

云南不同地理种源勃氏甜龙竹竹笋营养成分比较

裴佳龙,李鹏程,王 茜,王曙光*

(西南林业大学 生命科学院,云南 昆明 650224)

摘 要:勃氏甜龙竹是著名的笋用竹,目前对其研究多停留在对竹笋营养成分的分析,而忽视了其地理种源间的营养成分的差异。选取云南省内思茅、陇川、沧源、石屏 4 个地理种源的勃氏甜龙竹鲜笋为研究对象,对竹笋样品的营养成分进行测定、比较。结果表明,不同种源的勃氏甜龙竹竹笋中水分含量均较高,其中思茅种源竹笋水分含量最高(94%)。另外,思茅种源的竹笋粗纤维含量最低(0.63%),总糖含量最高(1.54%),单宁含量最低($0.08\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$),因此思茅种源的竹笋样品口感最好。陇川种源的必需氨基酸含量最高(0.68%),蛋白质含量最高(2.13%),且影响风味的天冬氨酸、谷氨酸和甘氨酸的含量在这 4 个地理种源中均为最高,其次为思茅种源的竹笋,故陇川和思茅的勃氏甜龙竹笋风味较好。由此表明,思茅和陇川种源的勃氏甜龙竹笋要优于沧源和石屏,更适合作为勃氏甜龙竹笋用竹推广的种源地。

关键词:勃氏甜龙竹;地理种源;竹笋营养成分

中图分类号:S644.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)01-0156-06

Comparison of Bamboo Shoot Nutrients of *Dendrocalamus brandisii* among Different Provenances

PEI Jia-long, LI Peng-cheng, WANG Qian, WANG Shu-guang*

(Biology Science College, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China)

Abstract: *Dendrocalamus brandisii* is a kind of famous shoot bamboo. Researches on *D. brandisii* are mostly focused on the analysis of their nutrient components while the differences of nutrient components between provenances are neglected. *D. brandisii* shoots were selected as materials in this study, which was obtained separately from Simao, Longchuan, Cangyuan and Shiping County, Yunnan Province. Nutritional constituents of bamboo samples were also determined and compared. The results revealed that the moisture contents of *D. brandisii* shoots of different provenances were high, among which Simao bamboo shoots had the highest moisture content (94%), the lowest content of crude fiber (0.63%), the highest content of total sugar (1.54%), and the lowest tannin content ($0.08\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$). Therefore, the shoots of Simao provenance tasted better. Longchuan bamboo shoots had the highest essential amino acid content (0.68%) and protein content (2.13%). The levels of aspartic acid, glutamic acid and glycine that affect flavor were also the highest among the four geographic provenances, followed by the Simao provenance. Therefore, the shoot flavor of Longchuan and Simao were better than the other two provenances. This indicated that the bamboo provenances from Simao and Longchuan were more suitable for popularization than that from Cangyuan and Shiping.

Key words: *Dendrocalamus brandisii*; geographical provenance; shoot nutrient component

收稿日期:2017-04-18 修回日期:2017-08-30

基金项目:国家自然科学基金(31560196);云南省自然科学基金(2015FB150)。

作者简介:裴佳龙,男,硕士在读,研究方向:竹类植物研究。E-mail:421646883@qq.com

* 通信作者:王曙光,男,教授,研究方向:竹类植物研究。E-mail:stevenwang1979@126.com

竹子为多年生禾本科(Gramineae)植物,种类超过 1 250 种,分属于 75 属^[1]。竹子分布广泛且适应性很强,是一种多用途植物,具有很高的经济和环境价值^[2-3]。竹产业的迅速发展,已成为现代林业的优势产业和区域经济的支柱^[4]。竹笋作为传统食品具有很高的营养价值,富含蛋白质、膳食纤维,各种大量元素、微量元素、维生素以及人体所需的氨基酸,能够有效地补充身体所需的营养成分^[5-6]。

勃氏甜龙竹(*Dendrocalamus brandisii*),又名甜竹、云南甜竹,广泛分布于我国云南地区,为竹亚科(Bambusoideae)牡竹属(*Dendrocalamus*)植物,是大型优良笋用丛生竹种,鲜笋品质优良,是云南省重点发展的笋用竹种^[7-8]。同时,勃氏甜龙竹、版纳甜龙竹和马来甜龙竹并称为我国著名的传统 3 大甜笋竹种,而在实际品尝中发现,勃氏甜龙竹与版纳甜龙竹竹笋口感较甜,马来甜龙竹口感却比较苦。除此之外,勃氏甜龙竹表现出成活率高、生长快、出笋快、产量高、笋味佳等优良特性及较高的经济效益^[1,9],日益受到人们关注。目前已有较多的研究者对勃氏甜龙竹的开发和利用进行研究,竹林种植面积也在逐年增加,很多地区大规模推广勃氏甜龙竹,却忽视了种源的优选^[10-11]。迄今为止,有关竹笋不同地理种源的比较分析研究很少,王曙光^[12]等对云南箭竹不同地理种源竹笋的营养成分进行了对比和评价,S. Feleke^[13]对埃塞俄比亚内不同地理种源的非洲高地竹(*Arundinaria alpina*)和锐药竹(*Oxytenanthera abyssinica*)的竹笋营养成分进行了比较分析。本研究从勃氏甜龙竹优良种源筛选的角度出发,选取思茅、陇川、沧源、石屏 4 个种源的勃氏甜龙竹竹笋为研究对象,对竹笋营养成分进行比较分析,以期对勃氏甜龙竹竹笋的推广、开发及经营管理提供支撑和基础信息。

1 材料与方法

1.1 材料

所选材料分别为云南省思茅(101°02'E,22°44'N,海拔 1 400 m)、陇川(90°48'E,24°12'N,海拔 940 m)、沧源(99°15'E,23°08'N,海拔 1 340 m)、石屏(102°41'E,23°75'N,海拔 1 230 m)4 地的勃氏甜龙竹鲜笋。各种源地分别选取 5 株刚出土、无畸形、无损伤、不干缩、无病虫害的竹笋。留下食用部分,称重,将竹笋纵切为 4 等份。先置于 130℃杀青 30 min,然后 70℃烘箱中烘至恒重、称重,后粉碎备用^[14]。

1.2 方法

按照王曙光^[12]等的试验方法进行测定,氨基酸采用氨基酸自动分析仪进行测定(GB/T5009.124-

2003),灰分采用马福炉灼烧法测定(GB/T 5009.4-2003),蛋白质采用凯氏定氮仪进行测定(GB/T 5009.5-2003),总糖采用 3,5-二硝基水杨酸比色测定法,索氏提取法测定粗脂肪的含量,皮粉法测定单宁,等离子体发射光谱仪测矿质元素。

1.3 数据处理

测定结果使用 Excel 2007 进行统计,然后使用 SPSS 16.0 统计软件比较分析各营养成分含量。

2 结果与分析

2.1 营养成分比较

竹笋中含水量直接影响着竹笋的口感和品质,含水量越高竹笋越幼嫩,口感越好^[14]。由表 1 可知,不同种源的勃氏甜龙竹竹笋中水分含量均较高,其中思茅种源竹笋水分含量最高(94.00%),石屏种源竹笋含水量最低(92.00%),因此思茅种源竹笋的口感更好。此外,这 4 个种源竹笋间的含水量差异并不显著,因此含水量不能作为勃氏甜龙竹种源筛选的关键标准之一。

表 1 4 个种源地的勃氏甜龙竹鲜笋基本营养成分比较
Table 1 The basic nutrients in bamboo shoots of *D. brandisii* from different geographical provenances %

成分	思茅	陇川	沧源	石屏
水含量	94.00 ^a	92.80 ^a	92.60 ^a	92.00 ^a
粗纤维	0.63 ^b	6.67 ^a	1.40 ^b	1.00 ^b
总糖	1.54 ^a	1.29 ^a	1.30 ^a	0.46 ^b
粗脂肪	0.09 ^b	0.26 ^a	0.41 ^a	0.32 ^a
蛋白质	1.89 ^a	2.13 ^a	1.20 ^b	2.11 ^a
灰分	0.76 ^a	0.72 ^a	0.76 ^a	0.91 ^a
单宁/(mg·100 g ⁻¹)	0.08 ^b	100.00 ^b	0.74 ^b	1 170 ^a

注:同一栏里标有相同字母的表示平均值在 P=0.05 水平上没有差异,不同字母表示在 0.05 水平上存在差异。下同。

竹笋中纤维素的含量会随着笋龄的增加而增多,使其口感变差,失去食用价值。由表 1 可知,思茅种源的竹笋粗纤维含量(0.63%)最低,其次为石屏种源(1.00%)和沧源的竹笋(1.40%),陇川种源竹笋粗纤维含量最高(6.67%)。因此,思茅种源的勃氏甜龙竹竹笋口感最好。

总糖含量也是影响竹笋口感的重要因素之一,总糖含量越高,竹笋口感越好^[14]。通过测定发现,采自 4 个种源的竹笋总糖含量由高到低分别为思茅(1.54%)>沧源(1.30%)>陇川(1.29%)>石屏(0.46%),思茅种源竹笋总糖含量最高,口感最好,其次为沧源和陇川种源,石屏种源总糖含量最低,这与竹笋实际品尝比较的结果一致。

粗脂肪也是评价蔬菜质量的指标之一,而竹笋低脂肪含量,为需要节食以及想要控制体重的人群提供了很好的食物^[18-19]。勃氏甜龙竹竹笋的粗脂肪

含量较少,4 个地理种源竹笋之间由高到低分别为沧源(0.41%)>石屏(0.32%)>陇川(0.26%)>思茅(0.09%)。思茅种源竹笋的粗脂肪含量最低,其他 3 个地理种源竹笋的粗脂肪含量差异不显著。

蛋白质作为人体必需营养素,在人体代谢中起到重要作用^[16]。在勃氏甜龙竹不同地理种源竹笋中,蛋白质含量也存在差异。勃氏甜龙竹 4 个地理种源竹笋的蛋白质含量由高到低为陇川(2.13%)>石屏(2.11%)>思茅(1.89%)>沧源(1.20%)。陇川种源竹笋的蛋白质含量最高,但与石屏和思茅种源竹笋的蛋白质含量之间差异不显著,沧源种源竹笋蛋白质含量最低。

单宁呈涩味,具有收敛作用,含量过高会直接影响竹笋的口感,对竹笋制品的风味有很大影响^[17],因此单宁含量高低对竹笋的品质有很大的影响。测

定发现,勃氏甜龙竹中单宁含量最高的是石屏种源的竹笋(1 170 mg·100 g⁻¹),显著高于其他 3 个地理种源竹笋,思茅种源的竹笋含量最低(0.08 mg·100 g⁻¹),因此思茅种源竹笋的口感最好。灰分代表了竹笋中的矿物质元素,是竹笋所含各种矿物元素的氧化物的总和^[18]。由表 1 可知,不同种源勃氏甜龙竹竹笋样品之间矿物质元素并无显著性差异,石屏种源竹笋矿物质元素含量最高(0.91%),陇川种源竹笋样品含量最低(0.72%)。

通过对所测得的勃氏甜龙竹 4 个种源的竹笋基本营养成分取均值,并与其他目前已报道的 24 个竹种进行对比(表 2)。所有竹类植物竹笋的含水量很高,其含水量为 88.70%~94.86%,其中勃氏甜龙竹竹笋的含水量(92.85%)较高,仅次于锡金龙竹(94.86%)和云南箭竹(93.43%)。

表 2 勃氏甜龙竹与其他竹种竹笋基本营养成分对比

Table 2 The comparison of bamboo shoot nutrients between <i>D. brandisii</i> and other bamboo species						%
	水含量	粗纤维	总糖	粗脂肪	蛋白质	灰分
勃氏甜龙竹(平均)	92.85	2.43	1.15	0.27	1.83	0.79
勃氏甜龙竹(思茅)	94.00	0.63	1.54	0.09	1.89	0.76
箬竹 ^[18]	90.59	0.88	0.31	0.31	3.67	1.19
寿竹 ^[19]	91.28	0.54	0.90	0.59	3.16	0.98
尖头青竹 ^[20]	92.20	0.90	2.10	0.20	2.20	0.86
毛竹 ^[20]	92.80	1.24	1.44	0.33	2.17	0.97
雷竹 ^[21]	90.62	1.27	1.80	1.51	2.85	0.56
燕竹 ^[21]	91.36	1.19	1.37	0.98	3.78	0.84
云南箭竹 ^[17]	93.43	0.78	1.10	0.18	1.89	0.74
厚竹 ^[22]	89.26	1.30	1.55	0.11	2.96	0.89
绿竹 ^[23]	91.70	0.70	2.20	0.50	2.40	1.00
麻竹 ^[24]	92.02	3.74	1.36	1.27	2.08	0.68
锡金龙竹 ^[25]	94.86	0.43	1.08	0.13	1.17	—
毛金竹 ^[26]	91.20	0.70	0.73	—	3.00	1.00
方竹 ^[26]	92.00	1.25	0.42		2.13	0.65
斑苦竹 ^[27]	88.70	1.00	0.63	—	2.60	0.93
合江方竹 ^[28]	92.40	1.21	—	—	2.22	0.70
金佛山方竹 ^[28]	91.80	1.25	—	—	2.00	0.50
狭叶方竹 ^[28]	91.60	1.28	—	—	2.03	0.60
红哺鸡竹 ^[29]	90.68	2.92	—	0.32	2.40	0.71
白哺鸡竹 ^[29]	91.59	2.70	—	0.24	2.19	0.70
乌哺鸡竹 ^[29]	91.26	2.36	—	0.24	2.95	0.81
黄秆乌哺鸡竹 ^[29]	90.06	2.39	—	0.30	3.38	0.94
早哺鸡竹 ^[29]	90.66	2.74	—	0.22	2.73	0.84
毛竹 ^[29]	90.20	3.69	—	0.11	2.99	0.78
石竹 ^[29]	90.45	4.01	—	0.10	2.71	0.88

不同竹种粗纤维含量变化范围为 0.43%~4.01%。勃氏甜龙竹竹笋平均粗纤维含量(2.43%)低于石竹(4.01%)、麻竹(3.74%)、毛竹(3.69%)、红哺鸡竹(2.92%)、早哺鸡竹(2.74%)和白哺鸡竹(2.7%)等 6 种竹笋而高于其他竹种。这与在实际品尝中勃氏甜龙竹甜笋口感稍微有点粗,不如云南箭竹笋口感细腻的结果一致。

在参与对比的数据中,不同种竹笋的营养成分含量差异很大,总糖含量变化范围为 0.31%~2.2%,粗脂肪的含量变化范围为 0.1%~1.51%,蛋白质含量变化范围为 1.17%~3.78%,灰分的变化范围为 0.50%~1.19%。其中,勃氏甜龙竹(平均)的总糖、粗脂肪、蛋白质、灰分含量分别为 1.15%、0.27%、1.83%、0.79%,在参比的数据中属

于中等水平。思茅种源的勃氏甜龙竹含水量 94%，仅次于锡金龙竹(94.86%)；粗纤维(0.63%)仅次于锡金龙竹(0.43%)和寿竹(0.54%)；总糖(1.54%)则次于绿竹(2.20%)、尖头青竹(2.10%)、厚竹(1.55%)；粗脂肪含量(0.09%)在参比的数据中最低；蛋白质(1.89%)及灰分(0.76%)含量属于中等水平。因此，思茅种源的勃氏甜龙竹竹笋口感优良，是良好的食用竹笋。

2.2 氨基酸含量

氨基酸在人体活动中占据重要地位，尤其是人体不能自身合成的 8 种必需氨基酸^[30]。在对勃氏甜龙竹竹笋样品进行氨基酸测定时发现，除色氨酸在酸水解的过程中被破坏以外，采自陇川种源的竹笋中含有 7 种人体必需氨基酸，其他 3 个地理种源的竹笋均检测出 6 种人体必需氨基酸。

竹笋中具有鲜味的天冬氨酸、谷氨酸和具有特殊甜味的甘氨酸的含量也会直接影响着竹笋的风味^[12]，赖氨酸对儿童的生长发育具有重要的作用^[15]。通过对勃氏甜龙竹不同地理种源比较发现，这些影响味道的氨基酸均为陇川种源的含量最高，其次为思茅种源的竹笋，所检测的竹笋中陇川种源的赖氨酸含量最高(0.13%)，其次为思茅种源的竹笋(0.10%)。对勃氏甜龙竹不同种源竹笋的必需氨基酸含量进行比较发现(表 3)，陇川种源竹笋的必需氨基酸总量(0.68%)最高，其次为思茅种源的竹笋(0.47%)。除此之外，陇川种源勃氏甜龙竹竹笋氨基酸总量也最高，思茅种源次之。由此表明，采自陇川的竹笋氨基酸含量较高，风味较好，思茅种源的勃氏甜龙竹竹笋风味也较佳。

将 4 个种源地的勃氏甜龙竹笋各氨基酸平均含量和陇川种源的勃氏甜龙竹竹笋氨基酸含量与其他 9 种竹种对比(表 4)，氨基酸总量变化范围较大，为 0.74%~3.01%，其中勃氏甜龙竹(平均)的氨基酸总量为 1.46%，勃氏甜龙竹(陇川)的氨基酸总量为 1.93%。不同竹种天冬氨酸含量变化范围为 0.12%~0.44%，谷氨酸含量变化范围为 0.12%~0.35%，甘氨酸含量变化范围为 0.04%~0.15%，赖氨酸含量变化范围为 0.03%~0.17%，必需氨基酸含量变化范围为 0.25%~1.08%。其中勃氏甜龙竹(平均)天冬氨酸含量(0.34%)低于云南箭竹(0.44%)和绿竹(0.37%)，谷氨酸(0.16%)高于云南箭竹(0.12%)和锡金龙竹(0.12%)，甘氨酸(0.07%)和赖氨酸(0.09%)属中等水平，必需氨基酸含量(0.44%)高于锡金龙竹(0.25%)、云南箭竹(0.32%)、毛金竹(0.33%)、斑苦竹(0.34%)。勃氏甜龙竹(陇川)天冬氨酸含量(0.44%)与云南箭竹在

参比数据中并列第一，甘氨酸(0.10%)、赖氨酸(0.13%)、必需氨基酸含量(0.68%)均仅次于红竹，谷氨酸含量(0.21%)在参比数据中属中等水平。由此表明，陇川种源的勃氏甜龙竹竹笋口味鲜美，适合大规模推广种植。

表 3 不同地理种源勃氏甜龙竹竹笋氨基酸的含量
Table 3 The amino acid contents in bamboo shoots of *D. brandisii* from different geographical provenances %

氨基酸	种源			
	思茅	陇川	沧源	石屏
天冬氨酸	0.40 ^a	0.44 ^a	0.15 ^b	0.38 ^a
苏氨酸*	0.00	0.01	0.00	0.00
丝氨酸	0.07 ^b	0.08 ^b	0.05 ^b	0.45 ^a
谷氨酸	0.19 ^a	0.21 ^a	0.12 ^b	0.11 ^b
甘氨酸	0.07 ^b	0.10 ^a	0.05 ^c	0.05 ^c
丙氨酸	0.09 ^b	0.12 ^a	0.06 ^c	0.06 ^c
胱氨酸	0.09 ^a	0.03 ^b	0.00	0.02 ^b
缬氨酸*	0.11 ^a	0.13 ^a	0.07 ^b	0.05 ^b
蛋氨酸*	0.01 ^c	0.05 ^a	0.02 ^b	0.01 ^c
异亮氨酸*	0.07 ^b	0.11 ^a	0.04 ^c	0.03 ^c
亮氨酸*	0.11 ^b	0.14 ^a	0.08 ^c	0.07 ^c
酪氨酸	0.07 ^b	0.09 ^a	0.04 ^c	0.03 ^c
苯丙氨酸*	0.07 ^b	0.11 ^a	0.05 ^{bc}	0.04 ^c
赖氨酸*	0.10 ^b	0.13 ^a	0.07 ^c	0.06 ^c
组氨酸	0.04 ^b	0.07 ^a	0.02 ^c	0.03 ^{bc}
精氨酸	0.09 ^a	0.10 ^a	0.06 ^b	0.04 ^b
脯氨酸	0.00	0.01	0.00	0.00
必需氨基酸总量	0.47 ^b	0.68 ^a	0.33 ^c	0.26 ^c
氨基酸总量	1.58 ^{ab}	1.93 ^a	0.88 ^c	1.43 ^b

注：酸水解过程中色氨酸全部被破坏，此表中未包括。* 标记为必需氨基酸。下同。

2.3 矿质元素含量

竹笋中所有的矿物质元素构成了总灰分，灰分中的无机盐矿物质元素是人体新陈代谢不可缺少的部分，无机盐中的磷、铁、钙等矿物质元素更是人们重要的碱性食物^[15]。

由表 5 可知，不同种源的勃氏甜龙竹竹笋均含有丰富的矿物质元素，其中思茅种源的勃氏甜龙竹竹笋的磷(412 mg·kg⁻¹)、钙((87.8 mg·kg⁻¹)、镁(134 mg·kg⁻¹)及锰元素(11.2 mg·kg⁻¹)含量最高，陇川种源竹笋锌(6.00 mg·kg⁻¹)与铜(1.630 mg·kg⁻¹)的含量最高，且锰元素(5.86 mg·kg⁻¹)含量也较高，沧源种源的勃氏甜龙竹竹笋镁(134 mg·kg⁻¹)、铜(1.200 mg·kg⁻¹)、铁(6.72 mg·kg⁻¹)含量较高，而石屏种源铁元素(17.90 mg·kg⁻¹)含量最高。根据勃氏甜龙竹不同种源竹笋之间矿质元素含量的差异，思茅种源竹笋品质最佳。此外，不同种源矿质元素含量之间的差异是否受土壤、气候等外界环境因素的影响，尚需进一步研究分析。

表 4 勃氏甜龙竹与其他竹种的氨基酸对比

Table 4 The amino acid contents in bamboo shoots of *D. brandisii* compared with other species of bamboo shoots %

氨基酸种类	氨基酸含量										
	勃氏甜龙竹 (平均)	勃氏甜龙竹 (陇川)	斑苦竹 ^[27]	绿竹 ^[23]	寿竹 ^[19]	尖头青竹 ^[20]	毛竹 ^[20]	云南箭竹 ^[17]	锡金龙竹 ^[25]	红竹 ^[31]	毛金竹 ^[26]
天冬氨酸	0.34	0.44	0.20	0.37	0.20	0.31	0.29	0.44	0.12	0.33	0.32
苏氨酸*	0.00	0.01	0.05	0.07	0.06	0.08	0.08	0.06	0.03	0.13	0.05
丝氨酸	0.16	0.08	0.09	0.10	0.06	0.10	0.10	0.06	0.03	0.13	0.10
谷氨酸	0.16	0.21	0.19	0.31	0.17	0.26	0.27	0.12	0.12	0.35	0.21
甘氨酸	0.07	0.10	0.08	0.07	0.08	0.09	0.07	0.04	0.04	0.15	0.07
丙氨酸	0.08	0.12	0.03	0.10	0.10	0.10	0.10	0.06	0.07	0.18	0.08
胱氨酸	0.04	0.03	0.42	0.00	0.02	0.00	0.00	—	0.01	0.12	0.37
缬氨酸*	0.09	0.13	0.01	0.08	0.14	0.12	0.10	0.06	0.05	0.22	0.02
蛋氨酸*	0.02	0.05	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.04
异亮氨酸*	0.06	0.11	0.07	0.06	0.13	0.12	0.08	0.04	0.03	0.19	0.06
亮氨酸*	0.10	0.14	0.07	0.10	0.12	0.14	0.13	0.06	0.06	0.21	0.07
酪氨酸	0.06	0.09	0.12	0.06	0.12	0.16	0.48	0.05	0.02	0.24	0.15
苯丙氨酸*	0.07	0.11	0.07	0.06	0.08	0.10	0.08	0.04	0.03	0.14	0.06
赖氨酸*	0.09	0.13	0.05	0.10	0.07	0.11	0.12	0.05	0.05	0.17	0.03
组氨酸	0.04	0.07	0.13	0.03	0.04	0.07	0.08	0.02	0.02	0.09	0.10
精氨酸	0.07	0.10	0.21	0.12	0.09	0.09	0.09	0.04	0.04	0.20	0.19
脯氨酸	0.00	0.01	0.20	0.07	0.09	0.07	0.06	0.02	0.04	0.15	0.18
必需氨基酸总量	0.44	0.68	0.34	0.48	0.63	0.68	0.61	0.32	0.25	1.08	0.33
氨基酸总量	1.46	1.93	2.00	1.70	1.58	1.93	2.15	1.49	0.74	3.01	2.10

表 5 不同地理种源的勃氏甜龙竹竹笋矿质元素的含量

Table 5 The mineral nutrient contents in bamboo shoots of *D. brandisii* from different geographical provenances

矿质元素	产地			
	思茅	陇川	沧源	石屏
P	412 ^a	378 ^a	247 ^b	282 ^b
Ca	87.8 ^a	36.7 ^b	52.8 ^b	79.4 ^a
Mg	134 ^a	104 ^a	134 ^a	118 ^a
Zn	3.52 ^a	6.00 ^a	5.94 ^a	3.37 ^a
Cu	0.829 ^a	1.630 ^a	1.200 ^a	0.938 ^a
Mn	11.20 ^a	5.86 ^b	3.10 ^c	2.89 ^c
Fe	4.18 ^b	4.84 ^b	6.72 ^b	17.90 ^a
K/%	0.363 ^a	0.338 ^a	0.392 ^a	0.454 ^a

3 小结

通过对思茅、陇川、沧源与石屏 4 个种源的勃氏甜龙竹竹笋的营养成分分析,思茅种源竹笋粗纤维、单宁含量最低,水分与总糖含量最高,因此口感更好。陇川种源天冬氨酸、甘氨酸与谷氨酸含量更高,因此风味更佳。除此之外,思茅种源的勃氏甜龙竹竹笋风味也优于其他种源。因此思茅和陇川作为勃氏甜龙竹的种源地要优于沧源和石屏,更适合大规模种植。

参考文献:

[1] BHATT B P,SINGH K,SINGH A. Nutritional values of some commercial edible bamboo species of the north eastern himala-

yan region, India[J]. Journal of Bamboo and Rattan,2005,4 (2):111-124.

[2] YANG Q,DUAN Z B,WANG Z L,*et al.* Bamboo resources,u-tilization and ex-situ conservation in Xishuangbanna, south-eastern China[J]. Journal of Forestry Research,2008,19(1): 79-83.

[3] 何蕊,邱坚,罗蓓,等. 绵竹生长季解剖特性研究[J]. 西北林学院学报,2017,32(2):271-275.

HE R,QIU J,LUO B,*et al.* Research on anatomical character-istics of *Bambusa intermedia* during growth season[J]. Journal of Northwest Forestry University,2017,32(2): 271-275. (in Chinese)

[4] 杨柳,丁立忠,柴振林,等. 4 种植物对毛竹笋林地重金属污染土壤的修复作用研究[J]. 西北林学院学报,2011,26(6):14-17.

YANG L,DING L Z,CHAI Z L,*et al.* Phytoremediation of heavy metal pollution in bamboo forest land by four green plants[J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26 (6):14-17. (in Chinese)

[5] NIRMALA C,DAVID E,SHARMA M L. Changes in nutrient components during ageing of emerging juvenile bamboo shoots [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2007,58(8):612-618.

[6] SATYA S,SINGHAL P,PRABHU V G,*et al.* Exploring the nutraceutical potential and food safety aspect of bamboo shoot of some Indian species[R]. Bangkok, Thailand: VIII World Bamboo Conference,2009.

[7] 刘必龙,郭正云,陈浩,等. 云南优良甜龙竹种质资源及其保护策略[J]. 世界竹藤通讯,2013,11(2):22-26.

LIU B L,GUO Z Y,CHEN H,*et al.* A study of germplasm re-sources of *Dendrocalamus brandisii*and its conservation strate-

gy in Yunnan,China[J]. World Bamboo and Rattan,2013,11(2):22-26. (in Chinese)

[8] 姬星,罗庆华,丁雨龙,等. 勃氏甜龙竹地上部分生物量模型研究[J]. 竹子研究汇刊,2015,34(1):49-53.
JI X,LUO Q H,DING Y L,*et al.* A study on the aboveground biomass model of *Dendrocalamus brandisii* [J]. Journal of Bamboo Research,2015,34(1):49-53. (in Chinese)

[9] 罗俊华. 勃氏甜龙竹的用途与丰产培育技术[J]. 绿色科技,2015(3):73-74.

[10] 张家社,辉朝茂. 优良种竹云南甜竹的研究现状与展望[J]. 广西林业科学,2012,41(4):341-344.

[11] 阮植媛,杨汉奇,田波,等. 勃氏甜龙竹 6 个云南地理种群的 ISSR 多样性分析[J]. 北京林业大学学报,2010,32(2):46-51.
RUAN Z Y,YANG H Q,TIAN B,*et al.* Genetic diversity analysis based on ISSR among six populations of *Dendrocalamus brandisii* in Yunnan Province,China[J]. Journal of Beijing Forestry University,2010,32(2):46-51. (in Chinese)

[12] 王曙光,普晓兰,丁雨龙,等. 云南箭竹不同地理种源竹笋营养成分之比较[J]. 竹子研究汇刊,2009,28(1):35-38.
WANG S G,PU X L,DING Y L,*et al.* Comparison of bamboo shoot nutrients of *Fargesia yunnanensis* among different provenances[J]. Journal of Bamboo Research,2009,28(1):35-38. (in Chinese)

[13] FELEKE S. Site factor on nutritional content of *Arundinaria alpina* and *Oxytenanthera abyssinica* bamboo shoots in Ethiopia[J]. Journal of Horticulture and Forestry,2013,5(9):115-121.

[14] 王曙光,普晓兰,丁雨龙,等. 云南箭竹 2 个变异类型竹笋营养成分分析[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2009,33(3):136-138.
WANG S G,PU X L,DING Y L,*et al.* Analysis on the nutrition in bamboo shoots of two types of *Fargesia yunnanensis* [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition,2009,33(3):136-138. (in Chinese)

[15] CHONGTHAM N,BISHT M S,HAORONGBAM S. Nutritional properties of bamboo shoots:potential and prospects for utilization as a health food[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,2011,10(3):153-168.

[16] 周中凯,杨艳,郑排云,等. 肠道微生物蛋白质的发酵与肠道健康的关系[J]. 食品科学,2014,35(1):303-309.
ZHOU Z K,YANG Y,ZHENG P Y,*et al.* Relationship between gut microbial fermentation of proteins and gut health [J]. Food Science,2014,35(1):303-309. (in Chinese)

[17] 赵景威,王雨珺,唐国建,等. 云龙箭竹和空心箭竹竹笋营养成分[J]. 西部林业科学,2015(3):159-163.
ZHAN J W,WANG Y J,TANG G J,*et al.* Analysis on the nutrient component of 2 *Fargesia* species bamboo shoot[J]. Journal of West China Forestry Science,2015(3):159-163. (in Chinese)

[18] 杨奕,董文渊,邱月群,等. 筴竹笋生长过程中营养成分的变化[J]. 东北林业大学学报,2015(1):80-82.
YANG Y,DONG W Y, QIU Y Q,*et al.* Transformation of nutritional compositions in *Chimonobambusa tumidissinoda* shoots during growth process[J]. Journal of Northeast Forestry University,2015(1):80-82. (in Chinese)

[19] 甘小洪,唐翠彬,温中斌,等. 寿竹笋的营养成分研究[J]. 天然产物研究与开发,2013,25(4):494-499.

[20] 童晓青,周文伟,叶春求,等. 尖头青竹笋的生长规律及营养成分研究[J]. 竹子研究汇刊,2013,32(3):44-48.
TONG X Q,ZHOU W W, YE C Q,*et al.* The growth rules and nutrition composition of bamboo shoots of *Phyllostachys acuta*[J]. Journal of Bamboo Research,2013,32(3):44-48. (in Chinese)

[21] 吕萍. 三种竹笋加工及竹资源综合利用[D]. 合肥:安徽农业大学,2013.

[22] 黎祖尧,李晓霞. 厚竹种质性状与生理活性研究综述[J]. 经济林研究,2013,31(2):167-170.
LI Z Y,LI X X. Advances in research on germplasm characters and physiological activities in *Phyllostachys edulis* ‘Pachyloen’[J]. Nonwood Forest Research,2013,31(2):167-170. (in Chinese)

[23] 朱勇,罗朝光. 绿竹笋营养成分的测定与分析[J]. 经济林研究,2012,30(3):103-105.
ZHU Y,LUO C G. Analysis of nutrient components in *Dendrocalamopsis oldhami* bamboo shoot [J]. Nonwood Forest Research,2012,30(3):103-105. (in Chinese)

[24] 林超,林钊蝶,严舜萍,等. 潮州江东竹笋营养成分分析及膳食纤维性能研究[J]. 广东化工,2010,37(12):33-34.

[25] 林开文,苏光荣,郭永杰,等. 锡金龙竹竹笋的营养成分分析与评价[J]. 西部林业科学,2009,38(1):48-54.

[26] 王国玉,马师,代朝霞. 毛金竹竹笋营养成分分析[J]. 现代农业科技,2014(24):282-282.

[27] 王国玉,马师,苟光前,等. 斑苦竹竹笋营养成分的分析[J]. 贵州大学学报:自然版,2014,31(6):42-44.
WANG G Y,MA S,GOU G Q,*et al.* Analysis on nutrients in bamboo shoots of *Pleioblastus maculatus* [J]. Journal of Guizhou University: Natural Science,2014,31(6):42-44. (in Chinese)

[28] 苟光前,丁雨龙,杨柳,等. 寒竹属 3 个种竹笋营养成分的分析[J]. 中国蔬菜,2010,1(16):79-81.
GOU G Q,DING Y L, YANG L,*et al.* Nutrient analysis on bamboo shoots of three species in *Chimonobambusa*[J]. China Vegetables,2010,1(16):79-81. (in Chinese)

[29] 李小娟,丁明,周昌平,等. 5 种哺鸡竹竹笋营养成分评价[J]. 浙江林业科技,2012,32(4):43-47.

[30] 王小生. 必需氨基酸对人体健康的影响[J]. 中国食物与营养,2005(7):48-49.

[31] 袁金玲,高志民,马乃训,等. 优良经济竹种红竹笋营养成分及其遗传变异研究[J]. 林业科学研究,2009,22(6):779-783.