

美洲黑杨7个新无性系 在江苏的选育*

赵汉章 权婉华 张林芳 朱海格

摘要 从美洲黑杨的原产地直接引进不同种源的种子,进行实生苗选育,第一次培育出了适合我国气候土壤条件的美洲黑杨新无性系。选出的7个新无性系中有4个属南方型,其生长、适应性、抗逆性及材性等指标均优于I-69、I-72杨。可在江淮亚热带地区推广。有3个属北方型,其生长等各项指标均超过I-214杨,可在华北、东北较湿润地区试种推广。是我国用于短周期工业用材杨树人工林的理想新品系。

关键词 美洲黑杨、种源、无性系

美洲黑杨在我国生长具有广泛的适应性和高的木材生长量。但由于无性系数目少,遗传基础窄,使大面积的美洲黑杨人工林潜伏着病虫害大发生而可能面临毁灭的危险。美洲黑杨在原产地北美洲有广泛的地域分布。在种内有极其丰富的遗传变异,基因资源十分丰富。美国对其种源变异做了大量研究^[1~3]。为了扩大美洲黑杨的遗传基础,选育出适合在中国生长的优良无性系,从1982年开始,对不同种源美洲黑杨无性系进行收集和研究,通过比较试验,筛选出7个优良无性系供生产上推广应用。

1 试验地概况

两片试验林分别位于江苏铜山县沙塘果园和马庄果园(34°19' N, 117°02' E),前者为黄河故道的黄泛冲积土,质地为粉沙土,土层深厚但瘠薄。有机质含量0.2%,全N 0.02%,速效P 0.15 mg/100 g土,速效K 2.2 mg/100 g土。pH 8.2,地下水位1.5~3 m。后者为沙壤土,有机质含量0.6%,N、P、K的含量略高于前者。年平均气温14℃,无霜期209 d,年平均降水量868.9 mm,降水集中在夏季。年平均蒸发量1702.6 mm,造林后1~3 a林地间作花生、豆类以增加土壤肥力。

2 试验材料和研究方法

2.1 试验材料

W系号无性系材料是来自美国南方林业试验站的优树种子(32°37' N),种子发芽率很

1992—10—12收稿。

赵汉章副研究员(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);权婉华,张林芳,朱海格(江苏省铜山县林业局)。

* 南京林业大学王明庶教授提供P系号实生苗,林业所张绮纹提供D-Iowa插条,木材所柴修武协助材性测定,一并致谢。

低, 只有 5%~40%。经播种育苗得苗 41 株。P 系号无性系材料是来自南京林业大学起源于加拿大安大略省的 3 个种源共 13 株实生苗(42°53'~43°09' N, 79°25'~81°03' W)。这些实生苗经 1983、1984 年在苗圃筛选并扩大繁殖, 于 1985 年在铜山县进行比较试验。参加造林试验的无性系是经过苗期初选的 18 个美洲黑杨无性系。W 系号 10 个无性系是从美国南方型实生苗中选出。P 89、P 87 两个种源的 7 个无性系是从南京林业大学来的加拿大起源的北方型实生苗中选出。还有 D-Iowa 是来自美国北部的依阿华州(39°N), 由无性系种条扩繁而得。

2.2 研究方法

由于种子量少且发芽率低, 采用室内盆播, 苗木长有 5~6 片叶时, 移栽到苗圃。苗木停止生长后进行初选。个体间的高生长差异很大, 变异幅度为 65.5~167.3 cm。初选标准为大于苗木平均高加一个标准差。中选苗木经两年扩大繁殖, 于 1985 年春在试验点进行苗期试验。在江苏铜山试验点有两年苗期试验的总结报告^[4]。

造林试验采用随机区组, 4 次重复设计, 每小区 3 株, 株行距 6 m×6 m, 每无性系参试苗木 12 株(1 年生扦插苗)。用当地生产上推广的 I-69、I-72、I-214 这 3 个品种作对照。试验林周围用 I-214 杨或 I-69 杨作保护行。

在沙塘果园试验林, 从胸高直径部位(南面)用孔径 0.5 cm 的生长锥钻取生长锥芯条作试材, 每区组随机取 1 株, 每无性系取 4 株试材进行木材基本密度和纤维、导管的测定。

3 结果和分析

3.1 不同种源无性系生长差异

方差分析结果表明(表 1), 无性系间的胸径、树高生长量的差异都达极显著水平, 说明无性系间的遗传差异是明显的。为进一步比较各无性系间的差异是否显著, 作了 Q 检验, 见表 2。从表 2 可以明显看出, 来自美国的 W 系号南方型无性系的生长量明显高于来自加拿大的 P 系号无性系和 D-Iowa 无性系。证明对美洲黑杨进行种源试验和种源选择的必要性。W 系号多数无性系的生长量超过了对照品种 I-69、I-72 杨。在沙塘果园试验林, 胸径生长量与对照 I-69 杨差异极显著的有 W07、W10、W11、W12、W02 无性系。而树高生长量与 I-69 杨

表 1 美洲黑杨不同无性系 5 年生胸径、树高生长量方差分析

试验地点	变因	胸 径				树 高			
		自由度	平方和	均方	F	自由度	平方和	均方	F
沙塘果园	无性系	20	1320.58	66.03	25.11**	20	427.1	21.36	19.78**
	区 组	3	4.046	1.35	0.513	3	27.77	9.26	8.57**
	机 误	60	157.92	2.63		60	64.65	1.08	
	总 和	83	1482.55			83	519.52		
马庄果园	无性系	18	1452.19	80.68	19.26**	18	557.63	30.98	19.73**
	区 组	3	35.34	11.78	2.81*	3	6.91	2.30	1.46
	机 误	54	226.32	4.19		54	84.85	1.57	
	总 和	75	1713.91			75	649.39		

注: 马庄果园试点参试无性系是 19 个, 缺 W12 和对照 I-72 杨。

表2 两试验点各无性系胸径、树高生长量差异Q检验

沙塘果园				马庄果园			
无性系	平均胸径(cm) ($LSR_{0.01}=1.63$)	无性系	平均树高(m) $LSR_{(0.01)=1.02}$	无性系	平均胸径(cm) ($LSR_{0.01}=2.1$)	无性系	平均树高(m) ($LSR_{0.01}=1.26$)
W07	25.0	W07	17.8	W10	19.5	W03	14.0
W10	23.5	W05	17.4	W03	19.0	W10	13.8
W11	23.2	W02	17.2	W01	17.4	W01	13.2
W12	23.2	W06	17.2	W07	17.1	W07	13.2
W02	22.8	W11	17.2	W02	17.0	W02	12.4
W01	22.6	W10	16.9	I-69	15.9	I-69	12.4
W05	22.3	W04	16.8	W11	14.9	W06	11.9
W05	22.3	W03	16.5	W05	14.5	W11	11.5
W03	22.0	W12	16.0	W06	14.2	W05	11.1
I-72	21.6	W01	15.6	W04	14.1	W04	10.7
W04	21.3	I-69	15.6	P8910	10.6	P8910	8.4
I-69	21.0	I-72	14.8	P8702	8.7	P8906	8.2
P8910	17.8	P8910	13.0	P8701	8.6	P8902	8.0
P8902	16.3	P8906	12.6	P8902	8.3	P8702	7.9
P8702	16.0	P8902	11.6	P8905	8.2	P8701	7.6
P8701	15.4	P8702	11.3	P8908	8.1	P8905	6.8
P8906	15.2	P8908	11.2	I-214	7.9	P8908	6.8
I-214	13.4	P8701	11.1	P8906	7.6	I-214	6.8
P8905	13.3	I-214	10.4	D-Iowa	5.5	D-Iowa	6.0
P8908	13.2	P8905	9.7				
D-Iowa	9.0	D-Iowa	9.4				

注：同一划线内的无性系之间未达到极显著差异。马庄果园试验点实际林龄为4年生。

差异极显著的有7个无性系。在马庄果园试验林，有W03、W10两个无性系的树高、胸径生长量都与I-69杨差异极显著。P系号无性系也多数超过了对照I-214杨，而且P8910、P8906的高生长量与I-214杨差异极显著，这证明了美洲黑杨的遗传改良只有在种源选择的基础上进行无性系选择，才可明显提高改良效果。

3.2 不同种源无性系生长分析

通过在苗圃设立标准株测定苗木高生长进程，证明南方型与北方型无性系在生长最旺的6、7、8月份，其高生长量差别不大(图1)。但P8902无性系在6、7、8月份苗木生长量占全年生长量的90.9%，而南方型的W01无性系仅占全年的75.7%。由于南方型各无性系发芽、展叶早(W系号3月30日~4月8日，P系号4月2日~4月20日)，封顶晚(W系号9月20日~25日，P系号9月1日~15日)，生长期比北方种源无性系多15~30d，这是南方型生长量大的主要原因^[6]。南方型各无性系叶片大，叶色深绿，这有利于光合物质的积累。美洲黑杨在徐州地区能快速生长与其在生长旺期有充足的雨量和适宜的气温有密切关系(图1)。

4 美洲黑杨新无性系选择

4.1 南方型美洲黑杨新无性系

根据试验林的评比结果，选出了W07、W10、W01、W03 4个南方型无性系，可在江淮

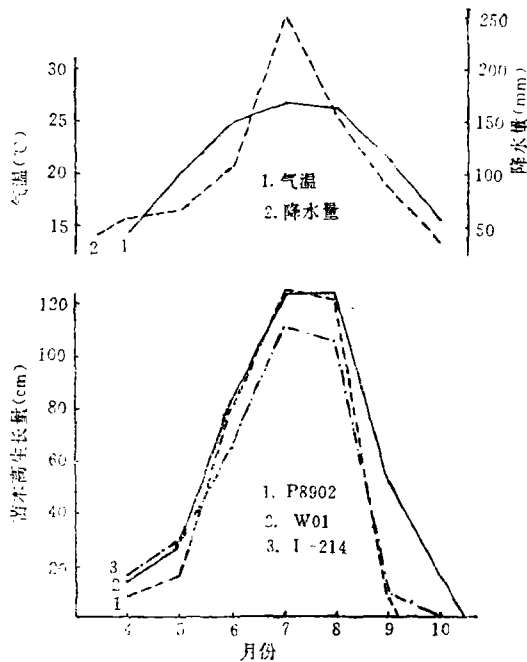


图1 苗木高生长量与月平均气温、降水量的关系

亚热带气候区试种推广。这 4 个无性系干形圆满通直，在生长量上都显著地超过现在生产应用品种 I-69、I-72 杨(表 3)。W07、W10 2 个无性系其速生性状比较稳定，在 2 个试验点都表现出明显的优势。在立地条件较好的马庄果园，W03、W01 无性系的速生性状才能表现。在沙塘果园贫瘠的粉沙地上表现一般。这证明美洲黑杨不同无性系与立地条件存在交互作用。W03、W01 无性系应在土壤肥力条件较好的地区推广。

表 3 表明，美洲黑杨南方型新无性系 5 年生时材积生长量比对照 I-69 杨增加 12.3%~54.6%。而同期引进我国的已经部级鉴定的 2 个美洲黑杨无性系 55 号杨和 ZKEN8 号杨比对照 I-69 杨材积生长量^[6]增加 10.71%~27.95%。

表 3 南方型新无性系与对照生长量比较

试地	验点	无性系	胸径 (cm)	与 I-69 杨比 (%)	树高 (m)	与 I-69 杨比 (%)	材积 (m ³)	与 I-69 杨比 (%)
沙塘果园		W07	25.0	119	17.8	114.1	0.300 75	154.6
		W10	23.5	111.9	17.4	111.5	0.256 1	131.7
		I-69	21.0	100	15.6	100	0.194 5	100
		I-72	21.6	102.9	14.8	94.8	0.196 5	101
马庄果园		W10	19.5	122.6	13.8	111.3	0.153 4	148.4
		W03	19.0	119.5	14.0	112.9	0.147 9	143
		W01	17.4	109.4	13.2	106.5	0.119 8	115.9
		W07	17.1	107.5	13.3	106.5	0.116 1	112.3
	I-69	15.9	100	12.4	100	0.103 4	100	

注：材积计算公式^[3]： $V = 0.193 283 D^2 H + 0.007 734 D H + 0.821 419 D^2$

4.2 北方型美洲黑杨新无性系

根据无性系评比试验结果，选出 P8902、P8910、P8702 3 个北方型美洲黑杨新无性系。已试种在北京、河北宣化、内蒙赤峰、宁夏永宁等地的北方型无性系都能安全越冬并表现出很好的适应能力。

表 4 表明 3 个北方型新无性系 5 年生时材积生长量是对照 I-214 杨的 123.9%~209.3%。P8910 号无性系在 2 个试点的材积生长量均超过 I-214 杨 1 倍以上。这 3 个北方型美洲黑杨无性系树干圆满通直，分枝角度较小，树冠幅比南方型的无性系要小 1 倍。因此在单位面积上的造林株数可比南方型无性系多 1 倍，其木材总产量并不比南方型无性系少。

4.3 7 个新无性系育苗、造林成活率比较

表 5 可见，这 7 个新无性系育苗、造林成活率比较高，扦插容易生根。北方型的 P 系号无

表4 北方型新无性系与对照生长量比较

试验地点	无性系	胸径 (cm)	与对照比 (%)	树高 (m)	与对照比 (%)	材积 (m ³)	与对照比 (%)
沙塘果园	P 8910	17.8	132.8	13.0	125	0.129 7	207.9
	P 8902	16.3	121.6	11.6	111.5	0.099 3	159.1
	P 8702	16.0	119.4	11.3	108.7	0.093 7	150.2
	I-214	13.4	100	10.4	100	0.062 4	100
马庄果园	P 8910	10.6	134.2	8.4	123.5	0.032 84	209.3
	P 8702	8.7	110.1	7.9	116.2	0.021 16	134.9
	P 8902	8.3	105.1	8.0	117.6	0.019 44	123.9
	I-214	7.9	100	6.8	100	0.015 69	100

注：材积计算公式^[4]： $V = 0.254575D^2H + 0.784643D^2$

性系在北京、江苏两地育苗造林成活率都达100%，即使在干旱的内蒙古赤峰也达90%左右。说明北方型P系号无性系不存在造林成活难的问题。南方型W系号无性系在沙塘果园试验林的造林成活率为67%~92%，在马庄试验林为92%~100%。这与造林地的土壤保水能力有关。沙塘点为黄河故道粉沙地，保水性差，造林时又正遇春旱，这必然影响成活率。另外南方型无性系封顶晚，影响了苗木的木质化，使苗木越冬时容易失水，这会影响到扦插成活率。所以保持种条不失水是W系号新无性系扦插成活的关键。

表5 美洲黑杨7个新无性系育苗、造林成活率比较

试验地点	年 份	无性系	插条成活率 (%)	试验地点	年 份	无性系	造林成活率 (%)
北 京 中 林 所 苗 圃	1984	W01	85.5	江 苏 铜 山 沙 塘 果 园	1986~1987	W01	83.3
		W03	80.4			W03	67.3
		W07	92.6			W07	91.7
		W10	90.2			W10	91.7
		P 8910	100			I-69	83.3
内 蒙 赤 峰 城 郊 林 场	1985	P 8902	100	江 苏 铜 山 马 庄 果 园	1987	P 8910	100
		P 8702	100			P 8902	100
		I-214	100			P 8702	100
		P 8910	96.4			I-214	100
江 苏 铜 山 沙 塘 果 园	1985	P 8902	89.2			W01	100
		P 8702	90.2			W03	91.7
		W01	82.5			W07	91.7
		W03	77.5			W10	100
		W07	75			I-69	91.7
		W10	73.3			P 8910	100
		I-69	52.5			P 8902	100
						P 8702	100
						I-214	100

4.4 新无性系对病虫害的抗性

1983、1984年在中林所苗圃同时育有W系号、P系号美洲黑杨无性系和不同的青杨、欧美杨等无性系。有些青杨、欧美杨严重感染有叶锈病(*Malampsora larici-populina*)和黑斑病(*Marssonina populiicola* Miura)。但处在同一苗圃地的美洲黑杨无性系无一感染病害，在

宣化、赤峰等地育苗的 P 系号无性系也未发现有病害。在江苏铜山两处造林试验点四周都是果园, 苹果树的桑天牛危害比较严重, 而且附近的沙兰杨片林也有天牛的严重危害, 但试验林内的美洲黑杨新无性系没有一株有天牛虫孔。

4.5 新无性系木材性质

表 6 表明, 这 7 个新无性系的木材基本密度都超过了对照 I-72 杨和 I-214 杨。P8902、P8910 两个无性系的木材基本密度超过 I-69 杨。北方型的 3 个无性系木材基本密度比 I-214 杨大 $0.052 \sim 0.068 \text{ g/cm}^3$ 。从纤维长度看, 4 个 W 系号南方型无性系有 3 个超过 I-69 杨。其中 W10、W03 的纤维长分别超 I-69 杨 0.038 mm 和 0.066 mm 。新无性系的纤维长度与宽度的比值 ($41.52 \sim 51.24$) 都符合纤维工业原料所要求的指标 ($>35 \sim 45$)^[7], 所以是良好的造纸工业用材。

表 6 美洲黑杨新无性系与对照材性比较

无性系	基本密度(g/cm^3)		纤维长度(mm)		纤维宽度(μm)		导管长度(μm)	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
W01	0.363	0.022	1.019	0.164	24.27	4.35	492.5	123.1
W03	0.362	0.024	1.136	0.171	22.17	3.81	567.9	128.2
W07	0.368	0.038	1.093	0.156	22.19	4.16	554.9	124.6
W10	0.363	0.018	1.108	0.168	21.9	3.91	534.3	121.1
P8902	0.402	0.014	1.08	0.174	23.3	4.11	492.1	97.3
P8910	0.401	0.006	1.059	0.171	22.2	4.1	488.4	98.9
P8702	0.386	0.023	1.063	0.166	25.6	5.2	528.1	102.7
I-69	0.387	0.019	1.070	0.170	22.05	4.13	517.1	125.0
I-72	0.350	0.027	1.150	0.193	24.4	4.35	574.6	123.7
I-214	0.334	0.008	1.044	0.19	24.7	4.8	519.5	113.2

5 结论和建议

(1) 美洲黑杨的生长量在种源之间存在显著的差异。南方种源显著优于北方种源。南方种源生长量大的主要原因是发芽早、落叶晚, 一年中的速生期要比北方种源多 $15 \sim 30 \text{ d}$ 。

(2) 在种源选择的基础上进行无性系选择是美洲黑杨遗传改良的主要途径。应根据我国的不同地理区域选择适合当地推广的优良无性系以适应生产上对良种的需求。选出的 W01、W03、W08、W10 4 个南方型新无性系, 具有速生、材质好、抗逆性强等特点, 可以在江淮亚热带地区推广。而 P8902、P8910、P8702 3 个北方型无性系可以在华北、东北湿润地区推广。为确保新一代杨树人工林的稳定和安全, 国外杨树造林先进国家都已采用多无性系混合造林。所以建议把 4 个南方型无性系作为一个混合系, 把 3 个北方型无性系作为另一个混合系在生产上推广。

(3) 新无性系不但可直接在生产上推广, 而且可作为优良的种质资源(作亲本)参与杂交育种, 为我国杨树进一步的遗传改良添加了新的基因资源。

(4) 新无性系各项经济技术指标达到并超过了国际同类杨树无性系的水平。美洲黑杨在其原产地分布范围广, 基因资源丰富, 建议有计划地引进更多的种源, 开展更深入的研究。

参 考 文 献

- 1 Jokela J J, Mohn C A. Geogrophic variation in eastern cottonwood. Proceedings symposium on eastern cottonwood and related species. 1976. 190~225.
- 2 Ying CH-CH, Bagley W T. Genetic variation of eastern cottonwood in an eastern Nebraska provance study. *Silvae Genetica*, 1976, 25(2): 67~73.
- 3 Foster G S. Provenance variation of eastern cottonwood in the lower Mississippi vallery. *Silvae Genetica*, 1985, 35(1): 12~38.
- 4 赵汉章, 权婉华, 张林方, 等. 美洲黑杨不同种源无性系苗期试验初报. *杨树*, 1987, 4(1): 83~88.
- 5 陈章水. 杨树二元立木材积表的编制. *林业科学研究*, 1989, 2(1): 78~82.
- 6 张绮纹, 苏晓华. 国外杨树引种及区域化试验的研究. 见: 中国林业科学研究院林业研究所育种二室编. 杨树遗传改良. 北京: 北京农业大学出版社, 1991. 170.
- 7 杨懋暹. 杨树是造纸原料发展的方向. 沙兰衡学术会议论文集. 北京: 中国林业出版社, 1981. 236~243.

*The Selection of Seven New Clones from Eastern
Cottonwood Seedlings at Jiangsu Province*

Zhao Hanzhang Quan Wanhua Zhang Linfang Zhu Haige

Abstract This is the first time that seven new clones have been successfully selected from the eastern cottonwood seedlings introduced from North America in 1982 in China. Among the seven new clones, four clones are attributed to the southern ecotype whose characteristics of growth, adaptability, resistance and wood quality are superior to those of *P. deltoides* cv. 69/55 and *P. × euramericance* cv. 72/58. Those clones can be planted in the temperate zone and subtropic zone of China. The other three clones are the northern ecotype which have better characteristics of growth, adaptability, resistance and wood quality than those of *P. × euramericana* cv. I-214. They can be planted in the moist northern and eastnorthern areas of China. Those new clones will be the good cultivars to be used for poplar plantations with short rotation.

Key words eastern cottonwood, provenance, clone

Zhao Hanzhang, Associate professor (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091),
Quan Wanhua, Zhang Linfang, Zhu Haige (Tong Shan Forest Bureau).