

文章编号: 1000-5692(2000)02-0121-05

# 黑杨派新无性系水培苗对盐胁迫反应的研究

张立钦<sup>1</sup>, 郑勇平<sup>2</sup>, 吴纪良<sup>3</sup>, 孙品雷<sup>4</sup>, 杨 彤<sup>5</sup>

(1. 浙江林学院资源与环境系, 浙江临安 311300; 2. 浙江省林业厅种苗站, 浙江杭州 310004; 3. 浙江省富阳市万市镇林业站, 浙江富阳 311406; 4. 浙江省杭州市森林病虫害防治站, 浙江杭州 310009; 5. 浙江教育学院, 浙江杭州 310012)

**摘要:** 报道了美洲黑杨 I-69 杨×小叶杨 F<sub>1</sub> 的 5 个新无性系及亲本 I-69 水培苗对盐胁迫反应的试验结果。采用 Hoagland-Snyder (1933) 溶液加氯化钠的盐胁迫液水培和随机区组试验设计方法, 设 4 个盐胁迫水平 (A, B, C, D), 其含盐量分别为  $1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $3\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 3 次重复。试验结果表明, 生物量、叶面积和苗高等是对盐胁迫反应比较敏感的指标。通过应用“坐标综合方法”对 9 个生长指标综合评定, 6 个无性系的抗盐能力顺序为 80117>80105>80106>I-69>80108>80121。表 8 参 4

**关键词:** 胁迫; 抗盐性; 黑杨派; 无性系; 水培

**中图分类号:** S718.43; Q945 **文献标识码:** A

杨树在我国种植推广的历史比较长, 是我国广大平原地区造林绿化的优良速生树种之一, 尤其是黑杨派, 不仅生长快, 而且抗逆性好<sup>[1~4]</sup>。南京林业大学以美洲黑杨 I-69 杨 [ *Populus deltoides* Bartr. cv. 'Lux' (I-69/55)] 与小叶杨 (*P. simoni*) 进行派间杂交所得 F<sub>1</sub> 代新无性系, 不仅生长快, 材质好, 而且抗逆性强, 许多性状优于亲本。为了丰富浙江省沿海海涂开发利用所需的造林树种, 我们选择其中的几个优良杨树新无性系进行了室内水培抗盐性试验, 期望通过叶面积、苗高和生物量等指标对盐胁迫反应, 对各无性系的抗盐能力作一综合评价。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料准备

1997 年 2 月 26 日, 在浙江林学院苗圃上采集 I-69 杨×小叶杨 F<sub>1</sub> 代 5 个新无性系 80105, 80106, 80108, 80117, 80121 及亲本 I-69 的 1 年生枝条, 截成 25 cm 长的插穗, 从中选出粗细均匀, 且具 2~3 个芽的穗条用作水培。

### 1.2 试验设计和步骤

将选出的供试插穗固定于桶盖上, 每桶 4 株, 放在实验室内向阳处, 用清水培养, 自然光照和温度<sup>[4]</sup>。3 月 25 日, 插穗展叶时, 转入 Hoagland-Snyder 培养。待每株水培苗长出 10 片叶子左右时, 开始进行盐胁迫处理。胁迫液设计采用随机区组试验设计, 4 个水平,  $1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $3\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  氯化钠 (NaCl, 对照), 设 3 次重复。胁迫液每 10 d 换 1 次。转入盐胁迫液后, 定期观察水培苗在盐环境下的反应, 并测定叶面积和苗高等。6 月 4 日结束水培试验, 测定生物量。

收稿日期: 1999-12-21; 修回日期: 2000-02-22

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目

作者简介: 张立钦(1961—), 男, 浙江温州人, 副教授, 博士, 从事森林保护学研究。

### 1.3 测定项目及测定方法

在盐渍条件下, 由于过多的盐分影响了林木体内的生理生化过程, 干扰了植物体内的平衡, 所以林木所表现出来的性状、积累的生物量及同化物质在各部分的分配和积累必然受影响。

1.3.1 叶面积测定 进入盐胁迫前测定1次, 胁迫后每隔8 d测定完全展开叶的长度和宽度。叶面积用方程估算。建模方法: 采集各无性系40~50片叶, 测出其长度和宽度, 先用方格纸测出各片叶面积, 再用多元回归方法拟合无性系叶面积与叶长宽之间的估算方程(表1)。

1.3.2 苗高测定 胁迫前测定1次, 胁迫以后每隔8 d测1次(精确到1 mm), 测出插穗上新长出的水培苗高度, 并一一记录。

1.3.3 生物量测定 在6月4日试验全部结束后进行。将苗株从胁迫液中移出, 及时称出苗木叶、茎和根的鲜质量, 同时各取部分样品, 置于105 °C烘箱内烘干至恒重。根据各部分含水量, 计算出根、茎和叶的干质量及总干质量。

表1 室内水培苗各无性系叶面积方程

Table 1 Leaf-area equations for 6 clone seedlings from water culture

| 无性系   | 叶面积估算方程                                | 复相关系数  |
|-------|--|--------|
| I-69  | $y = 25.4765 + 4.8285x_1 + 3.6922x_2$  | 0.9883 |
| 80105 | $y = -4.9696 + 2.8429x_1 + 1.2561x_2$  | 0.9441 |
| 80106 | $y = -8.1354 + 2.1769x_1 + 3.3004x_2$  | 0.9395 |
| 80108 | $y = -28.0040 + 3.7209x_1 + 5.2532x_2$ | 0.9773 |
| 80117 | $y = -25.4853 + 3.9092x_1 + 4.4614x_2$ | 0.9795 |
| 80121 | $y = -17.0730 + 4.4896x_1 + 2.2592x_2$ | 0.9564 |

说明:  $y$  为叶面积;  $x_1$  为叶长;  $x_2$  为叶宽

## 2 结果与分析

### 2.1 总生物量的反应

各无性系在不同NaCl浓度胁迫条件下总生物量见表2。方差分析表明各无性系之间存在着极显著差异, 其中80117的总生物量最大, 为 $2.51 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ ; I-69及80105也较高, 分别为 $2.15 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 和 $2.12 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ , 但三者间无显著性差异。80108和80121为最小, 分别为 $1.04 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 和 $0.88 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。不同盐胁迫水平下的总生物量也有显著性差异。低质量浓度(A, B)对总生物量积累有促进作用, A, B水平下平均总生物量为 $1.96 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 和 $1.88 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ , 高于对照; 但高质量浓度上( $3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 生物量积累抑制, 平均为 $1.74 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。另外, 从干质量汇总表(表2)中可得出, 80117与I-69的总生物量在盐胁迫处理A, B, C和D下优于其他几个无性系。

### 2.2 茎干质量的反应

不同NaCl质量浓度胁迫条件下各无性系的茎干质量见表2。方差分析表明各无性系间存在极显著差异, 其中80117和80105茎干质量为最高, 远远优于其他无性系, 分别为 $0.68$ 和 $0.67 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ , 而80108和80121最低。同一无性系不同盐胁迫水平的茎干质量也存在显著差异, 但各胁迫下茎干质量反应各异。低质量浓度( $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ )水平对茎干质量有正效应, 而盐质量浓度 $\geq 2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 则质量浓度越大, 茎干质量越小, 均低于对照。

### 2.3 叶的反应

叶是植物光合作用、蒸腾作用和气体交换最主要的器官, 作为植物的主要同化器官和生理活动最旺盛的部分, 对植物体内的各种变化极其敏感。盐的质量浓度过高造成植物体内部不平衡, 最先通过叶子表现出来, 通过叶子影响全株。所以叶子的变化能比较直接地反映出该植株的抗盐能力。

2.3.1 叶的症状反应 NaCl危害杨树叶子症状: 叶片失绿, 黄化, 尖端呈钩状, 严重的叶尖端干枯, 直至整个叶片干枯脱落。本次试验盐的质量浓度设计不高, 这种症状在整个试验期间不很明显。80121与80108反应稍强烈, 在C水平下, 失绿率和黄化率分别为40%和20%, 出现叶子枯落现象。另外几个无性系反应不明显。只是到后期, 在C水平下80106和80107的部分叶子出现少量胁迫斑。

2.3.2 叶面积生长率的变化 在盐胁迫条件下, 叶面积生长率受到不同程度的影响, 不同胁迫水平, 不同无性系叶面积有不同的变化。表3表明, 80105和80106随盐的质量浓度增加生长率呈现下降趋势, 但下降幅度不是很大, 说明它们具一定耐盐性。80117, 80108和I-69在低质量浓度水平下(A或

B 水平), 叶面积增长率呈现上升趋势, 但超过  $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 叶面积增长率大幅度下降, 说明在低质量浓度下, 耐盐性较强, 同时也说明低质量浓度盐对叶面积生长有一定促进作用。

2.3.3 叶干质量的变化 在盐胁迫条件下各无性系叶干质量见表 2。方差分析表明各无性系间有极显著差异。80117 与 I-69 的叶量最大, 分别为  $1.57 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$  和  $1.39 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ , 而 80109 和 80121 为最小, 分别为  $0.63 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$  和  $0.58 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。盐的质量浓度对叶干质量也有极显著的影响, A, B 水平下叶干质量较大, 分别为  $1.16 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$  和  $1.17 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ , 高于对照 ( $1.10 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ ); 而 C 水平下叶量减少为  $0.88 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

### 2.4 高生长的反应

不同 NaCl 的质量浓度胁迫条件下各无性系试验结果表明, 苗高对盐胁迫反应也很敏感 (表 4~7)。从表中可看出, 在 C 水平下苗高生长都受明显的抑制, 生长几乎停滞。80105, 80106 和 80121 的对照苗高生长以正常节律增长, 但在盐胁迫条件下, 生长受到抑制。80117, I-69 和 80108 在低质量浓度下高生长有促进作用。值得注意的是 80105, 80106 和 80107 在各水平处理后期高生长呈下降的趋势, 而 80108 和 I-69 呈现上升趋势。原因值得探讨。对盐胁迫处理后的苗高分析表明, 各无性系苗高之间存在极显著差异, 80117, 80115 和 80107 苗高于其他几个无性系, 80121 为最小; 同一无性系在不同盐胁迫水平下的苗高之间也存在着显著差异, A 水平下最高, 为  $24.71 \text{ cm} \cdot \text{株}^{-1}$ , 其次为 D 和 B, 分别为  $22.98 \text{ cm} \cdot \text{株}^{-1}$  和  $22.77 \text{ cm} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

### 2.5 NaCl 胁迫对根系生长的影响

树种的根系特性是选择造林树种的重要依据之一, 良好的根系对抗逆性具有重要意义。

2.5.1 各无性系生根能力的比较 生根力是判定无性系适应性和抗逆性的主要指标。生根力受强基因控制, 对环境条件不敏感。生根力强的无性系早期生长快, 抗逆性强。在本次试验所用的 6 个无性系中, 80117, 80105 和 80106 生根早, 比 I-69, 80108 和 80121 生根力强。

2.5.2 NaCl 胁迫下根干质量的变化 对各参试无性系根干质量方差分析结果表明 (表 2), 不同盐胁迫条件下根干质量有显著性差异, A, B 和 C 条件下各干质量皆大于对照, 且在 B 条件下为最大。这

表 2 不同 NaCl 质量浓度胁迫条件下水培苗株总生物量及其组成部分干质量汇总表

Table 2 Influence of NaCl stress on biomass, dry leaf weight, dry stem weight and dry root weight

| 无性系   | 总干质量/ ( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ ) |      |      |      |      | 叶干质量/ ( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ ) |      |      |      |      |
|-------|--|------|------|------|------|--|------|------|------|------|
|       | A  | B    | C    | D    | 平均   | A  | B    | C    | D    | 平均   |
| I-69  | 2.65                                     | 2.87 | 1.78 | 1.28 | 2.45 | 1.59                                     | 1.90 | 1.17 | 0.88 | 1.39 |
| 80105 | 2.10                                     | 1.98 | 1.98 | 2.42 | 2.12 | 1.18                                     | 1.09 | 1.17 | 1.42 | 1.22 |
| 80106 | 1.62                                     | 2.17 | 1.33 | 2.02 | 1.79 | 1.01                                     | 1.26 | 0.84 | 1.15 | 1.07 |
| 80108 | 1.53                                     | 1.15 | 0.56 | 0.92 | 1.04 | 0.80                                     | 0.76 | 0.33 | 0.65 | 0.63 |
| 80117 | 2.95                                     | 2.57 | 2.08 | 2.44 | 2.51 | 1.80                                     | 1.67 | 1.32 | 1.50 | 1.57 |
| 80121 | 0.90                                     | 0.54 | 0.71 | 1.37 | 0.88 | 0.58                                     | 0.35 | 0.45 | 0.95 | 0.58 |

| 无性系   | 茎干质量/ ( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ ) |      |      |      |      | 根干质量/ ( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ ) |      |      |      |      |
|-------|--|------|------|------|------|--|------|------|------|------|
|       | A  | B    | C    | D    | 平均   | A  | B    | C    | D    | 平均   |
| I-69  | 0.70                                     | 0.73 | 0.42 | 0.31 | 0.54 | 0.36                                     | 0.24 | 0.18 | 0.10 | 0.22 |
| 80105 | 0.75                                     | 0.58 | 0.50 | 0.84 | 0.67 | 0.17                                     | 0.31 | 0.32 | 0.16 | 0.24 |
| 80106 | 0.50                                     | 0.66 | 0.35 | 0.71 | 0.56 | 0.11                                     | 0.25 | 0.14 | 0.16 | 0.17 |
| 80108 | 0.56                                     | 0.26 | 0.21 | 0.25 | 0.32 | 0.18                                     | 0.13 | 0.02 | 0.03 | 0.09 |
| 80117 | 0.85                                     | 0.60 | 0.50 | 0.75 | 0.68 | 0.30                                     | 0.29 | 0.26 | 0.18 | 0.26 |
| 80121 | 0.23                                     | 0.16 | 0.18 | 0.37 | 0.23 | 0.08                                     | 0.02 | 0.08 | 0.05 | 0.06 |

表 3 水培苗在胁迫处理前后叶面积变化

Table 3 Variance of leaf area before and after NaCl stress

| 无性系   | A      |         |        | B      |         |        |
|-------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
|       | 前      | 后       | %      | 前      | 后       | %      |
| I-69  | 142.56 | 1415.79 | 893.12 | 261.85 | 1439.71 | 449.82 |
| 80105 | 356.51 | 1002.46 | 181.19 | 376.89 | 998.44  | 164.92 |
| 80106 | 347.43 | 1159.02 | 233.60 | 421.09 | 1354.99 | 221.78 |
| 80108 | 252.60 | 990.34  | 292.06 | 219.90 | 686.12  | 212.01 |
| 80117 | 383.90 | 2189.03 | 470.21 | 351.74 | 1823.79 | 418.51 |
| 80121 | 264.67 | 463.58  | 75.16  | 211.91 | 411.33  | 94.11  |
| 无性系   | C      |         |        | D      |         |        |
|       | 前      | 后       | %      | 前      | 后       | %      |
| I-69  | 351.49 | 1398.07 | 597.76 | 145.40 | 986.60  | 578.54 |
| 80105 | 373.51 | 1026.67 | 174.87 | 355.21 | 1155.92 | 225.42 |
| 80106 | 334.98 | 1029.46 | 207.32 | 275.95 | 1213.91 | 339.90 |
| 80108 | 210.80 | 263.43  | 24.95  | 205.70 | 567.09  | 175.69 |
| 80117 | 530.02 | 1053.14 | 98.70  | 350.58 | 1793.54 | 411.59 |
| 80121 | 255.36 | 429.69  | 68.27  | 264.36 | 776.73  | 193.86 |

可能是一定的盐量对根系生长具有一定的促进作用,但机理尚不清。不同无性系间也存在显著差异,其中80117和80105的根干质量为最大,与其他几个无性系有显著差异。80108和80121为最小。

表4 A水平下不同无性系9个生长指标原始数据表

Table 4 Under A item nine growth index data of six clones

| 无性系   | 总干质量 | 叶干质量 | 茎干质量 | 根干质量 | 苗高 A * | 苗高 B * | 胁迫间苗<br>高生长量 | 总叶面积<br>(A) | 总叶面积<br>(B) |
|-------|------|------|------|------|--------|--------|--------------|-------------|-------------|
| I-69  | 2.65 | 1.59 | 0.70 | 0.36 | 9.1    | 2.2    | 12.9         | 142.56      | 1415.79     |
| 80105 | 0.10 | 1.18 | 0.75 | 0.17 | 14.8   | 27.5   | 12.7         | 256.51      | 1002.46     |
| 80106 | 1.62 | 1.01 | 0.50 | 0.11 | 15.8   | 28.2   | 12.4         | 347.43      | 1159.02     |
| 80108 | 2.53 | 0.80 | 0.56 | 0.18 | 12.8   | 20.6   | 7.8          | 252.60      | 990.34      |
| 80117 | 2.95 | 1.80 | 0.85 | 0.30 | 14.1   | 37.6   | 23.5         | 283.90      | 2189.03     |
| 80121 | 0.90 | 0.58 | 0.23 | 0.08 | 9.0    | 12.4   | 3.4          | 264.67      | 463.58      |

说明: A是4月22日观察的数据, B是5月31日观察的数据

表5 B水平下不同无性系9个生长指标原始数据表

Table 5 Under B item nine growth index data of six clones

| 无性系   | 总干质量 | 叶干质量 | 茎干质量 | 根干质量 | 苗高 A * | 苗高 B * | 胁迫间苗<br>高生长量 | 总叶面积<br>(A) | 总叶面积<br>(B) |
|-------|------|------|------|------|--------|--------|--------------|-------------|-------------|
| I-69  | 2.87 | 1.90 | 0.73 | 0.24 | 10.7   | 17.3   | 6.6          | 261.85      | 1439.71     |
| 80105 | 1.98 | 1.09 | 0.58 | 0.31 | 14     | 26.2   | 12.2         | 376.89      | 998.44      |
| 80106 | 2.17 | 1.26 | 0.66 | 0.25 | 19     | 30.6   | 11.6         | 421.09      | 1354.99     |
| 80108 | 1.15 | 0.76 | 0.26 | 0.13 | 12     | 15.2   | 3.2          | 219.90      | 686.12      |
| 80117 | 2.57 | 1.67 | 0.60 | 0.29 | 12     | 36.0   | 2.4          | 351.74      | 1823.79     |
| 80121 | 0.54 | 0.35 | 0.16 | 0.02 | 9.1    | 11.4   | 2.3          | 211.91      | 411.33      |

表6 C水平下不同无性系9个生长指标原始数据表

Table 6 Under C item nine growth index data of six clones

| 无性系   | 总干质量 | 叶干质量 | 茎干质量 | 根干质量 | 苗高 A * | 苗高 B * | 胁迫间苗<br>高生长量 | 总叶面积<br>(A) | 总叶面积<br>(B) |
|-------|------|------|------|------|--------|--------|--------------|-------------|-------------|
| I-69  | 1.78 | 1.17 | 0.42 | 0.18 | 11.5   | 16.5   | 5.0          | 351.49      | 1389.07     |
| 80105 | 1.98 | 1.17 | 0.50 | 0.32 | 14.7   | 26.7   | 12.0         | 373.51      | 1026.67     |
| 80106 | 1.33 | 0.84 | 0.35 | 0.14 | 15.1   | 23.2   | 8.1          | 334.98      | 1029.46     |
| 80108 | 0.56 | 0.33 | 0.21 | 0.02 | 11.1   | 13.5   | 2.4          | 210.80      | 263.43      |
| 80117 | 2.08 | 1.32 | 0.50 | 0.26 | 15.5   | 28.5   | 13.0         | 530.02      | 1053.14     |
| 80121 | 0.71 | 0.54 | 0.18 | 0.08 | 9.2    | 11.0   | 1.8          | 255.36      | 429.69      |

表7 D水平下不同无性系9个生长指标原始数据表

Table 7 Under D item nine growth index data of six clones

| 无性系   | 总干质量 | 叶干质量 | 茎干质量 | 根干质量 | 苗高 A * | 苗高 B * | 胁迫间苗<br>高生长量 | 总叶面积<br>(A) | 总叶面积<br>(B) |
|-------|------|------|------|------|--------|--------|--------------|-------------|-------------|
| I-69  | 1.28 | 0.88 | 0.31 | 0.09 | 7.7    | 15.6   | 7.9          | 145.40      | 986.60      |
| 80105 | 2.42 | 1.42 | 0.84 | 0.16 | 15.9   | 32.9   | 17.0         | 355.21      | 1155.92     |
| 80106 | 2.02 | 1.15 | 0.75 | 0.16 | 14.8   | 30.2   | 15.4         | 275.95      | 1213.91     |
| 80108 | 0.92 | 0.65 | 0.25 | 0.03 | 10.6   | 14.9   | 4.3          | 205.70      | 567.09      |
| 80117 | 2.44 | 1.50 | 0.75 | 0.18 | 12.7   | 31.2   | 18.5         | 350.58      | 1793.54     |
| 80121 | 1.37 | 0.95 | 0.37 | 0.05 | 9.0    | 13.1   | 4.1          | 264.36      | 776.73      |

## 2.6 抗盐性等级的综合评定

上面分析了不同盐胁迫条件下各无性系及各生长性状单项反应指标值之间的差异。现在对水培试验所得的各单项指标作一综合的数量评价。应用多维空间(欧几米德) $E^n$ 多向量的理论综合评价数学模型“坐标综合评定方法”,对不同无性系各生长性状在盐胁迫下的抗生反应作一综合评定。步骤如下:①将评定的9个生长性状指标分别按A, B, C和D 4个盐胁迫水平列出4个原始数据表。②在每一指标中找出最大值作标准值,令它等于1。这一指标列中其他每一值都除以该标准值,所得商值填入“矩阵坐标表”。③计算矩阵坐标表中各列数值与其他标准值商的离差平方和 $P_i^2 = (1 - a_{ij})^2$ ,填入 $P_i^2$ 综合评定表,再按横行求和即得上述每一指标的点间距离平方和值: $\sum P_i^2 = \sum (1 - a_{ij})^2$ 。根据 $\sum P_i^2$ 值大小排出评价序号, $\sum P_i^2$ 值大的则为该盐胁迫水平下抗盐性状较差的无性系。 $\sum P_i^2$ 值小的,则为抗盐性较好的无性系,在各 $\sum P_i^2$ 综合评定表中可看出。评价序号很明显表明了各胁迫水平下,各无性系生长性状对盐胁迫的抗性等级。结果见表4~7。

A水平 80117> 80105> I-69> 80106> 80108> 80121。B水平 80117> 80106> 80105> I-69> 80108> 80121。C水平 80117> 80105> I-69> 80106> 80121> 80108。D水平 80117> 80105> 80106> I-69> 80121> 80108。

将各无性系在各胁迫水平下的值综合成表8,计算横行平均的 $\sum P_i^2$ 评价值,最终得出抗盐性等级依次为80117> 80105> 80106> I-69> 80108> 80121。

### 参考文献:

- 张立钦, 郑勇平, 金佩英, 等. 用组织培养技术筛选杨树耐盐种质[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(4): 397~404.
- 陶吉兴, 杨雄鹰. 黑杨派南方型无性系立地质量数量化评价[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(4): 386~391.

- 张立钦, 郑勇平, 罗士元, 等. 杨树湿地松组织培养愈伤组织耐盐性[J]. 浙江林学院学报, 1997, 14(1): 16~21.
- 陈永辉, 伍寿彭, 毕绘蟾, 等. 中山杉无性系耐盐力的水培试验[J]. 江苏林业科技, 1990, (2): 11~16.

表8 室内水培无性系抗 NaCl 等级综合评价

Table 8 Resistant-NaCl sequence of 6 clones by integrative coordinate assessment

| 无性系   | $\sum P_i^2$ 平均值 |       |       |       | $\sum P_i^2$ 总平均值 | 评价序号 |
|-------|------------------|-------|-------|-------|-------------------|------|
|       | A                | B     | C     | D     |                   |      |
| I-69  | 1.095            | 1.225 | 0.987 | 2.440 | 1.437             | 4    |
| 80105 | 1.041            | 0.922 | 0.186 | 0.148 | 0.574             | 2    |
| 80106 | 1.563            | 0.574 | 1.051 | 0.314 | 0.876             | 3    |
| 80108 | 1.977            | 3.883 | 4.375 | 3.578 | 3.453             | 5    |
| 80117 | 0.082            | 0.225 | 0.096 | 0.055 | 0.114             | 1    |
| 80121 | 4.118            | 5.195 | 3.888 | 2.735 | 3.984             | 6    |

## NaCl stress of new Aigeiros clones seedlings from water cultures

ZHANG Li-qin<sup>1</sup>, ZHENG Yong-ping<sup>2</sup>, WU Ji-liang<sup>3</sup>, SUN Pin-lei<sup>4</sup>, YANG Tong<sup>5</sup>

(Department of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

2. Forest Station of Seeds and Nursery Stocks Forestry Department of Zhejiang Province, Hangzhou 310004,

Zhejiang, China; 3. Forest Station of Wanshi Town, Fuyang City, Fuyang 311406, Zhejiang, China; 4.

Forest Disease and Pests Control Station of Hangzhou City, Hangzhou 310009, Zhejiang, China; 5. Zhejiang

Education college, Hangzhou 310012, Zhejiang, China)

**Abstract:** The study was made for the NaCl stress of 6 poplar clones, which were five F<sub>1</sub> clones of I-69×Simon poplar and I-69. The seedlings for test were cultured by Hoagland-Snyder solution (1933) with NaCl. NaCl concentrations were designed for 1 g·L<sup>-1</sup>, 2 g·L<sup>-1</sup>, 3 g·L<sup>-1</sup>, 0 g·L<sup>-1</sup> and randomized block experiment for tri-duplication. The result showed that biomass, leaf area and seedling height were susceptible to NaCl. By integrative coordinate assessment, resistant-NaCl sequence of 6 clones were 80117> 80105> 80106> I-69> 80108> 80121.

**Key words:** stress; resistant-NaCl; Aigeiros; clone; water cultures