

文章编号: 1000-5692(2005)05-0507-06

福建麻竹地理种源多性状综合评价及选择

郑 蓉^{1,2}

(1. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012; 2. 北京林业大学 资源与环境学院, 北京 100083)

摘要: 应用主分量分析法对2个试点的麻竹 *Dendrocalamus latiflorus* 地理种源进行研究评价, 并同经营目的和造林区的条件, 评选优良种源。结果表明, 选择的优良种源现实增益显著, 入选的4个优良笋用种源, 主要性状平均现实增益达1.19%~32.46%; 入选的4个优良材用种源, 主要性状平均现实增益为4.11%~39.74%。表6参15

关键词: 林木育种学; 麻竹; 地理种源; 主分量分析; 综合评选

中图分类号: S722.7 **文献标识码:** A

麻竹 *Dendrocalamus latiflorus* 是我国南方主要笋材兼用的丛生竹^[1]。近年来, 随着福建经济发展, 麻竹的经济地位不断提升, 对麻竹的笋用与材用需求量越来越高。目前人们对麻竹的栽培仅限于一定范围内的母竹移栽或侧枝扦插等技术, 已报道的麻竹研究内容多为麻竹的生长规律、丰产栽培、引种、快繁选育等方面^[2~6]。1998年我们开展了麻竹地理种源试验^[7], 在福建麻竹遗传资源收集保存的基础上, 研究麻竹形态生长、光合特性^[8]、出笋物候^[9]和抗性等, 探讨种源/单丛竹生长性状的遗传变异规律, 并构建多性状综合选择, 旨在评选出优良种源和单丛竹, 为进一步选育良种奠定坚实基础。本研究利用麻竹地理种源的相关指标作为参数进行主分量分析和排序^[10~15], 使种源选择更趋于合理和科学。

1 材料与方 法

1.1 试验点位置与试材收集

麻竹地理种源试验分别设在福建省生态环境条件具代表性的2个试验点: 主产区(漳州点)与边缘产区(永安点)。参试的麻竹地理种源分别来源于福建省麻竹自然分布区东、南、西、北、中的主产区或名产区(表1), 参试种源的母竹选自不同生境条件, 并经实地考察与查访为当地起源的麻竹林分。2个试点自然概况与参试种源的原产地自然概况详见文献[7]。

1.2 试验设计与管理

地理种源试验采用完全随机区组设计, 把试验区划分成若干区内部环境一致的地块(区组), 种源号在区组内排列为完全随机, 共设5次重复。每个重复竖排11条横行(沿等高线), 每行为1个种源编号, 每横行定植7个穴。种植方式为母竹移栽法, 母竹要求为生长健壮的1年生竹, 胸径适中, 大小相近。试验母竹林均按福建省麻竹丰产培育技术标准实行造林与管理。

1.3 数据收集与分析

收稿日期: 2005-03-18; 修回日期: 2005-09-14

基金项目: 福建省科学技术重点项目(97-Z-27)

作者简介: 郑蓉, 工程师, 博士研究生, 从事竹类研究。E-mail: zhengrongyv@163.com

表1 麻竹地理种源原产地概况

Table 1 The location of geographical provenances

编号	原产地	地理位置	编号	原产地	地理位置
麻 1-1	宁德金涵乡	26°44'N, 119°30'E	麻 6	南平大横镇	26°40'N, 118°22'E
麻 1-1	宁德飞鸾乡	26°34'N, 119°33'E	麻 7	永泰城关	25°51'N, 118°39'E
麻 3	永春东关镇	25°21'N, 118°18'E	麻 8-1	华安城关	24°56'N, 117°33'E
麻 4-1	南靖船场乡	24°43'N, 117°21'E	麻 8-2	华安新圩镇	24°56'N, 117°33'E
麻 4-2	南靖城关	24°33'N, 117°25'E	麻 9	永安大湖镇	25°50'N, 116°56'E
麻 5	程溪洋奎村	24°21'N, 117°38'E			

自1998年起,连续5a进行竹林调查,包括造林成活率及当年发笋、新竹生长、竹林生长(每小区的笋产量、竹高,每丛竹平均胸径、出笋个数)、物候期、叶片性状及光合特性指标、鲜笋营养成分、适应性(冻害指数、病虫害和保存率)。测定的性状为胸径(x_1)、竹高(x_2)、竹丛平均株数(x_3)、笋地径(x_4)、笋个体质量(x_5)、出笋量(x_6)、成竹率(x_7)、单株叶面积(x_8)、光合效率(x_9)、枝下高(x_{10})、枝盘数(x_{11})、冻害指标值(x_{12})和病情指数(x_{13})。

利用主分量分析方法把相关的指标划归成少数几个相互独立的综合指标,每个综合指标代表一个分量,根据特征值得到各个综合指标对优良种源评选贡献率而确定主要分量,采用SPSS 11.0软件进行微机处理。

2 结果与分析

优良种源多性状的选择,首先应确定的是与选育目标相关的目标性状。影响多性状综合选择的主要因素是每个选择性状的遗传力、性状间的相关性和经济重要性。主分量分析是对种源试验的参试种源主要性状进行综合评述的量化分析,使种源选择更趋于合理。在进行综合性状遗传值分析之前,需对种源各性状权衡取舍。根据对2个试验点历年调查数据的统计分析结果和对种源的生长性状、适应性和出笋物候特性等性状的遗传变异分析结果,按照不同经营目的与要求,从种源间差异明显的12~13个生长、适应性等观测性状中选择有代表性的性状,采用多元主成分综合评价方法,根据主成分得分值进行综合评判。

2.1 漳州点

2.1.1 优良地理种源评定 对笋质量、产量、生物量、生长性状及适应性等13个测定性状进行综合因子分析,计算得特征向量与方差贡献率值(表2)。①得出前4个主分量的累计贡献率达88.467%,为了排除作用小而干扰大的综合指标,提高结果的精确性,一般选择累积贡献率达85%为阈值选取主成分,因此利用前4个主成分的指数系数进行综合指数评定种源。其中第一主分量占信息总量的40.114%,贡献率最大。②由因子载荷矩阵,可知因子分析模型为 $x = AF + \alpha\epsilon$,其中 F 为因子变量, A 为因子载荷矩阵, α 为因子载荷, ϵ 为特殊因子。即:

$$\begin{cases} x_1 = 0.615F_1 - 0.372F_2 + 0.682F_3 + 0.025F_4 \\ x_2 = 0.410F_1 + 0.429F_2 + 0.586F_3 - 0.474F_4 \\ \dots \\ x_{13} = -0.574F_1 - 0.077F_2 + 0.616F_3 + 0.359F_4 \end{cases}$$

表2 漳州试验点特征向量与方差贡献率

Table 2 Eigenvector and cumulative variance proportion in Zhangzhou

特征值序号	特征向量		
	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
λ_1	5.215	40.114	40.114
λ_2	3.068	23.599	63.713
λ_3	2.001	15.389	79.102
λ_4	1.217	9.365	88.467
λ_5	0.582	4.477	92.944
λ_6	0.432	3.326	96.270
λ_7	0.403	3.099	99.369
λ_8	0.082	0.631	100
λ_9	2.75E-16	2.11E-15	100
λ_{10}	-9.17E-17	-7.05E-16	100
λ_{11}	-1.71E-16	-1.32E-15	100
λ_{12}	-4.81E-16	-3.70E-15	100
λ_{13}	-6.81E-16	-5.24E-15	100

③运用回归算法计算出来的因子得分函数的系数, 根据表可得下面的因子得分函数:

$$F_1 = -0.059x_1 + 0.064x_2 + \dots - 0.146x_{13}$$

$$F_2 = 0.368x_1 + 0.150x_2 + \dots + 0.240x_{13}$$

$$F_3 = -0.076x_1 - 0.345x_2 + \dots - 0.128x_{13}$$

$$F_4 = -0.018x_1 - 0.342x_2 + \dots + 0.315x_{13}$$

④由于因子分析是对现实中众多的相关、重叠信息合并扣综合, 它以最少的信息丢失。因子分析的结果用于综合评定, 利用下面综合判定公式: 综合得分值 = $a_1F_1 + a_2F_2 + a_3F_3 + a_4F_4$ 。

依据综合得分值, 漳州点各地理种源的排序为: 麻 1-2、麻 1-1、麻 3、麻 4-1、麻 7、麻 8-1、麻 8-2、麻 4-2 和麻 5。试验表明, 综合评定值最小值为麻 5 (本地种源), 表明在漳州点的所有参试种源引种均成功, 综合性状都表现良好。漳州市属南亚热带地区, 为麻竹种源的适生区, 各种源在适宜的生态环境下发挥出来的遗传潜力就大。排序前 5 位种源综合评定值大于平均水平, 均可用作引种首先入选的种源。

2.1.2 优良笋用种源评定 麻竹主要以笋用和笋材两用为经营目标, 因此应依照其经营目标进行种源评定。鲜笋产量和品质是优良笋用种源选择的重要指标。选择了 2002 年单株笋质量、笋地径、平均每丛出笋数等 3 个生长性状进行因子分析, 结果见表 3。第一主分量已占信息总量的 91.628%, 因此选择第一主分量进行分析。由因子载荷矩阵可知, 单株笋质量与出笋地径相关系数为正值, 即均产生正向效应, 其中以单株笋质量的分量最大, 即单株笋质量对综合指标的贡献较大; 丛出笋数为负值, 表明单株笋质量大, 个体大的, 单丛出笋数少。利用主分量分析计算各种源综合判定值。依照综合得分值, 入选种源依次为: 麻 5、麻 4-1、麻 3、麻 7、麻 1-1 和麻 1-2。

参照笋体营养成分分析结果, 大于平均水平的优良种源为: 麻 8-2、麻 8-1、麻 4-1、麻 7 和麻 5。综合分析结果, 若选择强度为 1/3, 漳州点的优良笋用种源为麻 5、麻 4-1、麻 3 和麻 7。

2.1.3 优良材用种源评定 单株竹秆质量、单株生物量(地上部分)和丛平均新竹数等 3 个性状是材用竹种选择的重要指标。计算因子的特征向量及矩阵(表 3), 前 2 个主成分的累计方差贡献率已达 99.930%, 第一主成分的特征值最大, 为 2.365, 方差贡献率为 78.848%。因子载荷矩阵分析可知, 单株秆质量、地上部分单株生物量产生正效应, 贡献率较大。综合评定值大于平均值的入选优良种源顺序为: 麻 3、麻 1-1 和麻 7。

表 3 漳州试验点笋用与材用种源评定的特征向量及因子矩阵

Table 3 Eigenvector and gene matrix of provenances for shoots and timber in Zhangzhou

评定目的	特征值序号	特征向量			因子载荷矩阵	因子得分矩阵
		特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%		
笋用种源	λ_1	2.749	91.628	91.628	0.981	0.357
	λ_2	0.245	8.154	99.782	0.978	0.356
	λ_3	0.007	0.218	100	-0.911	-0.331
材用种源	λ_4	2.365	78.848	78.848	0.968	0.409
	λ_5	0.632	21.081	99.930	0.963	0.407
	λ_6	0.002	0.070	100	-0.708	-0.300

2.2 永安点

2.2.1 优良地理种源评定 把笋质量、产量、生物量、生长性状及抗逆性、适应性等 12 个性状进行因子分析, 计算特征向量与方差贡献率(表 4), 根据综合得分值来综合判定该造林区适生种源。①由表 4 得出前 4 个主分量的累计贡献率达 83.021%, 因此利用前 4 个主分量的特征值与方差贡献率可以作为麻竹优良种源的反映。第一分量的特征值和贡献率最大, 分别为 4.157 和 34.638%。②因子载荷矩阵分析表明 12 个分量产生正反效应, 其中 $\lambda_7, \lambda_{10}, \lambda_5, \lambda_4$ 的正效应的贡献率最大, λ_{11} 产生负效应

较大。因子分析模型： $x = AF + \alpha\epsilon$ ，即，

$$\begin{cases} x_1 = 0.447F_1 + 0.212F_2 + 0.669F_3 \\ x_2 = -0.157F_1 + 0.894F_2 - 0.392F_3 \\ \dots \\ x_{12} = -0.158F_1 - 0.392F_2 + 0.578F_3. \end{cases}$$

③根据回归算法计算出来的因子得分函数的系数，可得下面的因子得分函数：

$$\begin{cases} F_1 = -0.012x_1 + 0.293x_2 + \dots - 0.210x_{12} \\ F_2 = 0.368x_1 - 0.041x_2 + \dots + 0.290x_{12} \\ \dots \\ F_3 = -0.076x_1 - 0.048x_2 + \dots - 0.125x_{12}. \end{cases}$$

依据综合得分值，利用下面综合判定公式：综合判断值 = $a_1F_1 + a_2F_2 + a_3F_3 + a_4F_4$ ，综合评定值大小排序地

理种源为：麻 6、麻 1-1、麻 9、麻 1-2、麻 5、麻 4-1、麻 3、麻 8-2、麻 8-1 和麻 4-2。结果表明，永安属中亚热带地区，引种较近地区的种源综合表现较好，特别是来自麻 6（南平）种源综合指数值最大，其次为宁德种源和本地种源。引种造林时，首先可选择的种源前 5 位种源，它们的综合指数值大于平均水平。

2.2.2 优良笋用种源评定 对永安点不同种源的出笋性状（单株笋质量、笋地径和平均每丛出笋数）进行因子分析（表 5），得出前 3 个主分量的累计贡献率达 100%，第一分量特征值为 1.412，方差贡献率 47.059%，其中单株笋质量、笋地径对分析结果产生正效应，以笋地径对综合指标的贡献最大，丛出笋数产生反效应。用主成分分析结果计算各种源综合判定得分值，按照大于平均水平为标准，入选种源依次为麻 3、麻 7、麻 1-1、麻 5 和麻 9。参照营养成分分析结果，大于平均水平的优良种源顺序为麻 1-1、麻 3、麻 9、麻 1-2、麻 6 和麻 7。因此按照选择强度 1/3，永安入选优良笋用种源为麻 3、麻 7、麻 1-1 和麻 5，其中除麻 5 的营养成分为 II 级外，其他种源均属 I 级。

2.2.3 优良材用种源评定 对材用的 3 个重要性状（单株竹秆质量、地上部分单株生物量和丛平均新竹数）计算特征向量。结果表明（表 5），前 2 个因子的累计方差贡献率已达 99.717%，第一因子的特征值最大，为 2.237，方差贡献率为 74.568%。各分量比为正值，即均产生正向效应，其中单枝秆质量分量最大，表明它对综合指标的贡献大。综合评定分析值，依据选择强度 50% 计算，入选优良种源顺序为麻 5、麻 1-1、麻 6、麻 1-2 和麻 8-1。

2.3 优良种源选择效益评定

麻竹地理种源之间的表型存在差异，且性状的重复力较高，种源选择可获得较大的遗传增益。以种源的平均值为对照，以现实增益为评定的依据，选择强度为 1/3。根据试验结果，在漳州点选用优良笋用种源有麻 5、麻 4-1、麻 3 和麻 7，各种源平均现实增益中单支笋质量达 32.46%，笋地径达 13.47%，丛出笋数达 13.37%；优良材用种源有麻 3、麻 1-1 和麻 7，其中单株秆质量遗传增益为 14.51%，地上部分生长量为 13.38%，丛新竹数为 14.04%。

永安点选用优良笋用种源有麻 3、麻 7、麻 1-1 和麻 5，各种源平均遗传增益中单株笋质量达 6.47%，笋地径达 1.19%，丛出笋数达 6.15%；优良材用种源有麻 5、麻 1-1、麻 6 和麻 1-2，其中单株秆质量遗传增益为 4.29%，地上部分生长量为 4.11%，丛新竹数为 39.74%。

3 结论与讨论

研究表明，优良种源选择需根据经营目的和造林区具体条件，考虑竹林生长量、质量性状及适应性性状等的权重问题。分别种源试点进行性状的主分量分析，根据综合判断值的大小对种源引种先后

表 4 永安试验点地理种源评定的特征向量与方差贡献率

Table 4 Eigenvector and cumulative variance proportion of geographical provenance in Yong'an

特征值序号	特征向量		
	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
λ_1	4.157	34.638	34.638
λ_2	3.095	25.791	60.428
λ_3	1.742	14.514	74.943
λ_4	0.969	8.079	83.021
λ_5	0.928	7.736	90.757
λ_6	0.625	5.208	95.966
λ_7	0.262	2.180	98.146
λ_8	0.188	1.567	99.713
λ_{10}	0.024	0.204	99.917
λ_{11}	0.010	0.083	100
λ_{12}	7.60E-16	6.34E-15	100
λ_{13}	9.81E-17	8.18E-16	100

表 5 永安试验点笋用与材用种源评定的主成分分析特征向量及因子矩阵

Table 5 Eigenvector and gene matrix of provenances for shoots and timber in yong'an

评定目的	特征值序号	特征向量			因子载荷矩阵	因子得分矩阵
		特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%		
笋用种源	λ_1	1.412	47.059	47.059	0.314	0.223
	λ_2	0.969	32.302	79.360	0.811	0.574
	λ_3	0.619	20.640	100	-0.810	-0.574
材用种源	λ_4	2.237	74.568	74.568	0.972	0.434
	λ_5	0.754	25.149	99.717	0.959	0.429
	λ_6	0.008	0.283	100	0.610	0.273

表 6 入选种源主要性状现实效益

Table 6 Realistic gains of main characters for selected provenances

试点	笋用竹			材用竹				
	优良种源	单株笋质量/%	笋径/%	丛出笋数/%	优良种源	单株秆质量/%	地上部分生物量/%	丛新竹数/%
漳州	麻 5	38.12	19.83	14.85	麻 3	16.08	14.41	22.83
	麻 4-1	30.94	11.86	14.85	麻 1-1	11.80	11.54	13.18
	麻 3	30.94	13.53	11.08	麻 7	15.64	14.19	6.11
	麻 7	29.83	8.65	12.69				
	平均	32.46	13.47	13.37	平均	14.51	13.38	14.04
永安	麻 3	5.17	1.77	9.81	麻 5	7.90	7.49	43.59
	麻 7	2.59	1.87	6.50	麻 1-1	3.50	3.41	25.64
	麻 4-1	17.24	0.39	6.74	麻 6	2.09	1.19	43.59
	麻 5	0.86	0.71	1.54	麻 1-2	3.66	4.34	46.15
	平均	6.47	1.19	6.15	平均	4.29	4.11	39.74

说明: 现实增益为各性状表型值与平均值相比的增益。

排序如下。漳州点: 飞鸾、宁德、永春、南靖(较高海拔)、永泰、华安(较低海拔)、华安(较高海拔)、南靖(较低海拔)、漳州; ②永安点: 南平、宁德、永安、飞鸾、漳州、南靖(较高海拔)、永春、华安(较低海拔)、华安(较高海拔)、南靖(较低海拔)。

入选的笋、竹优良种源, 选择的遗传增益明显: ①2个试点入选种源的5年生单株笋质量、笋径、发笋数平均现实增益: 32.46%, 13.47%和 13.37%(漳州)和 6.47%, 1.19%, 6.15%(永安); ②入选材用种源的单株秆质量、地上生物量、丛新竹数平均现实增益 14.51%, 13.38%, 14.04%(漳州)和 4.29%, 4.11%, 39.74%(永安)。

主分量分析为各引种造林生态区选择最适宜种源, 合理区划其调拨范围, 做到适地适竹适种源, 这对于实现福建竹产业现代化, 丰富遗传生态学基础理论, 都具有重要意义。

参考文献:

- [1] 张佐玉, 张喜, 任朝辉, 等. 麻竹的国内外研究概况及在贵州的适生性区划[J]. 贵州林业科技, 1998, 26(3): 50-56.
- [2] 周本智. 麻竹出笋与高生长研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 461-466.
- [3] 林岳秋, 陈惜贤, 陈电锋. 麻竹笋高产栽培技术[J]. 广东农业科学, 2002, (3): 28-29.
- [4] 陈茂瑜, 陈其兵. 雅安地区麻竹引种试验研究[J]. 四川林业科技, 2000, 21(1): 34-36.
- [5] 王裕鑫, 张光楚, 李兴伟, 等. 麻竹实生苗无性系选育的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2003, 22(1): 23-27.
- [6] 肖贤坦. 麻竹丰产林培育技术应用[J]. 竹类研究, 1996(1): 57-60.
- [7] 郑蓉, 许信玲, 林丽娜, 等. 福建麻竹地理种源造林试验[J]. 福建林业科技, 2002, (4): 27-30.
- [8] 郑蓉. 福建不同产地麻竹光合性状研究[J]. 竹子研究汇刊, 2003, 22(4): 20-25.
- [9] 郑蓉, 郑维鹏, 黄勇, 等. 不同地理种源的麻竹笋一幼竹生长规律的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2004, 23(4): 17-24.
- [10] 陈华豪, 丁思统, 蔡贤如, 等. 林业应用数理统计[M]. 大连: 大连海运学院出版社, 1988.
- [11] 洪伟, 林思祖. 计量林学研究[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1993.

- [12] 续九如. 重复力及其在林木育种上的应用[M]. 北京林业大学学报, 1984, 10(4): 97-102.
- [13] 王明麻. 林木育种学概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- [14] 邢世岩, 倪国祥, 张运吉, 等. 银杏叶数量性状的遗传分析[J]. 林业科学, 2003, 36(5): 47-53.
- [15] 范义荣, 余其龙. 黄山松种源选择及遗传稳定性分析[J]. 浙江林学院学报, 1993, 10(3): 196-291.

Comprehensive evaluation and selection of geographical provenances of *Dendrocalamus latiflorus* in Fujian

ZHENG Rong^{1,2}

(1. Fujian Forestry Academy, Fuzhou 350012, Fujian, China; 2. College of Natural Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Principal component analysis was used to study and evaluate the geographical provenances of *Dendrocalamus latiflorus* in two pilot fields. Excellent provenances were selected according to different management purposes and different conditions of afforestation areas. The results showed that real gains of the selected provenances were significant. The average real gains of main characteristics of four selected provenances for bamboo shoots were between 1.19% and 32.46%; those of four selected timber-use provenances were between 4.11% and 39.7%. [Ch, 6 tab. 15 ref.]

Key words: forest tree breeding; *Dendrocalamus latiflorus*; geographical provenances; principal component analysis; comprehensive appraisal

浙江林学院组团参加 浙江省第2届林业科技周

浙江省第2届林业科技周于2005年9月8日至10日在安吉县召开。科技周期间,浙江省人大常委会副主任徐宏俊为浙江林学院获浙江省第五届科技兴林奖一等奖的科技人员颁奖。浙江林学院院长张齐生院士带领森林培育、竹木加工、中药栽培、经济管理等方面的专家20余人参加了活动,并在开幕式上致辞。

科技周内,浙江林学院与安吉县人民政府签订全面科技合作协议,副院长方伟教授在签约仪式上讲话。此外,学校还与安吉县林业局等单位签订了优良竹种培育技术等7个专项科技协议,成为本次科技周活动签约项目数量最多的单位之一。

(科技处)