

3 个海拔梯度对高节竹笋品质的影响

时俊帅, 陈双林*, 郭子武, 高平珍

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400)

摘要: [目的] 比较分析了不同海拔梯度高节竹笋外观品质、营养品质和食味品质的差异, 为高节竹高品质竹笋培育提供参考。 [方法] 试验采集 3 个海拔梯度 (110、370、560 m) 的高节竹林竹笋, 对竹笋外观品质、营养品质和食味品质指标进行调查测定。 [结果] 表明: 海拔高度对高节竹笋基径、长度、笋个体质量、可食率和可溶性糖、维生素 C、胱氨酸、酪氨酸含量、人体必需氨基酸比例及单宁、草酸含量有显著的影响 ($P < 0.05$), 对高节竹笋蛋白质、脂肪、淀粉、总黄酮、其它种类游离氨基酸、人体必需氨基酸含量和氨基酸总量及纤维素、木质素、苦味、鲜味、甜味氨基酸含量和甜味、鲜味氨基酸比例影响不显著 ($P > 0.05$), 对芳香氨基酸含量和芳香味、苦味氨基酸比例有较显著的影响 ($P < 0.05$)。 [结论] 海拔高度对高节竹笋外观品质有显著的影响, 中、高海拔竹笋优于低海拔竹笋; 海拔高度对竹笋营养品质、食味品质有较显著的影响, 但对外观品质的影响更显著。

关键词: 高节竹; 竹笋; 外观品质; 营养品质; 食味品质

中图分类号: S795.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2018)04-0113-05

Influence of Altitudes on Quality of *Phyllostachys prominens* Shoot

SHI Jun-shuai, CHEN Shuang-lin, GUO Zi-wu, GAO Ping-zhen

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

Abstract: [Objective] To approach the effect of altitude on the quality of bamboo shoots and provide reference for the cultivation of high-quality bamboo shoots. [Method] The appearance quality, nutrient quality and eating quality of bamboo shoots from three altitudinal gradients (110, 370, 560 m) were investigated. [Result] The shoot diameter, length, individual weight, edible parts ratios, soluble sugar, vitamin C, cystine, tyrosine and proportion of essential amino acids, tannin, oxalic acid of bamboo shoots were markedly influenced by altitudinal gradient ($P < 0.05$). The protein, fat, starch, total flavone, other free amino acids, essential amino acids, total amino acid, cellulose, lignose, the content of bitter, delicious, sweet amino acids and proportion of sweet, delicious amino acids showed no significant difference among different altitudes ($P > 0.05$), but the content of aromatic amino acid, proportion of aromatic amino acids and bitter amino acids were also significantly affected by altitudinal gradients ($P < 0.05$). [Conclusion] It is suggested that the appearance quality of bamboo shoots was markedly influenced by altitudinal gradients, the appearance quality of shoots at middle and high altitude is superior to that of low altitude. The nutrition quality and eating quality of bamboo shoots are relatively obvious influenced by altitudinal gradients, but the influence of altitude on appearance quality was more significant.

Keywords: *Phyllostachys prominens*; bamboo shoots; appearance quality; nutrition quality; eating quality

收稿日期: 2017-11-01

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); 浙江省中国林业科学研究院省院合作项目(2013SY04)

作者简介: 时俊帅(1993—), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要从事竹林生态与培育研究。

* 通讯作者: 陈双林, 男, 研究员, 博士, 主要从事竹林生态与培育研究。 E-mail: cslbamboo@126.com

竹笋是广大群众喜爱的森林蔬菜,也是我国大宗出口农产品。竹笋品质包括外观品质、营养品质和食味品质,主要取决于竹种自身的遗传因素^[1],也与人工栽培措施密切相关,同时竹笋品质也受环境因素的重要影响。有研究认为,土壤类型、质地和肥力水平等是影响竹笋品质优劣的重要因素^[2-4]。就环境而言,温度、水分、光照是影响植物生长发育最主要的因子,其中,海拔是多个环境因子的综合反映,随着海拔的升高,温度降低、光照增强、空气湿度和降水量增加,土壤理化性质也会发生明显变化,进而会对植物的分布、生长、生物量分配以及生理代谢产生极大影响^[5]。研究表明,海拔对竹笋品质的影响存在种间差异,不同海拔梯度的合江方竹(*Chimonobambusa hejiangensis* C. D. Chu)笋营养状况和风味差异并不明显^[6],而缺苞箭竹(*Fargesia denudata* Yi)笋随海拔的升高倾向于积累更多的蛋白质、氨基酸等营养物质^[7],南亚热带与中亚热带过渡区的毛竹笋品质随海拔的升高而提高^[5]。但上述结果多从竹笋营养品质上开展研究,缺少竹笋外观品质、营养品质和食味品质方面的综合考虑。

高节竹(*Ph. prominens* W. Y. Xiong)具有竹笋产量高、品质佳、加工性能好等特点。目前的研究主要集中于高节竹丰产栽培^[8-9]、病虫害防治^[10-11]和竹笋保鲜^[12]等方面,高节竹栽培海拔高度对竹笋外观品质、营养品质和食味品质有何影响,未见相关报道。为此,本研究依据高节竹在自然分布区垂直分布范围广,高低海拔环境差异较大的特点,比较分析了不同海拔梯度高节竹笋外观品质、营养品质和食味品质的差异,明确适宜于高节竹高品质竹笋培育的海拔高度要求,为高节竹栽培和竹笋产业的发展提供参考。

1 材料与方法

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,年平均降水量1 462 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。当地高节竹资源丰富,全乡有高节竹林面积0.14万hm²,是浙江省“高节竹之乡”。

1.2 试验方法

2017年5月上旬,在试验地选择立地条件、经营措施和经营水平基本一致的3个海拔梯度的高节竹林,海拔梯度分别为(110±10)、(370±10)、(560±10) m,立竹密度分别为(9 467±2 663)、(7 867±1 006)、(6 667±611)株·hm⁻²,立竹胸径分别为(5.20±0.19)、(5.91±0.17)、(6.68±0.66) cm。每个海拔梯度高节竹试验林面积不少于0.4 hm²。各海拔梯度高节竹试验林经营较粗放,主要经营措施为7—8月伐除3年生以上的老龄竹、病虫竹、弱小竹和风倒竹,人工劈除林下杂草,4月下旬至5月上旬选择标准竹笋留笋养竹,不进行施肥和林地垦复。在每个海拔梯度的高节竹林中随机完整地挖取露土10 cm左右的样笋各20株,放入冰盒带回实验室测定。

逐株测量样笋的基径(mm)、长度(cm)、质量(g),再剥除笋壳、去除笋基部,称质量,计算竹笋可食率(%)。然后用粉碎机粉碎,测定竹笋蛋白质、脂肪、淀粉、单宁、草酸、游离氨基酸、可溶性糖、总黄酮、维生素C、纤维素、木质素等含量。蛋白质含量测定采用凯氏定氮法^[13],脂肪含量测定采用索氏抽提法^[14],淀粉含量测定采用蒽酮比色法,单宁含量测定采用分福林酚比色法^[15],草酸含量测定采用反相高效液相色谱法^[16],可溶性糖含量测定采用铜还原碘量法^[17],总黄酮含量测定采用分光光度法^[18],维生素C含量测定采用高效液相色谱法^[19],游离氨基酸含量测定采用日立L-8900氨基酸分析仪^[20],纤维素、木质素含量测定采用硫酸水解法^[21]。测定重复3次。

1.3 数据处理与统计分析

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3个海拔梯度的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 海拔梯度对高节竹笋外观品质及可食率的影响

不同海拔梯度所产高节竹笋外观品质及可食率的测定结果(表1)可知:竹笋基径以低海拔最小,中海拔最大,中、高海拔竹笋间差异不显著,但均显著

高于低海拔竹笋。竹笋长度低海拔最大,中海拔最小,二者间差异显著,且与高海拔竹笋均无显著差异。笋个体质量也是低海拔最小,中海拔最大,二者间差异显著,也与高海拔竹笋均无显著差异。竹笋可食率随海拔的升高而增大,低、中海拔间无显著差异,且均显著低于高海拔。由此可见,试验区中、高海拔高节竹笋的外观品质总体上明显高于低海拔竹笋。

表1 不同海拔梯度产高节竹笋的外观品质及可食率

Table 1 Appearance quality of *Ph. prominens* shoots at different altitudes

项目 Item	海拔梯度 Altitude/m		
	110	370	560
基茎 Diameter/mm	31.30 ± 5.26 b	41.20 ± 6.33 a	37.72 ± 6.44 a
长度 Length/cm	29.72 ± 7.56 a	25.50 ± 4.73 b	27.40 ± 6.58 ab
笋个体质量 Individual weight/g	132.42 ± 51.67 b	184.85 ± 78.34 a	169.29 ± 70.68 ab
可食率 Edible parts ratio/%	61.96 ± 6.27 b	63.16 ± 8.45 b	67.78 ± 8.18 a

注:不同小写字母表示高节竹笋在不同海拔梯度某个生理指标差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Different small letters represent the physiological index of the *Ph. prominens* shoots at different altitudes had a significant difference ($P < 0.05$), the same below.

2.2 海拔梯度对高节竹笋营养品质的影响

从表2分析可知:不同海拔梯度高节竹笋的蛋白质、脂肪和淀粉含量差异不显著;竹笋可溶性糖含量随海拔的升高而显著降低;竹笋维生素C含量低海拔最低,中海拔最高,中、高海拔竹笋间差异不显著,均显著高于低海拔竹笋。

表2 不同海拔梯度产高节竹笋营养品质

Table 2 Nutrition quality of *Ph. prominens* shoots at different altitudes

项目 Item	海拔梯度 Altitude/m		
	110	370	560
蛋白质 Protein/(mg · g ⁻¹)	25.03 ± 2.97 a	25.67 ± 0.12 a	27.43 ± 3.55 a
脂肪 Fat/%	1.37 ± 0.42 a	1.00 ± 0.35 a	1.43 ± 0.06 a
淀粉 Starch/%	1.63 ± 0.12 a	1.60 ± 0.10 a	1.85 ± 0.12 a
可溶性糖 Soluble sugar/%	2.06 ± 0.11 a	1.65 ± 0.01 b	1.28 ± 0.07 c
维生素C Vitamin C/(mg · kg ⁻¹)	53.50 ± 0.4 b	64.70 ± 1.70 a	63.75 ± 1.75 a

从表3分析可知:不同海拔梯度高节竹笋中均检测到17种氨基酸,但海拔仅对竹笋酪氨酸、胱氨酸含量和人体必需氨基酸比例有较明显的影响,对其它种类氨基酸含量、人体必需氨基酸含量和氨基酸总量没有显著影响;竹笋酪氨酸含量各海拔间差异显著,低海拔最低,中海拔最高;竹笋胱氨酸含量低海拔最高,显著高于中、高海拔竹笋,后二者间差

表3 不同海拔梯度产高节竹笋氨基酸含量

Table 3 Amino acid content of *Ph. prominens* shoots at different altitudes

项目 Item	海拔梯度 Altitude/m		
	110	370	560
天冬氨酸 Aspartic acid/(mg · g ⁻¹)	0.42 ± 0.06 a	0.39 ± 0.12 a	0.38 ± 0.04 a
苏氨酸 Threonine/(mg · g ⁻¹)	0.32 ± 0.04 a	0.25 ± 0.05 a	0.25 ± 0.03 a
丝氨酸 Serine/(mg · g ⁻¹)	0.63 ± 0.08 a	0.47 ± 0.10 a	0.47 ± 0.05 a
谷氨酸 Glutamic acid/(mg · g ⁻¹)	0.06 ± 0.02 a	0.05 ± 0.02 a	0.05 ± 0.02 a
甘氨酸 Glycine/(mg · g ⁻¹)	0.18 ± 0.03 a	0.14 ± 0.01 a	0.14 ± 0.02 a
丙氨酸 Alanine/(mg · g ⁻¹)	0.48 ± 0.11 a	0.52 ± 0.05 a	0.44 ± 0.11 a
缬氨酸 Valine/(mg · g ⁻¹)	0.44 ± 0.04 a	0.42 ± 0.09 a	0.37 ± 0.04 a
胱氨酸 Cysteine/(mg · g ⁻¹)	0.10 ± 0.01 a	0.08 ± 0.003 b	0.08 ± 0.01 b
蛋氨酸 Methionine/(mg · g ⁻¹)	0.23 ± 0.02 a	0.20 ± 0.03 a	0.21 ± 0.03 a
异亮氨酸 Isoleucine/(mg · g ⁻¹)	0.35 ± 0.03 a	0.32 ± 0.06 a	0.31 ± 0.03 a
亮氨酸 Leucine/(mg · g ⁻¹)	0.61 ± 0.07 a	0.51 ± 0.09 a	0.49 ± 0.06 a
酪氨酸 Tyrosine/(mg · g ⁻¹)	1.07 ± 0.16 c	1.63 ± 0.04 a	1.36 ± 0.09 b
苯丙氨酸 Phenylalanine/(mg · g ⁻¹)	0.49 ± 0.05 a	0.45 ± 0.06 a	0.46 ± 0.06 a
赖氨酸 Lysine/(mg · g ⁻¹)	0.65 ± 0.07 a	0.51 ± 0.09 a	0.55 ± 0.09 a
组氨酸 Histidine/(mg · g ⁻¹)	0.24 ± 0.02 a	0.22 ± 0.03 a	0.21 ± 0.03 a
精氨酸 Arginine/(mg · g ⁻¹)	0.58 ± 0.07 a	0.49 ± 0.08 a	0.50 ± 0.08 a
脯氨酸 Proline/(mg · g ⁻¹)	0.23 ± 0.004 a	0.23 ± 0.04 a	0.20 ± 0.02 a
氨基酸总量 Total amino acid/(mg · g ⁻¹)	7.09 ± 0.47 a	6.90 ± 0.80 a	6.48 ± 0.62 a
人体必需氨基酸 Essential amino acid/(mg · g ⁻¹)	3.10 ± 0.31 a	2.67 ± 0.47 a	2.64 ± 0.32 a
人体必需氨基酸比例 Proportion of essential amino acid/%	43.63 ± 1.90 a	38.51 ± 2.18 b	40.64 ± 1.61 ab

异不显著;竹笋人体必需氨基酸比例低海拔最高,中海拔最低,二者间差异显著,且与高海拔竹笋均无显著差异。综上所述,海拔高度对试验区高节竹笋营养品质有较明显的影响。

2.3 海拔梯度对高节竹笋食味品质的影响

从表4分析可知:海拔梯度对高节竹笋纤维素、木质素、总黄酮含量没有显著影响,而对单宁、草酸含量有较明显的影响。竹笋单宁含量低海拔最低,中海拔最高,二者间差异显著,且与高海拔竹笋均无显著差异。竹笋草酸含量高海拔最高,显著高于中、低海拔竹笋,低、中海拔竹笋间无显著差异。

从表5分析可知:海拔梯度对高节竹笋苦味、鲜味、甜味氨基酸含量和鲜味、甜味氨基酸比例没有显著影响,仅对芳香味氨基酸含量及苦味、芳香味氨基酸比例有较明显的影响。竹笋芳香味氨基酸含量和比例均是低海拔最低,中海拔最高,二者间差异显著,且与高海拔竹笋均无显著差异。竹笋苦味氨基酸比例低海拔竹笋显著低于中、高海拔竹笋,中、高

海拔竹笋间无显著差异。可见,海拔高度对高节竹笋的粗糙度没有明显影响,对竹笋的苦涩味和芳香味有一定的影响,试验区海拔高度对高节竹笋食味品质有较明显的影响。

表4 不同海拔梯度产高节竹笋食味品质
Table 4 Eating quality of *Ph. prominens* shoots at different altitudes

项目 Item	海拔梯度 Altitude/m		
	110	370	560
纤维素 Cellulose/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	74.77 ± 24.38 a	60.33 ± 11.66 a	52.88 ± 8.14 a
木质素 Lignose/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	24.67 ± 5.63 a	20.54 ± 8.13 a	24.46 ± 0.38 a
单宁 Tannin/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	1.70 ± 0.16 b	2.11 ± 0.05 a	1.91 ± 0.15 ab
草酸 Oxalic/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	1.23 ± 0.05 b	1.12 ± 0.07 b	1.58 ± 0.18 a
总黄酮 Total flavonoid/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	0.31 ± 0.04 a	0.29 ± 0.02 a	0.32 ± 0.05 a

表5 不同海拔梯度产高节竹笋呈味氨基酸含量及比例

Table 5 Amino acid components proportion contents of *Ph. prominens* shoots at different altitudes

项目 Item	海拔梯度 Altitude/m		
	110	370	560
苦味氨基酸 Bitter amino acid/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	2.90 ± 0.12 a	3.33 ± 0.28 a	2.99 ± 0.20 a
鲜味氨基酸 Delicious amino acid/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	0.48 ± 0.05 a	0.44 ± 0.14 a	0.43 ± 0.05 a
甜味氨基酸 Sweet amino acid/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	1.84 ± 0.24 a	1.62 ± 0.18 a	1.51 ± 0.19 a
芳香味氨基酸 Aromatic amino acid/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	1.57 ± 0.13 b	2.08 ± 0.06 a	1.82 ± 0.13 ab
苦味氨基酸比例 Proportion of bitter amino acid/%	41.85 ± 2.98 b	48.41 ± 1.51 a	46.24 ± 1.43 a
鲜味氨基酸比例 Proportion of delicious amino acid/%	6.84 ± 0.88 a	6.31 ± 1.15 a	6.72 ± 0.67 a
芳香味氨基酸比例 Proportion of aromatic amino acid/%	22.15 ± 2.74 b	30.32 ± 2.79 a	28.14 ± 1.87 ab
甜味氨基酸比例 Proportion of sweet amino acid/%	25.87 ± 1.68 a	23.45 ± 0.73 a	23.25 ± 1.07 a

3 讨论

本研究表明,海拔高度对高节竹笋外观品质及可食率有较明显的影响,中、高海拔竹笋总体上明显优于低海拔竹笋,这与海拔高度引起的环境变化密切相关。海拔变化会对温度、湿度、太阳辐射和土壤理化性质等产生明显的影响,一般而言,随着海拔的升高,气温下降、湿度增加、太阳辐射增强,土壤有机质含量呈增加趋势,土壤酶活性均呈现出逐渐上升的趋势,土壤肥力得到提高,土壤结构趋于改善^[5]等。低海拔竹林温度相对高于中、高海拔,更有利于竹笋拔节生长,可能是低海拔竹笋长度大于中、高海拔竹笋的重要原因;而中、高海拔相对较大的环境湿度和较优的土壤条件,更有利于竹子个体体积和质量的生长,可能是其竹笋基径、笋个体质量大于低海

拔竹笋的主要原因,这就决定了在试验林海拔范围内,中、高海拔高节竹林立竹胸径大于低海拔竹林。试验区高节竹笋随海拔的升高可食率增大,与陈双林^[5]对毛竹竹笋的研究结果一致,反映出竹笋可食率影响因素复杂,除受竹子遗传特性影响外,也受到因环境因子变化而引起的包括竹笋基径、长度和笋个体质量等竹笋外观品质因子变化的综合影响,其机制需进一步研究。

海拔高度对作物营养品质的影响存在种间差异,王丹林等研究表明,高海拔有利于竹笋积累更多的粗蛋白和氨基酸,对粗脂肪没有显著影响^[7];而陈双林^[5]对毛竹笋的研究表明,海拔变化对蛋白质、脂肪没有显著影响。本研究中,海拔高度对高节竹笋蛋白质、脂肪和淀粉含量没有显著影响,这可能与引起粗蛋白变化的主导因子是温度和温度日差,引起

粗脂肪变化的主导因子除了温度和温度日差外,还有日照长度^[22],而试验海拔梯度上温度、温度日差和日照长度的变化还不足以引起竹笋蛋白质、脂肪含量显著变化有关,淀粉含量变化不显著体现了高节竹生态适应性强,试验海拔梯度上高节竹碳同化能力变化小。高节竹笋可溶性糖含量随海拔的升高而显著降低,表明植物可溶性糖含量与土壤含水率呈显著的负相关,说明海拔升高,降水量增加,可能植物需要减少可溶性糖应对土壤湿度增加的影响^[23];而竹笋中绝大多数氨基酸含量及其比例和氨基酸总量随海拔升高变化不显著,这与海拔变化对蛋白质含量影响不显著直接相关。中、高海拔竹笋维生素C含量显著高于低海拔竹笋($P > 0.05$),可能与海拔变化对温度的影响更密切有关,有研究认为,在一定的温度变化范围内植物维生素C含量与年平均气温呈极显著负相关^[24]。由此分析可知,海拔高度对高节竹笋营养品质有较显著的影响。

纤维素和木质素含量影响竹笋的粗糙度和硬度,其中,木质素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,减少苦涩味物质含量有利于提高竹笋的适口性。本研究中,海拔高度对高节竹笋纤维素、木质素、苦味、鲜味、甜味氨基酸含量和甜味、鲜味氨基酸比例影响不显著($P > 0.05$),仅对单宁、草酸含量、芳香味氨基酸含量和芳香味、苦味氨基酸比例有明显的影响($P < 0.05$),说明试验高节竹林海拔范围内,高节竹笋食味品质相对稳定。不同海拔高度高节竹笋单宁、草酸等的变化与日照强度有关,有研究认为,适当降低光强可以减小麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)笋单宁、草酸和苦味类氨基酸含量^[25],本文也发现海拔高度对高节竹笋食味品质有较显著的影响。

4 结论

本研究表明,海拔高度对高节竹笋外观品质及可食率有显著的影响,中、高海拔高节竹笋外观品质明显优于低海拔竹笋;海拔高度对高节竹笋营养品质和食味品质有较显著的影响,但对外观品质的影响更显著。

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] 郑蓉. 产地绿竹笋品质及土壤养分的主成分与典型相关分析

[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(5): 710-714.
[3] 陈鸿. 不同土壤类型绿竹林笋营养特征研究[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(18): 194-195.
[4] 王海霞,彭九生,曾庆南,等. 江西毛竹笋营养品质区域分异性研究[J]. 竹子研究汇刊, 2012, 31(4): 22-25.
[5] 陈双林. 海拔对毛竹林结构及生理生态学特性的影响研究[D]. 南京:南京林业大学, 2009.
[6] 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(16): 79-81.
[7] 王丹林,郭庆学,王小蓉,等. 海拔对峨山大熊猫主食竹营养成分和氨基酸含量的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(19): 6440-6447.
[8] 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.
[9] 黄美珍,王丽臻,祝霞. 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): 19-20.
[10] 胡国良,俞彩珠,楼君芳,等. 高节竹梢枯病发生规律及防治试验[J]. 中国森林病虫, 2005, 24(5): 38-41.
[11] 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.
[12] 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.
[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 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.
[16] 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.
[17] 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.
[18] 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.
[19] 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.
[20] 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.
[21] 王玉万,徐文玉. 木质纤维素固体基质发酵物中半纤维素、纤维素的定量分析程序[J]. 微生物学通报, 1987, 14(2): 35-38.
[22] 张宇. 不同海拔高度对大叶碎米荠营养成分和生理特性影响的研究[D]. 雅安:四川农业大学, 2006.
[23] 杜尧,韩轶,王传宽. 干旱对兴安落叶松枝叶非结构性碳水化合物影响[J]. 生态学报, 2014, 34(21): 6090-6100.
[24] 罗显扬,余学臣,刘国斌,等. 海拔高度对朋娜果实品质的影响[J]. 山地农业生物学报, 2000, 19(1): 33-36.
[25] 李雪蕾,丁兴萃,张闪闪,等. 不同光强下麻竹笋不同部位苦涩味物质含量的变化[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2015, 39(3): 161-166.

(责任编辑:金立新)