

# 不同产地青杨抗寒性变异的研究\*

杨自湘 王守宗 韩玉兰

**摘要** 应用电导法测定电解质渗漏质,研究了青杨分布区内 21 个产地、每产地 17 个单株的三年生幼树上的一年生休眠枝条的抗寒性,结果表明:产地内单株间有差异,产地间抗寒的能力与纬度变化呈显著正相关。此外还调查了各产地青杨的封顶期及芽萌发期,发现不同产地青杨的封顶期、芽萌发期也与纬度呈正相关变化。说明不同产地的青杨秋末抗早霜、抗冬季寒冷及抗晚霜能力都是适应各自起源地生态因子的结果。

**关键词** 青杨、电导法、抗寒性、种源、物候

青杨(*Populus cathayana* Rehd.)是我国特有的树种,是北方辽阔地区主要用材树种,也是培育适应我国“三北”地区杨树新品种的优良亲本资源。

青杨分布广,29°30′~44°32′N,100°51′~123°40′E 都有青杨分布。青杨种内形态及许多特性都有较大变异,但青杨种内抗寒性变异尚未见过报道。

Farmer<sup>[1]</sup>曾说过植物群体的抗寒能力一般由以下一个或多个能力组成:1. 生长枝条的耐霜冻能力(是指秋末对早霜的适应能力);2. 对冬季寒冷抵抗的变异能力;3. 延迟春季生长以抵抗早春低温的能力。植物秋末进入休眠是抵御早霜及冬季寒冷气候的一种保护性反应。一定地区起源的植物的抗寒能力是对当地生态因子适应性的反应,不同地区的植物诱导休眠及打破休眠的临界温度也是适应的结果,都是受遗传性状控制。

Daxter<sup>[2]</sup>于 1932 年提出植物组织用电导值变化显示因细胞膜受损而发生电解质渗漏的见解以来,电导法常被作为间接测定植物抗冻能力的有效方法。郭修武<sup>[3]</sup>、张德舜<sup>[4]</sup>在葡萄及一些常绿阔叶树种抗寒性研究中都应用了电导法。Votker<sup>[5]</sup>、Bigras<sup>[6]</sup>、Hawkins<sup>[7]</sup>等都曾应用电导法测定桉树(*Eucalyptus* sp.)、黑云杉(*Picea mariana* B. S. P.)及黄扁柏(*Chamaecyparis nootkatensis*(D. Don.) Spach)不同种群的抗寒性。本文报道了在青杨种源研究中应用电导法探索抗寒性变异的初步结果。

## 1 材料与方法

### 1.1 电解质渗漏测定

在青杨分布区内收集了 21 个产地青杨,每产地先随机采 20 个单株的 1 年生枝条,在北京中国林科院苗圃内建立收集圃。1994 年 1 月份采摘 3 年生幼树上 1 年生休眠枝,选用粗 1.2~1.5 cm 的枝条,剪去梢头 15 cm,截成 14 cm 长枝段供实验用。每产地选取 17 个单株,每份材

1996—04—26 收稿。

杨自湘副研究员,王守宗(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);韩玉兰(内蒙古自治区赤峰市林业研究所)。

\* 本文为 1993~1994 年国家自然科学基金资助项目“青杨及其近缘种基因资源系统学及遗传评价”部分内容。

料取4个截段,用塑料布包裹后,将截段的材料置于-20℃的冰箱内人工冷冻30d,取出后置温室(17℃)1d。称取5g处理枝条,剪成2mm薄片,放入烧杯中,加入15mL无离子水浸12h,用DDS-11型电导仪测浸泡液电导值,再将泡有试材的浸泡液烧杯放入煮沸的水浴锅中热处理25min,杀死枝条,后取出烧杯在室温下晾2h,测定溶液的最大电导值。每份试材重复两次后取平均值做统计。同时用自然状态下越冬的休眠枝条做一组平行对照。

计算电解质渗出率公式:

$$\text{电解质渗出率}(\%) = \frac{\text{浸泡液电导值}}{\text{煮沸后浸泡液电导值}} \times 100\%$$

## 1.2 物候期观测

在林科院苗圃内,春天记载各产地植株芽萌发时间,秋天记载封顶时间。全树有50%以上绿色芽尖从芽鳞中伸出的日期,定为该植株芽萌发日期;全树有50%以上幼树主干顶芽无幼叶伸展的日期,定为该植株封顶期。每一产地(20株)中有一半植株进入芽萌发或封顶标准则定为这一产地的芽萌发期或封顶期。

## 1.3 各种源小枝形态

实验发现,21个产地青杨的1年新生小枝条形态明显分成圆柱形和棱形两大类,因为1年生小枝形态有重要分类学的价值,所以实验中记载了各产地1年生枝条的形态特征,供研究其物候性和抗寒性差异。

# 2 结果与结论

## 2.1 不同产地青杨抗寒性差异

植物经过秋季锻炼抗寒能力逐步提高,深冬时其抗寒能力达最高峰,以后又逐步减低。Simpson<sup>[8]</sup>在研究白云杉(*Picea glauca* (Moench) Voss.)的芽、叶、枝的抗寒性季节变化时指出:芽、叶、枝的抗寒性都表现为早秋弱,深冬最强。Hawkins<sup>[7]</sup>也指出黄扁柏幼树的抗寒能力从9月到次年1月是逐渐增强,以后开始逐渐降低。由于本试验在北京严冬季节取材,故所测的抗寒性应是最大抗寒性。

在北京,21个不同产地青杨的378个单株,除四川奉节青杨1年生苗新梢有部分冻害外,其余的都能安全过冬。所测各产地17个单株人工冷冻处理试材及自然越冬对照试材的平均电解质渗出率(下称渗出率)的平均值列入表1。

表1 21个不同产地青杨电解质渗出率

(1994年)

序号	产地	北纬 (°)	处理后电解质 渗出率 (%)	对照电解质 渗出率 (%)	1年生小枝 形状	封顶期 (月—日)	萌动期 (月—日)
1	内蒙巴林左旗	44 32	38.91	25.56	圆茎	08—18	03—22
2	内蒙赤峰	42 20	45.68	31.55	圆茎	08—20	03—23
3	河北邓栅子	41 42	43.69	31.21	圆茎	08—20	03—21
4	内蒙宁城	41 40	44.13	37.43	圆茎	08—18	03—24
5	河北丰宁	41 30	45.62	32.28	圆茎	08—18	03—22
6	河北承德	41 00	49.52	38.30	有棱	09—08	03—22
7	内蒙凉城	40 30	45.68	37.89	圆茎	08—20	03—22
8	河北青龙	40 30	46.91	36.36	圆茎	08—25	03—23

(续表)

序 号	产 地	北 纬 (°)	处理后电解质 质渗出率 (%)	对照电解质 质渗出率 (%)	1 年生小枝 形 状	封顶期 (月—日)	萌动期 (月—日)
9	河北涿鹿	40 24	48.85	37.52	有棱	08—18	03—22
10	山西灵邱	39 35	51.89	38.94	有棱	09—08	03—23
11	山西恒山	39 30	47.39	34.54	圆茎	08—18	03—22
12	山西五台	39 20	50.90	37.13	有棱	09—14	03—23
13	甘肃张掖	38 52	48.32	29.44	圆茎	08—18	03—23
14	山西耿镇	38 31	52.60	40.01	有棱	09—14	03—22
15	山西沂县	38 24	49.45	40.35	有棱	09—14	03—22
16	山西文水	37 32	49.03	37.67	圆茎	08—30	03—23
17	青海东部	37 20	49.01	39.19	有棱	09—14	03—25
18	甘肃临夏	35 21	53.46	35.13	有棱	09—10	03—24
19	陕西陇县	34 50	52.60	40.73	圆茎	09—14	03—27
20	河南卢氏	34 02	49.15	36.74	有棱	09—14	04—04
21	四川奉节	31 10	52.09	40.78	圆茎	09—14	04—08
平 均			48.33	36.13			
变异系数(%)			11.53	10.94			

各产地处理试材的渗出率平均值变动在 38.71% ~ 53.46% 之间, 产地间总平均值为 48.33%, 变异系数为 11.53%, 各产地对照试材的渗出率平均值变动在 25.56% ~ 40.78% 之间, 总平均值为 36.13%, 变异系数为 10.94%。处理试材的渗出率全部高于对照试材的渗出率, 21 个产地间渗出率的方差分析列入表 2。

表 2 人工冷冻条件下 21 个产地青杨电解质渗出率方差分析

变 因	自由度	平方和	均 方	方差比	F 理论值
产地间	20	3 924.75	196.237 5	8.57* *	$F_{0.05} = 1.6$
产地内	356	8 010.50	22.887 1		$F_{0.01} = 1.9$
总 的	376	11 935.25			

从表 2 中看出, 方差比值远远大于理论方差比值, 表明各产地处理试材渗出率平均值差异显著, 从而表明抗寒性极不相同。其中巴林左旗青杨渗出率最低, 为 38.91%, 临夏及奉节青杨渗出率为 53.46% 及 52.09%, 分别比巴林左旗的青杨高出 37.39% 及 33.87%。计算青杨的渗出率与原产地纬度的相关(表 2)  $r = -0.7061$ , 较理论相关值大, 达到显著负相关。因渗出率值低, 示抗寒性高, 渗出率值高, 示抗寒性低, 所以各产地间青杨的抗寒能力与原产地纬度是呈正相关。同样计算各种源未处理对照的渗出率与纬度相关, 看到相关系数为  $r = -0.5827$ , 同样大于理论相关值, 表现为显著负相关, 与处理后的结果有相同趋势。同样计算对照与处理材料的渗出率相关, 系数为  $r = 0.7251$ , 两者呈显著正相关, 表明一月份自然休眠枝条与加强冰冻处理的枝条抗寒性表现基本一致, 即不同纬度的青杨的渗出率随纬度升高而下降, 其抗寒性则随着纬度的上升而加强。Lowns<sup>[9]</sup>认为树木休眠是一种对变化环境的进化表现, 一个树种经常在 0 左右环境下将会发展耐寒的深度生理休眠, 生长在不同纬度中的植物群体各自对低温要求是严格的。Hawkins<sup>[7]</sup>认为黄扁柏种群的抗寒性受所处环境影响, 原生长在高海拔地区的幼树抗寒性高于低海拔地区的幼树。因此可以认为树种对 0 以下低温的抵抗能力是树木在

当地条件下长期进化中自然选择的结果,是对原环境中温度选择压的适应反应。不同纬度青杨在抗寒性上表现的明显差异正是对各自原产地生态因子适应的结果。

## 2.2 不同产地青杨封顶、萌芽期与抗寒性的变异

从表1看出同时生长在北京的各地青杨的封顶期与芽萌发期相当不同,封顶期变动在8月18日到9月14日,相差27 d,芽萌发期从3月22日到4月8日,相差18 d。如巴林左旗青杨在8月18日进入封顶期,翌年3月22日芽开始膨大;而奉节青杨于9月14日才开始封顶,几乎比巴林左旗青杨晚一个月,而春季开芽期也迟半个月。计算封顶所需日数:以秋季8月1日为开始期,8月18日即计为18 d,8月20日计为20 d,9月8日计为39 d;计算开芽所需日数,以春季3月1日为开始期,3月21日计为21 d,3月23日计为23 d,4月8日为39 d。计算这两个主要物候期与原产地纬度的相关关系(见表3),封顶时间与纬度的相关为 $r = -0.7926$ ,芽萌发时间与纬度为 $r = -0.6823$ ,都随产地纬度升高而提前,随纬度降低而延迟,同样说明生长在不同纬度的青杨进入生理休眠及打破休眠状态的诱导温度有一个梯度变化,是青杨对原产地综合生态因子梯度变化的遗传适应,反应了青杨休眠习性的遗传变异与环境的关系。

表3 电解质渗出率与其它因子的相关系数

电解质渗出率	纬度	封顶期	萌芽期	对照电解质渗出度
处理后	-0.7061	0.6743	0.4471	0.7251
对照	-0.5827	0.5823	0.3346	
1年生枝圆茎	-0.8090	0.5313	0.5982	
1年生枝有棱	-0.6832	0.2845	0.5009	

注:  $P_{0.01}$ 的 $r = 0.53$ 。

试验还计算了渗出率与芽萌发时间及封顶时间的关系(见表3),发现封顶早晚与渗出率存在显著的正相关( $r = 0.6743$ ),芽萌发期与渗出率也是正相关,但相关不显著( $r = 0.4556$ )。前言中已提到加拿大学者 Farmer 认为植物群体的抗寒能力表现在三个方面,春季新枝开始生长早晚也与抗春季低温的能力有关。北方种源较早进入休眠,以提高机体抗早霜冻能力,南方种源封顶期晚,所以在北方抗早霜能力弱;南方种源在春季推迟萌芽是因为芽萌动要求的温度高于北方种源,北方种源较早萌动,说明它在早春可解除休眠。Worrall<sup>[10]</sup>观察到南北两种种源香脂杨(*Populus balsamifera* L.)栽在同一地区时,北方种源芽萌动临界温度低于南方种源,它开始生长就早于南方种源,也表现北方种源在春季抗低温能力强于南方种源,北方种源有较高的诱导休眠的临界温度,说明北方种源具有较强的耐霜冻能力。

综上所述,可以认为青杨的最大抗寒性与其物候表现有紧密相关,证明青杨的抗寒性遗传变异与其物候表现的变异是有关的,通过物候表现可窥测其抗寒的能力。

## 2.3 青杨1年生枝条形态与抗寒性的关系

青杨1年生枝条的形态,文献中记载不尽一致,在中国植物志上记载青杨小枝圆柱形,有时具角棱。表1中也看到所采集的青杨1年生小枝形状有圆柱形和棱形两种。从分布看,分布在高纬度和高海拔的五个产地的青杨都是圆柱形状,同时也看到由北到南,由西向东圆柱形与有棱形的青杨因产地、海拔不同而相间分布。从表1的数据还表明具圆柱形的青杨电解质渗出率普遍较有棱形的青杨低,如圆柱形青杨的总平均渗出率为46.12%,有棱青杨的总平均渗出率为50.58%,说明圆柱形青杨抗寒性高于有棱青杨。分别计算新生小枝圆柱形青杨、有棱青

杨与各自分布纬度的相关(表 3), 可见两种小枝形态的青杨的抗寒性虽然与原产地纬度的相关都达到极显著水平, 但圆柱型小枝的相关更显著些, 尤其圆柱形青杨的相关系数还高于 21 个产地青杨的分布纬度与渗出率的平均相关值。在采集的青杨资源中看到圆柱形的青杨一般分布在各地区的高海拔地带, 而有棱的青杨一般分布在当地的一些山谷和海拔低的地方。

### 3 结 论

(1) 不同产地青杨的抗寒能力具有极显著的差异, 抗寒能力与各种源所在纬度呈极显著正相关。说明青杨的抗寒能力的差异是在所处各地不同生态因子筛选下获得的遗传性状。

(2) 不同产地青杨的封顶期、芽萌发期也表现与纬度正相关的变化。一般认为这与各地区的光照和温度因子的差异有关。北方种源除休眠期具有较强的抗寒能力外, 还表现出它的诱导休眠温度高于南方种源, 秋未提前进入休眠, 提高抗早霜能力。同时北方种源还表现打破休眠的临界温度低于南方种源, 它能适应北方早春的寒冷气候, 但可能由于萌动早, 早春不正常的晚霜的到来却会给北方种源带来伤害, 南方种源却在适应环境条件中获得了延迟芽萌发, 来躲过早春的低温霜冻。

(3) 从本实验可看到两种 1 年生枝条形态不同的青杨在抗寒性上有差异。

(4) 由于不同产地青杨抗寒性不同, 各地在进行杂交育种时, 应重视亲本产地的选择和组配, 以达到新育成的无性系的物候期及抗寒性能与本地气候相适应, 实现在高度适应基础上的速生和高产。

### 参 考 文 献

- 1 Farmer R E, Reinholt R W. Genetic variation in dormancy relations of balsam poplar along a latitudinal transect in northwestern Ontario. *Silvae Genetica*, 1986, 35: 38 ~ 42.
- 2 Dexter S T, Tottingham W E, Grabe L F. Prilliminary results in measurmi the hardiness of plants. *Plants Physiology*, 1930, 5: 215 ~ 223.
- 3 郭修武. 葡萄根系抗寒性鉴定方法研究. *葡萄栽培与酿酒*, 1994, (4): 26 ~ 29.
- 4 张德瞬. 八种常绿阔叶树种抗寒性的研究. *园艺学报*, 1994, 21(3): 283 ~ 287.
- 5 Volker W, Owen J V, Barralho N M G. Genetic variances and coriances for frost tolerance in *Eucalyptus globulus* and *E. nitens*. *Silvae Genetic*, 1994, 43(5 ~ 6): 366 ~ 372.
- 6 Bigras F J, Calme S. Viability test for estimating root cold tolerance of black spruce seedlings. *Can. Jou. For. Res.*, 1994, 24(5): 1039 ~ 1048.
- 7 Hawkins B J, Russell J, Short R. Effect of population, environment and maturation on the frost hardiness of yellow-cedar. *Can. Jou. For. Res.*, 1994, 24(5): 945 ~ 953.
- 8 Simpson D G. Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of white spruce buds, foliage and stems. *Can. Jou. For. Res.*, 1994, 24(5): 1066 ~ 1070.
- 9 Lewins R. Dormancy as an adoptice strategy. *Symp. Soc. Experimental biology*, 1969, 23: 1 ~ 10.
- 10 Worrall J. Temperature bud burst relationships in amabills and subalpine fir provenance tests replicated at different elevations. *Silvae Genetica*, 1983, 32, 203 ~ 209.

## Cold Tolerance Variations of *Populus cathayana* Clones from Different Populations

Yang Zixiang    Wang Shouzhong    Han Yulan

**Abstract** This article expounded the cold tolerance of 21 populations of *Populus cathayana* clones, which was measured by conductimetry method. The samples collected for the experiment were one-year-old dormant shoots of three-year-old trees which came from 17 individuals of each populations. Differences were found among individuals within the same populations, but the differences among populations were significant. Cold tolerance among populations correlated with latitude positively. The dormant time and budbreak time were also investigated and it showed that the dormant time and budbreak time correlated positively with latitude, which demonstrated that the early frost tolerance in late autumn, cold tolerance in winter and late frost tolerance in early spring of each populations were the result of adapting the ecological factors of origin places.

**Key words** *Populus cathayana*, conductance, cold tolerance, provenance, phenology

---

Yang Zixiang, Associate Professor, Wang Shouzhong (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091); Han Yulan (Chifeng Research Institute of Forestry, Inner Mongolia Autonomous Region).