

华山松抗寒性的地理变异*

马常耕

(中国林业科学研究院林业研究所)

张云跃

安定国

(湖南省安化县林业科学研究所)

(甘肃省天水小陇山实验林场)

摘要 本文报道了1980~1988年间26个产地的华山松实生苗和幼树的冻害情况。看到原产云贵高原亚热带山区的华山松,引种到暖温带气候区种植极不抗寒,基本不能越冬。云贵高原区域内各种源的抗寒性也有某种程度的差异,尤以西部(云南保山地区)最弱;东部和北部(云南北部、四川西南部和贵州西部)较强。因而不进行试验,不宜把云贵高原华山松种子调入暖温带使用。

关键词 华山松; 种源试验; 抗寒性

适应性是保证林分生物学稳定性的基本因素,国内外一些学者都把林木种源的适应能力,特别是抗寒性作为重要研究内容。国外已有广泛的人工冷冻研究报告^[1,2],我国由于技术条件所限,研究多停留在对自然霜冻反应的观察和分析阶段^[3,4]。本项研究也只是对我国大陆部分华山松不同种源的抗寒性(越冬后的死亡和保存率)进行水平空间变异观测的结果。

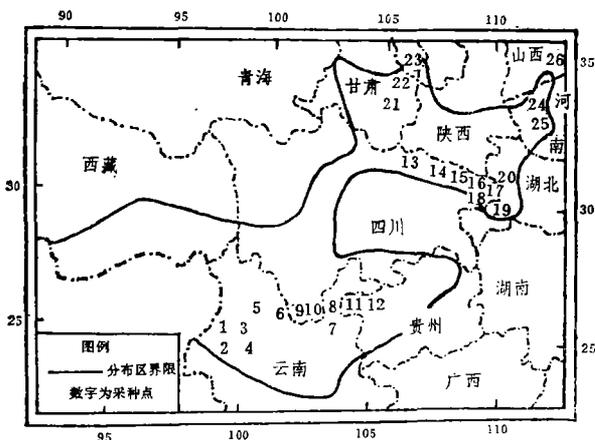


图1 华山松种源试验采种点示意图

一、材料和方法

1980年用26个产地的混合种子(表1、图1)在11个点进行育苗和造林试验(表2)。试点有很大的气候异质性,为自然鉴定各种源的抗寒性提供了极好的条件。苗圃阶段采用随机完全区组设计,4次重复,每小区3行,行长1.0m,行距20cm,播幅5~7cm。造林试验采用随机完全区组设计,6次重复,3×5=15株或4×4=16株的方形小区,行株距2m×2m。

本试验除研究生长性状的地理变异外,在播种当年越冬前还统计了封顶株率,次年和第三年春季的保存率。在霜冻年份专门做了各种源被害程度的调查和冻害指数统计。为了揭示各种源抗寒性的地理变异模式和作用因

本文于1989年3月31日收到。

*参加实验的还有王建华同志。

表1 各种源地理位置和主要自然因子

地理区		产地(县)和编号	纬度	经度	年均温	年降水	极端最高温	极端最低温	
区	亚区		(° 'N)	(° 'E)	(°C)	(mm)	(°C)	(°C)	
云	滇西南	腾冲 1	25 07	98 29	14.7	1 439.4	30.5	-4.2	
		梁河 2	24 48	98 18	18.3	1 308.6	33.8	-1.7	
		保山 3	25 13	99 15	15.5	953.1	32.3	-3.5	
		昌宁 4	24 55	99 37	14.9	1 253.0	31.2	-3.6	
贵高原	川滇黔邻界	云南丽江 5	26 57	100 18	12.7	952.9	30.6	-7.0	
		云南永胜 6	26 41	100 45	13.4	922.4	31.6	-11.2	
		云南东川 7	26 11	103 04	13.1	844.1	30.7	-9.7	
		云南会泽 8	26 20	103 13	12.7	850.1	31.4	-16.2	
		四川会理 9	26 41	102 15	15.2	1 157.8	34.7	-5.8	
		四川会东 10	26 37	102 42	16.1	1 053.3	35.6	-5.0	
		贵州威宁 11	26 52	104 17	10.5	966.5	32.3	-15.3	
		贵州赫章 12	27 07	104 44	13.5	808.3	35.7	-10.1	
秦岭—大巴山	大巴山	四川广元 13	32 26	105 48	16.2	998.1	38.9	-8.1	
		四川旺苍 14	32 13	106 19	16.2	1 210.9	38.7	-7.2	
		四川通江 15	31 56	107 14	16.7	1 129.1	40.4	-6.2	
		四川万源 16	32 05	108 05	14.7	1 152.7	37.9	-8.2	
		四川城口 17	31 56	108 47	13.8	1 239.2	38.9	-13.1	
		四川巫山 18	31 05	109 53	18.4	1 023.3	41.8	-6.9	
		湖北建始 19	30 36	109 38	9.0	1 800.0	27.0	-20.0	
		湖北兴山 20	31 14	110 20	17.1	984.1	43.1	-5.9	
	秦岭	秦	甘肃西和 21	34 00	105 18	8.4	533.9	33.5	-24.6
			甘肃清水 22	34 45	106 09	8.8	574.8	36.0	-23.2
宁夏泾源 23			35 30	106 30	5.7	668.3	30.0	-26.3	
河南洛宁 24			34 23	111 41	13.7	606.1	42.1	-21.3	
河南栾川 25			33 47	111 38	12.1	899.6	40.2	-20.0	
山西阳城 26			35 29	101 50	12.3	671.6	40.2	-19.7	

注：由于各产地海拔差异较小，故未列出海拔高度。

表2 试点的位置和气候条件

试验地点 (县)	纬度 (° 'N)	经度 (° 'E)	海拔 (m)	年均温 (°C)	年降水 (mm)	气温年较差 (°C)
1. 云南腾冲	25 07	98 29	2 010	14.7	1 468.0	10~14
2. 贵州平坝	26 25	106 16	1 520	14.1	1 238.1	14~18
3. 贵州赫章	27 07	104 44	1 700	13.5	808.3	14~18
4. 湖南安化	28 25	111 45	1 100	13.2	1 800	18~22
5. 湖北宜昌	31 23	110 30	1 600	10.3	1 500	22
6. 甘肃天水	34 20	106 30	1 610	10.0	840	22~26
7. 河南卢氏	33 41	110 05	1 450	7.5	900	26
8. 陕西长安	34 09	108 55	1 200	5.9	902.7	26~30
9. 河北省龙	40 24	118 53	700	7.9	719	34
10. 宁夏固原	36 25	106 20	1 753	6.4	500	34
11. 山东泰安市	36 10	117 14	700	5.3	900	26~30

子，又进行了保存率与一年生苗封顶株率，冻害指数与原产地地理坐标及有关气候因子的回归分析。

二、结果与分析

(一) 种源冻害表现的地理总趋势

11个试点分属亚热带和暖温带两大气候带。亚热带气候带有湿润半亚热带区和旱季显著、旱季不显著的湿润区之分；暖温带又分为旱季显著的湿润区和半干旱区^[6]。各种源苗木的抗寒性表现不一：云贵高原区种源在河北青龙县和宁夏固原县育苗，第一年越冬后幼苗全部枯死；甘肃天水、陕西长安和河南卢氏县苗木经一、二年越冬后陆续枯死，未能进入大田试验。在鄂、湘山区各试点，大部分种源苗越冬正常（云贵高原少数种源植株针叶上部变褐，到生长季又转绿），均进入大田试验，但在幼林期常遭受寒潮冻害；云贵各试点无冻害发生。

(二) 各种源苗期抗寒性的变异

甘肃天水是华山松主要产区之一，供试种源多，在苗圃又有三年的观察时间，故以本点材料进行各种源抗寒性差异分析。1980~1981年冬气温偏高，各产地苗木越冬后保存率变动在42.7%~99%之间，无地理规律性。越冬后保存率低的是大巴山地区种源，其中四川广元、通江种源因幼苗生长细弱，分别仅为47.8%和42.7%；云贵高原11个种源由于苗木生长粗壮，保存率平均达70.1%，稍高于秦岭一大巴山种源。1981~1982年冬气温较低，云贵高原苗木抗寒性弱大部分枯死，11个种源的保存率为0.7%~34.6%，平均只有15.8%。秦岭一大巴山区种源的保存率为75.6%~100%，平均89.1%。同一气候带内种源间的保存率也有明显差异，如滇西南种源保存率平均只有4.2%；川、滇、黔三省邻界区的高达22.1%；大巴山种源的保存率稍低于秦岭山区种源，表现出明显的地理性差异（表3）。

表3 各种源一年生苗越冬后保存率与原产地有关因子的关系

因 子	相 关 系 数 r	截 距 a	回 归 系 数 b
一年生苗越冬前封顶株率	0.939 0	3.980	0.9
年平均气温	-0.235 2	100.52	-3.429 4
年极端最高温	0.721 6	-199.2	7.0
年极端最低温	-0.625 0	-13.7	-3.5
年降水量	-0.432 2	116.2	-0.064 2

注： $r_{0.05} = 0.423$ ， $r_{0.01} = 0.537$ 。

从北方的试验看到了一年生苗越冬前的封顶株率与种源的抗寒性有密切关系，如云贵高原各种源的封顶株率最高为13%，多数为4%，越冬后大量枯死。秦岭一大巴山区种源封顶株率都在80%以上，越冬后保存率较高。在气候诸因子中，种源的抗寒性与原产地的极端温度有极明显的相关，而与年平均气温的关系不明显。

(三) 幼树抗冻性的差异

亚热带各试点，幼苗不发生冻害，提不出各种源抗寒性差异数据，秦岭以北各点上云贵高原种源的幼苗基本冻死不能出圃，北方种源虽进入造林试验，也不能提供完整的种源间比较。现以位于半亚热带、寒潮南下途径之一的湖南安化县试点观察到的冻害反应来完整地论

述华山松各种源抗寒性的地理变异模式。

该试点造林地设在海拔1 000~1 200 m的开阔山坡上, 1985年2月、1986年1月、1987年11月出现了因寒潮引起的灾害性天气(冰冻、雨淞), 其中以1987年11月26~29日突发性冰冻尤为严重。此次强寒潮在两天之内使气温由13.2℃急剧下降到-4.4℃, 并伴随细雨和8级以上大风, 使幼树针叶和枝条上形成大量冰体, 导致针叶变褐, 顶芽干枯。次年5月, 针叶脱落, 幼树主干由上向下干枯, 直至全株死亡。按受害分级标准和冻害指数公式对各重复内不同种源的植株进行了冻害程度的统计:

受害等级	分级标准	代表数值
I级: 无	针叶正常	0
II级: 轻	植株针叶枯黄<60%	1
III级: 中	植株针叶枯黄>60%	2
IV级: 重	主干枯死<50%	3
V级: 严重	全株死亡	4

$$\text{冻害指数}(I) = \frac{\sum \text{受害级株数} \times \text{代表数值}}{\text{总株数} \times \text{冻害最重级代表数值}} \times 100\%$$

由于秦岭一大巴山种源未受冻害, 仅将云贵高原各种源的冻害结果列表统计。表4、5数据表明, 1986年由于冻害较轻, 种源间未表现显著差异, 1988年冻害严重, 种源抗寒性差异极显著并具明显的地理规律性。云南省西南部种源死亡率高达37.6%~60.6%, 平均46.9%;

表4 云贵高原不同种源冻害程度(%)

种源 (县)	1986年				1988年			
	受害株率	主干半死亡	全株死亡率	冻害指数	受害株率	主干半死亡	全株死亡率	冻害指数
维西	17.8	0	0	9.6	100	5.7	23.1	63.0
丽江	44.4	0	0	12.9	100	10.2	23.9	64.0
会理	60.0	0	0	20.0	100	2.3	35.1	68.1
会东	22.2	0	0	6.3	100	12.0	29.3	67.1
会泽	13.3	0	0	12.3	100	12.2	22.2	60.6
东川	37.8	0	0	8.2	100	18.1	17.2	59.0
赫章	31.0	0	0	7.1	100	5.1	3.3	53.0
保山	64.4	0	20.0	32.9	100	11.5	37.6	71.7
腾冲	48.9	0	7.0	22.1	100	13.6	60.6	83.7
昌宁	46.7	0	7.0	23.6	100	11.8	41.1	73.7
梁河	60.0	0	20.0	27.7	100	21.4	48.5	79.6

表5 云贵高原种源冻害指数的方差分析

项 目	变 因	1986年		1988年	
		种 源 间	机 误	种 源 间	机 误
自 由 度		10	33	11	60
平 方 和		13 293	26 397	6 593	10 910
均 方		1 329	800	599	182
F 值		1.66 ^{NS}		3.29**	

川、滇、黔三省邻界区为17.2%~35.1%，平均25.5%，黔西赫章种源只有3.3%。

冻害除造成植株死亡外，因针叶受害对残留株的生长也有不良影响(表6)。

表 6 冻害后不同种源生长量增、减比较 (单位: cm)

种 源	1984年净 生长量	1985年生长量		1987年净 生长量	1988年生长量	
		净生长	比上年增加或减少 (%)		净生长量	比上年增加或减少 (%)
滇西南亚区	25.7	16.6	-35.4	34.7	17.7	-50.0
川、滇、黔三省邻界亚区	24.7	21.5	-13.0	44.0	18.8	-57.3
大巴山亚区	18.5	23.8	+28.6	30.6	37.8	+23.5
秦岭亚区	11.0	16.0	+45.5	20.5	25.8	+25.9

表6表明无冰冻年份(1983~1986年)，云贵高原种源的年生长量大于秦岭一大巴山区种源，轻微冰冻(1984年)对北方种源的新梢生长无影响，对南方种源有较大影响，而且对滇西种源的影响明显大于东部种源，严重冰冻后(1987年)从相对生长量看，云贵高原各种源的减速后效基本一致，实际上川滇黔三省邻区种源生长量仍大于滇西种源。北方种源对冷冻仍无不良反应，生长量比上年有所提高，这与华山松幼龄期树高生长规律是一致的。

为探讨抗寒性的地理变异模式，又着重研究了安化点冻害与原产地有关因子的关系。表7

表 7 湖南安化县试点华山松冻害性状与原产地主要因子关系

冻 害 性 状	原产地纬度			原产地经度			气温年较差		
	r	a	b	r	a	b	r	a	b
1986年冻害指数	-0.791	213.6	-7.55	-0.716	313.5	-2.94	-0.740	129.5	-2.98
1988年冻害指数	-0.779	261.89	-7.45	-0.821	408.0	-3.37	-0.891	203.7	-3.59
1988年死亡率	-0.794	367.50	-12.89	-0.792	602.1	-5.66	-0.793	241.4	-5.55

注: r 为相关系数, a 为截距, b 为回归系数。相关系数均达极显著水平。

表明, 华山松的抗寒力有由南向北、由西到东渐次提高趋势。可以认为原产地气温的年变化幅度是形成华山松抗寒性的主要自然选择因子, 它在华山松不同气候生态型的遗传分化中起重要作用。

三、结论和建议

经过11个点多年的观测和分析, 揭示了我国大陆部分分布的华山松, 在抗寒性上有明显地理歧异, 并具有渐变模式。根据苗期和幼树的抗寒性表现, 可以把大陆部分的华山松分成云贵高原地理气候型和秦岭一大巴山地理气候型。以云南哀牢山为界, 可把云贵高原地理类型再区分为西南部和东北部两个亚气候型, 前者抗寒性极弱, 后者稍强。秦岭一大巴山地理气候型的华山松虽有很强的耐寒能力, 但地理类型内部也有地理性差异, 又可进一步分成大巴山区亚气候型和秦岭山区(包括六盘山和中条山区)亚气候型。

由于各气候型和亚气候型的抗寒性不同, 各地在发展华山松时不能只考虑生长力, 而必需把抗寒性放在首位。总的原则是: 秦岭地区种子可超越华山松自然分布北界造林, 大巴山区种源不可向北远距离调用; 云贵高原种源一般不宜向秦岭一大巴山区调用, 只宜在本地区

使用。但在湖南和湖北省一些受寒潮侵袭较少的山区,如种植云贵高原东部的华山松种源,则比本地种源优越,可以谨慎引种。为了提高秦岭—大巴山区华山松的生长量,可试行本地种源与云贵高原种源的杂交以利用种源间杂交效应。

参 考 文 献

- [1] Kuser, J. E. et al., 1986, Provenance variation in phenology and cold hardiness of Western Hemlock seedlings, *For. Sci.*, 3:463~470.
- [2] Larsen, J. B., 1979, Frost hardiness studies in douglas-fir, in: Proc. of the IUFRO joint meeting of working parties, Vancouver, Canada, 1: 169~172.
- [3] 全国杉木种源试验协作组, 1988, 杉木造林区种源选择, 林业科学研究, 1(1): 1~13.
- [4] 全国侧柏种源试验协作组, 1987, 全国侧柏种源试验苗期生长和越冬性状变异的研究, 北京林业大学学报, 9(2): 241~248.
- [5] 侯学煜, 1982, 中国植被地理及优势植物化学成分, 科学出版社, 17~19.

GEOGRAPHIC VARIATION OF COLD HARDINESS OF *PINUS ARMANDI*

Ma Changgeng

(The Research Institute of Forestry CAF)

Zhang Yunyue

(The Research Institute of Forestry of Anhua county, Hunan Province)

An Dingguo

(The Xiaolongshan Experimental Farm of Forestry, Gansu Province)

Abstract This paper deals with the results of a series provenance trials of *Pinus armandi* at 11 locations. The overwintering characteristics of the seedlings at the age of 1—3 years in the nurseries and frost resistance of young trees in the field were investigated. It was found that virtually all seedlings of the 11 Yun-gui Plateau provenances had died in the northern portion of its range and heavy mortality and dieback of trees occurred during the 4—8 years in the field in the central portion of China. These data clearly indicated that cold hardiness of southern provenances was very weak. In contrast to these, no provenances come from the Daba-Qinling Mountains were lost from the frost. A strong relationship between latitude of seed origin and mortality as well as frost damage was found with correlation coefficient $R = 0.794^{**}$.

Key words *Pinus armandi* Franch.; provenance trial; cold hardiness