

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.05.016

安庆地区杨树优良无性系选育初报

苗婷婷, 吴中能, 于一苏, 刘俊龙, 孙 慧, 曹志华

(安徽省林业科学研究院, 安徽 合肥 230031)

摘要:本文以安庆市大观区南埂林场杨树无性系试验林为研究对象,通过11年的跟踪调查,对试验林18个杨树无性系的胸径、树高、材积等生长指标进行调查,对其生长性状遗传变异性进行了分析,采用主成分分析法对其生长适应性进行综合评价,结果表明:不同无性系间胸径、树高、单株材积等生长指标都存在极显著差异,其中江淮1号杨的各项生长指标最大,在生长适应性综合评价中排名第一,继承了亲本的优良特性,具有较高的遗传增益,达13.81,是优良的雄性杨树无性系。

关键词:杨树;生长指标;遗传变异;评价

中图分类号:S722.3 文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2019)05-0078-05

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A Preliminary Report on Breeding of Poplar Clones in Anqing Area

MIAO Ting-ting WU Zhong-neng YU Yi-su LIU Jun-long SUN Hui CAO Zhi-hua

(Anhui Academy of Forestry, Hefei 230031, China)

Abstract: After a follow-up investigation on the test forest of poplar clones for 11 years, studies were made of the growth indexes of 18 poplar clones such as DBH, tree height and volume and genetic variabilities, and their growth adaptabilities were evaluated comprehensively by principal component analysis for 18 poplar clones in the test forest of Nan'geng Forest Farm at Daguang District of Anqing City. The results showed that there were significant differences in DBH, tree height, volume among different clones. the growth indexes of 'Jiang Huai 1' was best, 'Jiang Huai 1' was an excellent male poplar clone by ranking first in comprehensive evaluation of growth adaptability, which not only inherited the excellent characteristics of parents, but also had high genetic gain.

Key words: Poplar, Growth index, Genetic variability, Evaluation

杨树具有速生、适应性强、分布广、易无性繁殖等优点,是安徽省主要的用材树种之一,安徽省杨树推广面积在2014年达到886 666.67 hm²,占全省林业用地面积近1/5。目前杨树产业发展受到了多方面的制约,主要问题有杨树飘絮污染环境、多代无性繁殖出现品种生理老化、性能退化等^[1]。解决这些问题最有效、最根本的办法就是要进行杨树的遗传改良和新品种选育^[2-3],选育既速生、丰产、优

质又无飞絮的雄性杨树优良无性系,逐步取代现有飞絮品种。

安徽省林科院和中国林科院合作,自2002年以来一直从事于雄性杨树选育与应用研究工作。江淮1号杨、江淮2号杨是通过人工控制授粉水培杂交后经苗期多次选择,从20个系号中筛选出的表现良好的雄性杨树无性系。江淮1号杨母本为美洲黑杨55号杨,(*Populus deltoides* cl. '55/65'),该品种干

收稿日期:2019-06-05

基金项目:“十三五”国家重点研发计划课题(2016YFD0600401);“十一五”科技支撑专题(2006BAD01A1501)

作者简介:苗婷婷(1983-),女,副研究员,硕士,主要从事森林培育工作,e-mail:cjsmtt@163。

挺拔圆满,速生性好,较抗光肩星天牛,并且在华北地区的造林成活率较高,父本为美洲黑杨 S3226 (*Populus deltoids* '3226'),生长迅速,材质优良,抗性强。江淮 2 号杨母本为美洲黑杨 55 号杨,父本为美洲黑杨 10/17 杨, (*Populus deltoides* cl. '10/17')。2007 年、2008 年项目组分别在安徽省蚌埠市淮上区、桐城市新集镇、安庆市大观区营造三片区试林,本文对安庆试验林的 18 个杨树无性系进行 11 年的跟踪调查,比较了各无性系间的生长能力,分析其生长性状遗传变异性,并对它们的生长适应性进行了综合评价,现将初步研究结果总结如下。

1 试验地概况

安庆市大观区地处安徽省安庆市区西部,南濒长江,东与迎江区毗邻, E116°59'03", N30°29'03"。属北亚热带湿润季风气候,年均气温 16.6℃,多年平均极端最高气温为 39℃,极端最低气温为 -7.6℃,年均日照时数 1976.3 h,年均降水量 1390 mm,年均蒸发量 1476 mm,无霜期 248 d。四季分明,气候温和,雨量适中,霜少雪稀。试验地位于大观区海口镇南埂村南埂林场,是受长江与皖河冲击而成的滩地,土壤为冲积潮土类,土层深厚,质地砂壤,肥力中等。林地存在季节性上水。

2 材料与方法

2.1 试验材料

2008 年 4 月在安徽省安庆市大观区海口镇南埂村南埂林场采取植苗造林方式营造区域化试验林,主要有 15-129(江淮 1 号杨)、17-57(江淮 2 号杨)、17-58(黄淮 3 号杨)、4-20、17-169 等 18 个无性系,以 1-69 杨、皖林 1 号(Z3)作为对照,皖林 1 号是安徽省林业科学研究院于 2000 年左右选育出的速生、高效的雌性杨树品种。采用完全随机区组设计,5~10 株一小区,3 次重复。造林密度 4 m×8 m,长方形配置,行向顺水流方向。造林当年溃疡病严重,成活率不高,第 2 年春季进行了补植。每年年末对试验林进行年终调查,包括胸径、树高及病虫害发生情况等。试验林采取常规管理,前 3 年实行林粮间作,以耕代抚,主要农作物为小麦、油菜。

2.2 数据处理

用 DPS 软件进行单因素 Duncan 新复极差法方

差分析和主成分分析,并利用隶属函数法^[4-5]对各无性系生长适应性进行综合评价,遗传性状分析参照沈熙环编著的林木育种学^[6]。主要计算公式如下^[7]:

(1)材积计算公式

$$V = 0.19328321D^2H + 0.007734354DH + 0.82141915D^2 \quad (1)$$

$$(2) \text{广义重复力公式 } H^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_g^2 + M_2} \quad (2)$$

$$\delta_g^2 = \frac{M_1 - M_2}{r} \quad (r \text{ 为重复数}, M_1 \text{ 为基因型方差分量}, M_2 \text{ 为环境型方差分量})$$

$$(3) \text{遗传增益公式 } \Delta G = \frac{(\bar{x} - \bar{X})H^2}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3)$$

(\bar{x} 为各无性系指标平均值, \bar{X} 为所有无性系指标总均值)

$$(4) \text{隶属函数值 } Z(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

(X_j 为第 j 个因子的得分值; X_{\max} 和 X_{\min} 分别为第 j 个因子得分的最大值和最小值)

$$(5) \text{权重 } W_j = \frac{P_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

(W_j 表示第 j 个公因子在所有公因子中的重要程度, P_j 为各无性系第 j 个公因子的贡献率)

$$(6) \text{综合评价 } D = \sum_{j=1}^n [Z(X_j) \times W_j] \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

(D 为用综合指标评价所获得的各无性系生长适应性综合评价值)

3 结果与分析

3.1 各无性系保存率和生长进程

各无性系的保存率及生长进程详见表 1,由表 1 可知,18 个无性系的平均保存率为 55.74%,其中江淮 1 号杨(15-129)的保存率最高,为 95%,17-169 的保存率最低,为 11.5%。试验林平均保存率较低的主要原因是溃疡病发生和每年 6—8 月份林地季节性上水,造成部分无性系因抗病性、耐涝性差保存率较低。而江淮 1 号杨保存率最高说明其对溃疡病有较强抗性和耐涝性。各无性系胸径、树高生

表1 各无性系保存率及生长进程
Tab. 1 The preservation rate and growth schedule of each clone

无性系	胸径/cm											树高/m										
	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
17-58	4.0	5.7	4.1	3.3	4.4	1.8	2.5	2.2	1.9	1.8	0.4	5.0	3.3	3.1	2.8	2.9	1.7	1.8	1.6	1.2	0.8	0.8
17-89	3.1	5.7	3.5	4.1	4.0	1.5	2.9	2.0	2.1	1.7	1.2	3.5	3.8	3.7	2.5	2.3	2.1	1.3	1.5	1.1	1.1	1.1
H-17	3.0	5.4	4.1	3.6	3.3	3.8	2.1	3.2	1.8	1.4	0.4	3.3	3.4	2.4	3.7	3.4	2.2	1.4	1.6	1.4	1.5	1.0
江淮1号杨(15-129)	4.0	5.1	3.6	3.4	4.0	3.1	3.2	1.6	1.7	2.1	1.3	4.2	3.7	2.1	3.5	3.4	2.2	1.6	1.6	1.2	1.3	1.2
17-40	3.2	4.5	4.4	2.5	4.8	2.8	3.0	3.1	1.8	1.2	0.8	4.5	3.8	3.1	2.1	2.2	1.6	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2
4-20	3.8	4.7	4.0	3.5	4.6	1.8	2.8	2.6	1.1	1.8	0.9	4.0	3.4	3.5	2.7	1.6	1.9	1.4	1.8	1.3	1.3	1.4
17-161	4.0	4.8	4.3	3.0	3.7	1.9	1.6	4.1	1.5	1.7	0.1	4.4	4.1	2.6	2.5	1.6	1.6	1.3	1.8	1.3	1.1	1.7
17-169	4.0	4.3	3.1	4.5	2.0	3.6	1.3	3.3	3.4	0.3	0.4	4.5	4.0	2.6	2.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.2	1.5	1.2
17-181	4.5	4.7	3.6	3.3	3.9	2.0	2.1	2.2	1.7	0.5	0.7	4.5	4.1	3.0	2.1	1.6	1.2	1.4	1.3	1.4	1.2	1.1
江淮2号杨(17-57)	5.5	3.0	3.3	2.1	2.6	3.6	2.6	2.6	1.5	0.8	1.5	3.0	3.1	3.5	2.8	2.2	1.8	1.5	1.2	1.3	1.4	1.2
4-3	3.2	5.1	3.1	3.2	4.0	3.2	2.7	1.4	1.6	0.3	2.3	3.4	3.8	3.5	2.8	1.8	1.6	1.4	1.5	1.4	1.3	1.5
17-93	3.3	3.3	3.9	3.7	3.1	2.8	3.4	1.2	0.8	1.7	1.3	3.2	3.5	3.1	2.6	2.0	1.7	1.4	1.0	1.3	1.5	1.0
17-24	3.3	3.3	4.5	5.0	0.8	1.8	2.1	2.1	1.6	0.6	1.5	4.6	4.5	2.4	1.7	1.9	1.7	1.4	0.9	1.3	1.1	0.7
17-51	3.5	3.6	3.2	2.9	1.1	3.8	1.9	0.6	1.9	0.4	1.3	4.5	4.5	2.8	1.9	1.5	1.9	1.0	1.5	0.7	1.0	0.8
15-1	3.0	5.0	3.8	2.3	2.4	1.2	1.0	1.3	0.8	1.3	1.7	3.5	4.1	2.5	2.5	2.3	1.5	1.2	1.2	0.9	0.8	0.8
15-74	3.0	3.8	4.8	3.3	2.6	1.1	1.1	0.6	0.8	0.6	0.7	3.2	3.3	2.6	1.0	4.2	1.4	0.9	1.1	0.8	1.0	0.7
皖林1号Z3(对照)	3.6	4.9	5.4	3.4	2.3	2.9	3.0	1.1	2.1	0.8	1.2	3.9	4.1	3.3	2.4	2.1	1.7	1.6	1.3	1.2	1.4	1.3
I-69(对照)	3.0	4.6	2.4	6.0	1.5	4.1	1.9	1.1	0.4	1.4	1.9	3.5	3.3	2.4	2.5	2.0	1.8	1.6	1.3	1.2	1.4	1.2

长量最大值多出现在造林后第2~5年,连年生长量分别达到3.8 cm~5.7 cm、3.3 m~4.5 m。其中,江淮1号杨、江淮2号杨胸径、树高的连年生长量均较高,最大连年生长量分别是5.1 cm、3.7 m和5.3 cm、3.5 m,分别比I-69杨高出10.9%、12.1%和15.2%、6.1%。后期连年生长量虽有所减小,但一直在稳定增长。江淮1号杨和江淮2号杨胸径、树高得多年平均生长量为2.91 cm·a⁻¹、2.14 m·a⁻¹和2.59 cm·a⁻¹、2 m·a⁻¹,比I-69杨分别高出15.0%、14.4%和2.4%、7.0%,说明江淮1号杨、江淮2号杨有较大生长潜力。

3.2 各无性系生长量比较

林木胸径、树高和材积生长量是反映林木生长特性的重要指标,能够反映无性系在试验地区的生长特性表现情况^[8-9]。由表2可知,11年生的各杨树无性系中,江淮1号杨表现最好,胸径和树高为32.95 cm和25.6 m,比I-69杨分别高出16.64%和15.32%。18个杨树无性系的平均材积为0.5188 m³,超过平均值的无性系有10个,江淮1号杨的单株材积为0.6916 m³,高出平均值33.31%,高出皖林1号20.04%和I-69杨51.51%。江淮1号杨的理论蓄积量为217.8645 m³·hm⁻²、实际蓄积量为206.9715 m³·hm⁻²,均居首位,分别高出平均值33.31%和124.36%。

表2 11年生各无性系生长量
Tab. 2 Growth of each clone in 11 years

无性系	胸径/cm	树高/m	单株材积/m ³	理论蓄积量/(m ³ ·hm ⁻²)	实际蓄积量/(m ³ ·hm ⁻²)
17-58	32.1	25	0.6446	203.052	162.4425
17-89	31.8	24.6	0.6244	196.683	68.8395
H-17	32.12	25.2	0.6499	204.7065	112.5885
江淮1号杨(15-129)	32.95	25.6	0.6916	217.8645	206.9715
17-40	31.86	24.5	0.6243	196.6425	65.4825
4-20	31.56	24.3	0.6089	191.8185	115.0905
17-161	30.59	24	0.5678	178.8585	160.9725
17-169	30.2	23.9	0.5521	173.898	19.998
17-181	29.24	22.8	0.4986	157.0485	109.935
江淮2号杨(17-57)	28.8	23	0.4881	153.7485	84.5625
4-3	30.2	24	0.5541	174.5265	66.495
17-93	28.39	22.3	0.4627	145.7385	72.8685
17-24	26.71	22.2	0.4106	129.327	51.7305
17-51	24.18	22.1	0.3392	106.845	21.369
15-1	23.78	21.2	0.3172	99.93	84.9405
15-74	22.45	20.1	0.2721	85.713	47.142
皖林1号Z3(对照)	30.71	24.2	0.5762	181.494	103.6335
I-69(对照)	28.25	22.2	0.4565	143.7975	105.4035

3.3 性别鉴定及耐水湿性观察

试验林 2012 年春始花。自 2012 年起,对该片试验林各无性系开花特性进行了不间断的调查,同时结合桐城市、蚌埠市两片试验林开花特性,确定每个无性系的性别,本试验林中除江淮 1 号杨、江淮 2

号杨和 17-169 外,均为雌性。此外,因试验林地处长江流域外滩,每年 6—8 月会季节性上水,所以每年调查时都对试验林木的耐水湿性进行了记录,发现有的树皮出现了浸水开裂的现象。详见表 3。

表 4 各无性系性别及树皮开裂情况统计表

Tab.4 Statistics on the sex and bark cracking of each clone

无性系	17-58	17-89	H-17	江淮 1 号杨 (15-129)	17-40	4-20	17-161	17-169	17-181	江淮 2 号杨 (17-57)	4-3	17-93	17-24	17-51	15-1	15-74	皖林 1 号 Z3(对照)	1-69 (对照)
性别	♀	♀	♀	♂	♀	♀	♀	♂	♀	♂	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀	♀
树皮开裂	无	无	无	无	有	无	有	有	无	无	无	有	无	有	无	无	无	无

3.4 生长性状遗传变异分析

对试验林中 11 年生 16 个杨树无性系(对照除外)各生长性状遗传变异进行分析,结果见表 4 和表 5。方差分析结果(见表 4)显示,这 16 个杨树无性系胸径、树高和单株材积在无性系间都为极显著差异($p < 0.0001$)。各无性系生长性状存在不同程度的遗传变异,其中单株材积的变异系数远大于胸

径和树高,胸径变异程度略高于树高,树高的变异系数较小,为 6.37%。各生长性状重复力为 59.3% ~ 66.36%,均超过 50%,说明各无性系的生长性状受到中等以上水平的遗传控制,具有较高的遗传稳定性。江淮 1 号杨单株材积相对于 16 个无性系平均值的遗传增益为 13.81%,位列第一。

表 4 16 个杨树无性系 11 年生各生长性状方差分析

Tab.4 Variance analysis of growth traits in 11-year-old poplar clones

变异来源	自由度	胸径			树高			单株材积		
		均方	F 值	p 值	均方	F 值	p 值	均方	F 值	p 值
处理间	15	40.9615	5.371	0.0001	7.2179	6.873	0.0001	0.0498	6.949	0.0001
处理内	32	7.6268			1.0502			0.0072		
总变异	47									

表 5 16 个杨树无性系 11 年生各生长性状遗传变异情况

Tab.5 Genetic variation of various growth traits in 11-year-old poplar clones

性状	均值	最小值	最大值	标准差	变异系数 /%	重复力 /%
胸径/cm	29.18	22.45	32.95	3.18	10.90	59.3
树高/m	23.4	20.1	25.6	1.49	6.37	66.19
单株材积/m ³	0.5191	0.6916	0.2721	0.1245	23.98	66.36

3.5 生长适应性分析

为了进一步研究杨树试验林中各无性系生长情况,本文采用 DPS 软件对 18 个无性系的 6 个指标

(保存率、胸径、树高、材积、性别及耐水湿性)进行主成分分析,得到 4 个综合指标,其贡献率分别为 47.89%、18.27%、16.02% 和 14.19%,累计贡献率为 96.37%,其余可忽略不计。详见表 6。根据贡献率大小可知各综合指标的相对重要性,再根据各综合指标的指标值,用隶属函数值和权重计算出各无性系生长适应性综合评价值(见表 7)。

由表 7 可知,江淮 1 号杨的综合评价 D 为 0.8895,排名第 1,表明其生长适应性是最强的,依次分别是 17-58(黄淮 3 号)、H-17 和江淮 2 号杨,综合评价值分别为 0.7482、0.6561 和 0.6438,综合表现中上等,均超过皖林 1 号和 I-69 两个对照。

表 6 各综合指标系数及贡献率

Tab.6 Comprehensive index coefficient and contribution rate

主成分	保存率	胸径	树高	材积	性别	耐水湿性	贡献率
1	0.1258	0.5689	0.528	0.5806	0.1675	0.1286	47.89
2	0.6924	-0.0152	-0.2041	-0.0617	0.6199	-0.3011	18.27
3	0.3368	-0.0919	-0.1329	-0.0727	0.0197	0.9246	16.02
4	-0.6089	-0.0794	-0.0099	-0.0444	0.764	0.1927	14.19

表7 各无性系生长适应性综合评价

无性系	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	U(1)	U(2)	U(3)	U(4)	D	排名
17-58	2.7231	0.8073	-0.5183	-0.3586	0.9887	0.8601	0.1459	0.4719	0.7482	2
17-89	1.2217	-0.284	-0.9372	0.9172	0.7383	0.6125	0.0168	0.8119	0.6054	7
H-17	1.6347	0.3094	-0.6817	0.3534	0.8072	0.7471	0.0955	0.6616	0.6561	3
江淮1号杨(15-129)	2.7906	0.5293	2.2544	-0.2132	1.0000	0.7970	1.0000	0.5106	0.8895	1
17-40	0.805	-1.6369	-0.9918	-0.655	0.6688	0.3056	0.0000	0.3929	0.4482	13
4-20	1.1639	0.5577	-0.5207	0.2533	0.7287	0.8035	0.1451	0.6350	0.6321	5
17-161	0.6285	0.1826	-0.0705	-2.1289	0.6394	0.7184	0.2838	0.0000	0.5011	11
17-169	0.2964	-2.9842	1.2952	0.4976	0.5840	0.0000	0.7045	0.7001	0.5104	10
17-181	0.3949	0.9927	-0.2345	0.0523	0.6004	0.9021	0.2333	0.5814	0.5938	8
江淮2号杨(17-57)	-0.6076	0.2407	2.4103	0.8163	0.4332	0.7316	1.0480	0.7850	0.6438	4
4-3	0.1025	0.0128	-0.6876	0.921	0.5517	0.6799	0.0937	0.8129	0.5383	9
17-93	-1.5614	-0.6638	-0.2952	-0.9197	0.2741	0.5264	0.2146	0.3223	0.3192	16
17-24	-1.5178	-1.1415	-0.5116	-0.6171	0.2814	0.4180	0.1479	0.4030	0.3030	17
17-51	-2.0175	-0.4022	-0.6593	1.6228	0.1981	0.5857	0.1024	1.0000	0.3738	14
15-1	-2.7345	0.4768	0.4136	-1.6961	0.0785	0.7851	0.4329	0.1154	0.2768	18
15-74	-3.2051	1.1399	0.1778	0.7301	0.0000	0.9355	0.3603	0.7621	0.3495	15
皖林1号Z3(对照)	1.1165	0.4393	-0.5707	0.3422	0.7208	0.7766	0.1297	0.6587	0.6240	6
I-69(对照)	-1.2338	1.4241	0.1277	0.0824	0.3288	1.0000	0.3449	0.5894	0.4971	12
贡献率	0.4789	0.1827	0.1602	0.1419						
权重					0.4969	0.1896	0.1662	0.1472		

4 结论与讨论

通过对安庆试验林的18个杨树无性系11年的连续观测发现,不同无性系间胸径、树高、单株材积等生长指标都存在极显著差异,其中江淮1号杨各项生长指标都表现较好,生长潜力大。11年生江淮1号杨的单株材积为 0.6916 m^3 ,高出试验林平均值33.31%,高出皖林1号20.04%,I-69杨51.51%。

林木优良无性系(品种)的选育需要考虑多种因素对生长、形态、品质、抗性等多方面指标的综合评价^[10]。本研究在生长适应性评价中综合考虑了生长指标、形态指标及抗性指标,运用主成分分析法对试验林中的18个无性系进行排序,其中江淮1号杨排名第一,江淮2号杨排名第四,均高于皖林1号和I-69两个对照。

试验林中江淮1号杨、江淮2号杨均未发现树皮开裂现象,表现出较强耐水湿性,这也印证了刘俊龙等^[10]研究结论,且干形挺拔,抗性强,不仅继承了亲本的优良特性,而且具有较高的遗传增益,是优良的雄性杨树品种,不飞絮,无环境污染,适合在安庆地区推广栽植,也可辐射推广到周边气候土壤条件相似的沿江地区。

参考文献:

- [1] 荀守华,姜岳忠,乔玉玲,等.无絮黑杨“鲁林9号杨”、“鲁林16号杨”新品种选育[J].山东林业科技,2016(6):1~7.
- [2] 齐金海,曹文生,柴旭光,等.浅谈林木良种选育工作[J].防护林科技,2009(3):94~95.
- [3] 叶艳涛,刘若楠,李艳霞,等.周口市无絮杨选育与应用研究初报[J].河南林业科技,2016(4).
- [4] 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):56~58.
- [5] 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.
- [6] 陈晓阳,沈熙环.林木育种学[M].北京:高等教育出版社,2005:19~20.
- [7] 方升佐,徐锡增,吕士行,等.杨树定向培育[M].合肥:安徽科学技术出版社,2004.
- [8] 赵珮,曹帮华,吴丽云,等.20个杨树无性系生长特性比较[J].山东科学,2013,26(4):32~36,50.
- [9] 曹振玉,台秀国,杨振亚,等.鲁西南地区8个黑杨无性系生长性状比较研究[J].西南林业大学学报,2016,36(6):34~40.
- [10] 吕义,刘扬,方升佐,等.南方型杨树无性系间生长性状和木材材性的遗传差异[J].南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(06):24~30.
- [11] 刘俊龙,吴中能,于一苏,等.江淮系列杨树品种的耐涝性试验[J].林业科技开发,2014,28(06):25~29.