 см ($t_{\phi} > t_{05} = 2,0$).

Существенного отличия в вариабельности длины хвои в потомствах половых форм не выражено. Несколько большая длина хвои у семян деревьев смешанного типа, а меньшая у женского. Однако, различия со средней по популяции и между отдельными формами, статистически не достоверны ($t_{\phi} < t_{05} = 2,0$). У семян различного происхождения также не отмечено отличий в уровнях вариабельности биометрических признаков.

Наибольшей массы достигают семена в потомстве деревьев смешанного полового типа (2,33±0,10 г), что на 6% выше среднего по популяции. Вместе с этим, такое различие статистически несущественно ($t_{\phi} = 0,99 < t_{05} = 1,98$). Семена из семян деревьев смешанного полового типа значительно тяжелее (на 15%) растений из семян деревьев женского типа ($t_{\phi} = 2,05 > t_{05} = 1,98$), масса которых самая низкая (2,02±0,11 г).

Из вышеизложенного следует, что в лесных питомниках не следует осуществлять массовый отбор семян по их крупности, поскольку это ведёт к снижению доли участия потомства форм деревьев с плоским и бугорчатым типом апофиза семенной чешуи, а также потомства растений женской половой формы, ценных по семенной продуктивности.

Глава 6. ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТ СЕЯНЦЕВ

Реализация генотипического потенциала вида в максимально полном объёме возможна только при условии сохранения значительного спектра биотипов. Создание высокого агрофона культивирования вида в конечном итоге позволяет осуществлять селекционный процесс по заданной программе. В этом аспекте весьма эффективны мероприятия, направленные на стимулирование всхожести семян.

Поисковые исследования позволили обнаружить полезное действие обработки семян перед их посевом препаратом Гумат+7 в $1 \cdot 10^{-2}\%$ концентрации, которое существенно увеличивает всхожесть семян (184% к контролю). Повышение содержания в растворе препарата Гумат+7 до $1 \cdot 10^{-1}\%$ вероятнее всего оказывает ингибиторное действие, поскольку всхожесть в этом случае снижается на 20% по отношению контролю. Воздействие на семена Гуматом натрия несколько слабее, что объясняется, содержанием в его составе только натрия и отсутствием комплекса микроэлементов. Тем не менее, использование Гумата натрия в $5 \cdot 10^{-3}\%$ концентрации повышает всхожесть на 44%.

Последующие исследования с более дробной концентрацией препарата Гумат+7 позволили выявить наиболее оптимальную её концентрацию – $5 \cdot 10^{-3}\%$. Обработка семян стимулятором в таком количестве позволяет увеличить всхожесть на 130% по отношению к контролю. Последующее увеличение содержания вещества в растворе негативно отражается на всхожести, однако у большего количества вариантов различие с эталонным статистически не достоверно ($НСР_{05}=2,1\%$).

Всхожесть семян существенно предопределена флуктуацией содержания Гумат+7 ($F_{\phi}=6,28 > F_{05}=3,11$). Индекс детерминации (η^2) составляет 0,94. Величина корреляционного отношения ($0,76 \pm 0,09$) указывает на высокую зависимость всхожести от содержания вещества в растворе ($t_{\eta} = 8,9 > t_{05} = 2,1$).

Биоактиваторы ЛСТ, Лэнит-20, Линит-50, Комплин также способствуют всхожести семян. В лабораторных условиях наибольшей энергией прорастания отличаются семена обработанные препаратом ЛСТ в концентрации 10 мл/л. Техническая всхожесть семян в этом варианте составила 22%. Обработка этим же веществом в концентрации 1 мл/л в наименьшей степени активизирует прорастание семян (техническая всхожесть составила 4%). Грунтовая всхожесть в некоторых случаях в два раза превосходит всхожесть в контрольном варианте. Воздействие стимулятором ЛСТ более полезно при содержании его в растворе 10 мл/л (всхожесть 21,3%), что практически в два раза выше результатов полученных в контроле (10,7%). Наименьшая всхожесть после обработки этим веществом в варианте с применением раствора 1 мл/л (12,0%). Стимуляция прорастания семян препара-

том Комплин целесообразна при использовании концентрации 5 мл/л. В этом случае их грунтовая всхожесть повышается на 7,3 % (168% к контролю) и составляет 18,0%. Применение Линит-50 полезно в диапазоне их концентраций от 1,0 до 2,5 мл/л (200% к контролю). В варианте с активацией Лэнит-20 наиболее действенным оказался диапазон концентраций – 2,5-7,5 мл/л (153,1-159,4% к контролю).

Средняя высота стволиков сеянцев в разных вариантах опыта демонстрирует позитивное воздействие обработки семян перед посевом гуматами на рост сеянцев кедра. После первого вегетационного периода наибольшей отклик на применение препаратов был выражен в посевах с использованием Гумата натрия ($1 \cdot 10^{-1}\%$), где сеянцы были больше контрольных на 17% ($6,2 \pm 0,1$ см). Воздействие Гуматом натрия ($1 \cdot 10^{-2}\%$) обеспечило среднюю величину признака на уровне превышающим контроль на 15% ($6,1 \pm 0,1$ см), а при воздействии раствором Гумат+7 с аналогичным содержанием вещества – 13% ($6,0 \pm 0,1$ см). Различие этих средних величин со значением полученным в эталонном варианте существенны при 5% доверительной вероятности ($t_{\phi} \geq t_{05} = 2,0$). В эксперименте по уточнению концентрации Гумат+7 наибольшую высоту развивали сеянцы под воздействием $5 \cdot 10^{-3}\%$ раствора (выше контрольных растений на 15%).

Однолетние сеянцы, выращенные в посевах с применением Гумат+7, не имеют достоверного различия с контрольными образцами по величине диаметра у шейки корня. Двухлетние растения в некоторых экспериментальных посевах отличаются повышенной величиной этого параметра. После использования $5 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-2}\%$ концентрацией раствора Гумат+7 сеянцы имеют крупные стволики. Даже в варианте с минимальной концентрацией биоактиватора ($1 \cdot 10^{-3}\%$) отмечается определённое повышение роста двухлетних сеянцев по диаметру их стволиков (на 13% выше контрольных).

Использование биоактиваторов Комплин, Линит-50, Лэнит-20, демонстрирует их позитивное воздействие на рост сеянцев. Так, в посевах с задействованием раствора содержащего 7,5 мл/л Комплина стволики сеянцев на 20% выше контрольного значения ($6,1 \pm 0,2$ см), а активация Лэнит-20 полезна в концентрации 2,5 мл/л – $6,2 \pm 0,4$ см, (122% в сравнении со стандартным вариантом). Лучшие последствия имело воздействие на семена Линит-50, где средняя высота стволиков достигает $6,6 \pm 0,3$ см (129% к контролю) в варианте с 10 мл/л раствором. Отличие от контроля в этих посевах достоверно ($t_{\phi} \geq t_{05} = 2,0$).

В однолетнем возрасте максимальной массы достигли растения после использования раствора содержащего $5 \cdot 10^{-3}\%$ Гумат+7, которые тяжелее контроля на 48,8%. Эти сеянцы отличаются достаточно большим весом их корневой части, стволиков и хвои. Растения после второго вегетационного периода, подобно однолетним, наибольшей массы 100 шт. достигают после обработки семян раствором содержащим $5 \cdot 10^{-3}\%$ биоактиватора, – 141,7 г (на 110% выше контроля).

Воздействие активаторами роста ЛСТ, Комплин, Линит-50, Лэнит-20 различных концентраций также отражается на уровне накопления сухой массы однолетними сеянцами (рис.1).

Максимальную массу накапливают сеянцы в посевах с изучением воздействия на них обработки семян препаратом ЛСТ в содержании 10 мл/л, которые оказались тяжелее контрольных на 44% ($0,26 \pm 0,01$) г. Эти растения выделяются высокой массой корней ($0,10 \pm 0,01$ г) и стволика ($0,13 \pm 0,01$ г).

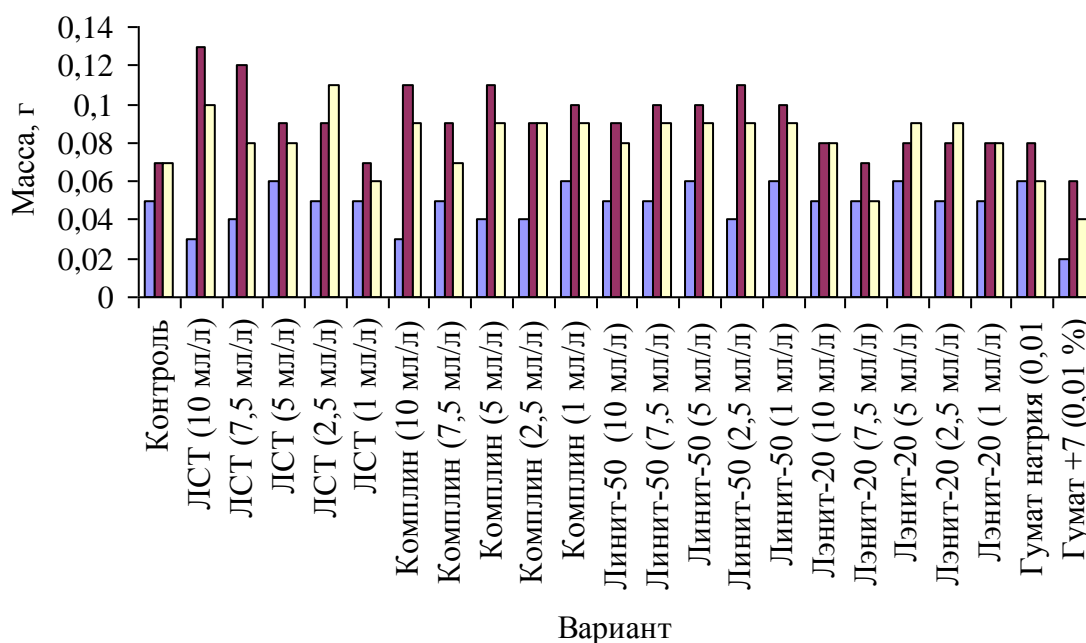


Рис. 1. Накопление однолетними сеянцами сухого органического вещества:

■ хвоя ■ ствол ■ корни

Применение Гумата натрия ($5 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-2}\%$), а также Гумат+7 ($1 \cdot 10^{-2}\%$) влечёт активное накопление сухого вещества надземными органами растений ($0,79 \pm 0,04$; $0,82 \pm 0,03$; $0,77 \pm 0,03$ г соответственно). Отличия между такими растениями и контрольными достоверно при доверительной вероятности (P) 0,95 ($t_{\phi} > t_{05} = 2,1$) и достигает 26-34%. Воздействие $1 \cdot 10^{-2}\%$ Гуматом натрия снижает массу корней на 22% ($0,25 \pm 0,01$ г) в сравнении с контрольными растениями, а $1 \cdot 10^{-2}$ и $1 \cdot 10^{-10}\%$ Гумат+7 уменьшает её на 41 и 28% ($0,19 \pm 0,02$; $0,23 \pm 0,01$ г) соответственно. Существенность различия со стандартным вариантом выражена при доверительной вероятности (P) 0,95 ($t_{\phi} > t_{05} = 2,1$). Действие гетероауксина также отражается в снижении массы корней на 28% ($0,23 \pm 0,02$ г).

Последствия обработки семян активаторами роста Гумат натрия, Гумат+7 и гетероауксином обнаруживаются и на третий год после посева (рис. 2).

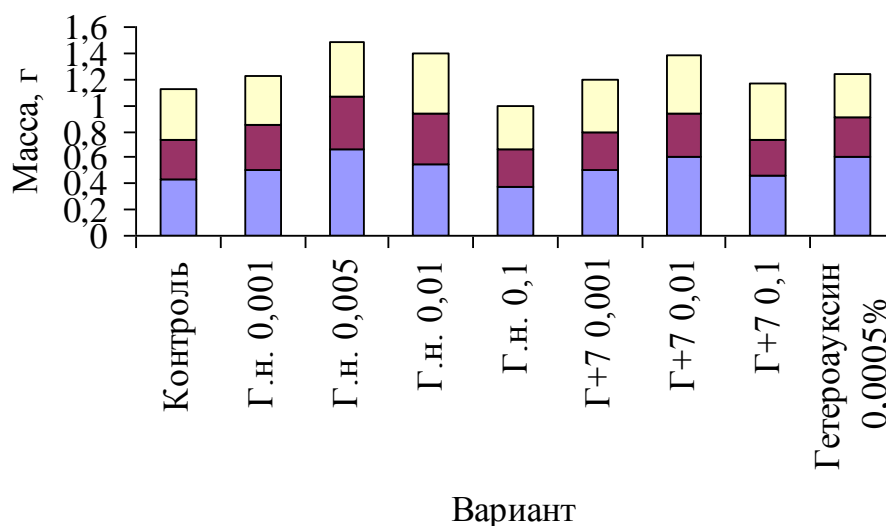


Рис. 2. Влияние стимуляторов роста на массу хвои (■), стволиков (■), корней (■) трёхлетних сеянцев

Самую большую массу – $1,49 \pm 0,09$ г (на 32% выше контроля) накапливают растения, под воздействием Гумата натрия в содержании $5 \cdot 10^{-3}\%$. Активация $1 \cdot 10^{-2}\%$ его раствором способствует увеличению массы растений на 25% ($1,41 \pm 0,08$ г). Применение Гумат+7 позитивно сказывается при содержании вещества $1 \cdot 10^{-2}\%$. Масса сеянцев после воздействия этого раствора на 24% выше контрольных ($1,40 \pm 0,09$ г). В других вариантах масса сеянцев близка к контрольным. Флуктуация признака внутри вариантов опыта – от низкого до высокого уровня. Растения в этих вариантах выделяются увеличенной массой органов надземной части. Так, например, после обрабатывания семян $5 \cdot 10^{-3}\%$ раствором Гумата натрия масса надземной части на 43% выше контроля, а $1 \cdot 10^{-2}\%$ на 27%. В посевах, где испытывалось воздействие $1 \cdot 10^{-2}\%$ раствора Гумат+7, средняя масса надземной части сеянца составила $0,94 \pm 0,06$ г (127% к контролю). Высокой массой надземной части отличаются и сеянцы при испытании $5 \cdot 10^{-4}\%$ раствора гетероауксина (на 23% больше чем в контроле).

Наиболее выраженные величины массы хвои, которая выполняет важную фотосинтезирующую роль, прослеживаются в тех же опытах: Гумат натрия – $5 \cdot 10^{-3}\%$; $1 \cdot 10^{-2}\%$, Гумат+7 – $1 \cdot 10^{-2}\%$, а также при использовании $5 \cdot 10^{-4}\%$ гетероауксина, где результаты превышают контрольные на 28-53%.

Масса стволиков, под воздействием биоактиваторов флуктуирует незначительно от $0,28 \pm 0,05$ г ($1 \cdot 10^{-1}\%$ растворы Гумата натрия и Гумат+7) до $0,40 \pm 0,03$ г ($5 \cdot 10^{-3}\%$ раствор Гумата натрия). Почти во всех посевах масса стволиков не отличается от таковой в контроле, за исключением сеянцев, выращенных из семян, на которых воздействовали $5 \cdot 10^{-3}\%$ Гуматом натрия.

При высоком уровне изменчивости массы корней внутри вариантов опыта (в контрольном варианте $C=36,84\%$), абсолютная величина признака, аналогично массе стволиков, в разных вариациях использования препаратов флуктуирует незначительно – от $0,33\pm 0,06$ г (гетероауксин) до $0,47\pm 0,04$ г ($1\cdot 10^{-2}\%$ раствор Гумата натрия). Такие отличия статистически не значимы при уровне доверительной вероятности (P) 0,95.

Существенным показателем, определяющим качество сеянцев, является соотношение корневой системы с надземной частью (Смирнов, 1981). Воздействие на семена разными концентрациями Гумат+7 обусловило и варьирование соотношения массы органов сеянцев. В тех посевах, где отмечается высокая масса одно- и двухлетних сеянцев (в опытах с применением $1\cdot 10^{-3}\dots 1\cdot 10^{-2}\%$ растворов), относительно общего веса растений масса корневой системы значительно выше, по сравнению с теми, где сеянцы меньше по своей массе (с обработкой $1,5\cdot 10^{-2}\dots 7,5\cdot 10^{-2}\%$ растворами). Фракция хвои в зависимости от концентрации применяемого вещества колеблется в пределах 21-32% у сеянцев-однолеток и 34-43% у двухлеток. Значительно меньшая доля хвои после воздействия растворами с пониженным содержанием вещества (от $1\cdot 10^{-3}$ до $1\cdot 10^{-2}\%$). На втором году жизни соотношение частей растений выравнивается (рис. 3).

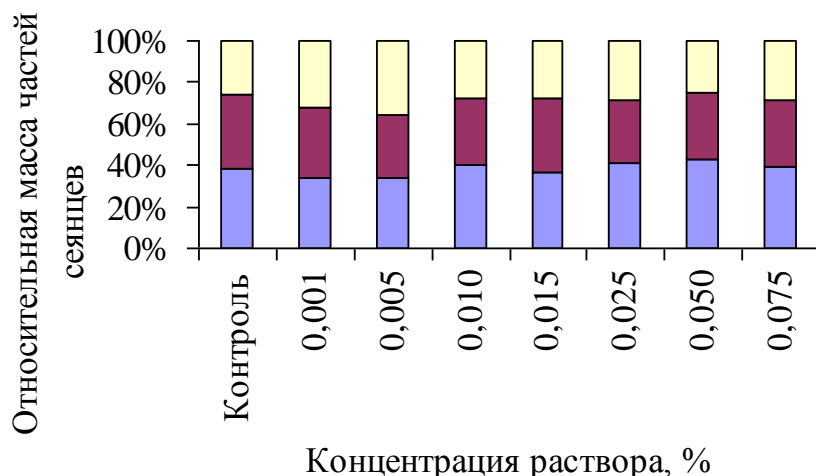


Рис. 3. Влияние Гумат+7 на соотношение массы хвои (■), стволиков (■) и корней (■) двухлетних сеянцев

Процентное отношение массы стволиков к общей массе растения у двухлетних сеянцев во всех вариантах опыта колеблется слабо (30-36%), однако у однолетних сеянцев доля массы стволиков значительно ниже после обработки слабыми растворами биоактиватора ($1\cdot 10^{-3}\dots 1\cdot 10^{-2}\%$).

Немаловажным критерием оценки качества растений, является отношение корней к надземной части растений. Наилучшим соотношением подземной и надземной биомассы для сеянцев хвойных видов (в т.ч. и кедра сибирского) является 1:2 – 1:3 (Родин, Грибков, Никитина, 1974; Родин, Грибков, Кузин, 1975). Высокая масса стволиков и хвои по отношению к корням

проявляется с увеличением концентрации Гумат+7. Незначительное накопление сухого вещества корнями растений, отрицательно отражается на приживаемости сеянцев пересаживаемых на лесокультурную площадь.

Отношение массы корней к надземной части у двухлетних сеянцев в опыте с воздействием Гумата натрия и Гумат+7 (табл. 7) в целом соответствуют данным эксперимента с Гумат+7.

Таблица 7 – Влияние обработки семян биоактиваторами на отношение массы корней к надземной части сеянцев.

Стимулятор	Концентрация раствора, %	Отношение массы* корней к надземной части	
		двухлетние	трёхлетние
Контроль	–	1:1,9	1:1,9
Гумат натрия	$1 \cdot 10^{-3}$	1:2,3	1:2,2
	$5 \cdot 10^{-3}$	1:2,9	1:2,4
	$1 \cdot 10^{-2}$	1:3,3	1:2,0
	$1 \cdot 10^{-1}$	1:2,3	1:1,9
Гумат+7	$1 \cdot 10^{-3}$	1:2,3	1:2,0
	$1 \cdot 10^{-2}$	1:4,1	1:2,1
	$1 \cdot 10^{-1}$	1:2,8	1:1,7
Гетероауксин	$5 \cdot 10^{-4}$	1:3,1	1:2,8

Примечание: * - масса в абсолютно сухом состоянии

Следует заключить, что после второго и третьего года выращивания практически во всех вариантах сеянцы обладают оптимальным соотношением корней и надземной части, однако в контрольном варианте и при обработке высокими концентрациями анализируемых веществ прослеживается снижение доли надземной части, что для последнего случая, может быть вызвано их ингибиторным действием.

Нормативных параметров сеянцы достигают после 3-х летнего периода выращивания. Наибольший выход стандартных сеянцев прослеживается в эксперименте по использованию $1 \cdot 10^{-1}\%$ раствора Гумата натрия – 329 шт./м² (на 145% выше контроля) и $1 \cdot 10^{-3}$; $1 \cdot 10^{-2}\%$ растворов Гумат+7, в котором выход сеянцев нормативной величины составил 232 шт./м² (на 73% выше контроля). Величины выхода стандартного посадочного материала в проведенных опытах полностью согласуются со всхожестью семян, сохранностью и ростом сеянцев.

Глава 7. РОСТ, СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР КЕДРА СИБИРСКОГО В ЗОНЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ

Леса Европейского севера довольно разнообразны по лесорастительным условиям. Наиболее продуктивными, здесь считаются зеленомошники. Характеристика культур кедра в зеленомошной группе типов леса коренных

ельников и сосняков южной подзоны тайги в целом отражает потенциал этих условий и лесоводственно-биологические особенности породы.

Насаждения сосны сибирской отличается между собой по составу и производительности. Большая часть этих насаждений соответствует III классу бонитета. В Устюженском лесничестве к 43-летнему возрасту культурфитоценозы достигают I класса бонитета. Здесь исследуемые объекты сосредоточены на одной плантации, а максимально высокие таксационные показатели отмечаются в кисличном ТУМ (I-III класс бонитета, запас до 158 м³/га к возрасту 43 лет). Однако характерно, что выраженных различий между типами условий местопроизрастания в пределах региона не наблюдается. Существенные отличия в составе насаждений и их производительности свидетельствуют о значительном влиянии лесоводственных уходов за культурами. В этой связи варьирование лесоводственно-таксационных показателей на пробных площадях – следствие особенностей создания культур и режимов их выращивания.

Конкурентные взаимоотношения кедра сибирского с аборигенными лесообразователями изучены на примере культур кедра в Вологодском лесничестве с участием естественного возобновления ели в разном количестве. Исследуемые участки значительно отличаются по своему составу вследствие различного участия ели (от 3 до 7 ед.) и средним диаметром стволов кедра сибирского (14,3 – 19,0 см). Объяснённая дисперсия степени развития крон кедра (их ширины) варьированием абсолютной полноты ели, находящейся в зоне перекрытия крон интродуцента составляет 54%. Достоверность параметра статистически доказана, ($F_{\phi} > F_{\text{крит}}$). Корреляционное отношение в этом случае достигло значения $0,73 \pm 0,09$ ($t=7,5 > 4$) и свидетельствует о высокой тесноте связи ($\eta > 0,71$). Более выраженным факториальным признаком служит коэффициент перекрытия крон. Сила его влияния (η^2) на ширину кроны кедра достигает 0,58. Корреляционное отношение составило $0,77 \pm 0,10$, что указывает на высокую степень зависимости ($\eta > 0,71$) ширины крон культивируемых растений от перекрытия их кронами ели. Таким образом, присутствие естественного возобновления ели отрицательно сказывается на реализации генотипического потенциала интродуцируемого вида.

В Устюженском лесничестве средняя высота 23-летних культур кедра, являющихся постоянным лесосеменным участком, где уходы осуществлялись регулярно и отсутствует возобновление других пород, составляет 4,8 м. Запас насаждения составляет 14,1 м³/га. Средний таксационный диаметр кедров составил $6,1 \pm 0,3$ см. Коэффициент его вариации (52,2%) указывает на большую изменчивость признака. Диаметр кроны кедра на участке в настоящее время достиг $2,4 \pm 0,2$ м. Теснота взаимной сопряжённости биометрических признаков на участке в целом демонстрирует полноценную реализацию особями наследственных свойств. Между таксационным диаметром и высотой наблюдается высокая взаимосвязь ($r=0,79 \pm 0,004$). Несколько теснее корреляция между диаметром на высоте 1,3 м и диаметром кроны. По нашим

данным коэффициент корреляции составляет $0,82 \pm 0,003$. При увеличении ступени толщины отношение диаметра к высоте растений (D/H) уменьшается ($r = -0,51$). Между диаметром и отношением диаметра кроны к высоте связь умеренная ($r = 0,35 \pm 0,01$).

Значительная связь существует между высотой растений и шириной их кроны ($r = 0,66 \pm 0,01$). Диаметр кроны обратно умеренно связан с показателем D/H ($r = -0,45 \pm 0,01$). Ширина кроны также значительно связана с отношением её к высоте кедр ($r = 0,68 \pm 0,01$). Показатели отношения признаков D/H и $D_{кр.}/H$ также значительно обратно взаимосвязаны ($r = -0,52 \pm 0,01$).

Особь ежегодно образующие хорошо развитый верхушечный побег, представляют собой ценный исходный материал для селекции вида. В 21-летнем возрасте прирост кедр по высоте составил $0,27 \pm 0,01$ см. За последующие два года средний годичный прирост составлял $0,29 \pm 0,01$ см. Различия между значениями признака статистически доказано ($t_{ф} > t_{05}$). Коэффициент изменчивости прироста – в пределах от 13,1 до 14,4%.

В исследуемом насаждении растения были разделены на селекционные категории. Первую группу составили деревья-лидеры по диаметру со средним значением, превышающим одно стандартное отклонение ($M + \sigma$). Вторая, самая представительная группа селекционно нормальных деревьев ($M \pm \sigma$). Третья – экземпляры отвечающие условию $M - \sigma$. Коэффициент силы влияния селекционной категории растений на средний прирост по высоте довольно высокий ($\eta^2 = 0,55 \pm 0,04$). Результаты исследований достоверны ($F_{ф} > F_{крит.}$).

Феногенетический анализ показал, что такой биометрический признак как высота в наших условиях на 86% предопределяется генетически ($H^2 = 0,86$). Высокая генетическая обусловленность признака по всей вероятности объясняется экологической выравненностью условий местопроизрастания, отсутствием межвидовой конкуренции, что позволяет в большей степени реализовывать биотипам свои наследственные свойства.

Вышесказанное свидетельствует о том, что отбор экземпляров, отличающихся более развитой кроной и высокой энергией роста, является перспективным направлением работ на постоянном лесосеменном участке. При формировании ПЛСУ также следует учитывать распределение деревьев по диаметру. Удалению подлежат особи, диаметр которых меньше среднего на одно среднеквадратичное отклонение.

Семеношение кедр сибирского неизбежно влечёт за собой рекреационные нагрузки, связанные со сбором шишек. Посещение рекреантами кедровников приводит к уплотнению верхних горизонтов почвы, нарушению напочвенного покрова, что характерно и при других видах отдыха. Дополнительно к этому сборщики шишек повреждают кроны растений, обламывают ветви. Иногда туристы разводят костры под деревьями. Эти воздействия негативно сказываются на жизненном состоянии интродуцентов (Ипатов, 2010).

За счёт накопления в насаждениях значительного числа деревьев II и III категорий санитарной оценки в Чагринской и Грязовецкой рощах наблюдается довольно высокая средневзвешенная величина оценки их состояния. Этот показатель в Чагринской роще составляет 2,0. Большая часть деревьев здесь отнесена ко второму классу санитарного состояния (43%). Деревья этой категории преобладают и в Грязовецкой роще. Жизненное состояние этих насаждений ослабленное. Такая оценка связана с отмиранием ветвей в нижней части крон деревьев. В Куриловской роще (самой молодой из рассматриваемых) такие процессы не наблюдаются. Деревья здесь имеют хорошо развитую крону, а усыхание нижних ветвей не отмечается (в силу их возраста).

Распределение классов санитарного состояния деревьев разных морфологических форм по типу апофиза семенной чешуи в Чагринской роще неодинаково. Большая часть (67%) деревьев продуцирующих шишки с плоским типом апофиза относятся ко второму классу санитарного состояния. Средний класс для этой группы составляет 1,9. Растения с бугорчатой формой апофиза макростробил самые устойчивые, так как основная их часть (50%) имеет первый класс санитарного состояния. Кедр с шишками, имеющими крючковатый тип апофиза менее жизнеспособны из всех рассматриваемых форм. Несмотря на то, что, как и у растений плоскошишечной формы, большая их часть имеет второй класс санитарного состояния, у них не были выявлены особи первого класса санитарного состояния. Средний класс жизненного состояния здесь составил 2,2.

Наличие связи между санитарным состоянием и формовой принадлежностью деревьев подтверждается корреляционным анализом. Расчётное значение критерия χ^2 больше табличного на 5% уровне значимости ($\chi^2=9,6 > \chi^2_{05}=9,5$). Это указывает на то, что вариация по обоим критериям не случайна (при вероятности 0,95). О независимости флуктуации можно утверждать лишь при вероятности безошибочного заключения 0,90. Коэффициент взаимной сопряжённости Пирсона составил 0,46, что свидетельствует о наличии умеренной связи.

Таким образом, растения с плоским и бугорчатым типом апофиза в кедрсадах являются наиболее жизнеспособными. В этой связи при формировании припоселковых кедровников следует отдавать предпочтение особям с плоским и бугорчатым типом апофиза.

Строение кроны деревьев – основополагающий фактор в частоте и объёме семеношения. Растения, которые имеют многовершинную крону и не утратили репродуктивной способности по возрасту или по иным причинам, всегда имеют урожай выше, чем одновершинные (Современное состояние..., 2009). Существенной особенностью кедровых сосен является частое нарушение моноподиального ветвления в процессе онтогенеза. На участке культур кедра в Вологодском лесничестве, где в составе насаждения господствует ель (4К6Е) количество многовершинных деревьев кедра минимально – 18%. Напротив, в более благоприятных условиях (7К3Е) относительно коли-

чество растений кедров с многовершинной кроной возрастает, составляя 36% древостоя. Отсутствие или наличие многовершинности предопределяет и сопряжённую изменчивость диаметра ствола и ширины кроны деревьев. Теснота связи этих параметров у деревьев с нормальной кроной равна $0,65 \pm 0,04$, а у многовершинных она снижается до $0,41 \pm 0,08$.

Влияние многовершинности на жизненное состояние растений изучено нами в Грязовецкой кедровой роще. У каждого растения имеющего раздвоение ствола была измерена её высота от комля (шейки корня). Раздвоение стволов и многовершинность деревьев кедров в роще наблюдается у 40 деревьев, что составляет 18% от общего количества деревьев. Наибольшая высота до места раздвоения отмечается у деревьев третьего класса санитарной оценки ($1,35 \pm 0,19$ м). Для этих деревьев характерны наибольшие показатели по протяжённости кроны и диаметра ствола. Наименьшая высота до места раздвоения у растений первой категории состояния ($0,82 \pm 0,21$ м). Тем не менее, следует отметить, что достоверного различия между высотой ствола до места раздвоения у деревьев разного санитарного состояния не выявлено ($t_{\phi} < t_{05} = 2,1$). Таким образом, раздвоение ствола ближе к комлю (т.е. в более раннем возрасте) не оказывает отрицательного влияния на санитарное состояние деревьев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований и экспертной оценки специальной литературы можно заключить:

Леса Европейского севера России нуждаются в расширении своего породного состава. Потенциал почвенно-климатических условий региона в целом благоприятен для введения в леса кедров сибирского. Интродукция этого вида будет способствовать расширению биологического разнообразия местных лесов и видов их использования.

Развитие рыночных отношений позволяет выделить в дополнение к четырём, предложенным И.И. Дроздовым, этапам по интродукции кедров сибирского в Европейской части России – период целевого коммерческого лесовыращивания кедров (с 1991 года), отличающегося предварительным анализом и моделированием спроса и предложения на создаваемый продукт, что отражается в процессе проектирования типа лесных культур.

В условиях разведения за пределами ареала целевое назначение культур кедров сибирского, учитывая его хозяйственное значение и малую представленность насаждений, может включать следующие типы культур: 1) кедросады; 2) экологические лесные культуры комплексного назначения; 3) специальное плантационное лесовыращивание. При этом выращивание культур кедров сибирского в условиях интродукции для получения кедрового ореха должно опираться на использование селекционно-семеноводческих приёмов, позволяющих создавать высокопродуктивные кедросады.

Количество шишек, образуемых в кроне кедра, обратно связано с процентом односемянных чешуек шишек ($r=-0,73\pm 0,17$). Данный признак (процент односемянных чешуек) следует использовать при отборе высокоурожайных особей в качестве коррелятивного.

Половая структура популяции существенно предопределяет объём семеношения: 54% урожая продуцируют растения женского полового типа (которые составляют лишь 27% от их общего количества), 36% – промежуточной формы. Количество шишек с деревьев мужского полового типа в общем объёме урожая составляют лишь 10%.

Формовое разнообразие по типу апофиза семенной чешуи Чагринской интродукционной популяции представляет большой селекционный интерес. В этой связи семенной материал, заготавливаемый в Чагринской роще, следует использовать в первую очередь для создания новых интродукционных насаждений на генетико-селекционной основе.

Форма апофиза семенной чешуи является ценным диагностическим маркером, позволяющим осуществлять отбор лучших семенных деревьев. С формой апофиза связано процентное соотношение двусемянных и односемянных семенных чешуек. В свою очередь процент односемянных чешуек сопряжён с диаметром шишек, их массой, абсолютным количеством чешуек обеих категорий, образуемых на них. Кроме числа односемянных чешуй их относительное количество по анализируемым параметрам имеет обратный характер зависимости.

Наибольший процент односемянных чешуек формируется у крючковатых экземпляров (34-39%). В шишках с плоским типом апофиза семенной чешуи относительно их общего количества образуются большей частью нормально развитые двусемянные чешуи (60-77%). Растения, относящиеся к данной морфологической форме, менее подвержены колебаниям количества односемянных чешуек погодных условий, и, следовательно, более адаптированы к местным климатическим условиям.

Основные признаки структуры урожая предопределены погодными условиями сопутствующими его формированию. Размеры шишек, их масса, содержание семян, а также масса 1000 штук семян и их длина существенно варьируют по годам наблюдения.

Образование односемянных чешуек для D-изомеров является вполне закономерным и связано с габитуальными особенностями шишек. Значительный процент формируемых в них односемянных чешуек предопределяет существенное варьирование количества и массы семян. Масса формирующихся семян в шишках с L-изомерией в большей степени предопределена качеством самих семян (массой 1000 шт.), нежели варьированием размеров шишек. Исключением является длина шишек.

Размеры сеянцев связаны с формовой изменчивостью материнских деревьев по типу апофиза семенной чешуи. Наибольшей высотой отличаются сеянцы в потомстве растений, образующих крючковатые шишки, а наименьшей – плоские. Однако потомство плоскошишечных форм имеет

большой диаметр стволиков. Сеянцы, выращенные из семян деревьев с бугорчатой формой шишек, отличаются выраженной вариабельностью высоты стволика и длины эпикотилия. При этом потомство растений данной морфологической формы имеет самую короткую хвою.

Рост сеянцев зависит от полового типа материнских деревьев. Наибольшей высотой отличаются сеянцы в потомстве растений смешанной формы, а наименшей – женской.

Использование физиологически активных веществ способствует всхожести семян, росту сеянцев, и, как следствие, увеличению выхода стандартных сеянцев с единицы площади, что позволяет рационально использовать семена и посевную площадь, а также увеличить представленность разнообразных биотипов во вновь создаваемых популяциях, что способствует повышению их адаптивного потенциала.

Значительное количество естественного возобновления ели, которое появляется в результате отсутствия своевременного ухода, отрицательно сказывается на реализации генотипического потенциала интродуцируемого кедра сибирского.

Отбор экземпляров, отличающихся более развитой кроной и высокой энергией роста, является перспективным направлением работ на постоянном лесосеменном участке. Высота деревьев в условиях своевременного проведения уходов за культурами на 86% предопределяется генетически ($H^2=0,86$). Такая наследственная обусловленность полезна для осуществления отбора семенных деревьев.

Растения с плоским и бугорчатым типом апофиза в кедросадах являются наиболее жизнеспособными. В этой связи при формировании припоселковых кедровников следует отдавать предпочтение особям с этими типами апофиза.

Снижение участия ели в составе древостоя сопровождается увеличением количества деревьев кедра с многовершинной кроной. При развитии у кедра многовершинности теснота взаимосвязи диаметра ствола и шириной кроны снижается. Раздвоение ствола ближе к комлю (т.е. в более раннем возрасте) не сказывается на ухудшении санитарного состояния древостоя.

Приведённое выше заключение позволяет предложить следующие практические рекомендации для производства:

1. В настоящее время создание культур кедра сибирского на Европейском севере России следует осуществлять по целевому типу кедросадов, ориентированных на сочетание заготовки ореха и рекреационного лесопользования.

2. Источником семенного материала должны служить интродукционные семеносящие популяции. В качестве материнских деревьев необходимо использовать растения женского полового типа, продуцирующие наиболее крупные шишки с плоским или бугорчатым типом апофиза.

3. При отборе высокоурожайных форм следует выбраковывать растения образующие шишки с односемянными чешуйками в центральной их части.

4. Для осуществления селекции кедра по крупности шишек (по их длине) следует использовать для анализа образцы с левосторонней формой изомерии, поскольку для них более характерна взаимосвязь с содержанием в них семян. Более крупные размеры макростробил D-изомеров могут быть предопределены высоким содержанием односемянных чешуек.

5. В лесных питомниках не следует осуществлять массовый отбор сеянцев по их крупности, поскольку это ведёт к снижению доли участия потомства форм деревьев с плоским и бугорчатым типом апофиза семенной чешуи, а также женского полового типа ценных по семенной продуктивности.

6. В условиях интродукции для подготовки семян к посеву рекомендуется производить двух- и трёхмесячную стратификацию семян в сочетании с обработкой их стимуляторами роста. В качестве эффективных стимуляторов роста можно использовать новые препараты на основе солей гуминовых кислот – Гумат натрия ($1 \cdot 10^{-2}\%$), и на основе гидролизного лигнина – ЛСТ (10 мл/л).

7. При формировании постоянных лесосеменных участков и кедросадов на базе ранее созданных культур следует также учитывать распределение деревьев по диаметру. Удалению подлежат отстающие в росте особи.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монография:

1. Бабич, Н.А. Селекция и семенная репродукция кедра сибирского / Н.А. Бабич, Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова. – Вологда – Молочное: ВГМХА, 2014. – 154 с.

Рекомендации производству:

2. Хамитов, Р.С. Рекомендации по селекционной оценке деревьев кедра сибирского. – Вологда, 2015. – 15 с.

Статьи, опубликованные в журналах по списку ВАК:

3. Хамитова, С.М. Влияние типа апофиза шишек сосны кедровой сибирской на формирование в них семян / С.М. Хамитова, Р.С. Хамитов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – №3. – С. 134-135.

4. Хамитов Р.С. Влияние диссиметрии шишек на посевные качества семян кедра в условиях интродукции / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 9 (84). – С. 150-154.

5. Хамитов Р.С. Влияние стимуляторов на рост сеянцев сосны сибирской / Р.С. Хамитов // Известия ОГАУ. – 2013. – № 5 (43). – С. 7-10.

6. Хамитов Р.С. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и сохранность сеянцев кедра сибирского / Р.С. Хамитов // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 58. – С. 95-101.

7. Хамитов Р.С. Особенности изменчивости параметров шишек кедра сибирского при его интродукции / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Вестник СарГАУ. – 2013. – №11. – С. 40-43.

8. Хамитов Р.С. Изменчивость биометрических параметров шишек кедра сибирского / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Известия ОГАУ. – 2013. – № 6 (44). – С. 22-25.

9. Хамитов Р.С. Закономерности изменчивости массы семян кедра сибирского при его интродукции в леса Вологодской области / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Вестник БГАУ. – 2013. – №4 (28). – С. 131-133.

10. Хамитов Р.С. Биометрические особенности формирования семян в шишках кедра сибирского / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 59. – С. 69-76.

11. Хамитов Р.С. Связь фенотипических форм шишек кедра сибирского с показателями семенной продуктивности / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Вестник КГАУ. – 2013. – № 4 (30). – С. 153-156.

12. Хамитов Р.С. Влияние географической изоляции на структуру популяций кедра сибирского по форме семенной чешуи / Р.С. Хамитов // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 11 (86). – С. 217-220.

13. Особенности фенетического анализа популяций сосны сибирской по форме семенной чешуи / Н.А. Бабич, Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова, В.Н. Воробьев // Известия вузов. Лесной журнал. – 2014. – № 6. – С. 41-46.

Публикации в сборниках научных работ:

14. Хамитов, Р.С. Состояние лесосеменной базы Вологодской области. / Р.С. Хамитов, С.А. Корчагов // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов. – Архангельск, 2005. – Вып. 8. – С. 60-62.

15. Хамитов, Р.С. Предпосевная подготовка семян кедра сибирского. / Р.С. Хамитов // Проблемы лесоведения и лесоводства: Материалы Третьих Мелеховских чтений, посвященных 100-летию со дня рождения И.С. Мелехова (15-16 сентября 2005 г.). – Архангельск, 2005. – С. 161-165.

16. Хамитов, Р.С. Влияние предпосевной подготовки семян стимуляторами роста «Гумат+7» и «Гумат натрия» на рост сеянцев кедра / Р.С. Хамитов // Сборник научных статей, посвященный 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома: ВНИИЛМ, 2006. – С. 127-130.

17. Хамитов, Р.С. Стимуляция грунтовой всхожести семян и роста сеянцев сосны кедровой сибирской / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Научное управление качеством образования. Биологические науки: Сборник трудов ВГМХА по результатам работы научно-практической конференции, посвященной 96-летию академии. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2007. – Т. 3. – С. 95-97.

18. Хамитов, Р.С. Плодоношение кедра сибирского в Чагринской кедровой роще / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Аграрная наука – сельскому производству. Биологические науки: Сб. трудов ВГМХА по результатам научно-практической конференции, посвященной 97-летию академии. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2008. – Т. 3. – С. 44-45.

19. Хамитов Р.С. Изучение полиморфизма древесных растений на примере изменчивости кедра сибирского по форме семенной чешуи / Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова // Инновационные процессы в образовании: сборник статей научно-методической конференции. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2010. – С. 178-180.

20. Хамитов, Р.С. Влияние естественного возобновления ели на рост культур кедра / Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, С.М. Хамитова, В. Воробьев // Перспективные направления растениеводства и лесного дела на Северо-Западе России: Сборник трудов. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2011. – С. 68-72.

21. Хамитов, Р.С. Использование биометрических показателей семенных деревьев при формировании постоянного лесосеменного участка кедра сибирского / Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, С.М. Хамитова, В. Воробьев // Перспективные направления растениеводства и лесного дела на Северо-Западе России: Сборник трудов. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2011. – С. 72-76.

22. Хамитов, Р.С. Аспекты методики фенетического анализа экологических популяций *Pinus sibirica* по форме семенной чешуи / Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, С.М. Хамитова, В.Н. Воробьев // Вузовская наука – региону: материалы девятой всероссийской научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2011. – Т. 1. – С. 329-331.

23. Хамитова, С.М. Разнообразие *pinus sibirica* по типу апофиза шишек в культурах Грязовецкого района / С.М. Хамитова, Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, В.Н. Воробьев // Наука и инновационные процессы в АПК. Биологические науки: Сб. трудов ВГМХА по результатам научно-практической конференции, посвященной 100-летию академии. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2011. – Т. 3. – С. 81-83.

24. Хамитов, Р.С. Эффективность отбора сосны сибирской по высоте на семенных участках / Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, Ю.И. Макаров // Наука и инновационные процессы в АПК. Биологические науки: Сб. трудов ВГМХА по результатам научно-практической конференции, посвященной 100-летию академии. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2011. – Т. 3. – С. 84-85.

25. Хамитов, Р.С. Влияние возобновления ели на рост культур сосны сибирской / Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, Ю.И. Макаров // Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада РФ и Фенноскандии: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск, 2011. – С. 91.

26. Хамитов, Р.С. Использование биометрических показателей при формировании семенных участков кедр сибирского / Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, С.М. Хамитова, В.Н. Воробьев // Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада РФ и Фенноскандии: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск, 2011. – С. 92.

27. Хамитов, Р.С. Эффективность отбора кедр сибирского на семенных участках по высоте / Р.С. Хамитов, Ю.М. Авдеев, С.М. Хамитова, В.Н. Воробьев // Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада РФ и Фенноскандии: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск, 2011. – С. 93.

28. Хамитов, Р.С. Рост сосны сибирской в культурах с естественным возобновлением ели / Р.С. Хамитов // Аграрная наука, образование, производство: актуальные вопросы: сборник трудов всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – Вып. 15. Т. 1. – С. 122-125.

29. Воробьев, В.Н. Особенности роста сеянцев кедр сибирского отличающихся количеством семядолей / В.Н. Воробьев, Р.С. Хамитов // Materialy IX medzynarodowej naukowii-pratycznej konferencji, «Nauka i inowacja-2013». Vol. 15. Nauk biologicznych. Weterynaria. – Przemysl: Nauka I studia, 2013. – S. 7-10.

30. Хамитов, Р.С. Сохранение генетического разнообразия в культурах кедр сибирского в Грязовецком районе Вологодской области / Р.С. Хамитов // Тобольск научный – 2013: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции. – Тобольск, 2013. – С. 184-185.

31. Хамитов, Р.С. Особенности изменчивости шишек и семян сосны кедровой сибирской при её интродукции в леса Вологодской области / Р.С. Хамитов, Т.П. Байлова // Тобольск научный – 2014: Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. – Тобольск, 2014. – С. 113-115.

32. Хамитов, Р.С. Влияние многовершинности деревьев на санитарное состояние Грязовецкой кедровой рощи / Р.С. Хамитов // Проблемы и мониторинг природных экосистем: Сборник статей международной научно-практической конференции МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 118-120.