

文章编号: 1001-1498(2001)05-0472-07

中国大青杨基因资源研究*

苏晓华¹, 黄秦军¹, 张香华¹, 张绮纹¹, 王冰², 姚盛智²

(1 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091; 2 黑龙江省伊春市带岭林业科学研究所, 带岭 153106)

摘要: 收集我国东北林区特有乡土树种大青杨天然基因资源 400 多份, 在黑龙江省伊春带岭建立了我国第一个大青杨基因库。利用常规手段对其生长、物候、抗锈病和木材材性等性状进行了遗传分析, 利用高新技术方法从 DNA 分子水平上探测了大青杨天然群体的遗传结构和分化程度。经综合评价选出 5 个优良群体, 44 个优良单株。为该地区营建大青杨人工林奠定了一定基础, 为杨树抗性育种等提供了育种材料和信息。认为选择优良个体是近期大青杨改良的一条重要途径。

关键词: 东北林区; 大青杨; 基因资源; 遗传分析

中图分类号: S718.46 **文献标识码:** A

我国东北地区是杨属(*Populus*) 青杨派物种富集区之一, 从北到南自然分布着适应严寒生境的甜杨(*Populus suaveolens* Fisch.)、大青杨(*P. ussuriensis* Kom.)、香杨(*P. koreana* Rehd.) 和马氏杨(*P. maximowiczii* Henry) 等树种, 基本处于野生状态, 可供选择育种的基因资源潜力很大。研究发现, 由于树种间遗传隔离不严格, 种间易发生基因渗入, 使得人们对这些种的识别产生混乱, 给杨树遗传改良造成许多困难。为此本文利用 RAPD 方法对主要树种进行了基因型识别和遗传分析, 找到了各自树种的特异标记, 并从 DNA 分子水平上探测了树种间的亲缘关系, 为这些树种的有效育种策略制订和增强育种预见性提供了理论依据^[1]。通过研究认为我国东北地区青杨派树种中大青杨是分布最广、利用价值最大的树种, 因此, 本文首先对大青杨进行了重点研究。

大青杨是中国东北林区特有的乡土树种, 木材轻软, 材质洁白, 致密, 耐朽力强, 是造纸及胶合板材极好的原料^[2]。在东北林区, 大青杨又是生长最快的树种之一, 特别是在幼林阶段, 是很有希望的短轮伐期工业用材树种。半个世纪以来由于过度采伐, 天然林资源急剧减少, 致使包括大青杨在内的许多树种的基因资源大量丢失, 造成不可弥补的损失。为了保存、利用与发展大青杨这一乡土树种, 从 1992 年起开展了此项研究, 目的是揭示其遗传变异特异性, 为提高我国杨树遗传改良水平, 提供储备材料和遗传信息, 使我国杨树育种更有目的性和预见性。这也是我国杨树基因资源领域的一个重要项目。

1 材料与方 法

1.1 基因资源收集

收稿日期: 2000-05-24

基金项目: 国家“八五”攻关专题“欧美杨胶合板材及纸浆材良种选育研究”和国家基础研究课题“林木种质资源收集、整理、保存”部分研究内容

作者简介: 苏晓华(1961-), 女, 黑龙江克山人, 研究员

* 本项研究曾得到马常耕研究员指导与帮助, 特此表示感谢!

在大青杨自然分布区内选择能代表各种地理条件的采集点, 在林分中按距离每 100 m 左右随机确定 1 株, 每产地选定 20 个单株, 分别采穗, 每株采 20~ 30 个穗条。从 1992 年开始, 分别在黑龙江、吉林、辽宁省和内蒙古自治区的辽阔区域内按五大山系选定采集点, 包括大兴安岭林区的阿木尔、呼中、加格达奇; 小兴安岭林区的新青、带岭、伊春; 张广才岭林区的苇河、海林、上营; 老爷岭林区的穆稜、绥阳; 长白山林区的延吉、敦化、白河、新宾、宽甸等 22 个地点, 共收集基因资源 400 多份, 各产地自然概况见表 1。

表 1 大青杨各采集点自然概况

| 种 源 | 地理位置 | | 年均 气温/ °C | 极端最低 气温/ °C | 年降水量/ mm | 无霜期 / d | 海拔/m |
|---------|-------|--------|-----------------|-------------------|-------------|------------|------|
| | (°)N | (°)E | | | | | |
| 阿木尔(A) | 52 48 | 123 12 | - 4.9 | - 50.3 | 403.4 | 92 | 550 |
| 呼中(B) | 51 56 | 123 39 | - 3.8 | - 46.9 | 493.4 | 93 | 550 |
| 加格达奇(C) | 50 25 | 124 07 | - 1.4 | - 45.4 | 370.0 | 105 | 370 |
| 新青(D) | 48 18 | 129 32 | - 0.6 | - 43.1 | 616.4 | 114 | 310 |
| 伊春(E) | 47 43 | 128 54 | 0 | - 43.1 | 600.0 | 100 | 231 |
| 带岭(F) | 47 02 | 129 01 | 1.1 | - 42.6 | 641.1 | 115 | 350 |
| 苇河(G) | 44 55 | 128 18 | 2.3 | - 41.0 | 666.1 | 120 | |
| 海林(H) | 44 36 | 129 24 | | | | | |
| 穆稜(I) | 44 40 | 131 28 | 2.4 | - 36.0 | 600.0 | 125 | 610 |
| 延吉(J) | 43 03 | 129 45 | | - 38.3 | 621.0 | 123 | 600 |
| 敦化(K) | 43 24 | 128 12 | 2.6 | - 38.3 | 621.0 | 123 | 570 |
| 白河(L) | 42 24 | 128 06 | 3.5 | - 31.6 | 726.9 | 124 | 738 |
| 江山娇(M) | 43 44 | 128 53 | 3.5 | - 40.1 | 506.4 | 139 | |
| 绥阳(N) | 43 08 | 129 41 | 3.0 | | 550.0 | | 500 |
| 上营(O) | 44 08 | 127 13 | 4.4 | - 40.2 | 674.2 | 134 | 500 |
| 新宾(P) | 41 42 | 125 05 | 7.9 | - 27.6 | 568.4 | | |
| 宽甸(Q) | 40 14 | 124 22 | 6.5 | - 38.5 | 1 123.8 | 148 | |
| 帽儿山(R) | 45 30 | 127 30 | | | | | |
| 黑河(S) | 49 37 | 126 48 | - 2.0 | | 576.1 | 90 | 160 |
| 本溪(T) | 41 40 | 124 04 | | | | | |
| 赤峰(U) | 42 14 | 119 00 | | | | | |
| 宁城(V) | 41 40 | 119 30 | | | | | |

1.2 保存林的营造

1992~ 1993 年在吉林省德惠县苗圃扦插繁殖。1994 年在大青杨中心分布区的黑龙江带岭, 将收集的资源材料全部根桩定植, 建立基因库, 面积为 22.5 hm²。基因库的自然地理概况: 地理坐标为 47 02 N, 129 01 E, 年平均气温 1.1 °C, 1 月份平均温度 - 23.6 °C, 极端最低气温 - 42.6 °C, 年降水量 641 mm, 无霜期为 115~ 120 d。每年进行生长、抗病虫等性状的调查, 记录存档。对收集来的穗条先在苗圃扦插扩大繁殖, 然后建立基因库和观测林。基因库区是按产地随机区组设计, 3 次重复, 每产地每株系定植 4 个分生株, 株行距为 3 m × 3 m。遗传资源研究观测林是按产地随机区组设计, 3 次重复, 每小区定植 2 个分生株, 株行距为 1 m × 1 m。

2 基因资源评价

利用常规手段进行了生长、物候、抗锈病和材性等性状的遗传分析, 为选择和具体评价提

供依据。利用高新技术方法在 DNA 分子水平上探测大青杨天然群体的遗传多样性, 深化对其遗传结构和分化程度的认识, 以利制定保存和利用策略。

2.1 物候期遗传变异

1994 年春按随机区组设计进行根桩定植后, 第 2 年在产地内分单系进行物候期观察。以种源为单元看, 不同产地的杨树封顶期和落叶期相差很大(表 2), 并表现一定的地理规律性, 如 2 个观察性状都是从北向南逐渐延迟, 封顶期可相差 1 月之多。产地偏南的种源甚至不自动落叶, 只在霜冻后才出现枯落现象, 但却未有冻害征状, 这反映出东北林区杨树有充分利用当地自然光热资源的能力。根据苗圃 1 年生苗的表现, 经芽和叶等形态鉴定, 认为本溪、赤峰、宁城产地的所有系号均属于青杨(*P. cathayana* Rehd.) 类; 宽甸和白河产地部分系号为马氏杨; 新滨、江山娇、绥阳产地所有系号属于香杨; 其余均为大青杨。

表 2 大青杨不同种源的物候期

| 种源 | 封顶期(月-日) | 落叶期(月-日) | 种源 | 封顶期(月-日) | 落叶期(月-日) |
|------|--------------|--------------|-----|--------------|----------|
| 阿木尔 | 08-24~ 08-28 | 10-04~ 10-15 | 白 河 | 08-30~ 09-22 | 10-17 |
| 呼 中 | 08-28~ 09-06 | 10-10~ 10-17 | 江山娇 | 08-30~ 09-22 | 10-17 |
| 加格达奇 | 08-29~ 09-06 | 10-13~ 10-15 | 绥 阳 | 08-30~ 09-22 | 不落叶 |
| 新 青 | 08-25~ 09-15 | 10-15~ 10-17 | 上 营 | 08-30~ 09-22 | 不落叶 |
| 伊 春 | 08-27~ 09-15 | 10-15~ 10-17 | 新 滨 | 08-29~ 09-16 | 不落叶 |
| 带 岭 | 09-01~ 09-08 | 10-13 | 宽 甸 | 08-30~ 09-16 | |
| 苇 河 | 08-30~ 09-16 | 09-17 | 帽儿山 | 09-16 | |
| 海 林 | 08-30~ 09-16 | 09-17 | 黑 河 | 09-08~ 09-16 | |
| 穆 棱 | 09-08~ 09-16 | 不落叶 | 本 溪 | 未封 | |
| 延 吉 | 未封 | 不落叶 | 赤 峰 | 未封 | 不落叶 |
| 敦 化 | 未封 | 不落叶 | 宁 城 | 未封 | |

2.2 生长性状遗传变异

调查结果表明(表 3): 各产地生长量差异极为显著, 在 22 个产地中大于试验林平均值的有 12 个产地, 占 54.5%, 平均高生长 5 m 以上的有 5 个产地, 占 22.7%; 3~ 5 m 的有 13 个产地, 占 59%; 3 m 以下的有 4 个产地, 占 18.3%。从 22 个产地 400 多个株系当中, 选出白河等 5 个优良产地的 44 个优良单株, 其中最好的是白河的 22 号、25 号, 6 年生(根桩定植后)株高分别为 10.25 m 和 10.65 m, 年平均生长量为 1.74 m。1998 年和 1999 年年均树高生长量甚至达 2.2 m, 这些产地的大青杨不但生长快, 而且抗性强。

2.3 抗锈病遗传变异

落叶松-杨锈病(*Melampsora larici-populina* Kleb., 以下简称锈病)是危害杨树的主要病害之一, 它通过破坏叶片光合能力直接影响杨树的生长与发育。调查看到, 大青杨基因库内, 各产地发生锈病的程度差异很大, 而且与生长量密切相关, 一般生长好的产地的大青杨抗锈病能力也较强, 如白河产地的大青杨病害指数低, 而平均生长量则高, 但这种关系也不是绝对的, 有的病害指数很低, 但生长量也较低, 如敦化、苇河等。林木的抗病性是受遗传控制的, 但也受自身生长状况和外界条件的影响。在本项研究中发现有 5 株大青杨无性系, 不但生长量大, 而且不发生锈病, 这为抗病育种提供了选择依据。各产地的锈病调查情况见表 4。

表 3 各产地 6 年生大青杨树高与胸径

| 产地 | 树高(变幅)/m | 胸径(变幅)/cm |
|-----|--------------------|------------------|
| L | 6.18(1.70~ 10.65)* | 4.84(0.60~ 8.70) |
| J | 5.25(3.95~ 8.70) | 3.93(2.38~ 7.40) |
| H | 5.09(1.65~ 6.90) | 2.68(0.40~ 5.45) |
| T | 5.05(5.05~ 5.05) | 3.20(3.20~ 3.20) |
| C | 5.04(2.60~ 6.95) | 3.34(1.65~ 5.85) |
| E | 4.95(2.70~ 8.30) | 3.03(1.10~ 6.70) |
| N | 4.92(4.45~ 7.00) | 3.40(1.60~ 4.90) |
| P | 4.81(3.85~ 6.95) | 3.27(1.70~ 4.98) |
| A | 4.75(2.70~ 5.90) | 2.70(0.90~ 3.90) |
| D | 4.69(4.35~ 5.65) | 2.47(1.90~ 3.10) |
| O | 4.62(1.35~ 6.45) | 2.99(0.40~ 5.95) |
| M | 4.05(1.90~ 6.75) | 2.43(0.75~ 6.00) |
| B | 3.95(1.60~ 6.15) | 2.13(0.50~ 4.00) |
| G | 3.61(1.80~ 5.75) | 2.60(0.80~ 3.40) |
| F | 3.58(1.80~ 5.05) | 1.97(0.62~ 5.15) |
| I | 3.54(2.70~ 6.85) | 1.66(0.35~ 4.50) |
| Q | 3.29(1.40~ 5.25) | 1.77(0.90~ 3.10) |
| V | 3.25(1.05~ 5.15) | 1.72(0.45~ 2.74) |
| R | 2.91(1.40~ 3.50) | 1.28(1.28~ 1.90) |
| U | 1.90(1.90~ 1.90) | 0.80(0.80~ 0.80) |
| S | 1.77(1.45~ 1.95) | 0.53(0.30~ 0.70) |
| K | 1.75(0.60~ 4.00) | 0.71(0.10~ 1.90) |
| 平均值 | 4.04 | 2.43 |

* 极值差异极大的原因有遗传的, 也有栽培措施。

2.4 材性遗传变异

对 22 个产地中具代表性的 8 个群体进行了群体间和带岭群体内 10 个无性系材性研究, 结果表明(表 5): 8 个大青杨群体间纤维平均长为 627 μm , 最长为阿木尔, 达 693 μm ; 最短为宽甸, 仅 579 μm 。纤维宽度平均 17.8 μm , 最宽为上营(20.2 μm), 最窄为阿木尔(15.4 μm)。基本密度平均 0.379 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 最重 0.414 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 最轻 0.350 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。带岭大青杨群体内 10 个个体纤维平均长 554 μm , 180 号最长, 达 599 μm ; 68 号最短, 为 495 μm ; 纤维宽度平均 18.7 μm , 最宽为 145 号(22 μm); 最窄为 68 号(16.8 μm)。基本密度平均 0.346 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 最重为 182 号(0.370 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$); 最轻为 68 号(0.325 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)。方差分析结果表明(表 6), 大青杨群体间及群体内个体间基本材性差异均显著。

表 4 大青杨基因库锈病调查

| 产地 | 总株数 | 病害分级 | | | | 病情指数 | 平均生长量/m | 发病时间(月-日) |
|----|-----|------|----|----|----|------|---------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | | |
| C | 7 | | 5 | | 2 | 52.4 | 5.04 | 08-11 |
| L | 36 | | 19 | 12 | 5 | 53.7 | 6.18 | 08-05 |
| V | 11 | | 6 | 3 | 2 | 54.5 | 3.25 | 07-15 |
| Q | 10 | | 4 | 5 | 1 | 56.7 | 3.29 | 07-15 |
| K | 24 | | 11 | 7 | 6 | 59.7 | 1.75 | 07-28 |
| I | 12 | | 5 | 4 | 3 | 61.1 | 3.54 | 07-20 |
| N | 6 | | 2 | 1 | 3 | 61.9 | 4.92 | 08-20 |
| | 8 | | 2 | 4 | 2 | 62.5 | 5.26 | 08-15 |
| J | 9 | | 5 | | 4 | 63.0 | 4.81 | 07-20 |
| P | 7 | | 3 | 1 | 3 | 66.7 | 5.09 | 08-07 |
| H | 19 | | 3 | 10 | 6 | 71.9 | 4.69 | 07-18 |
| D | 12 | | | 4 | 8 | 88.9 | 3.95 | 07-24 |
| B | 16 | | 1 | 3 | 12 | 89.6 | 4.05 | 08-16 |
| M | 6 | | | 1 | 5 | 94.4 | 3.58 | 07-20 |
| F | 26 | | | 4 | 22 | 94.6 | 4.62 | 08-10 |
| O | 15 | | | 2 | 13 | 95.6 | 4.95 | 08-18 |
| E | 16 | | | 2 | 14 | 95.8 | 4.75 | 08-15 |
| A | 12 | | | | 11 | | 3.61 | 07-30 |
| G | | | | | | | | |
| 合计 | 252 | | 66 | | 64 | 122 | | |

注: 病害分级标准: 根据叶片受害面积将其分为 0 级: 未发病; 1 级: 1/3 发病; 2 级: 2/3 发病; 3 级: 全叶发病。

表5 各产地大青杨幼龄的基本材性

| 来源 | 树种 | 地点或编号 | 纤维长度/ μm | 纤维宽度/ μm | 长宽比 | 基本密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ |
|-----|---------|-------|---------------------|---------------------|------|---|
| 种源间 | 大青杨 | 阿木尔 | 693(88.5) | 15.4(4.3) | 45.3 | 0.399(0.016) |
| | | 呼中 | 609(80.5) | 14.8(4.3) | 42.2 | 0.414(0.032) |
| | | 伊春 | 603(86.4) | 20.2(4.9) | 30.0 | 0.371(0.053) |
| | | 苇河 | 629(78.7) | 17.2(3.9) | 36.7 | 0.356(0.029) |
| | | 上营 | 623(76.2) | 20.1(4.1) | 31.1 | 0.387(0.032) |
| | | 敦化 | 615(70.3) | 17.9(3.9) | 34.7 | 0.383(0.033) |
| | | 安图 | 663(87.2) | 19.1(4.3) | 36.1 | 0.350(0.016) |
| | | 宽甸 | 579(101.4) | 17.3(5.3) | 33.3 | 0.373(0.019) |
| 种源内 | 大青杨(带岭) | 巴东 | 537(96.1) | 17.2(2.9) | 31.4 | 0.365(0.022) |
| | | 64 | 591(92.8) | 17.8(3.2) | 33.2 | 0.361(0.034) |
| | | 69 | 540(94.5) | 19.6(4.7) | 27.2 | 0.322(0.012) |
| | | 131 | 528(84.7) | 19.4(4.3) | 29.7 | 0.356(0.039) |
| | | 145 | 581(90.7) | 22.0(5.9) | 25.7 | 0.329(0.008) |
| | | 180 | 599(86.1) | 16.9(5.2) | 32.0 | 0.329(0.009) |
| | | 182 | 562(82.3) | 19.4(4.3) | 25.7 | 0.370(0.024) |
| | | 208 | 573(80.0) | 18.4(4.4) | 31.7 | 0.338(0.009) |
| | | 68 | 495(82.2) | 16.8(3.6) | 32.1 | 0.325(0.039) |
| | | 20 | 535(80.5) | 18.9(4.6) | 28.0 | 0.362(0.003) |

注: 括号内为标准差。

表6 大青杨幼龄基本材性的方差分析

| 项目 | 误差来源 | 自由度 | 离差平方和 | 均方 | F 值 | $F_{0.05}$ |
|------|------|-----|--------|--------|------|------------|
| 纤维长度 | 群体间 | 7 | 490.86 | 70.12 | 2.49 | 2.31 |
| | 群体内 | 32 | 90.112 | 2.816 | | |
| | 个体间 | 9 | 21.981 | 2.442 | 3.60 | 2.42 |
| | 个体内 | 19 | 12.888 | 2.678 | | |
| 纤维宽度 | 群体间 | 7 | 127.0 | 18.1 | 8.02 | 2.37 |
| | 群体内 | 27 | 61.1 | 2.7 | | |
| | 个体间 | 9 | 65.0 | 7.2 | 3.40 | 2.42 |
| | 个体内 | 19 | 40.3 | 2.1 | | |
| 基本密度 | 群体间 | 7 | 0.0156 | 0.0022 | 2.58 | 2.31 |
| | 群体内 | 32 | 0.0277 | 0.0009 | | |
| | 个体间 | 9 | 0.0100 | 0.0011 | 2.59 | 2.39 |
| | 个体内 | 20 | 0.0086 | 0.0004 | | |

建立基因库是为了满足长远的遗传改良需求^[3-5],但因育种目标不同,学者们研究的性状各有不同。本研究以制浆材育种为目的,所以把纤维特征和基本密度作为鉴定目的性状(表7),以群体为单位综合评定。阿木尔、上营、呼中3个产地的较好,带岭种源群体内则以64、131、208、巴东较好^[6]。

表7 大青杨群体间、群体内优选排序

| 来源 | 项目 | 排 序 | | | | | | | | | |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 群体间 | 平方根 | 0.0256 | 0.0873 | 0.088 | 0.0987 | 0.1143 | 0.1197 | 0.1202 | 0.1663 | — | — |
| | 地点 | 阿木尔 | 上营 | 呼中 | 敦化 | 安图 | 伊春 | 苇河 | 宽甸 | — | — |
| 群体内 | 平方根 | 0.0202 | 0.0407 | 0.0647 | 0.0738 | 0.0822 | 0.0852 | 0.0931 | 0.1107 | 0.1188 | 0.1228 |
| | 编号 | 64 | 131 | 208 | 巴东 | 180 | 20 | 145 | 68 | 69 | 182 |

注: 以平方根小为佳。

2.5 DNA 分子遗传变异

为合理利用、保存大青杨基因资源并为今后杨属有目的遗传改良提供科学依据,利用RAPD从DNA分子水平上分析探测了大青杨7个天然群体(呼中、加格达奇、伊春、带岭、苇河、敦化和上营)的遗传结构和分化程度。结果表明:用14个随机寡核苷酸引物共产生180个

扩增片段, 扩增片段为 211~ 1 636 bp。Shannon 表型多样性估测值在群体间变动范围为 0.271 ~ 0.392, 平均为 0.310(表 8)。对分子水平变异分为群体间和群体内两部分进行分析, 群体间分量占总变异的 62.3%, 群体内只占 37.7%(表 9)。

表 8 大青杨 7 个种源 RAPD 表型多样性估测值

| 引物 | 呼中 | 加格达奇 | 伊春 | 带岭 | 海林 | 上营 | 新滨 | 平均值 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Deca-4 | 0.397 | 0.354 | 0.517 | 0.414 | 0.396 | 0.440 | 0.449 | 0.420 |
| Deca-5 | 0.246 | 0.477 | 0.430 | 0.320 | 0.324 | 0.162 | 0.466 | 0.347 |
| Deca-7 | 0.325 | 0.320 | 0 | 0 | 0.241 | 0.494 | 0.598 | 0.283 |
| Deca-9 | 0.340 | 0.244 | 0.177 | 0.177 | 0.177 | 0.177 | 0.534 | 0.261 |
| Deca-10 | 0.396 | 0.177 | 0.094 | 0 | 0.378 | 0.145 | 0.490 | 0.240 |
| Deca-11 | 0.160 | 0.216 | 0.269 | 0.277 | 0.401 | 0.272 | 0.321 | 0.274 |
| Deca-12 | 0.292 | 0.240 | 0.395 | 0.339 | 0.333 | 0.569 | 0.283 | 0.350 |
| Deca-13 | 0.160 | 0.370 | 0.475 | 0.437 | 0.476 | 0.454 | 0.420 | 0.399 |
| CH1-1 | 0.571 | 0.216 | 0.625 | 0.699 | 0.646 | 0.634 | 0.390 | 0.540 |
| CH1-4 | 0.554 | 0.383 | 0.654 | 0.145 | 0.322 | 0.340 | 0 | 0.343 |
| 2114 | 0.310 | 0.265 | 0.207 | 0.103 | 0.139 | 0.126 | 0 | 0.164 |
| 2115 | 0.557 | 0.485 | 0.710 | 0.444 | 0.067 | 0 | 0.027 | 0.327 |
| 2116 | 0.181 | 0.339 | 0.299 | 0.118 | 0 | 0.118 | 0 | 0.151 |
| 2117 | 0.157 | 0 | 0.629 | 0.325 | 0.295 | 0 | 0.267 | 0.239 |
| 平均值 | 0.332 | 0.292 | 0.392 | 0.271 | 0.298 | 0.281 | 0.303 | 0.310 |

表 9 大青杨群体间及群体内多样性分量

| 引物 | Hpop ¹⁾ | Hsp ²⁾ | Hpop/Hsp | (Hsp - Hpop)/Hsp |
|---------|--------------------|-------------------|----------|------------------|
| Deca-4 | 0.420 | 0.975 | 0.431 | 0.569 |
| Deca-5 | 0.347 | 0.726 | 0.478 | 0.522 |
| Deca-7 | 0.283 | 0.758 | 0.373 | 0.627 |
| Deca-9 | 0.261 | 0.625 | 0.418 | 0.582 |
| Deca-10 | 0.240 | 0.555 | 0.432 | 0.568 |
| Deca-11 | 0.274 | 0.827 | 0.331 | 0.669 |
| Deca-12 | 0.350 | 0.768 | 0.456 | 0.544 |
| Deca-13 | 0.310 | 0.754 | 0.411 | 0.589 |
| CH1-1 | 0.540 | 0.723 | 0.253 | 0.747 |
| CH1-4 | 0.343 | 0.813 | 0.422 | 0.578 |
| 2114 | 0.164 | 0.526 | 0.312 | 0.688 |
| 2115 | 0.362 | 0.908 | 0.400 | 0.601 |
| 2116 | 0.151 | 0.581 | 0.260 | 0.740 |
| 2117 | 0.239 | 0.807 | 0.296 | 0.703 |
| 平均值 | 0.306 | 0.739 | 0.377 | 0.623 |

注: 1)Hpop 表示群体内多样性; 2)Hsp 表示总多样性。

3 讨 论

我国东北地区曾是一个物种和遗传多样性丰富的特有生物基因库, 但由于一个多世纪的不合理采伐, 森林及其组成的优良遗传资源在逐年大量消失。鉴于历史的教训, 目前我国在该地区施行了天然林保护工程, 这就意味着, 该地区也必然会同时发展集约人工林, 以满足不断增长木质产品需求。由于东北林区气候严寒, 培育林木良种相对困难。如作者曾针对东北高寒地区进行了杨树遗传改良研究, 从 1988 年开始, 进行了大青杨 × 山海关杨, 大青杨 × 欧洲黑杨, 山海关杨 × 大青杨等近 20 个杂交组合, 但迄今未能选育出适合该地区的品种。其主要原因之一是, 该地区的生态环境条件特殊, 冬季严寒漫长, 年温差大, 早春日温差大, 易发生树干冻裂, 要求适应广幅温度变差的基因型, 那些非本地选育的优良无性系都很难适应这一特殊

大青杨 7 个天然群体生境(海拔、气候、温度、土壤等)的很大差异, 使群体间在遗传组成上产生差异; 大青杨群体间地理隔离较大, 群体间难以进行基因交流, 这可能是因为大青杨群体间的遗传差异比群体内的大。群体间变异的大小在某种程度上说明了该物种对不同环境的适应性, 差异越大, 该物种适应的环境越广^[7]。根据大青杨遗传分化的特异性, 先选择优良群体并在此基础上选择优良个体应是近期大青杨遗传改良的一个重要方面^[8]。

的环境。

要想在该林区营建大面积的人工林,就需要有目的地培育一些适应本地生态因子的良种。通过多年实践研究认为,该林区应以优良乡土树种作为人工林建设的树种来源。大青杨是这一地区特有的乡土树种,具有速生、抗寒和材质优良等优点,在本林区河溪岸边、沟谷坡地均有其理想的生态位。因此,它在东北林区具有广阔的发展前景,是该地速生天然林建设的首选理想树种,对红松阔叶林区森林的可持续发展具有十分重要意义。由于本地区可利用的大青杨天然资源越来越少,其它树种的轮伐期又太长,因此,商业规模的短轮伐期经营就成为当地林业可持续发展的必由之路。因而大青杨及其衍生新品种在本地区短轮伐期工业林中将成为主体树种之一。经过对大青杨基因资源 10 年来的研究,已初选出一些速生和抗锈病的优良无性系,预计近期内还将能选择和培育出更加适应不同生态位的优良品种。

参考文献:

- [1] 苏晓华,张绮纹,张望东,等.大青杨及其近缘种遗传变异和系统关系研究[J].林业科学,1996,4(2):118~125.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志 第二十卷 第二分册[M].北京:科学出版社,1984:39.
- [3] 周志春,金国庆,周世水.马尾松自由授粉家系生长和材质的遗传分析和联合选择[J].林业科学研究,1994,7(3):263~268.
- [4] 柴修武,安学惠.6个杨树无性系木材性质的研究[J].林业科学研究,1994,7(3):263~268.
- [5] Loo J A, Tauer C G, M cnew R W. Genetic variation in the time of transition from juvenile mature wood in loblolly pine [J]. Silvae Genet, 1985, 34(1): 14~19.
- [6] 张立非,姜笑梅,苏晓华,等.大青杨等天然群体幼苗基本性状变异研究[J].林业科学研究,1996,9(5):517~520.
- [7] 庞广昌.群体遗传多样性和数据分析[J].林业科学,1995,31(6):543~550.
- [8] 苏晓华,张绮纹,郑先武,等.利用RAPD分析大青杨天然群体的遗传结构[J].林业科学,1997,33(6):504~512.

Study on Gene Resources in *Populus ussuriensis*

SU X iao¹-hua¹, HUANG Q in¹-jun¹, ZHANG X iang¹-hua¹, ZHANG, Q i¹-w en¹,
WANG B ing², YAO Sheng²-zhi²

(1. Research Institute of Forestry of CAF, Beijing 100091, China;

2 Research Institute of Forestry of Dailing, Heilongjiang Province, Dailing 153106, Heilongjiang, China)

Abstract More than 400 native gene resources of *Populus ussuriensis* Kom., the special indigenous tree species of northeast forestry region of China, were collected. In 1994 the first gene pool of *P. ussuriensis* in China was established by these materials in Dailing, Heilongjiang Province. The conventional methods were used to analyze and measure the characters such as growth, phenology, disease resistance to *Me lam p sora larici-populina* and wood properties, and RAPD analysis was applied to detect the genetic structure of nature populations and differentiation degree on DNA molecular level. Based on the synthetic evaluation, 5 elite populations and 44 elite individuals, which were selected, will provide a basis of establishing plantation in northeast China and the materials and information to resistant breeding in *Populus*. The result showed that elite individual selection within the best seed sources is an important way of genetic improvement of *P. ussuriensis* in the near future.

Key words: *Populus ussuriensis*; gene resource; genetic analysis; evaluation