

хвои, не приспособленной к сильному освещению, весьма чувствительны к изреживанию насаждений и часто погибают при участии ксилофагов [4]. В свою очередь, по нашим данным, экземпляры с достаточным количеством световой хвои и высоким потенциалом жизнеспособности могут адаптироваться к новым условиям, очевидно, за счет перестройки фотосинтетического аппарата, и в результате избежать заселения ксилофагами.

Соотношение количества новой и старой хвои в различных частях кроны ели обычно неодинаково. Доля новой хвои в верхней трети кроны, как правило, выше, чем у нижних ветвей [3]. Нарушение данной зависимости, вероятно, может служить сигналом о верховом характере ослабления кроны. Ассимиляционные свойства хвои ели разного расположения в кроне различны. У здоровых деревьев можно констатировать постоянное снижение фотосинтеза от вершины к основанию кроны [1]. Поэтому верховой характер ослабления кроны, видимо, наиболее неблагоприятен для дерева с точки зрения его устойчивости, в том числе и к насекомым-ксилофагам.

Результаты исследований позволяют усовершенствовать метод внешнего описания елей и могут быть использованы при организации и проведении лесохозяйственных мероприятий в рекреационных лесах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев В. А. Вертикальное распределение и сравнительная оценка фотосинтезирующей массы хвои // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги.— Л.: Наука, 1973.— С. 162—170. [2]. Алексеев В. А. Световой режим леса.— Л.: Наука, 1975.— 227 с. [3]. Ватковский О. С., Новиков Б. Н. Биомасса и прирост ветвей ели // Лесоведение.— 1973.— № 6.— С. 38—45. [4]. Воронцов А. И. Биологические основы защиты леса.— М.: Высш. шк., 1963.— 324 с. [5]. Воронцов А. И. Патология леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 270 с. [6]. Ильинский А. И. Вторичные вредители сосны и ели и меры борьбы с ними // Сб. работ по лесн. хоз-ву / ВНИИЛМ.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1958.— Вып. 36.— С. 178—228. [7]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений / Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 462 с. [8]. Лебедев А. В. Резистентность ели европейской в различных условиях рекреационной нагрузки // Лесн. журн.— 1981.— № 1.— С. 27—31.— (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Лебедев А. В. Энтомоустойчивость ели европейской в рекреационных лесах Московской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Воронеж: ВЛТИ, 1983.— 22 с. [10]. Лебедев А. В. Состояние деревьев ели при различном рекреационном воздействии // Лесн. журн.— 1986.— № 5.— С. 26—29.— (Изв. высш. учеб. заведений). [11]. Малишевская В. В., Титов Ю. В. Разногодичные колебания опада в еловых лесах // Лесоведение.— 1975.— № 4.— С. 59—68. [12]. Положенцев П. А. Живица ели и ее энтомотоксичность // Науч. тр. БСХИ.— Уфа, 1947.— Т. 5, вып. 2.— С. 169—184. [13]. Правдин Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР.— М.: Наука, 1975.— 176 с.

Поступила 16 сентября 1993 г.

УДК 581.162 : 630\*425

А. Л. ФЕДОРКОВ

Федорков Алексей Леонардович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий Мурманской региональной научно-исследовательской лабораторией Архангельского института леса и лесохимии. Имеет 18 печатных работ в области лесной генетики и селекции, изучения патологии лесов при загрязнении окружающей среды.



## МИКРОСПОРОГЕНЕЗ СОСНЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ЛАПЛАНДИИ\*

Определены частота и тип хромосомных нарушений в мейозе микроспороцитов сосны при различных уровнях аэротехногенного загрязнения среды сернистым газом и тяжелыми металлами. Показано достоверное увеличение процентного содержания клеток с нарушениями по градиенту загрязнения.

The type and frequency of chromosome disturbances in pine microsporocytes meiosis at different levels of acrotechnogenic contamination of the environment by sulphur dioxide and heavy metals have been determined. An indisputable increase in percentage of cells with disturbances according to pollution gradients is revealed.

Ход репродуктивных процессов у древесных растений под воздействием промышленных выбросов интересует исследователей при поиске объективных критериев степени загрязнения и оценке влияния последнего на наследственный аппарат организмов. Известно, например, что ионы тяжелых металлов, проникая в живую клетку, включаются в молекулы ДНК, повреждая ее структуру [5]. Мейоз у хвойных — наиболее уязвимый и восприимчивый к воздействию внешних факторов процесс [6]. Нарушения в мейозе могут быть одной из причин образования аномальных пыльцевых зерен, нехарактерных форм ветвления пыльцевых трубок [4, 11], гибели семязачек [8, 15] и зародышей [9, 16].

Цель данной работы — оценить характер и частоту повреждения хромосом в процессе мейоза микроспороцитов сосны при загрязнении среды сернистым ангидридом и тяжелыми металлами в условиях Мурманской области, где основным источником загрязнений в регионе является крупный медно-никелевый комбинат.

Методической основой исследований избран градиентный подход. Объектами являются средневозрастные сосновые насаждения, испытывающие техногенные нагрузки различной степени (табл. 1). Содержание сернистого газа в воздухе определяли методом пассивных окисно-свинцовых поглотителей [3]. Содержание в лесной подстилке тяжелых металлов (никель и медь) определяли по стандартным методикам.

В мужском генеративном ярусе кроны периодически собирали образцы почек, степень развития микроспороцитов оценивали на временных давленных препаратах. После начала мейоза через каждые 2-3 дн проводили массовую фиксацию почек с 15...20 деревьев в фиксаторе Карнуа в течение 3-4 ч, промывали в 96 %-м и хранили в 70 %-м этаноле. Мейоз изучали также на временных давленных препаратах, окрашенных ацетокармином, под микроскопом МБИ-3. Для обеспечения

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Но- мер уча- стка	Положение участ- ков относительно источника за- грязнения		Среднесуточная концентрация SO <sub>2</sub> во время мейоза, мг/м <sup>3</sup>		Содержание в лесной подстил- ке, мг/кг	
	Расстоя- нис, км	Азимут, град	1991	1992	никеля	меди
1	12	45	0,0047	0,0040	2722	1089
2	20	45	0,0047	0,0026	542	239
3	30	55	0,0012	0,0015	266	78

\* Автор выражает глубокую благодарность канд. биол. наук М. В. Сурсо за помощь в проведении исследований.

репрезентативности образца использовали рекомендации Р. Сарвас [14], согласно которым от каждой почки брали по несколько пыльников и готовили однородную смесь. Проанализировано около 3 тыс. клеток в 1991 г. и столько же в 1992 г. (по 400... 800 клеток с участка). При этом выполняли количественный учет аномалий хромосомного аппарата в метафазе и анафазе первого и второго деления (MI, AI, AII) и на стадии тетрад.

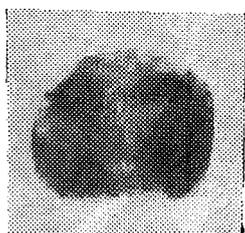
В 1991 и 1992 гг. мейоз в микроспороцитах сосны в районе исследований начался соответственно 14 июня и 28 мая, в дни, когда 50 % клеток находилось в стадии профазы [14]. Суммы эффективных температур выше +5 °С на эти даты были почти одинаковы (47,8 и 46,8 град-дн). Сравнение с данными для других регионов [1, 7, 10] показывает, что на северной границе ареала сосны мейоз начинается при более низких температурах. Сравнительный цитологический анализ свидетельствует о небольшом опережении в развитии микростробиолов на наиболее загрязненных участках 1 и 2, что вполне согласуется со сведениями о более раннем начале пыления на них [16]. Результаты учета аномалий приведены в табл. 2 (общее количество изученных мейоцитов на каждой стадии принимали за 100 %).

Таблица 2

Частота встречаемости аномалий, %, по стадиям мейоза у сосны

Но- мер уча- стка	Метафа- за I		Анафаза I		Диады		Анафа- за II		Тетрады	
	1991	1992	1991	1992	1991	1992	1991	1992	1991	1992
1	8,1	20,8	21,6	22,2	11,7	12,5	20,9	20,0	24,7	8,3
2	5,4	2,4	13,9	5,2	7,6	5,0	13,4	4,9	12,2	5,5
3	8,4	1,5	5,5	4,6	1,1	0	6,9	2,9	7,5	1,8

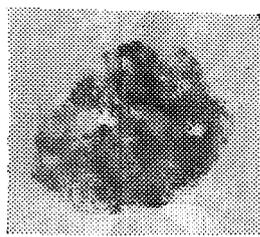
Количество нарушений по градиенту загрязнения возрастает в 3—10 раз (табл. 2). Дисперсионный анализ показывает достоверность этих отличий ( $df$  равно 2 и 12;  $F_{3,80}$  равно 6,89 и 22,36;  $P < 0,05$ ). Наиболее распространенными типами аномалий являются мосты, слипание, отставание и частичное расхождение хромосом (см. рисунок). Как и при воздействии низких температур [13] и ионизирующего излучения [2], наиболее уязвимы анафазы I и II, на стадиях диад и тетрад доля аномальных мейоцитов снижается. О. Д. Шкарлет [12] получены сходные данные о процентном содержании клеток с нарушениями в процессе мейоза (20,2... 30,8 %) при сильном загрязнении сосняков выбросами и в фоновых условиях (6,6... 7,6 %) на Урале.



а



б



в

Микроспороциты сосны в период мейоза: а — анафаза II в норме; б — хромосомные мосты в AII; в — отставание хромосом в AII