

# 高节竹笋出土后外观、营养和食味品质的时序变化

时俊帅<sup>1</sup>, 章超<sup>1</sup>, 陈双林<sup>1\*</sup>, 谷瑞<sup>1</sup>, 郭子武<sup>1</sup>,  
叶洪<sup>2</sup>, 孙鹏峰<sup>2</sup>, 江志标<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400; 2. 浙江省桐庐县农业和林业技术推广中心, 浙江 桐庐 311500)

**摘要:** [目的] 分析高节竹笋出土后外观品质、营养品质、食味品质的时序变化规律, 为高节竹高品质竹笋培育和生提供参考。 [方法] 在高节竹出土笋盛期采集刚出土和出土后 1 d、出土后 2 d、出土后 3 d 的竹笋, 对竹笋外观品质、营养品质和食味品质指标进行测定。 [结果] 高节竹笋出土后生长时间对竹笋长度、笋个体质量和脂肪、维生素 C、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸以及木质素、草酸、单宁、总黄酮含量、芳香氨基酸比例有明显影响, 但对竹笋蛋白质、可溶性糖、蔗糖、淀粉及纤维素含量影响并不明显, 对其它种类游离氨基酸、人体必需氨基酸、呈味氨基酸含量和氨基酸总量及人体必需氨基酸比例、呈味氨基酸比例影响也不明显。 [结论] 高节竹笋外观品质和食味品质存在明显的出土后时序变化, 食味品质主要影响成分为木质素、草酸、单宁和总黄酮等, 呈味氨基酸影响较小, 营养品质也有一定程度的变化。从高品质竹笋生产出发, 宜及时采挖出土后 1 d 内的竹笋。

**关键词:** 高节竹; 采笋时间; 营养品质; 食味品质; 高品质竹笋

**中图分类号:** S795

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2019)06-0137-07

竹笋是我国广大群众喜爱的森林蔬菜,也是大宗出口农产品,随着消费者对竹笋品质要求不断提高,高品质竹笋的市场需求量迅速增长。竹笋品质主要包括营养品质和食味品质,主要取决于竹种自身的遗传因素<sup>[1]</sup>,也与环境因素和人工栽培措施密切相关,在气候、土壤等自然环境条件相同的情况下,人工栽培措施决定了竹笋品质的优劣。竹笋生长过程中其化学成分是一个动态的变化过程<sup>[2]</sup>,也是判断最佳采笋期的重要依据。采挖出土 10~20 cm 的箬竹 (*Chimonobambusa tumidissinoda* Hsuel et Yi) 笋,其营养品质、口感、食用价值和经济价值达到最佳<sup>[3]</sup>。寿竹 (*Phyllostachys bambusoides* f. *shouzhuyi*) 笋的最佳采笋高度为 10 cm 以下,此时竹笋营养品质最佳<sup>[4]</sup>。毛竹 (*Ph. edulis* (Carrière) J. Houz.) 春笋大部分营养品质指标含量随出土时间的延长而减少,挖取泥下春笋<sup>[5]</sup>或刚出土的春笋<sup>[6]</sup>品质最

好。可见,出土后生长时间对竹笋品质有重要影响,选择适宜的时间采挖竹笋是提高竹笋品质的一种重要措施。

高节竹 (*Phyllostachys prominens* W. Y. Xiong) 隶属禾本科 (Graminales) 竹亚科 (Bambusoideae) 刚竹属 (*Phyllostachys* Sieb. et Zucc.), 俗称钢鞭哺鸡竹,笋期 4 月中下旬至 5 月中旬,地下鞭系粗壮,延伸生长能力强,适宜山地栽培,具有竹笋产量高、品质佳、加工性能好,竹材级径较大、材质坚硬等特点,是优良的笋材兼用竹种。高节竹自然分布于浙江、安徽、江苏等省份,现国内许多省份均有引种栽培。目前,针对高节竹丰产栽培<sup>[7-8]</sup>、病虫害防治<sup>[9-10]</sup>、竹笋保鲜<sup>[11]</sup>和套袋栽培<sup>[12]</sup>等技术展开了研究,形成了较为系统的高节竹林培育技术;但从外观品质、营养品质和食味品质方面分析高节竹笋出土后品质的时序变化规律还未见报道。为此,作者采集高节

收稿日期: 2019-01-02 修回日期: 2019-06-03

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项课题(2016YFD0600903); 中央财政林业科技推广示范资金项目(2015TS09)

\* 通讯作者: 陈双林. E-mail: cslbamboo@126.com

竹林相同出土时间、不同采收时间(刚出土和出土后1、2、3 d)的竹笋进行试验,测定竹笋外观品质、营养品质和食味品质指标,比较分析不同出土生长时间竹笋品质的差异,旨在为高节竹高品质竹笋培育和生

## 1 材料与方

### 1.1 试验地概况

试验地位于浙江省桐庐县(29°35'~30°05'N, 119°11'~119°58'E)莪山乡,属亚热带季风气候,四季分明。年平均气温 16.6℃,极端高温 41.7℃,极端低温 -9.5℃,全年≥10℃的平均积温 5 262℃,年平均无霜期 252 d,年平均降雨日 161 d,年平均降水量 1 462 mm,1—6 月逐月递增,最多的 6 月为梅雨期,降水集中,月平均降雨量达 248 mm,年平均蒸发量 1 385 mm,年平均相对湿度 81%。以丘陵山地为主,土壤主要为红壤,土层厚度 80 cm 以上。高节竹资源丰富,全乡有高节竹林面积 0.14 万 hm<sup>2</sup>,是浙江省“高节竹之乡”,以高节竹资源为主的竹笋业已成为当地农业支柱产业和特色产业。

### 1.2 试验方法

于 2018 年 4 月 24 日,高节竹出笋盛期,在试验区选取立地条件、经营措施和经营水平一致的高节竹试验林 3 块,每块试验林面积不小于 0.4 hm<sup>2</sup>,在每块试验林中随机选择刚出土的竹笋 40 株,共 120 株,笋旁立醒目目标标记,从竹笋刚出土至出土后生长 3 d,每间隔 1 d 在每块试验林分别挖取完整竹笋 10 株,共取笋 4 次,鲜笋放在冰盒中带回实验室。

清除笋体上的泥土,逐株测量样笋的基径、长度和质量,再剥除笋壳、去除笋基部,称质量,计算竹笋可食率。后用粉碎机粉碎,测定竹笋蛋白质、淀粉、

脂肪、维生素 C、游离氨基酸、可溶性糖、蔗糖、单宁、总黄酮、草酸、纤维素、木质素等含量。采用凯氏定氮法<sup>[13]</sup>测定蛋白质含量,索式抽提法<sup>[14]</sup>测定脂肪含量,铜还原碘量法<sup>[15]</sup>测定可溶性糖含量,氨基酸分析仪<sup>[16]</sup>测定游离氨基酸含量,蒽酮比色法测定淀粉含量,高效液相色谱法<sup>[17]</sup>测定维生素 C 含量,高效液相色谱法<sup>[18]</sup>测定蔗糖含量,分光光度法测定单宁含量,反相高效液相色谱法<sup>[19]</sup>测定草酸含量,分光光度法<sup>[20]</sup>测定总黄酮含量,硫酸水解法<sup>[21]</sup>测定纤维素、木质素含量。测定重复 3 次。

### 1.3 数据处理与分析

试验数据在 Excel 2003 统计软件中进行整理和图表制作,在 SPSS 22.0 统计软件中对刚出土、出土后 1 d、出土后 2 d、出土后 3 d 高节竹笋各品质指标进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和 Tukey 检验。试验数据均为平均值±标准误,显著性水平设置为  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 高节竹笋出土后外观品质的时序变化

由表 1 分析可知:随着出土后生长时间的增加,高节竹笋基径、长度、笋个体质量均呈增大趋势,均以出土后 3 d 竹笋最大,刚出土竹笋最小;而可食率呈减小趋势,其中,竹笋长度出土后 3 d 竹笋显著大于出土后 1 d、出土后 2 d、刚出土竹笋,而后三者之间均无显著差异;笋个体质量刚出土、出土后 1 d、出土后 2 d 竹笋之间无显著差异,但三者均显著小于出土后 3 d 竹笋;竹笋基径出土后不同生长时间竹笋之间也无显著差异。试验表明,高节竹笋基径、长度、笋个体质量均以出土后 3 d 竹笋最大。

表 1 出土后不同生长时间高节竹笋的外观品质及可食率

Table 1 Appearance quality and edible parts ratio of *Ph. prominens* bamboo shoots grown after different unearthed time

项目 Item	采笋时间 Time of harvesting bamboo shoots			
	刚出土 Just unearthed	出土后 1 d 1 Days after unearthed	出土后 2 d 2 Days after unearthed	出土后 3 d 3 Days after unearthed
基径 Diameter/mm	3.60 ± 0.54 a	3.75 ± 0.57 a	3.80 ± 0.23 a	4.00 ± 0.26 a
长度 Length/cm	16.58 ± 2.84 b	17.74 ± 2.56 b	18.25 ± 2.43 b	23.29 ± 4.61 a
笋个体质量 Individual weight/g	120.82 ± 42.66 b	135.28 ± 48.37 b	145.56 ± 41.36 b	186.47 ± 60.47 a
可食率 Edible parts ratio/%	59.63 ± 3.81 a	58.26 ± 3.93 a	56.62 ± 4.37 a	56.22 ± 4.83 a

注:同行比较,不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Notes: Line comparison, different small letters represent the experiment forest had a significant difference ( $P < 0.05$ ). The same below.

### 2.2 高节竹笋出土后营养品质的时序变化

由表 2 分析可知:随着出土后生长时间的延长,

高节竹笋脂肪含量呈减小趋势,维生素 C 含量呈增大趋势,淀粉和蛋白质含量均呈先减小后增大趋势,

蔗糖含量呈“N”型变化趋势,可溶性糖含量呈先增大后减小趋势。其中,脂肪含量出土后2 d、出土后3 d竹笋之间无显著差异,均显著小于刚出土竹笋,而出土后1 d竹笋与前三者均无显著差异;维生素C

含量出土后2 d、出土后3 d竹笋之间无显著差异,均显著大于刚出土竹笋,而出土后1 d竹笋与前三者均无显著差异;蛋白质、淀粉、可溶性糖和蔗糖含量出土后不同生长时间竹笋之间均无显著差异。

表2 出土后不同生长时间高节竹笋的营养品质

Table 2 Nutrition quality of *Ph. prominens* bamboo shoots grown after different unearthed time

项目 Item	采笋时间 Time of harvesting bamboo shoots			
	刚出土 Just unearthed	出土后1 d 1 Days after unearthed	出土后2 d 2 Days after unearthed	出土后3 d 3 Days after unearthed
淀粉 Starch/%	1.67 ± 0.26 a	1.56 ± 0.48 a	1.77 ± 0.45 a	2.20 ± 0.47 a
脂肪 Fat/%	3.40 ± 0.53 a	2.83 ± 0.74 ab	2.57 ± 0.31 b	2.55 ± 0.05 b
可溶性糖 Soluble sugar/%	1.68 ± 0.15 a	1.91 ± 0.11 a	2.06 ± 0.35 a	1.88 ± 0.06 a
蛋白质 Protein/%	2.36 ± 0.07 a	2.30 ± 0.49 a	2.35 ± 0.32 a	2.52 ± 0.37 a
维生素 C Vitamin C/(μg · g <sup>-1</sup> )	29.70 ± 2.60 b	34.67 ± 8.72 ab	42.00 ± 4.06 a	48.33 ± 12.07 a
蔗糖 sucrose/%	0.86 ± 0.07 a	1.05 ± 0.13 a	0.93 ± 0.08 a	1.06 ± 0.12 a

由表3分析可知:出土后不同生长时间高节竹笋中均检测到17种氨基酸,但出土后生长时间仅对异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸有较明显的影响,对其它种类氨基酸含量、氨基酸总量、人体必需氨基酸含量及比例均无显著影响。异亮氨酸、亮氨酸含量刚出土和出土后1 d、出土后2 d竹笋之间均无显著差

异,但均显著小于出土后3 d竹笋;赖氨酸含量刚出土、出土后3 d竹笋之间无显著差异,但均显著大于出土后1 d竹笋,而出土后2 d竹笋与其它出土后不同生长时间竹笋均无显著差异。可见,出土后3 d内的生长时间对高节竹笋的营养品质总体上有一定程度的影响。

表3 出土后不同生长时间高节竹笋的氨基酸含量

Table 3 Amino acid content of *Ph. prominens* bamboo shoots grown after different unearthed time

氨基酸含量 Amino acid content	采笋时间 Time of harvesting bamboo shoots			
	刚出土 Just unearthed	出土后1 d 1 Days after unearthed	出土后2 d 2 Days after unearthed	出土后3 d 3 Days after unearthed
天冬氨酸 Aspartic acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	4.83 ± 0.80 a	4.37 ± 0.15 a	4.63 ± 0.15 a	5.10 ± 1.00 a
苏氨酸 Threonine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.69 ± 0.08 a	0.63 ± 0.11 a	0.67 ± 0.02 a	0.77 ± 0.21 a
丝氨酸 Serine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.79 ± 0.10 a	0.72 ± 0.12 a	0.76 ± 0.03 a	0.89 ± 0.26 a
谷氨酸 Glutamic acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	1.90 ± 0.36 a	1.80 ± 0.36 a	1.70 ± 0.10 a	1.97 ± 0.10 a
甘氨酸 Glycine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.72 ± 0.08 a	0.65 ± 0.12 a	0.68 ± 0.02 a	0.76 ± 0.18 a
丙氨酸 Alanine/(mg · g <sup>-1</sup> )	1.02 ± 0.07 a	0.93 ± 0.18 a	1.03 ± 0.06 a	1.19 ± 0.28 a
缬氨酸 Valine/(mg · g <sup>-1</sup> )	1.05 ± 0.17 a	0.93 ± 0.17 a	0.98 ± 0.04 a	1.12 ± 0.38 a
胱氨酸 Cysteine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.23 ± 0.03 a	0.22 ± 0.06 a	0.22 ± 0.01 a	0.26 ± 0.04 a
蛋氨酸 Methionine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.17 ± 0.02 a	0.18 ± 0.04 a	0.15 ± 0.04 a	0.13 ± 0.03 a
异亮氨酸 Isoleucine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.85 ± 0.11 b	0.78 ± 0.13 b	0.85 ± 0.04 b	1.01 ± 0.02 a
亮氨酸 Leucine/(mg · g <sup>-1</sup> )	1.20 ± 0.17 b	1.11 ± 0.19 b	1.17 ± 0.16 b	1.50 ± 0.20 a
酪氨酸 Tyrosine/(mg · g <sup>-1</sup> )	1.73 ± 0.15 a	1.97 ± 0.32 a	1.90 ± 0.00 a	2.00 ± 0.20 a
苯丙氨酸 Phenylalanine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.84 ± 0.12 a	0.79 ± 0.12 a	0.82 ± 0.03 a	0.85 ± 0.16 a
赖氨酸 Lysine/(mg · g <sup>-1</sup> )	1.00 ± 0.10 a	0.75 ± 0.02 b	0.83 ± 0.13 ab	1.00 ± 0.09 a
组氨酸 Histidine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.37 ± 0.05 a	0.32 ± 0.03 a	0.37 ± 0.01 a	0.38 ± 0.04 a
精氨酸 Arginine/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.78 ± 0.07 a	0.69 ± 0.12 a	0.86 ± 0.03 a	0.87 ± 0.04 a
脯氨酸 Proline/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.82 ± 0.16 a	0.77 ± 0.11 a	0.75 ± 0.07 a	0.85 ± 0.24 a
氨基酸总量 Total amino acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	18.87 ± 2.57 a	17.54 ± 2.20 a	18.36 ± 0.55 a	20.80 ± 3.19 a
人体必需氨基酸 Essential amino acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	5.67 ± 0.89 a	5.11 ± 0.82 a	5.46 ± 0.23 a	6.39 ± 0.95 a
人体必需氨基酸比例 Proportion of essential amino acid/%	32.99 ± 0.69 a	29.04 ± 1.21 a	29.74 ± 0.37 a	30.75 ± 0.83 a

### 2.3 高节竹笋出土后食味品质的时序变化

从表4分析可知:出土后生长时间对高节竹笋的纤维素含量并没有显著影响,而对木质素、草酸、单宁和总黄酮含量有较明显的影响。随着出土后生长时间的延长,竹笋纤维素、木质素、草酸和总黄酮含量呈增大趋势;单宁含量呈先增大后减小趋势,以出土后2 d竹笋最大,刚出土竹笋最小。其中,草酸含量刚出土和出土后1 d、出土后2 d竹笋均显著小

于出土后3 d竹笋,刚出土竹笋也显著小于出土后2 d竹笋,与出土后1 d竹笋无显著差异;单宁含量刚出土竹笋显著小于出土后2 d竹笋,木质素含量刚出土竹笋显著小于出土后3 d竹笋,而其它出土后不同生长时间竹笋之间均无显著差异。总黄酮含量出土后2 d、出土后3 d竹笋之间无显著差异,但二者均显著大于刚出土竹笋,而前三者与出土后1 d竹笋均无显著差异。

表4 出土后不同生长时间高节竹笋的食味品质

Table 4 Eating quality of *Ph. prominens* bamboo shoots grown after different unearthed time

项目 Item	采笋时间 Time of harvesting bamboo shoots			
	刚出土 Just unearthed	出土后1 d 1 Days after unearthed	出土后2 d 2 Days after unearthed	出土后3 d 3 Days after unearthed
纤维素 Cellulose/(mg · g <sup>-1</sup> )	48.14 ± 16.42 a	53.44 ± 4.63 a	54.88 ± 7.90 a	56.46 ± 10.09 a
木质素 Lignose/(mg · g <sup>-1</sup> )	54.20 ± 7.23 b	59.29 ± 6.74 ab	64.32 ± 5.08 ab	66.12 ± 6.00 a
草酸 Oxalic acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	0.58 ± 0.07 c	0.71 ± 0.04 bc	0.76 ± 0.06 b	0.92 ± 0.06 a
单宁 Tannin/(mg · g <sup>-1</sup> )	2.34 ± 0.22 b	2.36 ± 0.32 ab	2.94 ± 0.24 a	2.48 ± 0.06 ab
总黄酮 Total flavone/(ug · g <sup>-1</sup> )	49.60 ± 2.10 b	58.90 ± 7.93 ab	59.07 ± 2.70 a	61.43 ± 2.89 a

从表5分析可知:随着出土后生长时间的延长,高节竹笋的苦味、鲜味、甜味氨基酸含量均呈先减小后增大的趋势,芳香味氨基酸含量呈“N”形变化趋势,鲜味氨基酸比例呈减小趋势,苦味氨基酸、芳香味氨基酸比例呈先增大后减小趋势,甜味氨基酸比例呈倒“N”形变化趋势。芳香味氨基酸比例刚出土和出土后3 d竹笋之间无显著差异,但

均显著小于出土后1 d竹笋,出土后2 d竹笋与前三者均无显著差异。其它呈味氨基酸含量及其比例出土后不同生长时间竹笋之间均无显著差异。可见,出土后3 d内的生长时间对高节竹笋的食味品质有较明显的影响,其中,影响的主要成分是木质素、草酸、单宁和总黄酮等,而对竹笋呈味氨基酸的影响并不明显。

表5 出土后不同生长时间高节竹笋的呈味氨基酸含量及比例

Table 5 Amino acid components proportion contents of *Ph. prominens* bamboo shoots grown after different unearthed time

项目 Item	采笋时间 Time of harvesting bamboo shoots			
	刚出土 Just unearthed	出土后1 d 1 Days after unearthed	出土后2 d 2 Days after unearthed	出土后3 d 3 Days after unearthed
苦味氨基酸 Bitter amino acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	5.67 ± 0.65 a	5.58 ± 0.89 a	5.71 ± 0.15 a	6.48 ± 1.03 a
鲜味氨基酸 Delicious amino acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	6.73 ± 1.16 a	6.17 ± 0.49 a	5.83 ± 0.70 a	7.07 ± 1.70 a
甜味氨基酸 Sweet amino acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	4.05 ± 0.46 a	3.71 ± 0.62 a	3.88 ± 0.16 a	4.47 ± 1.12 a
芳香味氨基酸 Aromatic amino acid/(mg · g <sup>-1</sup> )	2.57 ± 0.20 a	2.75 ± 0.43 a	2.72 ± 0.03 a	2.85 ± 0.56 a
苦味氨基酸比例 Proportion of bitter amino acid/%	30.10 ± 1.10 a	31.60 ± 1.17 a	32.01 ± 1.26 a	31.60 ± 2.30 a
鲜味氨基酸比例 Proportion of delicious amino acid/%	35.57 ± 1.31 a	35.30 ± 1.74 a	32.62 ± 3.37 a	34.00 ± 0.87 a
芳香味氨基酸比例 Proportion of aromatic amino acid/%	13.72 ± 1.00 b	15.66 ± 0.66 a	15.22 ± 0.55 ab	13.82 ± 0.31 b
甜味氨基酸比例 Proportion of Sweet amino acid/%	21.53 ± 0.98 a	21.07 ± 1.18 a	21.74 ± 1.17 a	21.14 ± 1.44 a

### 3 讨论

试验结果表明,出土后生长时间对高节竹笋的外观品质有明显的影 响。随着出土后生长时间的增加,除可食率外,高节竹笋基径、长度、笋个体质量均呈增大趋势,这与出土后竹笋的快速拔节生长密切相关;而竹笋可食率的降低,主要与竹笋纤维素和木质素含量的增加密切相关。

本研究发现,随着出土后生长时间的延长,高节竹笋淀粉、可溶性糖、蔗糖含量变化并不明显,这可能与竹笋在生长过程中,虽然营养物质被不断的消耗,但同时又能得到不断的补充,使竹笋非结构性碳水化合物含量呈现出较小幅度的波动性<sup>[22]</sup>等有关;而脂肪含量随着竹笋出土后生长时间的延长呈下降趋势,且从出土后 2 d 开始,显著小于刚出土竹笋,这可能与笋体不断生长引起组织逐渐老化,导致脂肪不断减少有关<sup>[2]</sup>,在毛竹和斑苦竹 (*Arundinaria oleosa* (McClure) C. D. Chu et C. S. Chao) 笋中也存在相同的变化规律<sup>[5,22]</sup>。竹笋维生素 C 含量随着出土后生长时间的延长呈增大趋势,且出土后 1 d 开始差异就达显著水平,出土后第 1 天至第 3 天都相对稳定,这与夏勃<sup>[24]</sup>对斑苦竹笋的研究结果一致。同样,重要营养成分维生素 C 含量也受到光照因素<sup>[24-25]</sup>和笋体生长过程中生长素<sup>[26]</sup>、微量元素<sup>[27]</sup>等变化的影响。本研究还发现,游离氨基酸、氨基酸总量和人体必需氨基酸含量以及人体必需氨基酸比例出土后不同生长时间竹笋之间也无显著差异。可见,竹笋出土后,高节竹笋各营养品质指标虽然有所差异,但营养品质总体上差异不显著。

纤维素和木质素影响竹笋的粗糙度和硬度,纤维素是笋体细胞内细胞壁的主要成分,木质素则是几乎无法消化的物质,会增加肠胃负担。单宁、草酸、黄酮类物质以及部分氨基酸是竹笋内的苦涩味物质<sup>[28-30]</sup>,减少此类物质有利于提高竹笋的适口性。本研究中,出土后生长时间对纤维素含量以及各呈味氨基酸含量、呈味氨基酸比例的影响不显著 ( $P > 0.05$ ),而对木质素、草酸、单宁、总黄酮含量有显著影响 ( $P < 0.05$ ),说明出土后生长时间对高节竹笋的食味品质有较明显的影响。随着出土后生长时间的增加,竹笋纤维素、木质素含量呈增大趋势,与以往对毛竹<sup>[2,5]</sup>、寿竹<sup>[4]</sup>、麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus* Munro)<sup>[31]</sup>笋的研究结果一致,说明竹笋纤维素和木质素会随出土后生长时间的增加而不断合

成与沉积,细胞次生壁逐渐加厚,组织老化速度加快。推迟采收虽然会增加竹笋产量,但竹笋纤维素、木质素含量增加,竹笋粗糙度和硬度增大,会导致竹笋品质和可食率降低。竹笋出土见光后苦涩味骤然加重是一个普遍现象,明显降低了竹笋食用品质<sup>[32]</sup>。本研究中,随着出土后生长时间的增加,竹笋受光时间的增多,竹笋草酸、单宁、总黄酮含量呈明显增高趋势,与以往降低光照强度或减少光照时间可以降低竹笋<sup>[30,33]</sup>、三角枫 (*Acer buergerlanum* Miq.)<sup>[34]</sup>和三叶青 (*Tetragium hemsleyanum* Diels et Gilg)<sup>[35]</sup>单宁、草酸、总黄酮含量的研究结果一致,也表明此类物质光敏感度非常强,光照是竹笋产生苦涩味的主要原因之一。木质素、草酸、单宁和总黄酮等苦涩味物质含量刚出土竹笋与出土后 1 d 竹笋之间均无显著差异,从出土后 2 d 开始,竹笋草酸、单宁和总黄酮含量显著大于刚出土竹笋,因此,宜及时采挖出土后 1 d 内的竹笋。

### 4 结论

研究表明,高节竹笋外观品质和食味品质存在明显的出土后生长时间的时序变化,食味品质中呈味氨基酸含量及比例总体上变化较小,影响口感的主要物质是苦涩味物质木质素、草酸、单宁和总黄酮,从出土后 2 d 开始,竹笋草酸、单宁和总黄酮含量显著大于刚出土竹笋,造成竹笋食味品质明显降低,而营养品质也有一定程度的变化。因此,从高品质竹笋生产出发,宜及时采挖出土后 1 d 内的竹笋。

### 参考文献:

- [1] 郭子武,江志标,陈双林,等.高节竹与毛竹鞭笋品质和适口性比较[J].林业科学研究,2015,28(3):447-450.
- [2] 刘耀荣.毛竹笋期的营养动态[J].林业科学研究,1990,3(4):363-367.
- [3] 杨奕,董文渊,邱月群,等.笋竹笋生长过程中营养成分的变化[J].东北林业大学学报,2015,43(1):80-82.
- [4] 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.
- [5] 胡超宗,周建夷,蓝晓光,等.毛竹不同笋龄营养成分的变化[J].竹子研究汇刊,1986,5(1):89-95.
- [6] 何林,何小勇.毛竹笋用林合理竹龄结构及其笋期生长规律[J].竹子研究汇刊,1993,12(3):52-56.
- [7] 方伟,杨德清,马志华,等.高节竹笋用林培育技术及经济效益分析[J].竹子研究汇刊,1998,17(3):15-20.
- [8] 黄美珍,王丽臻,祝震.高节竹夏笋冬出与鞭笋生产高效经营技术[J].林业实用技术,2008,7(7):19-20.
- [9] 胡国良,俞彩珠,楼君芳,等.高节竹枯梢病发生规律及防治试

- 验[J]. 中国森林病虫, 2005, 24(5): 38-41.
- [10] 张稼敏. 高节竹丛枝病研究初报[J]. 浙江林业科技, 2000, 20(5): 38-53.
- [11] 余学军, 陈庆虎, 吴家森, 等. 保鲜处理对高节竹笋采后生理的影响[J]. 竹子研究汇刊, 2004, 23(1): 46-48, 58.
- [12] 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.
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.86-2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.8-2016 食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 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.
- [20] 钟冬莲, 韩素芳, 丁明. 分光光度法测定西红柿中总黄酮含量的方法比较[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 272-274.
- [21] 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.
- [22] 徐有明, 郝培应, 费本华. 竹笋形态发育构建过程中解剖结构及化学成分的动态变化[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(4): 8-16.
- [23] 夏勃. 斑苦竹笋(*Arundinaria oleosa*)营养成分和化学成分分析[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [24] Mishra N P, Fatma T, Singhal G S. Development of antioxidative defense system of wheat seedlings in response to high light[J]. *Physiol Plant*, 1995, 95(1): 77-82.
- [25] Smirnoff N. Ascorbate biosynthesis and function in photoprotection[J]. *Phil Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci*, 2016, 355(1402): 1455-1464.
- [26] Kerk N M, Jiang K, Feldman L J. Auxin metabolism in the root apical meristem[J]. *Plant Physiology*, 2000, 122(3): 925-932.
- [27] Lukaszewski K M, Blevins D G. Root growth inhibition in boron-deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism[J]. *Plant Physiology*, 1996, 112(3): 1135-1140.
- [28] 孙达旺. 植物单宁化学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [29] 李雪蕾. 光照强度对三种竹笋不同部位苦涩味物质的影响[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.
- [30] 陈颀, 阙建全. 麻竹笋生长期木质素合成生理研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2009, 34(4): 128-132.
- [31] 章志远. 光对麻竹笋苦涩味及单宁含量、形态与分布的影响[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2016.
- [32] 章志远, 丁兴萃, 崔逢欣, 等. 避光对麻竹笋苦涩味及单宁含量、形态与分布的影响[J]. 林业科学研究, 2016, 29(5): 770-777.
- [33] 宋君. 植物间的他感作用[J]. 生态学杂志, 1990, 9(6): 43-47.
- [34] 刘玉民, 刘亚敏, 马明, 等. 培养条件对三角枫愈伤组织生长及总黄酮含量的影响[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(1): 142-146.
- [35] 彭昕, 林言娜, 何军邀, 等. 培养条件对三叶青愈伤组织生长及总黄酮含量的影响[J]. 药物生物技术, 2012, 19(2): 138-141.

# Temporal Variation of Appearance, Nutrition and Eating Quality of *Phyllostachys prominens* Shoots after Unearthed

SHI Jun-shuai<sup>1</sup>, ZHANG Chao<sup>1</sup>, CHEN Shuang-lin<sup>1</sup>, GU Rui<sup>1</sup>, GUO Zi-wu<sup>1</sup>,  
YE Hong<sup>2</sup>, SUN Peng-feng<sup>2</sup>, JIANG Zhi-biao<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, Zhejiang, China.

2. Agriculture and Forest Technology Extension Central Station of Tonglu County, Zhejiang Province, Tonglu 311500, Zhejiang, China)

**Abstract:** [ **Objective** ] The temporal variations of appearance, nutrition and eating quality of *Phyllostachys prominens* shoots at different harvest time were analyzed aiming at providing reference for the cultivation and production of high quality bamboo shoots. [ **Method** ] The appearance quality, nutrient quality and eating quality of bamboo shoots harvested at different times (1 day, 2 days and 3 days after unearthed and unearthed) were investigated. [ **Result** ] The harvest time significantly affected the length, weight, and the contents of fat, vitamin C, isoleucine, leucine, lysine and lignose, tannin, oxalic acid, total flavone in bamboo shoots ( $P < 0.05$ ), but less affected the content of protein, soluble sugar, starch, sucrose, and cellulose ( $P > 0.05$ ), and no significant difference was found in the content of other amino acids, essential amino acids, total amino acid, flavored amino acids and the proportion of essential amino acids, flavored amino acids in bamboo shoots harvested at different time too ( $P > 0.05$ ). [ **Conclusion** ] It is suggested that there are obvious temporal variation in the appearance quality and eating quality of *Phyllostachys prominens* shoots after unearthed, the main influential components of eating quality are lignose, tannin, oxalic acid, total flavone, the effect of harvest time on flavor amino acids is small. Nutritional quality changed to some extents. Therefore, from the viewpoint of high quality bamboo shoot production, bamboo shoots within 1 day after unearthed should be harvested in time.

**Keywords:** *Phyllostachys prominens*; bamboo shoots harvest time; nutrition quality; eating quality; high quality bamboo shoot

(责任编辑:金立新)