

побегах, особенно под влиянием препарата Д-2. У контрольных растений в момент естественного листопада содержание элементов питания в побегах такое же, как в побегах обработанных растений. Дефолианты, способствуя оттоку питательных веществ из листьев в побеги, предотвращают потери энергетических ресурсов организма и повышают его устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов среды.

Полученные данные согласуются с современными представлениями о природе опадения органов растений и ускорении этого процесса с помощью дефолиантов [1, 3—5]. В процессе естественного листопада и под воздействием дефолиантов в зонах отделения черешка от побега сначала активизируются синтетические процессы, что проявляется в усиленном клеточном делении и формировании отделительного слоя. Затем усиливаются процессы распада в связи с уменьшением уровня ауксинов и увеличением биосинтеза этилена; в результате разрушаются клеточные стенки и лист отделяется от побега [1, 4]. Показано, что хлорат магния более «жестко» действует на растения, вызывая резкие изменения в водном режиме и хлоропласте листа. Этиленсодержащий препарат Д-2 ускоряет физиолого-биохимические изменения, свойственные стареющим органам и проявляющиеся при естественном листопаде.

Регулирующее действие дефолиантов на растения связано с подготовкой растительного организма к перенесению неблагоприятных внешних факторов среды, ускорением развития органов, искусственным введением его в состояние покоя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лихолат Т. В. Регуляторы роста древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 238 с. [2]. Никел Л. Дж. Регуляторы роста растений; применение в сельском хозяйстве.— М.: Колос, 1984.— 190 с. [3]. Полевой В. В. Фитогормоны.— Л.: ЛГУ, 1982.— 247 с. [4]. Ракитин Ю. В. Химические регуляторы жизнедеятельности растений.— М.: Наука, 1983.— 260 с. [5]. Теодоронский В. С. О регулировании жизнедеятельности древесных растений при пересадках // Науч. тр. / МЛТИ.— 1987.— Вып. 188.— С. 89—94.

Поступила 7 декабря 1987 г.

УДК 630*907

ХАРАКТЕР ВЕРШИНЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ И ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ ЕЛИ

А. В. ЛЕБЕДЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Определение степени устойчивости и решение судьбы деревьев во время отбора в рубку в лесах I группы — важная задача лесоводства и защиты леса [2, 3]. При этом в практике лесного хозяйства используют главным образом внешнепатографические признаки, к числу которых относится характер вершины дерева. Характер вершины ели (внешний вид) — легко доступный признак, сопряженный с физиологическим состоянием и жизнеспособностью растения [1, 4—6, 10, 11, 14, 19, 20]. В цитируемых источниках отмечается актуальность рассматриваемой проблемы и необходимость дальнейшего изучения взаимосвязи состояния и жизнестойкости ели с характером вершины дерева.

Исследования проводили в 1978—1981 гг. на территории Учинского леспаркхоза Московской области. Нами было обследовано около 10 тыс. га еловых и елово-лиственных древостоев и заложено 17 безразмерных пробных площадей, из них 9 — в высокобонитетных, среднеполнотных ельниках кисличных, V класса возраста, подверженных различной рекреационной нагрузке. Пробные площади закладывали в наиболее типичных участках леса, соответствующих функциональным зонам лесопарков:

лесная (посещаемость незначительная), лесопарковая (посещаемость умеренная), парковая (посещаемость повышенная). Степень рекреационной нагрузки устанавливали по процентам тропиночной сети и площади с нарушенным напочвенным покровом, проективному покрытию его лесными видами и благонадежности подроста. Количественные характеристики перечисленных показателей приведены в нашей предыдущей работе [9]. На каждой пробной площади проводили сплошной пересчет 100 деревьев ели по 4-сантиметровым ступеням толщины. Одновременно регистрировали характер вершины каждого дерева по следующей шкале: 1) вегетирующие (остроконечная, притупленная, полукруглая); 2) невегетирующие (поврежденная, усыхающая, сухая). У каждого дерева через сутки после ранения определяли интенсивность смоловыделения по 5-балльной шкале [15]: 0 — живица не выделялась, место ранения сухое; 1 — живица выделялась в виде разрозненных точек или пленки; 2 — живица выделялась в виде крупных капель; 3 — живица выделялась обильно, но не вытекает; 4 — живица из ранки вытекает или капает.

Восемь пробных площадей было заложено в высокобонитетных, среднеполнотных ельниках кисличных, IV класса возраста, в различной степени зараженных корневой губкой. Пробные площади закладывали в наиболее типичных участках леса, соответствующих классам устойчивости насаждений [12]: I — устойчивые насаждения (степень усыхания древостоя до 5 % по запасу, отпад происходит в основном за счет деревьев нижних классов роста, зараженность корневой губкой до 10 %); II — насаждения с нарушенной устойчивостью (степень усыхания древостоя до 10 % по запасу, отпад за счет деревьев основного полога, зараженность корневой губкой до 30 %). Зараженность ельников корневой губкой определяли с помощью возрастного бурава Пресслера, подвергая анализу 20 % деревьев по диагонали каждого опытного участка, без выбора, через равные расстояния [16]. На каждой пробной площади проводили сплошной пересчет 100 деревьев ели по 4-сантиметровым ступеням толщины и регистрировали характер вершины каждого дерева.

Анализ результатов исследований позволил выявить ряд интересных зависимостей. В условиях незначительной и умеренной рекреационной нагрузки преобладают деревья с остроконечными вершинами (табл. 1), что свидетельствует об их высоком жизненном потенциале.

Таблица 1

Рекреационная нагрузка	Встречаемость типов вершин, %			
	Остроконечная	Притупленная	Полукруглая	Сухая
Незначительная	45,3	28,0	24,7	2,0
Умеренная	36,3	32,7	27,7	3,3
Повышенная	14,0	17,7	63,0	5,3

В зоне повышенной посещаемости доминируют ели с полукруглыми вершинами, иллюстрирующими физиологическое старение деревьев. Сравнительно малая встречаемость суховершинных деревьев, вероятно, объясняется среднеполнотностью насаждений, обеспечивающей достаточное световое довольствие верхним частям крон. Кроме того, отмеченный факт может быть объяснен отсутствием воздействия основных факторов, вызывающих усыхание вершин у деревьев ели, — насекомых-дефолиантов и промышленных поллюантов [7, 17].

В связи с усилением рекреационного воздействия доля участия островершинных деревьев уменьшается, а процент экземпляров с полукруглыми вершинами увеличивается. В свою очередь, встречаемость деревьев ели с притупленными вершинами в зоне умеренной посещаемости возрастает, а в зоне повышенной рекреационной нагрузки снижается. Выявленные зависимости объясняются нарушением взаимоотношений в системе ризосфера — вершина в результате уплотнения почвы и частичного отмирания наиболее физиологически активных корней.

Анализ результатов наших наблюдений в течение ряда лет позволяет констатировать отсутствие успешных поселений короедов на деревьях с остроконечными вершинами. Нами также установлено, что

экземпляры ели с притупленными вершинами не всегда оказываются резистентными к короедам. Деревья с полукруглыми вершинами гораздо чаще служат кормовой базой для хозяйственно важныхксилофагов. Из числа учтенных ослабленных рекреацией и заселенныхксилофагами деревьев ели полукруглую вершину имели 58 %, притупленную — 42 %, остроконечную — 0 %. Установленная взаимосвязь объясняется уменьшением энергии обмена веществ, функцией которого является смолывыделительная реакция.

Результаты изучения взаимосвязей преобладающих типов вершин с интенсивностью смолывыделения у деревьев ели в различных зонах рекреации приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рекреационная нагрузка	Интенсивность смолывыделения, баллы, у деревьев разных типов вершин		
	Остроконечная	Притупленная	Полукруглая
Незначительная	2,52 ± 0,03	2,43 ± 0,03	2,34 ± 0,04
Умеренная	2,54 ± 0,03	2,56 ± 0,05	2,46 ± 0,04
Повышенная	2,63 ± 0,04	2,94 ± 0,04	2,71 ± 0,05

В условиях незначительной посещаемости прослеживается явная тенденция к постепенному уменьшению среднего балла смолывыделения в связи со снижением линейного прироста деревьев. Это убедительное доказательство хорошей согласованности реакции верхушечного побега ели с общим ослаблением жизненного состояния растения. В зоне умеренной рекреационной нагрузки деревья ели с остроконечными и притупленными вершинами обнаруживают весьма близкие средние значения энергии смолывыделения, минимальный средний балл также присущ экземплярам с полукруглыми вершинами. В условиях повышенной посещаемости максимальная скорость выделения живицы характерна для растений с притупленными вершинами и далее в нисходящем порядке — для деревьев с полукруглыми и остроконечными вершинами. Это объясняется очевидной способностью ели, тормозя процессы роста, усиливать смолообразование и защитные реакции в комлевой части ствола. Однако активизация защитных реакций в зоне толстой коры ели может стать причиной снижения устойчивости других участков ствола. Об этом свидетельствует более частое заселение короедами по стволловому (45 %) и вершинному (26 %) типам [8] ослабленных рекреацией деревьев.

Таблица 3

Класс устойчивости	Встречаемость типов вершин, %			
	Остроконечная	Притупленная	Полукруглая	Сухая
I	40,5	30,0	28,0	1,5
II	24,5	31,0	40,5	4,0

Из табл. 3 видно, что в условиях I класса устойчивости доминируют деревья с остроконечными вершинами, свидетельствующими о высокой физиологической активности растений. Далее в нисходящем порядке следуют экземпляры с притупленными и полукруглыми вершинами, сигнализирующими о снижении жизненного потенциала деревьев.

В посадках с нарушенной устойчивостью преобладают ели с полукруглыми вершинами, иллюстрирующими физиологическое старение деревьев. Далее в убывающей последовательности идут экземпляры

ры с притупленными и остроконечными вершинами, а растения с сухими вершинами сравнительно редки.

В связи со снижением класса устойчивости насаждений доля участка островершинных елей уменьшается в 1,7 раза. Процент экземпляров с притупленными и сухими вершинами возрастает незначительно, а число физиологически старых деревьев увеличивается в 1,4 раза. Отмеченное явление вызвано как эндогенными причинами, так и поражением деревьев корневой губкой, что может иметь следующее объяснение. Ослабление хвойных корневой губкой приводит к снижению интенсивности фотосинтеза [13] — основного поставщика ростовых веществ вершинной зоне потребления [10]. Кроме того, пораженные части толстых корней ели обладают свойством накапливать калий [18], также необходимый для роста деревьев в высоту.

Между тем, в связи с длительным разрушением гнилью в основном ложнодровой древесины скелетных корней и ствола ели, в течение многих лет может не обнаруживаться резкое уменьшение прироста по высоте [16]. По нашим данным, деревья ели, больные корневой губкой, имеют следующие комбинации признаков: притупленность вершины (78 %), наличие смолотечений (45 %), ажурность кроны (37 %), наклон ствола (29 %), наличие эпифитных лишайников (29 %), наружные признаки гнили (17 %), смоляные желваки и язвы (11 %), плодовые тела (6 %). Таким образом, характер вершины является основным, хотя и неспецифичным, внешним признаком ослабления деревьев ели корневой губкой. Из числа учтенных ослабленных корневой губкой и заселенных ксилофагами деревьев имели полукруглую вершину — 69 %; притупленную — 31 %; остроконечную — 0 %. Это позволяет утверждать, что активные ростовые процессы у деревьев ели тесно взаимосвязаны с их защитными реакциями и при патологическом, и при энтомологическом воздействиях.

Таким образом, характер вершины отражает весь комплекс процессов, происходящих в организме растения, и может считаться одним из критериев состояния и жизнестойкости ели.

Полученные нами данные могут быть использованы при организации мониторинга состояния лесопарковых ельников и при отборе деревьев в санитарную рубку.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев В. А., Рак Л. Д. Признаки ослабления деревьев ели под влиянием атмосферного загрязнения // *Лесоведение*.— 1985.— № 5.— С. 37—43. [2]. Атрохин В. Г., Иевинь И. К. Рубки ухода и промежуточное лесопользование.— М.: Агропромиздат, 1985.— 255 с. [3]. Воронцов А. И. Патология леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 270 с. [4]. Журавлев И. И. Диагностика болезней леса.— М.: Сельхозиздат, 1962.— 192 с. [5]. Ильинский А. И. Вторичные вредители сосны и ели и меры борьбы с ними // *Сб. работ по лесному хозяйству*.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1958.— Вып. 36.— С. 178—228. [6]. Катаев О. А. Лесэнтомологическое обоснование отбора деревьев при постепенных рубках // *Защита леса*.— Л.: ЛТА, 1968.— С. 156—161. [7]. Катаев О. А. Особенности размножения стволовых насекомых в ельниках // *Лесная энтомология: Тр. ВЭО*.— Л.: Наука, 1983.— Т. 65.— С. 54—108. [8]. Лебедев А. В. Энтомоустойчивость ели европейской в рекреационных лесах Московской области: Автореф. дис... канд. биол. наук.— Воронеж, 1983.— 22 с. [9]. Лебедев А. В. Состояние деревьев ели при различном рекреационном воздействии // *Лесн. журн.*— 1986.— № 5.— С. 26—29.— (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Липр Х., Польстер Г., Фидлер Г. И. Физiology древесных растений / Пер. с нем.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 420 с. [11]. Маслов А. Д., Кутеев Ф. С., Прибылова И. В. Стволовые вредители леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 144 с. [12]. Мозолевская Е. Г. Усовершенствование методики обследования санитарного состояния насаждений // *Вопросы защиты леса*.— М.: МЛТИ, 1973.— С. 47—56. [13]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 199 с. [14]. Нестеров В. Г. Вопросы современного лесоводства.— М.: Сельхозиздат, 1961.— 384 с. [15]. Положенцев П. А. Жизнь ели и ее энтомотоксичность // *Науч. тр. / Башкир. СХИ*.— Уфа: БСХИ, 1947.— Т. 5, вып. 2.— С. 169—184. [16]. Семенкова И. Г. К методике опреде-

ления зараженности ельников корневой губкой // Применение новых химических и биологических методов борьбы с вредителями и болезнями леса.— М.: МЛТИ, 1971.— Т. 2.— С. 164—168. [17]. Bach W. Forest dieback; extent of damages and control strategies // *Experientia*.— 1985.— Vol. 41, N 9.— P. 1095—1104. [18]. Johnson M., Theander O. Changes in sapwood of roots of Norway spruce attacked by *Fomes annosus* P. L. // *Physiology Plantarum*.— 1974.— Vol. 30, N 3.— P. 218—225. [19]. Schimitschek E. Grundzüge der Waldhygiene.— Hamburg; Berlin: Verlag Paul Parey, 1969.— 167 S. [20]. Schmidt-Vogt H. Die Fichte.— Hamburg; Berlin: Verlag Paul Parey, 1977.— Bd 1.— 647 S.

Поступила 23 февраля 1987 г.

УДК 630*43

РАСЧЕТ МАРШРУТОВ АВИАПОЖАРНОГО ПАТРУЛИРОВАНИЯ ЛЕСОВ КАК ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В. А. ГЕРАСИМОВ, Г. А. ДОРРЕР

Вычислительный центр СО АН СССР в г. Красноярске
Сибирский технологический институт

При охране лесов с помощью летательных аппаратов (самолетов и вертолетов) совершается периодический облет охраняемой территории по установленным маршрутам, осмотр возникающих и действующих пожаров и в случае необходимости — высадка оперативных групп. Затраты на авиатрулирование составляют значительную часть расходов службы авиалесоохраны, и проблема оптимизации маршрутов достаточно актуальна. При разработке маршрутов летательных аппаратов (ЛА) возникает, во-первых, необходимость выбора наиболее эффективных базовых маршрутов, во-вторых, задача их оперативной корректировки в соответствии с изменением пожароопасной ситуации на охраняемой территории.

Критерии эффективности маршрутов могут быть различными: максимум осматриваемой площади территории (или ее наиболее пожароопасной части); максимальный коэффициент полезности маршрута [3]; максимальная вероятность обнаружения пожара при ограниченной длине маршрута; минимальная длина маршрута при заданном уровне контроля охраняемой территории и др. Ввиду большого числа факторов, учитываемых при выборе маршрутов, окончательное решение принимает лицо, ответственное за планирование полетов, а математическое и программное обеспечение этой задачи должно быть достаточно гибким и допускать диалог.

Настоящая работа посвящена расчету оптимальных маршрутов ЛА при авиатрулировании лесов. Рассматриваются математическая постановка и варианты технологической схемы решения задачи по выбору оптимальных маршрутов. Такая задача может быть включена в состав подсистемы оперативного управления АСУ территориальными базами и оперативными отделениями авиалесоохраны.

Исходная информация для решения задач оперативной корректировки маршрутов ЛА должна задаваться в виде функции риска возникновения пожаров для каждого участка охраняемой территории. Эта функция определяется тремя факторами: характеристиками лесных горючих материалов, состоянием погоды и вероятностью появления источников огня в лесу. Возможны различные подходы к определению этой функции [6—8, 10]. Так, в качестве функции риска может использоваться пространственная плотность распределения вероятности возникновения пожаров. Возможна экспертная оценка этой функции, определяющая относительную пожароопасность и влажность различных