

## 不同杉木半同胞家系种子品质比较分析研究

朱江华<sup>1</sup>, 甘伟涛<sup>2</sup>, 欧斌<sup>1</sup>, 王建皓<sup>2</sup>, 刘华新<sup>2</sup>

(1. 江西环境工程职业学院, 江西 赣州 341000; 2. 崇义林业股份有限公司, 江西 崇义 341300)

**摘要:**为探讨不同杉木 *Cunninghamia Lanceolata* 半同胞家系种子的品质特征, 对江西省赣州市崇义县高垄林场省级杉木良种基地二代杉木种子园 20 个半同胞家系种子的球果鲜质量、种子总质量、出籽率、种子千粒质量、优良度等进行比较研究。结果表明, 不同的杉木半同胞种子在球果鲜质量、种子总质量、种子千粒质量和优良度方面均有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。73 号半同胞家系种子整体品质最好, 其球果鲜质量、种子总质量最大, 分别达到 0.406 7 kg, 16.233 5 g, 种子的千粒质量、优良度、出籽率分别为 8.136 0 g, 44%, 3.99%, 且千粒质量和优良度显著大于绝大部分家系种子 ( $P < 0.05$ )。29, 31, 35 号半同胞家系种子各项品质指标均靠前, 整体品质较好。杉木半同胞家系种子的出籽率与球果鲜质量、种子总质量、千粒质量、优良度值均不存在单一的正相关性。半同胞家系的种子品质与种子品质指标的离散程度没有相关性。

**关键词:** 杉木; 半同胞家系; 种子品质; 综合评价

中图分类号: S722.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2020)01-0017-06

## Comparison on Seed Quality of Different Half-sib Families of *Cunninghamia lanceolata*

ZHU Jiang-hua<sup>1</sup>, GAN Wei-tao<sup>2</sup>, OU Bin<sup>1</sup>, WANG Jian-hao<sup>2</sup>, LIU Hua-xin<sup>2</sup>

(1. Jiangxi Environmental Engineering Vocational College, Ganzhou 341000, China; 2. Chongyi Forestry Co., LTD. of Jiangxi, Chongyi 341300, China)

**Abstract:** Fresh cones of 20 half-sib families of *Cunninghamia Lanceolata* were collected from Second Generation Clonal Seed Orchard in Ganzhou, Jiangxi province in October 2018. Determinations were implemented on their fresh cone weight, seed weight, seed yield, thousand seed weight and seed soundness. The results showed that there were significant differences in seed fresh cone weight, seed weight, thousand seed weight and seed soundness among 20 half-sib families. The family of No.73 had the best seed quality, with the largest fresh cone weight and seed weight of 0.406 7 kg and 16.233 5 g, while its thousand seed weight, seed soundness and seed yield had 8.136 0 g, 44% and 3.99%, and the thousand seed weight and seed soundness was significantly higher than most families. Followed were families such as No. 29, No. 31 and No. 35. The experiment demonstrated that it had no single positive correlation between seed yield with fresh cone weight, seed weight, thousand seed weight and seed soundness. There was no correlation between seed quality and the dispersion degree of seed quality index.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*; half-sib family; seed quality; comprehensive assessment

杉木 *Cunninghamia Lanceolata* 为杉科 Taxodiaceae 杉木属 *Cunninghamia* 植物, 其生长快, 木材优良、用途广, 为我国长江流域、秦岭以南地区栽培最广、经济价值高的速生用材树种<sup>[1-2]</sup>。江西是杉木的主产区之一, 其林木良种选育工作始于 20 世纪 70 年代, 早期良种选育的目标主要集中于解决江西省杉木、马尾松 *Pinus*

收稿日期: 2019-04-11; 修回日期: 2019-10-27

基金项目: 江西省林业科技创新专项“赣南杉木高世代种子园无性系选育”(201504); 中央财政林业科技推广项目“杉木嫁接种子园快速成园技术推广与示范”(JXTG[2018]-09号)

作者简介: 朱江华, 硕士研究生, 从事林木遗传育种与种苗研究工作; E-mail: onlyzhujh@163.com。通信作者: 欧斌, 教授级高级工程师, 从事林木遗传育种与种苗研究工作; E-mail: oubinse@163.com。

*massoniana* 等主要人工造林树种的良种问题<sup>[3]</sup>。营建杉木种子园是生产杉木良种的重要途径,为了培育出高产、高品质杉木种子,满足于林业生产需求,中国在主要的杉木分布区投资营建了 3 500 hm<sup>2</sup> 杉木种子园,为杉木人工造林提供优质种子,取得了极为显著的增产效益<sup>[4-5]</sup>。长期以来,林业科技工作者对杉木种子园无性系筛选、杉木种子结实性状、杉木半同胞良种遗传表现等方面进行了大量研究<sup>[6-8]</sup>。林木种子是育苗、造林的基础,为提高其质量,实现林业生产现代化都需要种子有较好的播种品质<sup>[9]</sup>。本文以江西崇义国有林场杉木优树无性系二代种子园 20 个自由授粉的半同胞家系种子为研究对象,对种子品质(球果鲜质量、种子总质量、出籽率、种子千粒质量、优良度等)进行调查研究,比较不同杉木无性系种子园的半同胞家系种子的品质差异性及相关性,揭示不同杉木半同胞种子特性,以为杉木种子园的优良无性系选择和科学经营提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验采种地为江西省赣州市崇义县高垒林场省级杉木良种基地,113°55′~114°38′ E, 25°24′~25°55′ N,地貌为中山丘陵,海拔 300~500 m。属中亚热带季风气候区,冬夏两季盛行季风,四季分明,雨量充沛,空气湿度大,无霜期长。年平均气温 17.9℃,最冷月 1 月平均气温 7.3~7.6℃,最热月 7 月平均气温 27.0℃,≥10℃年积温 5 500℃左右,极端最低气温-8.0℃;年降水量 1 600 mm 左右,年平均相对湿度 83%,年日照时数 1 340 h<sup>[10-11]</sup>。

1.2 试验材料

试验材料来源于良种基地的杉木二代种子园,该种子园建于 2007 年,面积 8.2 hm<sup>2</sup>,共有 80 个建园无性系,其中收集了江西信丰国家级杉木良种基地优良无性系 41 个、福建洋口林场优良无性系 39 个。2013 年种子园开始结果,在 2016-2017 年进行了 2 次去劣疏伐,目前共保留采种母树 3 000 余株,杉木优良无性系 80 个。

2018 年 10 月,在该杉木种子园进行单株采种,随机采集 20 个半同胞家系的当年生种子,作为试验研究材料,其中包含 6 个不同的家系母本来源地(即种源地),见表 1。

表 1 不同杉木半同胞家系  
Table 1 Different half-sib families of *C. lanceolata*

家系号	家系名	家系母本来源地	家系号	家系名	家系母本来源地
4	棋棠山 4	江西龙南	29	全兆 12	江西全南
5	全小 33	江西全南	31	程龙 3	江西龙南
6	高垒 25	江西崇义	35	油山 48	江西信丰
8	全小 3	江西全南	36	全小 53	江西全南
9	全兆 22	江西全南	39	全小 55	江西全南
15	九连山 3	江西龙南	41	锦江 4	江西瑞金
17	全小 58	江西全南	49	300	福建洋口
18	棋棠山 3	江西龙南	51	308	福建洋口
22	全小 51	江西全南	62	022	福建洋口
28	全小 107	江西全南	73	080	福建洋口

1.3 研究方法

1.3.1 球果鲜质量测定 采用立木采摘法,由工人分别使用人字梯、爬树等方法对 20 个杉木无性系进行单株采种,从采集的不同半同胞家系所有球果中分别随机选取 20 个球果作为 1 个重复,设置 3 个重复,随后用天平称质量,取平均值得到杉木球果鲜质量,单位 kg,保留四位小数。

1.3.2 种子总质量测定 采用自然干燥法对 20 个杉木半同胞家系球果(每个家系随机选取的 20 个球果为 1 个重复,设置 3 个重复)进行脱粒,去除杂质,用分析天平(灵敏度为 1/10 000 g)称质量,取平均值得到杉木种子总质量。

1.3.3 种子千粒质量 用百粒法测定不同杉木半同胞家系的种子千粒质量<sup>[12]</sup>。设置 3 个重复。每个重复分别用四分法数出 100 粒种子,用分析天平称质量,取平均值,将平均值乘以 10 后所得即为种子千粒质量。

1.3.4 种子优良度 采用解剖法对杉木半同胞家系种子优良度进行测定<sup>[13]</sup>。设置 3 个重复,每个重复分别用四

分法数出 50 粒种子, 用刀片切开种子观察, 优良的种子种粒饱满、胚乳暗白色、有油光或胚根稍带粉红色等, 低劣的种子空粒、半仁、胚和胚乳干缩无油光、硬化、涩粒等。

1.3.5 出籽率 试验研究的杉木半同胞家系种子总质量与杉木球果鲜质量的比值为杉木的种子出籽率:

出籽率 (%) = 种子总质量/球果鲜质量 × 100%

1.4 数据分析

利用 Excel 工作表和 SPSS 20.0 进行数据处理和分析, 并采用 Duncan’s 新复极差法进行显著性检验。

变异系数:  $V_i = \sigma_i / \bar{X}_i$ , 式中,  $\sigma_i$  表示标准差;  $\bar{X}_i$  表示平均值。

2 结果与分析

2.1 不同杉木半同胞家系球果质量比较

不同杉木半同胞家系球果鲜质量和种子总质量见表 2, 单因素方差分析结果见表 3。由表 3 可知, 整体上, 20 个杉木半同胞家系之间的球果鲜质量和种子总质量均有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。

表 2 不同杉木半同胞家系球果及种子质量  
Table 2 Cone and seed weight of different half-sib families of *C. lanceolata*

家系号	球果		种子		出籽率/%
	鲜质量/kg	$V_i$	总质量/g	$V_i$	
4	0.228 3cd	0.191 3	7.094 8bcde	0.298 0	3.11
5	0.210 0bcd	0.095 2	7.325 2cde	0.023 9	3.49
6	0.208 3bcd	0.123 2	5.825 4abc	0.137 0	2.80
8	0.230 0d	0.021 7	7.275 5cde	0.011 3	3.16
9	0.230 0d	0.037 7	6.720 7abcde	0.037 5	2.92
15	0.206 7bcd	0.100 7	7.274 6cde	0.102 0	3.52
17	0.235 0de	0.106 4	6.168 2abcd	0.277 4	2.62
18	0.188 3b	0.040 6	5.438 2abc	0.031 1	2.89
22	0.268 3ef	0.106 0	8.214 6def	0.197 9	3.06
28	0.186 7b	0.030 9	5.778 4abc	0.028 1	3.10
29	0.293 3f	0.039 4	9.323 0fg	0.105 2	3.18
31	0.236 7de	0.024 4	11.021 9g	0.061 1	4.66
35	0.276 7f	0.081 5	10.506 8g	0.100 0	3.80
36	0.181 7b	0.057 3	5.539 0abc	0.147 5	3.05
39	0.191 7bc	0.054 3	6.119 2abc	0.221 2	3.19
41	0.226 7cd	0.025 5	5.464 3abc	0.162 2	2.41
49	0.178 3b	0.016 2	8.474 1ef	0.045 9	4.75
51	0.095 0a	0.091 2	5.034 8ab	0.439 3	5.30
62	0.230 0d	0.065 2	4.693 5a	0.081 3	2.04
73	0.406 7g	0.098 6	16.233 5h	0.067 6	3.99

注: 同列不同小写字母表示在  $P < 0.05$  水平差异显著, 下同。

表 3 不同杉木半同胞家系球果及种子质量方差分析  
Table 3 ANOVA on cone and seed weight of different half-sib families of *C. lanceolata*

差异来源		平方和	自由度	均方	F 值	显著性
球果鲜质量	组间	0.205	19	0.011	27.402	0
	组内	0.016	40	0.000		
	总数	0.221	59			
种子总质量	组间	417.109	19	21.953	18.617	0
	组内	47.168	40	1.179		
	总数	464.277	59			

半同胞家系 73 号的球果鲜质量最大, 为 0.406 7 kg, 与其他家系之间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 其次是 29 号, 为 0.293 3 kg; 22, 35 号的球果鲜质量均在 0.25 kg 以上; 51 号的最小, 仅为 0.095 0 kg; 18, 28, 36, 49, 39 号的球果鲜质量均在 0.2 kg 以下; 而 6 号的为 0.208 3 kg, 仅略高于 0.2 kg。4, 6, 15, 17, 22 号的  $V_i > 0.1$ , 其余 15 个半同胞家系的  $V_i < 0.1$  表明家系内的整体球果鲜质量数据离散程度稍大。

半同胞家系 73 号的种子总质量最大, 为 16.233 5 g, 与其他家系之间差异显著 ( $P < 0.05$ ); 其次是 31, 35

号, 其种子总质量均在 10 g 以上, 与其他家系比较也达显著性差异水平 ( $P<0.05$ ); 62 号的最小, 仅为 4.693 5 g, 是唯一一个种子总质量小于 5 g 的半同胞家系; 22, 29, 49 号的种子总质量均在 8~10 g 之间, 三者间的差异不显著; 6 号的种子总质量为 5.825 4 g, 偏低。51 号的  $V_i$  大于其他家系; 而 5, 8, 28 号的  $V_i<0.03$ , 表明家系内的整体种子质量数据离散程度小。

半同胞家系 51 号的球果出籽率最高, 为 5.30%; 之后依次是 49, 31, 73, 35 号, 分别为 4.75%, 4.66%, 3.99%和 3.80%; 62 号半同胞家系的出籽率最低, 为 2.04%; 6, 9, 17, 18, 41 号的出籽率均在 3.00%以下。

2.2 不同杉木半同胞家系种子千粒质量比较

杉木种子千粒质量是体现其种子大小与饱满程度的指标, 是预测种子园产量的重要依据。20 个不同杉木半同胞家系种子千粒质量见表 4, 单因素方差分析结果见表 5。由表 5 可知, 20 个半同胞家系之间的种子千粒质量均达显著性差异水平 ( $P<0.05$ )。

半同胞家系 31 号的种子千粒质量最大, 为 8.604 0 g; 其次是 73 号, 为 8.136 0 g; 17, 29, 35, 36 号的种子千粒质量均达到 7 g 以上; 62 号的最小, 为 3.593 0 g, 显著低于其他半同胞家系 ( $P<0.05$ ); 6 号种子千粒质量为 5.512 3 g, 指标值较小。51 号种子千粒质量的  $V_i$  最大, 其离散程度最高; 5, 15, 18, 36 号种子千粒质量的  $V_i$  均小于 0.02, 表明家系内的整体种子千粒质量数据离散程度较小。

表 4 不同杉木半同胞家系种子千粒质量  
Table 4 Thousand seed weight of different half-sib families of *C. lanceolata*

家系号	千粒质量/g	标准差	均值的 95%置信区间		$V_i$
			下限	上限	
4	6.778 0ef	0.477 3	6.240 0	7.150 0	0.070 4
5	6.462 3def	0.111 3	6.386 0	6.590 0	0.017 2
6	5.512 3bcd	0.233 1	5.275 0	5.741 0	0.042 3
8	6.024 7cde	0.306 9	5.794 0	6.373 0	0.050 9
9	5.698 7bcd	0.323 9	5.440 0	6.062 0	0.056 8
15	6.067 0cde	0.115 8	5.956 0	6.187 0	0.019 1
17	7.713 0gh	0.682 9	6.936 0	8.218 0	0.088 5
18	5.306 7bc	0.079 8	5.223 0	5.382 0	0.015 0
22	6.229 0cde	0.745 9	5.408 0	6.865 0	0.119 7
28	6.682 0ef	0.533 4	6.265 0	7.283 0	0.079 8
29	7.237 0fgh	0.357 8	6.858 0	7.569 0	0.049 4
31	8.604 0i	0.435 9	8.265 0	9.096 0	0.050 7
35	7.162 0fg	0.205 6	6.931 0	7.324 0	0.028 7
36	7.315 0fgh	0.067 7	7.266 0	7.392 0	0.009 3
39	5.560 0bcd	1.045 0	4.848 0	6.760 0	0.188 0
41	6.041 0cde	0.713 9	5.235 0	6.593 0	0.118 2
49	4.951 0b	0.142 9	4.788 0	5.055 0	0.028 9
51	5.420 0bc	1.099 9	4.702 0	6.686 0	0.202 9
62	3.593 0a	0.136 1	3.434 0	3.701 0	0.037 9
73	8.136 0hi	0.338 0	7.781 0	8.454 0	0.041 5

表 5 不同杉木半同胞家系种子千粒质量的方差分析结果  
Table 5 ANOVA on thousand seed weight of different half-sib families of *C. lanceolata*

差异来源		平方和	自由度	均方	$F$ 值	显著性
种子千粒质量	组间	79.244	19	4.171	16.196	0
	组内	10.301	40	0.258		
	总数	89.544	59			

2.3 不同杉木半同胞家系种子优良度比较

杉木种子优良度即种子的良种率, 是试验研究杉木种子材料中优良种子数量与供检种子总数的百分比值, 是反映不同杉木半同胞家系种子良种情况的重要指标。20 个杉木半同胞家系种子优良度结果如表 6, 单因素方差分析结果如表 7 表明。由表 7 可知, 20 个杉木半同胞家系之间种子优良度差异达显著性水平 ( $P<0.05$ )。

半同胞家系 28 号的种子优良度最大, 为 44.67%; 之后依次是 73, 29, 35 号, 其种子优良度分别为 44%, 43.33%, 40%; 4, 5, 15, 31, 36, 49 号种子的优良度在 30%以上; 6, 17, 39, 62 号种子的优良度显著低于

其他家系种子 ( $P<0.05$ )。62 号种子优良度的  $V_i$  最大, 达 0.661 4, 表明其整体数据的离散程度很大; 29, 5, 73 号种子优良度的  $V_i$  均小于 0.1, 家系内种子的优良度值较为均衡。

表 6 不同杉木半同胞家系种子优良度  
Table 6 Seed soundness of different half-sib families of *C. lanceolata*

家系号	优良度/%	标准差	均值的 95%置信区间		$V_i$
			下限	上限	
4	33.33cdef	0.041 6	0.30	0.38	0.124 9
5	35.33def	0.030 6	0.32	0.38	0.086 5
6	18abc	0.060 0	0.12	0.24	0.333 3
8	27.33bcd	0.083 3	0.18	0.34	0.304 7
9	29.33bcdef	0.094 5	0.22	0.40	0.322 2
15	37.33def	0.113 7	0.28	0.50	0.304 6
17	7.33a	0.030 6	0.04	0.10	0.416 8
18	25.33bcd	0.100 7	0.16	0.36	0.397 4
22	28.67bcde	0.041 6	0.24	0.32	0.145 2
28	44.67f	0.102 6	0.36	0.56	0.229 8
29	43.33ef	0.030 6	0.40	0.46	0.070 5
31	34.67def	0.094 5	0.24	0.42	0.272 6
35	40def	0.140 0	0.24	0.50	0.350 0
36	32.67cdef	0.080 8	0.24	0.40	0.247 4
39	16.67ab	0.057 7	0.10	0.20	0.346 3
41	26.67bcd	0.122 2	0.16	0.40	0.458 2
49	34.67def	0.046 2	0.32	0.40	0.133 2
51	25.33bcd	0.110 2	0.18	0.38	0.434 9
62	8a	0.052 9	0.02	0.12	0.661 4
73	44ef	0.040 0	0.40	0.48	0.090 9

表 7 不同杉木半同胞家系种子优良度的方差分析结果  
Table 7 ANOVA on seed soundness of different half-sib families of *C. lanceolata*

差异来源		平方和	自由度	均方	$F$ 值	显著性
种子优良度	组间	0.664	19	0.035	5.323	0
	组内	0.263	40	0.007		
	总数	0.927	59			

2.4 不同杉木半同胞家系种子品质指标相关性

20 个杉木半同胞家系种子品质指标间的相关性分析见表 8。

表 8 不同杉木半同胞家系种子品质指标相关性分析  
Table 8 Correlation analysis on seed quality indicators of different half-sib families of *C. lanceolata*

种子品质指标		球果鲜质量	种子总质量	出籽率	种子千粒质量	优良度
球果鲜质量	Pearson 相关系数	1				
	显著性 (双侧)					
种子总质量	Pearson 相关系数	0.806**	1			
	显著性 (双侧)	0.000				
出籽率	Pearson 相关系数	-0.172	0.427	1		
	显著性 (双侧)	0.467	0.060			
种子千粒质量	Pearson 相关系数	0.511*	0.640**	0.249	1	
	显著性 (双侧)	0.021	0.002	0.289		
优良度	Pearson 相关系数	0.320	0.582**	0.434	0.453*	1
	显著性 (双侧)	0.169	0.007	0.056	0.045	

注: \*\*表示在 0.01 水平 (双侧) 上极显著相关, \*表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。

由表 8 可知, 球果鲜质量与种子总质量呈极显著正相关 ( $P<0.01$ ), 与种子千粒质量呈显著正相关 ( $P<0.05$ ); 种子总质量与种子千粒质量和优良度呈极显著正相关 ( $P<0.05$ ); 种子千粒质量与优良度呈显著正相关 ( $P<0.05$ ); 出籽率与其他种子品质指标没有显著相关性。

3 结论与讨论

崔宝禄<sup>[14]</sup>、曹汉洋<sup>[15]</sup>等研究认为, 针叶树种子园不同无性系间的生长性状和结实性状存在显著差异, 且生

长性状和结实性状在优树间也存在变异。陈苏英<sup>[8]</sup>等对 1.5 代杉木种子园不同无性系生长和结实性状研究表明,种子园中不同杉木无性系之间的生长性状和结实量存在显著差异。本试验对 20 个不同杉木半同胞家系种子品质进行比较研究,结果表明,在试验材料数量一致的研究条件下,不同的杉木半同胞家系种子在球果鲜质量、种子总质量、种子千粒质量和优良度方面均有显著性差异。

研究表明,母树的结实量与单果出种量相关性不显著,但与家系产量极显著相关,不同杉木无性系的结实量、球果体积、球果鲜重与其种子产量显著相关<sup>[8,16]</sup>。刘亚群<sup>[9]</sup>研究认为,气候因子对杉木种子千粒质量影响不大,千粒质量受到遗传性决定。黄以骏<sup>[17]</sup>等研究表明,杉木种子品质与亲本类型有较明显的关系,家系间种子品质差异很大,主要是遗传作用的影响,对家系进行选择可以显著地提高种子品质。本研究结果表明,73 号半同胞家系种子的整体品质最好,其球果鲜质量、种子总质量均为最大,分别达到 0.406 7 kg,16.233 5 g,种子千粒质量、优良度、出籽率分别为 8.136 0 g,44%,3.99%,且千粒质量和优良度显著大于绝大部分家系种子。29,31,35 号半同胞家系种子各项品质指标均在前五,整体品质较好。而种源地为崇义本地的 6 号半同胞家系,其各项种子品质指标均不理想,种子的整体品质较差,这可能与花粉产量、授粉花期、传粉天气状况、自交情况等因素相关,具体还有待进一步研究。

出籽率是衡量杉木种子园无性系或家系种子产量的重要指标,出籽率高并非优良度也高<sup>[18-19]</sup>。从试验结果来看,51 号半同胞家系种子出籽率最高,为 5.30%,但该半同胞家系的种子品质指标值均较小,这表明杉木种子的出籽率与球果鲜质量、种子总质量、种子千粒质量、优良度值均不存在单一的正相关性。从杉木半同胞家系种子各项指标的变异系数结果来看,半同胞家系的种子品质与种子品质指标的离散程度没有相关性。

综上所述,亲本类型与种子品质有较明显的关系,在杉木种子园生产营建中,要注重种子品质测定工作,将种子品质作为入园无性系选择的指标之一。为了提高杉木种子园产量,建议该种子园优选 5,29,31,35,73 号半同胞家系的母本无性系,疏伐 6,18,39,51,62 号半同胞家系的母本无性系,确实从亲本类型结合考虑优良家系选择,以提高新建种子园的种子品质。

致谢:南昌工程学院 2016 级园林应用型本科班欧悦、陈菁、何昊参加了种子检验工作,一并致谢!

## 参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第 7 卷[M]. 北京:科学出版社,1978,285.
- [2] 欧斌,王建皓,朱江华,等. 杉木人工林更新木荷及荷杉混交林调查研究[J]. 南方林业科学,2017,45(4):32-36.
- [3] 黄小春,肖复明,黄建军,等. 江西省杉木等主要用材树种良种选育现状及对策[J]. 南方林业科学,2019,47(1):1-4.
- [4] 方乐金,施季森. 杉木种子园种子产量及其主导影响因子的分析[J]. 植物生态学报,2003,27(2):235-239.
- [5] 孙鸿有,郑勇平,翁春媚,等. 杉木种子园种子品质性状变异及遗传参数[J]. 浙江林学院学报,2005,22(1):61-65.
- [6] 翁玉棒. 杉木第二代种子园自由授粉子代遗传变异及优良家系选择[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2008,32(1):15-18.
- [7] 欧斌,李畅,韩璐,等. 江西信丰不同世代不同类型杉木良种的生长表现分析[J]. 浙江林业科技,2018,38(5):40-44.
- [8] 陈苏英,马祥庆,吴鹏飞,等. 1.5 代杉木种子园不同无性系生长和结实性状的评价[J]. 热带亚热带植物学报,2014,22(3):281-291.
- [9] 刘亚群. 气候因素对杉木种子品质的影响[J]. 浙江林业科技,1993,13(3):25-27.
- [10] 康书萍,王林. 崇义县南酸枣栽培的气候适应性初步分析[J]. 现代农业科技,2008,14:94-96.
- [11] 蔡小红. 崇义县毛竹种植气候区划[J]. 现代农业科技,2012,8:298-307.
- [12] 葛艺早,刘文飞,吴建平,等. 不同施肥处理对杉木种子园种子品质的影响[J]. 森林与环境学报,2016,36(4):442-448.
- [13] 江西省林科所林木良种研究室. 杉木种子播种品质检验方法[J]. 江西林业科技,1979,2(4):17-23.
- [14] 崔宝禄,杨俊明,郑辉,等. 我国针叶树种子园结实量的研究进展[J]. 河北林果研究,2005,20(2):120-137.
- [15] 曹汉洋. 杉木第 2 代种子园半同胞子代测定及早期选择[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2011,35(1):19-23.
- [16] 白天道. 马尾松实生种子园家系特征分析及遗传评价[D]. 南京:南京林业大学,2011:1-54.
- [17] 黄以骏,包国华,江香梅. 杉木种子园种子品质变异初步研究[J]. 江西林业科技,1986,5(8):9-13.
- [18] 陈琴,董利军,黄开勇,等. 红心杉种子园不同无性系种子品质差异性分析[J]. 广西林业科学,2019,18(2):152-156.
- [19] 管康林,黄坚钦,何福基. 杉木种子园球果的出籽率和饱粒率[J]. 浙江林学院学报,1997,14(2):127-133.