

# 麻竹杂交子代竹笋营养成分变异分析

杨秀艳<sup>1,2</sup> 傅懋毅<sup>1\*</sup> 杨校生<sup>1</sup> 费学谦<sup>1</sup>

1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 富阳 311400; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091

**摘要** 为研究麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)杂交子代竹笋营养成分的变异情况,以30个麻竹种内杂交子代家系为材料,对不同家系竹笋营养成分进行了测定分析。结果表明:可溶性总糖含量、淀粉含量、游离氨基酸总量、蛋白质含量在家系间的变异幅度都很大,变异系数依次为23.69%、26.70%、38.26%、15.76%;蛋白质水解氨基酸中必需氨基酸的比例都在30%以上,变异幅度为33.80%~42.97%。根据竹笋可溶性糖、淀粉、游离氨基酸总量、蛋白质及必需氨基酸比例等指标对参试的30个家系进行聚类分析,选出了氨基酸和蛋白质含量较高的2个类群。这2个类群共包括11个家系,其中10个家系是来自JD或HK2个产地麻竹为亲本的杂交子代,说明麻竹竹笋的营养品质主要受遗传的影响,通过合适的亲本选配可以得到营养品质优良的杂种后代。

**关键词** 麻竹; 杂交子代; 竹笋; 营养成分; 变异

**中图分类号** S 644.2; S 722.3<sup>4</sup> **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)01-0101-06

麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)是我国南方热带亚热带地区的重要笋用竹种,其笋味鲜美,产量高,经济价值高。作为笋用竹种,竹笋营养成分的高低是竹笋品质的重要体现。近年来在竹笋产区的生产栽培中采取集约经营,推行高产高效栽培技术对提高竹笋产量有良好的效果,但盲目施用化肥、农药及环境污染等原因造成竹笋中重金属含量、硝酸盐含量超标<sup>[1]</sup>,加之品种老化等问题使竹笋品质出现下降。选育高产优质的笋用竹新品种(系),改善竹笋品质成为生产中急需解决的重要问题。在农作物及果、蔬等品质改良上,通过选择和杂交培育符合目标要求的品种是最为常用的育种手段<sup>[2-5]</sup>,通过合理的亲本选配可以改良其后代营养品质<sup>[6-7]</sup>。由于多数竹类植物具有1次性开花且开花后植株死亡的特殊生物学特性,利用杂交方法改良竹笋品质的研究报道较少。张光楚是国内对杂交竹竹笋的营养品质有较为系统研究的学者,她认为竹笋品质主要受遗传因素的影响,通过杂交,竹笋的品质可以得到改良<sup>[8]</sup>。2001年,傅懋毅研究组通过人工杂交获得了不同产地麻竹的种内杂交子代群体。笔者以这些杂种家系为材料,对其竹笋营养成分进行分析,探讨营养成分的变异情况和与遗传因素的关系,并初步评选出营养价值高的品系用于今后的生产实践,为今后竹笋品种改良提供有益的参考信息。

## 材料与方 法

### 试验地概况与供试材料

麻竹种内杂交子代家系对比林试验地设在广东南雄竹博园内。南雄地处北纬24°11'~25°25',东经113°~114°,是麻竹分布的北缘地区,属中、北亚热带过渡的季风湿润气候区,具大陆性气候特征。冬季气温较低,少雨,有时有霜冻出现;年平均气温18.8~21.6℃;最冷月份(1月)平均气温8~11℃,最热月份(7月)平均气温28~29℃;降雨量1555.1mm,年日照1852.4h,无霜期293d。土壤为发育于紫色砂页岩的紫色土,土壤贫瘠。

供试材料为30个麻竹种内杂交子代家系,以当地栽培麻竹(在当地已有一定栽培年限,生长正常)为对照,所有参试材料编号见表1。采用随机完全区组设计,4次重复,2株小区。株行距3m×4m,2003年春季种植前每穴撒施磷肥10kg,回填有机肥100kg。2003-2005年每年沟施追肥2次。2006年夏季在出笋旺季挖笋进行竹笋主要营养成分的分析。

收稿日期:2009-03-31; 修回日期:2009-08-25

\* 国际热带木材组织(ITTO)合作项目[PD10/00. REV. 2(I,F)]资助

\*\* 通讯作者. E-mail: fummy1@163.net

杨秀艳,女,1973年生,在中国林业科学研究院林业研究所从事博士后研究工作。研究方向:林木遗传育种与生态恢复. E-mail: seuyxy@126.com

表 1 参试材料及其亲本情况一览表<sup>1)</sup>

参试家系 Family	亲本情况 Parents		参试家系 Family	亲本情况 Parents	
	母本	父本		母本	父本
HM01	JD2-1	WC1	HM16	H K1-4	SB2
HM02	JD3-1	SB2	HM17	H K1-1	JD2
HM03	JD4-2	H K1	HM18	H K1-4	JD3
HM04	JD4-1	H K1	HM19	H K1-2	JD7
HM05	JD5-1	H K2	HM20	H K3-1	JD2
HM06	JD5-1	H K3	HM21	TL1-2	JD3
HM07	JD6-1	YT	HM22	H K3-1	SB2
HM08	JD7-1	SB2	HM23	TL1-2	H K1
HM09	JD7-3	WC3	HM24	Q K1-3	H K1
HM10	JD3-4	H K1	HM25	SB2-2	WC1
HM11	JD1-2	TL	HM26	SB2-3	JD7
HM12	JD3-4	H K1	HM27	WC3-2	JD2
HM13	JD6-2	H K2	HM28	JD3-4	*
HM14	JD5-1	JD	HM29	JD3-1	*
HM15	H K2-1	TL	HM30	Q K3	*
对照 CK	本地麻竹 NXMZ				

1) \*表示父本不详,JD-荆都,WC-五川,SB-三卞,HK-后坑,YT-雁塔,TL-天岑,QK-桥坑 \* Represent the father of the hybrid is unknown, JD, WC, SB, HK, YT, TL and QK are the first letters of Jingdu, Wuchuan, Sanbian, Houkeng, Yanta, Tianling and Qiaokeng, the names of seven local spots.

### 试验方法

1) 取样方法。2006年6月至7月麻竹发笋盛期,对每一家系当笋体露出地面20cm左右时于清晨进行取样。挖取笋体可食用部分(由于实生竹苗较小,挖笋时取基部较深)。样笋挖出后在2h内进

表 2 种内杂交子代竹笋基本营养成分变异(以干物质计)

Table 2 Nutrition component analysis for different hybrid families shoot (based on dry mass)

家系 Family	含水率/ % Rate of water content	可溶性总糖/ % Water-soluble carbohydrates	淀粉/ % Starch	游离氨基酸 Free amino acid/ (mg/kg)	蛋白质/ % Protein	必需氨基酸比例/ % Proportion of essential amino acid
杂交子代平均值 Cross mean	90.50	15.52	6.04	3 511.70	18.00	38.00
对照 CK	91.00	24.24	7.94	2 148.30	14.70	37.42
总平均值 Mean	90.00 ±0.98	15.80 ±3.68	6.05 ±1.61	3 467.70 ±1 343.50	17.66 ±2.83	37.98 ±1.53
变异幅度 Range	88.00 ~ 92.00	7.34 ~ 24.24	1.85 ~ 8.34	1 605.00 ~ 6 365.00	11.05 ~ 24.16	33.80 ~ 42.97
变异系数 CV/ %	1.09	23.69	26.72	382.60	15.76	4.02

参试的30个家系与对照本地麻竹品种相比,可溶性糖含量以本地麻竹最高,淀粉含量只有2个家系超过对照;游离氨基酸含量有25个家系超过对照;蛋白质含量有26个家系超过对照;必需氨基酸比例有22个家系超过对照品种。如果以杂交群体的总体平均值为对照,情况有所不同,有17个家系的可溶性糖含量高于平均值;有19个家系的淀粉含量高于平均值;有12个家系的游离氨基酸含量比例总体平均值高;有15个家系的蛋白质含量高于平均值;有16个家系的必需氨基酸比例比平均值高。

行去壳,切成薄片后在烘箱中105℃杀青,通风条件下,65℃烘干至恒重,干样研磨成粉末状后过0.246mm筛,用于含水量及营养基本成份的测定。

2) 竹笋基本营养成分测定方法。蛋白质含量采用半微量凯氏定氮法;可溶性总糖及淀粉含量采用蒽酮比色法;游离氨基酸总量采用茚三酮显色法;水解氨基酸由亚热带林业研究所重点实验室采用液相色谱法分析完成。

## 结果与分析

### 竹笋基本营养成分在家系间的差异

对30个杂种家系和对照品种竹笋的含水量、蛋白质含量、可溶性总糖、淀粉和游离氨基酸量,以及蛋白质水解氨基酸的组分进行了测定(图1和2)。结果表明各家系竹笋的含水量差别不大,均在90%左右,但其它基本营养成分的差别比较明显。可溶性总糖含量本地麻竹(NXNZ)最高为24.24%,HM06家系最低,仅为7.34%;淀粉以HM15号家系含量最高为8.34%,HM06最低,仅1.85%(图1)。从蛋白质含量和游离氨基酸总量来看,各家系之间的变化也很大,蛋白质变化幅度从11.05%到24.16%,游离氨基酸总量变化幅度从1 605.00 mg/kg到6 365.00 mg/kg(图2)。表2列出了各营养成分的变化幅度,这种变异为选择提供了物质基础。

竹笋蛋白质水解氨基酸的组成及必需氨基酸的比例

蛋白质水解氨基酸的测定结果,除色氨酸在测定过程中被破坏未检测外,麻竹杂交后代竹笋的蛋白质中含有17种氨基酸。除色氨酸外,8种必需氨基酸都齐全。作为传统蔬菜的竹笋,其蛋白质中必需氨基酸所占比例是评价竹笋营养及食用价值的重要因素,参试的30个家系必需氨基酸含量均超过其氨基酸总量的30%以上(图2)。不同家系中必需氨基酸占氨基酸总量的比例变异幅度还是比较大的,

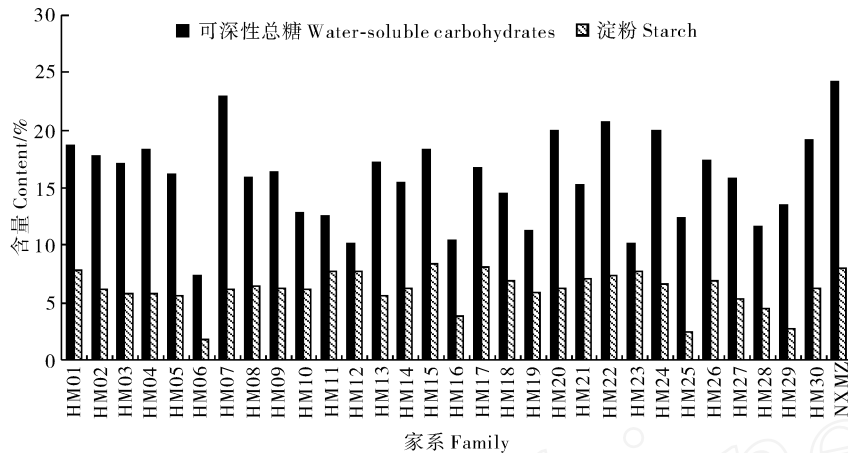


图 1 不同家系竹笋可溶性总糖与淀粉含量

Fig. 1 Water-soluble carbohydrates and starch content of all families bamboo shoot

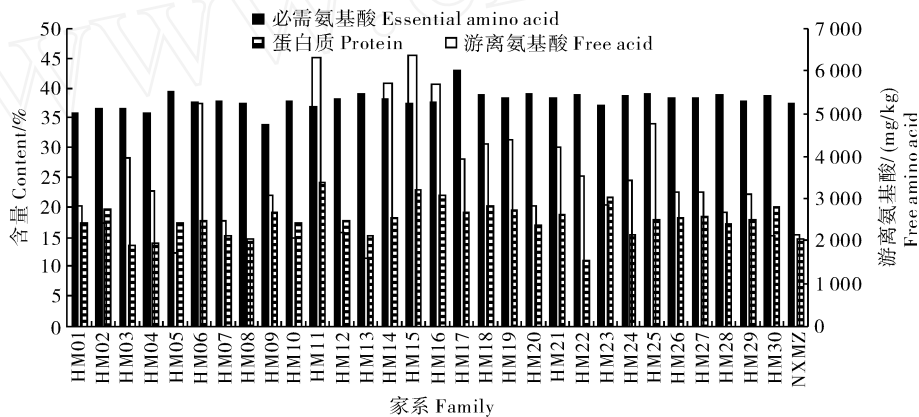


图 2 不同家系竹笋蛋白质、游离氨基酸总量与必需氨基酸比例

Fig. 2 Content of protein, free amino acid and proportion of essential amino acid of all families bamboo shoot

变异幅度为 33.80%~42.97%，最高的 HM17 家系是最低 HM09 家系的 1.27 倍，平均值为 37.99%，变异系数为 4.02%。

基本营养成分的相关分析

对麻竹竹笋基本营养成分进行相关性分析结果表明(表 3)，可溶性总糖与淀粉之间呈现极显著正相关，而与游离氨基酸总量和蛋白质含量之间都存在显著负相关；游离氨基酸总量与蛋白质含量之间存在极显著正相关。这表明，竹笋这个有机整体其内部的不同生理代谢过程之间存在复杂的相互影响，而且糖类物质作为有机体重要的能量物质在生物体代谢中起着重要作用，糖代谢的中间产物又可以转变成其它的含碳化合物如氨基酸等。从以上几种营养成分的相互关系中也可以看出，竹笋中可溶性糖与淀粉、氨基酸、蛋白质的含量都关系密切。

表 3 基本营养成分之间的相关分析

Table 3 Correlation coefficient among different nutrient composition

营养成分 Nutrient content	可溶性总糖 Water-soluble carbohydrates	淀粉 Starch	游离氨基酸 Free amino acid	蛋白质 Protein
可溶性总糖 Water-soluble carbohydrates	1.000	0.492 **	- 0.339 *	- 0.399 *
淀粉 Starch		1.000	- 0.014	0.046
游离氨基酸 Free amino acid			1.000	0.484 **

麻竹杂交子代竹笋营养指标聚类分析

根据竹笋可溶性糖、淀粉、游离氨基酸总量、蛋白质及必需氨基酸比例等指标对参试 30 个麻竹家系进行聚类分析，在距离阈值 0.906 处，将所有家系分为 3 个类群，其中类群 又可分为 2 个亚群 Sub 和 Sub (图 3)。

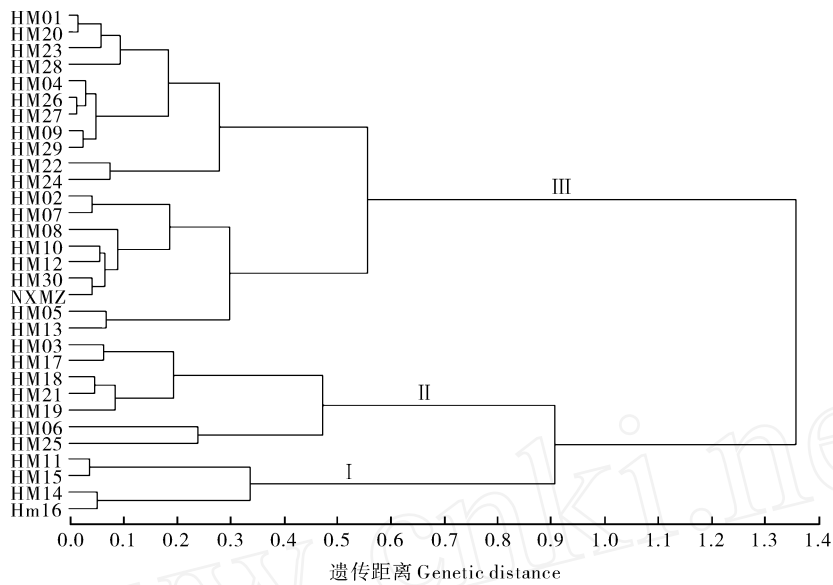


图 3 30 个麻竹种内杂交家系基于竹笋营养指标的聚类图

Fig. 3 Cluster results of 30 hybrid families based on bamboo shoot nutrient index

对比各家系的亲本发现,杂交子代的营养成分与亲本有较密切的关系。例如首先聚在一起的 HM10 和 HM12 具有相同的父、母本。有部分家系具有相同的父本或母本聚到一起,也有一些家系的亲本不同但聚到了一起。由于其亲本起源缺少档案资料,其原因还有待进一步分析。

由表 4 可以看出,类群 I 具有最高的蛋白质和游离氨基酸含量,中等水平的可溶性总糖及淀粉含量,但必需氨基酸比例较低。类群 II 则具有最高的

必需氨基酸比例,中等水平的蛋白质和游离氨基酸含量,可溶性总糖及淀粉含量最低。类群 III 的可溶性总糖及淀粉含量最高,中等水平的必需氨基酸比例,蛋白质和游离氨基酸含量最低。由于麻竹竹笋有苦味而不能鲜食,只适于制作加工笋,在漂洗过程中可溶性糖几乎损失殆尽,它所提供给人们的主要是氨基酸和蛋白质等营养成分。综合考虑,笔者认为类群 I 和类群 II 所包含的家系在营养品质方面是较为优秀的家系。

表 4 麻竹杂交子代 3 个营养类群营养成分含量及与平均值的比较<sup>1)</sup>

Table 4 Comparisons of nutrition contents for 3 nutrient clusters of hybrid offspring

类群 Cluster	营养成分 Nutrient content				
	可溶性总糖/ % Water-soluble carbohydrates	淀粉/ % Starch	游离氨基酸/ (mg/ kg) Free amino acid	蛋白质/ % Protein	必需氨基酸比例/ % Proportion of essential amino acid
类群 Cluster	14.16 (91.24)	6.51(107.78)	6 029.60 (171.70)	21.85(121.66)	37.53(98.80)
类群 Cluster	13.51 (87.05)	5.41(89.6)	4 393.60(125.10)	18.15(101.06)	38.83(102.21)
类群 Sub	16.57 (106.75)	6.12(101.27)	3 077.70(87.60)	17.03(94.80)	37.55(98.80)
Cluster Sub	16.52 (106.43)	6.26(103.62)	2 077.80(59.20)	17.15(95.50)	38.13(100.33)

1) 表中括号内是该类群均值与群体总平均值相比的百分比。The data in bracket represent the ratio of a certain cluster mean to mean of total families.

进一步考察类群 I 和类群 II 所包含的 11 个家系的亲本发现,除 HM25 外,其余 10 个家系是来自以 JD 产地或 HK 产地为亲本的杂种后代,这其中又有 6 个家系 (HM03、HM06、HM16、HM17、HM18 和 HM19) 为 JD 产地与 HK 产地杂交(正、反交)子代。这说明,JD 和 HK 2 个产地杂交对培育竹笋蛋白质含量高的后代是较好的亲本来源。

## 讨 论

### 麻竹种内杂交子代竹笋营养成分

竹笋的营养成分主要包括蛋白质、氨基酸、糖类、无机矿物质等,特别是竹笋的蛋白质含量在蔬菜中是较高的。在本试验中,参试的 30 个家系基本营养成分平均值与以往资料(中国竹子网: [http://](http://www.cnki.net)

www.chinesebamboo.net/index.htm)基本一致(以干物质计),如可溶性糖含量约为 15%,必需氨基酸比例约为 37%,游离氨基酸总量为 2 389.46 mg/kg(优良无性系可达 5 952.46 mg/kg),蛋白质含量约 20%<sup>[9]</sup>,但有一部分杂交家系明显高于资料平均值,这为优良家系选择提供了物质基础。

### 竹笋营养品质的遗传改良

在作物杂交育种中,作物营养品质的提高是育种的主要目标之一。很多研究<sup>[10-11]</sup>证明营养品质可以通过优良亲本的基因渗透得到改良,或者通过杂交提高杂交子代对营养元素的利用效率,从而提高其营养品质<sup>[12]</sup>。张光楚认为竹笋的品质主要受遗传因素的影响,刘力等<sup>[13]</sup>通过分析雷竹(*Phyllostachys praecox* f. *pervernalis*)不同栽培类型竹笋的蛋白质组成得到的结论是,不同栽培类型之间在氨基酸总量、必需氨基酸及各种氨基酸占干质量的百分比上存在差异。但也有研究表明有一些营养品质很难通过杂交得到改良<sup>[14-15]</sup>,这些指标多为数量性状受多基因控制,遗传改良比较困难。本试验中,人工杂交麻竹与当地栽培种相比,在同一栽培条件下,有 83.0%的家系游离氨基酸含量、近 87.0%的家系蛋白质含量、73.0%的家系必需氨基酸比例超过对照。如果以杂交群体平均值为对照,以上 3 个指标超过对照的杂交家系数占总家系数的比例分别是 40.0%、50.0%和 53.3%。同时,家系间营养成分的变异幅度也很大,如 HM11 是蛋白质含量最高的家系,达 24.16%,最低的 HM22 家系仅为 11.05%,说明这些营养成分的差异是由基因型不同造成的。以可溶性糖、淀粉、游离氨基酸总量、蛋白质及必需氨基酸比例等指标对 30 个家系进行聚类分析,在聚类过程中发现,部分家系因亲本的产地相同(杂交方式可能不同)而很快聚到了一起;对所选出蛋白质、氨基酸含量高的家系之亲本进行考察时发现,它们亲本的产地来源有着高度的一致性,因此竹笋的营养品质主要由遗传因素所决定,亲本选择对于培育营养品质优良的杂种是很重要的。

还有一些营养指标同时受到遗传和环境的影响<sup>[10]</sup>,存在明显的 GEI(基因型与环境互作)效应,要使杂种优势得到充分的表达还需要给以合理的栽培措施和适宜的生长环境。毛竹(*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*)笋的营养成分在发笋过程中是随发笋期的不同而发生变化的<sup>[16]</sup>,土壤中营

养元素的丰缺和经营措施的不同也会对笋的营养成分造成影响<sup>[17]</sup>。本试验中所用材料为杂交麻竹实生苗所发竹笋,这部分实生苗尚处幼龄阶段,且试验所采到的大部分材料笋体较小,南雄试验点土壤肥力低下,造成所测得营养成分的绝对值可能较栽植在肥沃土壤中的成年竹笋的相应指标值要低。但张光楚<sup>[8]</sup>对一些品种竹笋营养成分曾分别在 1985 年和 1998 年 2 次进行分析,结果发现 2 次测定的结果尽管绝对值不同,但这些品种的相对排序位置几乎没有变化。因此可以认为竹笋的营养品质主要受遗传控制,只要试验材料所处环境相对一致,基因型选择的结果应是较为稳定的。

### 参 考 文 献

- [1] 陈恩海.麻(绿)竹笋品质存在的问题与应对措施[J].广西热带农业,2004(2):31.
- [2] 何启钧,林彦铨,张加明,等.甘蔗产量性状与品质性状的相关与通径分析[J].甘蔗,1995,2(3):6-12.
- [3] 宁海龙,李文霞,王继安,等.黑龙江省大豆蛋白质油分及蛋白质组分类型[J].作物学报,2003,29(4):551-556.
- [4] 姚行成,杜雪竹,李再云.芸薹属栽培种与近缘种的远缘杂交及进展[J].华中农业大学学报,2006,25(6):683-686.
- [5] 沈金雄,傅廷栋,涂金星,等.中国油菜生产及遗传改良潜力与油菜生物柴油发展前景[J].华中农业大学学报,2007,26(6):894-899.
- [6] 刘东顺.西瓜杂优利用中的配合力分析[J].西北农业学报,1994,3(3):57-61.
- [7] 廖新福,张瑞,耿守东.西瓜亲本多性状配合力综合分析[J].中国西瓜甜瓜,1999(3):12-14.
- [8] 张光楚.竹子育种工作近况[J].竹子研究汇刊,2000,19(3):13-15.
- [9] 王裕鑫,张光楚,李兴伟.优良丛生笋用竹及杂种竹竹笋品质评价的研究[J].竹子研究汇刊,2005,24(4):39-44.
- [10] SHI C H, ZHU J, WU J G, et al. Analysis of embryo, endosperm, cytoplasmic and maternal effects for heterosis of protein and lysine content in Indica hybrid rice [J]. Plant Breeding, 1999, 118(6):574-576.
- [11] ABBO S, GRUSA K M A, TZUK T, et al. Genetic control of seed weight and calcium concentration in chickpea seed [J]. Plant Breeding, 2000, 119(5):427-431.
- [12] RENGEL Z, MARSCHNER P. Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting genotypic differences [J]. New Phytologist, 2005, 168:305-312.
- [13] 刘力,林新春,叶丽敏.雷竹不同栽培类型竹笋的蛋白质组成[J].浙江林学院学报,2001,18(3):271-273.
- [14] GETINET, RAKOW G, RANEY J P, et al. Glucosinolate content in interspecific crosses of *Brassica carinata* with *B. juncea*

- and *B. napus*[J]. *Plant Breeding*,1997,116(1):39-46.
- [15] 孟超敏,姬俊华,郑跃进,等.小麦营养品质及其改良的研究进展[J].*河南农业科学*,2006(11):9-11.
- [16] HU C Z. The changes in nutrient composition of bamboo shoots at different ages[G]// RAO A N,DHANARAJAN G, SASTRY C B. Recent research on bamboo ,proceedings of the international bamboo workshop. Hangzhou, China: 1985:304-308.
- [17] 徐秋芳,叶正钱,姜培坤,等.雷竹笋营养元素含量及其与土壤养分的关系[J].*浙江林学院学报*,2003,20(2):115-118.

## Variation of Bamboo Shoot Nutrient Components of the Hybrids of *Dendrocalamus latiflorus* Munro

YANG Xiu-yan<sup>1,2</sup> FU Mao-yi<sup>1</sup> YANG Xiao-sheng<sup>1</sup> FEI Xue-qian<sup>1</sup>

1. *Research Institute of Subtropical Forestry CA F, Fuyang 311400, China;*

2. *Research Institute of Forestry CA F, Beijing 100091, China*

**Abstract** Bamboo shoot nutrient components of 30 hybrid families of *Dendrocalamus latiflorus* Munro were tested in order to investigate variation of the descendants. Results showed that there were great variations in the content of water-soluble carbohydrates, starch, free amino acid and protein among different family, the CV of these indexes were 23.69%, 26.70%, 38.26% and 15.76%, respectively. Proportion of essential amino acid exceeded 30% in all families and fluctuated from 33.80% to 42.97%. All families could be classed into 3 clusters on basis of similarities of contents of water-soluble carbohydrates, starch, dissociate amino acid, protein and proportion of essential amino acid, 11 families, included in the cluster I and cluster II, were excellent families of nutrient quality with higher contents of free amino acid, protein and proportion of essential amino acid, 10 of them had the common parent JD or HK origin at least. It indicated that bamboo shoot nutrition of *Dendrocalamus latiflorus* was controlled by genetic, excellent hybrids at nutrient quality could be obtained through cross with suitable parents.

**Key words** *Dendrocalamus latiflorus*; hybrid descendants; bamboo shoot; nutrient composition; variation

(责任编辑:陆文昌)