

杉木苗期抗寒性的遗传变异和家系选择

何贵平 陈益泰 李恭学

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

关键词 杉木; 抗寒性; 冻害率; 结顶率

近20年来,我国杉木遗传改良工作进展很快,但杉木育种目标多局限于速生丰产,过于单一。目前杉木的栽培区域不断从中心产区向边缘产区扩展延伸,出现了对不良气候、土壤条件的适应性问题。例如,1987年冬浙江各地苗圃遭受早霜冻害十分严重,使上百万株杉苗(种子多由广西、贵州调进)不能上山造林,造成重大经济损失。这就要求我们从单一的产量改良转向高产、优质、抗性强的综合性改良。关于杉木的抗寒性以前虽有过研究^[1,2],但不系统,规模较小。本研究旨在了解杉木抗寒性的遗传规律,为杉木抗寒性改良提供理论依据,同时筛选一批抗性强、速生、优质的优良品系应用于生产。

一、材料和方法

1986年冬,我们收集了南方十个省(区)杉木种子园家系种子,1987年在浙江富阳和山东烟台两地进行苗期抗寒性试验。两地的地理位置及气象因子列于表1。将参试家系按地域分为七个大区,即鄂东南、皖南(I区)12个家系;浙西南(II区)15个家系;闽北(III区)6个家系;黔东南、湘西南(IV区)17个家系;粤北、赣南(V区)9个家系;桂北(VI区)12个家系;川中(VII区)2个家系(该区家系数太少,仅供参考);对照为浙江淳安姥山种子园混合种子。试验采用随机区组设计,重复3次,单行小区。生产季节进行正常的苗木管理,1987年10月,每行随机选取10株苗木,定株观察封顶情况,早霜过后调查受冻情况,年终调查苗高。苗木封顶率的观察分为顶芽已形成、刚开始形成和未形成三个等级,以已形成顶芽苗木数与观察总苗数之比计为封顶率,用百分数表示。冻害率调查分为四级,即无冻害为0级,侧芽受冻为I级,顶芽受冻或顶、侧芽均受冻为II级,顶端受冻部分达到或超过苗高的20%为III级。冻害率为顶芽受冻苗木数(II、III级冻害株之和)与观察苗数之比,以百分数表示。冻害率和封顶率先进行反正弦转换,然后采用常规方法进行统计分析^[3,4]。因有5个家系在烟台点数据不全,为了统一对比分析,两地点计算时均剔除,故采用73个家系进行分析。

表1 两试点地理位置、气象因子

项目	富阳点	烟台点
地理位置	119°56' E, 30°05' N	121°44' E, 37°14' N
年平均降雨量(mm)	1300~1500	800~1000
年平均气温(°C)	16.1	11.6
1987年冬最低气温(°C)	-8	-17
1987年早霜期	11月下旬	11月中旬

二、结果和分析

(一) 两个试验点的差异

两个试验点地理位置及气象因子差异较大(见前表 1)。富阳点位于浙江北部, 属中亚热带气候, 杉木自然分布的北缘, 而烟台点位于胶东半岛, 属南温带气候, 无杉木自然分布, 只有少量引种试验, 生长周期短, 冬天气温较低, 不利于杉木生长, 但对杉木抗寒性材料的自然筛选较为适合。由试验获得苗木的平均冻害率, 富阳点 52.3%, 烟台点 75.7%, 烟台点明显高于富阳点。据调查, 在 II、III 级冻害苗木中, III 级冻害苗的比例在烟台点占 49%, 且受冻害部分达苗高的一半以上, 甚至不少苗木整株枯死。而富阳点 III 级冻害苗木占 II、III 级冻害苗的比例不足 5%, 且受冻害部分只达冻害苗高的 20% 左右。冬天来临前苗木封顶情况, 烟台点稍早于富阳点。富阳点 11 月 20 日观察, 平均结顶率为 19.3%, 11 月 30 日观察, 平均为 65.5%; 烟台点 11 月 15 日观察, 平均结顶率为 19.8%, 而到 11 月 25 日再次观察, 已基本全部结顶。苗木年生长量在两地的差异十分悬殊, 烟台点只有 7.66 cm, 不及富阳点 23.62 cm 的 1/3。两个试验点之间苗木冻害程度和苗木生长的巨大差异, 主要是两地的环境条件, 特别是气候条件截然不同所造成的。

(二) 区域间的差异

杉苗冻害率、结顶率和苗高在不同区域间的差异见表 2、3。两试验点苗木冻害率、结顶率区域间的差异均为极显著, 且两试验点均是除 V 区域外(因 V 区域部分家系种子采自浙南种

表 2 两试点杉苗冻害率、结顶率和苗高的区域间差异

变异来源	富 阳 点						烟 台 点					
	冻 害 率		结 顶 率		苗 高		冻 害 率		结 顶 率		苗 高	
	均 方	F	均 方	F	均 方	F	均 方	F	均 方	F	均 方	F
区 组 间	2 809.00	16.65**	13.69	0.07	196.59**	21.12**	79.47	0.49	332.50	1.87	6.29	4.65*
区 域 间	4 609.40	10.20**	1 613.77	3.85**	10.50	0.565	2 331.92	6.22**	1 705.07	3.73**	4.50	2.11
误 差	168.70		190.35		9.31		163.57		177.41		1.35	

注: *为差异显著, **为差异极显著。

表 3 两试点不同区域杉苗的冻害率、结顶率和苗高

区 域	冻害率(%)		结顶率(%)		苗 高 (cm)	
	富阳点	烟台点	富阳点	烟台点	富阳点	烟台点
Ⅶ区	30.0	49.0	37.0	38.7	22.58	8.43
I 区	23.5	56.8	30.9	34.5	23.54	8.08
Ⅱ区	38.3	64.7	28.3	29.0	23.70	7.58
Ⅲ区	46.4	83.1	21.6	15.3	23.13	7.21
Ⅳ区	66.4	82.8	12.9	14.4	23.35	7.22
V 区	62.5	83.8	17.8	15.0	23.24	7.81
Ⅵ区	77.2	87.4	7.5	9.0	24.73	7.93

子园之故), 冻害率表现出从北至南逐渐升高的趋势, 而结顶率则相反, 表现为从北至南逐渐下降的趋势, VII 区域虽家系数较少, 也表现出川中高山气候区域的特征。即 I、II、VII 区域的杉木结顶率高, 冻害率低, 表现出较强的抗寒能力。故认为在这些中亚热带地区(杉木分布的北缘)选择优良抗寒性材料, 能收到良好的效果。

在富阳试验点, 杉苗冻害率区域间及区域内家系间的遗传方差分量分别为 31.52% 和 21.6%, 区域间大于区域内家系间, 说

明在抗寒性材料选择时,先进行区域间选择,然后再在区域内家系间选择,能收到良好的效果;而烟台点的遗传方差分量,区域间及区域内家系间则分别为21.78%和23.66%,这也许是因为烟台点冬天温度较低,使得受冻程度较重,缩小了区域间的差异,从而使家系间差异表现突出。结顶率在区域间及区域内家系间的遗传方差分量,富阳点分别为25.08%和13.04%,烟台点分别为29.72%和13.15%,都是区域间大于区域内家系间。从表2、3中还可知,苗高在两试验点区域间未表现出明显差异,也不象冻害率、结顶率那样表现出明显的规律性变化,这可能是区域数(7个)较少,且各区域内家系数相差较大,存在取样误差等原因之故。

(三) 家系间的差异和抗寒家系的选择

1. 家系间的差异 杉苗冻害率、结顶率和苗高诸性状,家系间在两试验点的方差分析和两点结合方差分析见表4和表5。由表4可知,冻害率、结顶率和苗高家系间在两地点均表现出极显著差异,说明家系间这些性状在两个地点差异明显,为抗寒性家系选择提供了可能。从表5可知,冻害率、结顶率和苗高家系间差异均达极显著差异水平,且家系与地点的交互作用明显,说明各家系的抗寒性和苗木生长量在两地点间表现出不同的次序,这就要求在进行品种的推广应用时,应做到适地适品种,特别是在较北地区种植杉木时,应在速生型家系中再尽量选择抗寒性较强的品系,应用于生产。

表4 两试点杉苗冻害率、结顶率和苗高家系间差异

变异来源	富 阳 点						烟 台 点					
	冻 害 率		结 顶 率		苗 高		冻 害 率		结 顶 率		苗 高	
	均 方	F	均 方	F	均 方	F	均 方	F	均 方	F	均 方	F
区 组 间	2809.00	16.65**	13.69	0.07	196.59	21.12**	79.47	0.49	332.50	1.87	6.29	4.65*
家 系 间	708.41	4.73**	518.47	2.72**	17.90	1.92**	537.97	3.29**	561.54	3.17**	2.33	1.72**
机 误	168.70		190.35				163.57		177.41			

表5 杉苗冻害率、结顶率和苗高两试点结合分析

变 异 来 源	冻 害 率		结 顶 率		苗 高	
	均 方	F	均 方	F	均 方	F
地 点 间	21948.75		15.58		27932.06	
地点内区组	1444.38		173.10		101.44	
家 系 间	1092.52	4.48**	830.03	3.32**	13.10	1.84**
家系×地点	243.86	1.47*	249.97	1.41*	7.13	1.34*
机 误	166.13		177.12		5.33	

2. 抗寒家系的选择 采用冻害率和结顶率两个单项抗性指标为依据,应用标准差法进行抗寒性品种的筛选。用冻害率指标直接选择抗寒性家系,抗寒性标准采用试验总平均冻害率($\bar{X}_{冻}$)与试验标准差(σ)相结合制定,共分为五个等级,即: $x_{冻} \leq \bar{X}_{冻} - \sigma$ ($x_{冻}$ 为家系平均冻害率)为抗寒性强家系, $\bar{X}_{冻} - \sigma < x_{冻} \leq \bar{X}_{冻} - 0.5\sigma$ 为抗寒性较强家系, $\bar{X}_{冻} - 0.5\sigma < x_{冻} \leq \bar{X}_{冻} + 0.5\sigma$ 为抗寒性中等家系, $\bar{X}_{冻} + 0.5\sigma < x_{冻} \leq \bar{X}_{冻} + \sigma$ 为抗寒性较弱家系, $x_{冻} > \bar{X}_{冻} + \sigma$ 为抗寒性极差家系。根据此标准,获得两地点各级抗寒性家系及其分布情况。如表6所示,两地点虽然冻害率标准不同,但抗寒性强和较强的家系基本分布在I区域(鄂东南C、皖南

B)、II 区域(浙西南A)和VII区域(川中H); III、IV 区域分布很少, V、VI 区域则没有分布。用结顶率指标间接选择抗寒性家系, 标准同冻害率一样, 同样获得两地点各级抗寒性家系及其分布情况见表7。以结顶率作间接选择与以冻害率作直接选择所不同的是, V、VI 区域也有少量分布, 而且在入选的家系中, 家系号也有一定的差异, 在次序上也稍有不同。但从总的看来, 采用结顶率间接选择与以冻害率直接选择的结果还是基本一致的, 入选的抗寒性强和较强的家系, 均主要分布在I、II、VII区域。在以冻害率指标入选的家系中, 以结顶率为指标也入选的, 富阳点选中70%, 烟台点选中63%。由以上结果可以看出, 在实际生产中, 采用结顶率的高低进行抗寒性材料初选, 既简便, 又有一定的可靠性。综合选择结果, 在两地点均表现出较强抗寒性能的家系有: A₈、B₁、B₂、A₂、A₄、A₉、A₁₆、A₁₃、C₁、C₄、C₈、C₉、C₅、C₆、H₁ 共15个。

表 6

两试点按冻害率高低选择结果

项 目	冻害率标准 (%)	入选家系		抗 寒 家 系 分 布					
		(个)	(%)	I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	
抗寒性强	富阳点 $x_{\text{冻}} \leq 25.0$	12	16.44	B ₁ 、B ₂ 、C ₂ 、C ₁ 、C ₄ 、C ₉	A ₈ 、A ₂ 、A ₁₃ 、A ₁₀ 、A ₄				H ₁
	烟台点 $x_{\text{冻}} \leq 53.5$	11	15.07	B ₂ 、B ₁ 、C ₈	A ₈ 、A ₄ 、A ₁₃ 、ck、A ₂		F ₁		H ₁ 、H ₂
抗寒性较强	富阳点 $25.0 < x_{\text{冻}} \leq 38.2$	8	10.96	C ₃ 、C ₅ 、C ₆ 、C ₈	A ₉ 、ck	D ₇ 、D ₁			
	烟台点 $53.5 < x_{\text{冻}} \leq 65.1$	12	16.44	C ₉ 、C ₅ 、C ₄ 、C ₁ 、C ₆	A ₁ 、A ₁₀ 、A ₉ 、A ₇ 、A ₃		F ₃ 、G ₇		

表 7

两试点按结顶率高低选择结果

项 目	结顶率标准 (%)	入选家系		抗 寒 家 系 分 布						
		(个)	(%)	I 区	II 区	III 区	IV 区	V 区	VI 区	VII 区
抗寒性强	富阳点 $x_{\text{结}} \geq 39.94$	12	16.44	B ₁ 、B ₂ 、C ₂ 、C ₆ 、C ₉	A ₈ 、A ₂ 、A ₄ 、A ₆	D ₃		I ₅		H ₁
	烟台点 $x_{\text{结}} \geq 41.5$	9	12.33	B ₁ 、B ₂ 、C ₈	A ₈ 、A ₁₃ 、ck	D ₁		I ₂		H ₁
抗寒性较强	富阳点 $29.05 \leq x_{\text{结}} < 39.94$	10	13.70	C ₁	A ₁ 、A ₁₀ 、A ₁₃ 、ck	D ₁	G ₇ 、F ₁	E ₁	J ₉	
	烟台点 $30.1 \leq x_{\text{结}} < 41.5$	12	16.44	C ₂ 、C ₇	A ₁ 、A ₂ 、A ₄ 、A ₆ 、A ₉		G ₈ 、F ₁ 、F ₃	I ₃	J ₇	

(四) 性状相关和遗传力估计

苗木性状间的相关关系, 能反映出其性状间的紧密程度, 通过某一性状可间接地了解其它性状的情况, 为多性状选择育种提供依据。分析两试点杉木各性状间相关关系(如表 8)可知, 两地点结顶率与冻害率的相关系数分别为 -0.89 和 -0.95, 显示出高度的遗传负相关, 说明品系的结顶率越高, 即意味着木质化程度高, 受冻害的程度越低, 抗寒性就越强。故可通过了解品系结顶率的高低, 间接了解其抗寒性, 这与前面抗寒性家系选择的结果是一致的, 是间接选择的依据。另外, 苗高与冻害率富阳点呈微弱的正相关, 烟台点则呈微弱的负相关, 说明苗木受冻害的程度与苗高生长关系不大。

表8 两试点杉苗各性状间相关关系

项 目		富 阳 点		烟 台 点	
		苗 高	冻害率	苗 高	冻害率
冻害率	P	0.0598		-0.1420	
	G	0.0853		-0.2495	
	E	0.0234		-0.0191	
结顶率	P	-0.0621	-0.7783	0.2455	-0.7522
	G	-0.0416	-0.8929	0.4534	-0.9511
	E	-0.0898	-0.5246	0.0141	-0.3214

注: P为表型相关, G为遗传相关, E为环境相关。

57.15%, 差异较小。苗高遗传力两地点较接近, 分别为48.0%和42.0%, 有中等遗传力, 但变异系数较小。由上分析可见, 杉苗抗寒性育种具有可行性和可靠性。

表9 两试点杉苗各性状参数值

项 目	富 阳 点				烟 台 点			
	总平均	极差	CV (%)	家系遗传力 (%)	总平均	极差	CV (%)	家系遗传力 (%)
冻害率(%)	52.3	2.4~98.8	25.65	79.0	75.7	15.7~99.1	14.76	70.0
结顶率(%)	19.3	0~77.8	54.19	63.0	19.8	0~96.3	57.15	68.0
苗高(cm)	23.6	17.7~28.7	7.16	48.0	7.66	5.5~9.5	7.46	42.0

三、小结和讨论

(一) 两试验点杉苗冻害率和结顶率区域间均表现出明显差异, 并且冻害率从北至南逐渐升高, 结顶率则与之相反。研究表明, 抗寒性材料的选择, 首先应利用区域间的遗传变异, 然后再利用区域内家系间和家系内个体的变异, 这样将能收到较好的效果。两地点结顶率与冻害率有高度的遗传负相关, 为采用结顶率指标进行间接选择提供了理论依据。冻害率、结顶率和苗高其家系间在两地点均表现出极显著的差异, 且家系间冻害率和结顶率有较高的遗传力和中等的遗传变异系数, 使抗性育种具有一定的可行性和可靠性。另外, 家系与地点在冻害率、结顶率和苗高三个性状上交互效应明显, 故在进行杉木家系的推广应用时, 应注意适地适品种。浙北等类似地区, 在选择速生型品系造林的同时, 也应结合抗寒性指标的选择, 而烟台等较北地区, 则应以选择抗寒性较强的品种为主。

(二) 采用冻害率指标直接选择和应用结顶率指标进行间接选择, 获得了A₃等抗寒性较强的15个家系, 这些家系均分布在I、II、VII区域, 属中亚热带地区北部, 为杉木分布的北缘。

(三) 由于山东烟台、浙江富阳两地点气候条件的较大差异, 杉苗冻害率等性状在两个试验点差异较大。另外, 通过一些室内外试验, 获得了这两个地区杉苗受冻害的不同方式。在烟台点早霜来临前, 将两个非试验区组用草帘覆盖, 以避免受早霜危害和冻害。但到第二年春天将草帘揭去后, 发现苗木受冻害程度与试验区相差无几。说明在这种地区, 早霜不是

林木各性状主要受遗传基因的控制, 但其遗传的程度有所不同, 遗传力的高低, 是多世代遗传改良的依据。从表9可知, 两试验点杉苗冻害率、结顶率的遗传力均较高, 说明选择出来的优良抗寒性材料在世代育种中具有一定可靠性和稳定性。另外, 两地冻害率的遗传变异系数分别为25.65%和14.76%, 有一定的差异, 但均处于中等变异水平, 为选择抗寒性品种提供了可能。结顶率的变异系数较大, 分别为54.19%和

唯一的致害因子，冬天里的地表最低温起了明显的作用。又根据结顶率的调查结果可知，早霜前这里的杉苗基本上已停止生长，主要是由于以后极度的低温及各家系苗木遗传品质上的不同，使之表现出明显的差异。另外，1988年元月上旬，在室内进行容器苗冷冻试验，选用全部封顶的抗寒性不同的三个杉木家系容器苗，采用不同温度、不同持续时间冷冻，其结果为：-10℃时，分别处理4、8、12 h，基本上无冻害。-15℃时，处理4 h只有5%的苗木冻死；8 h有26.7%的苗木冻死；12 h有36.7%的苗木冻死。而-20℃时，用4、8、12 h处理后，死亡苗木分别为73.3%、96.7%和100%。由此看来，临界致死温度在-15~-20℃之间。烟台点1987年冬的最低温度为-17℃，故认为烟台杉苗的冻害是低温冻害起了较大的作用。这与富阳点的试验结果有较大差异。富阳点早霜后半月调查冻害率结果与冬天过后的冻害率基本一致(因1987年冬富阳点最低温度为-8℃)。故认为浙北类似地区，杉苗冻害以早霜危害为主(早霜前结顶率的高低能直接反映品系的抗冻害程度)，而山东烟台类似地区，是低温冻害和霜害并举，而且低温冻害是主要的。

参 考 文 献

- [1] 陈益泰等, 1979, 杉木优株自由授粉子代苗期研究, 亚林科技, (3): 1~15。
- [2] 陈益泰等, 1985, 日本林木育种概况, 亚林科技, (4)。
- [3] 张全德等, 1984, 农业试验统计模型和 BASIC 程序, 浙江科技出版社。
- [4] 马育华, 1984, 植物育种的量变遗传学基础, 江苏科技出版社。

GENETIC VARIATION AND FAMILY SELECTION ON COLD HARDINESS OF CHINESE FIR SEEDLINGS

He Guiping Chen Yitai Li Gongxue

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

Abstract Seeds selected from 73 Chinese Fir families in ten provinces or regions were tested at Fuyang of Zhejiang and Yantai of Shandong for investigation on cold hardiness of Chinese Fir seedlings and selection of the families with cold resistance. The results are as follows: ① Variations in the rates of freeze and terminal bud, and height of seedlings were very significant among families, and it was found that there were evident interactions between the two experimental sites on the three traits. There was a high negative genetics correlation between the rates of freeze injury and terminal bud, and both characters were slightly correlated with the height growth of seedlings. ② There were evident variations in the rates of freeze injury and terminal bud among zones, in which the rate of freeze

injury was gradually reduced from the south to the north, whereas the rate of terminal bud was to the contrary; the genetic variance component of provenances outweighed that of families within provenances in the two properties. ③ There was a comparatively high heritability in the rates of freeze injury and terminal bud of seedlings. ④ By means of selecting the rates of freeze injury and terminal bud, 15 families with better cold hardiness were obtained, which mostly came from the north of central subtropical zone.

Key words Chinese Fir; cold hardiness; rate of freeze injury; rate of terminal bud

“杨树丰产栽培中间试验(鲁东南部分)”

成果达国际先进水平

“杨树丰产栽培中间试验(鲁东南部份)”项目是由国家科委下达,中国林科院林研所主持的“杨树丰产栽培中间试验”的分课题,由中国林科院林研所和山东省临沂地区林业局共同承担,其主要任务是在鲁东南平原农区营造2500亩杨树试验林,对丰产栽培技术措施进行系统的试验研究,探索适合当地自然和社会经济条件的杨树丰产栽培技术,为推广杨树速生丰产林提供示范和科学依据。该课题经过九年的认真实施,全面完成了预定的试验和研究任务。受中国林科院的委托,山东省林业厅科教处于1990年7月3日在济南组织了技术鉴定。

该课题的重点是研究杨树丰产栽培的配套技术,由造林、生理、土壤、经营、病理、虫害、植物七个学科的16名科技人员(中国林科院方面)系统地布置了十多项试验,进行综合研究。对杨树水分生理及合理灌溉进行了长期定位观测和研究,建立了60亩滴灌试验区,对不同供水条件下林木蒸腾耗水、田间供水与林木生长的定量关系进行较深入的分析,提出了合理灌水的数量指标。杨叶饲用中间试验提出了农林牧结合的杨树集约栽培体制。编制了杨树经营数表。提出了杨树丰产林主要病虫害综合防治技术,对杨树人工林地上和地下部分生物量进行了较详细的调查研究。根据多年的试验结果,将14项优化技术措施(选择造林地、深翻整地、良种壮苗、造林方法、幼林株间育苗、农林间作和农林轮作、密度、合理灌溉、合理施肥、间伐、修枝、萌芽更新、杨叶饲用、虫害控制)组装配套成为年平均亩产材积1.5~2.0立方米以上的杨树丰产栽培模式。使杨树栽培从经验式的大水大肥阶段,提高到有科学依据的、数量化的丰产栽培技术措施阶段。这是当前国际栽培科研上的新趋势。其中杨树水分生理和灌溉的研究方面与国际同类研究比较有创新之处。这一成果还表现了科研、生产和推广的密切结合。

鉴定委员会一致认为,该项研究是多学科综合性研究,难度大,研究内容丰富,方法科学,数据可靠,成绩显著,经济效益高,并在国内外发表论文49篇,具有重要的理论和实践意义。该项研究成果达到国际先进水平。

(林 讯)