

文章编号: 1001-1498(2008)06-0773-05

## 珍稀保护竹种箬竹笋营养成分的研究<sup>\*</sup>

袁金玲<sup>1</sup>, 熊登高<sup>2</sup>, 胡炳堂<sup>1</sup>, 金光<sup>2</sup>, 钟志淇<sup>3</sup>, 黄良江<sup>3</sup>, 马乃训<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 云南省昭通市林业局, 云南 昭通 657000; 3. 云南省大关县三江口国营林场, 云南 大关 657400)

**摘要:**对特产我国的珍稀保护竹种箬竹笋的笋体特征、营养成分及其变化进行了研究, 结果表明: 箬竹鲜笋平均笋壳占 45.48%, 笋肉占 54.52%, 笋肉含水率为 90.80%, 笋肉干物质分别占笋肉鲜质量和总鲜质量的 9.20%、4.99%; 干样平均含蛋白质 348.3 mg·g<sup>-1</sup>, 氨基酸总量 349.93 mg·g<sup>-1</sup>, 粗脂肪 115 mg·g<sup>-1</sup>, 可溶性总糖 29.8 mg·g<sup>-1</sup>, P 68.2 mg·g<sup>-1</sup>, Fe 0.07 mg·g<sup>-1</sup>, Ca 0.54 mg·g<sup>-1</sup>, Mg 1.63 mg·g<sup>-1</sup>, Zn 134.80 mg·kg<sup>-1</sup>, Se 0.50 mg·kg<sup>-1</sup>。不同种源的箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成不同, 并随着海拔高度上升、发笋时期推迟呈下降趋势, 在笋体内表现为自上而下含量降低; 水煮后箬竹笋蛋白质含量相对提高, 但约 75% 的氨基酸流失; 施肥后箬竹林分竹笋的氨基酸和蛋白质含量高于天然林。根据研究结果提出了箬竹种源选择、施肥措施及生产经营等方面的建议, 以提升箬竹林分经济效益、保护箬竹资源并实现可持续经营利用。

**关键词:** 箬竹; 笋; 营养; 变异

中图分类号: S795

文献标识码: A

## Study on Shoot Nutrition of *Qiongzhusua tumidinoda*: A Rare and Protected Bamboo Species

YUAN Jin-ling<sup>1</sup>, XIONG Deng-gao<sup>2</sup>, HU Bing-tang<sup>1</sup>, JIN Guang<sup>2</sup>, ZHONG Zhi-qi<sup>3</sup>, HUANG Liang-jiang<sup>3</sup>, MA Nai-xun<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. Forestry Bureau of Zhaozhong City, Zhaozhong 657000, Yunnan, China; 3. Sanjiangkou State Forestry Centre of Daguang County, Yunnan Province, Daguang 657400, Yunnan, China)

**Abstract:** The shoot characteristics and its nutritional composition of a rare and endemic bamboo *Qiongzhusua tumidinoda* were investigated and determined. The results showed that the sheath and flesh had an average weight of 45.48% and 54.52%, respectively; the flesh was composed by 90.80% water and 9.20% dry material, the latter amounted to 4.99% of the whole fresh weight. Dried shoots contained 348.3 mg·g<sup>-1</sup> protein, 349.93 mg·g<sup>-1</sup> amino acid, 115 mg·g<sup>-1</sup> fat, 29.8 mg·g<sup>-1</sup> soluble sugar, 68.2 mg·g<sup>-1</sup> P, 0.07 mg·g<sup>-1</sup> Fe, 0.54 mg·g<sup>-1</sup> Ca, 1.63 mg·g<sup>-1</sup> Mg, 134.80 mg·kg<sup>-1</sup> Zn and 0.50 mg·kg<sup>-1</sup> Se. The composition of protein and amino acids in *Q. tumidinoda* shoots varies among geographical sites, the middle and west geographical provenances showed a higher content; both reduced along with the elevation and the shoot period; they decreased evidently from the upper to the lower part in shoots; boiled shoots had the highest protein content of 405.6 mg·g<sup>-1</sup> in all samples, whereas about 75% amino acids lost; both increased after fertilization. Suggestions were given on the selection of geographical provenance, fertilization and management method of *Q. tumidinoda* for its sustainable development on utilization and resource conservation.

**Key words:** *Qiongzhusua tumidinoda*, shoots, nutritional composition, variation

收稿日期: 2007-10-25

基金项目: 国家林业局重点项目(2006-64); 横向合作项目“箬竹、方竹资源研究开发”

作者简介: 袁金玲(1975—), 女, 河南鲁山人, 助理研究员, 在读博士生, 主要从事竹类资源及遗传改良研究。

\* 试验过程中得到云南省昭通市林业局、大关县三江口国营林场、永善县林业局、四川省雷波县林业局、宜宾市林业局、叙永县林业局、叙永县分水镇林业站、泸州林科所等单位的鼎力相助, 吴丹丹硕士全程协助采样, 在此表示衷心致谢!

箬竹 (*Qiongzhusua tum idnoda* Hsueh et Yi) 隶属于禾本科 (Gramineae) 竹亚科 (Bambusoideae) 箬竹属 (*Qiongzhusua* Hsueh et Yi), 为地下茎复轴混生的中小型竹类, 是被列入第一批《中国珍稀濒危保护植物目录》的两个稀有竹种之一, 为我国所特产。箬竹笋味鲜美, 营养丰富, 清朝以前就开始出口海外, 数百年来一直是产区农民的重要经济来源; 其秆形奇特、壁厚腔小, 是制作手杖的优良原料, 早在西汉时期, 箬竹手杖就通过我国“南方丝绸之路”远销东南亚国家。箬竹为天然林分, 仅分布在我国西南金沙江下游地区海拔 1 800 ~ 2 200 m 的高山林下或纯林中, 以云南昭通地区大关县等 11 个县 (区) 和四川雷波、叙永、马边等县最为集中, 总面积约 23 000 hm<sup>2</sup>, 中心产区大关县占总面积的 70% 左右。箬竹是产区居民的主要收入来源之一, 据统计 2006 年大关县箬竹的经济收入达 1 100 万元, 箬竹在我国西南地区的经济发展、水土保持以及生态维护等方面发挥重要作用<sup>[1-2]</sup>。

箬竹是开发利用较早的自然资源, 长期以来限于交通因素和试验条件等原因, 箬竹一直停留于传统的开发利用方面, 对其研究相对落后, 董文源、毛俊彪等<sup>[3-4]</sup>开展了箬竹生长发育、实生苗培育等方面的研究。作为出口创汇、竹农增收的主要商品, 箬竹笋的基本特征及其营养情况迄今尚未见研究报

道, 营养的变化规律更是无从所知; 每年春季, 山区居民聚居竹林大量采笋外销, 导致箬竹资源退化, 分布向更高海拔地区推进。因此, 开展合理的开发利用和培育保护技术研究, 促进箬竹的产业化发展, 对加强箬竹资源保护、协调区域经济发展、维护西部地区生态平衡具有现实意义。本文拟通过箬竹笋营养成分的检测, 并研究其在不同产地、海拔、施肥措施、采笋时期和加工技术等条件下的变化, 阐明箬竹笋的营养价值及其变化规律, 从而为促进箬竹科学经营及产品细分提供数据, 为实现箬竹的可持续开发利用及资源保护奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与采样方案

在箬竹自然分布区范围内, 选择中心产区云南省大关县、与其以金沙江天堑隔离的四川省雷波县以及分布区东缘的叙永县进行采样 (表 1): 即云南省大关县三江口国营林场冷水弯天然林起源的试验区 (下称云南大关), 四川省雷波县箐口山天然林 (下称四川雷波), 四川省叙永县南坝岭天然林 (下称四川叙永), 其中在云南省大关县分别按照海拔高度、施肥与否及施肥种类, 笋期的早、中、晚期分别采样, 同时利用当地市售水煮处理过的竹笋为试验处理, 各采样约 3 000 g。

表 1 采样地点概况及样品编号

地点	纬度 (N)	经度 (E)	海拔 /m	样品编号	采样日期 (年 - 月 - 日)	林分类型或试验处理
云南大关	28 15	103 59	2 168	A	2007 - 04 - 10	较高海拔天然林
			2 068	B	2007 - 04 - 10	中等海拔天然林
				C	2007 - 04 - 10	较低海拔天然林, 早期笋
			1 971	D	2007 - 04 - 20	较低海拔天然林, 中期笋
				E	2007 - 04 - 30	较低海拔天然林, 晚期笋
			2 136	F	2007 - 04 - 10	施用复合肥
			2 102	G	2007 - 04 - 10	施用化肥
四川雷波	28 20	103 94	-	J	2007 - 04 - 10	市售水煮笋
			1 958	H	2007 - 04 - 12	天然林
四川叙永	27 55	105 16	1 861	I	2007 - 04 - 14	天然林

### 1.2 研究方法

不同产地的箬竹笋采集后称鲜质量, 去壳称笋肉质量, 105 °C 杀青 15 min 后 65 °C 条件烘干至恒质量。蛋白质测定采用凯氏定氮法<sup>[5]</sup>; 氨基酸测定: 干样用 6N 的盐酸, 110 °C 下真空水解 22 h 后, 用高压液相色谱法 (HPLC) 进行检测<sup>[6]</sup>; P<sup>[7]</sup>、Fe、Ca、Zn、Mg 等用原子吸收法测定 (AAS 法)<sup>[8]</sup>; Se 含量采用原子荧光法测定<sup>[9]</sup>; 粗脂肪采用索氏浸提法测

定<sup>[10]</sup>; 可溶性总糖采用蒽酮比色法测定<sup>[11]</sup>; 水分采用质量法测定<sup>[12]</sup>。其中对四川雷波种源笋体上 (H-1)、中 (H-2)、下 (H-3) 部的氨基酸和蛋白质分别进行测定, 以三者平均值作为四川雷波种源值 H。

## 2 结果与分析

2.1 箬竹笋主要营养组成及其与常见竹种的比较  
受箬竹的遗传特性及人为干扰的影响, 箬竹天然

林多分布在海拔 1 800~2 200 m 的高山地区。箬竹笋体较小,一般长 10~25 cm,常在 20 cm 高时即开始分枝;地径 0.5~2.5 cm,个体质量 50~130 g。笋壳紫红

色被刺毛,笋肉金黄色或黄绿色,实心或近实心。箬竹出笋期一般为 4 月份,随年份气候变化略有波动。本次试验的箬竹笋样品主要营养组成如表 2、3 所示。

表 2 箬竹笋营养组分与比较

竹种	笋壳占比 / %	笋肉占比 / %	笋肉含水率 / %	笋肉干样 / 笋肉鲜质量 / %	笋肉干样 / 总鲜质量 / %	干样可溶性总糖 / (mg · g <sup>-1</sup> )	干样粗脂肪 / (mg · g <sup>-1</sup> )	干样矿质元素 / (mg · g <sup>-1</sup> )						
								P	Fe	Ca	Mg	Zn	Se	
箬竹笋	45.48	54.52	90.80	9.20	4.99	348.3	29.8	115.0	68.2	0.07	0.54	1.63	134.80	0.50
毛竹冬笋 <sup>#</sup>			84.09	15.91		226.9				0.12	0.52			
毛竹春笋 <sup>#</sup>			91.24	8.76		282.0				0.07	0.66			
27种竹笋平均 <sup>#</sup>			90.86	9.14		289.9				0.09	1.40			

注:箬竹笋为样品平均值。#表示数据转算自参考文献[12]。竹种学名:毛竹(*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Lehaie)。

表 3 箬竹及毛竹笋尖氨基酸含量的对比(干样)(mg · g<sup>-1</sup>)

氨基酸种类	箬竹笋尖	毛竹冬笋笋尖	毛竹春笋笋尖
天冬氨酸(Asp)	63.338	43.043	26.196
丝氨酸(Ser)	26.147	21.087	8.804
谷氨酸(Glu)	68.556	31.087	26.196
甘氨酸(Gly)	26.383	8.913	9.130
组氨酸(His)	17.880	4.674	3.043
精氨酸(Arg)	36.506	12.391	9.674
苏氨酸(Thr)*	23.457	11.739	10.435
丙氨酸(Ala)	33.950	17.826	13.261
脯氨酸(Pro)	33.603	25.543	12.391
半胱氨酸(Cys)	11.464	3.696	4.022
酪氨酸(Tyr)	16.129	19.130	25.000
缬氨酸(Val)*	28.632	14.674	12.174
蛋氨酸(Met)*	6.070	0.978	11.957
赖氨酸(Lys)*	39.322	9.130	8.152
异亮氨酸(Ile)*	21.035	8.152	7.826
亮氨酸(Leu)*	35.837	14.348	11.739
苯丙氨酸(Phe)*	18.337	10.217	7.609
氨基酸总量	506.646	256.630	212.065
必需氨基酸总量	172.691	73.913	62.065
必需氨基酸比率 / %	34.09	28.8	29.3

注:\*表示人体必需氨基酸。#表示数据转算自参考文献[13]。

箬竹笋笋壳和笋肉分别占鲜质量的 45.48%、54.52%,笋肉含水率为 90.8%;笋肉干物质含量分别占笋肉鲜质量和总鲜质量的 9.20%、4.99%。箬竹笋肉含粗脂肪 115 mg · g<sup>-1</sup>,可溶性总糖 29.8 mg · g<sup>-1</sup>;含 P 68.2 mg · g<sup>-1</sup>,Fe 0.07 mg · g<sup>-1</sup>,Ca 0.54 mg · g<sup>-1</sup>,Mg 1.63 mg · g<sup>-1</sup>,Zn 134.80 mg · kg<sup>-1</sup>,Se 0.50 mg · kg<sup>-1</sup>。箬竹笋含水率和干物质含量接近 27 种竹笋的平均值,蛋白质高于毛竹笋和 27 种竹笋的平均含量<sup>[13]</sup>,属于较高蛋白质含量的竹种。但 Fe、Ca 等矿质元素的含量低于 27 种竹笋的平均值。

箬竹笋氨基酸种类丰富,为便于比较,表 3 列出了箬竹笋尖部位的氨基酸组成。含量最高的是 Glu

和 Asp,最低的是 Met,总氨基酸分别为毛竹冬笋和春笋<sup>[14]</sup>的 1.97、2.39 倍,仅 Tyr 含量低于毛竹冬笋和春笋;必需氨基酸比例高达 34% 以上,是较佳的氨基酸来源食品。

## 2.2 箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成

蛋白质和氨基酸是现代饮食较为关注的营养成分,竹笋富含的蛋白质和多种氨基酸组成不仅提供食品营养,而且在口感和风味方面发挥较大作用。

2.2.1 不同地理种源箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成 综合考虑采样时期、海拔因素等,以 C、I、H 3 个地理距离较大的天然林分样品作为对象,进行箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成的地理种源比较(图 1)。可以看出,蛋白质含量为:C>I>H,氨基酸总量为:H>C>I,其中 Glu、Pro、Cys、Tyr、Met 和 Phe 6 种氨基酸在 3 个样品间变异不规律,以 Pro 含量最为悬殊。

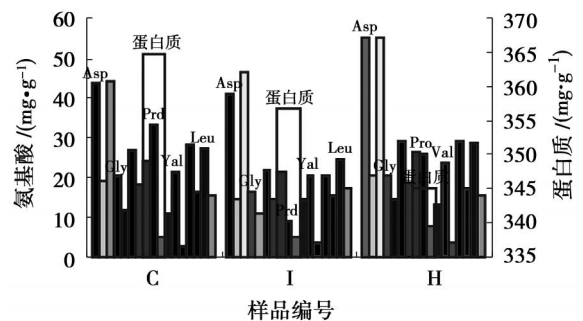


图 1 不同种源箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成

2.2.2 不同海拔条件箬竹笋蛋白质含量及氨基酸组成 以云南省大关县冷水弯试验林区不同海拔高度的 A、B、C 3 个天然林分样品为对象,分析不同海拔条件下箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成的变化(图 2),发现低海拔的箬竹笋蛋白质和氨基酸总量较高,中等海拔次之,高海拔较低,仅 Pro、Cys、Tyr 和

Met 4种氨基酸在不同海拔间表现不规律。出现这种变异规律的原因可能是由分布区海拔差异的生境所致,也可能与土壤等立地小环境有关,条件允许情况下可以继续开展更多试验进行验证。

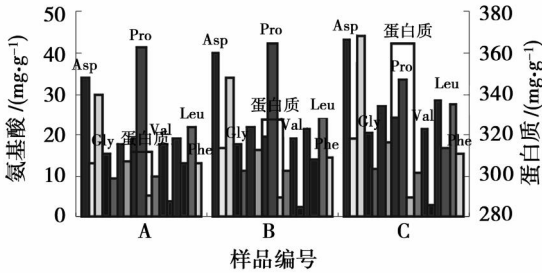


图 2 不同海拔条件箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成

2.2.3 不同施肥条件箬竹笋蛋白质和氨基酸含量

选择海拔、发笋时期等因素最接近的云南大关源的 A、F和 G林分竹笋为样品,比较箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成(图 3),结果发现蛋白质含量表现为 A < F < G,而氨基酸总量表现为 A < G < F。与天然林分相比,施用复合肥的林分多数氨基酸的量最高,仅 Cys 低于天然林;施用化肥的林分蛋白质含量最高,同时多种氨基酸高于天然林分,但 His、Pro、Tyr、Phe 4种氨基酸总量降低。Pro 的含量变化最为显著,F样品其含量最高,G样品则含量最低。

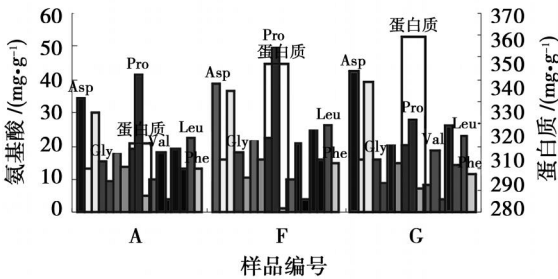


图 3 不同施肥条件箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成

2.2.4 不同出笋时期箬竹笋蛋白质和氨基酸含量

在箬竹主要出笋期的 1 个月内,于固定林分每隔 10 d 分别采笋,作为早、中、晚期笋进行蛋白质和氨基酸的测定(图 4)。结果发现,蛋白质含量为 D > C > E,氨基酸总量为 C > D > E,Pro 在早期的含量远高于中、晚期,但 His、Cys、Tyr、Val、Met 和 Phe 6 种氨基酸以 D 样品为最高。

2.2.5 箬竹笋不同笋体部位蛋白质含量和氨基酸组成

以 H-1、H-2、H-3 为试样分析箬竹笋主要养分在笋体内的分布(图 5),结果表明:箬竹笋蛋白质和氨基酸总量在笋体内的分布自上而下呈现逐

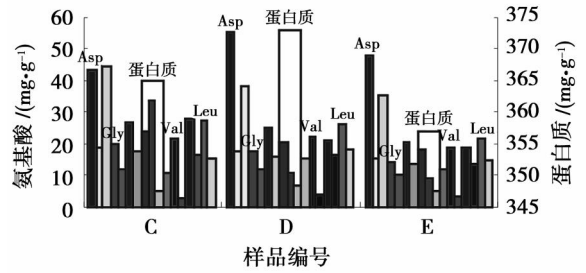


图 4 不同出笋时期箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成

步下降趋势(仅 Met 除外,以中部最低),上部蛋白质、氨基酸总量分别为中部的 1.21、1.39 倍,下部的 1.37、1.72 倍,可见以笋尖的营养成分最为丰富。毛竹冬笋和春笋的氨基酸同样表现为笋尖的含量最高<sup>[14]</sup>。

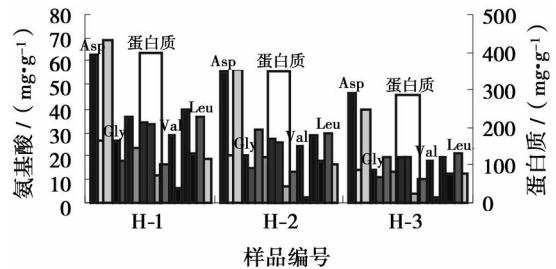


图 5 箬竹笋不同笋体部位蛋白质含量和氨基酸组成

2.2.6 水煮处理后箬竹笋蛋白质和氨基酸含量变化

每年春季的箬竹出笋期,产区居民常常聚居于竹林中采笋,为防止老化常在采后进行水煮处理、集中灭菌包装外销或作其他加工后销售。本试验以云南大关早期的箬竹水煮笋 J 与未煮笋样品(A、B、C 平均值)进行比较(图 6),结果发现,水煮笋蛋白质含量达所有样品最高值(405.6 mg·g<sup>-1</sup>),这是由于水煮过程中可溶性物质流失,蛋白质由于热变性不流失,故而在笋体的相对含量增高;水煮过程中竹笋氨基酸流失严重,仅存原来含量的 25%,以 Asp、Ser、Glu、His、Thr、Met、Lys、Phe 等流失最为严重,而 Pro、Val 等存留稍多。

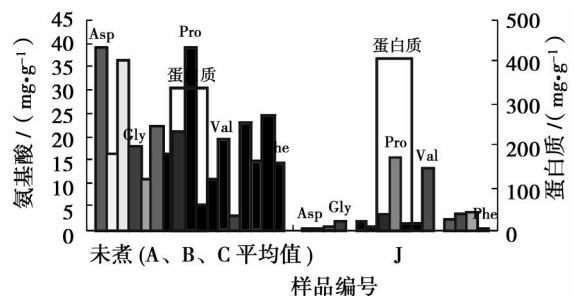


图 6 水煮前后箬竹笋蛋白质含量和氨基酸组成

### 3 结论与讨论

(1)本试验选择箬竹分布中心的云南大关种源、与其以金沙江天堑隔离的四川雷波种源,以及箬竹分布区东缘的四川叙永种源采样进行营养分析,结果表明箬竹笋营养成分丰富,蛋白质和氨基酸总量平均值分别达  $348.3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $349.93 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,粗脂肪  $115 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,可溶性总糖  $29.8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , P  $68.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , Fe  $0.07 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , Ca  $0.54 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , Mg  $1.63 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , Zn  $134.80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , Se  $0.50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,尤以蛋白质和氨基酸的含量远高于毛竹等常见竹笋;并且箬竹分布在偏远的高山地区,人为活动影响相对较小,目前大多停留在天然林状态,是不可多得的绿色健康食品。

(2)箬竹笋蛋白质含量及氨基酸组成在不同种源间表现为云南大关种源的蛋白质含量最高,而四川雷波种源的氨基酸总量最高,表明分布区内中西侧地区的箬竹资源较佳,分布区东缘资源略逊,箬竹的人工培育利用可以选择大关和雷波种源作为原始材料。箬竹笋蛋白质和氨基酸组成随海拔高度下降而略有提高,这种变化可能是由于海拔升高引起的小气候变化所致,有待进行深入研究验证。箬竹笋蛋白质和氨基酸随着出笋日期的推迟以及笋体部位自上而下呈现下降趋势,表明在出笋早期以及幼嫩的竹笋其营养成分更为丰富,因此在生产经营中可以选择采伐早期、中期笋,留养中晚期笋以获得较高的经济效益并保持箬竹的可持续发展利用。施肥林分箬竹笋蛋白质和氨基酸总量较天然林分高,尤以施用复合肥的林分氨基酸总量最高,而施用化肥的林分蛋白质含量最高,有关施肥等抚育措施对箬竹林分生产力的品质影响可进一步详细研究。限于竹笋保鲜技术制约等因素,箬竹笋一般通过水煮灭菌后进行销售,但是水煮后约 75% 的氨基酸流失,直接杀青烘干技术对保存氨基酸成分效果显著,但考虑到水煮笋食用简便、口感适宜等传统消费习惯,应当兼顾营养成分和市场开发等需求,逐步探索箬竹笋更佳的加工工艺。

(3)本试验中发现 P<sub>10</sub> 是较为敏感和活跃的氨

基酸种类,常常与其他氨基酸的含量及其变化趋势表现出极大差异。有研究表明植物体内 P<sub>10</sub> 含量在逆境条件下(冷、冻、旱、热、盐碱等)显著增加,可作为抗寒、抗旱育种的生理指标<sup>[15-16]</sup>。鉴于箬竹分布区大多处于高山地区,笋期多雨雪天气,推测与低温有明显关系,并在本试验中有一定表现,如在气温较低的种源(云南大关)、采笋早期、高海拔地区其含量相对升高。Cys、Tyr、Met 和 Phe 4 种氨基酸在不同的种源、海拔、施肥种类及采笋时期条件下的变异与其他氨基酸种类差别较为悬殊,其在植物体内的形成及变化机理有待于进一步研究。

(4)限于交通及试验费用等因素,本试验仅选取了具有较大代表性的箬竹种源进行了采样分析,箬竹分布区尚有较多产地有待进一步系统研究。

#### 参考文献:

- [1] 朱石麟,马乃训,傅懋毅.中国竹类植物图志[M].北京:中国林业出版社,1994
- [2] 马乃训,张文燕.中国珍稀竹类[M].杭州:浙江科学技术出版社,2007
- [3] 董文渊,黄宝龙,谢泽轩,等.箬竹生长发育规律的研究[J].南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(3):43-47
- [4] 毛俊彪,黄良江.箬竹实生苗培育技术[J].世界竹藤通讯,2006,4(1):29-30
- [5] GB/T5009.5-2003 食品卫生检验方法 理化部分(一)[S]
- [6] 中国林业科学研究院分析中心.现代实用仪器分析方法[M].北京:中国林业出版社,1993
- [7] NY 525-2002 有机肥料[S]
- [8] GB/T5009.14,87,90,92-2003 食品卫生检验方法 理化部分(一)[S]
- [9] GB/T5009.93-2003 食品卫生检验方法 理化部分(一)[S]
- [10] GB/T5009.6-2003 食品卫生检验方法 理化部分(一)[S]
- [11] 上海植物生理学会.植物生理学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社,1985:134
- [12] GB/T5009.3-2003 食品卫生检验方法 理化部分(一)[S]
- [13] 江泽慧.世界竹藤[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2000:317-317
- [14] 胡春水,余红英.毛竹笋氨基酸含量的比较[J].竹子研究汇刊,2000,19(2):44-48
- [15] 张正斌,山 仑.作物生理抗逆性的若干共同机理研究进展[J].作物杂志,1997(4):10-12
- [16] 周 青,黄晓华.逆境胁迫下作物积累脯氨酸的生理生态学意义[J].农业环境保护,1991,10(6):272-273