

На правах рукописи

ШАРОВКИНА
Мария Михайловна

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ
ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ КРОНЫ *TILIA PLATYPHYLLOS* SCOP.
В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

03.02.01 – Ботаника

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Санкт-Петербург

2013

Диссертационная работа выполнена на кафедре геоботаники и экологии растений
Санкт-Петербургского государственного университета в 2008-2012 гг.

Научный руководитель: **Антонова Ирина Сергеевна,**
кандидат биологических наук,
доцент кафедры геоботаники и экологии растений
Санкт-Петербургского государственного
университета

Официальные оппоненты: **Чавчавадзе Евгения Савельевна,**
доктор биологических наук, главный научный
сотрудник отдела Ботанический музей
Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН

Чухина Ирена Георгиевна,
кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник ГНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт растениеводства
им. Н.И. Вавилова Россельхозакадемии

Ведущее учреждение: Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Защита диссертации состоится «11» декабря 2013 года в 14.00 часов на заседании
диссертационного совета Д 006.041.01 при ГНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт растениеводства им. Н.И.Вавилова Россельхозакадемии
по адресу: 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44; тел.:
(812)314-78-36, факс (812) 570-47-70, e-mail: v.gavrilova@vir.nw.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова Россельхозакадемии

Автореферат размещен на сайтах: <http://vir.nw.ru> и <http://www.vak.ed.gov.ru>
«08» ноября 2013 г.

Автореферат разослан «09» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Гаврилова Вера Алексеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos* Scop.) – древесная порода, широко используемая для озеленения населенных пунктов на юге, юго-западе и в центральных районах Российской Федерации. В последние десятилетия зеленые насаждения городов, а также лесные насаждения находятся под постоянно увеличивающимся антропогенным воздействием. Необходим мониторинг их состояния, основанный на знании биоморфологических и онтогенетических особенностей древесных растений, а также представлений о влиянии возрастного состояния и комплекса условий произрастания на структуру кроны дерева. Работы в данной области необходимы для оценки качественного состояния деревьев и долгосрочного прогнозирования их развития, расчета продукции кислорода и прироста древесины, обогащения знаний о структурно-функциональной организации и динамике растительных сообществ, и являются в настоящее время актуальными для научной и хозяйственной деятельности человека.

Исследование морфологических особенностей структуры кроны древесного организма, устойчивости и изменчивости ее признаков в разных условиях среды, при произрастании в пределах ареала и в интродукции, приближает нас к познанию биологии вида. Характеристики крон деревьев изменяются при прохождении растением последовательных периодов онтогенеза (Шитт, 1952, Серебряков, 1962; Чистякова, 1994). В исследованиях структуры кроны древесных растений показано, что изучение особенностей развития и оценка жизнеспособности деревьев возможны на примере ветвей верхней части кроны (Roloff, 1991; Barthelemy, Caraglio, 2007). Структура кроны является одной из главных составляющих в пространственном строении древесного ценоза, в особенности на генеративном этапе развития дерева (Смирнова и др., 1999).

В последние десятилетия при изучении структурных особенностей кроны убедительно доказана обоснованность архитектурного подхода, который подразумевает выделение иерархических уровней организации кроны, позволяет четко выделить морфологические особенности структуры и проследить динамику их изменения, начиная от уровня побега и заканчивая кроной в целом (Гатцук, 2008; Мазуренко, 2012; Антонова и др., 2012). Тем не менее, качественные и количественные характеристики кроны исследованы лишь у небольшого количества видов (Паутов, 1987; Восточноевропейский широколиственные леса, 1994). Сведения о структурной организации кроны древесных организмов остаются фрагментарными и разрозненными. В сравнительном плане мало изучены возрастные изменения структуры крон деревьев. Ограничены сведения о морфологических особенностях кроны древесных организмов в различающихся условиях обитания и неполны знания об адаптационном значении таких особенностей. Многие отечественные и зарубежные авторы (Серебрякова, 1972; Barthelemy, Caraglio, 2007; Уткин и др., 2008; Савиных, 2012) подчеркивают, что исследования, посвященные получению знаний в области структурной организации растений, требуют особого внимания и накопления фактического материала.

Цель и задачи исследования. Цель работы – выявление в структуре кроны комплекса признаков возрастного состояния генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. и подход к оценке его качественного проявления в разных условиях обитания.

Задачи исследования:

1. Описание структуры верхней части кроны у деревьев *T. platyphyllos* трех последовательных возрастных состояний генеративного периода, используя особенности морфологического строения разных уровней организации кроны.
2. Выявление возрастных изменений структуры верхней части кроны.
3. Характеристика особенностей морфологического строения верхней части кроны молодого генеративного дерева в связи с произрастанием в древесном сообществе и в открытом местообитании, оценка их адаптационного значения.
4. Выявление особенностей морфологического строения кроны дерева в связи с произрастанием в зонах лесостепи и влажных субтропиков, оценка их адаптационного значения.

Научная новизна. Впервые для липы крупнолистной:

- описана структура верхней части кроны на уровне побегов, двулетних побеговых систем, крупных ветвей у деревьев трех возрастных состояний генеративного периода развития в разных условиях обитания;
- показано разнообразие и проведена типизация годичных побегов и двулетних побеговых систем верхней части кроны деревьев трех возрастных состояний;
- получены количественные показатели признаков годичных побегов и двулетних систем побегов в разных условиях обитания, проведена оценка адаптационного значения изменений;
- описано формирование многолетних скелетных осей и короткоживущих ассимилирующих осей ветви;
- выявлена трансформация двулетних побеговых систем при затенении кроны;
- установлено сходство особенностей формирования кроны в двух регионах произрастания;
- показана смена типов двулетних побеговых систем главной оси и скелетных осей ветвей при смене возрастных состояний дерева, ведущее к изменению ростовой стратегии верхней части кроны и изменению ее формы.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы в учебных курсах по биоморфологии растений, экологии растений, фитоценологии, лесоведению, дендрологии, биогеографии; применены в лесоустройстве и городском озеленении. Полученные данные по структуре кроны могут быть использованы для установления возрастного и качественного состояния деревьев, моделирования развития дерева в онтогенезе в разных условиях обитания, изучения структуры и динамики древесного сообщества, расчета продукции фитомассы. Методические разработки могут быть применены в исследовании строения крон других видов древесных растений в разных экологических условиях.

Апробация работы. Результаты работы были представлены на 12-й Международной конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пушино, 2008); International Conference in Landscape Ecology «Landscape structures, functions and management: response to global ecological change» (Brno, Czech Republic, 2010); Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти Л.В. Бардунова «Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии» (Иркутск, 2010); Всероссийской конференции, посвященной 80-летию кафедры геоботаники и экологии растений СПбГУ и юбилейным датам ее преподавателей (Санкт-Петербург, 2011), Всероссийской конференции «Проблемы

изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны» (Тульская обл., с. Монастырщина, 2011).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из которых 3 – статьи в рецензируемых журналах, 1 – статья в сборнике, 4 – тезисы докладов на всероссийских и международных конференциях.

Финансовая поддержка работы. Выполнение работы поддержано грантом РФФИ 2009 – 2011 гг. № 09-04-010229а.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, содержащего 204 наименования работ отечественных и зарубежных авторов, и 25 приложений. Работа изложена на 200 страницах машинописного текста, включает 25 таблиц и 52 рисунка.

Благодарности. Автор выражает признательность за неоценимую помощь в исследовании и при подготовке рукописи диссертации к.б.н., доц. И.С. Антоновой.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Во введении обозначены актуальность темы, цель и задачи исследования.

Глава 1. Кроны древесных растений как объект исследования экологической морфологии растений

Глава содержит обзор данных литературы по изучению кроны древесных растений и состоит из трех частей. Обсуждаются подходы к изучению структурной организации растительных организмов, вопросы периодизации онтогенеза растений, приводится характеристика объекта исследования.

Глава 2. Материалы и методы

Материалы собраны в вегетационные сезоны 2008 – 2011 гг. в естественных сообществах двух регионов: 1) в пределах ареала *T. platyphyllos* на Черноморском побережье Кавказа в условиях субтропического климата, модельные деревья растут в окрестностях г. Адлер на участках вдоль р. Мзымта на правом высоком берегу, на опушках и полянах, кроны полностью освещены; 2) в интродукции в Белгородской области в условиях умеренно - континентального климата лесостепи, на нагорном участке заповедника «Белогорье», модельные деревья растут на лугу в условиях полной освещенности кроны (биотоп условно обозначен как «свет») и в затенении во втором ярусе березняка («тень»). Места сбора существенно различаются по общеклиматическим, почвенным и световым условиям. Белгородская область характеризуется как более прохладный регион с меньшим количеством осадков.

Описание структуры кроны проведено с выделением следующих уровней организации (Антонова, Азова, 1999): 1) годичный побег; 2) двулетняя побеговая система (ДПС); 3) ветвь, отходящая от ствола. Материал исследования – крупные ветви из верхней части кроны. Исследовано 81 модельное дерево, 81 верхушечная ветвь, более 25 000 годичных побегов, изучено 2715 двулетних побеговых систем.

У ветвей измерены: возраст; суммарная длина вдоль главной оси; длины всех годичных побегов; количество листьев и почек на побегах; длины междоузлий годичных побегов; угол ответвления боковых побегов от материнского; подсчитано количество порядков ветвления и количество годичных побегов в ветви. Выполнены подробные масштабированные схемы расположения годичных побегов для всех

ветвей. При сборе материалов сделаны фотографии ветвей целиком, их отдельных разветвленных фрагментов и годичных побегов, всего 273 фотографии.

Выделение и описание возрастных состояний деревьев проведено в соответствии с методикой О.В. Смирновой с соавторами (Восточно-европейские леса, 2004), модельные деревья относятся к трем возрастным состояниям генеративного периода онтогенеза – молодому (g1), зрелому (g2) и старому (g3).

При разработке методики сравнения материала установлено, что ветви деревьев трех возрастных состояний характеризуются разным возрастом. Было опробовано два пути, включающих сравнение идентичных по календарному возрасту фрагментов и целых ветвей. Оценивались 4-хлетние фрагменты из апикальных и базальных частей ветвей деревьев g2 и g3 возрастных состояний и соответствующая им по возрасту 4-хлетняя целая ветвь дерева состояния g1. Сравнительный анализ показал, что фрагменты не отражают свойств целой ветви, это делает невозможным использование для сравнения характеристик фрагмента, идентичного с ветвями по возрасту, поэтому в работе проводится сравнение ветвей целиком. Разработка методики обработки материалов подтвердила, что ветвь от ствола, как материал исследования, представляет собой отдельную структурно-функциональную единицу кроны.

На основании методики И.С. Антоновой с соавторами (Антонова и др., 2001) в ветви выделены морфо-функциональные группы побегов. Выделение и описание типов двулетних побеговых систем (ДПС) проведено на основании следующих критериев (Антонова, Николаева, 2004): положение в системе осей ветви; морфо-функциональные особенности материнского побега системы; геометрическая форма контура системы; длительность существования в кроне; функция. Геометрическое строение типов ДПС схематизировано путем расчета средней длины годичных побегов соответствующих положений в системе, подготовлено 23 обобщающие схемы.

Структура ветвей описана при помощи характеристик: 1) наборов годичных побегов; 2) количества, соотношения и качества побегового состава осей разных порядков ветвления; 3) наборов типов ДПС и особенностей их развития в ветви.

Особенности формирования верхней части кроны деревьев последовательных возрастных состояний генеративного периода *T. platyphyllos* описаны при помощи характеристик: календарный возраст особи, высота особи, диаметр ствола, форма кроны, а также на основании динамики развития приростов главной оси и скелетных осей ветви, двулетних побеговых систем и ветвей.

Для каждого возрастного состояния описана форма и особенности структуры верхней части кроны. Выполнены обобщающие схемы развития ДПС и многолетних осей ветви, а также схемы строения верхушечных ветвей, схемы кроны деревьев g1, g2, g3 возрастного состояния.

Влияние комплекса условий обитания на структуру кроны в двух регионах, а также в двух биотопах одного региона оценивалось на последовательных уровнях организации кроны путем сравнения их морфологических признаков.

При обработке данных применены аппарат описательной статистики, критерий Колмогорова-Смирнова, критерий Стьюдента, однофакторный дисперсионный анализ (уровень значимости принят $\alpha \leq 0,05$); использованы программы Microsoft Excel 2003 и SPSS 11.5 for Windows.

Глава 3. Особенности строения верхней части кроны молодых генеративных деревьев

Верхняя часть кроны деревьев молодого генеративного возрастного состояния в условиях полной освещенности в обоих регионах исследования состоит из небольшого количества ветвей, направленных вертикально вверх, прилегающих друг к другу и образующих тем самым конусообразную вершину дерева.

У деревьев g1 состояния в Белгородской области верхушечные ветви имеют возраст 6 – 8 лет, длину 2 – 3 м, выраженную лидерную ось первого порядка с ортотропным ростом, состоят из 152 – 476 годичных побегов. Ветви деревьев на Черноморском побережье Кавказа имеют возраст 4 – 5 лет, длину 2 – 3 м, включают от 164 до 255 побегов. Процентное соотношение побегов первого и самых многочисленных побегов третьего порядка ветвления у ветвей в двух регионах одинаково. В условиях субтропического климата ветви сходного абриса, размера и положения в кроне развиваются за меньшее время.

Изучение побегового состава ветвей в двух регионах проведено путем построения частотных распределений выборок годичных побегов по признаку количества листьев, как более устойчивого показателя. Распределения сходны, характеризуются правой асимметрией, что указывает на наличие в структуре ветви различающихся групп побегов. Выделены три морфо-функциональные группы годичных побегов по признакам – положение в системе осей ветви, особенности строения, время существования, выполняемая функция: 1) *Ростовые* побеги: несут 9 и более листьев, имеют в развитии период открытого роста (иногда 2 – 3 периода роста), по длине превосходят все остальные годичные побеги; формируют главную ось и многолетние скелетные оси; 2) *Побеги заполнения*: имеют 1 – 5 листьев, небольшую длину, период роста короткий, рост закрытый. Формируют многочисленные оси эксплуатации пространства, неветвящиеся оси из таких побегов существуют 3 года, а затем отмирают; 3) *Побеги освоения* (или *осваивающие* побеги): имеют 6 – 8 листьев и обладают промежуточными по сравнению с ростовыми и заполняющими побегами характеристиками длины, временем существования в ветви и особенностями развития.

Выявлено влияние климатических условий на среднюю длину годового прироста побегов трех морфо - функциональных групп при помощи однофакторного дисперсионного анализа (таблица 1).

Таблица 1. Значения средней длины (мм) годичных побегов трех морфо-функциональных групп у особей, произрастающих в разных климатических условиях

5-листные побеги		7-листные побеги		9-листные побеги				
$76,0 \pm 1,92$	>	$39,9 \pm 1,17$	$192,2 \pm 4,80$	>	$110,6 \pm 1,34$	$340,6 \pm 18,24$	>	$183,1 \pm 5,91$
$n1 = 165$		$n2 = 108$	$n1 = 64$		$n2 = 75$	$n1 = 36$		$n2 = 37$
p = 0,000		p = 0,000		p = 0,000				

Примечание. $n1$ – объем выборки на Черноморском побережье; $n2$ - объем выборки в Белгородской области. Выборки характеризуются нормальным распределением. Приведен уровень статистической значимости (p), влияние климатических условий произрастания принято значимым при $p \leq 0,05$.

Установлено, что в условиях умеренно-континентального климата побеги трех морфо-функциональных групп имеют достоверно меньшую длину по сравнению с побегами деревьев, произрастающих в условиях субтропического климата.

В структуре ветвей деревьев в Белгородской области выделено 5 типов ДПС, различающихся по морфологическим и функциональным характеристикам (табл. 2).

Ростовые ДПС I типа образуют главную ось ветви, материнский побег таких систем – ростовой, верхние боковые побеги крупные (рис. 1). Время существования части побегов ростовых ДПС I типа в кроне сопоставимо со временем жизни дерева. Функция – формирование главного ствола дерева, захват жизненного пространства в вертикальном направлении и образование ярусов ветвей.

Таблица 2. Сравнение типов ДПС модельных верхушечных ветвей молодых генеративных деревьев, Белгородская область

Признак материнского побега	Ростовые ДПС I типа	Ростовые ДПС II типа	Осваивающие ДПС	Заполняющие ветвящиеся ДПС	Заполняющие неветвящиеся ДПС
длина, мм	610,0±19,24	> 308,3±11,42	< 378,9±31,68	> 87,4 ±3,26	> 26,7 ±1,02
значения t-критерия	t крит. = 2,00 t эмпирич. =13,03	t крит. =2,01 t эмпирич. =2,19	t крит. = 2,13 t эмпирич. =10,48	t крит. = 1,96 t эмпирич. =20,63	
количество листьев	10,5 ± 0,73	> 8,7 ± 0,30	< 9,9 ± 0,55	> 5,9 ± 0,08	> 3,9 ± 0,06
значения t-критерия	t крит. = 2,00 t эмпирич. =5,33	t крит. =2,01 t эмпирич. =2,05	t крит. = 1,97 t эмпирич. =9,67	t крит. = 1,96 t эмпирич. =17,74	
количество боковых побегов	7,4 ± 0,30	> 5,4 ± 0,23	< 6,6 ± 0,42	> 1,7 ± 0,07	> 0
значения t-критерия	t крит. = 2,00 t эмпирич. =5,59	t крит. =2,01 t эмпирич. =2,33	t крит. = 1,97 t эмпирич. =10,43	-	
n	27	39	17	163	230

Примечание. n – объем выборки. Выборки характеризуются нормальным распределением, сравнение проведено при помощи критерия Стьюдента, различия считались достоверными при $\alpha = 0,05$

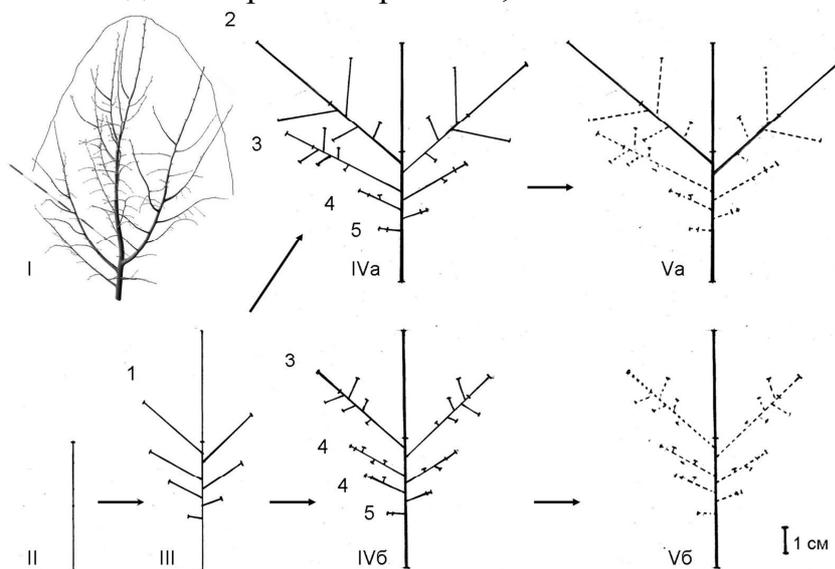


Рис. 1. Схема развития верхушечной ветви молодого генеративного дерева.

Отрезками обозначены годичные побеги: сплошная линия – живые побеги, пунктир – отмершие побеги, масштаб 1:15 см

Обозначения к рис. 1: I – внешний вид 4-хлетней ветви с обведенным контуром; II – годичный побег главной оси ветви; III – второй год развития – ростовая ДПС I типа; IV – третий год развития побеговой системы: а – с верхними боковыми ДПС ростовыми II типа, б – с верхними боковыми ДПС осваивающего типа; V – седьмой год развития – осевая часть побеговой системы: а – сохраняются скелетные боковые оси, б – полное отмирание боковых осей. Типы ДПС: 1 – ростовой I, 2 – ростовой II, 3 – осваивающий, 4 – заполняющий ветвящийся, 5 – заполняющий неветвящийся.

Ростовые ДПС II типа характеризуются меньшими по сравнению с ростовыми ДПС I типа размерами, образуют многолетние оси второго и третьего порядка ветвления. Время существования сопоставимо со временем существования ветви. Функция – захват жизненного пространства в горизонтальном направлении путем образования яруса скелетных осей.

Осваивающие ДПС развиваются на основании ростовых и осваивающих побегов. Боковые побеги преимущественно заполняющей группы. Время жизни не превышает шести лет, затем они целиком отмирают. Функция – временное удержание и использование жизненного пространства.

Тип заполняющих ветвящихся ДПС: материнские побеги имеют 3 - 8 листьев, боковые побеги – заполняющие. Этот тип ДПС формирует короткоживущие слабоветвящиеся оси, отмирающие через 3 – 4 года. Функция – заполнение и использование доступного жизненного пространства.

Тип заполняющих неветвящихся ДПС: материнские побеги – заполняющие, все боковые почки, кроме верхней ложнотерминальной, остаются спящими. Время существования составляет 2 – 3 года, они образуют короткоживущие ассимилирующие оси, выполняя в ветви функцию заполнения и использования жизненного пространства.

В условиях Черноморского побережья Кавказа в структуре ветвей выделены те же типы ДПС, что и в ветвях деревьев в Белгородской области.

Выявлено два варианта развития побегов второго порядка на материнском годичном побеге главной оси ветви. В первом случае (рис. 1, а) формируется ярус многолетних скелетных ветвей второго порядка ветвления, под ними развиваются оси второго порядка, отмирающие через 6 лет, ниже располагаются ассимилирующие оси, отмирающие через 2 – 4 года. Во втором случае (рис. 1, б) формируются боковые оси, общее время жизни которых не превышает шести лет, после чего происходит очищение оси от боковых ветвей. Так реализуется механизм самоизреживания, который позволяет сформировать более или менее плотную структуру кроны.

При помощи однофакторного дисперсионного анализа установлено влияние условий освещенности на характеристики ростовых ДПС I типа (таблица 3) на примере особей в Белгородской области.

Таблица 3. Сравнение признаков материнских побегов ростовых ДПС I типа в затенении («тень», $n = 18$) и при полной освещенности кроны («свет», $n = 27$)

	Количество листьев на материнском побеге		Длина материнского побега, мм			Количество боковых побегов			
	«свет»	=	«тень»	«свет»	>	«тень»	«свет»	<	«тень»
$X \pm Mx$	10,5 ± 0,73		11,1 ± 0,39	610,0 ± 19,24		510,3 ± 20,99	7,4 ± 0,30		8,7 ± 0,50
p	0,108		0,000			0,026			

Примечание. Приведен уровень статистической значимости (p), влияние условий произрастания принято значимым при $p \leq 0,05$.

В условиях затенения сохраняется количество листьев на годичном побеге главной оси дерева, но длина прироста меньше. В тени количество боковых побегов ростовой ДПС I типа возрастает в среднем на 2 побега, что можно считать адаптивным изменением. Ростовые ДПС I типа на свету и в тени имеют разный

качественный состав боковых побегов: на свету преобладают осваивающие побеги (52%), в тени – заполняющие (57%).

В условиях полной освещенности углы ответвления у боковых побегов из 1 – 2 верхних боковых почек, 3 – 4 верхних боковых почек и из 5 и нижележащих боковых почек материнского побега ДПС достоверно отличаются и равны $45,2 \pm 0,65^\circ$, $57,1 \pm 1,40^\circ$ и $76,4 \pm 1,34^\circ$, соответственно. В условиях затенения углы ответвления у боковых побегов из 1-й верхней, 2– 3-й и нижележащих боковых почек отличаются и равны $65,0 \pm 0,83^\circ$, $72,5 \pm 1,53^\circ$ и $88,2 \pm 1,04^\circ$, соответственно. Показано достоверное отличие углов ответвления боковых побегов при разной степени освещенности кроны. В затенении большой угол ответвления боковых побегов от главной оси и увеличение доли маложивущих заполняющих побегов позволяет оперативно выносить ассимилирующую поверхность ветви в дистальном и латеральном направлении и максимально улавливать доступное солнечное излучение.

Глава 4. Особенности строения верхней части кроны зрелых генеративных деревьев

В обоих регионах деревья липы g2 состояния характеризуются округло-пирамидальной формой кроны. Отдельные части ветви не уплощены, как в g1 состоянии, а имеют объемное строение, главная ось выражена слабее, ветви иным образом осваивают жизненное пространство, что отражает их структура.

В Белгородской области верхушечные ветви имеют возраст 10 – 13 (16) лет, длину 1,3 – 2,1 м, состоят из 145 – 630 годичных побегов. Ветви деревьев на Черноморском побережье Кавказа имеют возраст 6 – 8 лет, длину 1,9 – 2,5 м, включают от 163 до 412 побегов. Процентные соотношения побегов второго – шестого порядков в ветвях отражают сходство структуры ветвей у деревьев в разных климатических регионах. Бóльшая доля побегов первого порядка у деревьев на Черноморском побережье указывает на лучшее развитие главной оси ветви в субтропических условиях. В условиях субтропического климата ветви сходного абриса, размера и положения в кроне развиваются за меньшее время.

В ветвях в обоих регионах по сравнению с g1 состоянием увеличивается количество годичных побегов, образующих ветвь. Разнообразие побегов по длине и количеству листьев, наоборот, меньше, отсутствуют годичные побеги с тремя периодами роста. Тем не менее, сохраняются три морфо-функциональные группы.

Выявлено влияние климатических условий на среднюю длину годового прироста побегов трех морфо - функциональных групп при помощи однофакторного дисперсионного анализа (таблица 4).

Таблица 4. Значения средней длины (мм) годичных побегов трех морфо-функциональных групп у особей, произрастающих в разных климатических условиях

5-листные побеги		7-листные побеги		9-листные побеги				
$40,2 \pm 2,48$	>	$23,2 \pm 0,26$	$98,1 \pm 4,57$	>	$51,4 \pm 1,16$	$205,8 \pm 10,39$	>	$108,5 \pm 4,55$
$n1 = 104$		$n2 = 123$	$n1 = 111$		$n2 = 155$	$n1 = 60$		$n2 = 54$
$p = 0,012$		$p = 0,000$		$p = 0,000$				

Примечание. $n1$ – объем выборки на Черноморском побережье; $n2$ - объем выборки в Белгородской области. Выборки характеризуются нормальным распределением. Приведен уровень статистической значимости (p), влияние климатических условий произрастания принято значимым при $p \leq 0,05$.

В условиях умеренно-континентального климата побеги трех морфо-функциональных групп имеют достоверно меньшую длину по сравнению с побегами деревьев, произрастающих в условиях субтропического климата.

В структуре ветвей деревьев в Белгородской области выделено 5 типов ДПС, набор их, отчасти, сходен с ветвями g1 деревьев. Важным отличием является отсутствие крупных ростовых систем I типа и появление в многолетних осях нового типа ДПС – структурного, отличающегося небольшими размерами, но осуществляющего функцию образования скелетных осей в вертикальном и горизонтальном направлении, и удержания жизненного пространства. Время существования структурных ДПС сопоставимо со временем жизни ветви в целом. Появление такого типа отражает угасание ростовых процессов в многолетних осях.

Выделенные типы ДПС различаются по морфологическим и функциональным характеристикам (таблица 5).

Таблица 5. Сравнение типов ДПС модельных верхушечных ветвей зрелых генеративных деревьев, Белгородская область

Признак материнского побега	Ростовые ДПС II типа	Осваивающие ДПС	Структурные ДПС	Заполняющие ветвящиеся ДПС	Заполняющие неветвящиеся ДПС
длина, мм	181,6 ± 7,41	= 192,5 ± 12,12	> 111,7 ± 4,27	> 47,6 ± 1,47	> 19,9 ± 0,42
значения t-критерия	t крит. = 2,00 t эмпир. = 0,26	t крит. = 2,00 t эмпир. = 7,96	t крит. = 1,98 t эмпир. = 11,41	t крит. = 1,96 t эмпир. = 43,14	
количество листьев	8,4 ± 0,16	< 9,5 ± 0,31	> 7,6 ± 0,11	> 5,9 ± 0,05	> 4,0 ± 0,04
значения t-критерия	t крит. = 2,00 t эмпир. = 3,14	t крит. = 2,01 t эмпир. = 7,01	t крит. = 1,96 t эмпир. = 10,94	t крит. = 1,96 t эмпир. = 39,67	
количество боковых побегов	4,9 ± 0,17	< 5,4 ± 0,27	> 3,1 ± 0,15	> 1,7 ± 0,05	> 0
значения t-критерия	t крит. = 2,01 t эмпир. = 2,47	t крит. = 1,99 t эмпир. = 8,54	t крит. = 1,96 t эмпир. = 9,46	-	
<i>n</i>	58	30	73	364	498

Примечание. *n* – объем выборки. Выборки характеризуются нормальным распределением, при сравнении выборок критерием Стьюдента различия считались достоверными при $\alpha = 0,05$

На годичном побеге главной оси формируются разнокачественные боковые побеги, развитие этих побегов в побеговые системы и, в дальнейшем, в оси подчинено положению на материнском побеге (рис. 2).

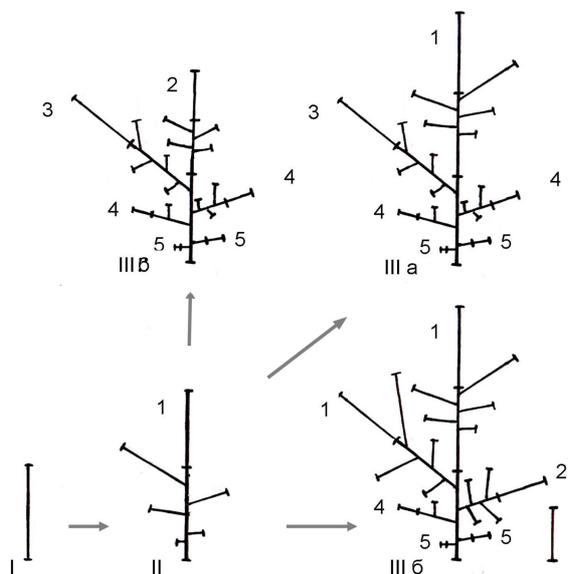


Рис. 2. Схемы вариантов развития побегов главной оси верхушечной ветви зрелого генеративного дерева

I – годичный побег главной оси ветви; II – второй год развития – ДПС на побеге главной оси; III – трехлетняя побеговая система; а, б, в – варианты развития. Типы ДПС: 1 – ростовой II, 2 – структурный, 3 – осваивающий, 4 – заполняющий ветвящийся, 5 – заполняющий неветвящийся. Отрезками обозначены годичные побеги. Справа приведен масштабный отрезок, равный 10 см

Наиболее часто на годичном побеге главной оси сверху развиваются боковые длинные скелетные многолетние оси, внизу – короткие ассимилирующие. Ассимилирующие оси характеризуются постепенным затуханием ростовых процессов, скелетные оси имеют более сложный ритм ростовых процессов. Ассимилирующие оси плотно заполняют пространство листьями и отмирают, разреживая участки ветви, скелетные оси образуют каркас ветви.

В условиях Черноморского побережья Кавказа ось первого порядка ветви образует тот же тип ростовых систем, что и в ветвях деревьев в Белгородской области – ростовые II типа, ростовые ДПС I типа отсутствуют. Общеклиматические условия обитания вызывают развитие меньших по размеру ростовых ДПС II типа в Белгородской области, что приводит к более медленному развитию верхней части кроны дерева.

Глава 5. Особенности строения верхней части кроны старых генеративных деревьев

В двух регионах крона деревьев липы g3 состояния округловершинная, в средней части цилиндрическая, в последующем теряющая правильную форму. Сохраняется обильное цветение и плодоношение в верхней части кроны. В данном возрастном состоянии наблюдается отмирание верхушечных побегов осей разных порядков, множественные изменения направления роста оси (перевершинивания), что приводит к исчезновению главной оси ветви и искривлению осей.

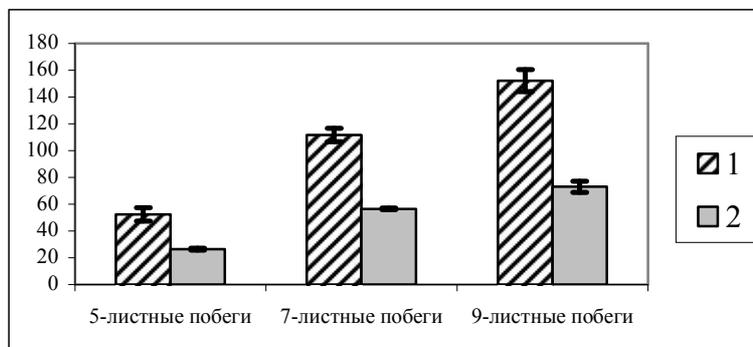
В Белгородской области верхушечные ветви имеют возраст 12 – 17 лет, длину 1,1 – 1,8 м, состоят из 455 – 1169 годичных побегов. Ветви деревьев на Черноморском побережье Кавказа имеют возраст 9 – 12 лет, длину 1,6 – 2,3 м, состоят из 281 – 938 побегов.

По сравнению с g1 и g2 состояниями ветви деревьев g3 состояния в обоих регионах состоят из еще большего количества годичных побегов. Отмечено сокращение максимальных показателей значений длины и количества листьев побегов в обоих регионах, заметнее это происходит в Белгородской области. Разнообразие побегов по длине и количеству листьев сокращено, отсутствуют полициклические годичные побеги, тем не менее морфо-функциональные группы

сохраняются. По численности в ветви преобладают побеги освоения, сочетающие функции захвата и заполнения пространства.

Выявлено влияние климатических условий на среднюю длину годового прироста побегов трех морфо - функциональных групп при помощи однофакторного дисперсионного анализа (рис. 3).

Рис. 3. Значения средней длины (мм) годичных побегов трех морфо-функциональных групп у особей, произрастающих в разных климатических условиях



Примечание. По оси абсцисс – группа побега, по оси ординат – длина побега, мм; 1 – данные для Черноморского побережья; 2 – данные для Белгородской области. Выборки характеризуются нормальным распределением, сравнение выборок проведено при $\alpha = 0,05$.

В условиях умеренно-континентального климата побеги трех морфо-функциональных групп имеют достоверно меньшую длину по сравнению с побегами деревьев, произрастающих в условиях субтропического климата.

В Белгородской области в структуре ветвей выделяются только три типа ДПС: структурный, заполняющий ветвящийся и заполняющий неветвящийся. Существенным отличием от предыдущих возрастных состояний является отсутствие в структуре ветвей ростовых систем I, II типа, а также осваивающих ДПС. Это связано с тем, что в ветви отсутствуют длинные ростовые побеги с несколькими периодами роста, и разнообразие побегов, в целом, меньше

Ось первого порядка ветвления состоит из последовательности ДПС относящихся к одному и тому же типу – структурному (рис. 4). Развитие боковых побегов в побеговые системы поливариантно, выделено два наиболее часто встречающихся пути: первый – образование боковых скелетной и ассимилирующих осей (рис. 4, а), второй – образование только ассимилирующих боковых осей (рис. 4, б).

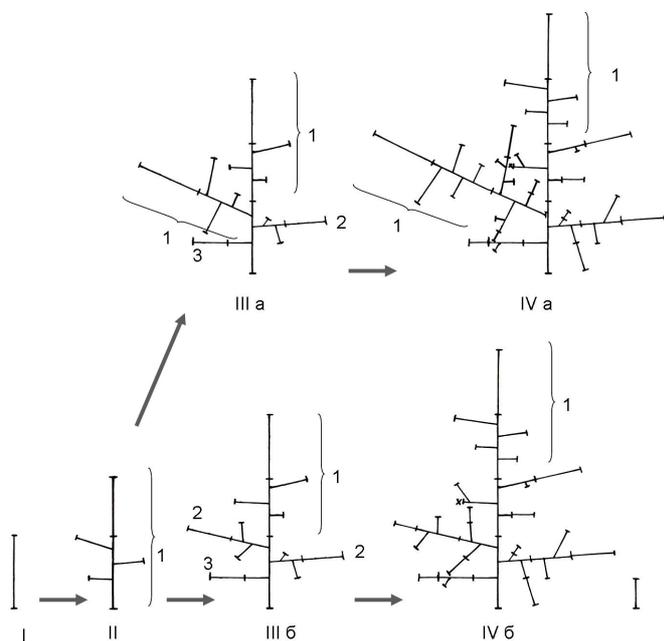


Рис. 4. Пример схем развития побеговых систем в верхушечной ветви старого генеративного дерева: I – годичный побег оси первого порядка или скелетной оси ветви; II – второй год развития – ДПС структурного типа; III – третий год развития; IV – четвертый год развития; а – развиваются боковые структурные и заполняющие ДПС, б – развиваются только боковые заполняющие ДПС. Типы ДПС: 1 – структурный, 2 – заполняющий ветвящийся, 3 – заполняющий неветвящийся. Отрезками обозначены годовые побеги, крестиками – отмершие побеги. Справа приведен масштабный отрезок, равный 10 см

В процессе развития верхушечной ветви ярусы скелетных осей сохраняются, а ассимилирующие оси отмирают. Особенно заметно отмирание ассимилирующих веточек в нижней части ветви, что, очевидно, вызывается затенением верхними частями ветви и перераспределением питательных веществ в ветви. Вдоль скелетных осей из-за небольших размеров структурных ДПС ярусы боковых осей сближены между собой.

В целом особенности строения верхней части кроны, описанные для особей в Белгородской области, наблюдаются у старых генеративных деревьев и на Черноморское побережье Кавказа. В условиях Черноморского побережья Кавказа оси первого порядка ветвления образует тот же тип ДПС, что и в ветвях деревьев в Белгородской области – структурные ДПС. Результаты сравнения признаков этого типа показали, что общеклиматические условия обитания вызывают развитие меньших по размеру и менее разветвленных структурных ДПС в Белгородской области, в результате чего ветви сходного абриса, размера и положения в кроне формируются за большее время.

Глава 6. Формирование верхней части кроны генеративных деревьев последовательных возрастных состояний

Установлено, что с возрастом в вершине деревьев происходит увеличение количества порядков ветвления с четырех в g1 состоянии до шести в g3 состоянии. Изменяется количественное соотношение побегов разных порядков ветвления: в ветвях g1 деревьев по численности преобладают побеги второго и третьего порядка ветвления, у деревьев состояний g2 и g3 – побеги четвертого и третьего порядка. Выявлено изменение качественного состава побегов в ветвях, отражающее унификацию побегового состава ветви: доля побегов освоения увеличивается с 43 % в g1 состоянии до 75,2 % в g3 состоянии.

При старении дерева до шести раз сокращается длина годовых побегов оси первого порядка. Данные особенности отражают переход в ветви от доминирующего однонаправленного роста главной оси к разнонаправленному росту некрупных равнозначных скелетных осей.

Установлено, что главную ось ветви в g1, g2 состоянии и скелетные оси в g3 состоянии образуют типы ДПС, названные нами ростовой I, ростовой II и структурный, соответственно. Эти три типа ДПС не встречаются одновременно в структуре ветви от ствола, а появляются в кроне последовательно по мере развития особи, характерны каждый для определенного генеративного состояния и обладают различными морфологическими характеристиками (таблица 6).

Таблица 6. Характеристика ДПС первого порядка верхушечных ветвей деревьев g1, g2 и g3 возрастных состояний, Белгородская область

Возрастное состояние	g1		g2		g3
Тип ДПС	ростовые I типа		ростовые II типа		структурные
<i>n</i>	22		46		47
Средняя длина материнского побега, мм	606,0 ± 19,94	>	187,4 ± 8,67	>	103,47 ± 4,73
Среднее количество листьев мат. побега, шт.	11,5 ± 0,39	>	8,5 ± 0,19	>	7,8 ± 0,18
Среднее количество боковых побегов, шт.	7,5 ± 0,30	>	5,03 ± 0,21	>	3,0 ± 0,17
Средний угол ответвления двух верхних боковых побегов, градусы	43,7 ± 3,14	>	52,5 ± 4,79	>	62,0 ± 7,34
Среднее расстояние между боковыми побегами, мм	83,5 ± 3,79	>	39,5 ± 2,25	=	37,3 ± 1,91
Интенсивность ветвления *, %	65,7 ± 2,50	>	59,6 ± 2,18	>	38,54 ± 1,99

Примечание. *Интенсивность ветвления – процентное соотношение количества развившихся боковых побегов к количеству почек материнского годовичного побега. Сравнение выборок проведено при помощи критерия Стьюдента при $\alpha = 0,05$. Знаками «>», «=» обозначены результаты сравнения; *n* – объем выборки.

Установлено, что по мере старения дерева ось первого порядка образуют типы ДПС со статистически достоверно меньшей длиной, количеством листьев материнского побега и меньшим количеством образующихся боковых побегов. Увеличивается густота ветвления материнских побегов ДПС: в g1 состоянии одно разветвление приходится на 83,5 ± 3,79 мм, а в g3 состоянии – одно на 37,3 ± 1,91 мм. С увеличением возрастного состояния в боковые побеги развивается все меньшая доля почек материнского побега ДПС. Изменение соотношения количества развившихся почек и длины годовичного материнского побега приводит к формированию более компактных типов ДПС, увеличение густоты ветвления позволяет ветвям эффективно использовать жизненное пространство при уменьшении прироста в высоту. Угол ответвления в ДПС крупных верхних боковых побегов, дающих начало многолетним боковым осям, возрастает, что ведет к расширению и уплощению структуры ветви и верхней части кроны.

В g1 состоянии длина годовичного прироста главной оси верхушечной ветви максимальна, ее организуют ростовые ДПС I типа. Это приводит к мощному развитию главной оси ветви, формированию вертикального основного направления роста верхушечной ветви и образованию остропирамидального контура кроны g1 дерева (рис. 5, а).

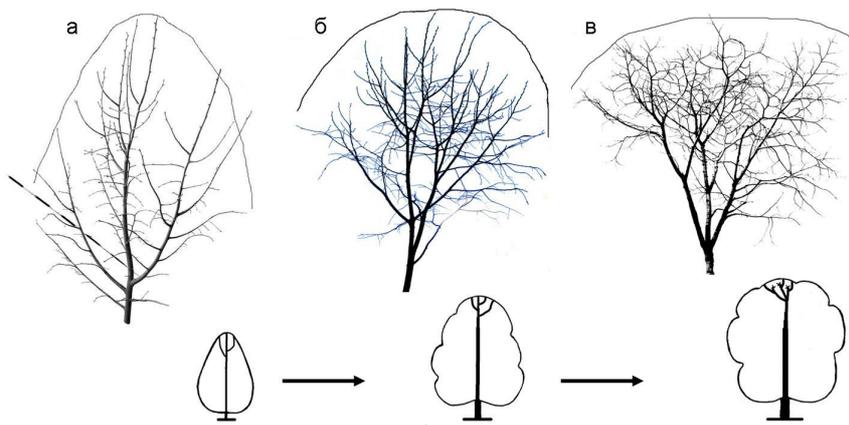


Рис. 5. Изменение формы кроны генеративных деревьев липы крупнолистной в трех последовательных генеративных возрастных состояниях

Обозначения: а – g1 возрастное состояние, б – g2 состояние, в – g3 состояние. Верхний ряд – фотографии верхушечных ветвей в безлистном состоянии с обведенным внешним контуром, нижний ряд – схемы кроны соответствующих возрастных состояний дерева.

Такая стратегия в g1 состоянии позволяет верхушке ветви активно вытягиваться вверх для последующего построения тела растения. Образуется большое количество побегов заполнения и освоения, позволяющих активно использовать завоеванное пространство и обеспечивать необходимое для дальнейшего роста поступление органического вещества. Большие размеры ростовых ДПС I типа и поливариантность развития на них боковых систем побегов позволяет разнести вдоль главной оси ярусы боковых многолетних ветвей и оптимально расположить их в пространстве.

В g2 состоянии активный прирост главной оси ветви сохраняется, но, по сравнению с g1 состоянием, он меньше, ось первого порядка организуют более короткие ростовые ДПС II типа, ярусы многолетних осей более сближены между собой. Ростовые ДПС II типа формируют также скелетные оси второго и третьего порядков ветвления, многолетние оси второго порядка отходят под большим углом от главной оси, количество порядков ветвления увеличивается. Данная стратегия обеспечивает верхушечной ветви захват жизненного пространства не только в вертикальной, но и в горизонтальной плоскости, что приводит к формированию характерной для дерева g2 состояния пирамидальной, но округлой в верхней части формы кроны (рис. 5, б).

В g3 состоянии в верхушечной ветви главная ось отсутствует, боковые оси ветви теряют подчиненное положение и три – четыре из них приобретают равнозначное развитие. Такие скелетные оси, образующие каркас ветви, состоят из компактных ДПС структурного типа. Многочисленные перевершинивания осей и массовое отмирание побегов и побеговых систем приводят к увеличению порядков ветвления осей. Ярусы боковых скелетных осей сильно сближены между собой. Скелетные оси ответвляются под большим углом от материнских побегов. Формируется цилиндрическая, округлая и несколько уплощенная сверху форма кроны, характерная для старого генеративного возрастного состояния (рис. 5, в).

ВЫВОДЫ

1. Структура верхушечных ветвей генеративных деревьев липы крупнолистной впервые описана на основании выделенных трех морфо-функциональных групп побегов (ростовых, заполняющих и осваивающих), а также типов ДПС (ростовые I и

II типа, структурные, осваивающие, заполняющие ветвящиеся и заполняющие неветвящиеся) с учетом особенностей их развития.

2. Возрастные изменения структуры верхней части кроны проявляются в увеличении количества годичных побегов в ветви, снижении разнообразия побегового состава и смене типов ДПС, сокращении приростов, увеличении порядков ветвления, потере главной оси.

3. Происходящие в онтогенезе изменения характеристик систем побегов, образующих главную ось и скелетные оси ветви, приводят к переходу от однонаправленного вертикального роста главной оси к разнонаправленному росту нескольких скелетных осей, расходящихся под большим углом и постепенному изменению контура ветви и верхней части кроны от остропирамидального в молодом возрастном состоянии к округлому в зрелом генеративном состоянии и уплощенному в старом генеративном состоянии.

4. В структуре ветви не встречаются одновременно три выделенных типа побеговых систем, образующих главную и скелетные оси (ростовые I, II типа и структурные). Они появляются последовательно по мере развития дерева, появление каждого типа отражает особенности формирования каркаса ветви.

5. В старом генеративном возрастном состоянии каркас ветви образует тип структурные ДПС, имеющие меньшую длину материнского побега, меньшее количество боковых побегов, но большую густоту ветвления, что позволяет максимально эффективно заполнить пространство листьями при ограниченном росте.

6. Образование пространственной структуры верхушечных ветвей происходит сходным образом в двух разных по климатическим и почвенным условиям регионах.

7. Состав и соотношение побегов определенной олиственности свидетельствует о сходстве возрастных изменений структуры верхушечных ветвей в исследованных регионах.

8. Формирование верхушечных ветвей в зоне лесостепи происходит медленнее (возраст ветвей больше, а длина ветвей и годичных побегов меньше). Меньший размер побегов позволяет быстрее закончить формирование побега, лучше подготовиться к зимнему периоду и при сохранении количества листьев сократить затраты пластических веществ на построение побега.

9. В условиях затенения возникают адаптационные изменения ростовых побеговых систем главной оси ветви, проявляющиеся в увеличении количества боковых побегов и большем угле их ответвления. Увеличивается доля боковых коротких маложивущих побегов, что приводит к развитию более ажурной структуры кроны.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Результаты исследований структуры кроны генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. применимы в лесном деле и при озеленении населенных пунктов. На основе характеристик и особенностей структуры верхней части кроны, в частности – двулетних побеговых систем (ДПС) верхушечных ветвей – возможно установление возрастного и качественного состояния особей.

2. Мониторинг состояния деревьев рациональнее проводить в безлиственном состоянии особей (в осенний, зимний, весенний период), что позволяет осуществлять эту деятельность посредством только визуального наблюдения (без отбора образцов

для лабораторных исследований), спланировать комплекс работ по уходу в наступающем вегетационном сезоне, а также на несколько лет вперед.

3. При оценке качественного состояния особей в молодом генеративном возрастном состоянии мы предлагаем использовать признаки ДПС, образующих главные оси верхушечных ветвей, с учетом произрастания деревьев в конкретном географическом регионе. В условиях полного освещения в Белгородской области главные оси верхушечных ветвей нормально развитых деревьев образуют ростовые ДПС I типа, характеризующиеся длинным широким геометрическим контуром, значительной длиной материнского побега ДПС (в среднем, $610,0 \pm 19,24$ мм), активно ветвящиеся (в среднем, развивается $7,4 \pm 0,30$ боковых побегов). Присутствие в составе таких осей ДПС с широким, но более округлым геометрическим контуром свидетельствует о подавлении ростовых процессов в ветви. Образуются ДПС, присущие следующему возрастному состоянию. Они характеризуются меньшей длиной материнского побега ДПС (в среднем, $181,6 \pm 7,41$ мм), меньшим количеством боковых побегов (в среднем, $4,9 \pm 0,17$) и названы нами ростовыми ДПС II типа. Таким образом, изменение типа ДПС маркирует качественное изменение состояния особей. В условиях Черноморского побережья Кавказа в районе г. Адлер для структуры главных осей ветвей характерно развитие крупных широких ростовых ДПС I типа (длина материнского побега $498,6 \pm 36,08$ мм, количество боковых побегов $9,2 \pm 0,43$). Развитие в составе главных осей ветвей ДПС II типа (длина материнского побега $269,3 \pm 8,03$ мм, количество боковых побегов $5,9 \pm 0,25$) свидетельствует о подавлении ростовых процессов в ветви, изменении качественного состояния особи, переходе особи на следующий этап индивидуального развития.

4. В условиях полного освещения главные оси верхушечных ветвей нормально развитых зрелых генеративных деревьев образуют преимущественно ростовые ДПС II типа, имеющие региональные особенности признаков. Присутствие в составе главных осей верхушечных ветвей ДПС с еще более компактным и округлым геометрическим контуром, малой длиной материнского побега ДПС ($82,9 \pm 1,75$ мм для Белгородской области и $225,2 \pm 11,59$ мм для района г. Адлер), небольшим количеством боковых побегов ($2,3 \pm 0,08$ для Белгородской области и $4,0 \pm 0,23$ для района г. Адлер) свидетельствует о подавлении ростовых процессов в ветви. Этот тип ДПС – структурные – характерен для следующего возрастного состояния (старого генеративного) и маркирует качественное изменение состояния особей.

5. В условиях полного освещения скелетные оси верхушечных ветвей нормально развитых старых генеративных деревьев образуют компактные структурные ДПС. При оценке качественного состояния деревьев в этом возрастном состоянии необходимо обращать внимание на процессы отмирания побегов в осях, приводящие к перевершиниванию и формированию «изломанных» скелетных ветвей.

6. При характеристике возрастных изменений структуры кроны необходимо учитывать совокупность признаков разных уровней ее строения. Помимо характеристик ДПС следует использовать форму кроны, количество и размер верхушечных ветвей, наличие в ветви одной главной оси или нескольких равнозначных скелетных осей, наличие перевершиниваний в осях, длину годовичного прироста главной/скелетных осей, расстояние между ярусами боковых осей в верхушечной ветви, количество порядков ветвления осей, тип ДПС, образующий главную/скелетную оси ветви.

7. Полученные в работе признаки структурных изменений кроны липы крупнолистной к затенению также могут быть использованы для мониторинга состояния особей. Для молодых генеративных деревьев в Белгородской области

такими признаками являются особенности строения двулетних побеговых систем главных осей верхушечных ветвей. У затененных растений длина материнского побега ДПС меньше, чем у ДПС полностью освещенного дерева ($510,3 \pm 20,99$ мм), количество боковых побегов одинаково или больше ($8,7 \pm 0,50$ шт.). При этом боковые побеги преимущественно короткие и малолиственные, угол их ответвления – тупой (65° или более), контур ДПС узкий и вытянутый. Наличие в посадках особей с признаками кроны, характерными для роста в затенении, укажет на высокую плотность посадки и необходимость ее разреживания. В городских условиях это позволит пересадить дерево и сэкономить денежные средства по выращиванию или покупке новых деревьев. В лесных насаждениях так можно выявлять затененные деревья, научно и экономически обоснованно организовывать рубки.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах

1. Антонова И.С., Шаровкина М.М. Некоторые особенности строения побеговых систем и развития кроны генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. (*Tiliaceae*) трех возрастных состояний в условиях умеренно-континентального климата // Бот. журн. 2012. Т. 97. № 9. С. 56 – 69.
2. Антонова И.С., Шаровкина М.М. Некоторые особенности строения побеговых систем и кроны молодых генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. в умеренно-континентальном климате в разных условиях биотопа // Вестн. СПбГУ. 2011. Сер. 3. Вып. 4. С. 52 – 62.
3. Шаровкина М.М., Антонова И.С. Некоторые особенности строения кроны молодых генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. в разных экологических условиях // Вестн. СПбГУ. 2011. Сер. 3. Вып. 3. С. 26 – 36.

Прочее

4. Шаровкина М.М., Антонова И.С. Некоторые особенности строения верхней части кроны молодых генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. в разных фитоценологических условиях в зоне лесостепи // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны. Тула, 2011. Вып. 2. С. 143 – 147.
5. Шаровкина М.М., Антонова И.С. Некоторые особенности строения верхней части кроны молодых генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. в разных условиях освещенности // Развитие геоботаники: история и современность: Материалы Всероссийской конференции, посвященной 80-летию кафедры геоботаники и экологии растений СПбГУ и юбилейным датам ее преподавателей. СПб: Изд-во СПбГУ, 2011. С. 128 – 129.
6. Sharovkina M., Antonova I.S. Modification of the structural features of the top of *Tilia platyphyllos* Scop. trees in two geographical regions // Landscape structures, functions and management – response to global ecological change: Book of abstracts of International Conference in Landscape Ecology. Prague: Amos Typostudio, 2010. P. 130.
7. Шаровкина М.М., Антонова И.С. Некоторые особенности строения верхней части кроны молодых генеративных деревьев *Tilia platyphyllos* Scop. в условиях лесостепи // Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии: Материалы всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти Л.В. Бардунова. Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2010. С. 439 – 442.
8. Шаровкина М.М., Антонова И.С. Некоторые особенности строения кроны раннегенеративного дерева *Tilia platyphyllos* Scop. // Биология – наука XXI века: тез. докл. на 12-й Международной конференции молодых ученых. Пущино, 2008. С. 328–329.