

童龙,张磊,李彬,等.覆土栽培对绿竹笋品质与适口性的影响[J].江西农业大学学报,2018,40(3):487-493.

# 覆土栽培对绿竹笋品质与适口性的影响

童 龙,张 磊<sup>1</sup>,李 彬<sup>1</sup>,耿养会<sup>1</sup>,王 玲<sup>2</sup>,陈丽洁<sup>1\*</sup>

(1.重庆市林业科学研究院,重庆 400036;2.重庆市荣昌县林业局,重庆 荣昌 402460)

**摘要:**为培育出高品质的绿竹笋,提高绿竹林的经济效益,通过测定覆土和不覆土栽培下绿竹笋的外观形态和可食率、营养物质、纤维素类物质和主要呈味物质、氨基酸含量及占比,分析不同栽培措施对绿竹笋的品质和适口性的影响。结果表明:覆土后绿竹笋个体质量、基径、长度和可食率分别比不覆土栽培增加了 21.32%、13.55%、19.36%和 68.06%,且均达到差异显著水平;覆土后绿竹笋蛋白质和脂肪含量分别比不覆土栽培降低了 26.63%和 60.84%,而可溶性糖和水分含量分别比不覆土栽培提高了 16.81%和 1.90%;覆土栽培后绿竹笋内总酸、单宁、草酸、纤维素和木质素分别比不覆土栽培降低了 60.08%、42.62%、44.83%、34.71%和 60.93%;苦味、鲜味、甜味和芳香类氨基酸含量均升高,但苦味氨基酸占比则显著降低。综合分析认为,覆土栽培显著改善了绿竹笋的外观形态和笋的质量,使得绿竹笋的鲜味、香味和甜味增加,苦味、涩味和粗糙度降低,绿竹笋的品质和适口性得到了显著的改善。

**关键词:**绿竹;覆土栽培;品质;适口性

中图分类号:S644.2 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2018)03-0487-07

## Influence of Soil-Covered Cultivation on Quality and Palatability of *Dendrocalamopsis oldhami* Shoot

TONG Long<sup>1</sup>, ZHANG Lei<sup>1</sup>, LI Bin<sup>1</sup>, GENG Yang-hui<sup>1</sup>,  
WANG Ling<sup>1</sup>, CHEN Li-jie<sup>1\*</sup>

(1.Chongqing Academy of Forestry, Chongqing 400036, China; 2.Forest Bureau of Rongchang County, Rongchang, Chongqing 402460, China)

**Abstract:** In order to cultivate high-quality *Dendrocalamopsis oldhami* shoot, improve economic efficiency of *Dendrocalamopsis oldhami* forests, the appearance and edible rate, nutrients, cellulose and main flavor substances, amino acid contents and their proportion of *Dendrocalamopsis oldhami* shoot from soil-covered bamboo cultivation stand were investigated. The result showed: compared with the non-covered stand, the individual quality, diameter, length and edible rate of the soil-covered stand increased by 21.32%, 13.55%, 19.36% and 68.06%, all reached a significant level; when covered with soil, the protein and fat contents of shoots decreased by 26.63% and 60.84% respectively, while the soluble sugar and moisture contents increased by 16.81% and 1.90% respectively; compared with the non-covered stand, the total acid, tannin, oxalic acid, cellulose and lignin of the soil-covered stand were reduced by 60.08%, 42.62%, 44.83%, 34.71% and 60.93%, respectively;

收稿日期:2017-09-08 修回日期:2017-10-17

基金项目:重庆市社会民生科技创新专项项目和重庆市中央财政林业科技推广示范项目(渝林科推[2015]11号)

Project supported by Chongqing Social and People's Livelihood Science and Technology Innovation Special Project and Chongqing City, the Central Government Forestry Science and Technology Demonstration Project (Chongqing Lynco Push[2015] No.11)

作者简介:童龙(1988—),男,硕士,主要从事竹林培育研究,tonglonglove@126.com; \*通信作者:陈丽洁,工程师,硕士,14011452@qq.com。

bitter, umami, sweet and aromatic amino acids increased, but the proportion of bitter amino acids decreased significantly. Comprehensive analysis showed, soil-covered cultivation can significantly improve the appearance quality of bamboo shoots, add flavor, fragrance and sweet taste, sour taste and reduce the roughness, hence improve the quality and palatability of *Dendrocalamopsis oldhami* shoots significantly.

**Keywords:** *Dendrocalamopsis oldhami*; soil-covered cultivation; shoot quality; shoot palatability

绿竹(*Dendrocalamopsis oldhami*)属禾本科(Granmineae)竹亚科(Bambusoideae)绿竹属(*Dendrocalamopsis*)植物,其在福建、广东等省区广泛栽培,并已在四川、重庆等地成功引种。绿竹具有生长快、发笋期长、成材早、产量高等特点,绿竹笋味甜美,材性优良,秆材可作为造纸材料,是我国南方优良的笋材两用竹种之一<sup>[1-2]</sup>。绿竹笋深受人们的喜爱,并且营养丰富,绿竹笋中含有多种人体所必需的氨基酸,相关研究显示,在 100 g 新鲜的绿竹笋中氨基酸含量就高达 2 g,同时绿竹笋中还含有多种人体所必需的微量元素,被人们誉为“保健食品”<sup>[3-4]</sup>。绿竹笋味鲜美,清凉解暑,同时具有降压、降脂、增强消化系统等功效,是夏秋两季深受人们喜爱的美味佳肴<sup>[5-6]</sup>。但绿竹笋质量较差的问题始终没有被重视起来,这就使得绿竹笋价格始终在市场上较低,经济价值难以体现<sup>[7]</sup>。目前,有关绿竹笋品质与适口性的研究还相对较少<sup>[8]</sup>,且笋内物质含量测定还不够全面。因此,本研究以不覆土栽培的绿竹笋为对照,从外观形态质量和营养物质、呈味物质、氨基酸含量等方面分析对比不同栽培措施下绿竹笋的品质和适口性,旨在为绿竹笋覆盖培育的的推广利用及高品质绿竹笋的生产提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地位于重庆市荣昌区古昌镇,位于东经 105°21'~105°53',北纬 29°25'~29°36'。全境地貌以浅丘为主,地势起伏平缓,土壤为黄棕壤,土地肥沃,海拔 42~1 185 m,地势为北高南低,中部相对较平坦,为浅切低山地,全年气候比较温和,全年平均气温 17.5 ℃,全年平均降水量为 1 162.1 mm,全年平均日照为 1 075 h。

### 1.2 试验设计及取样方法

绿竹林于 2011 年 3 月采用移栽母竹的方式进行造林,2014 年 2 月选择立地条件、地形及绿竹生长状况基本一致的绿竹林作为试验用林,随后对老竹进行砍伐,调整竹林结构,丛留竹 9 株,其中 1 a 生竹 4~5 株,2 a 生竹 3 株,3 a 生竹 2~3 株,所有样地管理方法相同。2016 年 3 月下旬对试验绿竹林进行覆土,绿竹林覆土高度以秆基为基准,覆土厚度分别为 0 cm(不覆土样地)和 20 cm(覆土样地),每个处理进行 5 个重复。2016 年 7 月中旬(出笋盛期)从不同栽培措施的绿竹林中随机挖取完整的绿竹笋各 20 株,逐个测量绿竹笋个体质量(g)、基径(cm)和长度(cm),然后剥去笋壳,称其质量,计算绿竹笋的可食率(%),另取不同栽培措施下绿竹笋样品约 500 g,放于冰盒中带回试验室,用于绿竹笋的营养物质和适口性等指标的测定。

### 1.3 测定指标及方法

分别把从不同栽培措施的试验样地中取回的绿竹笋剥去笋壳后,用组织捣碎机将绿竹笋打成匀浆,用于测定蛋白质、脂肪、可溶性糖、单宁、总酸、草酸和游离氨基酸等;同时取部分绿竹样品放于烘箱中并以 60 ℃烘干,研磨过 40 目筛,用于测定绿竹笋内的纤维素和木质素含量。其中,蛋白质含量的测定采用凯氏定氮法<sup>[9]</sup>,脂肪的测定采用索氏抽提法<sup>[10]</sup>,可溶性糖的测定采用铜还原碘量法<sup>[11]</sup>,草酸的测定采用反相高效液相色谱法<sup>[12]</sup>,单宁的测定采用福林酚比色法<sup>[13]</sup>,总酸的测定采用滴定法<sup>[14]</sup>,游离氨基酸的测定采用氨基酸分析仪进行<sup>[15]</sup>,纤维素和木质素的测定采用硫酸水解法<sup>[16]</sup>。

### 1.4 试验处理方法

试验数据在 Excel 2003 统计软件中进行整理和做表,用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析(One-

way ANOVA) 和新复极差法 (Duncan) 多重比较, 设定  $P < 0.05$  为显著性水平, 比较不同栽培措施下绿竹笋的各项指标的差异。试验中所有数据均采用均值 $\pm$ 标准差来表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培措施下绿竹笋外观形态和可食率比较

由表 1 可知, 覆土栽培后, 绿竹笋的个体质量、基径、长度和可食率均显著增加, 且与不覆土栽培下绿竹笋达到差异显著水平, 覆土后绿竹笋个体质量、基径、长度和可食率分别比不覆土栽培增加了 21.32%、13.55%、19.36% 和 68.06%。由此可知, 绿竹在覆土栽培以后, 笋的外观形态发生显著性变化, 同时笋的可食率也显著增加。

表 1 试验绿竹林绿竹笋外观形态与可食率

措施 Measure	个体质量/(g·株 <sup>-1</sup> ) Individual weight	基径/cm Shoot diameter	长度/cm Shoot length	可食率/% Edible rate
覆土 Soil covered stand	380.82 $\pm$ 27.89 <sup>a</sup>	8.34 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>	15.39 $\pm$ 0.98 <sup>a</sup>	57.52 $\pm$ 2.37 <sup>a</sup>
不覆土 Non-covered stand	299.63 $\pm$ 22.47 <sup>b</sup>	7.21 $\pm$ 0.69 <sup>b</sup>	12.41 $\pm$ 0.51 <sup>b</sup>	18.37 $\pm$ 1.36 <sup>b</sup>

同列不同小写字母表示差异性显著 ( $P < 0.05$ ), 下同

Different lowercase letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ), same as below

### 2.2 不同栽培措施下绿竹笋营养物质比较

由表 2 可知, 不同栽培措施下绿竹笋的各营养物质含量间存在显著差异。其中蛋白质和脂肪含量以覆土栽培下最低, 分别比不覆土栽培下绿竹笋降低了 26.63% 和 60.84%; 而可溶性糖和水分含量以覆土栽培下最高, 分别比不覆土栽培下绿竹笋提高了 16.81% 和 1.90%。由此可知, 与不覆土栽培下绿竹笋相比, 覆土栽培绿竹笋虽然蛋白质和脂肪含量有所降低, 但是笋的甜味有所增加。

表 2 试验绿竹林绿竹笋营养物质

措施 Measure	蛋白质/% Protein	可溶性糖/% Soluble sugar	脂肪 Fat	水分 Water content
覆土 Soil covered stand	1.35 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	1.19 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.56 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	91.26 $\pm$ 0.65 <sup>a</sup>
不覆土 Non-covered stand	1.84 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	0.99 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	1.43 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	89.53 $\pm$ 0.79 <sup>b</sup>

### 2.3 不同栽培措施下绿竹笋适口性比较

木质素、纤维素和呈味物质含量及其比例组成对笋的适口性有着重要的影响<sup>[17-19]</sup>, 通常情况下, 果实及竹笋内单宁和草酸的含量在很大程度上能够影响其口味<sup>[20-21]</sup>, 同时它们的存在还会影响人体内蛋白质的吸收<sup>[22]</sup>和金属离子的代谢<sup>[23]</sup>。由表 3 可知, 覆土栽培下绿竹笋内纤维素类物质和主要呈味物质均显著低于不覆土栽培。覆土栽培下, 绿竹笋内总酸、单宁、草酸、纤维素和木质素分别比不覆土栽培降低了 60.08%、42.62%、44.83%、34.71% 和 60.93%。由此可知, 覆土栽培下绿竹笋的适口性要显著高于不覆土栽培。

覆土栽培下苦味氨基酸的含量有所升高但 2 种栽培措施下绿竹笋内苦味氨基酸的含量差异不显著, 覆土栽培下绿竹笋的鲜味氨基酸、甜味氨基酸及芳香味氨基酸的含量均显著高于不覆土栽培绿竹, 其分别是不覆土栽培下绿竹笋内含量的 1.93 倍、1.98 倍和 1.40 倍(表 4 和表 5)。覆土栽培下绿竹笋的苦味氨基酸含量虽高于不覆土栽培下绿竹笋含量, 但是其苦味氨基酸占比与不覆土栽培相比降低了

19.78%,且达到差异显著水平,鲜味氨基酸和甜味氨基酸占比均显著增加,分别比不覆土栽培增加了13.58%和16.70%,芳香味氨基酸占比2种栽培措施下差异不显著(表6和表7)。由此综合分析可知,覆土栽培可以显著改善绿竹笋的品质。

表 3 试验绿竹林绿竹笋纤维素类物质和主要呈味物质

Tab.3 Cellulosic substances and mainly flavoured substances of *Dendroclamopsis oldhami* shoots from experimental stand

措施 Measure	总酸/(g·kg <sup>-1</sup> ) Total acid	单宁/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Tannin	草酸/(mg·g <sup>-1</sup> ) Oxalate	纤维素/(mg·g <sup>-1</sup> ) Cellulose	木质素/(mg·g <sup>-1</sup> ) Lignin
覆土 Soil covered stand	0.95±0.11 <sup>b</sup>	767.50±64.43 <sup>b</sup>	0.16±0.01 <sup>b</sup>	6.47±0.89 <sup>b</sup>	1.93±0.29 <sup>b</sup>
不覆土 Non-covered stand	2.38±0.38 <sup>a</sup>	1337.66±172.60 <sup>a</sup>	0.29±0.04 <sup>a</sup>	9.91±1.54 <sup>a</sup>	4.94±0.13 <sup>a</sup>

表 4 覆土栽培下绿竹笋呈味氨基酸含量

Tab.4 The amino acid content of *Dendroclamopsis oldhami* shoots under soil was covered mg/g

项目 Item	苦味氨基酸 Bitter amino acid		鲜味氨基酸 Umami amino acid		甜味氨基酸 Sweet amino acid		芳香类氨基酸 Aromatic amino acids	
覆土 Soil covered stand	异亮氨酸	0.127	天冬氨酸	0.298	苏氨酸	0.231	酪氨酸	0.274
	亮氨酸	0.262	谷氨酸	0.497	丝氨酸	0.533	苯基丙氨酸	0.180
	酪氨酸	0.274			甘氨酸	0.118		
	苯基丙氨酸	0.180			丙氨酸	0.705		
	缬氨酸	0.182			脯氨酸	0.201		
合计 Total	1.025±0.11 <sup>a</sup>		0.795±0.06 <sup>a</sup>		1.788±0.01 <sup>a</sup>		0.454±0.05 <sup>a</sup>	

表 5 不覆土栽培下绿竹笋呈味氨基酸含量

Tab.5 The amino acid content of *Dendroclamopsis oldhami* shoots under soil was not covered mg/g

项目 Item	苦味氨基酸 Bitter amino acid		鲜味氨基酸 Umami amino acid		甜味氨基酸 Sweet amino acid		芳香类氨基酸 Aromatic amino acids	
不覆土 Non-covered stand	异亮氨酸	0.101	天冬氨酸	0.174	苏氨酸	0.146	酪氨酸	0.169
	亮氨酸	0.232	谷氨酸	0.238	丝氨酸	0.309	苯基丙氨酸	0.156
	酪氨酸	0.169			甘氨酸	0.062		
	苯基丙氨酸	0.156			丙氨酸	0.312		
	缬氨酸	0.094			脯氨酸	0.073		
合计 Total	0.752±0.17 <sup>a</sup>		0.412±0.03 <sup>b</sup>		0.902±0.09 <sup>b</sup>		0.325±0.04 <sup>b</sup>	

表 6 覆土栽培下绿竹笋呈味氨基酸含量占比

Tab.6 The taste amino acid content ratio of *Dendroclamopsis oldhami* shoots under soil was cultivated %

项目 Item	苦味氨基酸 Bitter amino acid		鲜味氨基酸 Umami amino acid		甜味氨基酸 Sweet amino acid		芳香类氨基酸 Aromatic amino acids	
覆土 Soil covered stand	异亮氨酸	3.13	天冬氨酸	7.34	苏氨酸	5.69	酪氨酸	6.75
	亮氨酸	6.45	谷氨酸	12.24	丝氨酸	13.12	苯基丙氨酸	4.43
	酪氨酸	6.75			甘氨酸	2.90		
	苯基丙氨酸	4.43			丙氨酸	17.36		
	缬氨酸	4.48			脯氨酸	4.95		
合计 Total	25.23±2.11 <sup>b</sup>		19.57±1.01 <sup>a</sup>		44.02±3.56 <sup>a</sup>		11.18±1.37 <sup>a</sup>	

表7 不覆土栽培下绿竹笋呈味氨基酸占比

Tab.7 The taste amino acid content ratio of *Dendroclamopsis oldhami* shoots under soil was not covered %

项目 Item	苦味氨基酸 Bitter amino acid	鲜味氨基酸 Umami amino acid	甜味氨基酸 Sweet amino acid	芳香类氨基酸 Aromatic amino acids
不覆土 Non-covered stand	异亮氨酸 4.22	天冬氨酸 7.28	苏氨酸 6.11	酪氨酸 7.07
	亮氨酸 9.70	谷氨酸 9.95	丝氨酸 12.92	苯基丙氨酸 6.52
	酪氨酸 7.07		甘氨酸 2.59	
	苯基丙氨酸 6.52		丙氨酸 13.05	
	缬氨酸 3.93		脯氨酸 3.05	
合计 Total	31.45±2.34 <sup>a</sup>	17.23±1.12 <sup>b</sup>	37.72±1.65 <sup>b</sup>	13.59±1.49 <sup>a</sup>

### 3 讨论与总结

本研究表明,绿竹在覆土栽培后,其笋的个体质量、基径、长度和可食率均显著增加,说明覆土栽培对绿竹笋的外观形态和可食率均产生了显著的影响。绿竹笋内蛋白质和脂肪的含量显著降低,这可能与覆土后绿竹笋在土壤中生长的深度有所增加,其在土中的温度相对降低,引起绿竹笋对N素的吸收量下降,同时绿竹笋体增大导致N素消耗与养分稀释作用有关<sup>[24]</sup>。绿竹笋苦味、鲜味、甜味和芳香类氨基酸含量在覆土栽培后均明显升高,苦味氨基酸含量虽然增加,但与不覆土差异不显著( $P>0.05$ ),而苦味氨基酸占比显著下降且达到差异显著水平( $P<0.05$ ),使得绿竹笋口感得到了显著的改善。通常情况下,竹笋的品质包括外观品质、营养品质以及竹笋风味等,竹笋的品质不仅受到竹子自身遗传物质的影响,同时与竹子的栽培措施和生长环境有着密切的关系<sup>[25-26]</sup>。已有相关研究表明光照对植物体内的酚酸和单宁含量有着显著的影响<sup>[27-28]</sup>,经过不同程度的遮光可以使得缺苞箭竹(*Fargesia denudate*)竹笋内的酚类化合物含量和笋的口感发生显著的改变<sup>[29]</sup>,光照和食物苦涩味的草酸合成之间存在着密切的关系<sup>[30]</sup>,仍有相关研究显示,光质不同也能够一定程度上改变植物体内的草酸含量<sup>[31]</sup>,同时能够影响食物的鲜爽及其他口味的氨基酸含量,在不同的光照条件下植物体内的氨基酸含量也不尽相同<sup>[32]</sup>,这些研究都证实了植物的口味品质与光照密切相关。本研究同样发现覆土栽培后(即绿竹笋不见光),绿竹笋内总酸、单宁、草酸、纤维素和木质素均显著下降,而可溶性糖和水分含量增加,这可能是因为覆土栽培后绿竹笋生长区域的土壤含水量相对充裕,土壤温度相对较低,笋芽处于“暗形态建成”等,从而影响绿竹笋内的碳水化合物代谢,这种作用在一定程度上促进了绿竹笋内糖类物质合成,抑制纤维素、木质素和苦涩味物质单宁、草酸等合成,从而明显提高了绿竹笋的适口性。

综上所述,绿竹在覆土栽培后,对其竹笋的品质和适口性均有明显的提高作用,从而增加了绿竹林的经济效益。由此可见,绿竹覆土栽培是项投入少,操作简单,能够显著提高笋品质的实用技术,在绿竹分布区可以规模化推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 郑蓉,方伟,郑维鹏,等.绿竹研究[J].竹子研究汇刊,2007,26(1):20-26.  
Zheng R, Fang W, Zheng W P, et al. Research progress in *Dendroclamopsis oldhami* [J]. Journal of Bamboo Research, 2007, 26(1): 20-26.
- [2] 李谦,周本智,安艳飞,等.绿竹根系分布及生物力学性质[J].应用生态学报,2014,25(5):1319-1326.  
Li Q, Zhou B Z, An Y F, et al. Root system distribution and biomechanical characteristics of *Bambusa oldhami* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(5): 1319-1326.
- [3] 曹群根,冯世祥,何月祥.不同覆盖物对雷竹林笋生产的影响[J].林业科学研究,1995,8(1):39-43.  
Cao Q G, Feng S X, He Y X. Effects of Floor-covering material on the shoot production in the stands of *phyllostachys praecox* Chu et Chao [J]. Forest Research, 1995, 8(1): 39-43.
- [4] 何元荪,何晓东,董立.毛竹春笋早出高产高效技术研究[J].浙江林业科技,1998,18(5):31-38.

- He Y S, He X D, Dong L. Studies on techniques for early-emergence, high-efficiency and high-yield of spring *Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens* shoot [J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 1998, 18(5): 31-38.
- [5] 吴寿国, 余学军, 李凯, 等. 海盐对绿竹叶片反射光谱及叶绿素荧光参数的影响 [J]. 生态学报, 2014, 34(17): 4920-4930.
- Wu S G, Yu X J, Li K, et al. Effects of sea salt stress on reflectance spectrum and chlorophyll fluorescence parameters in *Bambusa oldhamii* leaves [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(17): 4920-4930.
- [6] 潘文忠. 绿竹笋用林培土措施对笋品质及产量的影响研究 [J]. 世界竹藤通讯, 2007, 5(4): 38-41.
- Pan W Z. Study on the effect of land cultivation on shoot quality and output of *Dendrocalamopsis oldhami* [J]. World Bamboo Rattan, 2007, 5(4): 38-41.
- [7] 白瑞华, 丁兴萃, 杜旭华, 等. 套袋栽培对高节竹笋品质的影响 [J]. 浙江林业科技, 2011, 31(1): 64-67.
- Bai R H, Ding X C, Du X H, et al. Influence of covering black film-bags on quality of *Phyllostachys prominens* shoot [J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2011, 31(1): 64-67.
- [8] 汪奎宏, 李琴, 高小辉, 等. 竹类资源利用现状及深度开发 [J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(4): 72-75.
- Wang K H, Li Q, Gao X H, et al. Present utilization situation and deep exploitation of bamboo resources [J]. Journal of Bamboo Research, 2000, 19(4): 72-75.
- [9] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.6-2003 食品中脂肪的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- Ministry of Health of People's Republic of China. GB/T 5009.6-2003 determination of fat in foods [S]. Beijing: China Standard Press, 2003.
- [10] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.5-2010 食品中蛋白质的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- Ministry of Health of People's Republic of China. GB/T 5009.5-2010 determination of protein in food [S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2010.
- [11] 中华人民共和国农业部. NY/T 1278-2007 蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- People's Republic of China Ministry of Agriculture. Determination of soluble sugar in NY/T 1278-2007 vegetable and its products [S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2007.
- [12] 俞乐, 彭新湘, 杨崇, 等. 反相高效液相色谱法测定植物组织及根分泌物中草酸 [J]. 分析化学, 2002, 30(9): 1119-1122.
- Yu L, Peng X X, Yang C, et al. Determination of oxalic acid in plant tissue and root exudate by reversed phase high performance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2002, 30(9): 1119-1122.
- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T 1600-2008 水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY/T 1600-2008 determination of tannin content in fruits, vegetables and their products [S]. Beijing: China Standard Press, 2008.
- [14] 中华人民共和国卫生部. GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- Ministry of Health of People's Republic of China. GB/T 12456-2008 determination of total acid in foods [S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2008.
- [15] 莫润宏, 汤富彬, 丁明, 等. 氨基酸分析仪法测定竹笋中游离氨基酸 [J]. 化学通报, 2012, 75(12): 1126-1131.
- Mo R H, Tang F B, Ding M, et al. Determination of free amino acids in bamboo shoot by amino acids analyzer [J]. Chemistry Bulletin, 2012, 75(12): 1126-1131.
- [16] 王玉万, 徐文玉. 木质纤维素固体基质发酵物中半纤维素、纤维素和木素的定量分析程序 [J]. 微生物学通报, 1987, 14(2): 35-38.
- Wang Y W, Xu W Y. Quantitative analysis procedure of hemicellulose, cellulose and lignin in solid matrix of lignocellulose [J]. Microbiology Communication, 1987, 14(2): 35-38.
- [17] 赵树田, 张士青. 草酸代谢酶的研究进展 [J]. 上海交通大学学报(医学版), 2007, 27(10): 1274-1277.
- Zhao S T, Zhang S Q. Research advances on oxalate metabolism enzymes [J]. Journal of Shanghai Jiao Tong University (Medical Science), 2007, 27(10): 1274-1277.
- [18] Rita M, Sheryl B. Improvement of flavor and viscosity in hot and cold break tomato juice and sauce by peel removal [J]. Journal of Food Science, 2015, 80(1): 171-179.

- [19] Muir A D, Gruber M Y, Hinks C F, et al. Effect of condensed tannins in the diets of major crop insects [M] / Cross G G, Hemingway R W, Yoshida T. Plant polyphenols 2. Chemistry, biology, pharmacology, ecology. New York: Kluwer, 1999: 867-881.
- [20] Akagi T, Katayama-Ikegami A, Yonemori K. Proanthocyanidin biosynthesis of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) fruit [J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 130(21): 373-380.
- [21] Akagi T, Katayama-Ikegami A, Kobayashi S, et al. Seasonal abscisic acid signal and a basic leucine zipper transcription factor, DkbZIPS, regulate proanthocyanidin biosynthesis in persimmon fruit [J]. *Plant Physiology*, 2012, 158(2): 1089-1102.
- [22] 宁正祥, 赵谋明, 邝荣泽. 新鲜果蔬保健作用的探讨 [J]. *营养学报*, 1992, 14(3): 260-265.  
Ning Z X, Zhao M M, Kuang R Z. Effects of fresh vegetables and fruits on nitrite elimination and antioxidation [J]. *Acta Nutri Menta Sinica*, 1992, 14(3): 260-265.
- [23] Vander Wall S B. The evolutionary ecology of nut dispersal [J]. *The Botanical Review*, 2001, 67(1): 74-117.
- [24] 郭子武, 江志标, 陈双林, 等. 覆土栽培对高节竹笋品质的影响 [J]. *广西植物*, 2015, 35(4): 515-519.  
Guo Z W, Jiang Z B, Chen S L, et al. Influence of soil covered cultivation on shoot quality of *Phyllostachys prominens* [J]. *Guihaia*, 2015, 35(4): 515-519.
- [25] 朱元洪, 孙羲, 洪顺山. 施肥和土壤养分对毛竹笋营养成分的影响 [J]. *土壤学报*, 1991, 28(1): 40-49.  
Zhu Y H, Sun X, Hong S S. The effect of fertilization and soil fertility on the nutritive composition of bamboo (*Phyl. lostachys pubescense*) shoot [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 1991, 28(1): 40-49.
- [26] 林海萍, 姜培坤, 范良敏. 不同经营措施对雷竹笋的营养品质效应 [J]. *竹子研究汇刊*, 2004, 23(1): 21-23.  
Lin H P, Jiang P K, Fan L M. The affection of the cultivation ways on the quality of the *Phyllostachys praecox* f. *prevelnalis* shoot [J]. *Journal of Bamboo Research*, 2004, 23(1): 21-23.
- [27] Becerro M A, Paul V J. Effects of depth and light on secondary metabolites and cyanobacterial symbionts of the sponge *Dysidea granulosa* [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2004, 280(1): 115-128.
- [28] Ghasemzadeh A, Ghasemzadeh N. Effects of shading on synthesis and accumulation of polyphenolic compounds in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) varieties [J]. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 2011, 5(11): 35-42.
- [29] 李腾飞, 李俊清. 四川王朗自然保护区缺苞箭竹 (*Fargesia denudate*) 总酚含量及变化规律 [J]. *生态学报*, 2009, 29(8): 4512-4516.  
Li T F, Li J Q. Analysis of the concentration of total phenolics in *Fargesia denudate* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(8): 4512-4516.
- [30] Fujii N, Watanabe M, Watanabe Y, et al. Relationship between oxalate synthesis and glycolate cycle in spinach (*Spinacia oleracea*) [J]. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 1994, 62(4): 789-794.
- [31] 齐连东, 刘世琦, 许莉, 等. 光质对菠菜草酸、单宁及硝酸盐积累效应的影响 [J]. *农业工程学报*, 2007, 23(4): 201-205.  
Qi L D, Liu S Q, Xu L, et al. Effects of light qualities on accumulation of oxalate, tannin and nitrate in spinach [J]. *Transactions of the Chinese society of Agricultural Engineering*, 2007, 23(4): 201-205.
- [32] 杨贤强, 沈生荣. 人工光照对离体茶鲜叶氨基酸及香气成分的影响 [J]. *福建茶叶*, 1991(1): 11-21.  
Yang X Q, Shen S R. Effects of artificial light on the amino acids and aroma components of fresh leaves of tea leaves [J]. *Fujian Tea*, 1991(1): 11-21.