

На правах рукописи



Сахно Татьяна Михайловна

**МОРФОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PINUS* L. В
ПАРКОВЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА**

03.02.01 – ботаника

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ялта – 2020

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

Научный руководитель: **Плугатарь Юрий Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАН, заведующий отделом природных экосистем, директор ФГБУН «НБС-ННЦ»

Официальные оппоненты: **Пименов Александр Владимирович**, доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе, Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирское отделение Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Солтани Галина Александровна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Сочинский национальный парк»

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Защита диссертации состоится «18» декабря 2020 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета Д 900.011.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52; e-mail: dissovet.nbs@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН «НБС-ННЦ» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52, адрес сайта: <http://obr.nbgncs.ru>

Автореферат разослан «20» октября 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Корженевская Юлия Владиславовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Изучение биологических характеристик древесных растений в условиях интродукции имеет важное значение в связи с решением практических задач экологической оптимизации парковых фитоценозов и антропогенно трансформированных ландшафтов, улучшения социально-экологических условий, повышения качества жизни (Дюкова, 2012; Стратегия ..., 2018). Особую актуальность эта проблема приобретает в южных регионах нашей страны, где курортно-рекреационная деятельность является ведущей отраслью экономического развития (Лапин и др., 1997; Стратегия ботанических..., 2003; Найденова, 2007). Расширение видового разнообразия с учетом повышения декоративно-эстетических характеристик ассортимента интродуцированных растений должны обеспечить улучшение структуры и качества зеленых насаждений, включая парковые сообщества, а также создать долговечные экологически устойчивые элементы ландшафтного фитодизайна (Малеев, 1933; Соколов, 1957; Цицин 1968; Титок, Володько, 2012).

В первые 125 лет существования Никитского ботанического сада (1812-1937 гг.) было введено в культуру 63 вида сосен из различных флоро-географических областей Земли, большая часть которых представлена растениями из Северной Америки (Забелин, 1939). Однако, ситуация сегодняшнего дня свидетельствует о том, что данные виды, в силу ограниченных представлений в области их биологических особенностей, не получили широкого распространения.

Для Южного берега Крыма (ЮБК), как влагодефицитного региона (Парубец, 2009), характерны процессы деградации, как естественных, так и искусственных растительных сообществ, поэтому приоритетное значение имеет поиск новых видов и расширение возможностей использования ранее интродуцированных таксонов хвойных растений, среди которых особого внимания заслуживают представители североамериканских видов рода *Pinus*, как наименее изученные.

Степень разработанности темы исследования. Анализ литературных данных показал, что наиболее глубоко изучением вопросов биологических особенностей североамериканских видов занимались зарубежные ученые D. Culross (1950); E. Little (1980); R. Kral (1993); A. Farjon (1998); J. Perry, R. Thompson, K. Anderson, P. Bartlein (1999); R. Richardson, H. Bannister, G. Neuner (2001). В РФ ведутся исследования североамериканских видов *Pinus* в дендрарии Горнотаежной станции ДВО РАН (Репин, 1998, 2013, 2015), ботаническом саду-институте Уфимского НЦ РАН (Путенихин, Мкртчян, 2013; Мкртчян, 2014). В Никитском ботаническом саду большой вклад в изучение рода *Pinus* внесли: Н.А. Гартвис (1855), И.А. Забелин (1956-1959), Ю.К. Подгорный (1977, 1982), Г.Д. Ярославцев (1973).

В настоящее время крайне ограничены данные о текущем состоянии, видовом разнообразии, территориальном распределении и биологических характеристиках североамериканских представителей рода *Pinus* на Южном берегу Крыма, что и обуславливает актуальность настоящих исследований.

Цель работы – на основе изучения биологических показателей выявить особенности роста и репродукции, оценить реализацию интродукционного потенциала североамериканских видов рода *Pinus* L. в условиях ЮБК, разработать рекомендации по повышению эффективности их использования в садово-парковом строительстве.

Задачи исследования:

- Изучить дендрометрические показатели и дать характеристику жизненного состояния североамериканских видов рода *Pinus* в парковых сообществах ЮБК.
- Провести анализ динамики морфологических признаков вегетативных органов североамериканских сосен в условиях ЮБК.
- Изучить морфолого-анатомические и некоторые биохимические особенности хвои исследуемых видов.
- Изучить фенологию пыления, динамику биометрических показателей репродуктивных структур, оценить жизнеспособность пыльцы и семян.
- Оценить степень повреждения вредителями и болезнями растений в условиях ЮБК.
- Дать оценку успешности интродукции и акклиматизации североамериканских видов *Pinus* на ЮБК.

Объекты исследования: североамериканские виды рода *Pinus* L.: сосна лучистая (*P. radiata* D.Don), сосна Сабина (*P. sabiniana* Douglas) и сосна Культера (*P. coulteri* D.Don).

Научная новизна. С использованием методов дендрометрии и оценки состояния древесных растений определены факторы, лимитирующие рост и развитие растений североамериканских видов рода *Pinus* при культивировании на ЮБК. Впервые проведена оценка динамики биометрических характеристик вегетативных органов североамериканских видов в связи с особенностями природно-климатических условий ЮБК. Выявлены факторы, определяющие уровень годового прироста побегов (количество осадков предшествующего года) и интенсивность формирования хвои (сумма активных температур $> 10^{\circ}\text{C}$, количество осадков первой половины вегетативного периода) *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*. Исследована и описана анатомия хвои, определено количество устьиц, слоев гиподермы, мезофилла и смоляных каналов. Выявлена видовая специфика количественного содержания эфирного масла в хвое североамериканских видов и его качественные характеристики (компонентный состав, органолептическая оценка) при интродукции в условиях ЮБК. Определен уровень хронологического варьирования процесса пыления в связи с действием температурного фактора. Установлен диапазон суммы активных температур начала лета пыльцы. Выявлено влияние температурного режима весеннего периода на качественные характеристики пыльцы. Проведена оценка результативности процессов репродукции, установлено, что *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в условиях ЮБК формируют жизнеспособные семена. Выявлена специфика повреждения вредителями и болезнями изучаемых видов в парковых фитоценозах. Оценка степени акклиматизации и успешности

интродукции позволила отнести данные виды к группе перспективных растений в условиях ЮБК.

Теоретическая и практическая значимость работы. Определены основные биологические характеристики североамериканских видов рода *Pinus* в условиях ЮБК. Проведен анализ распространения североамериканских видов рода *Pinus* в садово-парковых сообществах ЮБК. Изучение изменчивости вегетативных органов позволило выделить факторы, лимитирующие рост *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в условиях ЮБК. Результаты сравнительного анализа морфо-анатомических структур хвои североамериканских и аборигенных видов рода *Pinus* расширяют представления в области развития процессов морфогенетической адаптации при интродукции представителей данного рода. Показатели динамики компонентного состава эфирного масла предложено использовать в качестве системного теста экологической пластичности *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*. Хронологические ряды фенологических спектров фазы пыления, количественные показатели морфо-биометрических признаков и особенностей прорастания пыльцы североамериканских видов сосен могут быть использованы при проведении селекционных работ по расширению формового разнообразия, улучшению декоративных характеристик представителей рода *Pinus*. Результаты изучения специфики и уровня повреждения вредителями и болезнями позволят определить основные направления формирования методических подходов совершенствования системы профилактики, предупреждения и ограничения негативного воздействия энтомофауны и фитопатогенных организмов на североамериканские виды сосен в садово-парковых сообществах ЮБК.

Положения, выносимые на защиту:

1. Североамериканские виды рода *Pinus* L. (*P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri*) характеризуются высокими показателями роста и устойчивости к неблагоприятным факторам, приближаясь по этим признакам к представителям аборигенной флоры (*P. pallasiana* D. Don).

2. Наиболее заметное влияние на процессы роста и развития североамериканских представителей рода *Pinus* в условиях ЮБК оказывают температурный режим (сумма активных температур) и количество осадков.

3. По биологическим характеристикам и декоративно-эстетическим качествам *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* входят в группу перспективных растений для культивирования в условиях ЮБК и формирования объектов озеленения городов и садово-паркового строительства.

Степень достоверности. Достоверность данных, полученных в результате проведенных исследований, обеспечена продолжительными комплексными исследованиями, репрезентативностью и большим объемом фактического материала, а также использованием статистических методов при математической обработке экспериментальных данных.

Апробация работы. Основные результаты диссертационных исследований были представлены на 8 международных научных конференциях, проводимых в России и за рубежом: «Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении,

изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира» (Минск, 2017); «Коняевские чтения» (Екатеринбург, 2017); «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России» (Махачкала, 2017); «Современные проблемы биоморфологии» (Владивосток, 2017); «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)» (Ялта, 2018); «Современные задачи и актуальные вопросы лесоведения, дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры» (Ялта, 2018); «Растительное разнообразие: состояние, тренды, концепция сохранения» (Новосибирск, 2020).

Результаты выполнения научно-исследовательской работы вошли составной частью в курс лекций для студентов базовой кафедры садово-паркового и ландшафтного искусства ФГБОУ ВО Уральский ГАУ и были внедрены в производственный процесс.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 12 научных работ, из которых 4 статьи входят в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 разделов, заключения, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 172 страницах, проиллюстрирован 39 рисунками и содержит 14 таблиц. Список литературы представлен 351 источником, из которых 131 иностранный.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю, д-ру с.-х. наук, чл.-корр. РАН Плугатарю Ю.В. за общее руководство и помощь в планировании и организации исследований, а также обобщении полученных результатов и подготовке рукописи. Автор выражает признательность д-ру биол. наук, проф. Кобе В.П., д-ру биол. наук Шевчук О.М. и д-ру биол. наук, проф. Шевченко С.В. за методические рекомендации и ценные профессиональные советы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

РАЗДЕЛ 1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PINUS* L. (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

В разделе описаны аспекты филогенеза видов рода *Pinus* (Голенкина, 1927; Ярмоленко, 1933; Комаров, 1943; География ..., 1960; Тахтаджян, 1978; Yamada et al., 2014; Smith et al., 2017) и их систематическое положение (Roetzl, 1857; Pilger, 1926; Mirov, 1967; Farjon, 2005). Представлены современные данные о видовом разнообразии (Little, Critchfield, 1969; Farjon, Styles, 1997; The Plant List, 2018; <https://www.conifers.org/zz/gymnosperms.php>), а также особенностях географического распределения представителей рода *Pinus* (Little, 1966; Mirov, 1967; Kral, 1993). Приведены литературные данные о распространении хвойных лесов Северной Америки и основных лесообразующих видах (Гордеева, Стрелкова, 1968; <https://natworld.info>; <http://www.bizzcom.ru/about/7.htm>). Описаны исторические этапы интродукционных исследований североамериканских видов

рода *Pinus* на ЮБК (Любименко, 1909; Забелин, 1954; Подгорный, 1977, 1982; Галушко и др., 1993), дана оценка современного таксономического разнообразия представителей данного рода в парковых сообществах ЮБК. Обобщены литературные данные по биологическим и экологическим особенностям *P. radiata* (Coleman, 1905; Scott, 1960; Forde, 1964; Critchfield, Little, 1966; Libby et al., 1968; Griffin, Critchfield, 1972; Hood, 1980; Powers, 1990; McCune, 1988; Kral, 1993); *P. sabiniana* (Bailey, 1948; Lawrence, 1966; Krugman, Jenkinson, 1974; Holechek, 1981; Farris, 1983; Крюссман, 1986; Bannister, Neuner, 2000); *P. coulteri* (Peattie, 1950; Munz, 1973; Howard, 1984; Minnich, 1987; Hodge, 2000; Barbour 2007; Chardon et al., 2015), а также их хозяйственному значению (Токин, 1946; Молчанов, 1973; Деревья ..., 1994; Moussouris, Regato, 1999; Орлова, 2005; Попова и др., 2010).

РАЗДЕЛ 2 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

ЮБК представляет собой южный склон Главной гряды Крымских гор, обращенный к Черному морю. Местами он довольно крутой и изрезан балками, в нижней части образован глинистыми сланцами юры и триаса, иногда с глинистыми песчаниками (Павлова, 1964). На сланцевых склонах постоянных водных источников нет. Выпадающие осадки сквозь глинистые сланцы не проникают, а растекаются по поверхности или по коренной породе под вышележащим делювием. В период дождей обычно сухие балки сланцевой толщи заполняются водой, уносящей мелкоземистую часть почвы. В зимнее время, при накоплении грунтовой воды в местах скопления рыхлого делювия, на сланцевых склонах происходят оползни (Геология, 1969).

Основными почвенными породами нижнего пояса ЮБК являются глинистые сланцы и продукты их разрушения, известняки и их делювий (осыпи мелкого известнякового щебня в смеси с глиной), а также смешанный делювий глинистых сланцев и известняков (Кочкин, 1963, 1967; Опанасенко и др., 2018). Для нижнего пояса ЮБК характерны горные коричневые почвы сухих лесов и кустарников (Фридланд, 1959; Кочкин, 1967; Драган, 1983; 2004; Половицкий, Гусев, 1987).

Средняя годовая температура воздуха в нижнем поясе ЮБК убывает по мере продвижения на восток и колеблется от 13,5°C (Ай-Тодор) до 12,6°C (Алушта). Самым теплым месяцем является июль (Ялта 24,1°C) или август (24,5°C), а самым холодным – январь (2,6-4,0°C). Изменчивость осадков по годам очень велика от 300 до 902 мм. В центральной части нижнего пояса ЮБК выпадает наибольшее годовое количество осадков, которое на запад и восток убывает (Фурса и др., 2006). Выпадение большей части осадков в прохладное время года с незначительным испарением благоприятствует росту древесно-кустарниковой растительности, так как в зимний период выпадающее на увлажненную поверхность почвы частые дожди создают резервы влаги для вегетации растений весной и в первой половине лета (Плугатарь и др., 2015).

РАЗДЕЛ 3 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были выбраны наиболее распространенные в парковых сообществах ЮБК три вида североамериканских сосен: сосна лучистая (*P. radiata* D.Don), сосна Сабина (*P. sabiniana* Douglas) и сосна Культера (*P. coulteri* D.Don). Исследования проводили в течение 2015-2018 гг. в парках нижнего высотного пояса ЮБК (до 300 м н.у.м.) от Фороса до Алушты.

Дендрометрические характеристики, жизненное состояние и оценку процессов репродукции деревьев определяли согласно существующим методикам (Корчагин, 1960; Методика ..., 1997; Справочник, 2008; Родин и др., 2009; Исиков и др., 2014). Фенологические наблюдения проводили по рекомендациям И.Н. Елагина (1961), Г.Д. Ярославцева и др. (1973). Изучение динамики годичных приростов проводили путем измерения у модельных деревьев 30 побегов с южной стороны кроны (Молчанов, Смирнов, 1967). Анатомические исследования хвои (Прозина, 1960; Паушева, 1990), извлечение и анализ эфирного масла (Биохимические..., 1972; Jennings, Shibamoto, 1980; Исиков и др., 2009) осуществляли согласно общепринятым методам. Измерение биометрических показателей пыльцевых зерен и их жизнеспособность проводили на 150 образцах с каждого модельного дерева (Моносзон-Смолиной, 1949; Пятницкого, 1961). Фитосанитарные исследования (Кузнецов, 1967; Митропольский, 1971; Методы мониторинга ..., 2004) выполняли общепринятыми методами. Определение успешности интродукции проводили на основе расчета акклиматизационного числа (Кохно, Курдюк, 1994) и балльной оценки по шкале П.А. Лапина, С.В. Сидневой (1973) с внесением модификаций для рода *Pinus*. Оценку влияния климатических факторов на рост исследуемых видов осуществляли на основании метеорологических данных метеостанции «Никитский сад». Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием стандартных методов (Доспехов, 1965; Зайцев, 1973; 1991; Лакин, 1980) и программного обеспечения Microsoft Office (Excel 2010).

РАЗДЕЛ 4 ОСОБЕННОСТИ РОСТА СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА *PINUS* L., ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ И НАКОПЛЕНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА

4.1 Дендрометрическая характеристика и жизненное состояние. Обследование парковых сообществ ЮБК позволило выявить основные места культивирования североамериканских видов рода *Pinus* на ЮБК, а также определить их дендрометрические характеристики и жизненное состояние. В настоящее время *P. radiata* культивируется в парке Монтедор Никитского ботанического сада и парках МДЦ «Артек». Высота деревьев составляет (h) 8,5-26 м, диаметр ствола (Ø) на высоте 1,3 м от комля –13,1-59,0 см (в естественных условиях: h – 15-30 м, Ø – 30-90 см).

P. sabiniana – вид, наиболее широко представленный в парковых и городских насаждениях ЮБК, встречается от Фороса до Алушты: Воронцовском, Массандровском, Форосском, Ливадийском, Приморском, парках НБС, Харакс и ФГБОУ МДЦ «Артек». Единичные деревья произрастают на территории Алуштинского филиала ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», ГБУ РК

«Ялтинский горно-лесной природный заповедник», ФГБУ Военный санаторий «Крым» Минобороны России. Высота обследованных деревьев *P. sabiniana* варьирует от 4,5 м до 31 м, диаметр ствола находится в пределах от 7 до 117 см. Дендрометрические характеристики старейших деревьев в парковых ценозах ЮБК превышают значения, которые приводятся для этого вида в естественных условиях произрастания (h – 12-24 м, \varnothing – 30-90 см).

P. coulteri встречается в следующих насаждениях: Форосский парк, Нижний парк арборетума, Монтедор (НБС), парках МДЦ «Артек», пансионата «Массандра», санатория НИИ имени Сеченова. Дендрометрические параметры деревьев *P. coulteri* значительно варьируют. Высота выявленных экземпляров находится в пределах от 8,5 до 26 м, диаметр ствола – от 8 см до 85,4 см (в естественном ареале: h – 9-25 м, \varnothing – 30-80 см). Исследования показали, что культивируемые североамериканские сосны в парковых сообществах ЮБК достигают биометрических параметров, свойственных деревьям в естественном ареале, а в некоторых случаях превосходят их (*P. sabiniana* и *P. coulteri*).

Расчет относительной высоты исследуемых деревьев показал, что большинство выявленных экземпляров отличаются низким значением этого показателя (от 20 до 60%). Такое распределение дает основание полагать, что деревья характеризуются нормальным ростом, и условия их произрастания являются благоприятными. В составе парковых сообществ преобладают растения, находящиеся в хорошем жизненном состоянии без признаков угнетения: *P. radiata* – 72,2%, *P. sabiniana* – 57,0% и *P. coulteri* – 62,0% от общего количества исследуемых экземпляров.

4.2 Динамика роста побегов. Рост побегов у исследуемых видов в условиях интродукции наблюдался в период с апреля по август. Согласно полученным данным, исследуемые виды ежегодно формируют прирост, диапазон значений которого у *P. radiata* составляет 4,5-5,3 см, *P. sabiniana* – 4,2-5,4 см, *P. coulteri* – 5,1-5,7 см, *P. pallasiana* – 5,2-6,7 см (рисунок 1).

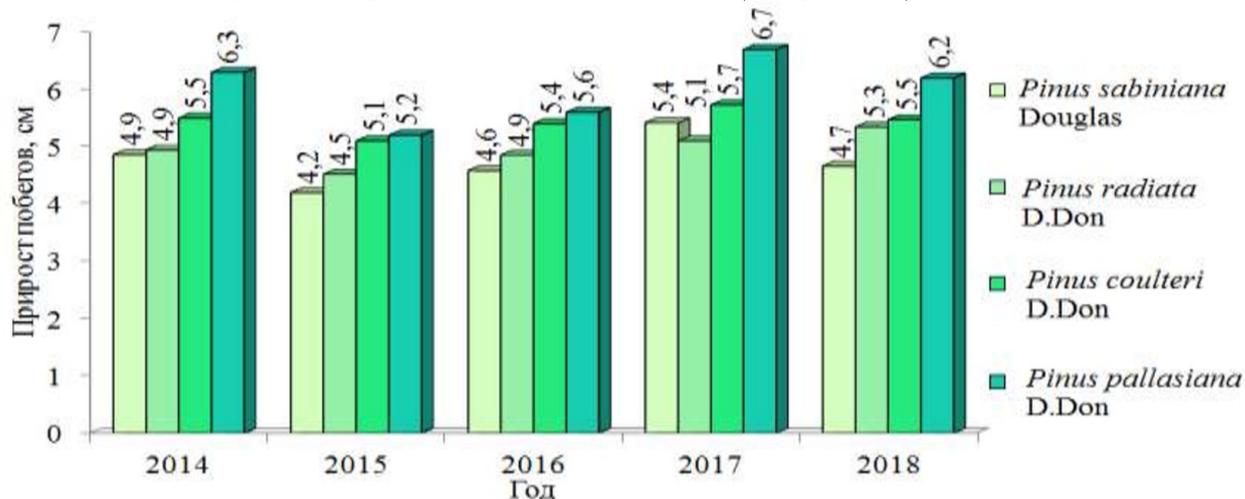


Рисунок 1 – Годовой прирост побегов изучаемых видов *Pinus* L.

Годичный прирост побегов североамериканских видов отличается несколько меньшими значениями по сравнению с аборигенным видом *P. pallasiana*. Наиболее близки между собой значения прироста у *P. radiata* и

P. sabiniana. Длина прироста *P. coulteri* в наибольшей степени приближается к показателям *P. pallasiana*. Изучение влияния погодных условий ЮБК на особенности формирования годичного прироста показало, что длину прироста побегов североамериканских видов определяют условия влагообеспеченности года, предшествующего их вегетации. Отмечается среднее положительное влияние количества осадков на прирост у *P. radiata* ($r = 0,70$) и сильное положительное – у *P. sabiniana* ($r = 0,88$), *P. coulteri* ($r = 0,85$). Таким образом, достаточное увлажнение предыдущего года роста побегов обеспечивает их успешный рост в текущем периоде.

4.3 Морфолого-анатомические особенности хвои. Метрические параметры хвои североамериканских видов в условиях ЮБК находятся в пределах значений для зоны их естественного произрастания. Средняя длина хвои *P. radiata* колеблется от 9,5 до 11,2 см (в природном ареале – 8-15 см), ширина – 1,6-1,8 мм (1,3-1,8 мм), толщина – 0,8-0,9 мм. Средние показатели *P. sabiniana* составляют: длина – 19-23 см (в природном ареале – 15-32 см), ширина – 1,4-1,8 мм (1,5-2,0 мм), толщина – 0,9-1,1 мм. Хвоя *P. coulteri* характеризуется средними значениями длины – от 18,5 до 20,9 см (в природном ареале – 15-30 см), ширины – от 1,7 до 1,9 мм (до 2,0 мм), толщины – от 1,1 до 1,2 мм.

Показатели длины, ширины, толщины изменяются незначительно, средняя и повышенная вариабельность отмечается по отдельным характеристикам у *P. radiata* и аборигенного вида *P. pallasiana* (таблица 1).

Таблица 1 – Морфометрические параметры хвои исследуемых видов *Pinus* L.

Год	Длина хвои			Ширина хвои			Толщина хвои		
	М±m, см	Lim, см	V, %	М±m, мм	Lim, мм	V, %	М±m, мм	Lim, мм	V, %
<i>Pinus radiata</i> D.Don									
2015	11,1±0,02	8,5-13,3	12,6	1,6±0,02	1,4-1,8	6,6	0,8±0,02	0,6-1,0	9,1
2016	9,7±0,05	7,2-12,6	15,1	1,6±0,02	1,4-1,8	6,6	0,8±0,03	0,6-0,9	9,0
2017	11,2±0,07	7,9-15,7	22,3	1,6±0,03	1,3-1,8	8,4	0,8±0,03	0,5-0,9	11,2
2018	9,5±0,05	7,2-13,9	17,6	1,7±0,02	1,5-1,9	6,2	0,9±0,03	0,7-1,1	9,3
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas									
2015	23,6±0,04	19,2-26,8	9	1,8±0,02	1,5-2,0	7,1	1,1±0,02	0,8-1,2	8,4
2016	22,8±0,03	19,7-27,6	9,3	1,7±0,03	1,4-2,0	8,4	1,1±0,02	0,9-1,2	7,1
2017	20,1±0,04	16,1-26,5	10,8	1,6±0,02	1,4-1,8	6,6	1,0±0,03	0,8-1,2	7,8
2018	19,0±0,03	14,4-21,4	8,7	1,4±0,02	1,3-1,7	6,5	0,9±0,03	0,8-1,1	8,0
<i>Pinus coulteri</i> D.Don									
2015	20,9±0,04	16,6-24,0	11,5	1,8±0,03	1,6-2,1	8,1	1,2±0,01	1,0-1,3	6,2
2016	18,5±0,03	14,9-21,1	9,1	1,7±0,02	1,5-1,9	6,6	1,1±0,02	0,9-1,2	6,9
2017	20,5±0,02	17,8-22,0	5,9	1,9±0,02	1,7-2,1	5,2	1,2±0,02	1,0-1,3	6,8
2018	19,5±0,02	16,6-22,2	6,7	1,7±0,02	1,5-1,9	6,2	1,1±0,02	1,0-1,2	6,2
<i>Pinus pallasiana</i> D.Don									
2015	11,1±0,03	7,7-13,5	16,3	1,8±0,03	1,5-2,2	8,8	1,1±0,02	0,9-1,3	8,5
2016	10,4±0,07	7,6-14,2	19,7	1,8±0,03	1,6-2,5	9,0	1,1±0,04	0,9-1,3	11,3
2017	10,4±0,04	7,2-12,5	12,1	1,8±0,02	1,6-2,0	5,8	1,0±0,03	0,9-1,2	8,3
2018	9,3±0,04	6,9-11,3	12,3	1,9±0,04	1,5-2,4	12,6	1,1±0,05	0,8-1,5	14,0

Установлено, что размеры хвои исследуемых видов определяются главным образом погодными условиями в период с апреля по июнь включительно. Длина хвои *P. radiata* сокращается при повышении суммы активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,94$). При уменьшении количества осадков и повышении температурного режима наблюдается увеличение ширины ($r = -0,80$) и толщины ($r = -0,80$) хвои данного вида. На метрические характеристики хвои *P. sabiniana* в большей степени оказывает влияние режим увлажненности (апрель-июнь). Сильное положительное влияние отмечается по длине ($r = 0,99$), ширине ($r = 0,97$) и толщине ($r = 0,99$). В то же время определено среднее отрицательное значение корреляции между температурным режимом и длиной ($r = -0,54$), толщиной хвои ($r = -0,64$) *P. sabiniana*. Высокое отрицательное значение корреляции отмечено между шириной хвои и суммой активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ (апрель-июнь) ($r = -0,77$). Повышение температурного режима также оказывает отрицательное влияние на размеры хвои *P. coulteri*: корреляция составила для длины ($r = -0,68$), ширины ($r = -0,81$) и толщины ($r = -0,91$). Таким образом, значение суммы активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ в период с апреля по июнь оказывает отрицательное влияние на длину хвои всех исследуемых видов, особенно на фоне сокращения влагообеспеченности условий культивирования.

Исследуемые североамериканские виды имеют типичное анатомическое строение хвои, характерное для представителей рода *Pinus*. Выделяется эпидерма с кутикулой, гиподерма, складчатый мезофилл, в котором располагаются смоляные каналы. В средней части находится эндодерма, трансфузионная ткань с проводящими пучками, дифференцированными на ксилему и флоэму. Отмечаются некоторые различия количественных анатомических признаков (таблица 2).

Таблица 2 – Количественные показатели анатомических структур исследуемых видов

Показатель \ Вид	<i>Pinus radiata</i> D.Don	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	<i>Pinus coulteri</i> D.Don	<i>Pinus pallasiana</i> D.Don
Количество устьиц, шт.	11-26	15-21	14-22	18-26
Количество слоев гиподермы, шт.	2-4	2-3	3-5	2
Количество слоев мезофилла, шт.	2-3	2-4	3-4	3
Количество смоляных каналов, шт.	2-3	2	2-6	3-10
Количество проводящих пучков, шт.	2	2	2	2

Количество устьиц у *P. radiata* варьирует от 11 до 26 шт., *P. sabiniana* – 15-21 шт., *P. coulteri* – 14-22 шт. и *P. pallasiana* – 18-26 шт. Наибольшее развитие

гиподермы (3-5 слоев) и мезофилла (3-4 слоя) отмечено у *P. coulteri*. Количество смоляных каналов у исследуемых видов также варьирует: *P. radiata* – 2-3 шт., *P. sabiniana* – 2 шт., *P. coulteri* – 2-6 шт., с максимальными значениями для аборигенного вида *P. pallasiana* – 3-10 шт. Наибольшей вариабельностью в условиях ЮБК характеризуется площадь смоляных каналов.

4.4 Компонентный состав эфирного масла североамериканских видов рода *Pinus* L. в условиях Южного берега Крыма. Накопление эфирного масла в тканях хвои происходит преимущественно в складчатом мезофилле, в незначительных количествах – в выстилающих клетках смоляных каналов и проводящих элементах. Массовая доля эфирного масла *P. radiata* составила 0,15% от сырой массы (0,36% от абсолютно сухой массы), *P. coulteri*, *P. sabiniana* по 0,03% от сырой массы (0,07%) и *P. pallasiana* 0,08% от сырой массы (0,18%). Установлено, что эфирное масло исследуемых видов различается по количественным и качественным показателям. У *P. radiata* выявлено 64 компонента, *P. sabiniana* – 43, *P. coulteri* – 60 и *P. pallasiana* – 53. По доминирующему тону эфирное масло *P. radiata* относится к хвойно-фруктовому направлению аромата, *P. sabiniana* – цветочно-хвойному, *P. coulteri* – древесно-смолисто-бальзамическому и *P. pallasiana* – смолисто-можжевеловому.

Доминирующими компонентами эфирного масла исследуемых видов являются вещества класса терпенов: *P. radiata*: α -пинен – 21,20%, β -пинен – 29,57%, лимонен – 12,41%; *P. sabiniana*: α -пинен – 13,69%, лимонен – 15,23%, фенилэтил бутират – 20,58%; *P. coulteri*: α -пинен – 10,67%, β -пинен – 11,64%, δ -кадинен – 11,07% (таблица 3).

Таблица 3 – Доминирующие компоненты эфирного масла видов рода *Pinus* L. в условиях Южного берега Крыма

№	Компонент	Количественное содержание (% отн.) идентифицированных компонентов эфирного масла			
		<i>Pinus radiata</i> D.Don	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	<i>Pinus coulteri</i> D.Don	<i>Pinus pallasiana</i> D.Don
1	α -пинен	21,20	13,69	10,67	26,08
2	β -пинен	29,57	2,06	11,64	4,78
3	лимонен	12,41	15,23	2,10	–
4	фенилэтил бутират	–	20,58	–	2,49
5	гермакрен D	2,48	–	3,15	9,67
6	γ -кадинен	0,24	–	–	17,44
7	δ -кадинен	1,14	–	11,07	–

Соединения терпеноидной природы, согласно данным литературы, наиболее восприимчивы к стрессовым воздействиям, запускают защитные механизмы, путем изменения содержания наиболее летучих компонентов, к

которым относится α -пинен. Среди исследуемых видов наибольшее процентное содержание α -пинена обнаружено у аборигенного вида *P. pallasiana* (26,8%) и интродуцента *P. radiata* (21,20%), хвоя которых в наибольшей степени подвержена изменчивости. Таким образом, показатели динамики содержания α -пинена в эфирном масле способны отражать реакцию древесных растений на неблагоприятные условия среды как био-, так и абиогенной природы, что может найти применение в качестве теста экологической пластичности.

РАЗДЕЛ 5 МОРФОЛОГИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН, КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ И СЕМЯН СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА *PINUS* L. В УСЛОВИЯХ ПАРКОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

5.1 Фенология пыления. Начало фенофазы пыления (рисунок 2) для североамериканских видов обусловлено достижением оптимальной суммы активных температур $>5^{\circ}\text{C}$: *P. radiata* – 455-489 $^{\circ}\text{C}$, *P. sabiniana* – 616,1-702,7 $^{\circ}\text{C}$. *P. coulteri* – 946,2-1000,6 $^{\circ}\text{C}$.

МЕСЯЦ ДЕКАДА	АПРЕЛЬ			МАЙ			ИЮНЬ
	I	II	III	I	II	III	I
<i>Pinus radiata</i> D.Don	2016		■	■			
	2017		■	■			
	2018	■	■	■			
<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	2016			■	■	■	
	2017			■	■	■	
	2018			■	■	■	
<i>Pinus coulteri</i> D.Don	2016				■	■	
	2017				■	■	■
	2018				■	■	■
<i>Pinus pallasiana</i> D.Don	2016			■	■	■	
	2017			■	■	■	
	2018				■	■	■

Рисунок 2 – Сроки пыления видов рода *Pinus* L., произрастающих в условиях ЮБК (2016-2018 гг.)

Продолжительность периода пыления варьировала от 8 до 16 дней в зависимости от погодных условий, однако наиболее интенсивное рассеивание пыльцы отмечается в первые 5 дней после начала фенофазы.

5.2 Морфология пыльцы. Средние показатели общей длины (L) тела пыльцевых зерен, как интегрального показателя, у *P. radiata* варьировали от 104,7 до 107,2 мкм, у *P. sabiniana* от 96,8 до 105,2 мкм. Наиболее крупные размеры пыльцы среди исследуемых видов выявлены у *P. coulteri*, средний показатель L варьировал от 116,9 до 117,8 мкм. Размеры пыльцевых зерен и их отдельных элементов у интродуцированных видов несколько выше в сравнении с пыльцой аборигенного вида *P. pallasiana* (L – 80,6-81,1 мкм). Линейные параметры пыльцевых зерен – общая длина тела, высота тела, длина и высота воздушных мешков, в целом, характеризовались незначительным уровнем изменчивости (коэффициент вариации составляет 5,1-14,5%).

5.3 Аномалии формы и размера пыльцы. Количество морфологических аномалий пыльцы (рисунок 3) у *P. radiata* (2,1-10,2%), *P. sabiniana* (4,0-12,5%), *P. coulteri* (9,6-10,8%) не превышает уровня нарушений у аборигенного вида *P. pallasiana* (9,4-13,0%). Аномалии пыльцы представлены в подавляющем большинстве нарушениями тела пыльцевых зерен. Их количество коррелирует с суммой активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ до начала пыления. Установлено, что для пыльцы североамериканских представителей характерно увеличение количества морфологических отклонений в годы с наименьшей суммой активных температур $>5^{\circ}\text{C}$: *P. radiata* – $r = -0,99$; *P. sabiniana* – $r = -0,67$; *P. coulteri* – $r = -0,99$.

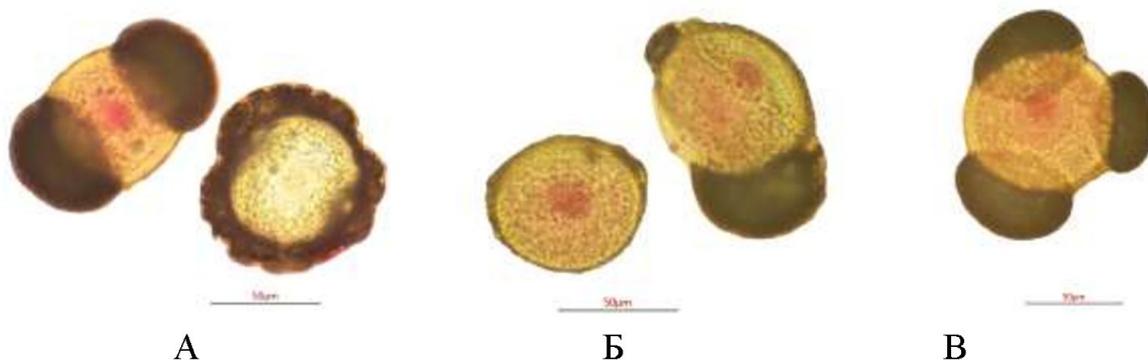


Рисунок 3 – Аномалии формы и размера пыльцевых зерен: А – воротничковая форма пыльцевого зерна; Б – пыльцевое зерно с полной и частичной редукцией воздушных мешков; В – пыльцевое зерно с тремя воздушными мешками

5.4 Показатели жизнеспособности пыльцы. Все исследуемые виды формируют жизнеспособную пыльцу (рисунок 4), средний показатель составил: *P. radiata* – 60,2%, *P. coulteri* – 62,5% и *P. pallasiana* – 66,8%. Пыльца наилучшего качества была отмечена у *P. sabiniana* (75,9%).

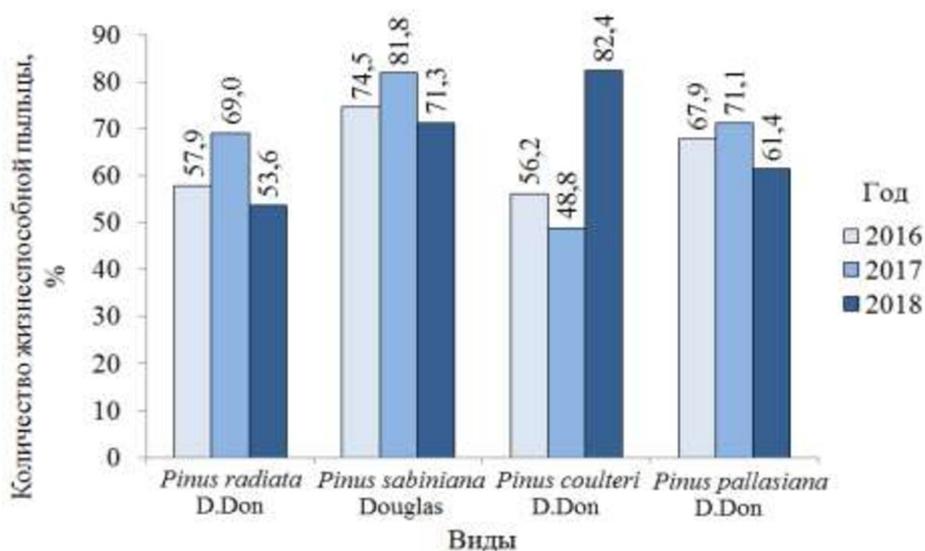


Рисунок 4 – Динамика жизнеспособности пыльцы исследуемых видов *Pinus* L. (2016-2018 гг.)

Длина пыльцевых трубок исследуемых видов достаточно вариабельный показатель (коэффициент вариации составил от 13,9% до 32,0%), который зависит от длины тела пыльцевых зерен, при этом коэффициент корреляции составляет: *P. radiata* – $r = 0,98$, *P. sabiniana* – $r = 0,97$ и *P. coulteri* – $r = 0,90$.

5.5 Биоморфология шишек и качество семян. Исследуемые североамериканские виды формируют шишки с полноценными семенами. Отмечается снижение размеров женских шишек, в сравнении с естественным ареалом произрастания данных видов. У *P. radiata* наблюдается уменьшение ширины в 1,2 раза, у *P. sabiniana* и *P. coulteri* – длины в 1,2 и 1,4 раза, соответственно (рисунок 5).



Pinus radiata D. Don

Pinus sabiniana Douglas

Pinus coulteri D. Don

Рисунок 5 – Шишки и семена североамериканских видов рода *Pinus* L.

Масса 1000 семян на ЮБК у *P. radiata* составляет 18,4 г, *P. sabiniana* – 899,8 г и *P. coulteri* – 172,8 г. В условиях интродукции наблюдается значительное снижение веса семян (*P. radiata* на 8-63,2%, *P. sabiniana* – 10%, *P. coulteri* – 48,1%), по сравнению с другими регионами культивирования, в том числе естественным ареалом.

Всхожесть семян *P. radiata* варьирует от 36,8% у отдельно произрастающих особей до 72,3% у деревьев в групповых посадках, *P. sabiniana* – от 42,4% до 90%, *P. coulteri* – от 51,9% до 78,6%, соответственно. Снижение массы 1000 семян у североамериканских видов в условиях интродукции, а также снижение их всхожести у пространственно изолированных особей связано с ограниченными возможностями перекрестного опыления, его недостаточной эффективностью или полным отсутствием.

РАЗДЕЛ 6 ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ВРЕДИТЕЛЯМИ И БОЛЕЗНЯМИ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ *PINUS L.*

Фитосанитарный мониторинг показал, что интродуцированные североамериканские виды *Pinus* в условиях ЮБК в разной степени подвержены воздействию энтомо-, и фитопатогенов.

6.1 Вредители. Изучаемые представители рода *Pinus* поражаются двумя видами энтомовредителей, среди которых обыкновенная сосновая щитовка (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill) и побеговьюн зимующий (*Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller).

Наименьшая повреждаемость *L. pusilla* отмечена у *P. coulteri* и *P. sabiniana* (1 балл), средняя (2-3 балла) – у *P. pallasiana*. На протяжении периода проведения исследований *P. radiata* подвергалась систематически сильному заражению сосновой щитовкой (5 баллов). Колонии *L. pusilla* на деревьях *P. radiata* массово поражают хвою, вызывая при этом ее пожелтение и преждевременное опадание.

У двух интродуцированных видов – *P. coulteri* и *P. sabiniana*, а также аборигенного вида *P. pallasiana*, степень повреждения побегов *R. buoliana* находилась в пределах 18,1-23,9%. Сильные поражения вегетативных органов, увеличивающиеся с каждым годом, наблюдаются у *P. radiata* от 69,5% в 2016 г. до 85,1% в 2018 г. (рисунок 6).

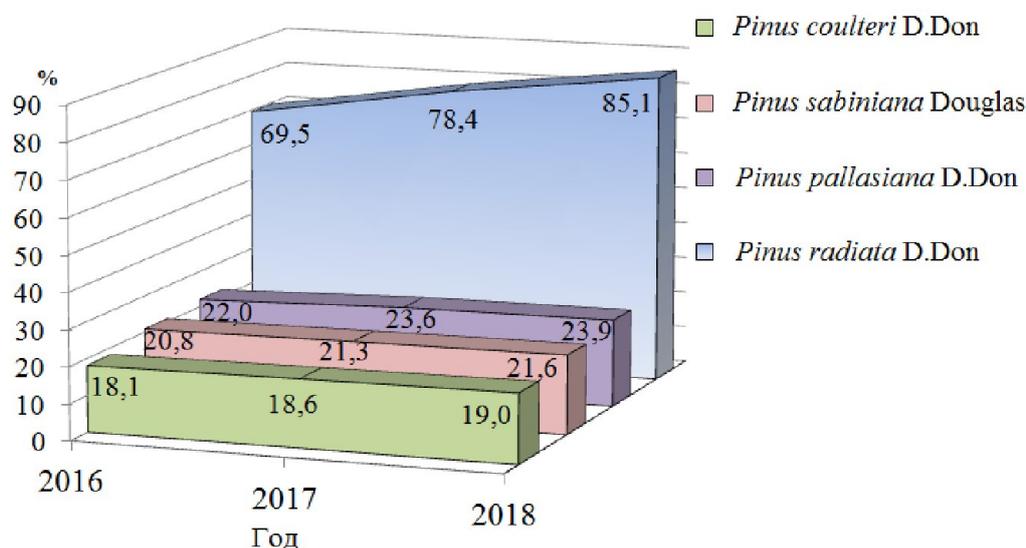


Рисунок 6 – Динамика количества поврежденных побегов исследуемых видов *Pinus L.* (2016-2018 гг.)

R. buoliana вызывает изогнутость побегов (при частичном повреждении проводящих элементов вегетативных органов, обычно, вызвано гусеницами младших возрастов) и полное отмирание побегов, при котором в дальнейшем у деревьев наблюдается многовершинность и развитие канделябровой кроны.

Для предотвращения дальнейшего роста популяции вредителей и снижения их вредоносности необходима система защитных мероприятий, включающая использование, как биологических методов, так и химических с помощью

препаратов, занесенных в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ» против комплекса хвойных вредителей.

6.2 Фитопатогены. В условиях ЮБК отмечается поражение отдельных деревьев *P. sabiniana* трутовиком серно-желтым (*Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill и *P. coulteri* сосновой губкой (*Pododaedalea pini* (Brot.) Murrill). Фитопатогенные грибы были отмечены у единичных растений только на синильной стадии онтогенеза. На основе этого можно сделать вывод о том, что фитопатогенные организмы не представляет значительную угрозу для данных североамериканских видов сосен, а их появление связано с возрастными особенностям деревьев.

РАЗДЕЛ 7 ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА *PINUS* L. В САДОВО-ПАРКОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

7.1 Оценка успешности интродукции изучаемых видов в условиях ЮБК. На основе показателей роста, генеративного развития, зимостойкости и засухоустойчивости с учетом степени весомости данных признаков было рассчитано акклиматизационное число. Полученные числовые значения (*P. radiata* – 83, *P. sabiniana* – 95, *P. coulteri* – 95) свидетельствуют о полной акклиматизации исследуемых видов в условиях ЮБК.

На основе биологических особенностей североамериканских представителей рода *Pinus* проведен расчет успешности их интродукции при культивировании на ЮБК (таблица 4).

Установлено, что изученные виды сохраняют свой габитус в условиях интродукции. *P. sabiniana* и *P. coulteri*, характеризуются достаточно высокими показателями роста. У *P. radiata* рост несколько замедлен по сравнению с естественным ареалом. В условиях региона исследований *P. sabiniana*, *P. coulteri*, *P. radiata* отличаются высокой зимостойкостью. Засухоустойчивость исследуемых видов оценивали, как высокую, поскольку рост растений осуществляется без полива даже в самый засушливый период лета. Исследуемые виды сохраняют способность к образованию мужских и женских генеративных структур, а также формируют жизнеспособные семена, однако размножение самосевом в культуре нами не зафиксировано. *P. sabiniana* и *P. coulteri* достаточно устойчивы к вредителям и болезням, отмечались единичные случаи их поражения. *P. radiata* отнесена в группу сильно повреждаемых растений, в частности энтомовредителями *L. pusilla* и *R. buoliana*, что в значительной степени снижает прирост биомассы данного вида.

Оценка успешности интродукции по модифицированной шкале показала, что исследуемые виды относятся в группу перспективных растений в регионе проведения исследований с числовым выражением для *P. radiata* – 83, *P. sabiniana* и *P. coulteri* по 90 баллов из 100 возможных. К факторам, снижающим интродукционный потенциал исследуемых видов, относятся: отсутствие размножения самосевом в парковых сообществах ЮБК и

повреждаемость вредителями и болезнями (особенно *P. radiata*). Однако в целом, по совокупности баллов, виды отнесены в одну группу перспективных растений и могут использоваться для широкой культуры в условиях ЮБК.

Таблица 4 – Оценка успешности интродукции исследуемых видов рода *Pinus L.*

№	Показатель		Баллы	Вид		
				<i>Pinus radiata</i> D.Don	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas	<i>Pinus coulteri</i> D.Don
1	Сохранение габитуса	хороший, как на родине или лучше	15	–	15	15
		замедлен, хуже, чем на родине	10	10	–	–
		очень слабый, угнетенный	1	–	–	–
2	Прирост в высоту и увеличение объема кроны	ежегодно	15	15	15	15
		периодично	2	–	–	–
3	Способность к генеративному развитию	семена полноценные	25	–	–	–
		семена сниженного качества	20	20	20	20
		отсутствие полноценных семян	1	–	–	–
4	Зимостойкость растений	повреждений нет	15	15	15	15
		повреждение хвои	10	–	–	–
		повреждение побегов	5	–	–	–
		полная гибель	1	–	–	–
5	Засухоустойчивость	засухоустойчивые	15	15	15	15
		относительно устойчивые (нуждаются в поливе в засушливый период)	10	–	–	–
		незасухоустойчивые	5	–	–	–
6	Способы размножения в культуре семенами местной генерации	размножение самосевом	10	–	–	–
		размножение посевом	7	7	7	7
		отсутствуют	1	–	–	–
7	Устойчивость к вредителям и болезням	растения не повреждаются	5	–	–	–
		повреждаются единичные экземпляры	3	–	3	3
		массовое повреждение	1	1	–	–
Сумма баллов				83	90	90

7.2 Декоративно-эстетические качества и перспективы использования *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в парковых фитоценозах ЮБК. *P. radiata* в декоративном плане отличается ярко-зеленой хвоей и достаточно большими ассиметричными шишками. Наиболее благоприятные условия для успешного роста *P. radiata* и формирования долговечных насаждений с участием данного вида складываются на легких, влажных, хорошо дренированных суглинистых, супесчаных и песчаных почвах. Лучшие декоративные качества *P. radiata* проявляются при создании периферийных групповых и рядовых посадок, а также монументальных тенистых аллей. Для формирования высотного акцента центральной части куртины лучше использовать небольшие группы до 5-7 деревьев в зависимости от площади участка. На открытых пространствах наибольший декоративный эффект достигается при солитерных посадках.

P. sabiniana – высокодекоративный вид, отличающийся красивой ажурной кроной и серебристо-серой окраской хвои. В молодом возрасте растет быстро, теневыносливей многих других представителей рода *Pinus*. Быстрый рост отмечается на дренированных легких глинистых почвах, ухудшение состояния деревьев наблюдается на плотных известняково-глинистых участках. При избыточном увлажнении происходит значительное сокращение прироста и продолжительности жизни деревьев. По сравнению с другими видами *Pinus*, произрастающих на ЮБК, отличается повышенной дымо- и газоустойчивостью, что представляет интерес для использования в городском озеленении. Особенно ценный вид для создания контрастных групповых посадок (или на фоне) с темнолиственными растениями. Рекомендуется к применению в небольших редких группах или свободностоящих солитерах, что позволит беспрепятственно развиваться кроне и достигать максимального декоративного эффекта.

P. coulteri также представляет интерес как ценное декоративное растение. Отличается правильной пирамидальной кроной, длинной хвоей и очень крупными, тяжелыми шишками. В условиях ЮБК достаточно быстрорастущее дерево, хорошо переносит аридные условия и понижения температуры в зимний период. Лучшие показатели роста и жизненного состояния отмечаются на хорошо-дренированных суглинистых и глинистых почвах. Тяжелые известково-глинистые почвы, из-за недостатка аэрации, не пригодны для культивирования данного вида. Максимальный декоративный эффект у деревьев *P. coulteri* наблюдается при солитерной посадке на открытом пространстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Североамериканские виды *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* при культивировании на ЮБК по дендрометрическим характеристикам близки к параметрам растений, произрастающих в условиях природного ареала: *P. radiata* – h до 26 м и Ø до 60 см (в естественных условиях h 15-30 м, Ø 30-90 см), *P. sabiniana* – h до 31 м, Ø до 120 см (h 12-24 м, Ø 30-90 см), *P. coulteri* – h до 26 м, Ø до 90 см (h 9-25 м, Ø 30-80 см). В составе парковых сообществ ЮБК преобладают растения, находящиеся в хорошем жизненном состоянии (*P. radiata* – 72,7%, *P. sabiniana* – 57% и *P. coulteri* – 62%).

2. Североамериканские виды рода *Pinus*, произрастающие на ЮБК, характеризуются более низкими показателями сезонного прироста побегов (*P. radiata* – 4,5-5,3 см, *P. sabiniana* – 4,2-5,4 см, *P. coulteri* – 5,1-5,7 см) в сравнении с аборигенным видом *P. pallasiana* (5,2-6,7 см). На интенсивность прироста побегов *P. radiata*, *P. sabiniana*, *P. coulteri* влияет количество осадков предшествующего года. При снижении влагообеспеченности условий произрастания сокращается длина прироста побегов.

3. Размеры хвои *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* в условиях ЮБК по величине близки к таковым в пределах естественного ареала данных видов. Длина, ширина и толщина хвои *P. radiata*, *P. sabiniana*, *P. coulteri* варьируют в зависимости от погодных условий (температурного и влажностного режимов) в период ее роста с апреля по июнь. Установлено, что длина хвои *P. radiata* и *P. coulteri* снижается при увеличении суммы активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ ($r = -0,94$ и $r = -0,68$, соответственно), у *P. sabiniana* определяющим фактором является режим увлажненности ($r = 0,99$), при сокращении количества осадков происходит сокращение длины хвои.

4. Хвоя *P. radiata*, *P. sabiniana* и *P. coulteri* характеризуется типичными анатомическими признаками, свойственными видам рода *Pinus*. Выделяется эпидерма с кутикулой, гиподерма, складчатый мезофилл, в котором располагаются смоляные каналы. В средней части находится эндодерма, трансфузионная ткань с проводящими пучками, дифференцированными на ксилему и флоэму. Выявлена изменчивость отдельных анатомических структур: количества устьиц (*P. radiata* – 11-26 шт., *P. sabiniana* – 15-21 шт., *P. coulteri* – 14-22 шт.), слоев гиподермы (*P. radiata* – 2-4 слоя, *P. sabiniana* – 2-3 слоя, *P. coulteri* – 3-5 слоев), слоев мезофилла (*P. radiata* – 2-3 слоя, *P. sabiniana* – 2-4 слоя, *P. coulteri* – 3-4 слоя), количества смоляных каналов (*P. radiata* – 2-3 шт., *P. sabiniana* – 2 шт., *P. coulteri* – 2-6 шт.). Наиболее вариативным признаком является площадь поперечного сечения смоляных каналов.

5. Эфирное масло исследуемых видов накапливается в виде включений преимущественно в складчатом мезофилле хвои, различается по количественным и качественным показателям. Его содержание у исследуемых видов варьирует *P. radiata* (0,15%), *P. coulteri* (0,03%) и *P. sabiniana* (0,03 %). Доминирующими компонентами эфирного масла исследуемых видов являются вещества класса терпенов (*P. radiata*: α -пинен – 21,20%, β -пинен – 29,57%, лимонен – 12,41%; *P. sabiniana*: α -пинен – 13,69%, лимонен – 15,23%, фенилэтил бутират – 20,58%; *P. coulteri*: α -пинен – 10,67%, β -пинен – 11,64%, δ -кадинен – 11,07%).

6. Установлены суммы активных температур $>5^{\circ}\text{C}$, которые определяют начало фенофазы пыления североамериканских видов в условиях ЮБК: *P. radiata* – 455-489 $^{\circ}\text{C}$, *P. sabiniana* – 616,1-702,7 $^{\circ}\text{C}$, *P. coulteri* – 946,2-1000,6 $^{\circ}\text{C}$. Общая длина тела пыльцевых зерен у *P. radiata* варьирует от 104,7 до 107,2 мкм, у *P. sabiniana* от 96,8 до 105,2 мкм, у *P. coulteri* от 116,9 до 117,8 мкм. Пыльцевые зерна североамериканских видов и их отдельные структурные элементы имеют более крупные размеры по сравнению с *P. pallasiana*. Общая длина тела пыльцевых зерен характеризуется очень низким (*P. radiata* – 5,1-6,6%, *P. coulteri* – 5,4-5,5%) и низким (*P. sabiniana* – 6,4-7,9%) уровнем варьирования.

7. Количество морфологических аномалий пыльцы у североамериканских видов (*P. radiata* – 2,1-10,2%, *P. sabiniana* – 4,0-12,5%; *P. coulteri* – 9,6-10,8%) не превышает уровня подобных нарушений у аборигенного вида *P. pallasiana* (9,4-13,0%). Количество отклонений пыльцы исследуемых видов увеличивается в годы с более низким температурным режимом до начала фазы пыления (*P. radiata* – $r = -0,99$, *P. sabiniana* – $r = -0,67$, *P. coulteri* $r = -0,99$). Все исследуемые виды формируют жизнеспособную пыльцу (*P. radiata* – 60,2%, *P. sabiniana* – 75,9%, *P. coulteri* – 62,5%). Установлено, что длина пыльцевых трубок североамериканских видов положительно коррелирует с длиной тела пыльцевых зерен: *P. radiata* – $r = 0,98$, *P. sabiniana* – $r = 0,97$ и *P. coulteri* – $r = 0,90$.

8. Исследуемые североамериканские виды формируют шишки с полноценными семенами. Выявлено некоторое снижение размеров женских шишек, в сравнении с естественным ареалом произрастания данных видов. У *P. radiata* ширина уменьшается в 1,2 раза, у *P. sabiniana* и *P. coulteri* – длина в 1,2 и 1,4 раз, соответственно. В условиях интродукции значительно снижается масса семян. Для *P. radiata* в условиях ЮБК вес 1000 семян составил 18,4 г, *P. sabiniana* – 899,8 г и *P. coulteri* – 172,8 г. Всхожесть семян *P. radiata* варьирует от 36,8% у отдельно произрастающих особей до 72,3% у деревьев в групповых посадках, *P. sabiniana* – от 42,4% до 90%, *P. coulteri* – от 51,9% до 78,6%. Уменьшение массы 1000 семян у североамериканских видов в условиях интродукции, а также снижение их всхожести у пространственно изолированных особей связано с ограничением перекрестного опыления.

9. В условиях ЮБК североамериканские виды незначительно поражаются патогенными грибами: *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill (*P. sabiniana*) и *Pododaedalea pini* (Brot.) Murrill (*P. coulteri*). Отмечено повреждение 2 видами насекомых: *Leucaspis pusilla* Low и *Rhyacionia buoliana* Denis and Schiffermuller. В наименьшей степени *L. pusilla* повреждаются *P. coulteri* и *P. sabiniana*. Колонии *L. pusilla* массово развиваются на деревьях *P. radiata*, поражают хвою, вызывая ее пожелтение и преждевременное опадание. Степень повреждения побегов *R. buoliana* у *P. coulteri* и *P. sabiniana* варьирует в пределах 18,1-23,9%. Наиболее сильное повреждение вегетативных органов отмечались у *P. radiata* (69,5- 85,1%). Таким образом, наиболее сильное воздействие энтомовредителей в условиях ЮБК испытывает *P. radiata*, что оказывает негативное воздействие на ее жизненное состояние.

10. Степень акклиматизации, рассчитанная на основе показателей роста, генеративного развития, зимостойкости и засухоустойчивости (с числовым выражением в баллах для *P. radiata* – 83, *P. sabiniana* и *P. coulteri* – 95), свидетельствует о полной акклиматизации данных видов в условиях ЮБК. Оценка успешности интродукции по модифицированной шкале показала (при общей сумме баллов: *P. radiata* – 83, *P. sabiniana* – 90 и *P. coulteri* – 90), что данные виды могут быть отнесены в группу перспективных растений. Результаты исследования морфолого-биологических и декоративных характеристик позволяют сделать вывод о возможности широкого культивирования *P. radiata*,

P. sabiniana и *P. coulteri* в условиях ЮБК для создания различных объектов озеленения городского и паркового строительства.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Оценка качества семян показала, что лучшей всхожестью обладают семена, собранные с деревьев в групповых посадках. Поэтому заготовку семенного материала для размножения *P. sabiniana*, *P. coulteri* и *P. radiata* рекомендуется проводить с деревьев, культивируемых в составе групповых посадок этих видов, что связано с особенностями перекрестного опыления и возможностью сбора семян лучшего качества, по сравнению экземплярами, произрастающими одиночно.

2. Для семян *P. sabiniana* и *P. coulteri* с твердой деревянистой оболочкой требуется предварительная обработка с целью обеспечения возможности лучшей всхожести и синхронности появления всходов. Стратификацию семян следует проводить при температуре +8°C на протяжении 30 дней во влажном нейтральном субстрате. Для семян *P. radiata* достаточно провести замачивание на 6-12 часов в холодной воде. После проведения стратификации посев семян проводится в легкую, воздухопроницаемую почву. При появлении всходов необходимо ограничить попадание прямых солнечных лучей.

3. Для предотвращения дальнейшего увеличения численности популяций вредителей и снижения их вредоносности необходима система защитных мероприятий, включающая использование, как биологических методов, так и химических с помощью препаратов, занесенных в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ», направленных против вредителей хвойных пород.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Перечень статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Сахно, Т.М. Морфология и особенности реализации жизненных функций пыльцы *Pinus radiata* D. Don в условиях интродукции на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Вестник ТвГУ университета. Серия: Биология и экология. – 2017. – № 4. – С. 124-133.

2. Сахно, Т.М. Особенности распространения и современное состояние сосны Сабина (*Pinus sabiniana* Douglas) на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Экосистемы. – 2018. – №15 (45). – С. 12-17.

3. Плугатарь, Ю.В. Биометрические характеристики и аэродинамические свойства пыльцевых зерен североамериканских сосен в условиях Южного берега Крыма / Ю.В. Плугатарь, Т.М. Сахно // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2018. – Т. 18, Вып. 4. – С. 462-468. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2018-18-4-462-468>

4. Плугатарь, Ю.В. Анатомио-морфологические особенности хвои сосны Культера (*Pinus coulteri* D. Don) в условиях Южного берега Крыма / Ю.В. Плугатарь, Т.М. Сахно // Бюллетень ГНБС. – 2020. – Вып. 134. – С. 9-16. DOI: <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-134-9-16>

Научные статьи в журналах и сборниках:

5. Сахно, Т.М. Некоторые аспекты интродукции североамериканских видов рода *Pinus* L. в Никитском ботаническом саду / Т.М. Сахно, А.Ф. Хромов // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: матер. между. науч. конф., посвященной 85-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (6-8 июня, 2017 г., г. Минск). – Минск, 2017. Ч.1. – С. 120-122.
6. Сахно, Т.М. К вопросу декоративности некоторых североамериканских сосен, культивируемых в условиях Южного берега Крыма / Т.М. Сахно // Коняевские чтения: матер. VI междунар. науч.-практ. конф. (13-15 декабря 2017 г., г. Екатеринбург). – Екатеринбург, 2017. – С. 47-49.
7. Сахно, Т.М. Морфологические особенности пыльцы сосны съедобной (*Pinus edulis* Engelm.) в условиях интродукции на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: матер. XIX междунар. науч. конф. с элементами научной школы молодых ученых, посвященной 75-летию со дня рождения д.б.н., Заслуженного деятеля науки РФ, академика Российской экологической академии, профессора Гайирбега Магомедовича Абдурахманова (4-7 ноября 2017 г., г. Махачкала). – Махачкала, 2017. – С. 265-266.
8. Сахно, Т.М. Морфологические особенности и жизнеспособность пыльцы сосны лучистой (*Pinus radiata* D.Don) на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Современные проблемы биоморфологии: матер. конф. с междунар. участием (3-9 октября 2017 г., г. Владивосток). – Владивосток, 2017. – С. 167-168.
9. Сахно, Т.М. Ценные североамериканские экзоты рода *Pinus* L. в Комсомольском парке МДЦ «Артек» / Т.М. Сахно // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – № 147. – С. 144-145.
10. Сахно, Т.М. Некоторые особенности развития мужской генеративной сферы *Pinus sabiniana* Douglas в условиях Южного берега Крыма / Т.М. Сахно // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты: матер. VIII междунар. науч.-практ. конфер. (1-5 октября 2017 г., г. Ялта). – Симферополь, 2018. – С. 182-183.
11. Сахно, Т.М. Некоторые биоэкологические характеристики *Pinus sabiniana* Douglas в условиях интродукции на Южном берегу Крыма / Т.М. Сахно // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России, посвященной памяти выдающегося ученого, доктора биологических наук, Заслуженного деятеля науки РД и РФ, академика Российской экологической академии, профессора Гайирбега Магомедовича Абдурахманова: матер. XX юбил. междунар. науч. конф. (6-8 ноября 2018 г., г. Махачкала). – Махачкала, 2018. – С. 246-248.
12. Sakhno T.M. Needle anatomy and essential oil characterization of North American pine (*Pinus radiata* D.Don) in the Crimea / T.M. Sakhno, I.V. Bulavin, S.A. Feskov // All-Russian Conference with the participation of foreign scientists “Plant diversity: status, trends, conservation concept” (30 September – 3 October 2020, Novosibirsk). – Novosibirsk, 2020. – P. 207.