

原产地与引种地厚壁毛竹竹材成分质量分数比较

方楷¹, 杨清培¹, 郭起荣², 施建敏¹, 李建¹, 杨光耀¹

(1. 江西农业大学 江西省竹子种质资源与利用重点实验室, 江西 南昌 330045; 2. 国际竹藤网络中心, 北京 100102)

摘要: 对原产地和引种地厚壁毛竹 *Phyllostachys edulis* ‘Pachyloen’ 竹材的 9 种化学成分和 12 种营养元素进行了测定与分析。结果表明: 原产地竹材的冷水抽出物、热水抽出物、10.0 g·kg⁻¹ 氢氧化钠抽出物、苯醇抽出物、木质素、纤维素、戊聚糖、灰分、二氧化硅质量分数分别为 0.055 3, 0.064 6, 0.298 2, 0.027 7, 0.290 0, 0.395 6, 0.260 3, 0.015 7, 0.001 5 g·g⁻¹。引种地竹材中热水抽出物、木质素、纤维素、戊聚糖、灰分、二氧化硅质量分数略高于原产地。原产地竹材营养元素按质量分数高低排列为钾(6.41 g·kg⁻¹)>氮(3.03 g·kg⁻¹)>磷(0.43 g·kg⁻¹)>锰、硫(0.39 g·kg⁻¹)>铁(161.52 mg·kg⁻¹)>钙(132.99 mg·kg⁻¹)>锰(82.43 mg·kg⁻¹)>铝(17.31 mg·kg⁻¹)>锌(10.47 mg·kg⁻¹)>铜(5.58 mg·kg⁻¹)>硼(0.52 mg·kg⁻¹), 但引种地竹材硫(0.34 g·kg⁻¹)>锰(0.25 g·kg⁻¹)>钙(186.23g·kg⁻¹)>铁(112.23 g·kg⁻¹)。引种地与原产地间的竹材营养元素存在显著性差异($P < 0.05$), 但化学成分差异未达到检验显著性水平。表 2 参 17

关键词: 木材学; 厚壁毛竹; 化学成分; 营养元素; 原产地; 引种地

中图分类号: S781

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2012)04-0595-05

Comparing composition of *Phyllostachys edulis* ‘Pachyloen’ in native and introduced habitats

FANG Kai¹, YANG Qing-pei¹, GUO Qi-rong², SHI Jian-min¹, LI Jian¹, YANG Guang-yao¹

(1. Jiangxi Provincial Key Laboratory for Bamboo Germplasm Resources and Utilization, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China; 2. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

Abstract: Nine chemical components and twelve mineral elements in bamboo wood of *Phyllostachys edulis* ‘Pachyloen’ from native and introduced habitats were studied. The diversity of bamboo wood among native and introduced habitats were revealed by two-tail variance analysis, meanwhile, bamboo age was referred to as an accessory factor in taking the significance test. Results from the native and introduced habitats showed significant differences for mineral elements ($P < 0.05$) but not for the main chemical components. Content (in g·g⁻¹) from the native habitat was as follows: lignin (0.290 0), cellulose (0.395 6), pentosan (0.260 3), cold water extract (0.055 3), hot water extract (0.064 6), benzene-ethanol extract (0.027 7), ash (0.015 7), and SiO₂ (0.001 5) as well as 10.0 g·kg⁻¹ NaOH extract (0.298 2). The sequence of mineral element content was K > N > P > S = Mg > Fe > Ca > Mn > Al > Zn > Cu > B in the native habitat, but S > Mg > Ca > Fe in the native habitat. The main chemical components in bamboo wood from introduced habitat were consistent to native habitat values, which affirm that the genetic stability of *Phyllostachys edulis* ‘Pachyloen’. [Ch, 2 tab. 17 ref.]

Key words: wood science; *Phyllostachys edulis* ‘Pachyloen’; chemical composition; nutrient element; native habitat; introduced habitat

收稿日期: 2011-09-13; 修回日期: 2011-12-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30760204); 江西省自然科学基金资助项目(963628)

作者简介: 方楷, 实验师, 从事竹类资源利用研究。E-mail: fkbobotany@126.com。通信作者: 杨光耀, 教授, 从事竹类种质资源研究。E-mail: yanggy2004@126.com

20世纪80年代初,厚壁毛竹 *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen'在江西省宜丰县石花尖林区被偶然发现,野生种群数量十分稀少,处于濒危状态,已被列为江西省重点保护植物^[1]。厚壁毛竹竹秆壁厚,基部3.0~4.0 cm,中部1.4~1.8 cm,上部近实心,秆壁厚是等径毛竹的1.8~2.0倍,竹材冲击韧性和纤维性特征与毛竹相同^[2-4]。另外,厚壁毛竹高为12 m,径8 cm,是一种秆壁厚,材性优良的中型竹种,有较高的种质价值和经济价值^[1-4]。厚壁毛竹是毛竹唯一的材性优良变异种类,被发现后立即引起了林业科技人员的浓厚兴趣。对其竹秆解剖结构、竹材物理性质、竹笋营养成分和表型遗传特性等相关研究表明厚壁毛竹有重要的推广价值^[4-5],引种试验已证明秆壁厚等重要性状在移栽后保持稳定^[6-7]。竹材是厚壁毛竹的重要利用器官之一,保持竹材成分的稳定是移栽试验的重要目标^[8]。本研究开展原产地和引种地厚壁毛竹竹材的化学成分和营养元素质量分数的比较,对厚壁毛竹的引种推广具有十分重要的意义。

1 试验材料与方 法

1.1 样品采集

厚壁毛竹原产地位于江西省宜丰县石花尖毛竹林区,28°17'~28°40'N,114°30'~114°36'E,属中亚热带温暖湿润季风气候区,年均温为17.1℃,年均降水量1760 mm,年均日照数1638 h,年均无霜期260 d以上。土壤类型以红壤土和水稻土为主。引种地位于江西省宜丰县黄岗乡,与原产地相邻,两地土壤类型和气候条件相同。1991年,通过带鞭引种母竹的方式引种。采样前,引种地厚壁毛竹竹林已达到稳定状态。

2000年4月,分别在厚壁毛竹原产地和引种地各选取1度、2度、3度和4度的代表样株(3株平行采样),选取竹秆1.5~2.0 m范围内的节段(均含2个节及其节间部分),采样量鲜重不少于1 kg·株⁻¹。竹材鲜样于70℃烘干4 h,再105℃烘干至恒量,置入高速植物粉碎机粉碎。过筛截取40~60目的细末,密封,储藏备用。

1.2 测定方法

竹材纤维素测定参照文献^[9]。二氧化硅(SiO₂)测定参照文献^[10]。冷水抽出物等7种成分测定按照国家标准GB/T 2677-1993,其中戊聚糖的测定采用四溴化法。各成分的质量分数记为g·g⁻¹。

硼的测定参考国家标准GB/T 7890-1991(干灰化-甲亚胺比色法)。氮、磷、钾等11项营养元素质量分数的测定参考国家标准GB/T 7888-1991。营养元素质量分数记为g·kg⁻¹或mg·kg⁻¹。

2 结果与分析

2.1 厚壁毛竹竹材主要成分质量分数

厚壁毛竹原产地和引种地竹材各成分质量分数测定结果见表1。由表1可知:原产地竹材的纤维素、10.0 g·kg⁻¹氢氧化钠抽出物、木质素、戊聚糖质量分数较高,分别为0.395 6,0.298 2,0.290 0,0.260 3 g·g⁻¹。其次是冷水抽出物、热水抽出物、苯醇抽出物和灰分(为0.015 7~0.064 6 g·g⁻¹,而二氧化硅的最低,仅0.001 5 g·g⁻¹。不同年龄间的竹材化学成分质量分数存在明显差异,木质素和纤维素质量分数主要是1度与2~4度竹材间的变化,而其余成分主要表现为1~2度与3~4度间的变化。例如:1度竹材中的纤维素为0.410 4 g·g⁻¹,高于2度、3度、4度竹秆质量分数(平均为0.390 7 g·g⁻¹),而木质素质量分数的变化则相反。冷水抽出物、热水抽出物、10.0 g·kg⁻¹氢氧化钠抽出物和戊聚糖均随年龄的增长而降低,如1度和2度竹材的冷水抽出物分别是0.059 9和0.060 1 g·g⁻¹,明显高于3度和4度竹材(分别为0.050 0和0.051 0 g·g⁻¹)。苯醇抽出物随年龄的增加而增加,1度和2度竹材中分别为0.298 8和0.320 6 g·g⁻¹,明显高于3度和4度(分别为0.274 0和0.293 8 g·g⁻¹)。

与原产地相比(表1),引种地厚壁毛竹竹材各成分质量分数有不同程度的变化。其中,纤维素、灰分和二氧化硅质量分数均高于原产低(分别是原产地的106%,132%和140%),但10.0 g·kg⁻¹氢氧化钠抽出物、苯醇抽出物和木质素分别仅为原产地的94%,82%和91%,而两地间的戊聚糖、冷水抽出物和热水抽出物含量的差异较小。另外,引种地竹材中10.0 g·kg⁻¹氢氧化钠抽出物和木质素质量分数均随年龄的增大而略有降低,如1度、2度竹材的10.0 g·kg⁻¹氢氧化钠抽出物质量分数分别达0.295 5和0.298 8 g·g⁻¹,3度、4度竹材的含质量分数分别仅0.265 4和0.265 1 g·g⁻¹,其余成分的质量分数随年龄变化的

规律不明显。

方差分析表明：原产地和引种地间的厚壁毛竹竹材化学成分质量分数的差异未达到显著性水平 ($F=0.923, P>0.05$)，年龄间竹材的化学成分质量分数存在显著性差异 ($F=3.482, P<0.05$)。

表 1 引种地与原产地厚壁毛竹竹材化学成分质量分数比较

Table 1 Main chemical component contents in different age culms of *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen' bamboo wood in native-and introduced-habitat

产地	竹龄	抽出物/(g·g ⁻¹)				其他化学成分/(g·g ⁻¹)				
		冷水	热水	10.0 g·kg ⁻¹ 氢氧化钠	苯醇	木质素	纤维素	戊聚糖	灰分	二氧化硅
原产地	1 度	0.059 9	0.070 3	0.298 8	0.028 5	0.274 6	0.410 4	0.261 6	0.017 8	0.001 1
	2 度	0.060 1	0.074 1	0.320 6	0.022 2	0.301 1	0.390 4	0.260 1	0.025 0	0.001 0
	3 度	0.050 0	0.055 2	0.274 0	0.033 5	0.297 0	0.385 6	0.261 0	0.008 0	0.000 9
	4 度	0.051 0	0.058 6	0.293 8	0.026 5	0.287 0	0.396 0	0.258 3	0.011 9	0.003 2
	平均	0.055 3	0.064 6	0.298 2	0.027 7	0.290 0	0.395 6	0.260 3	0.015 7	0.001 5
引种地	1 度	0.054 7	0.064 2	0.295 5	0.020 1	0.277 5	0.437 8	0.263 3	0.023 8	0.001 7
	2 度	0.060 8	0.073 8	0.299 8	0.025 6	0.264 8	0.413 2	0.260 3	0.018 2	0.001 8
	3 度	0.053 8	0.067 8	0.265 4	0.022 8	0.263 7	0.420 1	0.262 8	0.021 2	0.0016
	4 度	0.049 9	0.055 1	0.265 1	0.022 3	0.246 1	0.406 8	0.263 0	0.019 8	0.003 2
	平均	0.054 8	0.065 2	0.281 5	0.022 7	0.263 0	0.419 5	0.262 4	0.020 7	0.002 1

2.2 厚壁毛竹营养元素的质量分数

原产地和引种地厚壁毛竹竹材营养元素的测定结果见表 2。由表 2 可知：原产地厚壁毛竹竹材钾、氮的最高，分别为 6.41 和 3.03 g·kg⁻¹。其次为磷、镁、硫，为 0.40~0.43 g·kg⁻¹。微量元素钙、铁、锰的质量分数最高，达 82.43~161.52 mg·kg⁻¹，其次为铝、锌、铜(为 5.58~17.31 mg·kg⁻¹)，而硼的最低，仅 0.52 mg·kg⁻¹。原产地不同年龄间竹材的营养元素质量分数存在明显差异(表 2)。首先，氮、磷、钾、硫随年龄的增加而降低，如 1 度和 2 度竹材的氮分别达 3.21 和 4.27 g·kg⁻¹，明显高于 3 度和 4 度竹材(分别为 2.42 和 2.22 g·kg⁻¹)。其次，镁、钙、铝、铁、锰、铜等随年龄的增加而升高，如 1 度、2 度竹材的镁为 0.22, 0.26 g·kg⁻¹，约为 3 度、4 度的 1/2~1/3(3 度、4 度的镁分别为 0.46 和 0.63 g·kg⁻¹)。而锌和硼质量分数随年龄的变化不明显。

表 2 引种地与原产地竹材营养矿质元素的质量分数

Table 2 Contents of mineral nutrition of bamboo wood in native-and introduced-habitat

产地	竹龄	元素/(g·kg ⁻¹)					元素/(mg·kg ⁻¹)						
		氮	磷	钾	镁	硫	钙	铝	铁	锰	铜	锌	硼
原产地	1 度	3.21	0.52	7.77	0.22	0.40	91.74	14.48	123.61	28.97	3.86	11.10	0.54
	2 度	4.27	0.67	11.79	0.26	0.54	96.60	11.48	118.20	21.49	3.91	5.86	0.47
	3 度	2.42	0.30	2.32	0.46	0.33	183.08	23.90	233.47	117.06	7.38	11.05	0.61
	4 度	2.22	0.22	3.75	0.63	0.30	160.54	19.38	170.80	162.18	7.18	13.87	0.46
	平均	3.03	0.43	6.41	0.39	0.39	132.99	17.31	161.52	82.43	5.58	10.47	0.52
引种地	1 度	3.92	0.69	10.77	0.28	0.39	142.95	14.32	125.74	8.25	3.40	7.77	0.39
	2 度	3.77	0.55	7.40	0.30	0.34	188.75	8.59	110.96	10.80	5.89	4.91	0.49
	3 度	2.74	0.44	10.05	0.19	0.35	201.29	14.61	110.55	12.17	2.92	3.41	0.55
	4 度	3.05	0.37	8.05	0.21	0.30	211.92	9.08	101.66	44.53	3.87	3.39	0.50
	平均	3.37	0.51	9.09	0.25	0.34	186.23	11.65	112.23	18.94	4.02	4.87	0.48

引种地厚壁毛竹竹材的营养元素中,钾最高,达 $9.09 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其次为氮、磷、硫、镁,分别为 3.27 , 0.51 , 0.34 和 $0.25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。微量元素中,钙、铁的最高,分别为 186.23 和 $112.23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。其次为锰、铝、锌、铜(为 $4.02\sim 18.94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。硼最低,仅 $0.48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。各营养元素质量分数随年龄的变化趋势也明显不同。氮、磷、硫、镁、铁和锌随年龄的增大而降低,如1度、2度竹材的氮分别达 3.93 和 $3.77 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,明显高于3度、4度竹材(氮分别为 2.74 和 $3.05 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)。而钙、硼的变化趋势与之相反,如1度竹材的钙为 $142.95 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,仅相当于3度、4度竹材的钙的 $2/3$ (分别为 201.29 和 $211.92 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。而钾、铝、铜的质量分数随年龄的变化均不明显。

引种地厚壁毛竹竹材的氮、磷、钾、钙明显高于原产地,例如,引种地竹材中钾为 $9.09 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,比原产地高 $2.18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (原产地竹材仅 $6.41 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),但镁、硫、铝、铁、锰、铜、锌和硼的均低于原产地,其中引种地竹材锰为 $18.94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,仅为原产地的 23% (原产地为 $82.43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。方差分析表明:原产地和引种地间厚壁毛竹竹材的营养元素质量分数存在显著性差异($F=4.169$, $P<0.05$),而不同年龄竹材的营养元素含量的差异未达到显性水平($F=0.659$, $P>0.05$)。

3 结论与讨论

原产地厚壁毛竹竹材中,冷水抽出物为 $0.0553 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$,热水抽出物为 $0.0646 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$, $10.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 氢氯化钠抽出物为 $0.2982 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$,苯醇抽出物为 $0.0277 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$,木质素为 $0.2900 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$,纤维素为 $0.3956 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$,戊聚糖为 $0.2603 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$,灰分为 $0.0157 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$,二氧化硅为 $0.0015 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。引种地竹材的热水抽出物、木质素、纤维素、戊聚糖、灰分和二氧化硅质量分数均低于原产地(分别为 0.0652 , 0.2630 , 0.4195 , 0.2624 , 0.0207 和 $0.0021 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$),而冷水抽出物、 $10.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 氢氯化钠抽出物和苯醇抽出物的质量分数均低于原产地(分别为 0.0548 , 0.2815 和 $0.0227 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$)。原产地营养元素按质量分数高低排列为钾($6.41 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 氮($3.03 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 磷($0.43 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 镁、硫($0.39 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 铁($161.52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 钙($132.99 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 锰($82.43 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 铝($17.31 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 锌($10.47 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 铜($5.58 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 硼($0.52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。引种地竹材的营养元素质量分数依次为钾($9.09 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 氮($3.27 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 磷($0.51 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 硫($0.34 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 镁($0.25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 钙($186.23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 铁($112.23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 锰($18.94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 铝($11.65 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 锌($4.87 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 铜($4.02 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) $>$ 硼($0.48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。方差分析表明:原产地和引种地间厚壁毛竹竹材化学成分质量分数的差异未达到显著性水平($F=0.923$, $P>0.05$),年龄间的差异达到显著性水平($F=3.482$, $P<0.05$)。厚壁毛竹引种后保持了稳定的表型遗传性状^[5,8],本试验也表明引种保持了竹材的化学成分的稳定,表明移栽试验取得了初步的成功。厚壁毛竹竹材的化学成分在年龄间存在显著性差异,与毛竹 *Phyllostachys edulis* 各成分的年龄变化的研究结果相近^[11-14]。本实验发现,原产地和引种地间的竹材营养元素质量分数存在显著性差异($F=4.169$, $P<0.05$),而不同年龄间的竹材营养元素质量分数差异未达到显性水平($F=0.659$, $P>0.05$),这是否是主要受到土壤因素的影响还需进行进一步的研究。

本试验采用带鞭引种母竹的方法,保证了原产地和引种地的厚壁毛竹属于同一个无性系,由于两地地理位置相邻,又消除了气候因素的影响,两地间营养元素质量分数的差异主要是受到土壤营养元素等因素的影响^[15-17]。由于厚壁毛竹竹材营养元素质量分数可能受到土壤营养成分影响^[16-17],植株矿物元素会直接影响到依赖于金属离子的酶类活性,最终对厚壁毛竹的生理特性产生影响。未来的研究中应加强移栽过程中土壤和竹材中营养元素的响应机制研究,并跟踪由此产生的一系列生物效应。另外,在进行更大范围的移栽过程中,土壤因素是否与气候因素发生显著的交互效应,造成原产地与引种地两地间的营养元素的差异更加明显,甚至影响到两地间竹材主要成分质量分数的差异,最终对某些重要的种质性状和经济性状产生影响,还需进行更深入的研究。

参考文献:

- [1] 杨光耀,黎祖尧,杜天真,等.毛竹新栽培变种:厚皮毛竹[J].江西农业大学学报,1997,19(4):97-98.
YANG Guangyao, LI Zuyao, DU Tianzhen, et al. A new cultivated variety of moso bamboo [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 1997, 19(4): 97-98.
- [2] 杨光耀,郭起荣,杜天真,等.厚皮毛竹竹材冲击韧性研究[J].经济林研究,2000,18(1):38-39.

- YANG Guangyao, GUO Qirong, DU Tianzhen, *et al.* Bamboo wood punching resistance in *Phyllostachys heterocycla* 'Pachyloen' [J]. *Nonwood For Res*, 2000, **18** (1): 38 – 39.
- [3] 郭起荣, 杨光耀, 陈伏生, 等. 厚皮毛竹纤维形态研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, **21** (2): 223 – 225.
GUO Qirong, YANG Guangyao, CHEN Fusheng, *et al.* The fiber morphology of *Phyllostachy pubescens* 'Pachyloen' [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 1999, **21** (2): 223 – 225.
- [4] 肖德兴, 姚庆国. 厚皮毛竹茎秆的解剖结构[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2002, **15** (4): 24 – 27.
XIAO Dexing, YAO Qingguo. The anatomical structure of culms in *Phyllostachy hererocycla* 'Pachyloen' [J]. *J Zhongkai Agrotechnol Coll*, 2002, **15** (4): 24 – 27.
- [5] 杨光耀, 郭起荣, 杜天真, 等. 厚皮毛竹厚壁性状的表型遗传分析[J]. 江西农业大学学报, 2003, **25** (6): 811 – 814.
YANG Guangyao, GUO Qirong, DU Tianzhen, *et al.* Studies on pheuotype hereditary genetics of thick culm wal of *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen' [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2003, **25** (6): 811 – 814.
- [6] 施建敏, 杨光耀, 郭起荣. 厚壁毛竹蒸腾动态研究[J]. 武汉植物学研究, 2008, **26** (4): 397 – 401.
SHI Jianmin, YANG Guangyao, GUO Qirong. Study on the transpiration dynamic variation of *Phyllostachys edulis* 'Pachyloen' [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2008, **26** (4): 397 – 401.
- [7] 李雪平, 高志民, 王慧娣. 生物技术在竹藤资源利用中的应用前景分析[J]. 世界竹藤通讯, 2008 (2): 1 – 5.
LI Xueping, GAO Zhimin, WANG Huidi. The prospects of biotechnology on bamboo and rattan resources [J]. *World Bamboo Rattan*, 2008 (2): 1 – 5.
- [8] 邢新婷, 傅懋毅. 竹类植物遗传改良研究进展[J]. 林业科学研究, 2003, **16** (3): 358 – 365.
XING Xinting, FU Maoyi. Advances in genetic improvement of bamboo plants [J]. *For Res*, 2003, **16** (3): 358 – 365.
- [9] 蔡登谷. 厚皮毛竹扩大繁育试验阶段报告[J]. 江西林业科技, 1982, **4** (4): 37 – 41.
CAI Denggu. Period report on enlarging breeding of *Phyllostachys pubescens* forma. *Paehyphloeu scai* [J]. *J Jiangxi For Sci Technol*, 1982, **4** (4): 37 – 41.
- [10] 吴晓丽, 顾小平, 苏梦云, 等. 离体毛竹笋纤维素和木质素含量及 POD 和 PAL 活性研究[J]. 林业科学研究, 2008, **21** (5): 697 – 701.
WU Xiaoli, GU Xiaoping, SU Mengyun, *et al.* Contents of cellulose, lignin and activities of POD, PAL in excised bamboo shoots of *Phyllostachys edulis* [J]. *For Res*, 2008, **21** (5): 697 – 701.
- [11] GRATTAN S R, GRIEVE C M. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments [J]. *Agric Ecosyst Environ*, 1992, **38** (4): 275 – 300.
- [12] 张齐生, 关明杰, 纪文兰. 毛竹材质生成过程中化学成分的变化[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, **26** (2): 7 – 10.
ZHANG Qisheng, GUAN Mingjie, JI Wenlan. Variation of moso bamboo chemical compositions during mature growing period [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2002, **26** (2): 85 – 86.
- [13] LIN Jinxing, HE Xinqiang, HU Yuxi, *et al.* Lignification and lignin heterogeneity for various age class of bamboo (*Phyllostachys pubescens*) stem [J]. *Plant Physiol*, 2002, **114** (2): 296 – 302.
- [14] LYBEER B, KOCH G. A topochemical and semiquantitative study of the lignification during ageing of bamboo culms (*Phyllostachys viridiglaucescens*) [J]. *IAWA J*, 2005, **26** (1): 99 – 109.
- [15] 张耀丽, 徐永吉, 陈亚飞. 苏里南商用木材的灰分及二氧化硅含量分析 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, **27** (4): 85 – 86.
ZHANG Yaoli, XU Yongji, CHEN Yafei. A study on ash and silica content of Surinam's commercial hardwoods [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2003, **27** (4): 85 – 86.
- [16] TYLER G, OLSSON T. Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming [J]. *Plant and Soil*, 2001, **230** (2): 307 – 321.
- [17] TYLER G. Rare earth elements in soil and plant systems—a review [J]. *Plant and Soil*, 2004, **267** (1/2): 191 – 206.