

Норма расхода семян сосны 2-го класса при посеве — 0,5 кг/га, ели 1-го класса — 0,5 кг/га. Число посевных мест на 1 га — 4 тыс. шт.

Вариант 2. При создании лесных культур в таежной зоне европейской части Российской Федерации рекомендуется высевать на 1 га 0,5 кг семян сосны и 0,7 кг семян ели 1-го класса [3]. При расчете по первому варианту потребность в семенах ели составляет 15 562 кг, сосны — 1549 кг; по второму соответственно 21 787 и 1549 кг.

Исходя из породного состава лесов необходимо уменьшить ежегодные площади создаваемых культур ели на 3,7...8,3 тыс. га, соответственно увеличив площади культур сосны (табл. 4, данные за 1981—1990 гг.). Ежегодную заготовку семян ели можно уменьшить на 17...19 т, сосны — увеличить на 3...5 т (расчет по варианту 1) или соответственно 11...15 и 3...5 т (расчет по варианту 2).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Барабин Н. А., Мочалов Б. А. Лесные культуры в Архангельской области.— М.: ЦБНТИлесхоз, 1982.— 24 с. [2]. Мелехов И. С., Чертовской В. Г., Моисеев Н. А. Леса Архангельской и Вологодской областей // Леса северной и средней тайги европейской части СССР.— М.: Наука, 1966.— Т. 1.— 156 с. [3]. Новосельцева А. И., Родин А. Р. Справочник по лесным культурам.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 312 с. [4]. Орлов Ф. Б., Веснин В. М. Состояние и пути развития лесокультурного дела в Архангельской области. // Тр. / АЛТИ.— Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1959.— Т. 19.— С. 31—44. [5]. Редько Г. И., Барабин Н. А. Рукотворные леса Европейского Севера.— Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1991.— 96 с. [6]. Чупров Н. П., Антуфьева Е. Д., Ярунова Т. П. Лесные ресурсы — основа развития лесопромышленного комплекса // Леса и лесное хозяйство Архангельской области.— Архангельск: АИЛИХ, 1988.— С. 3—15.

Поступила 27 марта 1992 г.

УДК 581.162 : 630\*425

## ПОЛОВАЯ РЕПРОДУКЦИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ АЭРОТЕХНОГЕННОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ В УСЛОВИЯХ СУБАРКТИКИ

А. Л. ФЕДОРКОВ

Мурманская региональная лаборатория  
Архангельского института леса и лесохимии

Изменения в репродуктивной сфере древесных пород при воздействии промышленных эмиссий представляет значительный интерес в связи с селекцией на толерантность, которая, по-видимому, является одним из наиболее действенных способов создания устойчивых насаждений при хроническом загрязнении атмосферы и почв поллютантами. В Заполярье на ход полового размножения действует также другой, не менее мощный, фактор — климатический, выражающийся в недостатке тепла в сочетании с коротким вегетационным периодом.

Цель нашей работы — изучить влияние этих факторов на изменения в репродуктивной сфере сосны в экстремальных условиях.

Исследования проводили в 1990—1991 гг. в зоне действия промышленных выбросов медно-никелевого комбината в Мурманской области. Основными ингредиентами выбросов являются сернистый газ и тяжелые металлы. Для исследований были выбраны средневозрастные сосняки, испытывающие нагрузки различной степени (табл. 1)\*.

Образцы пыльцы собирали с 20...25 деревьев на каждом участке в первый день пыления. В двухнедельный срок после сбора пыльцу

\* Работы по оценке аэротехногенного загрязнения участков выполнены сотрудниками лаборатории В. Ш. Барканом и А. В. Силиной.

Таблица 1

| Но-<br>мер<br>уча-<br>стка | Местоположе-<br>ние относи-<br>тельно источ-<br>ника эмиссий |        | «Актив-<br>ность»<br>SO <sub>2</sub> в<br>воздухе,<br>мг/(дм <sup>3</sup> ×<br>сут) | Содержа-<br>ние в под-<br>стилке,<br>мг/кг |      |
|----------------------------|--|--------|---|--|------|
|                            | км   | град   |   | нике-<br>ля                                | меди |
| 1                          | 12   | 45° СВ | 0,65  | 2722                                       | 1089 |
| 2                          | 20   | 45° С  | 0,43  | 542  | 239  |
| 3                          | 30   | 55° СВ | 0,10  | 266  | 78   |

проращивали в течение 96 ч индивидуально для каждого дерева на 1 %-й агаровой среде с концентрацией сахарозы 10 % при температуре 25...27 °С в термостате. К аномальным пыльцевым зернам относили мелкие, гипертрофированные, с одним, тремя, четырьмя воздушными мешками и без них. Шишки собирали также с 20...25 деревьев на участке по 10...20 шт. с каждого. Биометрические показатели шишек определяли общепринятыми методами, массу 1000 семян по ГОСТ 13056.4—67. Рентгенография семян выполнена в Институте биологии Коми НЦ УрО АН СССР\*. Параллельно проводили проращивание семян по ГОСТ 13056.6—75. Семена распределяли по классам развития зародыша и типу полиэмбрионии, используя классификацию М. Шимака [13, 16]. К I классу относили семена без зародыша, ПР классу — с «точкой зародыша», II — имеющие зародыш не длиннее половины длины зародышевого ложа; III — один или более зародышей, длина которых превышает 3/4 зародышевого ложа. В зависимости от числа зародышей в семени и их размеров различали моноэмбриональные семена, нормальную, модификационную и аномальную полиэмбрионию.

Пыление сосны в 1990 г. началось 28 июня, сумма эффективных температур выше +5 °С составила 137°. В. А. Артемовым [2] в результате многолетних исследований в средней и северной подзонах тайги Коми Республики получены данные о большем количестве тепла, необходимого для зацветания сосны (от 167 до 224°). Р. Сарвас [12] сумму температур, предшествующую цветению, считал показателем адаптации древесных растений к длительности вегетационного периода. Справедливость этого мнения для северной маргинальной зоны должна объяснить дальнейшие наблюдения. Результаты проращивания пыльцы приведены в табл. 2.

Хотя по мере увеличения нагрузки и наблюдается незначительное снижение жизнеспособности пыльцы, дисперсионный анализ показывает отсутствие влияния загрязнения на ее жизнеспособность ( $F_{\phi} < F_{\tau}$ ). Литературные данные свидетельствуют об ухудшении прорастания пыльцы и роста пыльцевых трубок сосны под воздействием поллютантов [10, 14]. Разноречивость результатов, по-видимому, объясняется

Таблица 2

| Но-<br>мер<br>уча-<br>стка | Число<br>учет-<br>ных<br>де-<br>ревь-<br>ев | Число<br>просмот-<br>ренных<br>пыльце-<br>вых зе-<br>рен | Жизнеспособ-<br>ность пыльцы, % |     | Процент аномаль-<br>ных зерен |      | Длина пыльцевой<br>трубки |         |
|----------------------------|---|--|---------------------------------|-----|-------------------------------|------|---------------------------|---------|
|                            |   |  | $M \pm m$                       | $V$ | $M \pm m$                     | $V$  | $M \pm m$ , мкм           | $V$ , % |
| 1                          | 22  | 9 300  | 93,1 ± 1,1                      | 5,5 | 13,7 ± 1,3                    | 43,8 | 91,2 ± 3,0                | 15,1    |
| 2                          | 22  | 9 200  | 94,7 ± 0,6                      | 2,7 | 11,9 ± 1,0                    | 38,3 | 105,7 ± 2,6               | 11,0    |
| 3                          | 24  | 10 100   | 95,6 ± 0,6                      | 2,9 | 8,2 ± 1,0                     | 61,1 | 108,9 ± 2,1               | 9,3     |

\* Автор приносит глубокую благодарность сотрудникам отдела лесобиологических проблем за оказанную помощь.

методическими причинами и конкретными метеоусловиями во время исследований. Известно, что качество пыльцы сильно зависит от сроков сбора (считая от первого дня пыления [1]) и времени хранения до проращивания. Поэтому для сравнения полученных разными авторами результатов следует пользоваться единой методикой. С возрастанием нагрузки процент аномальных пыльцевых зерен достоверно увеличивается, длина пыльцевой трубки соответственно уменьшается. Высокий уровень индивидуальной изменчивости деревьев (43,8...61,1 %) наблюдается по проценту аномальных пыльцевых зерен. Очевидно, при селекции на устойчивость деревьев, продуцирующие большое количество аномальной пыльцы, следует отбраковывать.

При проращивании пыльцы, собранной в зоне аварии на Чернобыльской АЭС, В. А. Артемов и др. [3] обнаружили нехарактерные формы ветвления пыльцевых трубок по типу «оленьих рогов» и «елочки». Подобные морфологические аномалии также наблюдались нами при проращивании пыльцы с участка 1 (рис. 1, а, б).

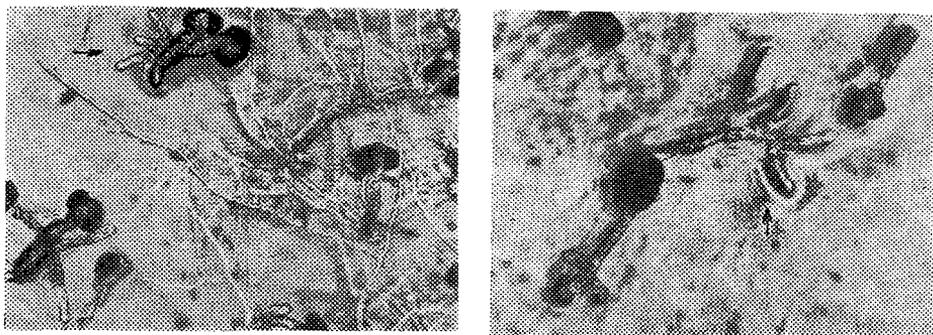


Рис. 1. Нехарактерные формы ветвления пыльцевых трубок (показаны стрелками): а — по типу «оленьих рогов»; б — по типу «елочки»

Обычно исследователи отмечают уменьшение биометрических показателей шишек под влиянием загрязнения [9, 11, 14]. В общих чертах это подтверждается и нашими исследованиями. Особенно сильно снижается выход семян из шишки. Это объясняется тем, что промышленная пыль конкурирует с пыльцой, забивая пыльцевые камеры [5]. Биометрические показатели шишек приведены в табл. 3.

Сумма эффективных температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  за вегетационный период 1990 г. составила  $670^{\circ}$ . Это предопределило низкое качество семян. Результаты рентгенографического анализа и проращивания семян приведены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, на участке 3 нет семян IV класса развития зародыша, на участке 2 — III класса. Несколько лучше качество семян на участке 2, ближнем к источнику эмиссий. Возможно, это связано с более ранним таянием снега, а следовательно, и прогревом почвы, изреживанием крон, обеспечивающим лучшее поступление тепла, а также более южным расположением участка. Н. В. Подзоров [11] также отмечает лучшую всхожесть семян сосны в задымленных районах. Р. Сарвас [15] установил, что доля пустых семян в сосняках составляет 13,7 %. Как видно из табл. 4, на участке 1 эмбриональная смертность (пустые семена) выше, чем на менее загрязненных участках, что говорит о проявлении летальных генов на ранней стадии эмбриогенеза [8].

Согласно И. Б. Белецкому [4] индивидуальная изменчивость качества семян обусловлена различной репродуктивной адаптацией деревьев к климату. На рис. 2, а, б приведены рентгенограммы семян двух деревьев, растущих в одинаковых условиях и резко различающихся по

Таблица 3

| Но-<br>мер<br>уча-<br>стка | Число<br>учет-<br>ных<br>де-<br>ревь-<br>ев | Ширина шишки |      | Длина шишки |      | Масса шишки в<br>воздушно-сухом<br>состоянии |      | Выход семян |      | Масса 1000 семян |      |
|----------------------------|---|--------------|------|-------------|------|--|------|-------------|------|------------------|------|
|                            |   | M ± m, мм    | V, % | M ± m, мм   | V, % | M ± m, г                                     | V, % | M ± m, шт.  | V, % | M ± m, г         | V, % |
| 1                          | 25  | 17,3 ± 0,3   | 8,1  | 30,3 ± 0,7  | 11,2 | 2,1 ± 0,1                                    | 21,7 | 9,0 ± 1,0   | 50,3 | 3,88 ± 0,17      | 18,3 |
| 2                          | 22  | 16,6 ± 0,3   | 9,3  | 29,5 ± 0,7  | 10,5 | 1,9 ± 0,1                                    | 21,0 | 11,0 ± 1,0  | 36,6 | 3,20 ± 0,16      | 18,4 |
| 3                          | 20  | 17,8 ± 0,5   | 11,7 | 32,8 ± 1,0  | 13,0 | 2,6 ± 0,2                                    | 30,9 | 16,8 ± 1,7  | 43,8 | 3,52 ± 0,16      | 17,5 |

Таблица 4

| Но-<br>мер<br>уча-<br>стка | Про-<br>цент<br>пустых<br>семян | Класс развития зародыша |      |      |     | Полиэмбриония,<br>%  |                           |     | Техни-<br>ческая<br>вско-<br>жесть,<br>% |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|------|------|-----|----------------------|---------------------------|-----|--|
|                            |                                 | I                       | II   | III  | IV  | нор-<br>маль-<br>ная | модифи-<br>кацион-<br>ная |     |  |
|                            |                                 |                         |      |      |     |                      |                           | PR  |  |
| 1                          | 21,8                            | 5,6                     | 22,7 | 41,0 | 8,4 | 0,5                  | 36,2                      | 3,8 | 3,9                                      |
| 2                          | 14,8                            | 35,1                    | 44,4 | 5,7  | —   | —                    | 34,8                      | 0,6 | —  |
| 3                          | 15,5                            | 24,0                    | 47,0 | 12,0 | 1,5 | —                    | 38,8                      | 1,1 | 3,4                                      |

качеству семян. Среди семян, представленных на рис. 2, б, нет ни одного с развитым эндоспермом. Отбор хорошо адаптированных к половому воспроизведению деревьев для создания лесосеменных плантаций позволяет обеспечивать северные районы высококачественным посевным материалом даже в неблагоприятные для вызревания семян годы. Из табл. 4 видно, что значительная часть семян (около 40 %) полиэмбриональна, причем, помимо нормальной и модификационной, обнаружены два случая аномальной двойной гаметофитной полиэмбрионии.

Таким образом, при азротехногенном загрязнении в репродуктивной сфере сосны происходят существенные изменения: увеличивается доля аномальных пыльцевых зерен, снижается физиологическая актив-

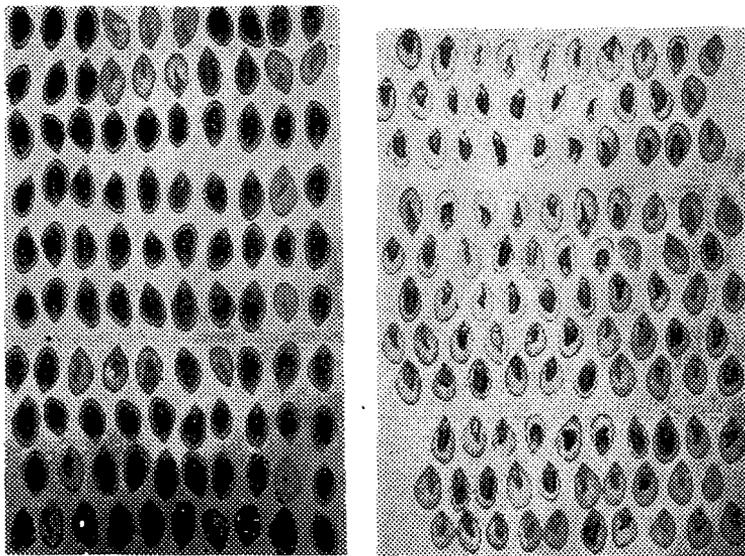


Рис. 2. Рентгенограммы семян деревьев: а — с высокой репродуктивной адаптацией к климату; б — с низкой адаптацией

ность пыльцы, ухудшаются биометрические показатели шишек, возрастает эмбриональная смертность семян. Индивидуальная изменчивость репродуктивной адаптации деревьев к климату позволяет вести селекцию по этому признаку.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Абатурова М. П. Качество пыльцы деревьев сосны обыкновенной в период пыления // Лесоведение.— 1987.— № 3.— С. 60—62. [2]. Артемов В. А. Жизнеспособность пыльцы // Эколого-биологические основы повышения продуктивности таежных лесов Европейского Севера.— Л.: Наука, 1981.— С. 135—143. [3]. Артемов В. А., Козубов Г. М., Остапенко Е. К. Репродуктивные процессы // Радиационное воздействие на хвойные леса в районе аварии на Чернобыльской АЭС.— Сыктывкар, 1990.— С. 90—133. [4]. Белецкий И. Б. Плодоношение сосны на Кольском полуострове.— Мурманск, 1968.— 130 с. [5]. Генетические последствия загрязнения окружающей среды в популяциях хвойных / М. П. Абатурова, К. Д. Вишневецкая, В. А. Духарев и др. // Лесная генетика, селекция и физиология древесных растений.— Воронеж, 1989.— С. 103—104. [6]. ГОСТ 13056.4—67. Семена древесных и кустарниковых пород. Методы определения веса 1000 штук семян.— М., 1967.— 3 с. [7]. ГОСТ 13056.6—75. Семена деревьев и кустарников. Методы определения всхожести.— М., 1975.— 37 с. [8]. Коски В. Пустые семена — часть выраженного генетического груза // Половая репродукция хвойных: Материалы 1-го Всесоюз. симпозиума.— Новосибирск, 1973.— С. 23—31. [9]. Луганский Н. А., Калинин В. А. Влияние атмосферных промышленных загрязнений на семеношение и качество семян сосны // Лесн. журн.— 1990.— № 1.— С. 7—10.— (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Оценка действия двуокси серы на сосновые насаждения / И. С. Федотов, Р. Т. Карabanь, Ф. А. Тихомиров, Т. И. Сисигина // Лесоведение.— 1983.— № 6.— С. 23—27. [11]. Подзорнов Н. В. Влияние задымления воздуха на качество семян сосны обыкновенной // Лесн. хоз-во.— 1965.— № 7.— С. 47—49. [12]. Сарвас Р. Адаптация популяций лесных деревьев к длительности вегетационного периода // Лесная генетика, селекция и семеноводство.— Петрозаводск, 1970.— С. 108—112. [13]. Шимаков М. Полиэмбриональные семена в арктических областях // Половая репродукция хвойных: Материалы 1-го Всесоюз. симпозиума.— Новосибирск, 1973.— С. 83—96. [14]. Шарлет О. Д. Влияние дымовых газов на формирование репродуктивных органов сосны обыкновенной (на примере одного из медеплавильных предприятий Урала): Автореф. дис. ... канд. биол. наук.— Свердловск, 1974.— 27 с. [15]. Sarvas R. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvastris* // Comm. Inst. For. Fen.— Helsinki, 1962.— 198 p. [16]. Simakov M. New use of X-ray method for the analysis of forest seed // Inst. för Skogsförnyring, Skogshögskolan, Rapportser och Uppsatser.— 1970.— N 23.— P. 1—12.