

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 630\*181.5/.7 : 630\*165.7 : 582.475 (476)

**РЕБКО**  
Сергей Владимирович

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА И СЕМЕНОШЕНИЯ ОТДАЛЕННЫХ  
ВНУТРИВИДОВЫХ ГИБРИДОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) В БЕЛАРУСИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук  
по специальности 06.03.01 – лесные культуры, селекция, семеноводство

Минск 2009

Работа выполнена на кафедре лесных культур и почвоведения  
УО «Белорусский государственный технологический университет»

Научный руководитель Поплавская Лилия Францевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и почвоведения УО «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: Дмитриева Софья Александровна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории флоры и систематики растений ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси»;

Барсукова Татьяна Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесохозяйственных дисциплин УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

Оппонирующая организация ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»

Защита диссертации состоится 3 декабря 2009 г. в 10.00 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.08.05 в УО «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а; тел.: (8-017) 226-14-32; факс: (8-017) 227-62-17; e-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан 2 ноября 2009 года.

Ученый секретарь Совета  
по защите диссертаций  
канд. с.-х. наук, доцент



Минкевич С.И.

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач развития лесной селекции на ближайшую перспективу является получение и внедрение в культуру высокопродуктивного и высокоустойчивого гибридного потомства от внутри- и межвидовых скрещиваний. Гибридизационный эффект от географически отдаленных внутривидовых скрещиваний достигается благодаря рекомбинации генов, в результате чего у гибридного потомства в первом поколении может возникать гибридная мощь, проявляющаяся в виде соматического, репродуктивного и адаптивного гетерозиса.

С целью получения гибридного репродуктивного материала сосны обыкновенной, обладающего интенсивным ростом и ранним семеношением, необходимо изучить особенности роста и развития исходного материала в географических культурах и на гибридно-семенной плантации, а также семенного потомства гибридно-семенной плантации в испытательных культурах.

Полученные результаты позволят подойти к созданию нового сорта сосны обыкновенной, обладающего интенсивным ростом, ранним семеношением, повышенной продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами.** Диссертационная работа выполнена на кафедре лесных культур и почвоведения УО «Белорусский государственный технологический университет» в течение 2006–2009 гг. в рамках научных тем: ГБ 3–06 «Разработать теоретические основы и практические рекомендации по лесовосстановлению с учетом почвенно-грунтовых условий и селекционного происхождения посадочного материала», 2006–2010 гг.; ГБ 28–034 «Особенности роста и семеношения гибридного потомства сосны обыкновенной и разработка технологии создания гибридно-семенных плантаций», 2008 г., № госрегистрации 20080800.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования – получить гибридный репродуктивный материал сосны обыкновенной и изучить особенности его роста и семеношения, что позволит повысить эффективность лесосеменных плантаций и продуктивность искусственных насаждений.

**Основные задачи исследований:**

- 1) изучить особенности роста, развития и устойчивости исходного материала сосны обыкновенной в географических культурах и на гибридно-семенной плантации;
- 2) изучить изменчивость и особенности репродукции клонов на гибридно-семенной плантации;
- 3) провести оценку роста, семеношения и устойчивости полусибсового потомства сосны обыкновенной, полученного в результате естественной отдаленной внутривидовой гибридизации;
- 4) определить уровень генетического полиморфизма и особенности накопления пигментов у гибридного потомства сосны обыкновенной в испытательных культурах;
- 5) рассчитать эффективность получения гибридных семян и их использования в лесокультурном производстве при создании искусственных сосновых насаждений.

**Объекты исследований** – географические культуры сосны обыкновенной (42 климатипа) и гибридно-семенная плантация (5 климатипов), расположенные на территории Негорельского учебно-опытного лесхоза (УОЛ), а также испытательные

1293 ар

техназаріччана ўніверсітэта

культуры сосны обыкновенной, созданные в 1999, 2002, 2004 и 2008 гг. в Негорельском УОЛ и ГЛХУ «Старобинский лесхоз». Для сравнения посевных качеств семян их заготовка осуществлялась на гибридно-семенной плантации Глубокского опытного и лесосеменной плантации первого порядка Калинковичского лесхозов.

**Предмет исследований** – особенности роста и развития исходного материала сосны обыкновенной в географических культурах и на гибридно-семенной плантации, и семенного потомства гибридно-семенной плантации в испытательных культурах.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Установленная зависимость изменения показателей роста древостоев сосны обыкновенной от географического положения мест заготовки семян позволяет определить границы возможной переброски семян (с 49 до 59° северной широты и с 22 до 48° восточной долготы) и выделить группы климатипов для их практического использования;

2. Выявленная закономерность цветения клонов внутривидовых гибридов сосны Белгородского, Воронежского, Саратовского, Кировского и Минского климатипов, введенных на гибридно-семенную плантацию, позволяет получать гибридные семена, которые отличаются значительным уровнем генетической изменчивости, высокими посевными качествами и устойчивостью к патогену *Fusarium oxysporum*;

3. Гибридный репродуктивный материал сосны обыкновенной характеризуется интенсивным ростом на протяжении 10-летнего периода краткосрочных испытаний, а также ранним семеношением;

4. Получение гибридных семян на лесосеменных плантациях с введением клонов внутривидовых гибридов сосны Белгородского, Воронежского, Саратовского, Кировского и Минского климатипов и их использование в лесокультурном производстве позволяет снизить срок окупаемости плантаций на 3 года и повысить продуктивность искусственных сосновых насаждений до 15%.

**Личный вклад соискателя.** Автором лично сформулированы цель и задачи исследований, защищаемые положения, планирование научных исследований и разработка программы их проведения. Соискатель лично участвовал в проведении полевых и лабораторных исследований, обработке, обобщении и анализе полученного экспериментального материала, написании диссертационной работы. Под руководством научного руководителя к. с.-х. н. Л.Ф. Поплавской зарегистрирована заявка на сорт сосны обыкновенной Негорельская, который включен в план государственного испытания на хозяйственную полезность. Соавтарами публикаций [2, 3, 7, 8, 9, 17] Л.Ф. Поплавской, Н.И. Якимовым и Л.М. Сероглазовой оказана помощь в проведении работ по определению показателей роста семенного потомства и посевных качеств семян сосны обыкновенной, в работе [6] совместно с Л.Ф. Поплавской, В.А. Яромовичем и Н.Ф. Кириленковой определена устойчивость гибридных семян к патогену *F. oxysporum*. Электрофоретический анализ изоферментов сосны обыкновенной проводился в ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» под руководством д. б. н. В.Е. Падутова и м. н. с. С.И. Ивановской. Написание всех научных публикаций выполнено автором.

**Апробация результатов диссертации.** Результаты исследований, включенные в диссертацию, докладывались и отражены в материалах следующих конференций: ежегодных научных конференций профессорско-преподавательского

состава, научных сотрудников и аспирантов УО «БГТУ» (Минск, 2007–2009 гг.), Международных конференций молодых ученых «Молодежь в науке – 2006» и «Молодежь в науке – 2007» (Минск, 2006, 2007), Международной научно-практической конференции «Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов в системе устойчивого развития» (Гомель, 2007), Международной научной конференции студентов и аспирантов «Научный потенциал студенчества – будущему России» (Ставрополь, 2008), IV Международной научно-практической конференции «Динамика научных исследований» (Болгария, 2008), IV Международной научно-практической конференции «Научная индустрия европейского континента» (Чехия, 2008), Международной научно-практической конференции «Молодежь и инновации» (Горки, 2009), Международной научно-практической конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе» (Гомель, 2009).

**Опубликованность результатов диссертации.** По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 11 статей в научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Республики Беларусь, объемом 5,2 авторских листа и 6 работ объемом 1,8 авторских листа в других изданиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, основной части, состоящей из четырех глав, заключения, библиографического списка (320 наименований, в т. ч. 38 на иностранных языках) и 17 приложений. Объем диссертации составляет 232 страницы, в том числе 100 страниц текста, 24 таблиц, занимающих 25 страниц и 24 рисунка, расположенных на 9 страницах. Приложения занимают 70 страниц и включают 28 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Состояние вопроса.** Изучением особенностей роста и развития географических культур сосны обыкновенной различного происхождения в условиях Беларуси занимались Е.Д. Манцевич (1960, 1967), А.С. Савченко (1970, 1977), З.С. Поджарова (1978, 1980), А.И. Ковалевич (1981, 2001), М.И. Баранов (1982, 1983), Е.Р. Раптунович (1996), Н.И. Якимов (1996, 2003), А.И. Сидор (2001), А.В. Лацевич (2001, 2003), А.П. Майсеенок (2002) и др. Результаты их исследований показали, что для условий Беларуси, наряду с местными климатипами, перспективными также является ряд климатипов инорайонного происхождения, что позволяет использовать их для селекции сосны на продуктивность и устойчивость.

Перспективность применения внутривидовой гибридизации, позволяющей получать ценные гибриды и сорта сосны обыкновенной, используемые для повышения продуктивности и качества создаваемых насаждений, отмечается в работах И.Н. Никитина (1961), Н.А. Картеля (1974), И.Н. Проказина (1978), А.И. Ирошников (1980), М.А. Федина (1982), Н.В. Старовой (1982) И.Н. Патляя (1983), В.Н. Ненюхина (1987), Ю.П. Ефимова (1988), И.И. Бауманиса (1988, 1990), Я.Я. Биргелиса (1988), А.Л. Федоркова (1989), В.И. Белоуса (1990), А.И. Сидора (2000), Е.Н. Наквашиной (2001), А.И. Ковалевича (2003, 2009) и др.

Приведенные работы свидетельствуют о перспективности проведения отбора наиболее продуктивных и устойчивых климатипов сосны обыкновенной различного происхождения, используемых в качестве исходного материала для селекции сосны на продуктивность и устойчивость. В связи с этим основное внимание в настоящей

работе уделено исследованию особенностей роста и развития исходного материала в географических культурах и на гибридно-семенной плантации, а также изучению особенностей роста и развития гибридного потомства сосны обыкновенной, обладающего повышенной интенсивностью роста и продуктивностью, ранним семеношением и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

**Объекты и методы исследований.** К объектам исследований относятся: географические культуры сосны обыкновенной; гибридно-семенная плантация сосны обыкновенной, расположенная на территории Негорельского УОЛ, на которую введены клоны географических культур второго поколения Белгородского, Воронежского, Саратовского, Кировского и Минского климатипов, отличающиеся интенсивным ростом и обильным гроздевидным семеношением; гибридно-семенная плантация сосны обыкновенной ГОЛХУ «Глубокский опытный лесхоз»; лесосеменная плантация сосны обыкновенной первого порядка ГЛХУ «Калинковичский лесхоз»; испытательные культуры семенного потомства гибридно-семенной плантации Негорельского УОЛ (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика объектов исследований

Наименование объекта исследований (расположение)	Год создания	Площадь, га	Схема посадки, м	Исходный материал
Географические культуры сосны обыкновенной (Негорельский УОЛ)	1959	6,6	1,5×0,7	42 климатипа
Гибридно-семенная плантация сосны обыкновенной (Негорельский УОЛ)	1986	0,3	5×5	5 климатипв, 18 клонов
Гибридно-семенная плантация сосны обыкновенной (Глубокский опытный лесхоз)	1981	4,0	5×8	3 климатипа, 22 клона
Лесосеменная плантация сосны обыкновенной (Калинковичский лесхоз)	1986	13,0	5×8	15 клонов
Испытательные культуры (Негорельский УОЛ)	1999	3,5	3×1	Смесь семян гибридно-семенной плантации
Испытательные культуры (Негорельский УОЛ)	2002	1,6	2×0,75	Смесь семян гибридно-семенной плантации
Испытательные культуры (Негорельский УОЛ)	2004	0,7	3×1	16 семей гибридно-семенной плантации
Испытательные культуры (Негорельский УОЛ)	2008	0,4	2,5×0,8	31 семья гибридно-семенной плантации
Испытательные культуры (Старобинский лесхоз)	2008	0,3	2×1,25	20 семей гибридно-семенной плантации

Лесоводственно-таксационные исследования древостоев климатипов сосны обыкновенной в географических культурах и гибридного потомства в испытательных культурах проводились по общепринятым в лесоведении и лесной таксации методикам, определение гранулометрического состава почв – по Н.А. Качинскому, содержанию пигментов в хвое гибридного потомства – в соответствии с методикой, приведенной в методическом пособии М.И. Баранова, Г.В. Бельской и В.Г. Русаленко «Физиология растений» (2001, с. 16–19).

Фенологические наблюдения за развитием репродуктивных органов сосны обыкновенной проводились по методике Т.П. Некрасовой (1983), распределение деревьев по типу сексуализации побегов – по классификации Ю.П. Ефимова (1982).

Для определения генетического разнообразия гибридно-семенной плантации

сосны обыкновенной и выращенного из гибридных семян семенного потомства проводился электрофоретический анализ изоферментов по методике Г.Г. Гончаренко, В.Е. Падутова и В.В. Потенко (1989). Семенная продуктивность гибридно-семенной плантации рассчитывалась по количеству и массе гибридных семян, продуцируемых деревьями (А.А. Туркин, 2007), оценка введенных на гибридно-семенную плантацию клонов – по методике Н.К. Крука (2002) с использованием пробит-анализа (Д.М. Ахатова и др., 2004). Определение формового разнообразия клонов сосны обыкновенной осуществлялось в зависимости от окраски семенной кожуры семян и строения апофиза шишек в соответствии с рекомендациями Л.Ф. Правдина (1964).

Всхожесть, энергия прорастания и масса 1000 семян определены в соответствии с ГОСТ 13056.6–97 (для проращивания использовался проращиватель семян немецкой фирмы «Rumed»). Определение устойчивости гибридных семян сосны обыкновенной к патогену *F. oxysporum* проводилось в лабораторных условиях искусственным их заражением в чашках Петри без почвенного субстрата и при заражении почвогрунта патогеном. Повторность опытов – 3-кратная.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6.0.

**Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев климатипов сосны обыкновенной.** В результате изучения особенностей роста сосны обыкновенной разного географического происхождения выявлена закономерность изменения показателей роста древостоев в зависимости от географического положения мест заготовки семян. Установлено, что климатипы, произрастающие в пределах от 49 до 59° с. ш. и от 22 до 48° в. д., по основным таксационным показателям находятся на уровне контроля (Минский климатип) или превосходят его (таблица 2).

Таблица 2 – Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев климатипов сосны обыкновенной в географических культурах Негорельского УОЛ

Происхождение климатипа (координаты)	Средние		Запас, м <sup>3</sup> /га	Происхождение климатипа (координаты)	Средние		Запас, м <sup>3</sup> /га
	высота, м	диаметр, см			высота, м	диаметр, см	
1	2	3	4	5	6	7	8
ряд по широте (градус северной широты)				ряд по долготе (градус восточной долготы)			
Карельский (62°)	17,9±0,3	18,8±0,9	183	Латвийский (22°)	20,3±0,2	18,9±0,4	327
Ленинградский (61°)	18,6±0,2	15,9±0,4	221	Литовский (24°)	20,2±0,3	19,8±0,6	175
Псковский (59°)	20,6±0,2	20,4±0,7	312	Минский (27°)	20,4±0,3	20,6±0,7	193
Кировский (58°)	19,3±0,3	17,6±0,5	223	Хмельницкий (27°)	20,5±0,3	19,6±0,6	279
Латвийский (57°)	20,3±0,2	18,9±0,4	327	Псковский (28°)	20,6±0,2	20,4±0,7	312
Мариэлский (57°)	19,7±0,5	18,7±0,7	105	Витебский (29°)	20,3±0,2	21,3±1,1	127
Пермский (57°)	18,4±0,3	17,5±0,5	161	Полтавский (33°)	20,5±0,2	19,6±0,6	308
Курганский (57°)	18,2±0,3	20,1±0,8	189	Брянский (34°)	21,7±0,3	20,0±0,3	401
Литовский (56°)	20,2±0,3	19,8±0,6	175	Сумский (34°)	21,5±0,3	20,7±0,6	321
Витебский (55°)	20,3±0,2	21,3±1,1	127	Курский (34°)	21,5±0,3	21,9±0,6	332
Минский (54°)	20,4±0,3	20,6±0,7	193	Ленинградский (34°)	18,6±0,2	15,9±0,4	221
Башкирский (54°)	19,6±0,3	24,1±1,2	191	Карельский (34°)	17,9±0,3	18,8±0,9	183
Брянский (53°)	21,7±0,3	20,0±0,3	401	Белгородский (38°)	19,6±0,3	22,6±0,5	265
Сумский (52°)	21,5±0,3	20,7±0,6	321	Воронежский (41°)	18,8±0,2	20,3±0,7	167
Саратовский (52°)	21,1±0,4	20,1±0,7	193	Волгоградский (42°)	20,8±0,3	22,9±0,5	379
Курский (51°)	21,5±0,3	21,9±0,6	332	Саратовский (46°)	21,1±0,4	20,1±0,7	193

1	2	3	4	5	6	7	8
Волгоградский (51°)	20,8±0,3	22,9±0,5	379	Кировский (48°)	19,3±0,3	17,6±0,5	223
Белгородский (51°)	19,6±0,3	22,6±0,5	265	Мариэлский (49°)	19,7±0,5	18,7±0,7	105
Воронежский (51°)	18,8±0,2	20,3±0,7	167	Пермский (56°)	18,4±0,3	17,5±0,5	161
Хмельницкий (50°)	20,5±0,3	19,6±0,6	279	Башкирский (58°)	19,6±0,3	24,1±1,2	191
Полтавский (49°)	20,5±0,2	19,6±0,6	308	Курганский (64°)	18,2±0,3	20,1±0,8	189
Коэффициент корреляции ( <i>r</i> )	-0,69	-0,58	-0,38	Коэффициент корреляции ( <i>r</i> )	-0,46	0,07	-0,36
Ошибка коэффициента корреляции ( <i>m<sub>r</sub></i> )	±0,17	±0,19	±0,21	Ошибка коэффициента корреляции ( <i>m<sub>r</sub></i> )	±0,20	±0,23	±0,21
Критерий достоверности ( <i>t<sub>r</sub></i> )	4,0	3,1	1,8	Критерий достоверности ( <i>t<sub>r</sub></i> )	2,3	0,3	1,7

Лучшие показатели продуктивности отмечены у сосны Брянского, Волгоградского, Курского и Сумского климатипов, превышающие контроль соответственно на 107,8, 96,4, 72,0 и 66,3%. Климатипы, произрастающие за пределами приведенной выше широты и долготы, растут хуже контроля (Карельский) и имеют низкую сохранность (Мариэлский и Башкирский).

Исходя из вышеизложенного, все климатипы в целях их практического использования разделены на 5 групп: сортовые (Брянский, Курский и Сумский), местные (Минский и Витебский), районированные (Белгородский, Воронежский, Саратовский, Кировский, Волгоградский, Латвийский, Литовский, Хмельницкий и Полтавский), специальные (Карельский, Ленинградский, Псковский и Пермский) и ино-районные (Мариэлский, Башкирский и Курганский).

**Фенологические фазы развития репродуктивных органов сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации.** Для успешного протекания процесса перекрестного опыления и последующего формирования гибридных семян сосны обыкновенной необходимо, чтобы семяпочки женских шишечек находились в стадии хорошей восприимчивости пыльцевых зерен, т. е. чтобы сроки цветения мужских и женских стробил совпадали. Проведенные фенологические наблюдения за цветением сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации показали, что пыление стробил начинается раньше женского цветения либо одновременно с ним, т. е. развитие репродуктивных органов характеризуется высоким уровнем синхронности (таблица 3).

Таблица 3 – Сроки цветения репродуктивных органов сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации

Фаза цветения	Год проведения фенологических наблюдений							
	2006		2007		2008		2009	
	мужское	женское	мужское	женское	мужское	женское	мужское	женское
Начало	23.V	23.V	19.V	20.V	20.V	21.V	21.V	21.V
Апогей пыления мужских стробил	отсутствует		22–23.V		25–28.V		27.V	
Максимальная восприимчивость женских стробил	25–26.V		23–24.V		24–26.V		25–26.V	
Окончание	31.V	28.V	26.V	26.V	31.V	27.V	30.V	28.V
Продолжительность, дней	9	6	8	7	12	7	10	8



Установлено, что начало пыления сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации имеет определенную связь с температурой воздуха (рисунок 1). Сопоставляя полученные температурные значения по показателям суммы эффективных ( $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ) и среднесуточных температур воздуха выше  $0^{\circ}$ ,  $+5^{\circ}$  и  $+10^{\circ}\text{C}$ , можно заключить, что для начала пыления на гибридно-семенной плантации требуется соответственно 218,8–259,6, 523,6–626,9, 474,8–518,8 и 207,8–311,8 $^{\circ}\text{C}$ .

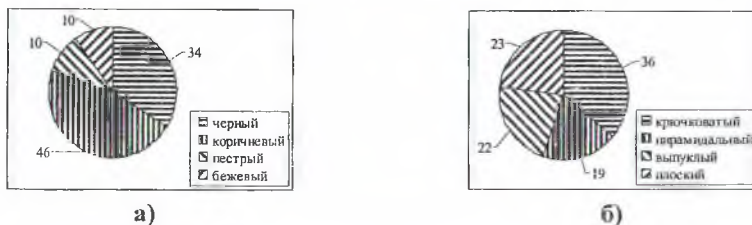


**Рисунок 1 – Начало пыления сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации в зависимости от температурных показателей**

Максимальная и минимальная разница в полученных значениях, по данным 4-летних наблюдений, составляет соответственно 2,5–40,8, 22,6–103,3, 12,5–43,8 и 3,0–104,0 $^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, для прогнозирования начала пыления сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации можно использовать показатели суммы эффективных ( $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ) и среднесуточных температур воздуха выше  $+5^{\circ}\text{C}$ , т. к. достигаемая этими показателями разница в температурных значениях составляет 2,5–40,8 и 12,5–43,8 $^{\circ}\text{C}$ , что соответствует 1–4 дням майской погоды в период цветения.

**Формовое разнообразие и семенная продуктивность гибридно-семенной плантации.** Введенные на гибридно-семенную плантацию семенные деревья обладают значительным формовым разнообразием. Всего выявлено 4 цветосеменные формы (рисунок 2а) и 4 формы по апофизу шишек (рисунок 2б). Наибольшую встречаемость имеют семенные деревья, продуцирующие семена с коричневой и черной окраской кожуры – соответственно 46 и 34%.

Значительно меньше деревьев, в шишках которых формируются семена пестрой и бежевой окраски – по 10%. У преобладающего большинства деревьев шишки имеют крючковатый апофиз (36%), доленое участие деревьев с плоским, выпуклым и пирамидальным апофизом составляет соответственно 23, 22 и 19%.



**Рисунок 2 – Распределение деревьев сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации в зависимости от цвета семян (а) и апофиза шишек (б)**

Установлено, что количество семян, продуцируемых одним деревом, колеблется от 69,2 до 7408,8 шт. ( $C = 123,9\%$ , очень высокий уровень изменчивости). По показателю массы семян изменчивость оказалась еще более выраженной ( $C = 249,1\%$ ), при этом масса продуцируемых одним деревом семян варьирует от 0,4 до 290,5 г. В пересчете на 1 га количество продуцируемых семян составляет 592978,7 шт., масса которых равна 4672,3 г (4,67 кг).

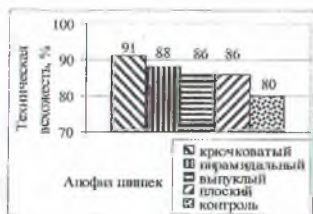
**Генетическое разнообразие гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной.** В результате проведения изоферментного анализа эндоспермов гибридных семян установлено, что из 19 проанализированных аллозимных генов полиморфными являются 15, у которых обнаружено 44 аллельные формы. Доля полиморфных локусов составляет 0,579 (95%-й доверительный уровень) и 0,789 (99%-й доверительный уровень), в ряде случаев превышая значения аналогичных показателей лесосеменных плантаций второго порядка лесхозов республики, а по 99%-му доверительному уровню установлено превышение данного показателя в сравнении с естественными насаждениями (таблица 4). У произрастающих семенных деревьев гибридно-семенной плантации 0,213 локусов находятся в гетерозиготном состоянии, ожидаемая гетерозиготность равна 0,211, более 75% локусов находятся в полиморфном состоянии, среднее число аллелей на локус составляет 2,32, что указывает на достаточно высокий уровень генетического разнообразия.

Таблица 4 – Показатели генетического полиморфизма семенных деревьев сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации

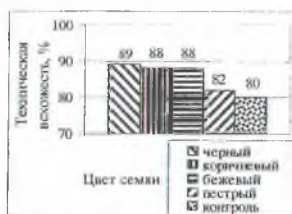
Объект, год создания	Полиморфность		Средняя гетерозиготность		Среднее число аллелей на локус (A)
	$P_{95}$	$P_{99}$	Ho	He	
Гибридно-семенная плантация Негорельского УОЛ, 1986 г.	0,579	0,789	0,213	0,211	2,32
Лесосеменная плантация второго порядка Петриковского лесхоза, 1996 г.	0,474	0,526	0,227	0,193	1,63
Лесосеменная плантация второго порядка Калинковичского лесхоза, 1993 г.	0,632	0,632	0,233	0,219	2,11
Лесосеменная плантация второго порядка Мозырского лесхоза, 1997 г.	0,474	0,684	0,232	0,213	2,32
Лесосеменная плантация второго порядка Кобринского лесхоза, 1995 г.	0,600	0,850	0,215	0,214	2,25
Природные насаждения	0,600	0,700	0,227	0,220	2,90

Примечание – Показатели генетического полиморфизма лесосеменных плантаций второго порядка Петриковского, Калинковичского, Мозырского и Кобринского лесхозов и природных насаждений приведены по данным отчетов ГНТП «Управление лесами и рациональное лесопользование», задание № 2.10 «Провести генетическую инвентаризацию лесосеменных плантаций и генетических резерватов хвойных пород, а также семенного материала лиственницы, используемого при лесокультурных работах, и разработать рекомендации по их эффективному использованию», № госрегистрации 20065458, Гомель, 2006, 2007)

**Посевные качества гибридных семян сосны обыкновенной.** Семена различных морфологических форм семенных деревьев сосны обыкновенной, заготовленные на гибридно-семенной плантации, имеют различную техническую всхожесть (рисунок 3). Наибольшая техническая всхожесть оказалась у семян, извлеченных из шишек с крючковатым апофизом – 91%, превышая аналогичный показатель



а)



б)

Рисунок 3 – Техническая всхожесть семян сосны обыкновенной в зависимости от строения апофиза шишек (а) и цвета семян (б)

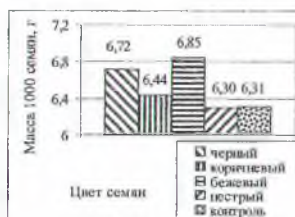
семян из шишек с пирамидальным, выпуклым и плоским апофизом соответственно на 3, 5 и 5% (рисунок 3а).

В контроле (смесь семян гибридно-семенной плантации Глубокского опытного лесхоза) показатель технической всхожести ниже и составляет 80%. У семян, имеющих черную окраску семенной кожуры, техническая всхожесть оказалась максимальной и составила 89%, у семян с коричневой, пестрой и бежевой окраской – соответственно 88, 88 и 82% (рисунок 3б).

Наибольшая масса 1000 семян оказалась у семян, извлеченных из шишек с выпуклым и пирамидальным апофизом – 6,97 и 6,82 г (рисунок 4а). У семян, формирующихся в шишках с плоским и крючковатым апофизом, масса 1000 семян ниже – соответственно 6,52 и 6,21 г. В зависимости от окраски семенной кожуры наибольшая масса 1000 семян оказалась у бежевых и черных семян – соответственно 6,85 и 6,72 г (рисунок 4б). У семян с коричневой и пестрой окраской масса 1000 семян составляет соответственно 6,44 и 6,30 г, в контроле – 6,14 г.



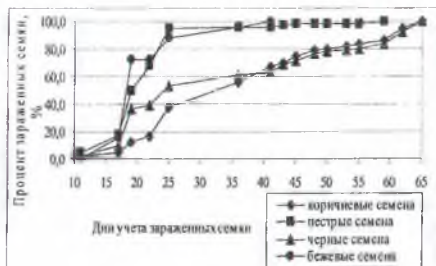
а)



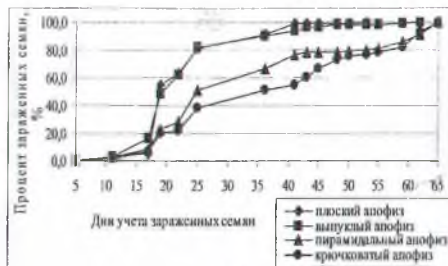
б)

Рисунок 4 – Масса 1000 семян сосны обыкновенной в зависимости от строения апофиза шишек (а) и цвета семян (б)

**Устойчивость гибридных семян сосны обыкновенной.** В результате искусственного заражения гибридных семян спорами патогена *Fusarium oxysporum*, имеющих различную цветосеменную окраску и извлеченных из шишек с различным строением апофиза, выявлена неодинаковая тенденция их поражения (рисунок 5). В начальный период меньшая поражаемость отмечена у семян с черной и коричневой окраской семенной кожуры (рисунок 5а). Пестрые и бежевые семена оказались менее устойчивыми: от 50 до 70% семян данных форм были поражены в начальный период, причем пораженность семян с бежевой окраской в 2 раза выше, чем с черной, в 6 раз выше, чем с коричневой и в 1,5 раза выше, чем с пестрой.



а)



б)

**Рисунок 5 – Динамика пораженности семян сосны обыкновенной патогеном *Fusarium oxysporum* различных форм по цвету семян (а) и апофизу шишек (б)**

Семена, извлеченные из шишек с плоским и выпуклым апофизом, практически не отличаются между собой (рисунок 5б). У семян из шишек с пирамидальным и крючковатым апофизом до 19-го дня учета не было отмечено каких-либо различий, однако в последующие учетные дни семена шишек, имеющих крючковатый апофиз, имели значительно меньшие показатели пораженности.

В результате анализа принадлежности семян указанных выше цветосеменных окрасок семенной кожуры и шишек, имеющих различное строение апофиза, не выявлено достоверной связи между этими признаками. Проведенные исследования позволяют заключить, что наибольшую устойчивость к *F. oxysporum* имеют деревья, продуцирующие семена с черной и коричневой окраской семенной кожуры, а также семена, извлеченные из шишек с крючковатым и пирамидальным апофизом.

**Рост и развитие семенного потомства сосны обыкновенной в испытательных культурах.** Проведенные исследования по изучению особенностей роста семенного потомства гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной в испытательных культурах, созданных в 1999 г. сотрудником кафедры лесных культур и почвоведения УО «БГТУ» Л.Ф. Поплавской, показали, что гибридное потомство обладает интенсивным ростом. В 6–10-летнем возрасте превышение показателей роста гибридного потомства в сравнении с контролем достигает по высоте 11,3–17,2%, приросту в высоту центрального побега за вегетационный период – 12,4–18,4% и диаметру деревьев на высоте 1,3 м – 9,4–20,0% (таблица 5).

**Таблица 5 – Показатели роста семенного потомства гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной в испытательных культурах 1999 г.**

Возраст, лет	Сохранность, %	Высота деревьев, см	t-критерий	Прирост в высоту за вегетационный период, см	t-критерий	Диаметр деревьев на высоте 1,3 м, см	t-критерий
1	2	3	4	5	6	7	8
6	94,6 91,4	168,7±5,1 151,6±6,8	2,00	41,3±1,3 35,1±1,7	2,93	–	–
7	92,8 89,1	203,5±5,9 181,4±6,1	2,59	43,1±1,9 37,8±1,7	2,05	1,2±0,1 1,0±0,1	4,00
8	90,5 86,3	244,5±6,4 213,4±5,8	3,60	45,1±1,3 38,1±1,6	3,34	2,5±0,1 2,1±0,1	5,55
9	88,4 82,7	285,2±7,2 243,3±6,9	4,23	44,2±1,7 38,7±1,7	2,29	3,5±0,1 3,2±0,1	2,23

1	2	3	4	5	6	7	8
10	87,3	<u>334,3±10,2</u>	3,52	<u>44,5±1,7</u>	2,11	<u>5,1±0,2</u>	2,85
	80,9	<u>288,4±8,2</u>		<u>39,6±1,5</u>		<u>4,6±0,1</u>	

Примечание – 1) В таблице над чертой приведены показатели гибридного потомства сосны обыкновенной, под чертой – семенного потомства, выращенного из семян нормальных насаждений производственного сбора в одинаковых почвенно-грунтовых условиях; 2) Стандартное значение коэффициента Стьюдента  $t_{0,05} = 1,98$

На участке испытательных культур, созданных в 2002 г. сотрудником кафедры лесных культур и почвоведения УО «БГТУ» А.Н. Праходским, превышение показателей роста семеносящих деревьев в сравнении с несемосящими в 4–6-летнем возрасте составляет по высоте 13,9–14,8%, по приросту в высоту центрального побега – 3,3–16,2% и по диаметру на высоте 1,3 м – 21,9–23,1% (таблица 6).

Таблица 6 – Показатели роста семенного потомства гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной в испытательных культурах 2002 г.

Возраст, лет	Сохранность, %	Высота деревьев, см	t- критерий	Прирост в высоту за вегетационный период, см	t- критерий	Диаметр деревьев на высоте 1,3 м, см	t- критерий
4	95,7	<u>165,0±5,4</u> <u>144,3±2,2</u>	3,54	<u>60,1±2,8</u> <u>51,7±0,8</u>	2,93	–	–
5	95,2	<u>225,1±7,8</u> <u>196,0±2,9</u>	3,50	<u>56,9±2,1</u> <u>55,1±0,7</u>	0,81	<u>3,9±0,2</u> <u>3,2±0,1</u>	3,11
6	94,3	<u>300,9±9,4</u> <u>264,1±3,5</u>	11,62	<u>74,6±2,6</u> <u>68,1±1,0</u>	2,38	<u>4,8±0,2</u> <u>3,9±0,1</u>	4,28

Примечание – 1) В таблице над чертой приведены показатели роста семеносящих деревьев, под чертой – несемосящих; 2) Стандартное значение коэффициента Стьюдента  $t_{0,05} = 1,96$

На участке испытательных культур, созданных в 2004 г. сотрудником кафедры лесных культур и почвоведения УО «БГТУ» Л.Ф. Поплавской, поставлено на испытание семенное потомство 16 деревьев гибридно-семенной плантации. В качестве контроля использовались средние значения показателей роста и сохранности, полученные по всем испытываемым семьям (таблица 7).

Таблица 7 – Показатели роста семенного потомства гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной в испытательных культурах 2004 г.

Возраст, лет	Показатели роста растений			Сохранность, %
	высота, см	прирост в высоту, см	диаметр у корневой шейки, мм	
2	<u>20,9±0,9–40,5±1,9</u> 26,8±0,6	–	<u>5,1±0,2–11,1±0,3</u> 7,2±0,1	<u>94,1–98,3</u> 96,7
3	<u>47,9±3,5–65,2±3,2</u> 56,7±1,1	<u>23,0±3,3–33,5±1,9</u> 28,6±0,8	<u>11,5±0,6–15,6±0,9</u> 13,5±0,4	<u>92,3–95,7</u> 94,3
4	<u>63,6±3,0–99,4±2,2</u> 84,6±0,9	<u>21,1±1,2–36,8±0,8</u> 30,9±0,9	<u>17,1±1,5–33,9±0,8</u> 23,8±0,5	<u>89,4–93,9</u> 91,6
5	<u>109,9±3,8–155,3±3,5</u> 129,5±1,3	<u>40,9±0,7–54,7±1,0</u> 46,9±0,4	<u>29,3±1,3–48,7±1,4</u> 38,9±0,6	<u>84,3–89,5</u> 86,9

Примечание – В таблице над чертой приведены минимальные и максимальные показатели роста и сохранности испытываемых семей, под чертой – средние показатели роста и сохранности, полученные по всем испытываемым семьям и используемые в качестве контроля

На основании ранжированного расположения семей по исследуемым показателям наилучшим ростом на протяжении 5-летнего периода испытаний характеризуются семьи под номером 3-5, 2-2, 2-7, 10-5 и 2-6.

Испытательные культуры, созданные в ГЛХУ «Старобинский лесхоз» и в Негорельском УОЛ, характеризуются высокой приживаемостью (96,8 и 94,7% соответственно) и хорошим ростом (таблица 8).

Таблица 8 – Показатели роста семенного потомства гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной в испытательных культурах 2008 г.

Показатели роста растений	Min	Max	Среднее	Контроль	t-критерий
Красноблродское лесничество ГЛХУ «Старобинский лесхоз» (кв. 19, выд. 36)					
Высота стволика, см	5,4±0,1	9,4±0,3	6,9±0,1	6,8±0,2	0,36
Диаметр у корневой шейки стволика, мм	2,5±0,1	4,1±0,1	2,9±0,1	2,7±0,1	1,82
Негорельское лесничество Негорельский УОЛ (кв. 145, выд. 4)					
Высота стволика, см	3,9±0,2	7,4±0,4	5,9±0,1	5,9±0,3	0,0
Диаметр у корневой шейки стволика, мм	1,7±0,1	3,5±0,1	2,6±0,1	2,5±0,1	0,96

Примечание – В качестве контроля на участке испытательных культур Старобинского лесхоза использовано семенное потомство лесосеменной плантации первого порядка Калининвичского лесхоза, в испытательных культурах Негорельского УОЛ – семенное потомство плюсовых деревьев Негорельского УОЛ; 2) Стандартное значение коэффициента Стьюдента  $t_{0,05} = 1,96$

Помимо высоких показателей роста, поставленное на испытание семенное потомство гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной отличается ранним и обильным семеношением, т. е. обладает репродуктивным гетерозисом (таблица 9).

Таблица 9 – Семеношение и посевные качества семян сосны обыкновенной в испытательных культурах семенного потомства гибридно-семенной плантации

Возраст, лет	Доля семеносящих деревьев, %	Количество шишек на 1 дереве, шт.	Количество полнозернистых семян в 1 шишке, шт./%	Выход семян, %	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Техническая всхожесть, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Испытательные культуры 1999 г.							
6	2,5	12,3±1,7	27,3/96,8	1,67	5,77	91	95
7	14,8	23,7±3,6	32,5/97,5	1,92	6,12	93	97
8	33,4	31,9±5,1	39,7/99,1	2,38	5,36	99	99
9	44,8	48,7±7,2	20,2/95,7	2,07	6,45	92	92
10	55,7	78,3±12,3	29,3/96,2	2,25	6,87	95	99
Испытательные культуры 2002 г.							
4	1,5	3,6±0,3	22,5/96,1	1,86	5,71	94	98
5	5,5	5,8±0,9	24,3/94,8	1,91	5,86	93	97
6	7,2	10,7±1,4	22,1/98,7	1,77	5,98	95	99
Контроль							
21	–	–	19,1/87,3	1,42	6,12	63	82

Примечание – В качестве контроля использовались семена, заготовленные на лесосеменной плантации сосны обыкновенной первого порядка ГЛХУ «Калинковичский лесхоз»

Вступление гибридного потомства в пору семеношения отмечено в 4-летнем возрасте, причем отдельные деревья характеризуются гроздевидным расположением

шишек на побегах с количеством в одной мутовке от 4 до 12 шт. Доля семеносящих деревьев в различные годы исследований составляет от 1,5 до 55,7%, количество шишек на одном дереве варьирует от 1 до 165 шт. Содержание полнозернистых семян в одной шишке у гибридного потомства достигает 39,7 шт., полнозернистость и выход семян равны соответственно 95,7–99,1 и 1,67–2,38%, в контроле – 19,1 шт., 87,3 и 1,42%. Гибридные семена второго поколения характеризуются высокими посевными качествами: энергия прорастания, техническая всхожесть и масса 1000 семян равны соответственно 91–99; 92–99% и 5,36–6,87 г, в контроле – 63; 82% и 6,12 г.

**Генетическое разнообразие гибридных семян второго поколения.** Семена, заготовленные в испытательных культурах гибридно-семенной плантации 1999 и 2002 г., характеризуются значительным генетическим разнообразием. Доля полиморфных локусов по 95%-му доверительному уровню составляет 0,526, а по 99%-му – 0,737. Среднее число аллелей на locus составляет 2,11, доля локусов в гетерозиготном состоянии – 0,208, ожидаемая гетерозиготность равна 0,229, превышая по данному показателю ряд лесосеменных плантаций второго порядка республики (0,193–0,219) и природные насаждения (0,220), что позволяет судить о достаточно высоком уровне генетического разнообразия гибридных семян второго поколения, формирующихся в испытательных культурах.

**Содержание пигментов в хвое гибридного потомства сосны обыкновенной.** Установлено, что содержание хлорофилла «а», «b» и каротиноидов в ассимиляционном аппарате семеносящих деревьев гибридного потомства сосны обыкновенной в пересчете на 1 г сырой хвои на протяжении календарного года варьирует соответственно в пределах  $0,78-1,29 \times 10^{-6}$ ,  $0,53-0,91 \times 10^{-6}$  и  $0,89-1,77 \times 10^{-3}$  мг, в контроле – соответственно  $0,60-1,01 \times 10^{-6}$ ,  $0,34-0,68 \times 10^{-6}$  и  $0,83-1,78 \times 10^{-3}$  мг ( $t = 3,58-8,29$ ;  $4,26-8,19$  и  $0,96-6,91$ ). У несеменосящих деревьев в большинстве случаев достоверных различий с контролем по содержанию пигментов не установлено ( $t = 0,04-3,83$ ;  $0,12-1,61$  и  $0,92-6,92$  соответственно).

**Экономическая эффективность получения гибридных семян сосны обыкновенной.** Оценка экономической эффективности получения гибридных семян сосны обыкновенной производилась с учетом доходов, получаемых от их реализации внутри республики и на экспорт (таблица 10).

Таблица 10 – Экономическая эффективность получения гибридных семян сосны обыкновенной с учетом фактора времени

Год реализации проекта	Компондированные затраты нарастающим итогом, тыс. руб.		Компондированные доходы нарастающим итогом, тыс. руб.		Чистый приведенный доход, тыс. руб.		Рентабельность, %	
	1	2	1	2	1	2	1	2
6	2680,3	2680,3	149,0	178,7	–	–	–	–
15	11673,9	11673,9	8546,4	10255,6	–	–	–	–
16	13451,1	13451,1	11479,6	13775,5	–	324,4	–	2,4
17	15957,1	15957,1	15276,1	18331,3	–	2374,2	–	14,9
19	18076,1	18076,1	18983,1	22779,7	907,0	4703,6	5,0	26,0

Примечание – В таблице под номером 1 указана лесосеменная плантация сосны обыкновенной первого поколения, под номером 2 – гибридно-семенная плантация сосны обыкновенной

Вступление сравниваемых лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в репродуктивную стадию наступает в 6-летнем возрасте, уровень и периодичность их

семеношения приняты одинаковыми и с учетом семеношения гибридно-семенной плантации Негорельского УОЛ.

Установлено, что окупаемость гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной в результате реализации гибридных семян наступает в 16-летнем возрасте (рентабельность – 2,4%, чистый приведенный доход – 324,4 тыс. руб.), а окупаемость фенотипической плантации наступает значительно позже – в 19 лет (рентабельность – 5,0%, чистый приведенный доход – 907,0 тыс. руб.). К моменту окупаемости фенотипической плантации (19 лет) совокупный чистый приведенный доход от реализации гибридных семян, заготавливаемых на гибридно-семенной плантации, составляет 7 402,2 тыс. руб.

Помимо снижения срока окупаемости лесосеменных плантаций, использование гибридных семян в лесокультурном производстве позволяет повысить общую продуктивность создаваемых искусственных насаждений на 15,9% и получить дополнительную прибыль от реализации древесины в размере 728,6–870,6 тыс. руб. с 1 га в зависимости от класса бонитета (I<sup>a</sup>–II) древостоев.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. На основании изучения географических культур сосны обыкновенной установлена зависимость изменения показателей роста древостоев различных климатических типов в направлении с севера на юг (с 62 до 49° с. ш.,  $r_h = -0,69 \pm 0,17$ ,  $r_h = -0,58 \pm 0,19$ ) и с запада на восток (с 22 до 64° в. д.,  $r_h = -0,46 \pm 0,20$ ). Определены границы возможной переброски семян (49–59° с. ш. и 22–48° в. д.) и использование климатических типов в качестве исходного материала для селекции сосны в условиях Беларуси. Все изучаемые климатические типы в целях их практического использования распределены на 5 групп: сортовые (Брянский, Курский и Сумский), местные (Минский и Витебский), районированные (Белгородский, Воронежский, Саратовский, Кировский, Волгоградский, Латвийский, Литовский, Хмельницкий и Полтавский), специальные (Карельский, Ленинградский, Псковский и Пермский) и инорайонные (Мариэлский, Башкирский и Курганский) [4].

2. Установлено, что семенные деревья сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации характеризуются синхронным цветением мужских и женских стробил, что указывает на успешное протекание процесса естественного переопыления, приводящего к образованию полнозернистых гибридных семян. Длительность мужского пыления в зависимости от погодных условий составляет 8–12 дней, а цветение женских стробил длится на протяжении 6–8 дней с запаздыванием на 1 день или же совпадает по срокам с мужским цветением.

Для прогнозирования начала пыления сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации можно использовать показатели суммы эффективных ( $\geq 5^\circ\text{C}$ ) и среднесуточных температур воздуха выше  $+5^\circ\text{C}$ . Разница в температурных значениях, достигаемая этими показателями к моменту пыления, по данным 4-летних наблюдений, составляет соответственно 2,5–40,8 и 12,5–43,8 $^\circ\text{C}$ , что соответствует 1–4 дням майской погоды в период цветения сосны обыкновенной [15].

3. Установлено, что на гибридно-семенной плантации присутствуют 4 цвето-семенные формы и 4 формы по строению апофиза кроющих чешуй шишек. Наибольшее количество деревьев продуцируют семена с коричневой и черной окраской



семенной кожуры – соответственно 46 и 34%. Значительно реже представлены деревья, формирующие семена с пестрой и бежевой окраской семенной кожуры – по 10%. Преобладающее количество деревьев представлено с крючковатым апофизом шишек – 36%, долевое участие деревьев с плоским, выпуклым и пирамидальным апофизом составляет 23, 22 и 19% соответственно. Масса 1000 семян указанных формовых групп колеблется в пределах от 6,21 до 6,97 г, энергия прорастания – от 73 до 83% и техническая всхожесть – от 82 до 91%. В контроле аналогичные показатели составили 6,31 г, 73 и 80% [1, 2, 9, 12, 13, 16].

Гибридные семена сосны обыкновенной, формируемые на гибридно-семенной плантации и в испытательных культурах семенного потомства, характеризуются высоким уровнем генетического разнообразия. Доля полиморфных локусов у деревьев гибридно-семенной плантации составляет 0,579 (95%-й доверительный уровень) и 0,789 (99%-й доверительный уровень), превышая в ряде случаев аналогичные показатели лесосеменных плантаций второго порядка лесхозов республики (0,474–0,850), а по 99%-му доверительному уровню превышение данного показателя установлено в сравнении с естественными насаждениями (0,700). У гибридного потомства сосны обыкновенной в испытательных культурах доля полиморфных локусов составляет 0,526 по 95%-му доверительному уровню и 0,737 по 99%-му доверительному уровню. Наблюдаемая гетерозиготность локусов семенных деревьев гибридно-семенной плантации составляет 0,213, ожидаемая гетерозиготность – 0,211, количество аллелей на locus – 2,32, в испытательных культурах гибридно-семенной плантации аналогичные показатели составили соответственно 0,208, 0,229 и 2,11. Рассчитанные показатели позволяют судить о достаточно высоком уровне генетического разнообразия гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной и семенного потомства гибридно-семенной плантации в испытательных культурах [14].

В результате искусственного заражения гибридных семян спорами патогена *Fusarium oxysporum* установлено, что наиболее устойчивыми оказались семена, имеющие черную и коричневую окраску семенной кожуры, а также семена, извлеченные из шишек с крючковатым и пирамидальным апофизом [6, 10].

4. Семенное потомство сосны обыкновенной, выращенное из гибридных семян, по результатам краткосрочных испытаний обладает интенсивным ростом и ранним семеношением. Превышение показателей роста гибридного потомства в сравнении с лесными культурами, выращенными из семян нормальных насаждений производственного сбора в одинаковых почвенно-грунтовых условиях, составляет по высоте 15,9% и диаметру на высоте 1,3 м – 10,9% [7, 8].

На основании ранжированного расположения семей по высоте, приросту в высоту за вегетационный период и диаметру у корневой шейки деревьев выделено 5 семей, характеризующихся лучшими показателями роста [3, 5, 7, 8, 11].

Вступление гибридного потомства сосны обыкновенной в пору семеношения отмечено в 4-летнем возрасте, при этом отдельные экземпляры характеризуются гроз евидным расположением шишек на побегах. В 4–10-летнем возрасте доля семенящихся деревьев в испытательных культурах составляет от 1,5 до 55,7%, среднее количество шишек на одном дереве колеблется от 4 до 78 шт. Количество полнозернистых семян в одной шишке, полнозернистость и выход семян из шишек составляют соответственно 20,2–39,7 шт., 95,7–99,1 и 1,67–2,38%, в контроле – 19,1 шт., 87,3 и 1,42%. Масса 1000 семян, энергия прорастания и техническая всхожесть рав-

ны 5,36–6,87 г, 91–99 и 92–99%, в контроле – 6,12 г, 63 и 82% [5].

Семеносящие деревья характеризуются достоверно большим содержанием в ассимиляционном аппарате зеленых пигментов по сравнению с несеменосящими и контролем. Содержание хлорофилла «а» и «b» у семеносящих деревьев в пересчете на 1 г сырой хвои варьирует соответственно в пределах  $0,78\text{--}1,29 \times 10^{-6}$  и  $0,53\text{--}0,91 \times 10^{-6}$  мг, в контроле –  $0,60\text{--}1,01 \times 10^{-6}$  и  $0,34\text{--}0,68 \times 10^{-6}$  мг [5].

5. Получение гибридных семян сосны обыкновенной и их использование в лесокультурном производстве является экономически выгодным. Окупаемость гибридно-семенной плантации за счет реализации гибридных семян наступает в 16-летнем возрасте, а лесосеменной плантации первого поколения значительно позже – в 19 лет. К моменту окупаемости лесосеменной плантации первого поколения чистый приведенный доход от реализации улучшенных семян составляет 907,0 тыс. руб., а совокупный чистый приведенный доход от реализации гибридных семян к этому моменту – 7402,2 тыс. руб. Создание искусственных сосновых насаждений из гибридных семян позволяет повысить их продуктивность до 15,9% и получить дополнительную прибыль от реализации древесины с 1 га в размере 728,6–870,6 тыс. руб. в зависимости от класса бонитета (I<sup>a</sup>–II) будущих древостоев [17].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

4. Климатипы сосны обыкновенной, отнесенные к группе сортовых, можно использовать в качестве исходного материала для получения районированных отборных семян, климатипы сортовые, районированные и местные – в качестве исходного материала для получения гибридов от отдаленных внутривидовых скрещиваний. Климатипы, отнесенные к группе специальных, можно использовать для получения районированных специальных семян и выращивания из них насаждений с хорошей устойчивостью при несколько пониженном росте. Инорайонные климатипы являются непригодными для лесовосстановления в условиях Беларуси.

2. Для повышения рентабельности лесосеменного хозяйства наряду с лесосеменными плантациями второго поколения целесообразно создавать гибридно-семенные плантации с введением на них отдаленных внутривидовых гибридов сосны Белгородского, Воронежского, Саратовского, Кировского и Минского климатипов.

3. При создании лесных культур сосны обыкновенной целевого назначения преимущество следует отдавать гибридным семенам, выращенное потомство из которых обладает интенсивным ростом.

Практическая значимость полученных результатов подтверждается их внедрением в ГЛХУ «Старобинский лесхоз» и Негорельском учебно-опытном лесхозе. Учитывая указанные особенности роста и развития испытательных культур семенного потомства гибридно-семенной плантации, зарегистрирована заявка за номером № 2009015 от 27 марта 2008 г. на присвоение полученному гибриднему репродуктивному материалу сосны обыкновенной статуса сорта Негорельская и включение его в Государственный реестр сортов древесных и кустарниковых пород. На данном этапе гибридный репродуктивный материал сосны обыкновенной заложен в конкурсном сортоиспытании на хозяйственную полезность в ГСХУ «Мозырьская сортоиспытательная станция» с 19 апреля 2009 г.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦІЙ СОІСКАТЕЛЯ

### Публікацыі ў навучных выданнях згодна Перечня ВАК

1. Ребко, С.В. Репродуктивная способность и формовое разнообразие клонов сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации / С.В. Ребко // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2007. – Вып. 67 : Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 223–233.
2. Ребко, С.В. Посевные качества семян различных клонов и форм сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2007. – Вып. XV. – С. 259–263.
3. Ребко, С.В. Изменчивость полусибсового потомства клонов сосны обыкновенной в испытательных культурах / Н.И. Якимов, Л.Ф. Поплавская, Л.М. Сероглазова, С.В. Ребко // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2007. – Вып. XV. – С. 303–305.
4. Ребко, С.В. Сравнительная характеристика роста географических культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская // Прилож. к журн. «Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». – Ч. 1, Серия биологических наук ; серия медицинских наук. – 2008. – С. 231–236.
5. Ребко, С.В. Особенности плодоношения и содержание пигментов в хвое гибридного потомства сосны обыкновенной / С.В. Ребко // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2008. – Вып. 68 : Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 270–281.
6. Ребко, С.В. Устойчивость семян гибридных форм сосны обыкновенной к фузариуму остроспоровому (*Fusarium oxysporum*) / С.В. Ребко, Н.Ф. Кириленкова, Л.Ф. Поплавская, В.А. Ярмолович // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2008. – Вып. XVI. – С. 238–242.
7. Ребко, С.В. Рост потомства гибридно-семенной плантации в испытательных культурах / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская, Н.И. Якимов // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2008. – Вып. XVI. – С. 231–233.
8. Ребко, С.В. Особенности роста гибридных форм сосны обыкновенной в лесных культурах / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская, Н.И. Якимов, Л.М. Сероглазова // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2008. – Вып. XVI. – С. 234–237.
9. Ребко, С.В. Использование простого анализа для оценки качества клонов сосны обыкновенной, введенных на гибридно-семенную плантацию / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская, Н.И. Якимов // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (серія біялагічных навук). – 2009. – № 5. – С. 10–17.
10. Ребко, С.В. Устойчивость гибридного потомства сосны обыкновенной / С.В. Ребко // Труды БГТУ. Сер. I, Лесн. хоз-во. – 2009. – Вып. XVII. – С. 190–193.
11. Ребко, С.В. Оценка гибридного потомства сосны обыкновенной с использованием селекционных индексов / С.В. Ребко // Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2009. – Вып. 69 : Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 268–275.

1293 ар

БІБЛІЯТЭ  
Беларускага дзяржаўнага  
тэхналагічнага ўніверсітэта

## Публикации в других научных изданиях

### Материалы конференций

12. Ребко, С.В. Семеношение клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной Негорельского учебно-опытного лесхоза / С.В. Ребко // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы III Всероссий. науч.-технич. конф. асп., Екатеринбург, 24–25 апр. 2007 г.: в 2 ч. / Урал. гос. лесотехн. ун-т; редкол.: С.В. Залесов [и др.]. – Екатеринбург, 2007. – Ч. 2. – С. 138–141.
13. Ребко, С.В. Посевные качества семян сосны обыкновенной разных провениенций на гибридно-семенном участке / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская // Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов в системе устойчивого развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 5–7 окт. 2007 г. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А.И. Ковалевич [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 194–197.
14. Ребко, С.В. Генетическое разнообразие гибридного потомства сосны обыкновенной / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская, С.И. Ивановская // Динамика исследования – 2008 : материалы за IV междунар. научна практична конф., София, 16–31 июля 2008 г. – София: Бял ГРАД БГ ООД, 2008. – Т. 22 : Биологии. – С. 95–99.
15. Ребко, С.В. Особенности фенологии репродуктивных органов сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации / С.В. Ребко // Vědecký průmysl evropského kontinentu – 2008 : materiály IV mezinárodní vědecko-praktická konference, Praha, 27 list.–05 pros. 2008 г. – Praha: Education and Science, 2008. – D. 12 : Lékařství Biologické vědy. – С. 52–64.
16. Ребко, С.В. Распределение деревьев сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации в зависимости от типа сексуализации побегов / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская // Молодежь и инновации – 2009 : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 170-летию УО «БГСХА», Горки, 3–5 июня 2009 г. в 2 ч. / БГСХА; редкол.: А.П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2009. – Ч. 1. – С. 183–186.
17. Ребко, С.В. Экономическая эффективность использования испытанного репродуктивного материала сосны обыкновенной / С.В. Ребко, Л.Ф. Поплавская // Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 8–10 сент. 2009 г. / Ин-т леса НАН Беларуси; редкол.: А.И. Ковалевич [и др.]. – Гомель, 2009. – С. 216–221.

## РЕЗЮМЕ

Ребко Сергей Владимирович

### Особенности роста и семеношения отдаленных внутривидовых гибридов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Беларуси

**Ключевые слова:** исходный материал, гибридизация, гибридно-семенная плантация, гибридный репродуктивный материал, рост, семенная продуктивность, устойчивость, генетическое разнообразие.

**Цель исследования:** получить гибридный репродуктивный материал сосны обыкновенной и изучить особенности его роста и семеношения, что позволит повысить эффективность лесосеменных плантаций и продуктивность искусственных насаждений.

**Методы исследования:** общепринятые в лесоведении, лесной таксации и почвоведении.

**Аппаратура:** измерительные приборы, применяемые при проведении таксации леса, проращиватель семян немецкой фирмы «Rumed», аналитические весы и специальное лабораторное оборудование для проведения анализов растительных образцов.

**Полученные результаты и их новизна:** установлена зависимость изменения показателей роста древостоев от географического положения мест заготовки семян в географических культурах сосны обыкновенной; определены границы возможной переброски семян и выделены группы климатипов для их практического использования; выявлено синхронное цветение клонов сосны обыкновенной, введенных на гибридно-семенную плантацию, обуславливающее успешное протекание процесса перекрестного опыления и формирование гибридных семян; определены наиболее подходящие показатели температуры воздуха, при достижении которых начинается пыление у клонов сосны обыкновенной на гибридно-семенной плантации; определены посевные качества формируемых гибридных семян и генетическое разнообразие гибридно-семенной плантации; получен гибридный репродуктивный материал сосны обыкновенной, обладающий интенсивным ростом и ранним семеношением; дано обоснование получения и использования гибридного репродуктивного материала сосны обыкновенной для снижения срока окупаемости плантаций и повышения продуктивности искусственных насаждений.

**Степень использования:** результаты научных исследований внедрены в ГЛХУ «Старобинский лесхоз» и Негорельском учебно-опытном лесхозе, а также используются при дипломном проектировании по специальности «Лесное хозяйство» в УО «Белорусский государственный технологический университет».

**Область применения:** лесное хозяйство.

Асаблівасці росту і семянашэння аддаленых унутрывідавых гібрыдаў сасны звычайнай (*Pinus sylvestris* L.) у Беларусі

**Ключавыя словы:** зыходны матэрыял, гібрыдызацыя, гібрыдна-насенная плантацыя, гібрыдны рэпрадуктыўны матэрыял, рост, насенная прадуктыўнасць, устойлівасць, генетычная разнастайнасць.

**Мэта даследавання:** атрымаць гібрыдны рэпрадуктыўны матэрыял сасны звычайнай і вывучыць асаблівасці яго росту і семянашэння, што дазволіць лавысіць эфектыўнасць лесанасенных плантацый і прадуктыўнасць штучных насаджэнняў.

**Метады даследавання:** агульнапрынятыя ў лесазнаўстве, лясной таксацыі і глебазнаўстве.

**Апаратура:** вымяральныя прыборы, якія выкарыстоўваюцца пры правядзенні таксацыі лесу, прыбор для прарощвання насення нямецкай фірмы «Rumed», аналітычныя вагі і спецыяльнае лабараторнае абсталяванне для правядзення аналізаў раслінных узораў.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** устаноўлена залежнасць змянення паказчыкаў росту дрэвастояў ад геаграфічнага становішча месцаў нарыхтоўкі насення ў геаграфічных культурах сасны звычайнай; вызначаны межы магчымага перакідання насення і выдзелены групы кліматыпаў для іх практычнага выкарыстання, выяўлена сінхроннае цвіценне клонаў сасны звычайнай, уведзеных на гібрыдна-насенную плантацыю, якое абумоўлівае паспяховае працяканне працэсу перакрываванага апылення і фарміраванне гібрыднага насення; вызначаны найбольш падыходзячыя паказчыкі тэмпературы паветра, пры дасягненні якіх пачынаецца пыленне ў клонаў сасны звычайнай на гібрыдна-насеннай плантацыі; вызначаны пасяўныя якасці фарміруемага гібрыднага насення і генетычная разнастайнасць гібрыдна-насеннай плантацыі; атрыманы гібрыдны рэпрадуктыўны матэрыял сасны звычайнай, які валодае інтэнсіўным ростам і раннім семянашэннем; дадзена абгрунтаванне атрымання і выкарыстання гібрыднага рэпрадуктыўнага матэрыялу сасны звычайнай для зніжэння тэрміну акупнасці плантацый і павышэння прадукцыйнасці штучных насаджэнняў.

**Ступень выкарыстання:** вынікі навуковых даследаванняў укаранены ў ДЛГУ «Старобінскі лясгас» і Негарэльскім вучэбна-доследным лясгасе, а таксама выкарыстоўваюцца пры дыпломным праектаванні па спецыяльнасці «Лясная гаспадарка» ва УА «Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт».

**Галіна выкарыстання:** лясная гаспадарка.

## SUMMARY

Sergey V. Rebko

### The specifics of growth and seed production of remote intraspecific hybrids of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Belarus

**Keywords:** initial material, hybridization, hybrid-seed plantation, reproductive material, growth, seed efficiency, stability, genetic variety.

**The purpose of the research:** to receive a hybrid reproductive material of Scots pine and to study features of its growth and seed production, that will allow to raise the efficiency of seed plantations and production of artificial forest stands.

**Methods of the research:** well-known methods which are used in forestry research, forest mensuration as well as soil science.

**The equipment:** forest mensuration instruments, a specialized lab equipment for seed germination produced by the German company «Rumed», high-precision weighting device and special lab equipment for analysis of vegetative samples.

**The received results and their novelty:** in artificial forest stands of Scots pine with different geographical origin dependence between growth indicators of stands and the geographical origin of seeds is established; borders of a possible transfer of seeds and ecotype group for practical use are defined synchronous flowering of clones of a Scots pine, introduced to the hybrid-seed plantation, which ensures successful process of cross-pollination and formation of hybrid seeds is revealed; the most suitable values of air temperature starting from which begins pulveration of clones of Scots pine on a hybrid-seed plantation are defined; sowing qualities of hybrid seeds being formed and a genetic variety of a hybrid-seed plantation are defined; the hybrid reproductive material of Scots pine with intensive growth and early seed production is received; the substantiation of usage of the hybrid reproductive material of a Scots pine to decrease pay-back period on three years and to increase the production of artificial forest stands is given.

**Level of using:** the results of the research are introduced at Starobin state forest enterprise and Negoreloe educational experimental timber enterprise. Also some results of the given research are being used in student diploma works of the specialty «Forestry» at the Belarusian State Technological University.

**Field of using:** forestry.



Научное издание

Ребко Сергей Владимирович

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА И СЕМЕНОШЕНИЯ ОТДАЛЕННЫХ  
ВНУТРИВИДОВЫХ ГИБРИДОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) В БЕЛАРУСИ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук  
по специальности 06.03.01 – лесные культуры, селекция, семеноводство

Ответственный за выпуск С.В. Ребко

Подписано в печать 29.10.2009. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,4.

Тираж 60 экз. Заказ 4/96.

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220006, Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220006, Минск, Свердлова, 13.  
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.