

长江滩地不同杨树无性系的生长比较*

唐罗忠, 吴麟, 葛晓敏, 田野, 匡兴建, 刘东, 方升佐

(南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏南京 210037)

关键词: 杨树无性系; 滩地; 筛选; 层次分析法; 综合评价

中图分类号: S792.11

文献标识码: A

Comparative Studies on the Growth of Different Poplar Clones on Beach Land of Yangtse River

TANG Luo-zhong, WU Lin, GE Xiao-min, TIAN Ye, DUN Xing-jian, LIU Dong, FANG Sheng-zuo

(College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: In order to select the poplar clones suitable to be planted on the beach land of Yangtse River, twenty clones of poplar were cultivated on the beach land in Ma'anshan City, Anhui province, China. The growth, survival rate and lodging situation of each clone were measured three years after planting, and their comprehensive performances were evaluated by improved Analytic Hierarchy Process (AHP). The result showed that the growth (including diameter at breast height, height and volume), survival rate, height under the branches and tilt angle were significantly different among these four-year-old poplar clones. The integrated evaluation showed that the comprehensive qualities of poplar clones were significantly different. The integrated values of poplar clone 895, clone 324 and clone 1388 were higher, and the integrated values of clones 447, clone 136 and clone 316 were lower than the others. This indicated that the performances of four-year-old clone 895, clone 324 and clone 1388 were better than that of the other clones, and the three poplar clones could be selected to plant on the beach land of Yangtse River.

Key words: poplar clone; beach land; selection; Analytic Hierarchy Process; comprehensive evaluation

长江中下游地区有 60 多万公顷的滩地资源, 主要包括长江滩地以及洞庭湖、鄱阳湖等湖滩地^[1]。如何有效利用滩地资源, 是摆在人们面前的重要问题。过去人们常常将滩地进行围垦或闲置, 导致湿地功能的消退, 并引发钉螺的蔓延和血吸虫病的危害。近 30 年来, 许多人针对滩地资源特点, 开展了湿地植物选择、人工栽培和利用的研究, 并付诸于实际应用, 取得了良好的效果。

杨树被普遍用于长江滩地造林^[2-3], 它虽然具有较强的耐水性能, 但是土地淹水或长期处于高水位状态仍然会影响杨树生长。杨树种类和无性系繁

多, 到目前为止, 用于长江滩地造林的杨树无性系有数十种, 如上世纪 80 年代开始应用的 I-69 杨、I-63 杨和 I-72 杨, 以及后来引进和培育的中潜系列杨树、南林系列杨树等。据观察, 现有的滩地杨树人工林个体分化十分明显, 生产力较低。其主要原因是, 不同的杨树无性系对水淹的抗耐能力不同, 适宜于滩地造林的杨树无性系仍然较少。

针对以上现状, 项艳、曹健等人^[4-10]开展了杨树新无性系的选育和区域化试验研究, 取得了阶段性成果, 为长江滩地高水位立地条件筛选了部分适宜的杨树新无性系。本项目采用“十一五”期间选

育的杨树新无性系以及近年来已在平原农区大面积推广应用的无性系在安徽省马鞍山市长江滩地营造了试验林,试图通过调查分析不同无性系的成活率、生长以及倒伏情况,并通过综合评价,从中筛选出适宜于长江滩地造林的杨树无性系,丰富滩地造林树种。

1 试验地概况和试验方法

1.1 试验地概况

试验地设在安徽省马鞍山市的九华江滩(31°41' N, 118°26' E),属北亚热带季风型湿润气候。年均气温 15.8℃,极端最低气温 -8℃,极端最高气温 37.2℃,全年无霜期 234 d;年均降水量 1 023 mm。试验地原是芦苇杂草地,每年的 6—9 月出现不同程度的季节性洪涝,是钉螺的滋生地和血吸虫病的防疫区域。为了减少血吸虫病的危害,提高土地生产力,2007 年冬季对该滩地进行了挖沟抬田工程改造,抬高局部地面后,于 2008 年春季选择 20 种杨树无性系进行随机区组造林试验。2008 年和 2009 年造林地没有发生淹水现象,但是 2010 年 7 月至 9 月发生了淹水现象,淹水深度最高时达到了 0.5 m 左右,导致杨树出现了不同程度的倒伏。

1.2 试验材料

20 种杨树无性系包括:

(1)南林 95 杨、南林 447 杨、南林 797 杨、南林 895 杨和南林 1388 杨(简称 95、447、797、895 和 1388):为 I-69 杨(*Populus deltoides* Bartr. cv. "Lux")× I-45 杨(*P. euramericana* cv. I-45)杂交 F1 代。

(2)NL-80351 杨、NL-80303 杨(简称 351 和 303):为 I-69 杨× I-63 杨(*P. deltoides* Bartr. cv. "Harvard")杂交 F1 代。

(3)35 杨(*P. deltoides* cv. "35"),简称 35。

(4)I-72 杨(*P. euramericana*(Dode)Guiner cv. "San Martino"),简称 72。

(5)74 杨(*Populus* × *euramericana* cv. "74/76"),简称 74。

(6)2025 杨(简称 2025):为 I-69 杨× 山海关杨(*P. deltoides* cv. "Shan Hai Guan")杂交 F1 代。

(7)中涡 1 号杨(简称中涡),为 I-69 杨× I-63 杨杂交 F1 代。

(8)75、136、208、220、312、316、324 和 328:是“十一五”期间南京林业大学杨树课题组采用 I-72

杨× I-63 杨杂交选育的杂种 F1 代新无性系。

2008 年 3 月按照随机区组试验设计,采用苗高为 3.5 m 左右,地径为 3.0 cm 左右,长势一致的 1 年生扦插苗进行造林试验,株行距为 3 m×5 m。每个区组包含 20 种无性系,每种无性系栽植 4 株,3 个区组累计栽植 240 株。

1.3 调查方法

2010 年 11 月,对造林 3 年后的杨树各无性系成活率(保存率)、胸径、树高、枝下高、倒伏情况(调查树干与地面的夹角。由于生长在长江滩地的杨树易出现倒伏现象,不但影响林木生长,而且对长江泄洪造成不良的影响,故将树木的倒伏情况作为调查和评价指标之一。)进行每木调查。应用高丽春^[11]的材积计算公式 $V = 0.000\ 026\ 7 \times (H + 3) \times D^2$ 计算单株林木材积,其中, V 为材积(m^3), D 为胸径(cm), H 为树高(m)。在此基础上比较不同杨树无性系之间的差异性,同时参照章海波的改进层次分析法^[12]对各杨树无性系进行综合评价,为长江滩地造林提供适宜的无性系。

具体步骤为:1)建立杨树无性系评价的隶属度矩阵。根据杨树生长状况,确定 S 型隶属函数对应的下限(x_1)和上限(x_2)(表 1),计算各个评价指标的隶属度值;2)各评价指标权重的确定。采用各评价指标的样本变异系数(表 2)构建判断矩阵,根据矩阵求出最大特征根所对应的特征向量,所求特征向量即为各评价因素重要性排序,即权重;3)判断矩阵的一致性检验。利用公式 $CR = CI/RI$ 来检验判断矩阵的一致性^[12],其中, $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$, RI 为平均随机一致性指标,取值决定于矩阵的阶数,参见表 3,本研究的判断矩阵阶数为 6,故 $RI = 1.24$ 。如果 $CR < 0.1$,表明满足判断矩阵的一致性要求;4)综合评价模型。由隶属度函数得到的各个指标在不同杨树无性系中的标准化转换值,结合权重,建立不同杨树无性系的综合评价模型,计算各无性系的综合评价指数。

表 1 S 型隶属函数对应的上下限值

指标	临界值	
	x_1 (下限)	x_2 (上限)
胸径/cm	12.0	15.0
树高/m	9.4	10.2
材积/($m^3 \cdot 株^{-1}$)	0.05	0.07
成活率/%	83.0	100.0
枝下高/m	2.2	2.4
倾斜角/(°)	35.0	55.0

表2 不同杨树无性系综合评价指标的测定结果

指标	胸径/ cm	树高/ m	材积/ ($m^3 \cdot 株^{-1}$)	成活率/ %	枝下高/ m	倾斜角/ ($^{\circ}$)
平均值	13.61	9.87	0.065	96.7	2.29	45.6
最大值	16.88	11.05	0.101	100.0	2.57	63.3
最小值	10.85	9.21	0.039	75.0	2.11	26.7
标准差	1.44	0.45	0.015	7.36	0.111	10.2
变异系数	0.106	0.046	0.238	0.076	0.048	0.224

表3 1~6阶判断矩阵的RI值

判断矩阵阶数	1	2	3	4	5	6
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24

1.4 数据处理方法

应用 Microsoft Excel 2003 软件和 SPSS 13.0 软件对数据进行处理;采用 Duncan 新复极差法进行差异性分析,显著差异性水平为 $p=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 杨树无性系胸径、树高和单株材积分析

由表4可以看出,不同杨树无性系之间的胸径生长量差异显著,其中895杨胸径最大,4年生(含1

年苗期和造林之后的3年)时达16.88 cm,年均生长量为4.22 cm,其次是95杨和2025杨,三者没有显著差异;35杨、136杨和447杨的胸径生长量均比较小;其他无性系的胸径均在12~15 cm之间。不同无性系之间的树高差异虽然也达到了显著水平,但是没有胸径那样差异明显,95杨的树高最大,达11.05 m,316杨的树高最小是9.21 m,两者相差1.84 m。不同无性系的单株材积差异状况与胸径差异基本一致,895杨的材积最大,其次是95杨和2025杨,三者之间不存在显著差异;35杨、136杨和447杨的材积生长量均比较小,分别是前三者的一半左右。由此可见,参试的20种杨树无性系在长江滩地这样的特殊立地条件下,生长指标(胸径、树高和材积)存在显著差异,895杨、95杨等已经在平原农区推广应用的无性系具有明显的生长优势,而324杨、328杨等新无性系也具有一定的生长潜力,其胸径和材积生长量均在一定程度上大于35、中渦和351等推广的杨树无性系。

表4 4年生杨树各无性系胸径、树高和单株材积

序号	无性系	胸径平均值±标准差/cm	树高平均值±标准差/m	材积平均值±标准差/($m^3 \cdot 株^{-1}$)
1	895	16.88±1.52 a	10.21±0.19 ab	0.101±0.018 a
2	95	15.86±1.25 ab	11.05±0.34 a	0.095±0.015 a
3	2025	15.45±1.37 abc	10.10±1.01 ab	0.084±0.020 ab
4	324	14.37±0.96 bcd	10.40±0.42 ab	0.074±0.011 bc
5	303	14.35±1.01 bcd	10.00±0.05 ab	0.072±0.010 bcd
6	328	14.10±0.48 cd	9.83±0.50 b	0.068±0.005 bcd
7	797	14.03±0.50 cd	9.60±0.69 b	0.066±0.006 bcd
8	1388	14.00±0.51 cd	10.29±0.99 ab	0.069±0.003 bcd
9	351	13.93±0.68 cd	9.96±0.18 ab	0.067±0.006 bcd
10	中渦	13.57±0.26 d	9.84±0.14 b	0.063±0.003 cdef
11	74	13.48±0.10 d	9.48±0.58 b	0.060±0.003 cdef
12	220	13.45±0.31 d	10.01±0.25 ab	0.063±0.003 cdef
13	208	13.41±1.06 de	9.78±0.97 b	0.061±0.006 cdef
14	316	13.01±0.30 def	9.21±0.95 b	0.055±0.007 cdefg
15	75	12.99±0.47 def	9.56±0.68 b	0.057±0.004 cdefg
16	312	12.80±0.80 def	10.33±0.59 ab	0.059±0.009 cdef
17	72	12.61±0.77 def	9.36±0.73 b	0.053±0.007 defg
18	447	11.68±2.04 efg	9.29±1.66 b	0.047±0.020 efg
19	136	11.47±0.16 fg	9.59±1.02 b	0.044±0.004 fg
20	35	10.85±1.00 g	9.47±0.33 b	0.039±0.006 g

同一列数据后的不同字母表示差异达到了0.05水平,下同。

2.2 杨树无性系成活率、枝下高和倒伏程度分析

由表5可以看出,2025杨的平均成活率最低为75%,95杨和208杨为83.3%,447杨为91.7%,其余16种杨树无性系成活率均为100%。不同杨树无性系之间的枝下高差异虽然也达到了显著水平,但

是最大值(95杨的2.57 m)与最小值(316杨和447杨的2.11 m)之间只相差0.46 m。长江滩地土壤比较松软,尤其是雨季和洪水泛滥期间,土壤经过长期浸泡和树木受洪水冲击以及大风的作用后容易导致树木的倾斜,甚至倒伏,致使树木生长减慢,泄洪阻

距离聚类分析和选择指数3种方法对杨树优良无性系进行多性状选择研究。结果认为,遗传距离聚类分析可用于选择有利用价值的类群;主成分分析可以评价各无性系综合性状的优劣并作为无性系选择的参考;选择指数是评价生长和材质性状兼优无性系的理想方法。3种方法的有机结合能为选择综合性状表现优良的无性系和选择在个别性状上特优的无性系提供有效方法。

近年来,层次分析法在植物优良品种的选择中得到了广泛应用^[21-24]。但是运用层次分析法在构建判断矩阵时,会因为对指标之间相对重要程度的判断因专家不同而不同,同时对已有信息的应用也不够充分^[12,25]。章海波^[12]、Wang^[26]等人采用改进的层次分析法,对不同类型的土壤肥力进行了综合评价,获得了比较理想的结果。

与传统的层次分析法相比,改进的层次分析法^[12,26]采用各评价指标的样本标准差来反映各评价指标对综合评价的影响程度,并用于构造判断矩阵。其依据是,某一评价指标内部的变化程度(样本标准差)越大,则其传递的综合评价的信息就越丰富^[27]。但是,由于不同的评价指标及其标准差具有不同的量纲,所以,如果采用样本标准差来反映各评价指标对综合评价的影响程度,就容易在量纲发生变化时,标准差也发生变化,从而导致其对综合评价的影响程度也发生变化。一般情况下,量纲减小,则标准差增大,影响程度也增大,反之则减小。评价指标数据(去量纲后的平均数的绝对值)较大时,往往容易导致标准差也较大,进而对综合评价的影响程度提高。所以,为了克服量纲的影响,本研究在改进层次分析法的基础上,采用样本变异系数代替样本标准差来构建判断矩阵,根据判断矩阵计算各指标的权重,获得了比较理想的结果。对判断矩阵进行一致性检验,可以得到 $CR=0.0085$,小于界限 0.1 ,因此根据判断矩阵得到的各指标的权重合理。进一步根据权重对各种杨树无性系进行综合评价,结果表明,20种杨树无性系的综合指数差异较大,其中现已推广的895杨的综合指数最大,新培育的324杨和1388杨的综合指数也大于 0.9 ,三者可以归为最优组;2025、303和328杨3种无性系的综合指数介于 $0.7\sim 0.9$ 之间,可归为次优组;74杨、95杨等9种无性系的综合指数介于 $0.5\sim 0.7$ 之间,可归为一般组;其余无性系的综合指数小于 0.5 ,表现较差。所以,可以初步认为895、324和1388杨3种无

性系的生长表现优于其他无性系,可作为滩地造林的优选品种。

本研究针对长江滩地这种特殊立地条件,选择了胸径、树高、材积、成活率、枝下高以及倾斜程度作为评价指标对不同杨树无性系进行了综合评价,得到了初步结果。当然,衡量杨树无性系优劣的指标还有很多,如树干的通直程度、结疤或侧枝的多少与大小、木材力学与化学性能、病虫害发生状况等。因此,要准确地选择优良的杨树无性系,还需要作更加全面和长期的观测研究。

参考文献:

- [1] 孙启祥, 张建锋, 吴立勋. 滩地杨树人工林抑螺效果与碳汇效应[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 701-706
- [2] 吴泽民, 孙启祥, 段文秀. 安徽长江滩地杨树人工林个体生长与水淹状况的关系[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 25-29
- [3] 汤玉喜, 吴立勋, 徐世凤, 等. 滩地淹水胁迫对杨树生长影响的研究[J]. 湖南林业科技, 2002, 29(1): 14-17
- [4] 项 艳, 孙启祥, 程从新. 长江滩地杨树无性系苗期选择研究[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(3): 289-292
- [5] 曹 健, 唐万鹏, 夏志成, 等. 杨树新无性系的引进及选择研究[J]. 湖北林业科技, 2004(4): 5-11
- [6] 董德友, 郭 群. 35种杨树无性系在安徽长江滩地的引种试验[J]. 江苏林业科技, 2007, 34(4): 21-23
- [7] 吴林森, 严小宝. 河滩地杨树生长适应性的综合评判研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(15): 3672-3674
- [8] 吴育中, 陈永新, 张 燃, 等. 洲滩地杨树栽培品种选择研究[J]. 林业科技开发, 2003, 17(5): 22-25
- [9] 吴中能, 于一苏, 沈 松, 等. 杨树多品系区域造林试验初报[J]. 安徽农业科学, 2000, 28(4): 504-505, 507
- [10] 宗凡中. 长江滩地杨树新品种栽培试验初报[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(17): 190-191
- [11] 高丽春, 赵荣堂, 徐焕新. 黑杨派四个无性系立木材积表编制[J]. 南京林学院学报, 1984(1): 131-138
- [12] 章海波, 骆永明, 赵其国, 等. 香港土壤研究: VI. 基于改进层次分析法的土壤肥力质量综合评价[J]. 土壤学报, 2006, 43(4): 577-583
- [13] 吕 文, 宋保民, 韩玉生, 等. 杨树无性系在沙区引种造林综合评价的研究[J]. 林业科学, 2001, 37(1): 72-82
- [14] 李金花, 宋红竹, 牛正田, 等. 辽西地区黑杨派纸浆材无性系生长与材性综合评价[J]. 林业科学研究, 2008, 21(2): 206-211
- [15] 刘志龙, 虞木奎, 唐罗忠, 等. 不同地理种源麻栎苗期变异和初步选择[J]. 林业科学研究, 2009, 22(4): 486-492
- [16] 姜岳忠, 乔玉玲, 李善文, 等. 杨树大径阶工业用材林适生品种选择[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(增刊2): 252-258
- [17] 王克胜, 卞学瑜, 李淑梅, 等. 杨树优良无性系多性状选择方法研究[J]. 林业科技通讯, 1995(1): 16-18
- [18] 王克胜, 韩一凡. 杨树抗寒纸浆材优良无性系选育[J]. 林业

科技通讯, 1995(8): 12-14

- [19] 王克胜, 卞学瑜, 李淑梅, 等. 杨树抗云斑天牛纤维材无性系选育[J]. 林业科学研究, 1995, 8(4): 429-436
- [20] 任建中, 刘长青, 汪清锐, 等. 杨树纸浆材优良无性系选择方法的研究[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(4): 25-29
- [21] Sun J, Chen Q G, Long R J. An application of the analytic hierarchy process and fuzzy logic inference in a decision support system for forage selection [J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 2004, 47(3): 327-331
- [22] 孙 明, 李 萍, 张启翔. 基于层次分析法的地被菊系综合评价研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 177-181
- [23] 陈仲芳, 张 霖, 尚富德. 利用层次分析法综合评价湖北省部分桂花品种[J]. 园艺学报, 2004, 31(6): 825-828
- [24] 封培波, 胡永红, 张启翔, 等. 上海露地宿根花卉景观价值的综合评价[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(6): 84-87
- [25] 吴殿廷, 李东方. 层次分析法的不足及其改进的途径[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2004, 40(2): 264-268
- [26] Wang G B, Cao F L. Integrated evaluation of soil fertility in *Ginkgo biloba* L. agroforestry systems in Jiangsu, China [J]. Agroforestry System, 2011, 83: 89-100
- [27] 翟立林, 张庆洪. 应用决策分析[M]. 上海: 同济大学出版社, 1994

《库姆塔格沙漠研究》一书已正式出版

《库姆塔格沙漠研究》一书由卢琦、吴波、董治宝等主篇, 于2012年6月由科学出版社正式出版, 这是在沙漠科学考察工作历程中的一件大喜事。

库姆塔格沙漠地处塔里木盆地东端, 面积2.28万 km^2 , 被列为中国第四大流动沙漠, 但却是我国沙漠科学考察上的空白。自2007年6月—2009年12月, 由中国林科院牵头, 会同18家科研、教育机构, 集9个学科21个专业150多人, 前后两次进行了大规模库姆塔格沙漠科考, 20多次学科组专业调查, 完成了对库姆塔格沙漠系统性、综合性的科考任务, 在诸多领域取得了阶段性研究成果, 本书就是这些研究成果的系统总结。

《库姆塔格沙漠研究》揭示了库姆塔格沙漠的形成时代及演化历程, 阐明了风沙地貌的类型、分布及羽毛状沙丘的形成过程, 阐述了研究区的基本气候要素、气候变化特征、水文过程及水资源利用, 论述了动植物区系与生物多样性保护; 并以遥感数据为基础, 分析了沙漠动态与区域景观格局。书中对库姆塔格沙漠地区的生态保护与区域可持续发展提出了积极的对策和建议, 对保护敦煌绿洲和莫高窟文化有重要的价值。

《库姆塔格沙漠研究》内容丰富, 资料翔实, 体系严谨, 论理有据, 图文并茂; 是一本供从事干旱地区及沙漠研究的科研工作者、高等院校相关专业师生参考的极具价值的好书。