

doi: 10.11720/wtyht.2018.0013
鲍丽然,贾中民,李瑜,等.南川金佛山方竹笋营养安全品质和立地土壤评价[J].物探与化探,2018,42(5):1089-1094.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0013
Bao L R, Jia Z M, Li Y, et al. Evaluation of nutritional and safe quality of Chimonobambusa utilis bamboo shoots and the surrounding soil in Nanchuan, Chongqing[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(5): 1089-1094. http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0013

南川金佛山方竹笋营养安全品质和立地土壤评价

鲍丽然, 贾中民, 李瑜, 王佳彬

(重庆市地质矿产勘查开发局川东南地质大队 重庆土地质量地质调查重点实验室, 重庆 400038)

摘 要: 为了解南川金佛山方竹笋营养品质、安全品质和生长环境, 分析了方竹笋的基本营养成分、矿质元素和重金属含量, 评价了立地土壤养分及环境质量等级和土壤富硒、富锗状况。结果表明, 南川方竹笋水分、蛋白质、总糖、K、Zn、Cu 含量较高, 并含有 17 种氨基酸, 必需氨基酸占 39.9%。新鲜方竹笋 Se 含量为 $0.006 \times 10^{-6} \sim 0.042 \times 10^{-6}$, 富硒率达 73%, 属富硒食品; Ge 含量为 $0.0002 \times 10^{-6} \sim 0.0018 \times 10^{-6}$, Ge 含量中等, 不属富锗食品。南川方竹笋立地土壤养分丰富, 除 K、CaO 营养等级为中等外, 其余均达较丰富或丰富水平; 土壤 Se 含量较高, 为富硒土壤; 土壤重金属 Cd 存在超标现象, 但未影响方竹笋安全品质, 其余重金属环境质量较好。

关键词: 金佛山方竹笋; 营养成分; 矿质元素; 土壤养分

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2018)05-1089-06

0 引言

方竹属禾本科竹亚科寒竹属植物^[1], 主要生长在海拔 1 400~2 500 m 的高原山区, 形呈四方, 有棱有角, 因最早采于南川区金佛山而命名为“金佛山方竹(*chimonobambusa utilis*)”。方竹自然分布于重庆市南川区和贵州省桐梓县、正安县, 其中南川区是集中分布地和现代分布中心。

方竹笋形态方正, 肉厚鲜美, 营养丰富, 被誉为“竹笋之冠”。近年相关单位或学者对方竹笋生物特性、营养品质、种植模式等进行了研究。涂华芬、吴鹏等^[2-3]探讨了方竹笋的生物学特性以及栽培管理方法。张万萍等^[4]通过对贵州不同山地竹笋品质分析, 发现桐梓金佛山方竹笋营养价值显著高于其他产区竹笋品种。廖林等^[5]从金沙县方竹笋中检测出 14 种氨基酸, 总含量为 246.21 mg/g(干重), 营养价值较高。张仁固等^[6]发现南川方竹笋中铜、锌含量明显高于其他竹笋, 并从区位、地貌、气候、土壤等方面探讨了方竹笋特殊品质成因。除常见矿质

营养元素外, 硒、锗也是人体有益元素。硒是人体和动物必需元素, 具有多种生物学功能, 如抗肿瘤、防衰老、防辐射、清除自由基和增强机体免疫力等, 硒缺乏会引起一系列疾病^[7]。与硒类似, 锗也是一种具有延缓衰老、提高免疫功能等多种作用的人体保健元素^[8]。因此, 植物富硒、富锗将会大大提高其营养品质和经济价值。

目前, 南川金佛山方竹笋硒研究并不多见, 锗更是较少涉及。笔者在分析了南川方竹笋基本营养成分、常见矿质元素的基础上, 对方竹笋富硒、富锗情况展开研究, 并评估了方竹笋立地土壤养分和重金属环境质量等级, 为更准确全面了解南川金佛山方竹笋品质、更科学开发利用方竹笋资源提供依据。

1 采样地概况

采样地位于金佛山南坡地段头渡镇方竹村一带。金佛山地处大娄山脉北部, 北纬 30°附近, 面积 1 300 km², 最高峰海拔 2 238 m, 森林覆盖率达 95% 以上, 有“天然植物陈列馆”之称。金佛山属典型的

收稿日期: 2018-01-05; 修回日期: 2018-03-28
基金项目: 重庆市国土房管地质调查项目(渝国土房管发[2016]582号); 重庆市国土房管科技计划项目(KJ-2016011)
作者简介: 鲍丽然(1983-), 女, 高级工程师, 从事生态地球化学、土壤元素研究工作。Email: 305946963@qq.com
通信作者: 贾中民(1978-), 男, 高级工程师, 从事土地质量调查评价及恢复生态学研究。Email: zhongminjia@163.com

喀斯特地质地貌,山势雄奇秀丽,峰谷绵延,天然溶洞星罗棋布。金佛山属亚热带湿润季风气候,气候垂直变化明显,温凉湿润多雨,日照少云雾多,终年无夏季,昼夜温差 10~15℃。地层岩性主要为寒武系、奥陶系、志留系及二叠系灰岩、白云岩、粉砂岩。土壤以黄壤和山地黄棕壤为主,腐殖质累积明显。金佛山特殊的地理位置和自然气候为方竹笋的生长提供了得天独厚的优渥条件。

2 样品采集及测试

2.1 样品采集与制备

选择方竹笋最典型分布区头渡镇方竹村,在二叠系、志留系地层区的不同海拔高度(1 355~2 162 m)设置 50 个采样点,单元控制面积为 1 000~3 000 m²,土壤类型为金佛山区主要土类黄壤和山地黄棕壤。每个样点采集健康生长、高 20~40 cm 的新鲜竹笋 10~25 株,将笋连根挖出去土,保持笋体完整均匀混合成一个组合样,装入样袋及时送西南大学分析测试中心进行检测。同点位采集方竹笋根系土样品送实验室分析。

室内方竹笋剥去笋捧和笋衣,用清水冲洗干净,用不锈钢刀去不可食部分,并将笋肉纵切成条状,宽约 1 cm,然后横切成小块状,进行充分混和,称取 10 g 鲜样用于含水量和灰分分析,剩下样品置于 105℃烘箱杀青,60~70℃ 恒温干燥粉碎后过 50 目筛,保存于棕色磨口瓶中用以测试营养成分和矿质元素。

2.2 测试分析

方竹笋基本营养成分测定方法分别为:水分,常压恒温干燥法;粗蛋白,凯氏定氮法;粗脂肪,索氏提取法;粗纤维,酸性洗涤法;总糖,苯酚—硫酸比色法;灰分,马福炉灼烧法;氨基酸,用 Beckman 6300 型氨基酸分析仪测定。矿质元素采用等离子体质谱仪,等离子体光谱仪,分光光度计等测定。

根系土元素指标用 X 射线荧光光谱仪、原子荧光光谱仪、等离子体质谱仪、发射光谱仪等测定,具体每种元素的测试方法及检出限见表 1。

表 1 方竹笋根系土元素指标检测方法及质量参数

元素	方法名称	检出限
As	原子荧光光谱法	0.2
Hg		0.0005
Se		0.01
Ge		0.1
B	发射光谱法	1
Cr	X 射线荧光光谱法	3
Fe ₂ O ₃		0.01
P		8
Pb		2
S		20
Zn		1
CaO	等离子体发射光谱法	0.02
K ₂ O		0.01
MgO		0.02
Cu		1
Ni		1
Mn		5
Cd	等离子体质谱法	0.02
Mo	极谱法	0.3
N	酸碱滴定容量法	15
OrgC	氧化还原容量法	0.05

注:氧化物、有机碳(OrgC)含量单位为%、其余元素单位为 10⁻⁶

3 结果与讨论

3.1 方竹笋基本营养成分

从表 2 可以看出,南川金佛山方竹笋含水率较高,平均值为 94.65%,最高可达 97.07%;粗蛋白含量范围为 29.64%~42.12%,平均值为 34.69%;总糖含量范围为 9.16%~13.31%,平均值为 11.05%;灰分含量范围为 10.38%~15.23%,平均值 12.70%;粗脂肪和粗纤维含量较低,平均值分别为 4.57%和 0.61%。与毛竹(*phyllostachys heterocycla*)、寿竹(*phyllostachys bambusoides*)、苦竹(*pleioblastus amarus*)、绿竹(*den-drocalamopsis oldhami*)等竹笋相比^[9-12],南川方竹笋的含水率、总糖和粗蛋白含量较高。方竹笋水分含量高,组织结构紧密,人体所需的糖分含量也较高,口感上肉厚而质地脆嫩,味道鲜美。因此,南川方竹笋是一种低脂高蛋白的营养食品。

表 2 方竹笋和其他竹笋基本营养成分含量(干重)

%

指标	南川方竹笋		其他竹笋养分均值				
	范围	平均值	毛竹 ^[9]	寿竹 ^[9]	苦竹 ^[10]	绿竹 ^[11]	巴山木竹 ^[12]
含水率	87.28~97.07	94.65	90.8	91.2	91.61	91.75	
粗蛋白	29.64~42.12	34.69	32.52	32.53	3.43	2.23	22.86
粗脂肪	1.3~12.08	4.57	7.14	6.04	0.79	0.48	3.07
粗纤维	0.45~1.88	0.61	7.15	5.6	2.3	0.77	8.34
总糖	9.16~13.31	11.05	9.6	9.27	0.68	2.4	
灰分	10.38~15.23	12.7	9.28	10.1	0.15	0.86	11.51

氨基酸是构成动物营养所需蛋白质的基本物质,对人体健康生长至关重要,尤其是必需氨基酸,人体不能合成或合成速度远不满足机体的需要,必需由食物供给。从表 3 可知,南川方竹笋中含有 17 种氨基酸,总值为 20.41 g/100 g,种类齐全,含量丰富,其中人

体必需氨基酸有 7 种,共 8.16 g/100 g,占氨基酸总量的 39.9%,比例高于毛竹、寿竹、苦竹等^[9-11]。必需氨基酸中亮氨酸含量最高,其次为赖氨酸、缬氨酸,蛋氨酸含量最低。非必需氨基酸中谷氨酸含量最高,其次为天门冬氨酸,半胱氨酸含量最低。

表 3 南川方竹笋氨基酸含量(干重) %

必需氨基酸	平均值	非必需氨基酸	平均值
赖氨酸	1.33	丝氨酸	0.934
缬氨酸	1.29	谷氨酸	3.07
蛋氨酸	0.491	甘氨酸	1.21
异亮氨酸	1.02	丙氨酸	1.53
亮氨酸	1.87	半胱氨酸	0.195
苏氨酸	0.987	天门冬氨酸	2.12
苯丙氨酸	1.17	酪氨酸	0.838
总必需氨基酸	8.16	组氨酸	0.523
总非必需氨基酸	12.66	精氨酸	0.614
总氨基酸	20.41	脯氨酸	1.21

3.2 方竹笋矿质元素分析

3.2.1 常见矿质元素

矿质元素是指除碳、氢、氧以外,主要由根系从土壤中吸收的元素,缺少这类元素植物将不能健康生长。矿质元素在人体中具有重要的生理功能,对于维持正常的人体健康发挥着积极作用。南川方竹笋中含有多种矿质元素,主要元素含量特征值见表 4。大量元素含量由高至低依次是 K>N>P>S>Ca>Mg>Si,微量元素由高至低依次是 Zn>Fe>Mn>Cu>B>Ni>Mo。与竹笋类食品相比,南川方竹笋中 K、P、Zn、Cu、Ca、Mg 平均含量较高。与全国 18 种常见新鲜蔬菜相比,南川方竹笋中 K、P、Zn、Cu 平均含量明显偏高,其中 K 含量平均值(0.460%)是 18 种蔬菜中 K 含量平均值(0.161%)的 2.86 倍,其最小值 0.210%也高于蔬菜平均值;Zn、Cu 含量平均值也是

18 种蔬菜平均值的 2 倍以上。由此可见,南川方竹笋富含多种矿质元素,尤以 K、Zn、Cu 最为丰富。

K 对维持机体的正常功能非常重要,它主要存在于人体骨骼和肌肉中,人体一旦缺 K,正常的运动就会受到影响。Zn 在人体生理与营养功能方面发挥着重要的作用,与 80 多种酶的活性存在密切关系,被称为生命元素,缺锌可引起侏儒、溃疡、炎症、白发、龈齿等。Cu 是许多酶的组成成分,能帮助骨骼、血红蛋白、红细胞的形成,缺铜可引起贫血、心血管损伤、冠心病、脑障碍等。南川金佛山方竹笋可以作为一种补充人体内 K、Zn、Cu 的蔬菜食用。

3.2.2 方竹笋中的 Se、Ge

从表 5 可知,南川方竹笋 Se 含量范围为 0.158×10⁻⁶~0.647×10⁻⁶(干重),平均值高达 0.316×10⁻⁶,远远高于重庆渝北富硒区蔬菜 Se 平均值 0.098

表 4 南川方竹笋矿质元素含量(鲜重)

	元素	含量范围	平均值	竹笋 ^[13]	常见蔬菜 ^[13]
大量元素含量/%	N	0.054~0.145	0.109		
	P	0.028~0.074	0.061	0.036	0.032
	K	0.210~0.565	0.460	0.3	0.161
	S	0.015~0.036	0.028		
	Ca	0.007~0.035	0.022	0.008	0.035
	Mg	0.004~0.012	0.009	0.008	0.018
	Si	0.003~0.008	0.005		
微量元素含量/10 ⁻⁶	Fe	1.95~6.32	4.58	24	8.93
	Mn	0.412~5.24	2.21	7.8	2.01
	Mo	0.030~0.223	0.115		
	Cu	0.635~2.50	1.81	1.5	0.744
	Zn	2.72~9.64	6.9	4.3	3.11
	B	0.222~0.647	0.470		
	Ni	0.038~0.362	0.171		

注:18 种常见蔬菜为大白菜、萝卜、土豆、洋葱头、菠菜、芹菜、莴笋、韭菜、蒜薹、冬瓜、黄瓜、生菜、茄子、番茄、四季豆、豇豆、丝瓜、大葱。

表 5 南川方竹笋 Se、Ge 含量

指标		平均值	含量范围	富硒标准	富硒率/%
Se 含量/ 10^{-6}	干重	0.316	0.158~0.647	0.01~0.9	73
	鲜重	0.017	0.006~0.042		
Ge 含量/ 10^{-6}	干重	0.02	0.011~0.048		
	鲜重	0.001	0.0002~0.0018		

$\times 10^{-6}$ ^[14]。根据前人研究成果,蔬菜作物中大蒜 Se 含量最高,可达 0.276×10^{-6} ^[15],南川方竹笋中 Se 平均值略高于该值。按照《中国富硒食品硒含量标准分类 (HB 001T-2013 试行)》中新鲜蔬菜富硒标准^[16],即蔬菜中 Se 含量 $0.01 \times 10^{-6} \sim 0.9 \times 10^{-6}$ 属于富硒,所采方竹笋富硒率为 73%,高于 50%,属富硒食品^[14]。近年来,富硒产品广受青睐,已经兴起了一种“补硒热”,食用天然的富硒农产品是一种最安全有效的补硒途径。很多学者通过农产品 Se 研究,已经在湖北恩施、江苏、青海、江西、重庆等地发现了富硒稻米、富硒茶叶、富硒大蒜、富硒辣椒、富硒西瓜等多种粮食、水果或蔬菜作物^[17-20]。南川方竹笋在其较高营养品质之上又增加了富硒特色,成为一种优质富硒食品,将会提高经济价值,促进当地农民增收。

南川方竹笋Ge含量干重范围为 $0.006 \times 10^{-6} \sim 0.048 \times 10^{-6}$,平均值为 0.020×10^{-6} 。植物 Ge 研究还在起步阶段,当前尚无富锗食品标准。普通蔬菜锗含量干重范围为 $0.001 \times 10^{-6} \sim 0.120 \times 10^{-6}$ ^[21],贵州

省沿河县茶叶、洋芋等农产品中 Ge 含量达 0.357×10^{-6} ^[22]。南川方竹笋 Ge 含量并不高,不能称为富锗食品,只可作为一般 Ge 源。

3.3 方竹笋食用安全评价

方竹笋的安全性在其品质评价中首当其冲,如不安全,营养品质也就失去了意义。安全品质也称卫生品质,是指生物体内所含重金属等有害物质的含量及潜在健康威胁。

笔者就 As、Cd、Cr、Hg、Pb 共 5 种重金属元素对方竹笋的安全影响进行了评价。按照《食品安全国家标准食品中污染物限量》(GB 2762-2017)新鲜蔬菜(块茎根)标准^[23],方竹笋样品中这 5 种重金属元素均未超标,符合食品安全要求(表 6)。重金属含量从高到低依次为 $Cr>Pb>As>Cd>Hg$,含量较低的 As、Cd、Hg 最大值远低于限量值,含量最大的 Cr 最大值仍远低于限量值,而含量较大的 Pb 最大值接近于限量值,该元素可能对方竹笋食用安全性具有潜在威胁。整体来看,南川方竹笋目前安全性尚符合标准,可以放心食用。

表 6 南川方竹笋 5 种重金属含量值(鲜重)

元素	含量范围/ 10^{-6}	平均值/ 10^{-6}	限量标准/ 10^{-6}
As	0.0009~0.0099	0.0044	0.5
Hg	0.0001~0.0006	0.0003	0.01
Cd	0.0008~0.0151	0.0033	0.1
Cr	0.0084~0.0453	0.0153	0.5
Pb	0.0043~0.0999	0.0143	0.1

3.4 方竹笋立地土壤养分评价

土壤是影响植物生长和品质的重要因素之一,植物生长所需营养元素绝大部分是通过根系从土壤中吸收。方竹笋立地土壤中养分的丰缺及特色有益元素硒、锗的分布对营养品质起关键作用。

3.4.1 土壤有机质和常见矿质元素

南川方竹笋立地土壤有机质和必需养分矿质元素含量见表 7。土壤有机质是土壤的重要属性,能够提供作物生长发育需要的多种养分^[24],南川方竹笋立地土壤有机质含量范围为 1.02%~7.93%,平均值为 3.43%。根据全国第二次土壤普查标准土壤养分分级标准^[25],该产地土壤有机质总体属较丰富水平,为方竹笋健康生长提供了营养基础。

结合全国第二次土壤普查土壤大量元素和全国多目标区域地球化学调查中微量元素养分等级划分标准^[25-26],从元素平均含量看,N、P、MgO、S、Fe₂O₃、Mn、Mo、Cu、Zn 等绝大多数元素营养等级丰富,仅 B 较丰富,K、CaO 处中等水平。从各元素含量分布范围看,全部样品的 Mo、Cu、Zn 养分等级均达丰富水平,N、P、S、Mn 养分等级均为中等以上。金佛山海拔较高,植被茂密,大量枯枝落叶进入土壤,构成了充足的方竹笋养分来源,培育了南川金佛山方竹笋“营养丰富”的独特品质。

3.4.2 有益元素 Se、Ge 分布

方竹笋立地土壤特色有益元素 Se、Ge 含量分布见表 8。土壤 Se 平均值为 1.67×10^{-6} ,明显高于重

表 7 方竹笋立地土壤矿质元素含量分布			
指标	含量范围	平均值	营养等级
有机质	1.02~7.93	3.43	较丰富
N	1.17~9.17	4.13	丰富
P	0.632~1.93	1.12	丰富
K	7.1~26.1	17.1	中等
CaO	0.192~7.33	1.52	中等
MgO	0.780~9.38	2.34	丰富
Fe ₂ O ₃	3.45~13.7	8.83	丰富
S	218~1794	796	丰富
B	26.2~122	59.7	较丰富
Mn	525~2474	1395	丰富
Mo	1.58~4.31	2.57	丰富
Cu	23.4~91.1	49.8	丰富
Zn	70.8~174	123	丰富

注:有机质、Cao、MgO、Fe₂O₃ 含量单位为%,N、P、K 含量单位为 10⁻³,S、B、Mn、Mo、Cu、Zn 含量单位为 10⁻⁶

表 8 方竹笋立地土壤 Se、Ge 元素含量特征			
元素	含量范围/10 ⁻⁶	平均值/10 ⁻⁶	等级
Se	0.543~2.97	1.67	富硒
Ge	0.73~2.04	1.47	较丰富

庆地区土壤硒平均值 0.242×10^{-6} ^[14] 和全国土壤硒平均值 0.290×10^{-6} ^[27]。按谭见安等土壤硒元素分级标准^[28]:Se 含量 $\geq 3.0 \times 10^{-6}$ 为过量,($0.4 \sim 3.0$) $\times 10^{-6}$ 为富硒,($0.25 \sim 0.4$) $\times 10^{-6}$ 为足硒,($0.175 \sim 0.25$) $\times 10^{-6}$ 为一般,($0.125 \sim 0.175$) $\times 10^{-6}$ 为低硒,Se 含量 $<0.125 \times 10^{-6}$ 为缺硒,所有土壤样品均为富硒土

表 9 方竹笋产地土壤环境地球化学等级分布										
指标	清洁		轻微超标		轻度超标		中度超标		重度超标	
	样本	比例/%	样本	比例/%	样本	比例/%	样本	比例/%	样本	比例/%
As	17	34	33	66	0	0	0	0	0	0
Cd	12	24	11	22	7	14	10	20	10	20
Cr	32	64	18	36	0	0	0	0	0	0
Cu	25	50	25	50	0	0	0	0	0	0
Hg	41	82	9	18	0	0	0	0	0	0
Ni	19	38	31	62	0	0	0	0	0	0
Pb	50	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	50	100	0	0	0	0	0	0	0	0

4 结论

- 1) 在基本营养品质方面,南川方竹笋含水率、总糖、蛋白质含量较高,氨基酸种类齐全且含量丰富;南川方竹笋含有多种人体健康不可缺少的矿质元素,其中 K、Zn、Cu 含量均高于竹笋类及常见的蔬菜。
- 2) 南川方竹笋 Se 含量高,样品富硒率达 73%,属于富硒食品。立地土壤 Se 含量范围为 $0.543 \times$

壤,这可能是南川方竹笋富硒的根本原因。

土壤 Ge 平均含量为 1.47×10^{-6} ,高于全国土壤锗平均值 1.30×10^{-6} ^[29]。目前国内外没有专门的富锗土壤评价标准,杨忠芳等对土壤多种养分等级划分中^[28],将 Ge 以 1.2×10^{-6} 、 1.3×10^{-6} 、 1.4×10^{-6} 、 1.5×10^{-6} 为界,分为较缺乏、缺乏、中等、较丰富、丰富五个等级。按照该标准,立地土壤中 Ge 平均值达较丰富水平。但方竹笋中锗含量并不高,可能与土壤锗的有效态、方竹笋对锗的吸收能力有关,或者该锗丰缺标准对本区不适,在将来还需要进行大量的研究工作。

3.5 方竹笋立地土壤环境质量评价

产地土壤不仅会为方竹笋提供生长所需的营养有益元素,土壤中的重金属等有毒有害元素也会直接危害方竹笋质量安全。

按照 GB15618-2008 土壤环境质量标准(修订版),评价得出了方竹笋产地土壤 8 种重金属质量等级,见表 9。该区土壤环境质量总体较好,Pb、Zn 环境质量等级均为清洁,As、Cr、Cu、Hg、Ni 为清洁和轻微超标。Cd 环境质量较差,存在 40%的中度至重度超标样品。但上文得出方竹笋中 Cd 含量并不高,符合食品安全要求,推断土壤中 Cd 的可利用态较少,或者方竹笋对 Cd 的吸收能力较弱。

$10^{-6} \sim 2.97 \times 10^{-6}$,属富硒土壤,是方竹笋富硒的根本原因。方竹笋 Ge 含量一般,应不属于富 Ge 食品。

3) 食品安全与人类健康息息相关,是人们日常生活中密切关注的环境问题。南川金佛山方竹笋中 As、Cd、Cr、Hg、Pb 这 5 种重金属元素达到了国家规定的食品安全标准,是一种无公害产品。

4) 南川方竹笋立地土壤养分中有机质和多数营养元素含量丰富或较丰富,仅 K、CaO 属中等水平。土壤环境质量总体较好,Cd 存在超标情况,但并未影响方竹笋的安全品质。

参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第九卷第一分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 338-340.

[2] 涂华芬. 桐梓县金佛山方竹生物学特性及母竹栽培管理方法[J]. 生物技术世界, 2014: 34.

[3] 吴鹏, 丁访军, 殷建强, 等. 施肥对金佛山方竹竹笋的影响[J]. 竹子研究汇刊, 2010, 29(4): 28-31.

[4] 张万萍, 杨民, 孙际珊. 贵州不同山地竹笋品质分析研究[J]. 山地农业生物学报, 2010, 29(2): 130-134.

[5] 廖林. 贵州金沙方竹笋氨基酸含量分析[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(14): 4444-4446.

[6] 张仁固, 李明, 汪晓晴, 等. 南川方竹笋特殊品质形成原因初探[J]. 世界竹藤通讯, 2010, 8(1): 30-33.

[7] 齐玉薇, 史长义. 硒的生态环境与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2005, 22(2): 63-68.

[8] 梁轩, 刘福柱. 锗——人体重要的保健微量元素[J]. 食品科技, 2006(6): 65-66.

[9] 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: 494-499.

[10] 黄成林, 杨永峰. 苦竹竹笋主要营养成分和微量元素的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2006, 25(3): 32-35.

[11] 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.

[12] 王逸之, 董文渊, Andrew Kouba, 等. 巴山木竹笋和叶营养成分分析[J]. 林业科技开发, 2012, 26(6): 47-50.

[13] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表(全国分省值)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991.

[14] 严明书, 张茂忠, 唐将, 等. 重庆渝北地区表层土壤硒含量分布与农业经济意义[J]. 地球与环境, 2012, 40(4): 589-594.

[15] 康雅. 大蒜的营养成分及其保健功能[J]. 中国食物与营养, 2010(9): 75-77.

[16] 中国食品工业协会花卉食品专业委员会. HB001T-2013 中国富硒食品硒含量标准分类[S]. 2013.

[17] 严明书, 龚媛媛, 杨乐超, 等. 重庆土壤硒的地球化学特征及经济意义[J]. 物探与化探, 2014, 38(2): 325-328.

[18] 李卫东, 万海英, 朱云芬, 等. 恩施州天然硒资源特征及其开发利用研究进展[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 545-550.

[19] 廖启林, 任静华, 许伟伟, 等. 江苏宜溧富硒稻米产区地质地球化学背景[J]. 中国地质, 2016, 43(5): 1791-1800.

[20] 刘超, 王晋民, 魏廷珍, 等. 青海乐都富硒区 6 种主要蔬菜富硒能力研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2014, 42(5): 157-160.

[21] 寿红霞, 陆龙根, 蒋海萍, 等. 不同地区的大蒜和中草药等植物中锗含量的测定[J]. 微量元素与健康研究, 2000, 17(1): 56-57.

[22] 刘艳娟. 贵州省沿河县土壤及特色农产品硒锌锗调查研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2009.

[23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 2762-2017 食品安全国家标准食品中污染物限量[S]. 2017.

[24] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 32.

[25] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992.

[26] 中华人民共和国国土资源部. DZ/T0295-2016 土地质量地球化学评价规范[S]. 2016.

[27] 王云, 魏复盛. 土壤环境元素化学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995: 25-33.

[28] 谭见安, 李日邦. 环境硒与健康[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1989.

[29] 鄯明才, 顾铁新, 迟清华, 等. 中国土壤化学元素丰度与表生地球化学特征[J]. 物探与化探, 1997, 21(3): 161-167.

Evaluation of nutritional and safe quality of Chimonobambusa utilis bamboo shoots and the surrounding soil in Nanchuan, Chongqing

BAO Li-Ran, JIA Zhong-Min, LI Yu, WANG Jia-Bin

(Chongqing Key Laboratory of Land Quality Geological Survey, Southeast Sichuan Geological Group, Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 400038, China)

Abstract: To understand the nutritional quality, safe quality and growing environment of Chimonobambusa utilis in Nanchuan, Chongqing, the authors analyzed the basic nutritional components, mineral elements and heavy metal elements of Chimonobambusa utilis bamboo shoots, and evaluated the grade of nutrient elements, environmental quality, and Se and Ge in the surrounding soil. The results show that the concentrations of moisture, protein, total sugar, K, Zn and Cu of Chimonobambusa utilis bamboo shoots were high. The bamboo shoots contain 17 kinds of amino acids, and essential amino acids account for 39.9%. Chimonobambusa utilis bamboo shoots are Se-rich food, with the content of Se $0.006 \times 10^{-6} \sim 0.042 \times 10^{-6}$ and Se-rich rate 73%. The bamboo shoots are not Ge-rich food, with the content of Ge being $0.0002 \times 10^{-6} \sim 0.0018 \times 10^{-6}$. The soil nutrients in the surrounding soil are abundant. Except for K and CaO, the nutrient grades are all relatively rich or rich and the content of Se in soil is high. Some Cd elements in the soil exceed the standard which do not affect the safety quality of the bamboo shoots, and other heavy metals are better in environmental quality.

Key words: Chimonobambusa utilis bamboo shoot; nutrient component; mineral elements; soil nutrient

(本文编辑: 蒋实)