

Филиппов Павел Борисович

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ВЫРАЩИВАНИЯ ДУБА
ЧЕРЕШЧАТОГО С ЕГО СПУТНИКАМИ В ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ
ПОЛОСАХ ДОНСКОЙ РАВНИНЫ**

4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация,
озеленение, лесная пирология и таксация

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Саратов – 2025

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

Научный руководитель: **Проездов Пётр Николаевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Михин Вячеслав Иванович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заведующий кафедрой лесных культур, селекции и
лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова»

Юферев Валерий Григорьевич,
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный
сотрудник, заведующий лабораторией
геоинформационного моделирования и
картографирования агролесоландшафтов ФНЦ
Агроэкологии РАН

Ведущая организация: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт
имени А.К. Кортунова - филиал ФГБОУ ВО «Донской
государственный аграрный университет»

Защита состоится _____ 2026 г. в 12:00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.035.06, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325 им. А.В. Дружкина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Вавиловский университет и на сайте www.vavilovsar.ru

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, пр-т им. П. Столыпина, зд. 4, стр. 3. E-mail: dissovet01@vavilovsar.ru

Автореферат разослан «_____» 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Татьяна Анатольевна Панкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Более половины земель сельскохозяйственного назначения Саратовской области (57,2%) находятся под влиянием засухи, эрозии, дефляции, засоления, дегумификации и др. согласно «Национальной программе действий по борьбе с опустыниванием в Саратовской области» (2024). Одной из причин указанных проблем является низкая лесистость, составляющая 1,09% от площади земель сельскохозяйственного назначения. ФНЦ агроэкологии рекомендует нормализованную лесистость пашни – 2,5 %, сельскохозяйственных угодий – 4 % (2024).

Для территории Саратовской области одним из ключевых лесообразователей является дуб черешчатый. Его доля от общей площади лесов Саратовской области согласно актуальным данным государственного лесного реестра и лесному плану Саратовской области за 2019-2028 годы составляет 44,2% (251,6 тыс. га). Такая роль, занимаемая дубом в естественных лесных сообществах области, стала причиной использования этой породы при выращивании защитных лесных насаждений разного назначения. Ценность применения дуба черешчатого в качестве главной породы в защитных лесных насаждениях, несмотря на его медленный рост (смыкание лесных полос с его участием происходит в возрасте 7-10 лет), обусловлена такими его свойствами, как долговечность и способность неоднократно давать поросьль от пня (что при грамотно проводимой и своевременной реконструкции лесных полос с его участием также способствует увеличению их срока службы). Все вышеперечисленное делает поиск наиболее оптимальных способов выращивания дуба черешчатого интересной и актуальной темой для отечественной науки. Выбранная область исследования направлена на выявление и демонстрацию перспективы агролесомелиоративного действия полезащитных лесных полос с дубом черешчатым в составе.

Степень разработанности темы. Исследованием способов выращивания полезащитных лесных полос занимались многие ученые: Г.Н. Высоцкий (1901, 1949), Н.И. Сус (1933, 1948), Я.Д. Панфилов (1936, 1948, 1952); Ю.В. Ключников (1948), В.М. Котов (1962), Д.Д. Лавриенко (1962, 1965), В.Н. Виноградов (1964), Е.С. Павловский (1965), А.И. Разаренов (1978), А.В. Хавронькин (1986), Д.К. Сучков (2018) и др.

Влияние различных природных и антропогенных факторов на рост и развитие дуба черешчатого изучали: П.Н. Проездов, Д.А. Маштаков, А.И. Разаренов (2010); А.И. Миленин (2012); Д.В. Михин, О.В. Трегубов (2013); К.З. Аминева, Р.В. Уразгильдин и А.Ю. Кулагин (2014); Н.Г. Берлин (2015); В.И. Михин, Е.А. Михина (2018); В.Г. Юферев (2018); Н.Ф. Каплина (2019); О.В. Грибачева (2019, 2020); К.И. Карпович, Н.А. Митрофанова (2020); М.В. Петров (2020), Н.В. Примаков (2023) и др.

Взаимоотношения дуба и его основных спутников исследовали: С.Н. Кружилин (2008); Д.В. Михин, О.В. Трегубов (2013); Н.Г. Берлин, Д.А. Маштаков (2014); В.Д. Тунякин, Н.В. Рыбалкина (2019); О.В. Грибачева, А.И. Чернодубов,

Д.В. Сотников (2020); В.Д. Тунякин, Н.В. Рыбалкина, Л.М. Шеншин (2022); А.А. Мартынюк (2023); А.С. Чеканышкин (2024) и др.

Основные методы изучения продуктивности камбия были изложены в работах С.С. Пятницкого (1959); А. Mahmood (1971); А.И. Разаренова (1978); П.А. Аксенова (2002); Г.Ф. Антоновой и В.В. Стасовой (2003; 2023); А.В. Тихомировым (2022) и др.

Анализ опубликованных материалов указал на то, что несмотря на значительное количество исследований, посвященных росту и развитию дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах, проблема влияния способа выращивания полезащитных полос с участием дуба в литературе часто обходится стороной или упоминается «по касательной», а разработка простого метода расчета продуктивности камбия, позволяющего проследить многолетнюю его динамику при оставлении дерева на корню – является важной и актуальной для отечественной науки задачей.

Цель исследования – выявить наиболее эффективный способ выращивания полезащитных лесных полос с участием дуба черешчатого и его спутников на основе продуктивности камбальной ткани и других ростовых показателей древесных пород в условиях степи Донской равнины.

Объект исследования – способы создания полезащитных лесных полос с участием в составе дуба черешчатого и способы его смешения с разными породами-спутниками в условиях степи Донской равнины.

Предмет исследования – показатели роста и развития дуба черешчатого для разных способов выращивания полезащитных лесных полос и разных вариантов смешения дуба черешчатого с его основными породами-спутниками.

Задачи исследования:

1. Обосновать наилучший способ создания полезащитных лесных полос с участием дуба черешчатого с использованием методов математической обработки экспериментальных результатов – дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализов;
2. Установить влияние пород-спутников на рост и развитие дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах с использованием методов математической обработки экспериментальных результатов – дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализов;
3. Снизить трудоемкость определения продуктивности камбальной ткани, путем преобразования формулы С.С. Пятницкого;
4. Дать оценку биологической продуктивности и экономической эффективности способов выращивания дуба черешчатого.

Научная новизна исследования состоит в определении на основе собранных полевых данных наиболее подходящего для выращивания дуба черешчатого способа создания полезащитных лесных полос для степных районов европейской части РФ (где применяются полезащитные лесные полосы с участием дуба черешчатого), снижении трудоемкости методики определения продуктивности камбальной ткани древесных пород.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы состоит в установлении влияния способа выращивания и выбранных пород-спутников на продуктивность камбия дуба черешчатого и, как следствие, на его ростовые характеристики в полезащитных лесных полосах. Внесенные в расчет продуктивности камбия изменения позволяют снизить трудоемкость исследований и повысить безопасность для исследуемого модельного дерева, так как порода остается растя на корню за счет применения приростного бурава. Предлагаемый нами подход позволяет анализировать динамику таксационных показателей в ретроспективе.

Итоги исследования демонстрируют важный практический потенциал выращивания дуба черешчатого и его спутников (ясения ланцетного, клена остролистного и вяза гладкого) в полезащитных лесных полосах степи Донской равнины. С целью повышения продуктивности дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах Екатериновского района Саратовской области внедрены рубки ухода, подразумевающие удаление из их состава вяза гладкого. Фактический экономический эффект от рубок ухода в лесных полосах 40 га составил 347,4 тыс. руб. Получен акт о внедрении результатов исследования.

Методология и методы исследования. Методология и методы исследования базируются на лесном кодексе Российской Федерации с использованием принципов организации теории и практики классического лесоводства и лесной таксации, агролесомелиорации, стандартных и частных методик планирования и проведения экспериментов. Насаждения изучались методами лесной таксации (ОСТ 56-69-83) с учетом методики ВНИИ агролесомелиорации для защитных лесных насаждений (1985). Расчет размеров годичных приростов производился средствами геоинформационной системы (ГИС) QGIS по взятым при помощи приростного бурава кернам. Отбор и анализ образцов древесины осуществлялся согласно методикам, описанным в работах «Основы дендрохронологии» Красноярского государственного университета (2000) и «Практикум по экологическому древоведению» Марийского государственного технологического университета (2010). Для изучения взаимоотношений между древесными породами в ПЗЛП и их жизнеустойчивости применяли методику К.К. Высоцкого (1962). Диагностика жизненного состояния осуществлялась по методике В.А. Алексеева (1989). Продуктивность камбия вычислялась по методике, описанной С.С. Пятницким (1959) и А.И. Разареновым (1978). Экспериментальные данные обрабатывали по методике Б.А. Доспехова (2012) с использованием компьютерных программ Statistica 10 и «Пакета анализа» табличного процессора MS Excel.

Положения, выносимые на защиту:

- Результаты оценки роста и развития дуба черешчатого и его спутников в полезащитных лесных полосах при различных способах выращивания с использованием статистического анализа материалов исследования;
- Усовершенствованный подход к определению продуктивности камбимальной ткани древесных пород в зависимости от высоты, диаметра ствола и толщины годичного кольца на год исследования;

- Оценка биологической продуктивности и экономической эффективности способов выращивания полезащитных лесных полос.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов исследований обеспечена комплексными экспериментальными обоснованиями с использованием современных методов обработки данных наблюдений, сопоставлением полученных результатов с имеющимися в литературе, актом о внедрении результатов исследований. Материалы докторской работы докладывались на ежегодных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов Вавиловского университета (Саратов, 2021-2025); конференциях Всероссийского (Мониторинг лесных и лесомелиоративных систем, инновационные технологии лесоразведения, Воронеж, 2023) и Национального уровня (V-VII Национальные конференции по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов в области лесного дела, ландшафтной архитектуры, мелиорации и экологии, Саратов 2023-2025), а также на различных этапах ежегодного Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых аграрных образовательных и научных организаций России (Саратов 2023-2024).

Публикации. По материалам докторской работы опубликовано 6 научных работ, из них – 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ (0,93 п.л. (общий объем статьи)/ 0,5 п.л. (личное участие)), 4 статьи во Всероссийских и национальных сборниках научных трудов (1,13 п.л./ 1,0 п.л.). Общий объем публикаций – 2,06 п.л./ 1,5 п.л.

Структура и объем работы. Докторская работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений. Текст изложен на 194 страницах и содержит 40 рисунков и 25 таблиц, 7 приложений, акт внедрения. Список литературы включает в себя 211 наименований, включая 11 публикаций на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение включает обоснование актуальности проведенных исследований, сформулированы цель и задачи, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, степень достоверности и апробацию полученных результатов, а также положения, выносимые на защиту.

Глава 1 «Аналитический обзор» содержит краткую характеристику исследований ведущих учёных по близким к теме докторской работы вопросам, в том числе в последние пять лет: Н.Ф. Каплина (2020), Н.И. Вишневская, А.Н. Водолажский, М.Т. Сериков (2020), А.Е. Горбачева (2020), К.И. Карпович, Н.А. Митрофанова, М.В. Петров (2020), О.В. Грибачева, А.И. Чернодубов, Д.В. Сотников (2020), В.И. Турусов, А.С. Чеканышкин, А.А. Лепехин (2021), Ф.Н. Харитонович (2021), П.Н. Проездов, Д.В. Есков, Д.А. Маштаков, А.Н. Автономов (2021), Н.Ф. Каплина (2022), А.В. Попов (2022), Е.А. Орлик, А.И. Миленин (2022), О.В. Балун, А.С. Арсентьева (2022), Е.А. Пидоря,

А.И. Миленин, (2022), А.А. Мартынюк, Т.Я. Турчин, А.Б. Корнеев (2023), П.С. Дрынина (2023), Р.Ю. Янбаев, А.Х. Садыков, А.Р. Исламгулов, Н.Н. Редькина (2023), Е.Н. Кулакова, С.С. Шешницан, В.Ю. Кулаков [и др.] (2023), В.Г. Юферев (2023), В.И. Михин , А.И. Журихин, Е.А. Михина (2023) К.Н. Кулик (2024), А.С. Чеканышкин (2024).

Глава 2 «Природно-климатические условия и методика исследований» содержит данные о природно-климатических и ландшафтных условиях районов и объектов исследования такие как: температурный режим, относительная влажность, количество выпавших осадков и высота снежного покрова.

Объектами исследований являлись полезащитные лесные полосы (далее ПЗЛП) с участием дуба трех основных типов создания (рядовой, гнездовой, коридорный) и двух типов смешения с породами-спутниками (дуб с вязом и кленом, дуб с ясенем). Место расположения объектов исследования – система ПЗЛП «Тамбовские посадки» Екатериновского района Саратовской области и система ПЗЛП бывшего совхоза «Искра» Романовского района Саратовской области.

В системе «Тамбовские посадки» изучалась ПЗЛП рядового способа выращивания; схема смешения девятирядная: 1 и 9 ряды кустарника - акация желтая, боярышник однопестичный, лещина обыкновенная; 3, 4, 6, 7 ряды – акация желтая; 3 и 7 ряды – вяз гладкий чередуется с кленом остролистным; 5 ряд – дуб черешчатый.

В системе бывшего совхоза «Искра» изучалось три ПЗЛП разного способа выращивания: рядового, гнездового и коридорного. Схема смешения ПЗЛП, созданной рядовым способом девятирядная: 1-8 ряды дуб и ясень ланцетный чередуется с акацией желтой и в 9-м ряду – дуб, ясень ланцетный, вяз гладкий и клен татарский чередуются между собой. Схема смешения ПЗЛП, созданной гнездовым способом двенадцатирядная: 1 и 12 ряды – ясень ланцетный чередуется с лохом узколистным; 2, 5, 8, 11 ряды – гнезда дуба черешчатого; 3, 4, 9, 10 – ясень ланцетный чередуется с жимолостью татарской; 6 и 7 ряды - клен остролистный чередуется с жимолостью татарской. Схема смешения ПЗЛП, созданной коридорным способом тринадцатирядная: 1, 7 и 13 ряды – береза повислая чередуется с акацией желтой; 2, 6, 8, 12 ряды – ясень ланцетный; 3, 5, 9, 11 ряды – дуб черешчатый; 4, 10 – клен татарский.

В ходе работы использовались многолетние данные наблюдений кафедры лесомелиорации Саратовского сельскохозяйственного института и Саратовского государственного аграрного университета на этих объектах.

Система ПЗЛП «Тамбовские посадки» расположена на равнинном пологоволнистом рельефе. Почва под лесными полосами – чернозем обыкновенный, мощность гумусового горизонта - А 54-59 см, содержание гумуса 8,7-9 %. Тип лесорастительных условий – Д1-2.

Система ПЗЛП бывшего совхоза «Искра» также расположена на равнинном пологоволнистом рельефе на обыкновенных черноземах. Мощность гумусового горизонта – 49 см, содержание гумуса в горизонте А – 7,6 %. Тип лесорастительных условий – Д1.

Базой применяемых в исследованиях методов послужили теория и практика классического лесоводства, агролесомелиорации и таксации, стандартные и частные методики организации и проведения экспериментов и действующее лесное законодательство. В изучаемых лесных полосах закладывались пробные площади в соответствии с ОСТ 56-69-83 (1983) и методикой ВНИАЛМИ для защитных лесных насаждений (1985). Пробные площади закладывались в ПЗЛП трех основных способов выращивания (рядового, гнездового и коридорного) и двух вариантов смешения со спутниками (с ясенем ланцетным, с вязом гладким и кленом остролистным). В каждом из вариантов было заложено по три пробные площади длиной 170 м. По ширине пробные площади совпадали с шириной изучаемых лесных полос. Высоты деревьев измерялись при помощи высотомера Nikon Forestry 550. Диаметры измерялись у каждого дерева с помощью мерной вилки. Ширина междурядий устанавливалась при помощи мерной ленты в результате измерений расстояний между всеми рядами на 2-3 поперечных ходовых линиях. Приросты дуба брались согласно методике, описанной в работах Красноярского государственного университета «Основы дендрохронологии» (2000) и Марийского государственного технического университета «Практикум по экологическому древоведению» (2010) при помощи приростного бурава «Mora».

С каждой пробной площади бралось минимум 15 кернов дуба. После взятия керны укладывались в пластиковые трубочки для удобства транспортировки и временного хранения. В дальнейшем керны приклеивались к деревянным дощечкам и в таком виде сканировались в разрешении 600 точек на дюйм. Расчет толщины годичных колец производился при помощи геоинформационной системы (ГИС) QGIS по кернам (рисунок 1).

Для отсканированных изображений были созданы мировые файлы (World-файлы), используемые для задания корректного размера изображения в ГИС. Для каждого цифруемого керна создавались линейные объекты, соединяющие центры годичных слоев керна. После оцифровки кернов с использованием инструмента «Калькулятор полей» таблицы атрибутов производился расчет протяженности каждой линии в метрах с точностью до 0,000001. Проведенные подобным образом измерения позволяют получить данные о толщине годичных колец за последние 50 лет.

Для изучения взаимоотношений между древесными породами в защитных лесных насаждениях и жизнеустойчивости насаждений применялась методика К.К. Высоцкого (1968), с помощью которой определялись следующие количественные показатели: показатель напряженности роста (ПНР), коэффициент конкурентных отношений (ККО), степень устойчивости насаждения (СУН). Продуктивность камбия вычислялась по преобразованной зависимости Пятницкого (1959), предложенной А.И. Разареновым (1978). Диагностику жизненного состояния проводили согласно методике В.А. Алексеева (1989). Запасы на пробных площадях рассчитывались по принятой в лесной таксации формуле средней модели (1971, 2003). Объем среднего модельного дерева

находился по объемным таблицам, площади поперечных сечений – по таблицам площадей поперечных сечений (2003, 2010).

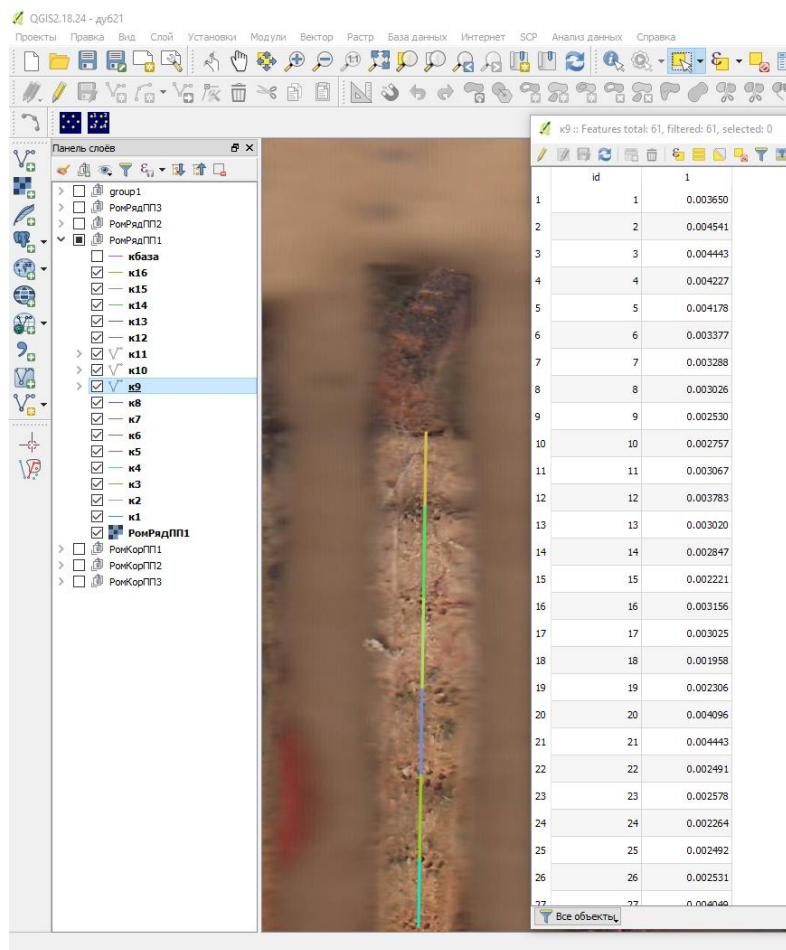


Рисунок 1 – Пример оцифровки и расчета приростов керна средствами ГИС QGIS

Материальная оценка изучаемых способов создания ПЗЛП проводилась через расчет стоимости наличной в данных лесных полосах древесины. Стоимость лесоматериалов подсчитывалась согласно Постановлению Правительства РФ от 22.05.2007 N 310 (ред. от 06.03.2024) "О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности" с применением актуальных коэффициентов индексации. Биологическая продуктивность оценивалась по таблицам биологической продуктивности (2008). Экспериментальные данные обрабатывались по методике Б.А. Доспехова (2012) с использованием компьютерных программ Statistica и «Пакет анализа табличного процессора» MS Excel.

Глава 3 «Рост и развитие *Quercus robur* L. в полезащитных лесных полосах Донской равнины». Разные способы выращивания дуба черешчатого в ПЗЛП предполагают различие между собой по многим параметрам (схема смешения, процентное соотношение пород, входящих в состав лесной полосы, густота посадки и др.), которые учитывались при создании этих лесных полос. Совокупность этих параметров создают для дуба уникальные условия, которые могут оказывать влияние на его ростовые показатели, в том числе на

продуктивность камбия, так и на взаимоотношения со спутниками. С целью установления влияния на показатели роста и развития дуба черешчатого способа выращивания ПЗЛП, был проведен расчет основных показателей взаимоотношений пород, входящих в состав каждой из исследуемых лесных полос (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели взаимоотношений древесных пород лесных полос объектов исследования

Способ выращивания ПЗЛП	Порода	ПНР, см/см ²	ККО	СУН	ПК, дм ³ /м ²
Рядовой	Д	0,77	1	1,94	2,51
	Я	1,22	0,62		1,93
	В	2,4	0,32		1,96
Гнездовой	Д	2,04	1	2,04	2,11
	Я	2,91	0,69		1,61
	Кло	6,10	0,35		1,20
Коридорный	Д	4,79	0,34	2,55	1,30
	Я	3,48	0,46		1,56
	Б	1,61	1		2,33
	В	2,13	0,75		1,88

Д – дуб черешчатый; КЛО – клен остролистный; В – вяз гладкий; Я – ясень ланцетный; ПНР – показатель напряженности роста, см/см²; ККО – коэффициент конкурентных отношений; СУН – степень устойчивости насаждения; ПК – продуктивность камбия, дм³/м²

Продуктивность камбия дуба в ПЗЛП рядового способа выращивания на 16% выше аналогичного показателя в ПЗЛП гнездового и на 48% – коридорного способа выращивания. Показатель напряженности роста дуба, напротив, выше в ПЗЛП коридорного способа выращивания, что в 6,2 раза больше, чем в ПЗЛП рядового способа выращивания и в 2,3 раза больше, чем в ПЗЛП гнездового способа выращивания. Такая величина показателя напряжённости роста при низком значении продуктивности камбия для ПЗЛП коридорного способа выращивания свидетельствует о том, что в данной лесной полосе главная порода находится в состоянии острой конкуренции со своими спутниками. Подсчитанный коэффициент конкурентных отношений позволил выявить господство дуба над своими спутниками в ПЗЛП рядового и гнездового способов выращивания. В ПЗЛП коридорного способа выращивания дуб оказался подавлен своими спутниками, в первую очередь березой и ясенем, что также подтверждает остроту конкурентных взаимоотношений дуба со своими спутниками при коридорном способе выращивания лесных полос.

В целях анализа хода роста таксационного диаметра дуба черешчатого для трех основных способов выращивания лесных полос с его участием был построен график, представленный на рисунке 2. Для построения этого и последующих графиков и моделей использовались данные, полученные в результате цифрового обмера взятых в изучаемых лесных полосах кернов дуба. Именно за счет наличия

этих данных появляется возможность изучения динамики радиальных приростов на протяжении нескольких десятилетий.

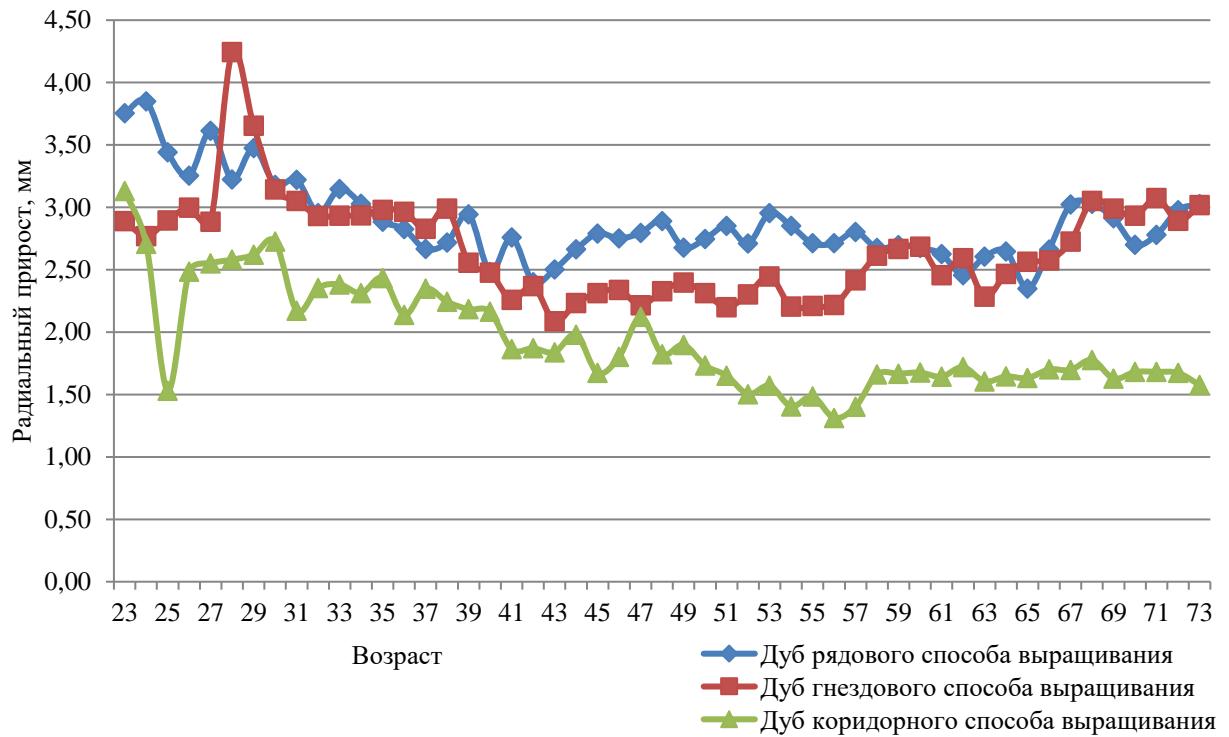


Рисунок 2 – Сравнение хода роста по диаметру дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах разных способов выращивания

За последние 50 лет с момента исследования (с 1972 по 2022 гг.) наибольшее среднее значение толщины годичного кольца дуба черешчатого было характерно для ПЗЛП рядового способа выращивания, что на 7% больше, аналогичного значения в ПЗЛП гнездового способа выращивания и на 33% больше, чем в ПЗЛП коридорного способа выращивания. За исследуемый период радиальный прирост главной породы в ПЗЛП рядового способа выращивания превосходил аналогичный показатель ПЗЛП гнездового способа выращивания на протяжении 37 лет – в частности в интервал с 1990 по 2008 год это превосходство повторялось ежегодно (19 лет подряд). Прослеживаемая выше динамика демонстрирует отставание дуба черешчатого в ПЗЛП коридорного способа выращивания по радиальному приросту от дуба в ПЗЛП рядового и гнездового способов выращивания в большей части случаев (почти 100%).

Расчет критериев Фишера (F) и Стьюдента (t) показал, что при 5%-м уровне значимости их расчетные (фактические) значения оказались выше табличных, что свидетельствует о наличии статистически достоверного влияния способа выращивания ПЗЛП на радиальные приrostы дуба черешчатого. Согласно проведенному дисперсионному анализу, способ выращивания ПЗЛП описывает 53,5% общей вариации радиальных приростов дуба черешчатого. Это подтверждает позитивное влияние рядового способа выращивания ПЗЛП на дуб черешчатый в условиях степи Донской равнины и позволяют рекомендовать этот способ при выращивании ПЗЛП с участием дуба.

Для определения влияния породы-спутника в ПЗЛП с участием дуба на рост и развитие главной породы, нами был проведен расчет основных показателей взаимоотношений древесных пород, входящих в состав каждой из исследуемых лесных полос (таблица 2). Для такого сравнения нами были отобраны ПЗЛП одинакового (рядового) способа выращивания, но с разными спутниками дуба (вяз и клен в первом и ясень во втором случае).

Таблица 2 – Показатели взаимоотношений древесных пород лесных полос объектов исследования

Способ выращивания ПЗЛП	Порода	ПНР, см/см ²	ККО	СУН	ПК, дм ³ /м ²
Рядовой с яснем	Д	0,77	1	1,94	2,51
	Я	1,22	0,62		1,93
	В	2,4	0,32		1,96
Рядовой с вязом	Д	3,58	0,82	2,54	1,42
	В	2,92	1		0,91
	Кло	4,04	0,72		1,20

Д – дуб черешчатый; КЛО – клен остролистный; В – вяз гладкий; Я – ясень ланцетный; ПНР – показатель напряженности роста, см/см²; ККО – коэффициент конкурентных отношений; СУН – степень устойчивости насаждения; ПК – продуктивность камбия, дм³/м²

Продуктивность камбия дуба в ПЗЛП участием ясеня была на 43,5 % выше, чем продуктивность камбия дуба в ПЗЛП с вязом и кленом. Показатель напряженности роста напротив был выше у дуба черешчатого в смешении с вязом и кленом на 78,5 %, чем у дуба с яснем ланцетным в качестве спутника. Высокий уровень данного показателя для дубовой ПЗЛП с участием вяза и клена, а также низкий уровень продуктивности камбия главной породы в этой лесной полосе указывает на высокую остроту конкуренции между дубом и его спутниками (в первую очередь с вязом). Отставание дуба в смешении с вязом и кленом в продуктивности камбия и других ростовых показателях также связано с высоким уровнем напряженности роста в этой лесной полосе. Подсчитанный коэффициент конкурентных отношений позволил выявить господство дуба над своими спутниками в ПЗЛП с участием ясеня. В другой исследуемой лесной полосе роль господствующей породы на себя взял вяз, что подтверждает наши выводы об остроте конкурентных взаимоотношений между дубом и вязом. Следует отметить, что, несмотря на свое отставание в росте и развитии, главная порода в ПЗЛП с участием вяза и клена превосходит ПЗЛП с участием ясеня по такому показателю, как степень устойчивости на 24 %. Это объясняется фактом подавления дуба своими спутниками (в первую очередь вязом), следовательно, вяз не ощущает со стороны дуба достаточной силы конкурентного влияния, давая тем самым высокий уровень устойчивости.

Также был проанализирован ход роста дуба по диаметру для дубовых ПЗЛП с участием разных пород-спутников (рисунок 3).

За тридцатилетний период наблюдаются более высокие (выше на 24 %) показатели средней толщины годичного кольца в ПЗЛП с применением ясеня в

качестве спутника дуба по сравнению с ПЗЛП с применением в качестве спутника дуба вяза гладкого и клена остролистного.

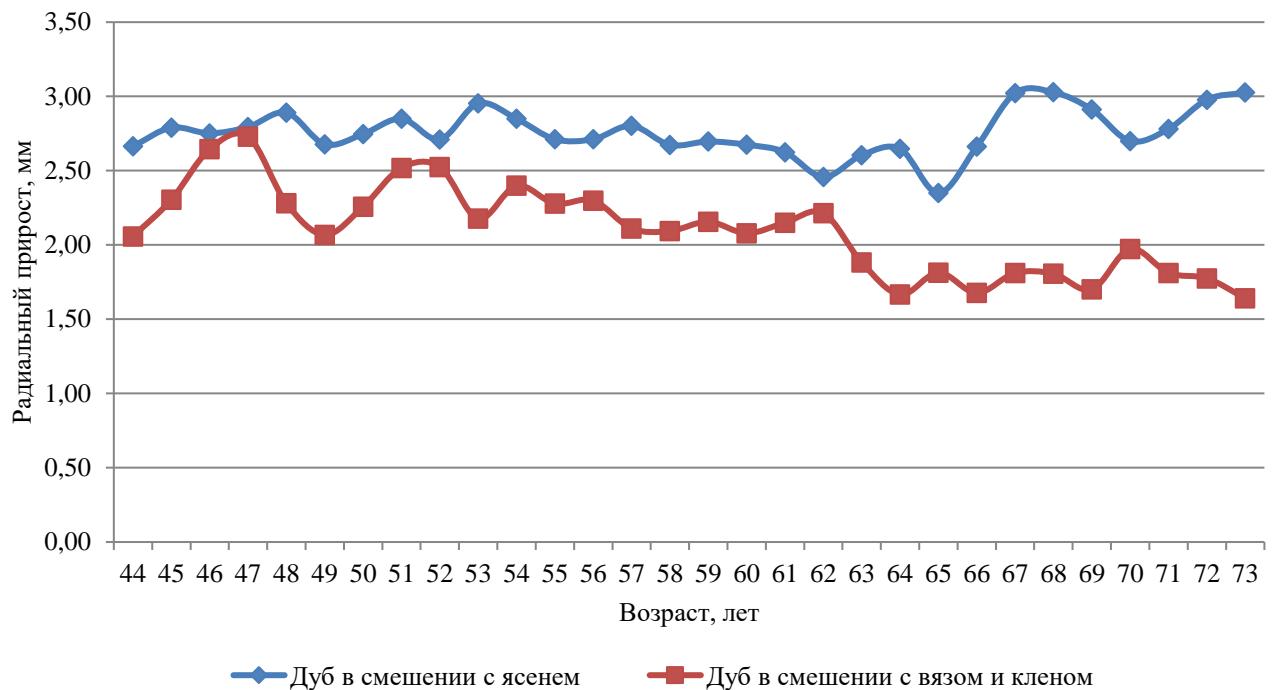


Рисунок 3 – Сравнение хода роста по диаметру дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах с разными породами-спутниками

Все тридцать исследуемых лет показатели радиального прироста дуба в ПЗЛП с участием ясения были выше, чем у дуба в ПЗЛП с участием вяза и клена. Это указывает на то, что дуб в смешении с вязом гладким и кленом остролистным показывает более низкий уровень радиального прироста.

Расчет критериев Фишера (F) и Стьюдента (t) показал, что при 5%-м уровне значимости расчетные (фактические) значения F - и t -критериев оказались выше табличных, что свидетельствует о наличии статистически достоверного влияния пород-спутников в составе ПЗЛП на радиальные приросты дуба черешчатого. Согласно проведенному дисперсионному анализу, выбранная порода-спутник описывает 66,5% общей вариации радиальных приростов дуба черешчатого. Это подтверждает позитивное влияние ясения ланцетного на дуб черешчатый в ПЗЛП степи Донской равнины и позволяют рекомендовать эту породу в качестве спутника при выращивании ПЗЛП с участием дуба.

Расчет продуктивности камбия по формуле А.И. Разаренова затруднителен для изучения динамики продуктивности камбия в ретроспективе, так как требует наличия у исследователя многолетних данных о диаметрах и высотах изучаемых древостоев. С целью упрощения расчета продуктивности камбия для такого рода исследований нами был усовершенствован метод расчета продуктивности камбия С.С. Пятницкого (1959). Основные изменения коснулись того, что объем прироста древесины и площадь камбальной ткани теперь рассчитываются через объем и площадь конуса – эта геометрическая фигура взята за модель формы ствола дерева (рисунок 4).

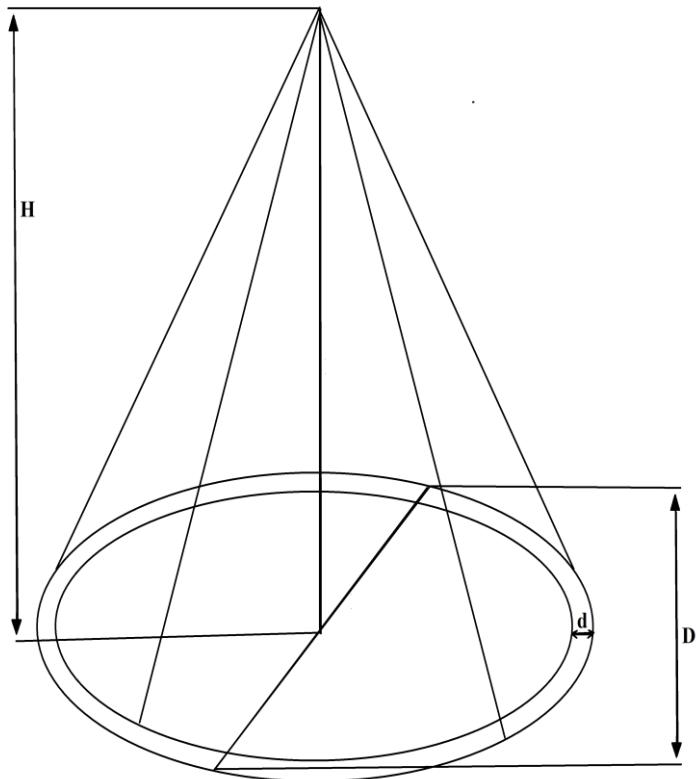


Рисунок 4 – Показатели, используемые при расчете продуктивности камбия: Н – высота дерева в год исследования м; D – диаметр дерева в год исследования, см; d – толщина годичного кольца года исследования, мм

Данное нововведение в расчет продуктивности камбия позволяет уйти от необходимости рубки модельного дерева с дальнейшим взятием спилов на разной его высоте, ограничившись лишь взятием керна приростным буравом и замером высоты. Сокращение числа необходимых измерений и оставление изучаемого дерева на корню являются главными достоинствами данного подхода.

Преобразованная нами под описываемую методику формула С.С. Пятницкого приняла следующий вид

$$\Pi K = \frac{\Delta V}{\Delta S} \quad (1)$$

где ΠK – продуктивность камбия, $\text{дм}^3/\text{м}^2$; ΔV – изменение объема ствола за год, дм^3 ; ΔS – изменение площади камбиальной ткани за год, м^2 .

В свою очередь ΔV и ΔS рассчитывается по следующим формулам

$$\Delta V = \frac{\pi}{12} H(D^2 - (D - d)^2), \quad (2)$$

$$\Delta S = \frac{\pi D}{2} \sqrt{(0,5D)^2 + H^2} - \frac{\pi(D-d)}{2} \sqrt{(0,5(D-d))^2 + H^2}, \quad (3)$$

где ΔV – изменение объема ствола за год, дм^3 ; ΔS – изменение площади ствола за год, м^2 ; H – высота дерева в год исследования м; D – диаметр дерева в год исследования, см; d – толщина годичного кольца в год исследования, мм.

Таким образом, зная высоту, диаметр и толщину годичного кольца в год исследования можно рассчитать по данной преобразованной формуле продуктивность камбия. Расхождение в продуктивности камбия по формуле А.И. Разаренова и по преобразованной нами формуле не превышает 17,3%.

Для лучшего понимания динамики продуктивности камбия с возрастом за последние 25 лет, были построены три регрессионные модели (по одной на каждый способ выращивания) и рассчитаны уравнения регрессии и коэффициенты детерминации (рисунок 5).

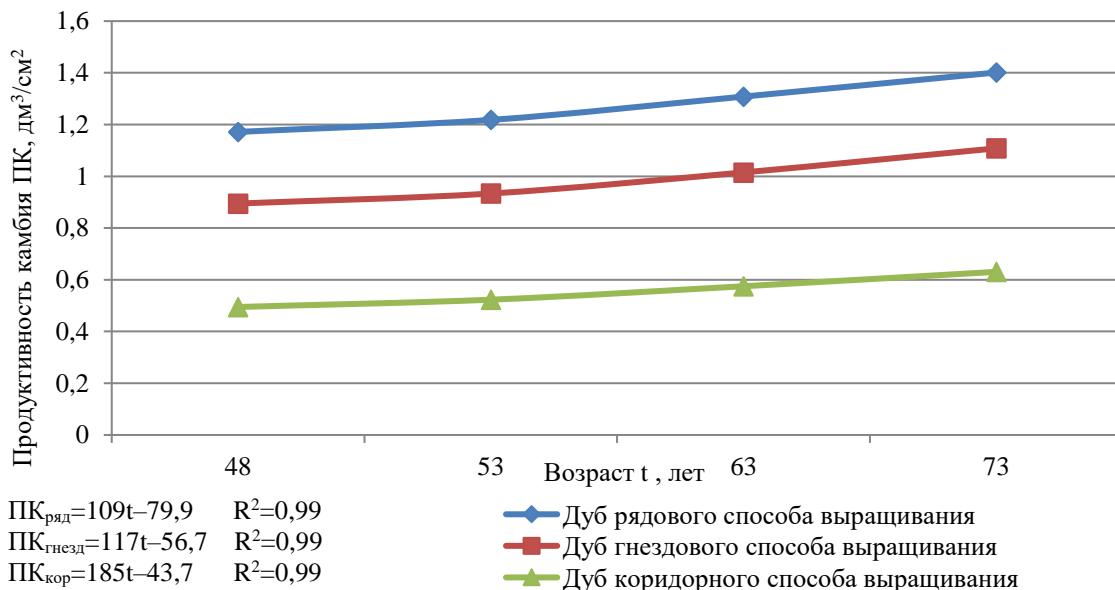


Рисунок 5 – Регрессионные модели изменения продуктивности камбия дуба черешчатого для трех способов выращивания полезащитных лесных полос

За исследуемые 25 лет наблюдается более высокий уровень продуктивности камбия в рядовых ПЗЛП. Этот показатель оказался на 22,5% выше, чем в гнездовых ПЗЛП и на 56,4%, чем в коридорных. Это указывает на то, что весь исследуемый период в 100% случаев дуб в ПЗЛП гнездового способа выращивания имеет меньшую продуктивность камбия, чем в ПЗЛП рядового способа выращивания, а дуб в составе коридорных лесных полос вообще показывает наихудшие показатели продуктивности камбия. Близкий к единице коэффициент детерминации ($R^2=0,99$), характерный для каждой из трех построенных моделей регрессии, указывает на наличие прямой связи между возрастом лесной полосы и продуктивностью камбия дуба, а также на высокую степень соответствия регрессионной модели наблюдаемым данным.

Для лучшего понимания динамики продуктивности камбия с возрастом за последние 25 лет, были построены две регрессионные модели для ПЗЛП двух вариантов смешения пород-спутников с дубом черешчатым, рассчитаны уравнения регрессии и коэффициенты детерминации (рисунок 6).

За исследуемый период можно наблюдать, что среднее значение продуктивности камбия у дуба черешчатого в ПЗЛП с участием ясения превосходит значение того же показателя в ПЗЛП с участием вяза и клена на 39,3 %. Это указывает на то, что за весь исследуемый период в 100 % случаев дуб в ПЗЛП с участием вяза и клена имеет меньшую продуктивность камбия, чем в дуб в ПЗЛП с участием ясения.

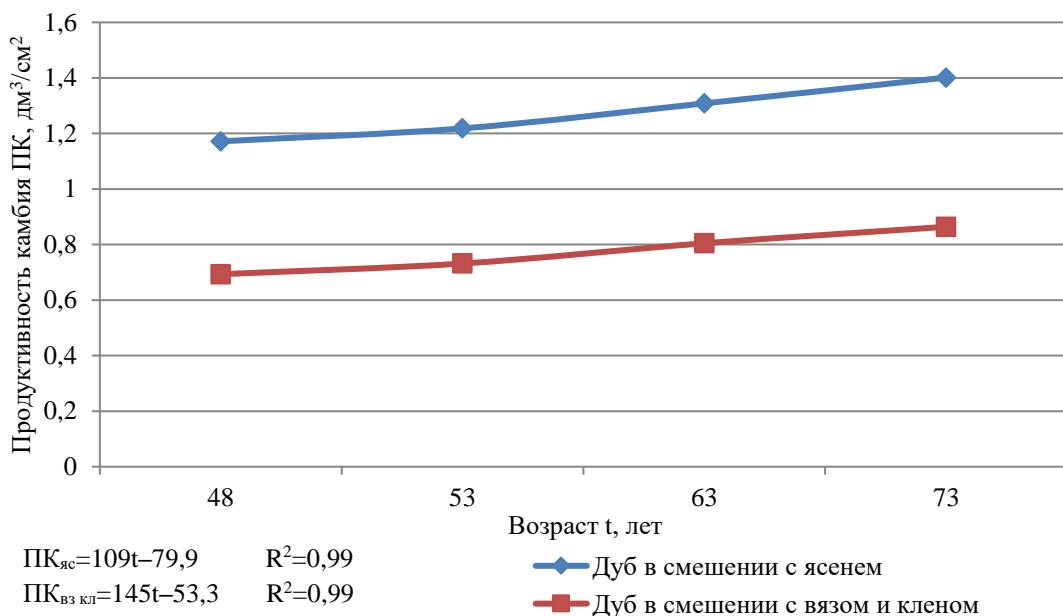


Рисунок 6 – Регрессионные модели изменения продуктивности камбия дуба черешчатого для двух вариантов смешения дуба со спутниками в полезащитных лесных полосах

Близкий к единице коэффициент детерминации ($R^2=0,99$), характерный для каждой из трех построенных моделей регрессии, указывает на наличие прямой связи между возрастом лесной полосы и продуктивностью камбия дуба, а также на высокую степень соответствия регрессионной модели наблюдаемым данным.

Глава 4 «Биологическая продуктивность и экономическая эффективность основных способов выращивания полезащитных лесных полос с участием дуба черешчатого». Наибольшую биологическую продуктивность при сравнении трех исследуемых способов выращивания дуба черешчатого дает дуб в ПЗЛП рядового способа выращивания ($20491,1 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$), а наименьшую – дуб в лесной полосе коридорного способа выращивания ($9263,3 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$). Разница между фитомассой дуба, которую дают рядовой и коридорный способы составляет 45,2%.

Для сравнения экономического эффекта изучаемых способов выращивания использовалась рассчитанная стоимость произрастающей в данных лесных полосах древесины. Наиболее экономически эффективным из трех исследуемых способов выращивания дуба черешчатого в ПЗЛП также является рядовой способ выращивания. Общая стоимость сырорастущего леса в этой полосе оказалась на 23,7% выше, чем стоимость леса в гнездовой и на 74,7% чем стоимость леса в коридорной ПЗЛП. По вкладу дуба в общую стоимость древесины наибольшую среди трех исследуемых способов выращивания экономическую эффективность демонстрирует ПЗЛП рядового способа выращивания, а наименьшую – ПЗЛП коридорного способа выращивания. Вклад дуба в рассчитанную общую стоимость древесины в лесной полосе рядового способа выращивания составляет 59,5%, в лесной полосе гнездового способа выращивания – 52,2%, в лесной полосе коридорного способа выращивания – 11,4%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из трех основных и наиболее распространенных способов создания полезащитных лесных полос (рядовой, гнездовой, коридорный) наилучшее влияние на рост и развитие дуба черешчатого в условиях степи Донской равнины оказывает рядовой способ создания этих лесных полос. Дуб в полезащитных лесных полосах рядового способа создания по большей части исследуемых показателей (кроме средней высоты и жизненного состояния, где лучшим оказался дуб в гнездовых ПЗЛП) превосходит дуб в полезащитных лесных полосах гнездового и коридорного способов создания. Наибольшая средняя толщина годичного кольца (ежегодный радиальный прирост) также характерна для дуба в рядовых полезащитных лесных полосах. Данный показатель в полезащитной лесной полосе рядового способа выращивания на 7% больше, чем аналогичное значение в полезащитной лесной полосе гнездового способа выращивания и на 33% больше, чем в полезащитной лесной полосе коридорного способа выращивания. В полезащитной лесной полосе коридорного способа создания породы-спутники подавляют рост дуба черешчатого за счет острого конкурентного воздействия на него. Проведенный статистический анализ подтверждает влияние способа выращивания лесных полос на радиальные приrostы дуба черешчатого. Фактические значения F- и t-критериев превосходят теоретические значения, р-критерий значимости – ниже 0,05. Доля вариации, описывающей влияние способа выращивания полезащитных лесных полос на радиальные приросты дуба, составила 53,5% от общей вариации.

2. При изучении двух вариантов смешения дуба черешчатого с разными породами-спутниками установлено, что положительное влияние на большую часть его показателей роста и развития (за исключением средней высоты, жизненного состояния и продуктивности, т. к. эти показатели были выше у дуба в смешении с вязом гладким и кленом остролистным) в полезащитных лесных полосах условиях степи Донской равнины оказывает ясень ланцетный с высокой долей своего участия в составе. Большая средняя толщина годичного кольца (ежегодный радиальный прирост) также была характерна для дубовых лесных полос с ясенем в качестве спутника. Данный показатель в полезащитной лесной полосе с ясенем в качестве спутника на 24% выше, аналогичного значения в полезащитных лесных полосах с вязом и кленом в спутниках. В полезащитной лесной полосе с участием вяза и клена спутники (в первую очередь – вяз гладкий) подавляют рост дуба черешчатого, оказывая на него острое конкурентное воздействие. Проведенный статистический анализ подтверждает влияние варианта смешения дуба с породами спутниками в лесных полосах на радиальные приросты дуба черешчатого. Фактические значения F- и t-критериев превосходят теоретические значения, р-критерий значимости – ниже 0,05. Доля вариации, описывающей влияние варианта смешения дуба со спутниками в полезащитных лесных полосах на радиальные приросты дуба, составила 66,5% от общей вариации.

3. На основе формулы С.С. Пятницкого был разработан

усовершенствованный подход к определению продуктивности камбия древесных пород. Сокращение числа необходимых измерений и оставление изучаемого дерева на корню являются главными достоинствами данного подхода. Построенные для рассчитанных по данной формуле значений продуктивности камбия регрессионные модели указали наличие связи между возрастом лесной полосы и продуктивностью камбия дуба. Высокие коэффициенты детерминации ($R^2=0,99$) указывают на тесноту этой связи.

4. Наиболее биологически продуктивным из трех исследуемых способов выращивания дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах является рядовой способ. Несмотря на сравнительно низкую (в 1,6 раза ниже), по сравнению с полезащитной лесной полосой гнездового способа выращивания, долю от общей фитомассы насаждения, дуб в полезащитной лесной полосе рядового способа создания дает сопоставимые с дубом в гнездовых лесных полосах значения фитомассы ($\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$). Меньшую биологическую продуктивность демонстрирует дуб черешчатый в лесной полосе коридорного способа выращивания – разница между фитомассой дуба ($\text{т}\cdot\text{га}^{-1}$), которую дают рядовой и коридорный способы составляет 56,8 %. Наиболее экономически эффективным из трех исследуемых способов выращивания дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах также является рядовой способ выращивания. Общая стоимость сырорастущего леса на ней оказалась на 23,7% выше, чем стоимость леса в гнездовой и на 74,7% чем стоимость леса в коридорной полезащитной лесной полосе. Вклад главной породы в рассчитанную общую стоимость древесины в лесной полосе рядового способа создания составляет 59,5%, в лесной полосе гнездового способа создания – 52,2%, в лесной полосе коридорного способа создания – 11,4%.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Применять рядовой способ создания полезащитных лесных полос с участием дуба черешчатого в условиях степи Донской равнины.
2. Применять в качестве пород-спутников дуба черешчатого клен остролистный и ясень ланцетный в условиях степи Донской равнины.
3. Удалить вяз гладкий из состава пород-спутников дуба черешчатого, как породы, не обладающей свойством очищения от нижних сучьев с возрастом, оставив ширину междуурядий 3,0 м.
4. Принять схему смешения древесных пород ПЗЛП со стороны направления господствующего суховейного ветра: клен остролистный (ясень ланцетный) – дуб черешчатый – клен остролистный (ясень ланцетный).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Провести реконструкцию в ПЗЛП с участием спутников дуба черешчатого, а именно вяза гладкого и клена остролистного, с удалением вяза гладкого и проведением наблюдений.

2. Провести исследования эффективности выращивания дуба черешчатого в системах ПЗЛП лесостепной и сухостепной (на орошении) зон.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. **Филиппов, П.Б.** Влияние способа создания полезащитных лесных полос на рост и развитие дуба черешчатого в степи Донской равнины / **П.Б. Филиппов**, П.Н. Проездов, Д.В. Есков // Научно-агрономический журнал. – 2025. – №1(128). – С. 28-34. – (К3).

2. **Филиппов, П.Б.** Влияние пород-спутников на рост и развитие дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах степи Донской равнины / **П. Б. Филиппов**, П.Н. Проездов, Д.В. Есков // Лесохозяйственная информация. – 2025. – № 2. – С. 105-114. – (К3).

Статьи в сборниках научных трудов:

3. **Филиппов, П.Б.** Радиальный прирост дуба черешчатого в системе лесных полос «Тамбовские посадки» Екатериновского района / **П.Б. Филиппов** // Материалы V Национальной конференции по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов в области лесного дела, ландшафтной архитектуры, мелиорации и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения профессора М.А. Дудорева: Сборник материалов конференции, Саратов, 15–19 мая 2023 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2023. – С. 240-244.

4. **Филиппов, П.Б.** Состояние и рост дуба черешчатого в полезащитных лесных полосах Донской равнины / **П.Б. Филиппов** // Мониторинг лесных и лесомелиоративных систем, инновационные технологии лесоразведения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора, заслуженного лесовода РСФСР И.В. Трещевского, Воронеж, 08 июня 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 170-176.

5. **Филиппов, П.Б.** Естественно-исторические и природно-климатические условия в системе полезащитных лесных полос "Тамбовские посадки" Екатериновского района / **П.Б. Филиппов** // Лесное дело, ландшафтная архитектура, мелиорация и экология : Материалы VI Национальной конференции по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов, посвященной 125-летию со дня рождения доцента Барабанщикова Алексея Степановича, Саратов, 13–17 мая 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2024. – С. 230-234.

6. **Филиппов, П.Б.** Природно-климатические условия произрастания в

защитных лесных насаждениях с участием *Quercus robur* в степи Поволжья / **П.Б. Филиппов**, Д.В. Есков, Д.И. Критский // Национальная конференция по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов в области лесного дела, ландшафтной архитектуры, мелиорации и экологии, посвященной 145-летию со дня рождения профессора Суса Николая Ивановича: материалы VII Национальной конференции. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, 2025. – С. 286-289.