

тору в опыте не подтвердилась, наблюдалось увеличение содержания йода в листьях через месяц после последнего внесения раствора солей. Таким образом, из всех обследованных видов липа обладает наименьшей солеустойчивостью, при этом удельный вес этого вида в уличных посадках г. Ленинграда наибольший из всех применяющихся пород. Надо отметить, что в городе вследствие распространения насыпных почв, сильно варьирующих по механическому составу и соответственно по скорости химических реакций и миграционных процессов, условия для появления адаптационных свойств у растений несравнимо хуже, чем в опыте.

Выводы. 1. Применение на улицах городов хлорсодержащих антиобледенителей приводит к активному поглощению хлора растениями. 2. Уровень содержания хлора в растениях зависит от расстояния посадок от проезжей части улиц. 3. Различные виды растений обладают неодинаковой способностью к выведению токсиканта из тканей. Наиболее повреждаемым видом является липа мелколистная.

Summary

Chloride ion concentration in plants is connected with environmental reasons and plant species.

Литература

Кыдар М. М. О солевой кислотности некоторых древесных и кустарниковых пород в городских насаждениях // Экология. 1980. № 6. — Практикум по почвоведению / Под ред. проф. Кауричева И. С. М., 1973. — Carnelius R. Synergistische Wirkungen von Auftausalzen und SO_2 auf die Nettphotosynthese von Gehölzen // Angew. Bot. 1980. Bd. 54, N 5—6. — Hall R., Hofstra G., Lumis G. P. Effects of deicing salt on eastern white pine: foliar injury, growth suppression and seasonal changes in foliar concentrations of sodium and chloride // Can. J. Forest Res. 1972, N 3.

Статья поступила в редакцию 26 декабря 1988 г.

УДК 581.5

Вестник ЛГУ. Сер. 3, 1990, вып. 2 (№ 10)

В. С. Ипатов, Л. А. Кирикова

СТРОЕНИЕ КРОНЫ ЕЛИ В СВЯЗИ С ИЗУЧЕНИЕМ ЕЕ ФИТОГЕННОГО ПОЛЯ

Характер взаимоотношений растений, образующих растительный покров, во многом определяется их средообразующей способностью. Эдификаторная роль ели не вызывает сомнения, однако в литературе явно недостает конкретных данных, количественных показателей изменения основных экологических факторов в зоне влияния отдельных деревьев, формирующих напочвенный покров в подкороновом пространстве. Экологическая обстановка в фитогенном поле дерева зависит от особенностей его кроны, поэтому логичным будет вначале рассмотреть строение кроны.

Наши исследования фитогенного поля ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) проводились в подзоне средней тайги (Суоярвский район Карельской АССР). Стационарный участок представляет собой сравнительно разреженный средневозрастный сосняк с единичными елями во втором ярусе. Сомкнутость древостоя 0.3—0.4, высота 18—20 м. Напочвенный покров однороден: на зеленомошном ковре с отдельными

лиственными кустистых лишайников довольно много кустарничков — брусники и черники, немного меньше вереска; их суммарное покрытие составляет 25—30%.

Выбор объекта для изучения фитогенного поля всегда представляет известную трудность, так как в растительном покрове фитогенные поля отдельных растений перекрываются и трудно вычленишь влияние одной особи. Выбранные для изучения ели растут на сравнительно большом расстоянии друг от друга (оно превышает высоту ели в 2—3 раза) и от соседних сосен. Это нашло отражение в морфологии их крон. Они низко опущены — средняя относительная протяженность (отношение длины кроны к высоте дерева) равна 0.85. Было проведено сравнение некоторых параметров крон с южной и северной сторон. Оказалось, что с юга нижние ветви длиннее (в среднем на 21 см, разница достоверна), они ниже спускаются к земле (примерно на 10 см); зеленая часть кроны, о которой речь пойдет далее, с юга всегда больше. Можно сказать, что с южной стороны крона развита лучше. Это свидетельствует о том, что такие деревья являются свободно растущими, т. е. отсутствует влияние соседей. Кроме того, при определении возраста ветвей в направлении от комя к вершине оказалось, что в ряде случаев нижележащие ветви моложе расположенных выше. Эти ветви возникли, по всей видимости, из средних или нижних боковых почек, сохраняющих способность давать побеги в течение 7—10 лет [Трескин П. П., 1973]. Наличие их в нижней части кроны наряду с крупными «лапами» свидетельствует о благоприятных условиях среды и служит доказательством свободного произрастания елей.

Изучение фитогенного поля ели облегчается тем, что в отличие от многих древесных пород она отличается вполне определенным, закономерным строением кроны, а именно пирамидальностью, поскольку в течение всей жизни сохраняет способность к верхушечному росту. При изучении строения дерева нами были замерены основные параметры: высота дерева, высота прикрепления кроны, длина ветвей на разной высоте и т. д., что дало возможность сравнительно точно вычертить абрис кроны. Он представлен в виде центрального вертикального сечения, чаще в направлении север—юг, где закладывались микро-трансекты для регистрации основных параметров среды и особенностей почвенного покрова (рис. 1). Всего таким образом характеризовано 30 елей разной высоты и возраста.

Чтобы иметь возможность сравнивать ели, различающиеся размерами кроны, применен прием, позволяющий привести значения измеренных признаков (высота, радиус кроны, расстояние точки измерения от ствола и т. д.) к одному масштабу. Для этого исследуемые признаки были выражены в относительных величинах (для каждой ели максимальное значение признака принято за 100).

При исследовании характера распределения длины кроны в направлении «ствол — край кроны» обнаружено, что, несмотря на индивидуальные особенности елей, четко проявляется однотипность строения. У большинства елей длина кроны закономерно монотонно падает к периферии кроны, сходят на нет



Рис. 1. Схема абриса ели (вертикальное центральное сечение).

Вертикальные линии — длина кроны, соответствующая заданным точкам трансекта «север—юг». Заштрихован внутренний конус. Светлая часть — зеленая охвоенная толща.

(рис. 2, а). Наблюдаются и иные варианты. Толща (длина) кроны может быстро падать, сразу от ствола (рис. 2, б); в других случаях она вначале держится примерно на одном уровне и только потом быстро убывает (рис. 2, в). Нам не удалось установить достоверных связей этих особенностей ни с высотой дерева, ни с его возрастом. Единственно, можно сказать, что тип «б» чаще встречается у молодых невысоких елей.

Отмечены изменения формы кроны с возрастом. При описании кроны пользуются величиной отношения диаметра кроны к высоте дерева. В нашей работе определены отношения радиуса кроны к высоте, поскольку, как было уже отмечено, кроны исследуемых елей асимметричны. Как правило, молодые ели имеют отношение порядка 0.30, с возрастом оно уменьшается до 0.16—0.18 и становится стабильным. Это свидетельствует о переходе с возрастом формы кроны от широко- к узкоконической. Весьма сходные цифры приведены в работе В. И. Микшиса и Р. В. Озолинчюса [1987]: ели до 15 лет имеют ширококоническую форму и отношение диаметра к высоте 0.6—0.7, старше этого возраста — порядка 0.35.

Важным моментом в изучении фитогенного поля дерева является формирование его во времени, скорость расширения границ, которое определяется темпами нарастания кроны, в первую очередь ветвей в горизонтальном направлении. Нами прослежен рост боковых ветвей первого порядка двух модельных елей высотой 6 и 1.5 м. Для этого последовательно срезались ветви от комля к вершине, измерялась их длина и возраст. Для определения темпов роста каждая ветвь членилась на отрезки в 10 см длиной и через эти промежутки определялся

возраст. Получены следующие цифры (см. таблицу). Средний прирост ветвей первой ели составил 4.7 см/год. Это позволяет считать, что фитогенное поле елей 45—50-летнего возраста в исследуемых условиях ежегодно расширяется по радиусу в среднем на 5 см. Величина прироста ветвей, расположенных в разных частях кроны, несколько различается. Так, верхние, молодые растут быстрее, их прирост составляет 5.1 см/год, у нижних он равен 4.0 см/год (различие достоверно, $P \geq 0.95$). Поскольку нижние ветви более старые, а с возрастом прирост уменьшается, разница в среднем приросте может объясняться именно этим обстоятельством. С целью исключения этого момента был проведен иной

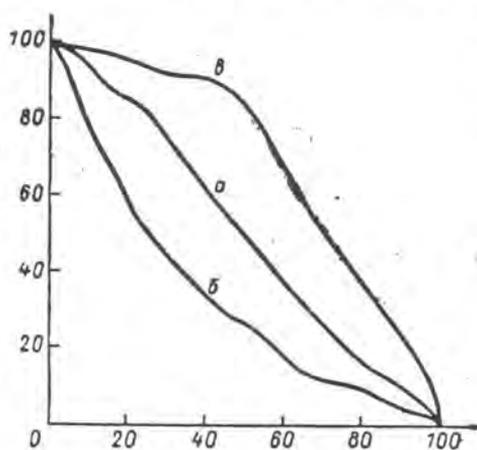


Рис. 2. Изменение длины кроны в направлении «ствол — край кроны».

По оси абсцисс — расстояние от ствола в относительных единицах; по оси ординат — длина кроны по вертикали в относительных единицах; а, б, в — разные варианты.

расчет — определялось время, необходимое для формирования ветвей длиной в 30 см (длина выбрана произвольно). Другими словами, определялась скорость, с какой происходит рост на первых стадиях развития. И здесь подтвердилось, что верхние ветви растут быстрее: 30-сантиметровой длины они достигают в среднем за 4.8 года, нижние — за 6 лет. Именно это обстоятельство может служить основой формирования у взрослых елей узкоконической формы кроны, отмечен-

ной ранее. Вторая модельная ель с более низким приростом, связанным с ее возрастом, показала те же закономерности.

При изучении средообразующей роли ели существенными являются вопросы, связанные с формированием в кроне бесхвойного ядра или, как мы его назвали, внутреннего конуса. В подкрановом пространстве это зона опада хвоя, где заметно меняются почвенные характеристики. Формирование внутреннего конуса начинается с момента опада хвои. В литературе указывается срок жизни хвои примерно в 5—10 лет [Киселева К. В., 1976], причем отмечено, что с улучшением условий он уменьшается. В наших условиях продолжительность жизни хвои оказалась равной 11—13 лет. Скорость расширения внутреннего конуса рассчитывалась на основе того же материала, что и нарастание общего конуса; в расчет принимались, естественно, участки ветвей, лишенных хвои. Был проведен расчет как общего среднего прироста, так и отдельно для ветвей из разных частей кроны. Результаты приведены в таблице. Они позволяют сделать вполне определенный вывод о синхронности расширения сравниваемых конусов, различия в приросте общего и бесхвойного конусов не достоверны.

Скорость расширения фитогенного поля (средний прирост, см/год)

Положение ветвей в кроне	Высота елей, м			
	6.0		1.5	
	общий	бесхвойный	общий	бесхвойный
Нижние	4.0	4.1	3.0	2.9
Средние	4.5	4.7	—	—
Верхние	5.1	5.2	3.6	3.7
Все ветви	4.5	4.7	3.2	3.2

С этой же целью было рассчитано соотношение по площади мертвой и общей массы кроны. Задача оценки размеров кроны может решаться разными путями. Предложены алгоритмы для вычисления площади и объема [Лебединский В. В., 1972]. В данной работе толщину кроны мы оценивали как сумму высот вертикального сечения, измеренных через каждые 10 см, начиная от ствола, причем отдельно вычислялась зеленая охвоенная часть кроны и бесхвойная, образованная голыми скелетными ветвями. Оказалось, что во всех классах высот в диапазоне от 1 до 15 м доля внутреннего конуса одна и та же и составляет 25—28% от общей площади сечения. Это также свидетельствует о синхронности нарастания зеленой массы и расширения внутреннего конуса. Обращает внимание, что у молодых низких елей размах варьирования доли внутреннего конуса значительно больше, чем у взрослых елей. Это можно объяснить тем, что увеличение внутреннего конуса у них еще не стабилизировалось. Очень сходные результаты получены при использовании иных показателей [Микшис В. И., Озолинчюс Р. В., 1987]. Соотношение массы хвои на данный момент к массе, образовавшейся за весь период, что может соответствовать отношению площади зеленой к общей площади в нашей работе, для 40-летних елей равно 0.28—0.30.

Оценка плотности кроны путем построения абриса и последующего расчета — дело трудоемкое. Кроме того, этот способ нельзя признать идеальным, так как здесь невозможно учесть многочисленные просветы

между ветвями. Мы предлагаем иной путь определения плотности, а именно путем определения сквозистости кроны. Сквозистость определена нами как суммарная проекция любых просветов в древостое на мысленную полусферу, ограниченную горизонтом над любой точкой под пологом леса. При характеристике кроны использована сквозистость только в зенит, сопоставляемая далее с протяженностью кроны по вертикали. Определение сквозистости проводилось с помощью специального прибора [Ипатов В. С. и др., 1979], который устанавливался под нижними ветвями ели, по радиальным трансектам от ствола к краю кроны через 10—30 см в зависимости от протяженности кроны по горизонтали, а также за пределами кроны, т. е. на фоне.

Линии регрессии сквозистости, также приведенные к одному масштабу, представлены на рис. 3. Линия «а» построена по средним значениям, где объединены все ели. Естественно, минимальные значения сквозистости наблюдаются в пристволовой зоне; при движении к периферии кроны она увеличивается, достигая максимума на краю кроны. Обращает внимание неравномерность тренда: примерно до половины кроны подъем замедлен (зона пристволового плато), затем быстро нарастает. Пристволовое плато сквозистости выражено почти у всех елей, за исключением молодых; правда протяженность его и высота различаются. Крупные ели (средняя высота более 8 м) имеют хорошо выраженное длинное и низкое плато, т. е. на большом протяжении сквозистость остается постоянно невысокой (рис. 3, б). Другая картина характерна для низких молодых елей (рис. 3, в): здесь сквозистость увеличивается сразу от ствола и быстро.

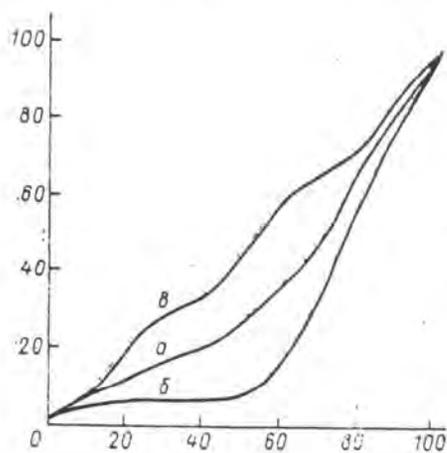


Рис. 3. Изменение сквозистости кроны в направлении «ствол — край кроны».

По оси абсцисс — расстояние от ствола в относительных единицах; по оси ординат — сквозистость в зенит в относительных единицах. а — все ели, б — ели высотой более 8 м, в — ели высотой менее 3 м.

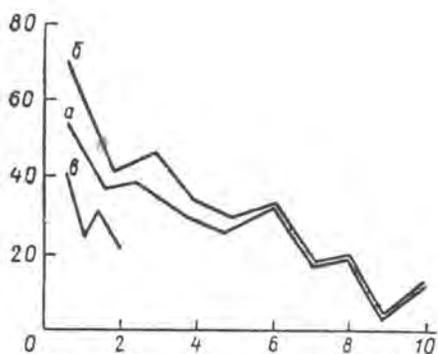


Рис. 4. Связь длины кроны и сквозистости.

По оси абсцисс — длина кроны по вертикали, м, по оси ординат — сквозистость в зенит, %. а — все ели, б — ели более 8 м, в — ели менее 3 м.

Сопоставление толщины кроны в метрах и сквозистости в зенит в одной и той же точке трансекта обнаружило, что исследуемые признаки имеют практически прямолинейную и отрицательную связь (рис. 4). Интересная картина выявляется при сравнении 3 линий регрессии. Оказывается, что одна и та же толщина кроны может давать несколько разную сквозистость. Например, при протяженности кроны в 0,5 м крупные ели показывают сквозистость 60%, а молодые низкие — всего 40%; по-

следние всегда имеют более низкую сквозистость. По-видимому, это можно объяснить большей охвоенностью молодых елей. Для определения тесноты связи сквозистости и толщи кроны был использован дисперсионный анализ. При использовании всего материала, куда вошли все ели ($n=125$), теснота связи оказалась средней ($\eta^2=0.39$). Принимая во внимание отмеченное ранее различие между молодыми и взрослыми елями, был проведен дисперсионный анализ отдельно для этих групп. Маленькие ели показали недостоверную связь: видимо, недостаточно число наблюдений. У взрослых елей ($n=80$) связь сквозистости и толщи кроны оказалась достоверной и достаточно тесной ($\eta^2=0.60$). Отсюда можно сделать вывод, что для оценки плотности кроны ели вполне возможно использовать ее сквозистость, которая, как показано в наших предыдущих публикациях, хорошо отражает экологическую обстановку под пологом леса. Следующим этапом работы явится исследование трансформации экологических факторов в подкрановом пространстве одиночно стоящих елей.

Summary

Some features of crown architectonics of solitary growing trees in lichen-green moss pine forest were studied, namely: the distribution of crown thickness in direction "trunk — crown border", the modification of crown form with the age; the rate of expansion of phytogenic field and some other traits. It was shown that it is possible to use the transparency to evaluate its density.

Литература

Ипатов В. С., Кирикова Л. А., Бибиков В. П. Сквозистость древостоев (измерение и возможность использования в качестве показателя микроклиматических условий под пологом леса) // Бот. журн. 1979. Т. 64, № 11. — Киселева К. В. Ель европейская // Биологическая флора Московской области. М., 1976. Вып. 3. — Лебединский В. В. Определение пространственных параметров крон растущих деревьев // Лесоведение. 1972. № 6. — Микшис В. И., Озолинчюс Р. В. Рост и строение крон свободно растущих деревьев ели европейской // Лесоведение. 1987. № 6. — Трешкин П. П. Закономерности морфогенеза скелетной части кроны взрослой ели // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. Л., 1973.

Статья поступила в редакцию 22 января 1989 г.

УДК 581.9(471.11)

Вестник ЛГУ. Сер. 3. 1990, вып. 2 (№ 10)

Н. И. Науменко

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЯТИ СЕВЕРОВДВИНСКО-ПИНЕГО-МЕЗЕНСКИХ КОНКРЕТНЫХ ФЛОР. II. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

В первой части работы [Науменко Н. И., 1987] был приведен сводный список видов сосудистых растений, отмеченных для пяти конкретных флор бореального северо-востока европейской части СССР: Карпогор, Нюхчи, Лешуконского, Верхней Тоймы (Архангельская область) и Кослана (Коми АССР). В целях удобства рассматриваемым конкретным флорам условно даны названия административных пунктов, которые являются их базовыми центрами. Расположение их на карте-схеме приведено ниже (рис. 1). Список составил 666 видов, относящихся к 302 родам и 82 семействам.

Территория, на которой расположены исследуемые конкретные фло-