



江西毛竹造纸特性地理变异研究

施建敏 杨光耀 郭起荣* 范国荣 邱志勇 兰信男 吴隆生 何高峰 夏菲
(江西农业大学 江西省竹子种质资源与利用重点实验室 330045)

摘要: 调查研究了江西省同一竹龄(Ⅲ度)、不同立地条件下17个天然毛竹林竹材纤维长度、纤维宽度、纤维长宽比、纤维素含量和基本密度等5个主要造纸性能指标,应用统计软件(SPSS13.0)进行多元线性回归分析和偏相关分析,研究其地理变异规律。结果表明:所调查测定的各项指标中,纤维长和纤维长宽比同纬度仅达到10%的显著水平,但与经度和海拔的回归及相关分析都未达到10%显著水平,其余3项指标同经度、纬度和海拔的回归分析均未达到10%显著水平,总体上地理变异模式不明显。

关键词: 毛竹; 造纸特性; 纤维形态; 纤维素含量; 基本密度; 地理变异

Study on Geographic Variation of Papermaking Characteristics of *Phyllostachys edulis* in Jiangxi Province

Shi Jianmin; Yang Guangyao; Guo Qirong; Fan Guorong; Qiu Zhiyong;
Lan Xinnan; Wu Longsheng; He Gaofeng; Xia Fei
(Jiangxi Provincial Key Laboratory for Bamboo Germplasm Resources
and Utilization, JAU, Nanchang 330045)

Abstract: Seventeen five-six-year-old *Phyllostachys edulis* forest under different site conditions in Jiangxi province were selected to study main papermaking characteristics including the fiber length, width, the ratio of length of width, cellulose content and basic density. The multiple linear regression and partial correlation were analyzed with SPSS13.0 software for the law of their geographic variation. The results showed: among the various factors investigated, the fiber length and the ratio of fiber length and fiber width presents the geography pattern which changes along with the latitude, and it has nothing to do with longitude and elevation; the correlation between fiber width, cellulose content, basic density and longitude, latitude, elevation are not notable.

Key Words: *Phyllostachys edulis*; papermaking characteristics; cellulose content; basic density; geographic variation

销售的紫竹林各径级株数的排列接近于正态分布,与高度表现结构相一致;集约经营被动销售型紫竹林在全面受到人为保护和集约管理的影响下,径级结构主要集中在Ⅴ、Ⅵ和Ⅶ径级,整个径级结构呈偏右“正态”分布结构;集约经营主动销售型紫竹林分在销售利益的驱动下,对部分径级的紫竹过分采集,使竹林中Ⅱ径级的分株株数明显缺失;集约经营定向培育型的紫竹林,各径级保持比较均匀的结构。

(4)紫竹无性系种群的空间分布格局属于随机分布,分株增加到一定密度,即呈现饱和状态,分布趋于均匀化。集约经营主动销售型紫竹林的立竹度最小,集约经营定向培育型紫竹林的立竹度最大。在空间有限性的情况下,随着分株密度的增加,单个分株所占据的资源量必然减少,从而导致整个无性系种群生长质量的下降。

致谢: 感谢云南省富源县大河镇林业站站长钟福德同志在野外调查工作中给予的帮助与支持。

参考文献

- 1 中国科学院中国植物志编辑委员会主编.中国植物志(第九卷第一分册)[M].北京:科学出版社,1989:288~289
- 2 董文渊.中国紫竹之乡——大河[J].云南林业,2004,6:5
- 3 刘庆著.斑苦竹无性系种群生态学[M].成都:成都科技大学出版社,1999
- 4 黎庭武,董文渊,郑进,等.工艺利用紫竹林分生长的立地条件研究[J].世界竹藤通讯,2007,5(4):17~21
- 5 董文渊.筴竹无性系种群退化及恢复机制的研究[D].中国林科院博士后研究报告,2006:1~6
- 6 吴庆国,陈兴福,等.紫竹品种及栽培技术进行的研究[J].林业实用技术,2003,4:9~10
- 7 江泽慧.世界竹藤[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2002

毛竹(*Phyllostachys edulis*)是中国栽培历史悠久、面积最广、经济价值也最重要的竹种。它广泛分布于秦岭、汉水流域至长江流域,黄河流域也有多处栽培^[1]。中国现有竹林面积421万hm²,占全国森林面积的3%,而产值却占全国营林总产值的18%,全国毛竹林面积270万hm²,占竹林总面积的64.1%,在工农业生产和国民经济中占有重要的地位和较大的比例,而且毛竹林面积还在逐年扩大,面积每年约以3%的速度递增^[2]。

由于人们对森林资源的过分利用与破坏,造纸木材纤维原料在较长时间内将仍然很缺乏。毛竹纤维属于中长纤维,其长度介于针叶木浆和阔叶木浆之间,具有很好的制浆造纸特性,是较好的非木材造纸纤维原料之一^[3],而且与其它林木相比,毛竹还具有生长周期短、生长快、产量高和再生能力强的特点。因此,以竹代木制浆造纸,是解决我国木浆短缺,促进纸业发展的一条重要途径。目前,竹材制浆造纸已成为许多造纸企业的选择^[4]。

已有研究表明^[5,6],不同种源的毛竹在发笋成竹特性、春笋营养成分、生理生化特性和表

型特征上存在着明显的地理变异趋势。然而,对于纤维长度、纤维宽度、纤维长宽比、纤维素含量和基本密度等重要造纸特性是否也存在着同样的不同种源地理差异和地理变异规律还未见报道。因此,开展毛竹造纸特性的地理变异研究,不但可揭示毛竹造纸特性的地理变异规律,而且可为毛竹纸浆林优良种源的选育和定向培育提供理论依据,具有重要的科学意义和应用价值。

1 材料与方法

1.1 试验点的选择

试验区域为中国毛竹的适生区和主产区——江西省。依据毛竹的繁殖特点和分布式样,主要依山系水系因素来界定群体林分的范围,以主要江河流域为扩散途经,主要山系为限制因子^[5]。在江西省选择17个毛竹主产县、市(九江县、靖安县、永丰县、宜黄县、铅山县、德兴市、奉新县、安福县、井冈山市、资溪县、寻乌县、龙南县、崇义县、瑞金县、石城县、兴国县、宜丰县)进行采样。各毛竹林所处的地理位置如表1。

表1 江西17个毛竹种群地理经度、纬度及海拔

Table1 The longitude, latitude and altitude of 17 *Phyllostachys edulis* natural populations in Jiangxi province

地 点	经 度/°	地理位置 纬 度/°	海 拔/m	地 点	经 度/°	地理位置 纬 度/°	海 拔 /m
龙南县	114.79	24.91	350	宜黄县	116.20	27.55	220
寻乌县	115.64	24.96	280	资溪县	117.06	27.7	405
崇义县	114.31	25.69	660	铅山县	117.71	28.32	410
瑞金市	116.02	25.89	220	宜丰县	114.78	28.40	98
兴国县	115.33	26.32	610	奉新县	115.38	28.71	400
石城县	116.32	26.34	465	靖安县	115.37	28.88	190
井冈山市	114.17	26.57	858	德兴市	117.58	28.96	385
永丰县	115.42	27.33	440	九江县	115.97	29.71	298
安福县	114.62	27.39	370				

1.2 样地选择与调查

1.2.1 林分选择

要求毛竹林为当地起源,能够代表当地一般条件的毛竹纯林,立地条件尽量力求一致。毛竹林选择材用林分,年龄结构合理,经营水

平中等,未经钩梢或摇梢,非衰退状态,生长发育正常,无明显病虫害。

1.2.2 试验方法

每群体中选取胸径适中,生长健壮的Ⅲ度竹各3株,齐地伐倒,从竹秆基部1.5m处的节间部截取2~3cm的秆环,进行各项指标测定:

(1)纤维形态:采用硝酸-氯酸钾法离析,使用Motic DMB5数码显微镜并结合Motic Images Advanced 3.0软件对纤维形态进行观测,每试

* 资助项目:江西省自然科学基金(0130024);江西农业大学自然科学基金重点项目(200503-5)。

作者简介:施建敏(1978—),男,博士生,主要从事植物学教学与科研工作。

样各测100根，去掉最长及最短各15根，取剩余70根纤维长度的算术平均值，并计算长宽比；

(2)纤维素含量：采用硝酸-乙醇法，用20%硝酸及80%乙醇混合液处理粉碎后的竹材原料，使其中所含木质素变为硝化木质素，从而溶于乙醇中，剩余残渣过滤后，用水洗涤并烘干，测定其含量；

(3)基本密度：用P/N470007-010密度测定组件，测定每株样竹所截取的秆环基本密度；

(4)纤维形态、纤维素含量和竹秆基本密度的数据均用统计软件(SPSS 13.0)进行偏回归分析及偏相关性分析。

2 结果与分析

从制浆造纸的角度上来说，纤维越细

长，纤维长宽比越大，纤维的交织能力就越强，纸张强度大，质量就越好；纤维素含量越高，制浆得率越高，经济效益越好；而基本密度越大，化学药品消耗越大，经济效益越低，同时环境污染越重^[7]。从表2可看出，17个不同县、市的天然毛竹林在造纸特性上是有差异。

2.1 纤维长

17个毛竹种群纤维长的总平均值为1919.2m，其中铅山县的最长(2138.9m)，比最短的奉新县(1473.5m)长665.4m。铅山县、石城县、资溪县、龙南县、井冈山市、宜丰县、瑞金市、德兴市、永丰县、宜黄县和崇义县等11县、市的纤维长度均大于平均值。

表2 江西17个毛竹种群的主要造纸特性指标

Table2 The Papermaking characteristics of 17 different natural *Phyllostachys edulis* populations in Jiangxi province.

采样地点	纤维长(m)			纤维宽(m)			长宽比	纤维素含量 (%)	基本密度 (g/cm ³)
	最大	最小	平均	最大	最小	平均			
龙南县	4220.2	843.2	2091.4	24.1	6.8	12.5	168.3	50.728	0.6403
寻乌县	4119.3	896.9	1824.5	19.6	7.6	12.1	149.2	50.491	0.6428
崇义县	4017.7	979.8	1951.4	22.6	7.6	13.1	148.4	56.253	0.6971
瑞金市	4089.6	867.7	1984.9	21.7	7.8	13.2	155.4	56.993	0.7298
兴国县	3620.4	908.5	1763.5	21.6	7.2	12.3	141.9	53.755	0.6531
石城县	3854.0	978.9	2114.2	24.6	8.3	14.3	149.0	52.025	0.7113
井冈山市	4156.8	981.2	2058.6	23.5	8.3	13.7	150.6	50.405	0.6997
永丰县	3709.6	928.0	1975.5	21.5	7.7	13.4	149.3	49.641	0.6714
安福县	3395.5	1024.2	1897.3	17.9	10.0	13.6	139.9	45.684	0.7537
宜黄县	4321.7	853.6	1953.0	24.0	7.4	12.3	157.1	47.467	0.6428
资溪县	3317.7	1407.2	2100.0	18.3	11.3	14.8	142.0	47.034	0.7931
铅山县	3862.1	991.5	2138.9	17.8	10.4	13.5	158.5	42.631	0.7764
宜丰县	4056.2	1041.7	2044.9	22.2	8.4	13.3	155.3	53.326	0.5246
奉新县	2586.5	1026.7	1473.5	17.7	12.1	14.7	100.5	46.955	0.6739
靖安县	3012.4	923.4	1582.5	24.9	7.2	12.7	141.9	53.755	0.5246
德兴市	3376.8	1108.7	1976.0	14.7	8.5	11.1	177.8	45.727	0.5789
九江县	2847.9	1031.1	1696.1	16.6	11.1	13.4	126.1	50.381	0.7236
总平均值			1919.2			13.2	147.7	50.191	0.6728

注：表中数据均为各调查因子计算所得的平均值。

2.2 纤维宽

在纤维宽度上，各地都相差不大，德兴市的最窄(11.1m)，资溪县的最宽(14.8m)，17个毛竹种群纤维宽的总平均值为13.2m。德兴市、寻乌县、兴国县、宜黄县、龙南县、靖安县和崇义县等7县、市的纤维宽要低于总平均值。

2.3 纤维长宽比

德兴市的最大(177.8)，奉新县的最小(100.5)。九江县、靖安县、奉新县、资溪县、安福县和兴国县等6县的纤维长宽比小于总的平均长宽比(146.9)。

2.4 纤维素含量

有瑞金市、崇义县、兴国县、宜丰县、石城县、靖安县、龙南县、寻乌县、井冈山市和九江县等10个县、市的纤维素含量超过

50%，且都高于总平均值50.021%，其中瑞金市的最高(56.993%)，铅山县的最低(42.631%)。

2.5 基本密度

所有17个天然毛竹林的基本密度均大于0.5g/cm³，总平均值为0.6728g/cm³，宜丰县的最小(0.5246g/cm³)，最大达0.7931g/cm³(资溪县)。而宜丰县、德兴市、寻乌县、龙南县、宜黄县、兴国县、靖安县、永丰县和奉新县比其它地方的要低。

根据造纸原料的标准^[8]，纤维素含量应在40%以上，中级纤维原料纤维长度在0.9~1.6mm，高级纤维原料纤维长度在1.6mm以上，纤维长宽比在30以上。从测得的结果来看(仅奉新县和靖安县的纤维长为分别为1473.5m和1582.5m，未达到高级纤维长度的标准)，这17个不同种源的毛竹都是优良的纤维原料和造纸原料。综合考虑纸张质量、制浆得率及成本因素，认为龙南县、德兴市和宜黄县的毛竹制浆性能更优。

采用多元线性回归分析的方法研究毛竹造纸特性的地理变异^[9]，在建立多元线性回归方程时包括经度、纬度和海拔3个自变量。毛竹林所调查因子与3个自变量的回归系数、回归的F值和决定系数见表3。从整体上看，所调查的5个毛竹造纸特性指标与经度、纬度和海拔均未达到较高的显著性水平。再从偏回归系数来看，也仅有纤维长和纤维长宽比同地理纬度达到10%的显著水平。由分析可知：纤维长和长宽比受地理纬度的影响较大，受地理经度和海拔的影响较小，而纤维宽、纤维含量和基本密度受地理位置的影响较小。

进一步对各毛竹造纸特性指标与地理位置的关系进行偏相关分析，就能够清楚的说明毛竹造纸特性的地理变异模式(见表4)：毛竹纤维长和纤维长宽比与纬度达到10%显著负相关水平，纤维长和纤维长宽比都呈现出从南到北逐渐减小的变异模式；其它3项因子随纬度、经度和海拔的变化均没有显著的地理变异模式。

表3 毛竹造纸特性与地理经度、纬度、海拔偏回归分析

Table3 Partial regression analysis of the longitude, latitude and altitude with papermaking characteristics of *Phyllostachys edulis*

造纸特性	偏回归系数			F 值	决定系数R ²
	经 度	纬 度	海 拔		
纤维长	0.437	-0.490*	0.138	1.815	0.295
纤维宽	-0.122	0.253	0.222	0.401	0.085
纤维长宽比	0.441	-0.538*	-0.050	1.853	0.300
纤维素含量	-0.418	-0.387	-0.172	2.855	0.397
基本密度	0.424	-0.031	0.301	1.063	0.197

注：*——10%水平显著，**——5%水平显著地理位置的影响较小。

表4 毛竹造纸特性与经度、纬度、海拔偏相关分析

Table4 Partial correlation analysis of the longitude, latitude and altitude with the papermaking characteristics of *Phyllostachys edulis*

造纸特性	偏相关系数		
	经 度	纬 度	海 拔
纤维长	0.428	-0.465*	0.152
纤维宽	-0.115	0.231	0.213
纤维长宽比	0.432	-0.500*	-0.056
纤维素含量	-0.440	-0.408	-0.204
基本密度	0.395	-0.031	0.300

注：* ——10%水平显著；** ——5%水平显著

3 结论与讨论

本文通过对江西省17个天然毛竹林的造纸特性进行研究，结果表明：不同毛竹种群在造纸特性上存在一定差异，从造纸性能来看，龙南县、德兴市和宜黄县的毛竹制浆性能更优；在地理变异模式上，纤维长和长宽比同纬度达到10%的显著相关水平，但与经度和海拔未达到显著水平；纤维宽、纤维素含量和基本密度与地理经度、纬度和海拔的回归分析均未达到显著水平。

有研究表明^[10]：海拔高度对毛竹的气干密度、基本密度、顺纹抗压强度和抗弯强度等主要物理力学性质具有较大影响，在5%水平上经T-检验差异显著。同时，郑蓉的研究^[11]也认为不同海拔间毛竹竹材纤维长度、宽度与长度比在一定范围内存在一定差异；



竹材养分元素含量随海拔增高呈现一定规律性变化。而本文的研究显示海拔与毛竹造纸特性的相关不显著,这可能是海拔对不同生物学特性的影响具有差异。

在地理变异模式上,笔者通过对与本文同一批试样的15个表型性状的进行研究,结果表明:毛竹的全竹秆鲜重、秆长、枝下高、竹腔径、枝下节数、胸径处壁厚与经度呈显著负相关的变异模式,胸径受经度和纬度的共同影响,枝盘数与海拔呈显著正相关的地理变异模式,与纬度、海拔效应相比较,经度对毛竹天然林表型性状的变异贡献较大。而在全国的尺度上,李正才等^[12]对全国10个省区17个天然毛竹林的13个表型性状研究结果认为:胸径、秆高、叶片长度和宽度、叶片侧脉数、竹腔径、壁腔比呈现随纬度变化的地理模式,与经度无关;全秆节数受经度和纬度的双重影响;与经度、海拔效应相比较,纬度对毛竹天然林表型性状的变异贡献较大。相比较而言,毛竹造纸特性与经度、纬度和海拔的相关性并不显著,纤维长和长宽比同纬度也仅达到10%的负显著相关水平,这与研究的空间尺度有关还是不同生物学特性的差异仍需要进一步开展深入的研究。此外,毛竹造纸特性是否也有与表型性状一样在不同的空间尺度上有不同的地理变异规律也是一个值得研究的课题。

毛竹是一种以无性繁殖为主的植物,这种繁殖特性决定了其种群分布的局域性以及局域种群在遗传上的相似性。张守锋等^[13]对全国9省18个种群的毛竹遗传多样性进行了

RAPD分析,结果表明:各居群间的遗传距离和遗传相似性存在着较大的差异,地理上较近的种群多聚在一起,表现出比较明显的地域性。本文对江西省17个县、市天然毛竹林造纸特性的地理变异研究在一定程度上也支持该观点。

致谢:本文得到17个采样县、市林业局及林业工作站的大力支持和协助,特表谢意。

参考文献

- 1 耿伯介,王正平.中国植物志(第九卷第一分册)[M].北京:科学出版社,1996
- 2 江泽慧.在第四届中国竹子之乡联谊会暨全国竹(藤)业经济发展研讨会开幕式上的讲话[J].竹子研究汇刊,2000,19(3):2~3
- 3 徐萃声.竹子原料与制浆造纸[J].造纸科学与技术,2006,25(4):1~6
- 4 马乃训,张文燕,陈光财.关于加快发展我国竹材制浆造纸的一些看法[J].林业科技开发,2004,18(1):9~11
- 5 陈存及,邱尔发,梁一池,等.毛竹种源地理变异规律及选择的研究[J].竹子研究汇刊,2001,20(3):20~28
- 6 马正才,傅懋毅,姜景民,等.毛竹林天然林表型特征的地理变异研究[J].林业科学研究,2002(6):654~659
- 7 谢来苏,詹怀宇.制浆原理与工程[M].北京:中国轻工业出版社,2001
- 8 卢谦和.造纸原理与工程[M].北京:中国轻工业出版社,2004
- 9 唐守正.多元统计分析方法[M].北京:中国林业出版社,1993
- 10 汪佑宏,田根林,刘杏娥,等.不同海拔高度对毛竹主要物理力学性质的影响[J].安徽农业大学学报,2007,34(2):222~225
- 11 郑蓉.不同海拔毛竹竹材化学组成成份分析[J].浙江林业科技,2001,21(1):17~20
- 12 李正才,傅懋毅,姜景民,等.毛竹林天然林表型特征的地理变异研究[J].林业科学研究,2002(6):654~659
- 13 张守锋,马秋香,丁雨龙.毛竹居群遗传多样性的RAPD分析[J].林业科技开发,2007,21(2):26~28

国外动态

西班牙马德里市竹建筑将参展世博会

2008年9月,西班牙马德里市与上海世博会组织者签署城市最佳实践区马德里案例的参展合同。马德里计划在上海世博会上建造两座该城市特有的建筑仿制品:竹屋和生态气候树。竹屋是马德里南部的一片社区民居建筑,被一层竹皮包裹,创造了一种原生态氛围,同时可

以很好地调节光线,为建筑物提供一层温度、声音和视觉的屏障。在上海世博会城市最佳实践区内建成的竹屋将保留竹皮包裹的特点,但是为了更好地适应上海的气候和环境,建筑北部全部改成节能玻璃。

——竹业信息