第一章

东北红豆杉的自然地理分布

东北红豆杉（*Taxus cuspidata*）又称紫杉、赤柏松，为红豆杉科（TAXACEAE）红豆杉属（*Taxus*）植物，是东北林区第三纪子遗树种，由于其体内含有抗癌活性的紫杉醇和紫杉烷类化合物而引起重视。东北红豆杉植物地理学研究是进一步扩大其栽培面积的主要前期基础工作。

第一节　东北红豆杉的自然地理分布区域

采用查找标本、资料与实地调查相结合的方法，全面查清现代东北红豆杉自然地理分布地点，应用点图法绘制地理分布图。东北红豆杉分布于我国辽宁省的本溪、桓仁、宽甸，吉林省的长白、抚松、靖宇、临江、敦化、和龙、汪清、安图、珲春，黑龙江省的绥棱与穆棱附近。其自然地理区域位于千山山脉走向线及其东南侧，长白山山脉走向线及其东南侧，经老爷岭至小兴安岭南端，与产于我国的本属其他各种类构成间断分布形式。

东北红豆杉自然地理分布，如图 1-1。

中国东北红豆杉的地理分布，如图 1-2。

吉林省东北红豆杉的地理分布，如图 1-3。

此外，朝鲜北部，韩国的济州岛，日本的北海道、本州、九州、四国，俄罗斯的千岛、萨哈林岛、阿穆尔地区等地的低山至亚高山地带亦有分布；英国、美国有栽培。其自然地理分布范围为：32°30′～53°N，123°～155°E，垂直分布于海拔 250～1 200m 之间。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

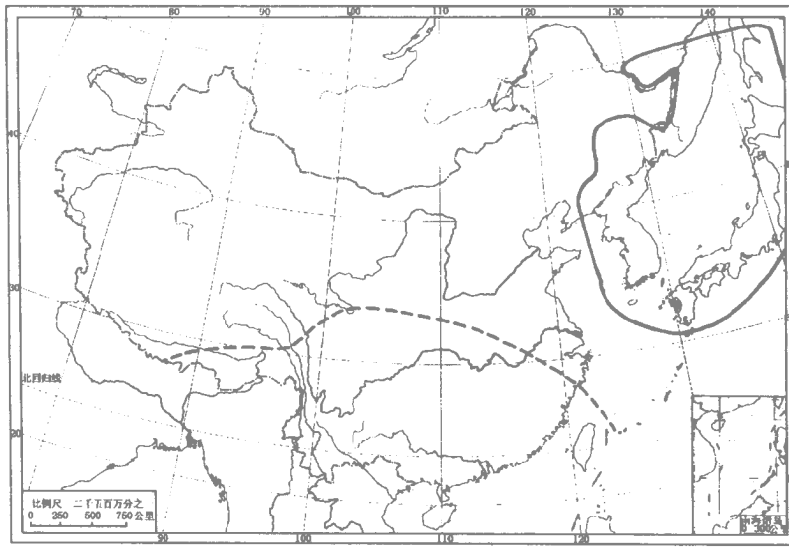


图 1-1 东北红豆杉自然地理分布

——东北红豆杉分布区；┈┈ 红豆杉属其他种分布区



图 1-2 中国东北红豆杉的地理分布

▲ 东北红豆杉的分布地点



图 1-3 吉林省东北红豆杉的地理分布

● 东北红豆杉的分布地点

第二节 东北红豆杉自然地理分布区特点

现代东北红豆杉地理分布区大致可分为欧亚陆块主体和邻近各岛屿（萨哈林岛、日本岛、济州岛等）两部分。两部分间为鞑靼海峡、日本海、朝鲜海峡、济州海峡。两部分最近点相距也在 100km 以上；各岛屿间远近不等，接近点不多。东北红豆杉由于花粉无气囊而传播距离短，基本上断绝了与其他近缘种的基因交流，造成了明显的地理隔离趋势。东北红豆杉在各区的适宜的生境，或为沟谷湿地，或近海亚高山地带的冷湿气候区，难以确定主分布区所在，表现出明显的分布间断性和星散性特征。

第三节 东北红豆杉地理分布模型

原始数据的来源，以有东北红豆杉的行政县为单位设样点，样点间隔较大的区域另加补设，以各相应气象台站的气象与地理资料构成原始数据。其中，样点距离最近海岸线距离（D）由中国地图出版社 1980 年出版的 1∶400 万《中华人民共和国地图》上量取。

指示指标的选取以东北红豆杉在我国的自然地理分布区域主导气象因子构成指示指标组。这种指标的优点在于：气象因子各要素多年均值相对稳定并容易获得，气象因子与地理因子间存在着密切的相关关系，应用这种指示指标组可充分提高模型预测的准确性。其中，主导气象因子由 PCA（主成分分析）排序获得。

地理分布模型的建立以经筛选后的气象因子各要素为因变量；以地理因子——纬度（N）、经度(E)、海拔(H)，距最近海岸线距离等为自变量。建立两组变量间的线性回归模型，即地理分布模型。根据原始数据统计出各指示指标的标准置信区间，应用预测点的地理因子实际值进行预测。

一、东北红豆杉在我国自然地理分布区域气象因子 PCA 排序

经实地调查，查找标本、资料，获得东北红豆杉分布区 13 个样点的原始数据见表 1-1，气象因子 PCA 排序结果见表 1-2。由表 1-2 可见，前

表 1-1 东北红豆杉分布区样点的地理学数据

样点号	纬度(°) N	距最近海岸线距离(km) D	海拔高度(m) H	经度(°) E	年均气温(℃) x_1	1月平均气温(℃) x_2	7月平均气温(℃) x_3	年均降水量(mm) x_4	≥10℃积温(℃) x_5	气候大陆度 x_6
1	45.28	230.0	233.1	130.95	3.5	−17.6	21.5	540.1	2539.0	73.86
2	44.57	230.0	241.4	129.60	3.4	−18.8	21.7	530.6	2 615.6	77.71
3	42.97	285.0	266.3	126.72	3.9	−19.1	22.2	748.0	2726.0	82.61
4	42.35	250.0	549.2	126.82	2.7	−19.1	20.4	725.0	2258.0	79.28
5	41.72	230.0	332.5	126.92	4.7	−17.7	22.0	853.0	2813.0	81.01
6	42.27	209.0	430.2	127.25	4.3	−17.2	21.8	778.0	2631.0	78.17
7	41.78	175.0	815.0	126.92	1.4	−19.7	19.4	830.0	1945.0	79.36
8	41.35	125.0	711.2	128.20	2.0	−17.8	18.2	787.0	1923.0	72.24
9	42.53	147.5	591.4	128.25	2.2	−18.5	19.8	672.0	2149.0	75.92
10	43.37	210.0	523.7	128.20	2.6	−17.4	19.8	627.0	2184.0	71.69
11	43.33	125.0	241.7	129.67	3.9	−16.4	20.6	573.0	2456.0	71.26

（续）

样点号	纬度（°）N	距最近海岸线距离（km）D	海拔高度（m）H	经度（°）E	年均气温（℃）x_1	1月平均气温（℃）x_2	7月平均气温（℃）x_3	年均降水量（mm）x_4	≥10℃积温（℃）x_5	气候大陆度 x_6
12	42.53	103.0	442.9	129.00	4.8	−15.8	20.8	532.0	2534.0	71.64
13	41.27	179.1	240.1	125.35	6.1	−15.2	22.8	860.2	3 013.8	77.51
平均值	42.7169	192.2000	408.0616	127.9885	3.5000	−17.7154	20.8462	696.608	2445.185	76.33
标准差	1.1470	52.8365	204.3458	1.4727	1.2605	1.2913	1.2586	119.979	320.0578	3.70

表 1-2　东北红豆杉分布区气象因子的排序

特征根与特征向量						
主成分	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
X_1	0.5397	−0.1329	−0.1207	0.6050	0.0586	0.5541
X_2	0.3260	−0.4998	−0.4663	−0.0098	−0.4410	−0.4816
X_3	0.5202	0.1355	0.3077	−0.6047	−0.4039	0.2959
X_4	0.0639	0.5022	−0.7924	−0.2616	0.1524	0.1551
X_5	0.5480	0.0359	0.1513	−0.1159	0.6856	−0.4382
X_6	0.1656	0.6788	0.1500	0.4316	−0.3817	−0.3968
特征根	3.2367	1.9218	0.7956	0.0304	0.0140	0.0015
贡献率	53.9454	32.0297	13.2600	0.5065	0.2331	0.0253
累积贡献率	53.9454	85.9751	99.2351	99.7416	99.9747	100.0000
因子负荷量						
X_1	0.9710	−0.1842	−0.1077	0.1055	0.0069	0.0216
X_2	0.5865	−0.6928	−0.4159	−0.0017	−0.0522	−0.0188
X_3	0.9359	0.1878	0.2744	−0.1054	−0.0478	0.0115
X_4	0.1150	0.6962	−0.7068	−0.0459	0.0180	0.0060
X_5	0.9859	0.0497	0.1349	−0.0202	0.0811	−0.0171
X_6	0.2979	0.9410	0.1339	0.0752	−0.0451	−0.0155

需要全本请访问 www.ertongbook.com

三个主分量累积贡献率已达 99.2351%，舍弃后三个主分量仅损失信息 0.7649%。因此，取前三个主分量构成指示指标组。由前三个主分量的因子负荷量知，构成这三个主分量的气象要素为 X_1，X_3，X_4，X_5，X_6，各指示指标的标准置信区间见表 1-3。

表 1-3 各指示指标的标准置信区间

指示指标	X_1	X_3	X_4	X_5	X_6
标准置信区间	0.25～6.75	17.60～24.09	461.65～931.77	1817.87～3072.50	66.80～85.86
置信率	99%	99%	95%	95%	99%

二、东北红豆杉地理分布模型

应用多对多回归方法建立东北红豆杉地理分布模型见表 1-4。

表 1-4 东北红豆杉地理分布模型

地理分布模型	复相关系数	置信率（%）
$X_1=49.6563-0.3484N-0.0005D-0.0064H-0.2231E$	0.626**	99
$X_3=73.8125+0.2617N+0.0051D-0.0049H-0.4932E$	0.415**	99
$X_4=4482-96.9375N+1.0757D+0.0696H+0.9375E$	0.415**	99
$X_5=12816-44.125N+1.4023D-1.4956H-63.625E$	0.562**	99
$X_6=161.5-1.3438N+0.0569D-0.0009H-0.3008E$	0.664*	95

三、模型的验证

取 7 个较有代表性的样点（均未参与建模过程），预测、验证结果见表 1-5。

表 1-5 证明，预测结果与实际完全相同，全部预测值均落入标准置信区间的样点，或有东北红豆杉的自然分布，或可以进行人工栽培，足见模型的有效性。

表 1-5　东北红豆杉地理分布模型的验证

样点	纬度（°）	距最近海岸线距离（km）	海拔高度（m）	经度（°）	样点位置	预测指标组值					与标准指标组值对比	东北红豆杉分布	
						x_1（℃）	x_3（℃）	x_4（mm）	x_5（℃）	x_6		预测	实际
宽甸	40.72	103.5	260.1	124.78	分布区内	5.9	22.18	781.12	2 836.23	74.9	相符	有	有
白河	42.23	152.4	740	128.05	分布区内	1.56	18.86	723.85	1 906.02	74.24	相符	有	有
三岔子	42.08	259	800	126.55	分布区内	1.51	19.81	855.77	2 074.19	80.9	相符	有	有
磐石	42.78	284	600	126.52	分布区内	2.50	21.12	800.89	2 379.39	81.57	相符	有	有
长白山顶	42.02	140	2 670	128.08	水平分布区内垂直分布区外	−10.75	9.27	865.19	−984.15	72.07	不符	无	无
吉林市	43.95	350	183.4	126.47	分布区外	4.78	23.83	729.42	3 046.56	84.15	相符	有	栽培成功
白城市	45.63	516	151.4	122.85	分布区外	5.1	27.04	739.51	3 483.40	88.42	不符	无	无

第四节东北红豆杉的资源状况与濒危原因

一、东北红豆杉的资源状况

经过对吉林省长白山区进行考查可知，东北红豆杉资源锐减，有的林业局 20 多年前还有集中成片的东北红豆杉林分，现在已经所剩无几，交通方便的地段已经不复存在。在所调查的林业局中，三岔子林业局、汪清林业局（主要集中分布在杜荒子林场境内）、大兴沟林业局、湾沟林业局、白河林业局、安图经营局还有小片东北红豆杉林分，但数量极为有限。松江河林业局是一个大型林业企业，但在调查中我们仅发现 3 棵东北红豆杉，其他林业局只有一些零星生长，甚至有的林业局现在东北红豆杉已经灭绝。尽管如此，在调查中我们还发现杜荒子林场居民用东北红豆杉做烧柴、搭菜窖，可见人们对东北红豆杉的价值还未能认识，东北红豆杉资源还不能得到合理的利用及应有的保护，应引起我们足够的重视，尽快将这一濒危树种列为国家重点保护植物，妥善保护并积极开展人工培育工作。现在汪清林业局认识到东北红豆杉的价值，拟建保护区有效地保护这一濒危树种。

二、东北红豆杉的濒危原因

从东北红豆杉分布区来看，其纯林已很少见，多散生于红松阔叶混交林内，而其分布范围越来越小，并处于濒危状态。其原因：

(一)人为破坏因素

东北红豆杉材质优良，可供室内装修、箱板、乐器、高级家具、雕刻等用，还可提取色素及用药，全身是宝。然而由于长期以来没有制订保护措施，人们便对其进行破坏性的采伐利用，使得东北红豆杉资源茇茇可危。在调查中，我们发现汪清林业局杜荒子等林场居民用东北红豆杉做烧柴、搭菜窖，可见当时人们对东北红豆杉的价值还未能充分认识，使得东北红豆杉资源不能得到合理的利用及应有的保护。人为破坏因素是东北红豆杉资源濒危的主要原因。由于采挖东北红豆杉根及收购的渠道各异，很难获得有关采挖和收购的完全信息。吉林省八家子林业局古洞河林场东北红豆杉资源变化状况，见表 1-6。

表 1-6 八家子林业局古洞河林场东北红豆杉资源变化状况

年 份	1948	1962	1976	1982
出材址（m^3）	150～200	5～10	单株	罕见
保留株数（株）	12 000～15 000	3 000～4 000	1 000～12 00	80～200

（二）繁殖生物学因素

东北红豆杉资源濒危的繁殖生物学因素有以下几个方面；

（1）东北红豆杉系雌雄异株，天然雌雄搭配不尽合理，不利于结实。

（2）东北红豆杉结实存在大小年现象，每隔 2～3 年才能丰收一次。

（3）东北红豆杉种子的假种皮微甜可食，有些动物喜食东北红豆杉种实。

（4）东北红豆杉的种子属生理休眠类型，其种子在天然的条件下需经二冬一夏才能萌芽，在此漫长的时间里，种子的数量又会进一步减少。

（5）东北红豆杉结籽的大树已不多见，种子更为奇缺。

（三）生态学因素

东北红豆杉濒危的生态学因素有以下几个方面：

（1）天然东北红豆杉大多生长在林分郁闭度较大的森林中，在阴暗的林下缺乏有效的传播因子（如风等），故产生的新个体大多分布在离母树不远的地方，而东北红豆杉只能选择占据那些竞争压力小的空间点，这样就限制了东北红豆杉种群个体的扩展。

（2）东北红豆杉对环境条件的要求严格（如湿度在 0.7 以上时生长良好），而现有天然林遭到大面积的反复破坏，适合东北红豆杉生长的林分越来越少。

（3）光照充足的东北红豆杉一般 40～60 年开始结实，庇荫条件下结实晚，且结实量很少，而天然东北红豆杉大多生长在郁闭度较大的林分中，光因子就成为结实的限制性因子。

（4）东北红豆杉幼年喜荫庇的环境。我们在吉林林学院实验林场用 20 个苗床的东北红豆杉做实验，其中 15 个苗床采用遮荫棚遮荫，其余 5 床未遮荫。经调查知，采取遮荫措施的苗床，东北红豆杉的成活率达 86％以上，而未采用遮荫处理的苗床，成活率只有 27％左右，进一步证实了东北红豆杉幼年喜荫庇的特性。而由于天然林的砍伐破坏，适于幼树生长条件的环境逐渐减少，限制了东北红豆杉的正常生长。

第二章

东北经豆杉生物生态学特性

早在 1963 年吴榜华教授等就对东北红豆杉的生物学特性进行了研究，发现东北红豆杉的寿命可达 200～300 年，幼树时喜荫庇，7～8 年后喜光，对光照的适应幅度较大；东北红豆杉系温带树种，在自然分布区内，热月气温为 18.2～19.7℃，冷月气温为 －17.8～－18.8℃，活动积温1 923～2 149℃；东北红豆杉对大气湿度要求严格，相对湿度在 70％以上时生长良好；该树种耐寒性较强，在 －45℃低温下未见到冻害；该树种在土壤含水率 40％～60％、深厚、微酸性坡地上生长最佳，在土层薄、含水率低于 30％的地段生长不良甚至呈灌木状，积水低洼地不适宜生长；该树种雌雄异株，花期随气温条件变化，通常从 4 月下旬至 5 月末，9 月下旬种子开始成熟，在光照条件下 40～60 年开始结实。此外，吴榜华还对东北红豆杉生长的立地条件进行了划分，共划分为 3 种立地类型，即山脊陡坡立地类型，斜缓坡立地类型和平谷立地类型。 Parsapajuh 等(1986 年)利用 1953～1981 年长达 30 年的资料，解析了几株老树，得出了湿度、降雨量对树木生长的影响，并建立了 10 种气候因子与林木关系模型，结果发现，2、3 月份平均气温对树木春季生长有正效应，而 5、6 月份雨量对树木生长有正效应。 Habib 等(1986)研究了土壤条件与红豆杉树木质量的关系，得出陡坡由于土壤干燥贫瘠而林分的质量差，平缓坡由于土层深厚、湿度适宜,土壤肥沃而使林分状况良好。 Siniscalco 等(1989)对红豆杉的地理分布进行了研究，找出了该树种年降雨量的临界值为 1 200～1 400mm，年平均气温的临界值为 9～10℃。吴榜华、张启昌等(1993)对东北红豆杉的资源状况进行了综合分析，探讨了该树种的生长规律，确定了其数量成熟与自然成熟的期限，还对东北红豆杉地上部分的生物量分别干、枝、皮、叶进行了测定，并计算出各种生物量指标。以上这些研究，都将为该树种的开发利用提供良好的理论基础。

第一节　东北红豆杉形态特征

东北红豆杉为常绿乔木，高可达 20m，胸径达 1m，树冠倒卵形或广卵形，枝条密生。树皮红褐色，薄质，有浅裂沟，枝条水平展出或斜上、直上，小枝条带红褐色，1 年生枝平滑无毛，呈浓绿色。叶于枝上螺旋状着生、侧枝稍平展，叶柄基部扭转，呈假二列羽状展开。叶条状镰刀形，平直或稍弯曲，尖端凸尖，或尖锐刺尖，叶柄短，再顺小枝而下延；长 1.5～2.5cm，宽 3mm 左右，或到 4.5mm。叶上面浓绿色，中肋部稍隆起，下面的中肋及两缘部浓绿色，其中间为气孔带，黄绿色，叶肉内无树脂道。雌雄异株。雄花生于叶腋，基部被数层鳞片所包，直立或小穗状，雄花的雄蕊 9～15 个，各有 5～8 个药室与花丝相连，呈盾状梅花型。雌花生于腋生的短枝上，其短枝被交互对生的数对鳞片叶所包，雌花上有 1 个卵形淡红色的胚珠，直生，有一层珠被，于胚珠下部遗存有假种皮的原始体。种子圆状卵形乃至卵状广椭圆形，先端锐形或凸头，其上部有 2 或 3 棱线，大小不一，但长约 6mm，直径约 5mm，带紫褐色，有光泽。假种皮长约 lcm，肉质，倒卵形，浓红色，上部开孔。基部有数对鳞片，最上部的 2 对圆状肾脏形，呈黄色。

东北红豆杉幼苗的形态特征如下：为出土萌发，子叶 2 枚，向上斜展，线形，长 20～25mm，宽约 2mm，先端钝圆或微凹，基部宽楔形，黄绿色，上面略有光泽，两面中脉微凸，上面两侧各有一条黄绿色气孔带，不甚明显，在放大镜下可见；上胚轴短，长约 2mm，幼茎黄绿色，为初生叶下延所包。初生叶交互对生，线形，通常直，稍微呈镰刀形弯曲，长 15～25mm，宽 1.5～2.0mm，先端渐尖，基部下延，上面深绿色，有光泽，下面淡黄绿色，无光泽，两面中脉凸起，下面中脉两侧各有 1 条淡褐黄色的气孔带；下胚轴圆柱形，长 20～35mm，黄绿色。主根淡褐色，略粗壮。

第二节　东北红豆杉种子解剖学特征

对于东北红豆杉的研究，许多学者已做了大量的工作，但关于种子

需要全本请访问 www.ertongbook.com

方面的研究还比较少。为此，我们对东北红豆杉种子的外部形态、内部构造、种子的解剖构造进行了观察和描述，并对种子质量进行了初步评价，为东北红豆杉这一稀有珍贵药用资源的深人研究提供了理论依据。

所用东北红豆杉种子为 1992 年秋采于吉林省汪清林业局。研究方法主要借助于立体解剖镜、显微镜，对东北红豆杉种子进行观察和描述，并用扫描电子显微镜拍摄种子外形、种子纵切面和种皮层次的电镜照片。

一、种子形态解剖

种子卵圆形或三角状卵圆形，长 5.4～5.5mm，宽 4.4～4.5mm，厚 3.8～3.9mm，先端突尖，尖部有一种孔为椭圆形，长约 0.4mm。种子下部渐窄，基部平截。种子上部常具 2～4 条钝纵棱脊，中下部或具一横棱脊，种子下部或横棱脊下具多条短钝纵棱脊至种脐处。种皮黄褐色、红褐色、黄色，或间有深褐色。种脐位于种子基部，通常多为椭圆形，少为扇形和四边形，长约 2.1mm，多为灰黑色，中部隆起，两边常各具一梅花形维管束。外种皮由一层厚壁细胞组成，表面角质化，呈鳞片状，凸凹不平，厚约 0.1mm。中种皮木质，淡黄色，厚约 0.4mm。内种皮膜质，浅褐色半透明或白色半透明，下部间有浅褐色。胚乳浅黄色，油质，厚约 2.9mm。胚位于种子中轴，棒槌状，长约 2.4mm，宽约 0.5mm。子叶 2，椭圆形，与胚乳几同色，长约 0.3mm。下胚轴扁柱状，胚根长条形、直、无色透明，长约 0.9mm。种皮解剖构造，表皮有一厚壁细胞，其下依次为数层色素细胞，一层柱状细胞和数层石细胞，最下层为薄壁细胞层。种脐解剖构造，上部为 3～4 层小石细胞，其下为数层栅状石细胞，最下为薄壁细胞层（如图 2-1，图 2-2）。

二、种子干粒重及优质种子形态

种子千粒重约 41.8g。优质种子长约 5.6mm，饱满，胚乳浅黄色，有光泽，油质，胚长约 2.1mm， 棒槌状，与胚乳同色，有光泽。

三 、 小 结

（1）东北红豆杉种子生于杯状肉质假种皮内，为核果状，属红豆杉型。

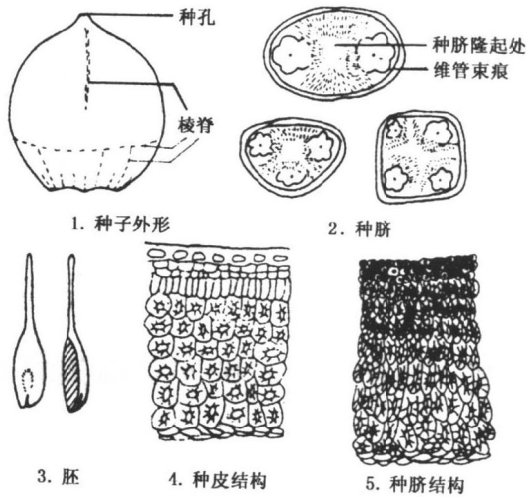


图 2-1　东北红豆杉种子形态解剖

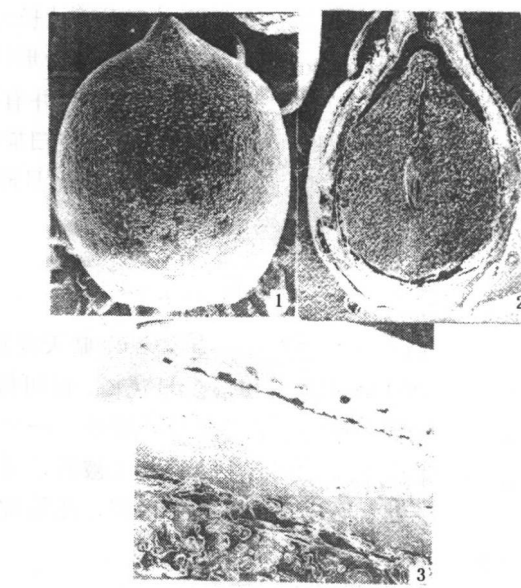


图 2-2　东北红豆杉种子电镜照片

1. 种子外形；2. 种子纵切面；3. 种皮层次

（2）东北红豆杉种子属生理休眠型种子，其形态达成熟时，胚非常小，不到胚腔的 1/4。经过贮藏后的种子，胚长约占胚腔的 2/3，胚根伸长，胚轴及子叶膨大，呈棒槌状。因此，在进行东北红豆杉育苗时，种子必须经过催芽处理，完成其生理成熟阶段，才具有正常发芽能力。

（3）东北红豆杉种子的种脐多为椭圆形，也有扇形和四边形。经过对种子的大量观察，发现种脐的形态与种子所具明显钝纵棱脊的数目有一定的相关性。当种子有 3 条明显钝纵棱脊时，种脐多为扇形；当种子有 4 条明显钝纵棱脊时，种脐多为四边形，其余的为椭圆形。

第 三 节 东北红豆杉的开花结实规律

一 、 花 粉

东北红豆杉花粉具运极薄壁区，常常内陷。在光学显微镜下表面近光滑，或具微弱的颗粒。花粉的极轴长 24.37μm，赤道轴长为 18.47μm，极轴与赤道轴比为 1.32，它介于 2～1.14 之间，根据花粉形状分类规则，其花粉粒长球形或近球形。但有时稍长或短，不规则，并有褶皱。表面较光滑，在带有萌发沟的一侧稍平，具向内凹陷。但在扫描电镜的观察下，其外壁表面是瘤状纹饰，粗瘤和细瘤相间排列。细瘤具瓣状结构，分布不均，有时密，有时疏，有些成堆分布。

二、雄球花

东北红豆杉雌雄异株，花期 4 月 16 日至 24 日，晴天花粉于早上七、八点开裂，散粉期短，不易收集花粉，如取少量花粉，也可折枝水培。雄球花花药集生成球，下具柄，着生于 2 年生枝叶腋处。一个枝条上多者可有 4 或 5 个小孢子叶球，外部有一层透明的膜包被着，呈淡黄色。每个雄球花有 6～15 个孢子囊成梅花状，以 6 个居多，花粉成熟时孢子囊开裂，散发出大量花粉。

三、雌雄花的空间分布

东北红豆杉雌雄异株。90％以上的雌花着在 1 年生枝条的叶腋处，极

少着生在 2 年生枝条上；雄球花着生在 1 年生枝条的叶腋处（程广友，2001）。

雌雄花在树冠上的分布有较大区别。在雄性植株树冠的垂直剖面中，球花多分布于树冠的中下部，树冠上方则很少。上、中、下不同层次花量的差异达显著水平（$F=9.9703$），即树冠中部的雄球花数量显著高于上部和下部。不同方位雄花数量南向枝＞东、西向枝＞北向枝，但差异不显著（如图 2-3）。在雌性植株树冠的垂直剖面中，从上到下均有花芽

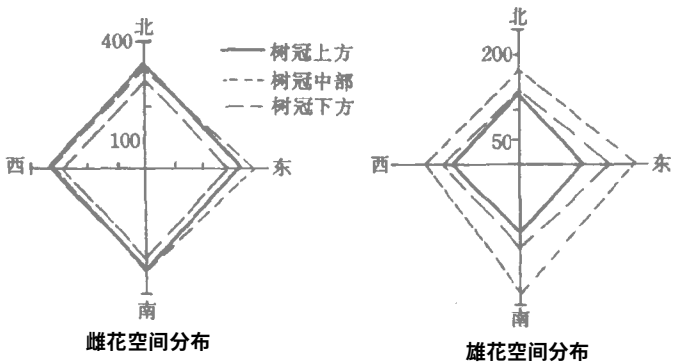


图 2-3　东北红豆杉雌雄花空间分布示意（同地理方位）

分布，树冠中部偏多。雌花在树冠上方不同方向的分布差异较小。中部因光照和通风条件发生变化，不同方向枝条上雌花数量不同；树冠下方光强减弱，不同方向枝条上的雌花数量差异进一步加大。在树冠下方不同方向枝条上雌花数量南向＞东向＞北向＞西向。但统计分析结果表明，雌花在树冠上的分布，各方位差异均未达到显著水平。

四、花粉生活力与温度的关系

在 3 月上旬，当温度达到 5℃时，花芽便开始萌动。雄花在 3 月中旬首先进入减数分裂期。减数分裂时如果遇到较低的气温，则导致大量花粉败育（1997 年生活力为 97.8%、2000 年为 78.6%）。3 月中旬气温与花粉生活力呈正相关（$R=0.8236$）。成熟后风干花粉在不同温度下贮藏时，其寿命不同。1997 年，新鲜花粉生活力为 97.8%；在室内自然温度和散射光条件下，贮藏 2 周后，74.1%的花粉丧失生活力，4 周后只有

5.5%的花粉具有生活力；在 25℃和 35℃条件下贮藏的花粉，4 周后全部丧失生活力；而在－10℃条件下贮藏的花粉，4 个月后仍有 20%的花粉具有生活力。这说明在低温、干燥、黑暗条件下，花粉寿命可以延长；反之，则寿命缩短（如图 2-4）。

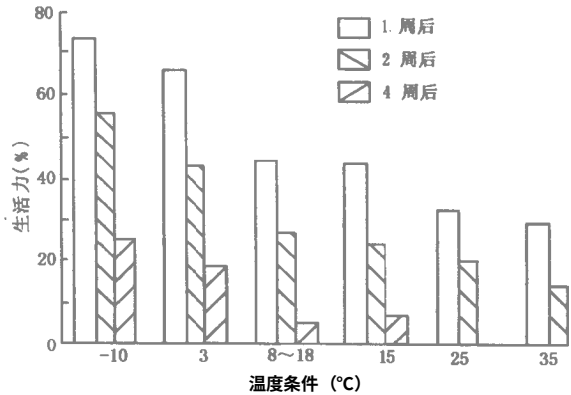


图 2-4 不同贮藏温度条件下花粉生活力（程广友， 2001）

五、种子产量及其重复力

东北红豆杉天然结实率很低。连续观察 6 年，结实量较大的仅有 2 个年份，即 1999 年和 2000 年（如图 2-5）。

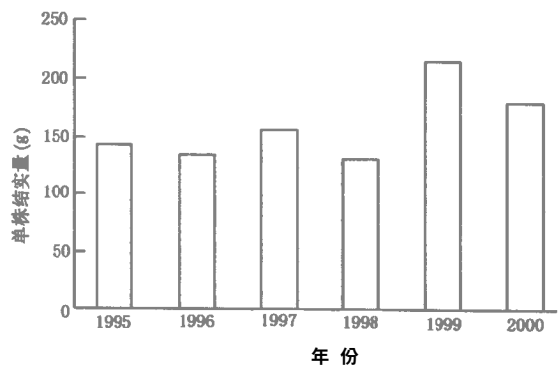


图 2-5 1995～2000 年平均结实量（程广友，2001）

不同年份之间结实量差异与不同单株之间结实量差异均达极显著水平（见表 2-1 和表 2-2）。

表 2-1 东北红豆杉结实量方差分析（程广友，2001）

变异来源	自由度	平方和	均 方	F	期望均方
年份间	5	152 873.441 3	30 574.688 3	50.236 6**	$\delta_E^2+30\sigma_{年份}^2$
单株间	29	68 498.270 4	2 362.009 3	3.881 0**	$\delta_E^2+6\sigma_{单株}^2$
机 误	145	88 248.920 4	608.613 2		δ_E^2
总 和	179	248 020.6320			

表 2-2 不同年份之间种子产量比较（程广友，2001）

年 份	种子产量（g/单株）	差异显著性	
		0.05	0.01
1999	213.59	a	A
2000	180.50	b	AB
1997	154.85	c	B
1995	142.43	c	BC
1996	134.50	c	C
1998	131.37	c	C

根据方差分析结果进一步计算单株结实量的重复力及年份间结实量重复力。

$$\delta_{年份}^2=998.8692,\ \delta_{单株}^2=292.2327$$

单株结实量重复力：

$$R=\delta_{单株}^2/(\delta_E^2+\delta_{单株}^2)=0.3244$$

年份间结实量重复力：

$$R=\delta_{年份}^2/(\delta_E^2+\delta_{年份}^2)=0.6214$$

东北红豆杉不仅结实量小，而且年份间结实量重复力较高，说明其结实量个体间变异较大，具有选择高产单株的潜力；而年份间种子产量相对稳定。

需要全本请访问 www.ertongbook.com