

文章编号: 1001-1498(2008)01-0031-06

云南铁杉地理种源表型变异研究

李立¹, 李昆^{1,2}, 崔凯¹

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 国家林业局云南元谋荒漠生态系统定位研究站, 云南 昆明 650224)

摘要:分析了云南丽江、怒江、临沧、保山、普洱 5 个地区的 9 个云南铁杉地理种源间的数量性状变异, 进行了不同种源的栽培试验。结果表明: 不同地理种源间球果长、种翅长、种鳞数、千粒质量等 12 个数量性状指标有显著差异; 主成分分析得出形态分化是地理因子、水分因子、温度因子综合作用的结果; 相关分析得出地理变异在海拔梯度上呈连续渐变, 在纬向上呈随机渐变。3 年栽培试验表明: 不同地理种源苗木的高、径生长性状差异明显, 以 3 年生苗木高为依据筛选出月利、河源、山神庙、狗钻洞 4 个优良种源。

关键词:云南铁杉; 形态分化; 环境因子; 地理种源变异

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

Phenotypic Variation of Geographic Provenance in *Tsuga dumosa*

LILi¹, LI Kun^{1,2}, CUI Kai¹

(1. Research Institute of Resources Insects, CAF, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Yuanmou Desert Ecosystem Research Station of the State Forestry Administration, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Nine provenances of *Tsuga dumosa* (D. Don) Eichler were collected from 5 distribution areas in Yunnan. The quantitative trait variation of different provenances was studied and provenance test was carried out. The variance analysis showed that there were significant differences in the 12 quantitative traits among the provenances. It was found that geograph, water and temperature were the main factors affecting the morphological differentiation by using the method of principal component analysis. Correlation analysis indicated that geographic variation of *Tsuga dumosa* was continuous by altitude gradient, and the variation was random by latitude factor. After three-year cultivation, there were distinct differences in growth characteristics among 9 provenances. Four superior provenances were selected according to the standard height of 3-year-old seedling.

Key words: *Tsuga dumosa*; morphological differentiation; environmental factors; geographic provenance variation

云南铁杉 (*Tsuga dumosa* (D. Don) Eichler), 属松科 (Pinaceae) 铁杉属 (*Tsuga* Carr.) 植物, 是温带及寒带乔木树种, 分布于西藏南部、云南 (西北部、东北部及西部景东)、四川西南部等。云南铁杉系高山喜阴树种, 天然整枝能力强, 寿命长达数百年以上。树皮可提栲胶, 树干可割取树脂提炼松香和松节油, 心材可以提取木质素类化合物, 树根、树干及枝叶均

可提取芳香油, 为云南省重要的商品用材和生态公益林建设的优良树种, 具有重要的生态及经济开发价值^[1-4]。目前, 国内外关于云南铁杉种源变异的研究鲜有报道。本文以云南铁杉分布区内有代表性的 9 个天然居群为研究对象, 对不同地理种源云南铁杉的表型指标进行研究, 分析了形态变异与环境因子的关系, 并通过种源栽培试验进行初步的优良

收稿日期: 2007-06-18

基金项目: 美国农业部林务局森林健康项目“铁杉球蚜及其天敌昆虫研究”资助

作者简介: 李立 (1966—), 男, 云南景东人, 工程师, 从事铁杉球蚜防治研究。

种源选择,以期揭示不同种源的生长规律及其差异的内在原因,为云南铁杉良种选育和创造高生产力的人工林生态系统提供一定的理论依据^[5]。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料于 2003 年 11 月采自云南省的云南铁杉天然分布区,分别为玉龙县河源、兰坪县山神庙、景东县月利、双柏县坝岭、泸水县片马、玉龙县鲁甸、宁蒗县狗钻洞、双江县清平、隆阳区百花岭 9 个居

群。这 9 个居群分布在云南省怒江、金沙江、澜沧江、红河 4 个流域中,基本上涵盖了云南铁杉在云南的所有分布类型。各居群的地理位置和气候状况见表 1,气候数据来源于北京气象中心记录的中国地面气候资料^[6],并经过海拔差别折算。各居群选树龄 40 a 以上,性状优良的母树 30 株(株距不小于 100 m),每株树分别从树冠中部外围采集生长正常的 50 个球果和叶片,所取的材料按居群混合后用四分法从中选择 100 个球果和叶片为 1 份样本。

表 1 各居群的地理位置和气候状况

地点	经度(E)	纬度(N)	海拔/m	年均气温/	1月平均气温/	7月平均气温/	年降水量/mm	10 的年的年积温/	年日照时数/h	年相对湿度/%
玉龙县河源	99 48	26 39	3 027	11.8	3.1	16.5	1 351.9	3 196.7	2 113.8	78
兰坪县山神庙	99 18	26 27	2 956	12.1	3.6	17.2	1 022.3	3 211.0	2 176.4	73
景东县月利	100 42	24 29	2 708	17.6	10.9	22.8	1 103.5	6 398.1	2 100.9	76
双柏县坝岭	101 37	24 23	2 810	16.8	10.3	20.9	961.3	5 711.4	2 133.2	74
泸水县片马	100 16	27 09	2 711	16.3	9.7	20.1	1 121.7	4 832.5	2 092.6	75
玉龙县鲁甸	99 25	26 83	2 830	14.7	3.8	18.2	1 066.5	3 371.6	2 196.8	75
宁蒗县狗钻洞	100 44	27 36	3 201	12.8	4.2	19.4	925.3	3 782.3	2 298.0	69
双江县清平	99 53	23 28	2 550	19.6	12.6	23.8	1 020.9	7 108.5	2 226.9	76
隆阳区百花岭	98 50	25 21	2 730	15.6	8.1	20.9	974.2	4 929.4	2 379.6	75

1.2 方法

1.2.1 数量性状指标的测定 每份样本分别测定球果、叶片、种翅、种子的长、宽度,球果质量,球果种鳞数,球果内种子数,种子干粒质量 12 项指标。(1)球果质量和种子干粒质量:从每份样本中随机选取 50 个球果和 100 粒种子,采用精确度达万分之一克的 sartorius 电子天平称质量,3 次重复,计算球果质量和种子干粒质量。(2)其它指标:每份样本各随机抽取 50 个球果,用游标卡尺逐个测长度、宽度,3 次重复,并记录各球果的形状和颜色,长度和宽度精确到毫米;另外用同样的方法对叶片、种翅、种子进行测定。各样本剥取 30 个球果(经自然风干)的种鳞,记录种鳞数,并记录球果内的种子数,3 次重复。

1.2.2 栽培试验 在中国林科院资源昆虫研究所景东试验站进行云南铁杉的苗木培育试验。该试验区有立体气候特征,一部分区域属温带气候,一部分区域属南亚热带季风气候^[7]。本试验在具有温带气候特征的区域进行。

2004 年 3 月上旬播种,苗圃施足基肥并且土壤消毒,进行高床条播,每个种源播 300 粒种子,随机排列,3 次重复。播种前对种子进行水选法精选、0.5%高锰酸钾消毒和温水(40)12~24 h 浸种催芽,将处理好的种子按沟宽 5 cm、沟深 3.5 cm、沟距

25 cm 播种。播后用细沙土或木屑等物覆盖,使苗床保持湿润。苗木出土后调查成活率和苗高等指标。

2005 年 3 月在试验站内进行起苗定植试验,采取平衡不完全区组设计^[8],处理数为 9,每区组小区数为 2,各处理的重复数为 8,区组数 36,任意两个处理出现在同一区组的次数为 1。造林地经清理后施足基肥,株行距按 2.5 m × 2.0 m,树穴规格为 25 cm × 25 cm × 30 cm。3 个月后调查成活率,分别于 2005 年、2006 年 12 月调查苗木的株高、地径。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS13.0 统计软件,分析前对数据进行必要的标准化处理。对不同居群的数量指标进行方差分析,各种源地的环境因子与数量指标做偏相关分析,不同种源地的环境因子进行主成分分析,育苗试验中历年苗木高、径生长量做方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同居群性状的对比分析

不同居群间数量性状指标的均值统计(表 2)显示,云南铁杉形态分化十分明显。通过单因素方差分析(表 3),12 项指标中球果长、宽,叶片长、宽,种翅长,球果质量,种鳞数 7 项指标差异达到极显著水

平,种翅宽和千粒质量达到显著水平。其中,球果长度的上限达到 2.54 cm,为玉龙县河源种源点,下限只有 1.91 cm,为双江县清平种源点。球果宽度上限是 1.28 cm(坝岭),下限是 1.04 cm(山神庙)。叶片长度上限是 2.25 cm(河源),下限是 1.69 cm(月利)。叶片宽度上限是 0.61 cm(鲁甸),下限是 0.41 cm(清平)。种翅长上限是 0.93 cm(河源),下限是 0.74 cm(山神庙)。球果质量上限是 1.15 cm(月

利),下限是 0.66 cm(坝岭)。种鳞数上限是 39 个(月利),下限是 27 个(狗钻洞)。种翅宽上限是 0.33 cm(狗钻洞),下限是 0.26 cm(百花岭)。种子千粒质量上限是 3.17 g(河源),下限是 1.98 g(百花岭)。各居群球果形状较为一致,颜色有差异,多数居群球果呈绿色,河源和月利居群有些球果表面呈黄绿色,并带煤烟状条纹。

表 2 不同居群数量性状指标对比

居群	球果长 /cm	球果宽 /cm	叶片长 /cm	叶片宽 /cm	种翅长 /cm	种翅宽 /cm
玉龙县河源	2.54(0.20)	1.14(1.15)	2.25(0.31)	0.58(0.14)	0.93(0.15)	0.31(0.25)
兰坪县山神庙	2.11(0.39)	1.04(2.40)	2.15(1.19)	0.43(0.23)	0.74(1.14)	0.29(0.40)
景东县月利	2.41(0.44)	1.25(1.11)	1.69(0.25)	0.59(0.11)	0.86(1.11)	0.30(0.11)
双柏县坝岭	2.14(0.21)	1.28(0.78)	1.76(0.37)	0.42(0.25)	0.78(0.68)	0.29(0.12)
泸水县片马	2.02(0.06)	1.24(0.63)	2.20(1.10)	0.44(0.12)	0.84(0.41)	0.31(0.03)
玉龙县鲁甸	2.10(0.32)	1.09(0.40)	2.22(1.31)	0.61(1.09)	0.77(0.28)	0.29(0.20)
宁蒗县狗钻洞	2.20(1.18)	1.08(1.57)	2.15(1.38)	0.43(0.07)	0.82(1.07)	0.33(0.51)
双江县清平	1.91(0.98)	1.21(0.78)	1.76(0.37)	0.41(0.75)	0.78(0.58)	0.27(0.18)
隆阳区百花岭	1.93(0.26)	1.17(0.43)	2.19(1.17)	0.54(0.38)	0.81(1.63)	0.26(0.03)
	种子长 /cm	种子宽 /cm	种鳞数 /个	种子数 /个	球果质量 /g	千粒质量 /g
玉龙县河源	0.32(0.31)	0.21(1.15)	35(0.31)	56(1.14)	1.12(0.31)	3.17(0.16)
兰坪县山神庙	0.25(0.39)	0.20(2.40)	31(1.19)	45(0.93)	0.80(0.26)	2.43(0.34)
景东县月利	0.26(0.44)	0.19(0.15)	39(0.25)	51(1.11)	1.15(2.17)	2.38(0.63)
双柏县坝岭	0.30(0.21)	0.22(0.69)	38(0.37)	54(0.75)	0.66(1.07)	2.07(0.78)
泸水县片马	0.26(0.06)	0.17(1.35)	37(1.10)	60(1.42)	0.92(0.85)	2.52(0.43)
玉龙县鲁甸	0.33(0.32)	0.20(0.29)	28(1.31)	42(1.09)	1.03(2.06)	3.14(1.06)
宁蒗县狗钻洞	0.25(1.18)	0.19(0.10)	27(1.38)	41(2.01)	0.83(0.29)	2.43(1.25)
双江县清平	0.29(0.98)	0.15(1.85)	29(2.37)	38(1.75)	0.98(1.67)	2.04(2.01)
隆阳区百花岭	0.24(0.26)	0.20(0.78)	32(1.17)	45(1.88)	1.04(1.77)	1.98(1.12)

注:()内数据为标准误。

表 3 各数量性状指标的方差分析

变异来源	df	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
球果长	9	109.692	12.188	11.995**	2.253	3.096
球果宽	9	142.645	15.850	59.635**	2.253	3.096
叶长	9	79.667	8.852	27.725**	2.253	3.096
叶宽	9	93.103	10.345	7.797**	2.253	3.096
种翅长	9	135.564	15.063	8.435**	2.253	3.096
种翅宽	9	104.830	11.648	2.436*	2.253	3.096
种子长	9	154.341	17.149	1.945	2.253	3.096
种子宽	9	122.114	13.568	0.568	2.253	3.096
球果质量	9	234.784	26.087	4.365**	2.253	3.096
种鳞数	9	128.676	14.297	9.355**	2.253	3.096
千粒质量	9	43.043	4.783	3.042*	2.253	3.096

注:*代表 0.05 显著差异,**代表 0.01 极显著差异。

2.2 不同居群数量指标与环境因子的偏相关分析

环境因子是促使物种变异的重要因素之一。为研究云南铁杉形态变异与环境因子之间的关

系,对其 12 个数量指标与经度、纬度、1 月平均气温、7 月平均气温、年平均气温、10 年积温、年均降水量、海拔、年日照时数、年均湿度 10 项环境因子进行偏相关分析(表 4)。可以看出,形态变异受到多项环境因子的影响。纬度与球果宽、种鳞数、种子数呈极显著负相关,与叶片长呈显著正相关,而种鳞数和种子数是反映植物生殖能力的重要标志^[9],体现了生殖性状在地理纬度水平上的变异情况;其它性状与纬度的偏相关系数多为正,但参差不齐,表明随纬度变异的不连续性。大多数性状与经度的关系不显著。球果宽与 1 月平均气温、7 月平均气温、年均气温显著相关,与 10 年的年积温极显著相关,表明温度因子是控制球果宽度的重要因素。种翅长、球果质量与年相对湿度显著相关,种翅宽与年相对湿

度显著负相关,种子数与年相对湿度极显著相关。种翅长宽影响种子传播距离,是反映植物生殖适应性的重要指标,表明湿度是控制云南铁杉生殖适应性的重要因素。年均降水量与千粒质量呈极显著正相关,即在一定范围内,随着降水

量的增大,千粒质量也相应变大。海拔除与种子长度呈极显著相关外,与其它性状均没达到显著,但相关系数均大于 0.4,表明各性状在海拔垂直梯度上变异的连续性。

表 4 数量指标与环境因子的偏相关系数

	纬度 (N)	经度 (E)	1月平均气温	7月平均气温	年均气温	10 的 年积温	年相对湿度	年均降水量	海拔	年日照时数
千粒质量	0.71	-0.45	-0.72	-0.68	-0.70	-0.66	0.77	0.96**	0.66	-0.17
球果长	-0.49	0.67	0.15	0.39	0.20	0.41	0.14	-0.01	0.43	0.10
球果宽	-0.94**	0.51	0.91*	0.92*	0.92*	0.94**	0.22	-0.16	0.80	-0.72
叶长	0.91*	-0.81	-0.72	-0.83	-0.75	-0.82	0.15	0.53	0.55	0.12
叶宽	0.66	-0.89*	-0.33	-0.43	-0.35	-0.53	-0.02	0.30	0.04	-0.09
种翅长	0.31	0.15	0.26	0.47	0.26	0.16	0.84*	0.27	0.51	0.52
种翅宽	-0.11	0.61	0.33	0.45	0.61	-0.12	-0.90*	0.36	0.41	0.37
种子长	0.59	0.47	0.31	0.25	-0.18	0.31	0.61	0.17	0.94**	0.44
种子宽	0.16	0.29	-0.05	0.51	0.37	0.18	0.43	-0.63	0.53	0.28
球果质量	0.64	0.81	-0.32	0.53	-0.27	0.34	0.85*	-0.11	0.46	0.21
种鳞数	-0.93**	-0.31	0.36	-0.49	0.78	0.65	0.14	0.13	0.63	0.27
种子数	-0.92**	0.87	0.42	-0.31	0.54	0.17	0.95**	0.39	0.48	0.14

注: *表示 0.05 显著差异, **表示 0.01 极显著差异。

2.3 不同居群环境因子的主成分分析

从 2.2 节分析中可以看出:形态分化受到多项环境因子的影响,进一步对 10 项环境因子进行主成分分析(表 5)。表 5 表明:前 3 个特征值累积贡献率达 82%,说明前 3 个主成分基本包含了全部指标具有的信息,故取前 3 个主成分进行分析。从表 5 可以看出:第 1 主成分中负荷量较大的变量是纬度和海拔,说明纬度和海拔是造成形态分化的重要因素,这也印证了 2.2 节中偏相关分析的结论,将第 1 主成分称为“地理因子”。第 2 主成分中负荷量较大

的指标有年均湿度和年降水量,云南铁杉在生长过程中对水分的要求是显而易见的,这印证了作者在调查过程中发现阴坡生长的云南铁杉长势较好的事实,将第 2 主成分称为“水分因子”。第 3 主成分中负荷量较大的指标有年均气温、1 月平均气温、7 月平均气温、年积温,可见温度是造成其形态分化因素之一,将第 3 主成分称为“温度因子”。云南铁杉不同种源间形态分化明显是地理、水分、温度 3 因子协同作用的结果。

表 5 各主成分因子指标负荷量

主成分	1	2	3	4	5	6	变量
特征值	8.426	5.376	4.256	2.606	1.066	0.402	
贡献率 / %	37.613	24.671	19.530	11.632	4.759	1.795	
累计贡献率 / %	37.613	62.284	81.814	93.446	98.205	100.000	
特征向量	0.214	0.412	0.107	0.231	0.107	-0.283	经度
	0.912	0.368	0.036	0.139	0.173	0.312	纬度
	0.753	-0.351	0.115	-0.312	-0.397	0.009	海拔
	0.012	0.172	0.849	0.445	0.265	0.441	年均气温
	-0.370	0.390	0.693	0.157	-0.247	-0.706	1月平均气温
	0.336	-0.462	0.738	0.048	0.112	0.602	7月平均气温
	0.279	0.657	-0.247	-0.307	0.033	-0.113	年降水量
	0.115	0.287	0.923	-0.247	0.236	0.064	10 的年积温
	-0.316	0.026	0.577	0.015	0.106	0.057	年日照时数
	0.257	0.754	0.102	0.361	0.226	-0.186	年均湿度

2.4 不同居群苗木生长分析

分别对不同居群 3 个年份的高、径生长进行方差分析,结果(表 6)表明:在相似的立地条件下,不同居群在 3 个年份高、径生长量差异显著,重复间除了 2 年生苗高差异显著外,其余都不显著;说明在该栽培试验中,居群间的生长差异受立地条件、环境因子影响较小,可基本排除,这种高、径生长差异主要是受遗传控制的。进一步对不同居群 3 年生苗高的

均值进行多重比较(表 7)可以看出:月利种源点苗高显著优于片马、百花岭、坝岭、清平 4 地;河源、山神庙、狗钻洞也都显著优于百花岭、坝岭、清平;鲁甸优于坝岭、清平。月利、河源、山神庙、狗钻洞 4 个种源高生长量最好,可初步判定为优良种源;百花岭、坝岭、清平 3 个居群苗高生长量最差,初步判定为较差种源。

表 6 云南铁杉不同居群间历年高、径生长方差分析

树龄	苗高			地径		
	F 值		变幅 /cm	F 值		变幅 /cm
	重复间	处理间		重复间	处理间	
1	17.84	69.36*	6.47~14.88	7.64	17.42**	0.14~0.23
2	22.13*	72.91**	19.53~32.26	6.31	22.16*	0.32~0.46
3	19.63	75.58**	25.51~44.32	8.27	25.67**	0.36~0.51

注: *表示 0.05 显著差异, **表示 0.01 极显著差异。

表 7 不同居群 3 年生苗高的多重比较

种源	平均高	cm							
		$\bar{X} - 25.51$	$\bar{X} - 27.14$	$\bar{X} - 28.93$	$\bar{X} - 34.65$	$\bar{X} - 37.94$	$\bar{X} - 39.01$	$\bar{X} - 40.63$	$\bar{X} - 42.90$
月利	44.32	18.81**	17.18**	15.39**	9.67*	6.38	5.31	3.69	1.42
河源	42.90	17.39**	15.76**	13.97**	8.25	4.96	3.89	2.27	
山神庙	40.63	15.12**	13.49**	11.70*	5.98	2.69	1.62		
狗钻洞	39.01	13.50**	11.87**	10.08*	4.36	1.07			
鲁甸	37.94	12.34**	10.80*	9.01	3.29				
片马	34.65	9.14*	7.51	5.72					
百花岭	28.93	3.42	1.79						
坝岭	27.14	1.63							
清平	25.51								

注: ($L.S.D_{0.05} = 9.08$ $L.S.D_{0.01} = 11.83$); *表示 0.05 显著差异, **表示 0.01 极显著差异。

3 结论和讨论

(1) 9 个地理种源点的云南铁杉数量指标存在显著差异,这种变异是受立地条件、环境因子等因子协同控制的。通过相似立地条件下栽培试验,发现各居群在逐年的高、径生长量上差别也十分明显,而这种差异排除了立地和环境因子的影响,主要是受遗传因素控制。这一结论与前人对其它物种如短枝木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*)、枫香 (*Liquidambar formosana* Hance)、福建柏 (*Fokienia hodginsii* (Dunn) Henry et Thomas)、红皮云杉 (*Picea koraiensis* Nakai) 的研究相吻合^[10-13]。以 3 年生的苗高做为优树选择的标准,初步选出月利、河源、山神庙、狗钻洞 4 个优良种源,为今后种质资源保存和引种工作提供一定理论依据。

(2) 主成分分析表明:形态分化是地理因子、水

分因子、温度因子综合作用的结果。相关分析表明:纬度与球果宽、种鳞数、种子数呈极显著负相关,与叶片长呈显著正相关;球果宽与 1 月平均气温、7 月平均气温、年均气温显著相关,与 10 的年积温极显著相关;种翅长、球果质量与年相对湿度显著相关,种翅宽与年相对湿度显著负相关,种子数与年相对湿度极显著相关;年均降水量与千粒质量呈极显著正相关。与木荷 (*Schinus molle* Gardn et Champ.) 等植物不同^[14],云南铁杉的地理变异模式是在海拔梯度上呈连续渐变,在纬向上呈随机渐变,这表明将云南铁杉从高纬度、高海拔地区向低纬度、高海拔地区引种,有可能生长良好或产生优良的变异品种。

(3) 物种变异是遗传、环境等多因素作用的结果,本文着重探讨的是环境因子对物种变异的影响,并且文中很多结论是建立在统计学基础上的,需要

通过试验做进一步验证。有待于对定植苗木进行观测,判断种源间的变异性状是否稳定。另外,采用分子标记手段对不同地理种源云南铁杉的基因型做分析,进一步研究其遗传变异机制。

参考文献:

- [1] 中国植物志 [M]. 北京:科学出版社,1978
- [2] 赵友兴,罗晓东,周俊. 云南铁杉中的木质素成分 [J]. 云南植物研究,2004,26(2):229-233
- [3] 赵友兴,李承森,罗晓东,等. 云南铁杉中一个新的倍半木质素 [J]. 云南植物研究,2005,27(2):217-222
- [4] 黄荣文,董明光. 云南铁杉干燥过程中变色的控制 [J]. 木材工业,2002,16(2):37-39
- [5] 王丽华,姜春玲,冯玉龙. 不同地理种源长白落叶松生理生态特性的研究 [J]. 植物研究,1999,19(2):165-171
- [6] 北京气象中心资料室. 中国地面气候资料 [M]. 北京:气象出版社,1984
- [7] 云南省气象局. 云南省农业气候资料集 [M]. 昆明:云南人民出版社,1984
- [8] 续九如,黄智慧. 林业试验设计 [M]. 北京:中国林业出版社,1995
- [9] 毛建丰,李悦,刘玉军. 高山松种实性状与生殖适应性 [J]. 植物生态学报,2007,31(2):291-299
- [10] 叶功富,罗美娟,林益明. 短枝木麻黄地理种源遗传多样性的 RAPD 分析 [J]. 厦门大学学报:自然科学版,2005,44(6):856-860
- [11] 何贵平,陈益泰,唐雪元,等. 枫香地理种源幼林生长性状变异研究 [J]. 江西农业大学学报,2005,27(4):585-589
- [12] 侯伯鑫,林峰,余榕非,等. 福建柏地理种源试验幼林期综合评价 [J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2006,30(3):41-46
- [13] 王秋玉,任旭琴,姜静. 红皮云杉地理种源遗传多样性的 RAPD 分析 [J]. 东北林业大学学报,2004,32(6):1-3
- [14] 张萍,金国庆,周志春,等. 木荷苗木性状的种源变异和地理模式 [J]. 林业科学研究,2004,17(2):192-198