

不同类型斑竹林结构特征的研究

徐振国^{1,2} 郭起荣^{1*} 冯云¹ 黄大勇² 李立杰² 孙立方¹ 王青¹

(1. 国际竹藤网络中心, 北京 100102; 2. 广西林业科学研究院, 广西 南宁 530001)

摘要: 对斑竹林的调查结果表明: 不同林分类型斑竹林的胸径、株高、枝下高、秆重、整齐度、均匀度 6 个结构因子差异显著, 立竹密度、壁厚因子差异不显著; 提出优良林分“密度 11 000 株/hm²、胸径 5 cm、株高 11 m、枝下高 4 m、秆重 8 kg、林相整齐、均匀”的结构标准; 立竹胸径、地径、株高、枝下高、秆重因子间相关显著; 株高、枝下高、胸径、全重、秆重和均匀度是林分结构的主成分, 贡献率 69.6%。

关键词: 斑竹; 林分类型; 竹林结构

中图分类号: S795.7 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0317-07

Studies on Structure Characteristics of Different Types of *Ph. reticulata* CV. *Lacrima-deae* Keng et Wen

XU Zhen-guo^{1,2}, GUO Qi-rong^{1*}, FENG Yun¹, HUANG Da-yong²,
LI Li-jie², SUN Li-fang¹, WANG Qing¹

(1. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 2. Guangxi Forestry Science Research Institute, Nanning 530001, China)

Abstract: The investigation results of *Ph. reticulata* CV. *Lacrima-deae* Keng et Wen show that: there are significant differences in six structure factors such as diameter at breast height, plant height, under branch height, culm weight, uniformity and evenness in different types of *Phyllostachys bambusoides* f. *lacrima-deae* Keng et Wen. Whereas the differences in Stand density and bamboo wall thickness factor are not significant. Therefore, the excellent stand structure standard is “density 11 000 plants/hm², diameter at breast height 5 cm, plant height 11 m, under branch height 4 m, and culm weight 8 kg, and uniform forest appearance”. The correlations among the factors of diameter at breast height, ground diameter, plant height, under branch height, leaf weight and full weight are remarkable. The principal components of stand structure include plant height, under branch height, full weight, culm weight and evenness, the contribution rate is 69.6%.

Key words: *Ph. reticulata* CV. *Lacrima-deae* Keng et Wen; stand type; bamboo forest structure

斑竹(*Ph. reticulata* CV. *Lacrima-deae* Keng et Wen) 又称湘妃竹, 是禾本科(Poaceae) 竹亚科(Bambusoideae) 刚竹属(*Phyllostachys* Sieb. et Zucc) 植物 桂竹(*Ph. makinoi*) 的变型。其秆高 7~13 m, 径 3~10 cm, 具紫褐色斑块与斑点, 分枝亦有紫褐色斑点, 为著名观赏竹。河南省博爱县是我国北方的竹林之乡, 盛产斑竹。近年来, 由于水资源紧缺、环境污染、管理不善等原因, 竹林出现了长势衰退、产量降低等逆演现象, 竹林面积迅速下滑^[1]。因此采取有效措施改造低产林成为当前最为关键的问题。

收稿日期: 2011-10-11 修回日期: 2012-01-09

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划专题(2012BAD23B05)

作者简介: 徐振国(1985—), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事竹子种质资源研究, E-mail: xuopingqing@126.com; *

通讯作者: 郭起荣, 教授, 博士生导师, E-mail: QRGUO@icbr.ac.cn。

竹林结构是实现竹林丰产最重要的因素之一,研究竹林的结构,对其进行描述、预测、控制是改变目前竹林低产的有效措施^[2-4]。本文对博爱县不同类型的斑竹林进行大量调查,分析不同类型斑竹林的结构特征,并对斑竹林鲜重及其影响因子进行相关分析和主成分分析,探讨影响竹林低产的关键性因子,为当地斑竹林恢复提供科学依据。

1 试验方法

1.1 试验地概况

试验地选在河南省博爱县,北纬 35°10′,东经 112°57′,属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,寒暖干湿交替。年平均气温 14.1℃,极端温度分别为 40.3℃和 15.4℃,无霜期年均 216 d,最长年份达 263 d,年均日照 2 484 h。由于太行山的屏障作用,光照充足,热量丰富,林木年生长期长。竹区土壤的形成是洪积冲积物,北高南低,排灌方便,主要是垆土、潮壤土和潮垆土。土层深厚,土壤肥沃,团粒性好,有机质含量高。

1.2 调查方法

在全面踏查的基础上,根据竹林类型与经营情况,选择“A”、“B”、“C”3种林分类型,见表1。设立标准地,调查测树因子和生态环境特点。按 20 m × 20 m 设立标准地,每类型样地数量 5 块以上,记录样点坐标。沿标准地对角线两边选取竹林,逐株记录它们的发笋年份、胸径、高度、枝下高、枝下节数等。

表 1 研究地概况

Tab. 1 The survey region basic situation

林分类型 The forest types	地理位置 Geographic location	地下水 Ground water	土壤类型 The soil type	经营类型 Management
A	博爱后十里园 N35°02′23.3″E112°57′45.2″	5 m 左右	黄垆土	粗放经营
B	博爱太行竹博苑 N35°08′18.1″E113°01′55.6″	10 m 左右	褐土	粗放经营
C	博爱林科所示范园 N35°09′28.6″E113°01′53.2″	水位较深	褐土	粗放经营

根据林分胸径,按径阶在标准地内选取标准竹 5 株,总计 45 株。伐倒,称秆重,测量全株长度、地径、胸径、节间长及节径;测量枝下高、1/4、1/2、3/4、分枝处直径,测各节壁厚。

1.3 分析方法

数据输入 Excel 表,用 Spss 16.0 统计软件对数据进行分析处理,使用 Excel2003 制作各种图形。

立竹度:即单位面积林地上活立竹的株数,用株/hm²表示。均匀度:立竹均匀度(E)是林地中立竹在林地上分布状况,用单位面积上分布的立竹平均数(n)和标准差(S_n)的比值表示。

$$E = \frac{n}{S_n} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i}{\sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (n_i - n)^2}} \quad (1)$$

整齐度:整齐度(U)是反映林分立地立竹间个体大小差异程度的指标,用平均胸径断面面积(\bar{D})和平均胸径断面面积的标准差(S_D)的比表示。

$$U = \frac{\bar{D}}{S_D} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [D_i - \bar{D}]^2}} \quad (2)$$

尖削度:株高度处的秆径与地径之比称为相对直径,相对直径随相对高度的变化曲线反映了竹子尖削度。竹壁厚:以秆基部的壁厚为标准,其它高度处壁厚与其比值作为相对壁厚。

2 结果与讨论

2.1 基本结构研究

在全面踏查的基础上,区分斑竹现实林分为“A”、“B”、“C”3种类型,每类型 5 样地,共 15 个林分

类型结构样地数据(表 2) ,分析如下。

表 2 不同林分类型竹林基本结构特征

Tab.2 The basic structure characteristics of bamboo forest in different sites

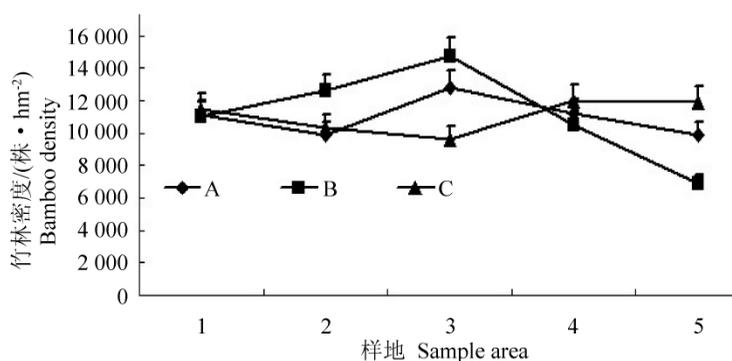
类型 Type	胸径/cm DBH	枝下高/m Under branch height	株高/m Full height	立竹密度/(株·hm ⁻²) Bamboo density	整齐度 Neatness	均匀度 Evenness
A ₁	4.96	4.02	10.53	11 100	3.50	7.62
A ₂	4.95	4.22	10.35	9 900	4.07	6.79
A ₃	4.87	4.23	13.04	12 800	3.38	8.78
A ₄	5.02	3.96	12.36	11 200	3.76	6.98
A ₅	4.73	4.12	10.55	9 900	4.03	6.63
平均值 Average	4.95	4.11	11.32	10 980	3.75	7.36
B ₁	3.58	2.28	8.58	11 050	6.69	3.99
B ₂	3.46	2.44	8.92	12 600	4.21	4.37
B ₃	3.75	3.04	8.77	14 700	6.64	5.1
B ₄	4.15	3.51	9.92	10 500	4.52	3.64
B ₅	4.16	3.36	8.28	6 900	4.36	2.39
平均值 Average	3.82	2.93	8.85	11150	5.28	3.90
C ₁	2.63	1.53	4.38	11 500	4.72	6.84
C ₂	2.71	1.64	4.75	10 300	3.36	6.56
C ₃	2.29	1.60	4.96	9 600	5.53	7.07
C ₄	2.62	1.83	4.84	12 000	2.28	8.84
C ₅	2.49	1.78	5.66	11 900	1.29	8.76
平均值 Average	2.47	1.74	5.14	11 166	3.03	8.22

2.1.1 立竹密度 竹林立竹密度是衡量竹林结构是否合理的重要指标^[8]。毋存俭^[17]2006 年调查后,认为斑竹用材林合理的立竹密度应为 9 000 株/hm²。根据所调查样地,建立不同林分类型斑竹立竹密度图(图 1)。15 个不同林分斑竹林样地平均株数 11 060 株/hm²,其中,B₃ 的株数最高为 14 700 株/hm²,比平均立竹密度多 22.9%,B₅ 的立竹密度最低为 6 900 株/hm²,比平均立竹密度少 22.3%。

对本研究设置的立竹密度进行方差分析表明,同种类型内斑竹林立竹密度差异不显著(A、B、C 的差异系数 *p* 分别是 0.81、0.80、0.61);进一步对不同类型间的斑竹林立竹密度方差分析表明,立竹密度差异也不显著(*P* = 0.91 > 0.05),不同立地间竹林密度 LSD 多重比较说明,类型间差异不显著。可以认为立竹密度不是造成林相质量不一的显著性影响因子。

调查中已全面踏查各竹园,现实斑竹林立竹密度已大于推荐的 9 000 株/hm² 合理密度,在斑竹林经营过程中可以根据经营目标(材用、笋用、材笋两用),合理增大或减少立竹数。

2.1.2 立竹胸径 根据所调查斑竹各类型林分胸径大小,以 1 cm 为径阶,区分为 1~2 cm、2~3 cm、3~4 cm、4~5 cm、5~6 cm、>7 cm 7 个径阶,对各径阶株数与样地总株数的比值进行正态化。可见,林分类型 A、类型 B、类型 C 胸径按株数分布均符合正态分布规律(图 2)。



T: 示立竹度方差; T: Standing bamboo variance.

图 1 不同林分类型斑竹林立竹密度

Fig. 1 Bamboo density in different sites

首先,分别进行各类型内立竹胸径方差分析。结果表明,同一种类型林分内,立竹胸径差异不显著。类型 A 中,平均胸径为 4.93 cm,胸径为 4~6 cm 的株数最多,占 65.2%,胸径 >6 cm 大径竹占 17.4%;类型 B 中,立竹平均胸径为 3.77 cm,胸径为 3~5 cm 的株数最多,占 81.3%。类型 C 立竹平均胸径为 2.42 cm,胸径为 2~3 cm 的株数最多,占 65.9%,大于 4 cm 的仅占 2%。

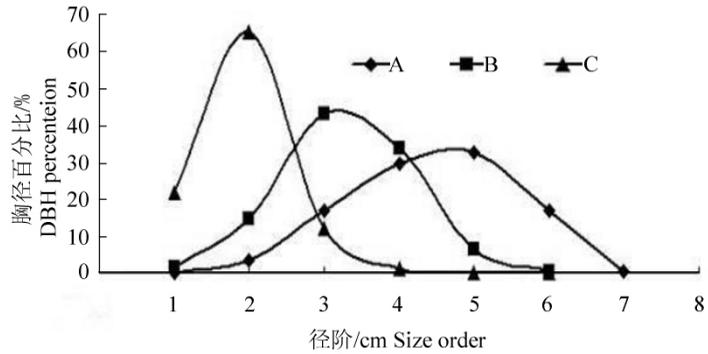


图 2 不同林分类型斑竹林立竹胸径分布

Fig. 2 DBH distribution of different bamboo forest types

对 3 种林分类型立竹胸径进行方差分析,林分间均存在显著性差异 ($P = 0.0006 < 0.01$)。平均胸径 $A > B > C$,类型 A 立竹平均胸径分别较类型 B 高 29.58%、较类型 C 高 100.04%。因为立竹胸径是竹林重要的结构因子,由此确定,林分 A 可为斑竹大径阶的优良林分。

2.1.3 立竹整齐度、均匀度 立竹整齐度是反映林分中立竹间个体大小差异程度的指标。整齐度小于 5 为“不整齐”,在 5~7 之间为“一般整齐”,大于 7 为“整齐”。立竹均匀度是指竹林中立竹在林地上分布状况的指标,均匀度小于 3 为“不均匀”竹林,在 3~5 之间为“一般均匀”竹林,大于 5 为“均匀”竹林。

由表 2 可知,类型 A、C 为整齐林,类型 B 为不整齐林;类型 B 为均匀林,类型 A、C 为一般均匀林。

方差分析表明不同林分类型斑竹林立竹整齐度差异性不显著,立竹均匀度差异显著 ($P = 0.0003 < 0.01$)。立竹均匀度 LSD 多重比较表明,类型 A 与类型 B 差异性极显著 ($P = 0.00 < 0.01$),与类型 C 差异不显著;类型 B 与类型 C 差异极显著 ($P = 0.00 < 0.01$)。

2.1.4 枝下高、株高 研究表明,毛竹枝下高、株高是立竹胸径的从属因子,随着立竹胸径的变化而变化,与立竹胸径呈一致性增长趋势^[9]。

首先,分别进行各类型内枝下高与株高的方差分析。结果表明,同类型林分内,竹株的枝下高与株高差异不显著。

不同类型林分胸径有显著差异,其竹林枝下高、株高也有极显著差异。枝下高、株高 LSD 多重比较说明,类型间差异极显著(表 3)。不同类型林分枝下高 $A > B > C$,株高 $A > B > C$,所以类型 A 可作为斑竹材用林株高的优良林分。

表 3 枝下高与株高 LSD 多重比较

Tab.3 UBH and Height LSD multiple comparison

类型 Type	均值 Means	A	B	C	
枝下高 UBH	A	4.16			0.003**
	B	2.93	1.18		0.003**
	C	1.74	2.13	-1.18	
株高 Height	A	11.27			0.006**
	B	8.85	1.11		0.0004**
	C	5.10	2.38	-2.35	

** 为 $p < 0.01$ 。** indicates significant great differences.

2.1.5 尖削度 依据斑竹林分类型,分别绘制相对直径(Y)与高度(X)的散点图,并进行曲线拟合,其中相关系数最大的曲线模型如下:

$$\text{斑竹类型 A: } Y = 15.771 - 25.190x + 44.741x^2 - 32.940x^3, R = 0.84 \quad (1)$$

$$\text{斑竹类型 B: } Y = 9.943 - 4.012x + 2.133x^2 - 1.549x^3, R = 0.81 \quad (2)$$

$$\text{斑竹类型 C: } Y = 7.106 - 11.717x + 16.644x^2 - 11.348x^3, R = 0.83 \quad (3)$$

尖削度是衡量竹材质量高低的重要指标之一。尖削度越小,竹材越匀称,出材率和利用率越高。从图 3 可得,林分类型 A 的尖削度最小,类型 B 其次,类型 C 尖削度最大。

2.1.6 壁厚 首先, 分别对各类型内斑竹平均壁厚进行方差分析, 结果表明, 同一类型林分内壁厚差异不显著。对 3 种类型林分平均壁厚方差分析, 结果表明: 3 种类型林分壁厚差异显著 ($P = 0.016 < 0.05$), 不同类型林分壁厚 $A > B > C$ 。LSD 多重比较, 类型 A 与类型 C 差异极显著 ($P = 0.008 < 0.01$), 类型 B 与类型 C 差异显著 ($P = 0.021 < 0.05$)。

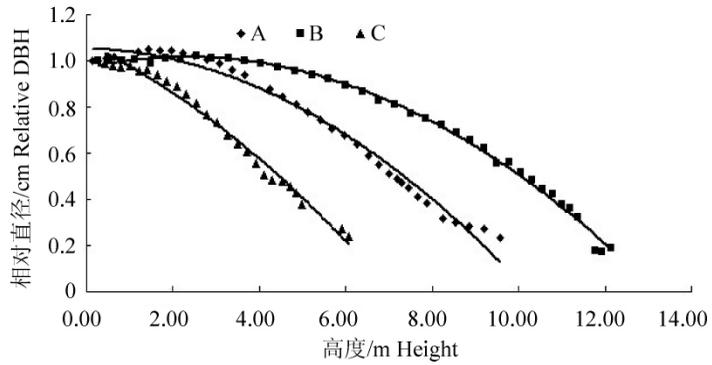


图 3 不同林分类型斑竹尖削度曲线

Fig. 3 Changes of taper of different forest stand with height

2.1.7 秆重 对不同类型斑竹平均秆重方差分析, 结果表明, 3 种类型斑竹平均秆重差异极显著 ($F = 0.002 < 0.01$), 不同类型斑竹秆重 $A > B > C$ 。LSD 多重比较, 类型间秆重差异显著 (表 4)。

表 4 斑竹秆重 LSD 多重比较

Tab. 4 Stem weight LSD multiple comparison

类型 Type	均值 Means	A	B	C
A	8.38		0.015*	0.018*
B	4.83	-3.46		0.008**
C	1.62	3.29	6.76	

* 为 $P < 0.05$, ** 为 $p < 0.01$ 。

* indicates significant differences; ** indicates significant great differences.

表 5 不同林分类型结构之间的相互关系

Tab. 5 The relations of different bamboo forest types

变量 Variables	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}
Y_1	1.00	0.92**	0.98**	0.92**	-0.09	0.11	-0.17	0.44	0.36	0.17	0.57
Y_2		1.00	0.89**	0.80**	-0.24	0.27	-0.23	0.52	0.34	0.34	0.66*
Y_3			1.00	0.90**	-0.10	0.04	-0.10	0.50	0.41	0.20	0.63*
Y_4				1.00	0.14	0.15	-0.14	0.27	0.19	-0.15	0.39
Y_5					1.00	0.05	0.36	-0.31	-0.34	-0.53	-0.35
Y_6						1.00	-0.630*	-0.49	-0.60	-0.34	-0.34
Y_7							1.00	0.49	0.55	0.28	0.41
Y_8								1.00	0.85**	0.77**	0.95**
Y_9									1.00	0.76**	0.84**
Y_{10}										1.00	0.77**
Y_{11}											1.00

* 为 $P < 0.05$, ** 为 $p < 0.01$ 。

* indicates significant differences; ** indicates significant great differences.

选择林分结构因子立竹胸径 (X_1)、地径 (X_2)、枝下高 (X_3)、株高 (X_4)、立竹密度 (X_5)、秆重 (X_6), 建立秆重 (X_6) 与其他因子的直线回归方程。其中各因子相对应的 P 值均不显著。

2.2 竹林结构因子的相关性分析

竹子与其它生物体一样, 各个部件 (构件、器官) 存在着相关性。选择立竹胸径 (Y_1)、地径 (Y_2)、枝下高 (Y_3)、株高 (Y_4)、立竹密度 (Y_5)、整齐度 (Y_6)、均匀度 (Y_7)、秆重 (Y_8)、枝重 (Y_9)、叶重 (Y_{10})、总重 (Y_{11}) 11 个因子, 分析结果见表 5。

立竹胸径与地径、枝下高、株高之间存在极显著正相关关系; 地径与枝下高、株高存在极显著正相关

关系 与总重存在显著正相关关系; 枝下高与株高存在极显著正相关关系; 整齐度与均匀度存在显著负相关关系; 秆重、枝重、叶重、总重两两之间存在极显著线性相关关系。

2.3 斑竹林分结构因子主成分分析

由于林分间的要素存在着相关性, 研究林分因素得出的结论往往包括重叠的信息较多。主成分分析方法可以将众多指标观测值, 通过坐标的旋转与投影导出新指标。这些新指标相互独立又能综合原有的绝大部分信息, 这部分指标起着主导作用^[7]。

为了综合评价诸多因子对竹秆重的影响, 将11个结构因子进行主成分分析, 按照方差最大正交旋转法计算, 得到了前3个主成分及其因子负荷量和贡献率, 见表6。这3个主成分综合了11个指标的绝大部分信息(累计贡献率达90.62%)。第一主成分的贡献率最大, 达48.19%; 其特征向量较大并且较为靠近的因子分别为斑竹总重、竹秆重和枝下高, 说明斑竹林的林分结构因素中, 这3种因子最重要。第二主成分贡献率为28.53%, 从因子负荷量主要反映的是均匀度、株高、胸径, 表明这3种因子对林分结构的影响居第2位。第三主成分贡献率为14.07%, 它主要表达的是立竹密度, 说明立竹密度在林分结构中占重要的组成部分。

表6 前3个主成分的因子负荷量和贡献率

Tab.6 Quantity load and contribution rate of factors of first four principal components

变量 Variables	第一主成分 Factor 1	第二主成分 Factor 2	第三主成分 Factor 3
Y_1	0.79	0.58	0.12
Y_2	0.81	0.54	-0.12
Y_3	0.82	0.51	0.15
Y_4	0.62	0.68	0.35
Y_5	-0.33	0.14	0.86
Y_6	-0.28	0.72	-0.31
Y_7	0.23	-0.70	0.61
Y_8	0.88	-0.39	0.01
Y_9	0.80	-0.51	0.02
Y_{10}	0.65	-0.53	-0.41
Y_{11}	0.94	-0.24	-0.04
特征根 Characteristic root	5.3	3.12	1.55
贡献率 Contribution rate	48.19	28.35	14.07
累计贡献率 Cumulative	48.19	76.55	90.62

3 结 论

中原地区不同林分类型的斑竹林, 其胸径、整齐度、均匀度、枝下高、株高、秆重结构因子差异显著, 而立竹密度、壁厚因子差异不显著。提出优良林分“密度11000株/hm² 胸径5cm、株高11m、枝下高4m、秆重8kg, 要求林相整齐、均匀”的结构标准。其立竹胸径、地径、枝下高、株高、叶重、全重因子间相关显著。株高、枝下高、胸径、全重、秆重和均匀度是林分结构的主成分, 贡献率69.6%。文中的优良林分只是作为当地竹林经营的一个参考, 与20世纪90年代提出的《河南省主要竹林群体结构与丰产栽培技术模式》^[20]中的优良林分基本吻合。

本研究成果对试验点周边地区类似立地条件的竹林施肥具有实际的指导意义, 对博爱一带竹林施肥具有一定的参考价值。由于本次调查时间尚短, 试验地仅是博爱, 要更好地指导周边地区毛竹林结构调整, 为今后竹林恢复更全面地提供科学依据, 还必须进行竹林结构调整, 以期获得丰产竹林。

参考文献:

[1] 丁荣耀, 罗襄生, 苏金乐, 等. 河南省北方竹林资源衰减原因及对策[J]. 世界林业研究, 2009, 2(8): 172-174.

- [2]朱锦懋,黄茂提,陈由强等.笋材两用毛竹林林分结构数量关系研究[J].植物生态学报,2000,24(4):483-488.
- [3]何东进,洪伟,吴承祯.毛竹林林分平均胸径模拟预测模型的研究[J].林业科学,2000,36(1):149-151.
- [4]洪伟,郑郁善,邱尔发.毛竹丰产林密度效应研究[J].林业科学,1998,34(1):1-4.
- [5]郑郁善,洪伟.毛竹林丰产年龄结构模型与应用研究[J].林业科学,1998,34(3):1-6.
- [6]郑郁善,洪伟,陈礼光.竹林合理经营密度的研究[J].林业科学,1998,34(1):6-9.
- [7]唐守正.多元统计分析[J].北京:中国林业出版社,1986:20-36,61-89.
- [8]徐道旺.毛环竹笋用林丰产结构的研究[J].竹子研究汇刊,2004,23(2):35-37.
- [9]郑郁善.毛竹材用丰产林密度效应模型研究[J].生物数学报,1997,12(3):280-281.
- [10]陈双林,陈长远,杨清平等.麻竹笋用林林分结构优化模式研究[J].江西农业大学学报,2005,27(2):192-193.
- [11]苏文会,顾小平,宫凤英等.大木竹种群生物量结构及其回归模型[J].南京林业大学学报,2006,30(5):51-54.
- [12]廖军,张卫栋,薛建辉等.竹阔混交林混交类型的综合评价[J].江西农业大学学报,2002,24(3):346-348.
- [13]刘广路,范少辉,宫凤英等.不同年龄毛竹营养器官主要养分元素分布及与土壤环境的关系[J].林业科学研究,2010,23(2):252-254.
- [14]张刚华.不同林分毛竹林结构特征与植物物种多样性研究[D].北京:中国林业科学院亚热带林业研究所,2006:18-38.
- [15]苏文会,顾小平.大木竹秆形结构的研究[J].林业科学研究,2006,19(1):98-101.
- [16]吕久儒.试论河南竹产业的发展[J].地域研究与开发,1999,19(3):59-61.
- [17]毋存俭,毋爱霞.北方斑竹生长规律及丰产管理技术[J].竹子研究汇刊,2005,24(3):15-18.
- [18]徐泳,刘道敏.博爱竹林的历史与现状[J].竹子研究汇刊,2004,4:51-53.
- [19]郑蓉,陈开益,郭志坚等.不同海拔毛竹林生长与均匀度整齐度的研究[J].江西农业大学学报,2011,23(2):236-239.
- [20]李国庆.《河南省主要竹林群体结构与丰产栽培技术模式》成果荐述[J].竹子研究汇刊,1992,11(1):43-44.

(上接第 297 页)

- [7]王方海,龚和,欽俊德.滞育和非滞育棉铃虫血淋巴中蛋白质含量及图谱的比较[J].昆虫学报,1998,41(4):426-430.
- [8]Lee K Y, Denlinger D L. Diapause - regulated proteins in the gut of pharate first instar larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar*, and the effect of KK-42 and neck ligation on expression[J]. Journal of Insect Physiology, 1996, 42(5):423-431.
- [9]成卫宁,李怡萍,李建军等.小麦吸浆虫滞育前后和滞育期蛋白质含量及其电泳分析[J].植物保护学报,2008,35(2):55-59.
- [10]郭鄂,折介六.昆虫学实验技术[M].北京:科学出版社,1988.
- [11]何忠效.生物化学实验技术[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [12]高玉红,郭线茹,罗梅浩等.烟实夜蛾滞育蛹和非滞育蛹生化特性的比较研究[J].河南农业大学学报,2006,40(6):627-629,645.
- [13]韩瑞东,孙绪良,许永玉等.赤松毛虫越冬幼虫生化物质变化与抗寒性的关系[J].生态学报,2005,25(6):1352-1356.
- [14]陈永杰,孙绪良.桑螟越冬幼虫体内蛋白质、氨基酸、碳水化合物的变化与抗寒性的关系[J].蚕业科学,2005,31(2):111-115.
- [15]罗克斯坦 M. 昆虫生物化学[M].北京:科学出版社,1988:77-78.
- [16]易传辉,陈晓鸣,史军义等.美凤蝶滞育期间水溶性蛋白的初步研究[J].云南农业大学学报,2011,26(2):205-210.
- [17]田华,王莉.昆虫蛋白类功能成分研究进展[J].河南农业科学,2011,40(4):22-26.