ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИОЛОГИИ И ЦИТОЛОГИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Л.Л. Новицкая

*Институт леса Карельского научного центра РАН
185910, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50
novits@krc.karelia.ru*

История создания лаборатории физиологии и цитологии древесных растений. Исследования в области физиологии древесных растений в Институте леса начаты в 1959 г., когда при секторе лесоведения была создана группа физиологии и биохимии древесных растений (рук. к.б.н. Р.К. Саляев, впоследствии чл.-корр. РАН, проф.). В 1962 г. на ее базе организована лаборатория физиологии древесных растений, в последующем несколько раз менявшая свою структуру и название (в 1962—1988 гг. зав. к.б.н. Ю.Е. Новицкая, в 1988—1994 гг. — к.б.н. В.В. Габуква, в 1994—1997 гг. — к.б.н. Т.А. Сазонова). Одновременно в Институте леса развивалось селекционно-генетическое направление, в рамках которого с 1960 г. под руководством к.с.-х. н. В.И. Ермакова начато широко-масштабное изучение формового разнообразия популяций сосны обыкновенной в Карелии и Мурманской области, ели, осины и березы в Карелии. В 1968 г. была создана лаборатория генетики и селекции древесных растений (и.о. зав. к.с.-х.н. В.И. Ермаков), в 1973 г. — лаборатория цитологии, генетики и селекции древесных растений (в 1973—1977 гг. зав. к.б.н. Г.М. Козубов, в 1977—1985 гг. — к.с.-х.н. В.И. Ермаков, в 1986—1993 гг. — к.б.н. В.В. Тренин, в 1993-1997 гг. — к.б.н. Л.Л. Новицкая). В 1997 г. на базе этих лабораторий сформирована нынешняя лаборатория физиологии и цитологии древесных растений, которую по настоящее время возглавляет д.б.н. Л.Л. Новицкая.

Направления НИР. В настоящее время сотрудники лаборатории проводят исследования по следующим направлениям:

- структурно-функциональные и эколого-физиологические закономерности биопродукционного процесса в лесных фитоценозах;
- биохимические и физиологические процессы у древесных растений в природе и культуре *in vitro*.

Важнейшие результаты НИР в области цитологии древесных растений

Цитологические исследования ведутся в Институте леса с 1963 г. Под руководством Г.М. Козубова было начало изучение биологических особенностей плодоношения главных лесообразующих пород в условиях

Севера. Подробно рассмотрены морфолого-экологические особенности репродуктивной сферы хвойных, прослежены микро- и макроспорогенез, гаметогенез, процессы формирования эмбрионов, описана ультраструктура микроспороцитов, пыльцы, нуцеллуса, женского гаметофита и др. По материалам исследований совместно с Ботаническим институтом АН СССР им. В.Л. Комарова изданы «Атлас ультраструктуры растительных клеток» (1972), удостоенный премии АН СССР им. К.А. Тимирязева, и «Атлас ультраструктуры растительных тканей» (1980). Продолжение электронно-микроскопического изучения генеративной сферы хвойных позволило в дальнейшем получить материалы, характеризующие ультраструктуру клеток основных тканей репродуктивных органов хвойных в ходе их развития, а также сроки прохождения основных эмбриологических процессов и их особенности у представителей семейства сосновых в условиях Карелии. Практически была заложена основа нового направления в эмбриологии хвойных — ультраструктурная эмбриология хвойных (Г.М. Козубов, В.В. Тренин).

Важные в научном отношении результаты были получены при изучении ультраструктуры клеток мезофилла хвои сосны и ели в годичном цикле. Выявлены изменения в структурной организации клеток мезофилла, которые свидетельствуют о переходе их из одного состояния дифференциации в другое, что сопровождается функциональными изменениями различных систем клетки, и прежде всего функций питания и дыхания. Летом хвоя функционирует как листья обычных высших растений и ультраструктура хлоренхимы аналогична тонкому строению мезофилла других высших растений. В осенне-зимне-весенний период клетки мезофилла приобретают строение, характерное для секреторных и выделительных клеток. Показано значение этих изменений с точки зрения адаптации фотосинтезирующей ткани хвойных к неблагоприятным условиям среды, выработанной в процессе длительной эволюции (Ю.Е. Новицкая).

Следующее направление в цитологических исследованиях связано с изучением биологии карельской березы, включая механизмы формирования ее узорчатой древесины. Работы были начаты с анализа фрагментов аномальной древесины уникального древесного растения, который выявил комплекс постоянных особенностей ее субмикроскопического строения, не зависящих от жизненной формы растения (к.б.н. Л.А. Барильская). Эти исследования продолжены и расширены в ходе изучения морфогенеза при регенерации тканей ствола обычной березы. Результаты микроскопического анализа последовательных этапов формообразовательных процессов позволили выявить определенное сходство между аномальным ксилемо- и флоэмогенезом в очагах поранения у березы повислой с обычным строением тканей ствола и формированием тканей

вторичного проводящего цилиндра в зонах структурных аномалий ствола карельской березы. Показано, что в процессе заживления ран по мере восстановления целостности и нормального функционирования путей флоэмного транспорта ассимилятов специфический морфогенез постепенно уступает место формированию обычных по строению тканей. Данный вывод послужил основой для изучения ультраструктурных особенностей проводящей флоэмы березы карельской в связи с формированием древесины разной степени узорчатости, результаты которого позволили подойти к пониманию метаболических причин нарушения обычной архитектоники тканей вторичного проводящего цилиндра ствола (Л.Л. Новицкая).

Важнейшие результаты НИР в области физиологии древесных растений

Первые работы по физиологии растений в Институте леса были связаны с исследованием механизмов поглощения веществ корнем. Был решен ряд вопросов, касающихся влияния минеральных и органических удобрений на поступление элементов зольного питания и азота в семена основных лесообразующих пород таежной зоны. Изучение физиологии активной части корневых систем позволило установить взаимосвязи между ростовыми процессами в корневых окончаниях и их поглотительной способностью. Был установлен критический порог поступления питательных веществ из почвы в корень и выявлены оптимальные сроки внесения удобрений (руководитель направления — в то время к.б.н. Р.К. Саляев).

Участие в лесоводческих исследованиях, направленных на решение задач лесовосстановления и повышения продуктивности лесов привело в дальнейшем к расширению тематики исследований. Основным направлением стало изучение физиологии и биохимии роста и развития хвойных растений и адаптации их к условиям Севера. Было изучено влияние типов леса, классов роста деревьев, породного состава насаждений, условий минерального питания, светового и температурного режимов на показатели основного и вторичного обменов веществ, содержание и соотношение ингибиторов и стимуляторов роста, количественный и качественный состав пигментов пластид, окислительно-восстановительные процессы, ультраструктуру клеток мезофилла, структуру и плотность древесины. Полученные в этот период данные имели как прикладное, так и общебиологическое значение, в частности внесли важный вклад в понимание становления растительной формы жизни в процессе эволюции. Высокий уровень новизны имели работы по составу транспирационной жидкости. Впервые было показано, что растения в процессе жизнедеятельности выделяют в окружающую среду наряду с летучими органическими веществами и водорастворимые неорганические соединения (аммиачный и нит-

ратный азот, фосфор, калий). Выделение перечисленных химических веществ происходит одновременно с транспирацией. Это позволило расширить представление о самом процессе транспирации, под которым теперь понимают не только испарение воды, но и выделение вместе с водой различных химических веществ. Проведение исследований в годичном цикле позволило выявить взаимосвязь физиолого-биохимических процессов между собой, связь структуры и функций и закономерности изменений обмена веществ и ультраструктуры клеток мезофилла хвои. Показано, что у хвойных растений в течение года дважды наблюдаются глубокие изменения обмена веществ и ультраструктуры: в сентябре — октябре, при переходе от летнего к зимнему периоду, и в марте — апреле, при переходе от зимнего к летнему. При изучении молекулярной организации пигментной системы установлено, что в интактной пластиде зеленые пигменты образуют сложные комплексы с белками и липидами. Характер связи пигментов с ними меняется в зависимости от сезона года. Особенно высокая прочность хлорофилла со своими носителями наблюдается в ноябре-январе, самая низкая — в мае-июне. В результате оригинальных опытов впервые были получены данные, свидетельствующие о наличии синтеза хлорофилла «а» в хвое сосны зимой в полной темноте. Пластическим материалом для этих синтезов могли служить только готовые органические вещества, содержащиеся в цитоплазме. Сопоставление данных физиолого-биохимического анализа с сезонными особенностями ультраструктуры клеток мезофилла хвои дало основание предположить наличие у хвойных зимой гетеротрофного питания и получение энергии за счет различных типов дыхания. Показано усиление в хвое в осенне-зимне-весенний период анаэробного и пентозофосфатного путей дыхания. В неблагоприятных условиях среды у хвойных растений выявлена высокая активность пероксидазы — фермента, катализирующего окисление субстратов с помощью перекиси водорода, при разложении которой образуется атомарный кислород, обладающий очень высокой активностью. Сделан вывод о том, что способность хвойных растений длительное время поддерживать обмен веществ без кислорода воздуха при участии метаболического кислорода во многом определяет перенесение ими неблагоприятных периодов, в том числе зимних условий. Неполное окисление органических веществ при анаэробном дыхании создает возможность участия их в процессах синтеза, а также способствует образованию и накоплению высоковосстановленных соединений, в том числе липидов, куда входят и углеводороды (эфирные масла и смолистые вещества). Протекание указанных биохимических процессов в зимней хвое возможно только при ее достаточной оводненности. Установлено, что сохранению высокой оводненности хвои в это время способствует ряд внешних приспособлений,

защищающих растения от потери воды при транспирации (иглы покрываются толстым слоем кутикулы с налетом воска, устьица закрываются, и происходит их засмоление). Большое влияние на состояние водного режима оказывает внутреннее состояние клеток мезофилла, у них изменяются свойства протоплазмы, в результате чего увеличивается водоудерживающая сила и усиливается сопротивляемость отдаче воды. Почти вся вода представлена фракцией жесткоструктурированной воды. Сохранение на определенном уровне оводненности хвои зимой обусловлено также высоким содержанием олигосахаридов, которые образуют комплексные соединения с протоплазменными белками и увеличивают оводненность плазменных коллоидов, и калия, обладающего высокой гидрофильностью. Определенное влияние на водный режим хвойных растений оказывает метаболическая вода, образующаяся при конденсации высокополимерных соединений, в том числе углеводов, при окислении липидов, расщеплении АТФ и т.д. (руководитель направления — к.б.н. Ю.Е. Новицкая).

В 1971 г. в лаборатории физиологии древесных растений была организована научная группа, состоящая в основном из физиков. Этот коллектив, используя созданную им оригинальную систему непрерывной регистрации экофизиологических процессов, занимался исследованием временной организации процессов фотосинтеза, транспирации, роста, их взаимных связей и связи со средой. Полученные данные позволили выявить ритмологические и параметрические аспекты адаптации сосны к условиям Севера. Измерены количественные величины транспирации и потребления влаги сосной и средневозрастными сосновыми насаждениями. Исследованы суточная и сезонная динамика CO_2 -газообмена побегов сосны обыкновенной и влияние на нее внешних и внутренних факторов. Рассчитаны месячные и годовые балансы CO_2 -газообмена в разных типах леса. В совместных проектах с Академией Финляндии разработаны модели отдельных физиологических процессов и варианты динамических моделей сосновых лесов до 100 лет. Существенные результаты получены при исследованиях закономерностей формирования структуры сосны. Показано, что в транспортной системе дерева между размерами и массой разных органов существуют строгие линейные связи, сохраняющиеся во всем ареале сосны, вплоть до Воронежа, Иркутска и Китая. На основе количественных величин потребления влаги и закономерностей формирования структуры найдены инвариантные характеристики водного режима, показано, что тонна хвои испаряет, а единица площади ксилемы проводит за год в любых сосновых древостоях постоянное количество воды. Выявленные закономерности значительно облегчают исследование таксационных характеристик и балансовых показателей древостоев. Проведено

исследование роста и развития сосновых древостоев в условиях длительного и интенсивного влияния токсичных поллютантов (Мончегорск). Основой для исследований служила информация, полученная ранее в относительно чистых условиях. Показано, что воздействие токсикантов приводит к закупорке устьиц, деструкции воскового налета и структурных элементов хвои, снижению фотосинтеза (до 40% от естественного уровня), дыхания (на 50%), нарушениям в водном режиме и значительному снижению интенсивности роста. Интенсивно загрязненные древостои из объектов стока CO₂ превращаются в источник эмиссии CO₂ в атмосферу, что может оказать влияние на глобальный цикл углерода (руководитель направления — д.б.н. Л.К. Кайбияйнен).

С 1986 г. по 1991 г. исследования лаборатории были направлены на изучение физиолого-биохимических характеристик процессов сексуализации и семеношения сосны. Сравнительное изучение разнополых побегов позволило определить, что различия между ними носят чисто количественный характер и не проявляются на качественном составе исследуемых веществ. Направленность сезонной динамики основных метаболитов в годичном цикле развития, обусловленная сезонной периодичностью климата, сохраняет свои особенности в побегах разной сексуализации и у деревьев различной семенной продуктивности, однако на определенных этапах половой дифференциации ткани побегов, несущих генеративные органы, предъявляют неодинаковые требования к условиям внешней и внутренней среды, по-разному трансформируют в метаболизме одни и те же вещества. Это вызывает не только изменение концентраций исследуемых веществ, но и временной сдвиг максимумов и минимумов в их динамике в зависимости от этапа морфогенеза, типа сексуализации и урожайности клона. Следующим этапом стало изучение влияния промышленного загрязнения на физиологические процессы у сосны. В ходе исследований в районе Костомукшского ГОКа была выявлена скрытая фаза деградации сосняков. В качестве диагностического признака для ее определения, а также выявления силы воздействия эмиссий предложено использование величины коэффициентов накопления серы, калия, хлорофилла «а», индексы охвоенности побега и продолжительности жизни хвои (руководитель направления — к.б.н. В.В. Габукова).

Дальнейшие исследования были связаны с выявлением физиолого-биохимических показателей, по которым можно было бы характеризовать ход роста и развития сосны на отдельных этапах онтогенеза. Изучение особенностей метаболизма азотистых соединений, углеводов, липидов, пигментов, активности и изоферментного спектра пероксидазы показало, что на протяжении всей жизни растение стремится к поддержанию гомеостаза. Основные биохимические характеристики не зависят от воз-

раста растения, а направлены на осуществление главных жизненных функций (рост и размножение), на адаптацию сосны к перенесению неблагоприятных условий окружающей среды, в частности, низких температур зимы. На всех этапах онтогенеза одинакова динамика физиолого-биохимических характеристик при переходе сосны к росту и в покоящееся состояние. В то же время показано, что на разных этапах индивидуального развития дерева обменные процессы имеют свои особенности. Выявлены изменения уровня белков, свободных аминокислот, растворимых и нерастворимых углеводов, суммарных липидов, фосфорсодержащих соединений в процессе прорастания семян сосны, формирования проростков и сеянцев, в период начала плодоношения и в годы обильного заложения генеративных органов, а также в ходе естественного затухания физиологических функций (руководители направления — к.б.н. Т.А. Шуляковская, д.б.н. Н.П. Чернобровкина).

Широкие перспективы для изучения вопросов морфо- и органогенеза древесных растений открывает метод культуры тканей. В данной связи в лаборатории создана соответствующая экспериментальная база, на основе которой ведется изучение потенциальных способностей отдельных органов и тканей березы к морфогенезу и регенерации *in vitro*. На сегодняшний день проведена отработка этапов клонального микроразмножения березы от введения исходных тканей (эксплантов) в культуру до получения растений-регенерантов. Осуществляется массовое воспроизводство селекционных форм с целью получения посадочного материала и создания долгосрочных опытов по изучению роста и развития растений, полученных из изолированной культуры тканей (руководитель направления — д.б.н. Л.В. Ветчинникова).

В последние 10 лет особое внимание в исследованиях лаборатории уделяется изучению цитологических, физиолого-биохимических и эколого-физиологических аспектов отклонений от нормального роста и развития древесных растений. Исследования в данном направлении, как и в прежние годы, нацелены на решение фундаментальной проблемы физиологии древесных растений — выявление механизмов регуляции их роста и развития, поиск путей эффективного управления этими процессами. Изучение растений с аномалиями роста и развития органов и тканей имеет ряд преимуществ, среди которых можно отметить следующие: любое отклонение от нормы позволяет глубже и всесторонней понять механизм нормального процесса, что в дальнейшем дает возможность более эффективно управлять им; формирование структурных аномалий ствола часто становится причиной снижения общей продуктивности древесного растения и качества древесины; возникновение многих экзогенных и эндогенных аномалий связано с загрязнением окружающей среды промышлен-

ными отходами, пестицидами, радиоактивными веществами, и соответственно древесные растения могут служить индикаторами таких загрязнений; отклонение от нормального роста и развития осевых органов часто связано с изменением текстуры древесины и, таким образом, открывает пути для изучения закономерностей ее формирования (руководитель направления НИР — д.б.н. Л.Л. Новицкая).

В связи с выбором нового направления исследований лаборатории следует отметить, что аномалиям роста и развития древесных растений в Институте леса всегда уделялось должное внимание. С момента его организации в 1958 г. и по настоящее время среди постоянных объектов исследования находится карельская береза (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti), широко известная в мире благодаря высокодекоративной узорчатой древесине. Большой вклад в изучение биологических особенностей этого древесного растения внесли два бывших директора Института леса — к.с.-х.н. Н.О. Соколов и к.с.-х.н. В.И. Ермаков. Выявлены ее морфолого-систематические, биолого-экологические и фитоценотические свойства (Н.О. Соколов); установлены закономерности проявления в гибридном потомстве первого поколения признаков узорчатой текстуры древесины и связанных с ними габитуальных признаков, характерных для родительских форм; исследованы особенности эндогенной и хронографической изменчивости признаков текстуры древесины в сибсовом и полусибсовом потомстве; высказана гипотеза о детерминирующей роли коры в формировании текстуры древесины (В.И. Ермаков). Накопленный за многие годы научный материал по карельской березе является бесценной фундаментальной базой для выявления общебиологических закономерностей аномального роста древесных растений.

Среди исследований сотрудников лаборатории, выполненных или получивших в последние годы научное обобщение можно выделить следующие.

Изучены регуляторные взаимоотношения комплекса тканей, включающих ксилему, камбий и флоэму, на примере видов и форм березы с нормальной и аномальной структурой древесины. Показана приоритетная роль флоэмы, как ткани, распределяющей ассимиляты, питающей и индуцирующей клетки камбия к делению. Установлено, что колебания концентрации ассимилятов во флоэме оказывают регулирующее действие на деятельность камбия и дифференциацию его производных и могут быть первичной причиной аномалий. Выявлена роль отдельных клеточных структур в регуляции транспорта ассимилятов. Показано, что причиной расстройства нормальной ритмики камбиальной активности и, как следствие, образования аномальной древесины, является избыточное количество транспортной сахарозы в проводящих тканях. Экспериментально

доказана возможность получения у березы с обычным упорядоченным расположением элементов проводящих тканей структурных преобразований ксилемы и флоэмы, аналогичных карельской березе. Выявлены концентрации сахарозы, вызывающие весь диапазон отклонений от нормы в строении узорчатой древесины карельской березы. Предложена модель формирования вторичного проводящего цилиндра древесных растений в зависимости от концентрации сахарозы в проводящей флоэме. Установлен механизм влияния избыточного содержания сахарозы в проводящей флоэме и камбиальной зоне на аномальный морфогенез древесных растений. Показано, что индукция аномального камбиального роста связана с повышением уровней сахарозы и продуктов ее расщепления — уридиндифосфатглюкозы (УДФ-глюкозы) и фруктозы. Другой продукт расщепления сахарозы — глюкоза, сильного изменения программы развития клеток не вызывает. Разработана обобщенная концепция аномалий развития древесных растений по типу карельской березы, которая включает в себя механизмы образования и наследования узорчатой древесины и вопросы происхождения карельской березы (Л.Л. Новицкая).

Установлена взаимосвязь между степенью отклонений от нормы в развитии проводящих тканей ствола и площадью ассимилирующей поверхности листьев березы повислой (Н.Н. Николаева).

Обобщены результаты более чем 30-летних исследований роста и развития гибридного потомства березы, полученного в результате внутри- и межвидового скрещивания березы пушистой, березы повислой и карельской березы. Выявлены особенности проявления морфо-физиологических признаков у побегов берез в зависимости от конкретных комбинаций скрещивания. Установлены закономерности трансформации проявления узорчатой текстуры древесины карельской березы в онтогенезе. Сформулирована гипотеза эколого-генетического происхождения карельской березы. Выявлены масштабы катастрофических воздействий природных и антропогенных факторов на генетические ресурсы карельской березы, уточнены границы ее современного ареала, предложены мероприятия по сохранению и восстановлению природных популяций, ведется создание коллекции клонов карельской березы в культуре *in vitro*. Получены данные, свидетельствующие о различных путях адаптации древесных берез на границе произрастания древесной растительности на биохимическом уровне. Впервые показано, что у северных видов (береза пушистая и ее разновидности), кроме синтеза полиненасыщенных (С18) жирных кислот, существует и другой путь — за счет образования жирных кислот с короткой углеродной цепью (С<16), что обеспечивает выживание меристематических тканей в зимний период и успешное начало вегетации весной следующего года (Л.В. Ветчинникова).

Дана сравнительная характеристика распределения липидов, белков и углеводов в органах и тканях основных видов и редких представителей рода *Betula* L., отличающихся наследственными изменениями в текстуре древесины (карельская береза, ледяная береза) и форме листовой пластинки (далекарлийская береза). Показано, что биохимические показатели могут быть использованы в систематике берез и в познании механизмов адаптации древесных растений к условиям Севера (Л.В. Ветчинникова, Т.А. Шуляковская).

Установлено существование постоянных (инвариантных) показателей для организменного уровня гомеостатирования и определены их значения для *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst. и *Picea obovata* Ledeb. Показано, что растительные сообщества, образованные этими видами хвойных растений, могут функционировать в широком диапазоне факторов среды, варьируя продуктивность, но сохраняя состояние гомеостаза. Справляться с негативными воздействиями растениям удается за счет снижения ассимилирующей поверхности и объема проводящей системы. Сильное промышленное загрязнение среды приводит к нарушению сбалансированности процессов и нарушению гомеостаза на уровне организма (Т.А. Сазонова).

Исследованы характеристики процессов обмена и закономерности формирования структуры деревьев сосны и березы в онтогенезе. Показано, что структура транспортной системы дерева, формирующаяся уже на ранних этапах развития, строго сбалансирована и играет существенную роль в регуляции процессов обмена. Транспортная система обладает регулирующей функцией в донорно-акцепторных отношениях на уровне целого растения. Зависимости для структурных показателей внутри одного дерева близки к функциональным и являются оптимальными для осуществления физиологических функций. Выявлены особенности углеродного и водного обменов и обмена минеральных питательных веществ, исследована роль изменения соотношения фотосинтеза и дыхания и гидравлических механизмов в ограничении размеров и возраста сосны и уменьшения продуктивности растения в процессе старения (Л.К. Кайбияйнен, Г.И. Софронова, В.К. Болондинский, Е.Е. Ялынская, Т.А. Сазонова).

Исследовано влияние температурного фактора и промышленного загрязнения среды на метаболизм веществ вторичного происхождения у основных лесообразующих пород на северо-западе таежной зоны России (сосна, ель, береза, осина). Показано, что наиболее быстрые и значительные изменения происходят в составе и содержании эфирных масел и фенолов; предложено использовать фенолы и эфирные масла, в частности, легколетучий компонент эфирных масел α -пинен, в качестве индикаторов для ранней диагностики физиологического состояния хвойных деревьев в условиях стресса. Выявлено сходство ответных реакций хвойных расте-

ний, пораженных грибными заболеваниями и растущих в зоне промышленного загрязнения среды (И.Л. Фуксман).

Впервые получены данные о типах катионообменных групп в структуре клеточных стенок хвои сосны и ели. Определены физико-химические параметры, характеризующие ионообменные свойства клеточных стенок. Показано, что в норме клеточные стенки хвои сосны и ели содержат три типа катионообменных групп. Влияние антропогенного загрязнения не приводит к изменению качественного состава функциональных групп, но отражается на их количестве (Н.А. Галибина).

Практическое использование результатов НИР

Результаты исследований были реализованы в ходе выполнения ряда хоздоговорных тем с предприятиями и организациями Республики. В основном они касались практических наработок, полученных в ходе изучения особенностей минерального питания хвойных растений и роста и развития растений березы в культуре тканей. Среди них договора с Государственным комитетом по лесу РК по выращиванию сеянцев хвойных пород на отечественных торфяных субстратах и получению посадочного материала карельской березы с использованием метода клонального микроразмножения в культуре *in vitro*.

Институт леса принимал активное участие в разработке Концепции целевой республиканской программы по сохранению генофонда карельской березы в Республике Карелия на 2008-2015 гг., которая была утверждена и принята к реализации в 2007 г.

Перспективы развития НИР

Лаборатория участвует в проработке ряда тем по Программам фундаментальных исследований Президиума РАН и Отделения биологических наук РАН, на протяжении 10 лет имеет постоянную финансовую поддержку со стороны Российского фонда фундаментальных исследований и международных научных фондов.

Сотрудники лаборатории (3 доктора, 5 кандидатов наук, 2 аспиранта, 8 научно-технических сотрудников) нацелены на решение следующих научных задач:

- разработка фундаментальных и прикладных аспектов регуляции роста и развития древесных растений, связанных с получением древесины, обладающей заданными, в том числе, декоративными свойствами;
- выявление экспериментальных воздействий, вызывающих наибольшие отклонения в развитии проводящих тканей стебля;
- изучение влияния отдельных компонентов питательной среды на рост и развитие растений сем. *Betulaceae* в культуре *in vitro*;

– установление показателей основного обмена, отвечающих за повышение устойчивости древесных растений в условиях Севера.

Результаты исследований опубликованы в 16-ти монографиях, многочисленных сборниках статей и сотнях статей в центральной и международной печати.

Список монографий

- Атлас ультраструктуры растительных клеток / Под ред. Г.М. Козубова, М.Ф. Даниловой. Петрозаводск: РИО КФ АН СССР, 1972. 132 с. (совместно с БИН РАН).
- Атлас ультраструктуры растительных тканей / Под ред. М.Ф. Даниловой, Г.М. Козубова. Петрозаводск: «Карелия», 1980. 456 с. (совместно с БИН РАН).
- Ветчинникова Л.В.* Береза: вопросы изменчивости (морфофизиологические и биохимические аспекты). М.: Наука, 2004. 183 с.
- Ветчинникова Л.В.* Карельская береза и другие редкие представители рода *Betula* L. М.: Наука, 2005. 302 с.
- Габукова В.В.* Фосфорный обмен у сосны на Севере. Петрозаводск: РИО КФ АН СССР, 1989. 152 с.
- Ермаков В.И.* Механизмы адаптации березы к условиям Севера. Л.: Наука, 1986. 144 с.
- Ермаков В.И., Новицкая Л.Л., Ветчинникова Л.В.* Внутри- и межвидовая трансплантация коры березы и ее регенерация при повреждении. Петрозаводск: РИО КарНЦ РАН, 1991. 184 с.
- Козубов Г.М.* Биология плодоношения хвойных на Севере. Л.: Наука, 1974. 136 с.
- Козубов Г.М., Тренин В.В., Тихова М.А., Кондратьева В.П.* Репродуктивные структуры голосеменных (сравнительное описание). Л.: Наука, 1982. 104 с.
- Коровин В.В., Новицкая Л.Л., Курносков Г.А.* Структурные аномалии стебля древесных растений. М.: МГУЛ, 2002. 259 с.; 2003. 280 с. (совместно с МГУЛ).
- Новицкая Ю.Е.* Особенности физиолого-биохимических процессов в хвое и побегах ели в условиях Севера. Л.: Наука, 1971. 117 с.
- Новицкая Ю.Е., Чикина П.Ф.* Азотный обмен у сосны на Севере. Л.: Наука, 1980. 166 с.
- Новицкая Ю.Е., Чикина П.Ф., Софронова Г.И., Габукова В.В., Макаревский М.Ф.* Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере. Л.: Наука, 1985. 156 с.
- Тренин В.В.* Цитозембриология лиственницы. Л.: Наука, 1986. 88 с.
- Чернобровкина Н.П.* Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной. СПб.: Наука, 2001. 172 с.
- Фуксман И.Л.* Влияние природных и антропогенных факторов на метаболизм веществ вторичного происхождения у древесных растений. Петрозаводск: РИО КарНЦ РАН, 2002. 164 с.