

培土栽培对麻竹笋品质的影响机理研究

于增金¹, 殷彪¹, 刘松¹, 荣俊冬¹, 何天友², 陈礼光¹, 郑郁善^{1,2*}

(1 福建农林大学 林学院, 福州 350002; 2 福建农林大学 园林学院, 福州 350002)

摘要: 为了评价不同栽培模式对麻竹笋品质影响, 提高竹林经济效益, 采用培土栽培和不培土栽培两种方式, 通过研究麻竹笋外观形态、营养物质、呈味物质及氨基酸含量, 分析了不同培土栽培对麻竹笋品质的影响。结果表明: (1) 培土栽培的麻竹笋个体重量、基茎、长度及可食率较不培土栽培竹笋分别显著提高了 28.09%、12.76%、19.61%、23.53%, 笋壁厚度显著降低了 46.43%。(2) 培土栽培的麻竹笋灰分、蛋白质、脂肪及淀粉含量较不培土栽培竹笋分别显著下降了 10.08%、12.77%、26.09%、48.84%, 而还原糖、可溶性糖、水分及维生素 C 含量均不同程度增加。(3) 培土栽培的麻竹笋单宁、草酸、纤维素、木质素含量较不培土栽培竹笋分别下降 26.32%、20.26%、39.12%、25.47%。(4) 培土栽培的麻竹笋氨基酸总量较不培土栽培竹笋显著增加了 26.08%, 其中的苦味、芳香类和鲜味氨基酸含量占比均下降, 但甜味氨基酸占比则显著上升。研究发现, 培土栽培可以改善麻竹笋外观形态, 同时增加竹笋甜味、减少粗糙度和酸涩味, 从而使竹笋品质得到明显提升。

关键词: 麻竹; 培土栽培; 外观形态; 营养物质

中图分类号: Q945.79; S644.2

文献标志码: A

Effect of Soil Cultivation on the Quality of *Dendrocalamus latiflorus* Shoots

YU Zengjin¹, YIN Biao¹, LIU Song¹, RONG Jundong¹,
HE Tianyou², CHEN Liguang¹, ZHENG Yushan^{1,2*}

(1 College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2 College of Art & Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: In order to evaluate the effect of different cultivation models on the quality of *Dendrocalamus latiflorus* shoots, improve economic values of *D. latiflorus* forests, we used the soil cultivation and non-cultivation methods to study the appearance, nutrients, taste substances and amino acid contents of *D. latiflorus* shoots, analysis of the effects of different cultivation measures on the quality and palatability of *D. latiflorus* shoots. The results showed that: (1) the individual weight, basis, length and edible rate of the *D. latiflorus* shoots cultivated in the soil were significantly higher than that of the non-cultivated bamboo shoots by 28.09%, 12.76%, 19.61% and 23.53%, respectively, and the thickness of the sill wall was significantly reduced by 46.43%. (2) The contents of ash, protein, fat and starch in cultivated bamboo shoots decreased significantly by 10.08%, 12.77%, 26.09% and 48.84%, respectively, while the contents of reducing sugar, soluble sugar, water and vitamin C increased to varying degrees. (3) The contents of tannin, oxalic acid, cellulose, and lignin in cultivated *D. latiflorus* shoots decreased by 26.32%,

收稿日期: 2018-09-02; 修改稿收到日期: 2018-12-25

基金项目: “十三五”国家重点研发课题(2018YFD0600100)

作者简介: 于增金(1992—), 男, 硕士研究生, 主要从事竹子栽培、植物地理研究。E-mail: 1218905991@qq.com

* 通信作者: 郑郁善, 教授, 博士生导师, 主要从事竹子栽培、森林培育研究。E-mail: zys1960@163.com

20.26%, 39.12% and 25.47% compared with that of non-cultivated bamboo shoots. (4) The total amino acid content of the bamboo shoots cultivated in the soil significantly increased by 26.08% compared with the non-cultivated bamboo shoots. Among them, the contents of bitterness, aromatic and umami amino acids decreased, but the proportion of sweet amino acids increased significantly. The study found that soil cultivation can improve the appearance of *D. latiflorus* shoots, increase sweetness of bamboo shoots, reduce roughness and sour taste, so that the quality of bamboo shoots is significantly improved.

Key words: *Dendrocalamus latiflorus*; soil covered cultivation; appearance form; nutrients

竹筴是中国林业资源的重要组成部分,也是南方餐桌上必不可少的一种森林蔬菜,不仅味道鲜美可口,营养价值也颇高,在中国南方和东南亚地区食用历史都较为悠久^[1]。据现代营养学研究报告,竹筴中富含膳食纤维、蛋白质、氨基酸、矿质元素和维生素等营养元素,胆固醇和脂肪含量较低,具有较高的食用价值^[2-3]。此外,竹筴还富含多酚、甾醇、类黄酮等活性功能物质,药用价值极高^[4-5]。麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)属于禾本科植物,在中国南方属于优良笋、材两用丛生竹种^[6]。麻竹具有产量高、萌发力较强、生长快速等特点,而麻竹笋具有产量较高、发笋时间长、味道鲜美脆嫩、营养价值高等优点,深受人们的喜爱^[7]。但麻竹笋品质较差的问题始终没有得到重视,这就使得麻竹笋价格始终在市场上较低,经济价值难以体现。目前,培土栽培已大量运用于绿竹林、高节竹林及雷竹林的培育中,其研究结果表明培土栽培均能提升竹笋品质^[8-10],而关于培土栽培对麻竹笋品质影响的研究还鲜有报道。因此,本研究在麻竹主产区福建省漳州市南靖县丰田镇采用培土与不培土两种栽培方式,比较麻竹笋外观形态质量、营养物质、呈味物质、氨基酸含量等方面差异,分析两种栽培方式对麻竹笋品质的影响,旨在为高品质麻竹食用笋的生产和培土栽培的推广利用提供有益参考。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于福建省漳州市南靖县永丰国有林场内,地处 24°31' N、117°21' E,属中亚热带季风气候,气候温和湿润年平均降水量 1 700 mm 左右,年平均气温达 21.1 °C,极端最高气温(40.5 °C)出现在 7 月,极端最低气温(-2 °C)出现在 1 月份,年均日照时数可达 2 052 h,年均无霜期可达 320 d。地形以低山丘陵为主,其海拔约为 280 m,地理环境优越,是麻竹生长适宜区。土壤则以砂岩土质发育的山地红壤土为主,土层深厚,土壤全氮含量 0.46 g · kg⁻¹、全磷含量 0.28 g · kg⁻¹、全钾含量 21.41 g ·

kg⁻¹、水解氮含量 105.78 mg · kg⁻¹、速效磷含量 12.13 mg · kg⁻¹、速效钾含量 14.76 mg · kg⁻¹、pH 5.35。

1.2 试验设计

2014 年 3 月 10 日通过母竹移栽的方式进行麻竹造林,2018 年 3 月 10 日选取同一地形、立地条件一致、长势较好的麻竹林为试验用林,设置 20 m × 20 m 样地,对其进行林分结构调整,每丛留长势均匀的麻竹 5 株,其 1 a 生:2 a 生:3 a 生麻竹的比例为 2 : 2 : 1,在试验林内对麻竹林进行培土栽培和不培土栽培处理,每个处理 5 次重复。其中,培土栽培是于 2018 年 3 月 15 日以竹叶+土壤进行覆盖的,覆盖高度以杆基为基准,覆盖厚度为 20 cm,不培土栽培则不进行覆盖,期间采用统一的施肥、灌溉、除草及病虫害防控等管理方式。

1.3 样品采集

按福建省南靖县竹笋的收购标准,于 2018 年 8 月 5 日早晨(出笋盛期)从两种栽培方式的麻竹试验林中随机挖取 30 株无病虫害,笋身无明显空洞、无畸形、不干缩的麻竹笋样,逐个测量麻竹笋个体重量(g)、长度(cm)、基茎(cm)和箨壁厚度(cm);然后去其笋壳,除去表面泥土,称其重量,并计算麻竹笋的可食率(%);另外,取两种栽培方式下麻竹笋 3 株,置于冰盒保温箱中带回试验室,剥去笋壳,用于麻竹笋的营养物质等指标含量的测定。

1.4 营养指标测定

将采集的新鲜麻竹笋剥去笋壳,去除笋萼等,保留可食部分,不同部位竹笋按可食部位竹笋总长度 3 等分。其中,用组培刀将笋体纵切下 50 g 供维生素 C 含量测定,其余部分切成 0.4 cm × 0.4 cm 的小方块,置于鼓风干燥箱内 105 °C 杀青 15 min 后,70 °C 烘干至恒重,用搅拌机进行粉碎过 60 目筛,置于装有变色硅胶的干燥器中备用。

水分含量的测定参照食品国标中的烘干法^[11],灰分含量的测定参照食品国标中高温灼烧法^[12],蛋白质含量的测定参照食品国标中凯氏定氮法^[13],游离氨基酸含量的测定参照食品国标中氨基酸分析仪

法^[14],脂肪含量的测定参照食品国标中索氏抽提法^[15],还原糖含量的测定参照食品国标中直接滴定法^[16],可溶性糖含量的测定参照蔬菜中铜还原碘量法^[17],草酸含量参照段立珍等^[18]蔬菜中草酸的测定方法,单宁含量的测定参照 Folin-Ciocalteu 法^[19],纤维素和木质素含量参照熊素敏等^[20]对稻壳中纤维素和木质素含量的测定方法,维生素 C 含量的测定参照 2,6-二氯酚法^[21],淀粉含量的测定参照食品国标中的酸水解法^[22]。

1.5 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 19.0、Excel 2010 和 Microcal Origin 9.0 等软件对实验数据进行分析,实验数据以“均数±标准差(M±SD)”表示,通过 LSD 进行显著性检验,用 Person 相关系数分析各指标间的相关性。

2 结果与分析

2.1 栽培方式对麻竹笋外观形态的影响

在培土和不培土两种栽培方式下,试验麻竹林竹笋个体重量、基茎、长度、箨壁厚度及可食率等外观形态指标均存在显著性差异($P<0.05$)。与不培土麻竹林相比,培土栽培麻竹笋个体重量、基茎、长度及可食率分别显著提高 28.09%、12.76%、19.61%、23.53%,而其箨壁厚度显著降低了 50.94%(表 1)。因此可知,培土栽培能增加麻竹笋

个体重量、基茎、长度及可食率,同时能够降低箨壁厚度,使笋的外观形态质量更佳。

2.2 栽培方式对麻竹笋营养品质的影响

两种栽培方式下麻竹笋的各营养物质含量间除还原糖外均存在显著差异($P<0.05$)。其中,相比于不培土栽培方式,培土栽培麻竹笋灰分、蛋白质、脂肪及淀粉含量均显著降低,降幅分别为 10.08%、12.77%、26.09%、48.84%;而培土栽培麻竹笋还原糖、可溶性糖、水分及维生素 C 含量则有明显的提升,增幅分别为 1.61%、8.16%、1.85%、22.45%,尤其是培土栽培麻竹笋的脂肪、维生素 C 及淀粉含量变化更为明显(表 2)。由此可见,培土栽培不仅可以降低麻竹笋体内脂肪、淀粉含量等,还可以提升笋体的蛋白质、糖类物质及维生素 C 等营养物质的含量。

2.3 栽培方式对麻竹笋呈味物质及纤维素类物质含量的影响

表 3 显示,不同栽培方式下麻竹笋的各呈味物质及纤维素类物质含量间均存在显著差异。培土栽培麻竹笋体内的单宁、草酸、纤维素、木质素含量分别较不培土栽培方式显著降低了 26.32%、20.26%、39.12%、25.47%($P<0.05$)。说明培土栽培能够有效降低麻竹笋体单宁、草酸等主要呈味物质的含量,还可以降低笋体纤维素、木质素含量,使其口感得到显著提升。

表 1 不同栽培模式下麻竹笋外观形态比较

Table 1 Appearance of *D. latiflorus* shoots from different experimental stand

栽培方式 Measure	笋个体重量 Individual weight /(g·plant ⁻¹)	基茎 Shoot diameter /cm	长度 Shoot length /cm	可食率 Edible rate /%	箨壁厚度 Leaf thickness /cm
培土栽培 Soil covered stand	786.67±37.75a	9.28±0.47a	25.68±0.97a	62.67±0.019a	0.27±0.054b
不培土栽培 Non-covered stand	614.21±20.73b	8.23±0.33b	21.47±0.83b	51.29±0.009b	0.53±0.041a

注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著($P<0.05$);下同

Notes: Different lowercase letters within the same column indicate significant difference between treatments at the 0.05 level; The same as below

表 2 不同栽培模式下麻竹笋营养品质指标比较

Table 2 Nutrition quality of *D. latiflorus* shoots from experimental stand

栽培方式 Measure	灰分 Ash /(mg·g ⁻¹)	蛋白质 Protein /(mg·g ⁻¹)	脂肪 Fat /(mg·g ⁻¹)	还原糖 Reducing sugar /(mg·g ⁻¹)	可溶性糖 Soluble sugar /(mg·g ⁻¹)	水分 Water content /%	维生素 C Ascorbic acid /(mg·g ⁻¹)	淀粉 Amylum /(mg·g ⁻¹)
培土栽培 Soil covered stand	6.96±0.03b	20.02±0.43b	4.73±0.31b	4.97±0.51a	15.19±0.08a	92.61±0.58a	18.4±0.56a	1.55±0.13b
不培土栽培 Non-covered stand	7.74±0.10a	22.95±0.32a	6.40±0.10a	4.89±0.53a	13.95±0.38b	90.9±0.84b	14.27±0.59b	3.03±0.66a

表 3 不同栽培模式下林麻竹笋呈味物质及纤维素类物质含量

Table 3 The content of odorous substances and cellulosic substances in *D. latiflorus* shoots from experimental stand

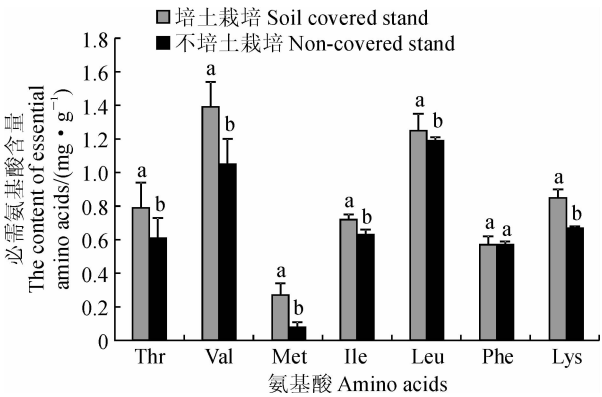
栽培方式 Measure	单宁 Tannin /(mg·g ⁻¹)	草酸 Oxalate /(mg·g ⁻¹)	纤维素 Latiflorus cellulose /(mg·g ⁻¹)	木质素 Lignin /(mg·g ⁻¹)
培土栽培 Soil covered stand	1.82±0.15b	0.796±0.03b	10.86±0.48b	52.04±2.11b
不培土栽培 Non-covered stand	2.47±0.27a	1.064±0.08a	13.62±0.53a	85.48±3.23a

2.4 栽培方式对麻竹笋氨基酸种类及含量的影响

两种培土方式下麻竹笋中共检测出除色氨酸以外的 17 种氨基酸,且培土栽培的竹笋总氨基酸含量较不培土栽培竹笋总氨基酸含量有所提升。在培土及不培土栽培的麻竹笋检测出的氨基酸中均以天冬氨酸、谷氨酸和亮氨酸含量较高,这一结果与郑炯等^[23]对竹笋中氨基酸的分析结果相似。由此可见,经过培土栽培以后,麻竹笋中氨基酸的主要种类没有发生改变,但其组成比例发生了一定变化。

2.4.1 必需氨基酸含量 研究表明,人体的 8 大必需氨基酸包括苏氨酸(Thr)、蛋氨酸(Met)、缬氨酸(Val)、亮氨酸(Leu)、异亮氨酸(Ile)、赖氨酸(Lys)、苯丙氨酸(Phe)、色氨酸(Trp)^[24]。在培土栽培和不培土栽培麻竹笋中都检测到除色氨酸以外 7 种必需氨基酸,且两种不同栽培方式笋体必需氨基酸中除苯丙氨酸含量差异不显著外,其余必需氨基酸含量差异均达到显著水平($P<0.05$)。在培土栽培麻竹笋中,7 种必需氨基酸的总量为 $5.84\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,占麻竹笋氨基酸总量的 37.65%,笋体必需氨基酸含量大小依次为亮氨酸(Leu)、缬氨酸(Val)、赖氨酸(Lys)、异亮氨酸(Ile)、苯丙氨酸(Phe)、苏氨酸(Thr)、蛋氨酸(Met)。而在不培土栽培的麻竹笋中必需氨基酸的总量为 $4.90\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,占麻竹笋氨基酸总量的 38.52%。由此可见,培土栽培能显著提升麻竹笋必需氨基酸的含量,而对麻竹笋必需氨基酸的含量占比影响较小(图 1)。

2.4.2 呈味氨基酸含量占比 通常来说,缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸都属于苦味类氨基酸,培土栽培和不培土栽培笋体中苦味类氨基酸含量分别占氨基酸总量的 28.11%和 30.66%(图 2,A)。苏氨酸、丝氨酸、脯氨酸、丙氨酸、甘氨酸常为甜味类氨基酸,培土栽培和不培土栽培笋体中甜味类氨基酸含量分别占氨基酸总量的 28.95%和 25.52%,两者占比有一定的差距(图 2,B)。天冬氨酸、谷氨酸则属于鲜味类氨基酸,与不培土栽培相比,培土栽培麻竹笋体天冬氨酸、谷氨酸含量占比均



同种氨基酸内不同小写字母表示处理间在 0.05 水平存在显著性差异($P<0.05$);下同

图 1 不同栽培模式下麻竹笋中必需氨基酸的含量
Different lowercase letters within same amino acid indicate significant difference between treatments at the 0.05 level;The same as below

Fig.1 The contents of essential amino acids in *D. latiflorus* shoots

有一定程度的降低,且天冬氨酸含量降幅达到显著水平(图 2,C)。同时,芳香类氨基酸的代表有酪氨酸、苯丙氨酸,同时它们又属于苦味氨基酸,与不培土栽培麻竹笋相比,培土栽培麻竹笋体的酪氨酸、苯丙氨酸含量占比均显著降低,降幅分别为 9.09%、19.66%(图 2,D)。另外,半胱氨酸、蛋氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸这 5 种氨基酸含量占比如图 2,E 所示,与不培土栽培的麻竹笋相比,培土栽培的麻竹笋除半胱氨酸含量占比略低外,其余氨基酸含量占比均显著提高。可见,培土栽培致使麻竹笋体鲜味类氨基酸和芳香类氨基酸含量占比均有一定程度降低,苦味类氨基酸含量占比大多显著下降,甜味氨基酸含量占比不同程度增加,说明培土栽培能降低麻竹笋苦涩物质比例,改善竹笋口感,提升竹笋的品质。

3 讨论

麻竹培土栽培后,笋个体重量、基茎、长度及可食率均显著增加,箨壁厚度显著降低。这说明培土栽

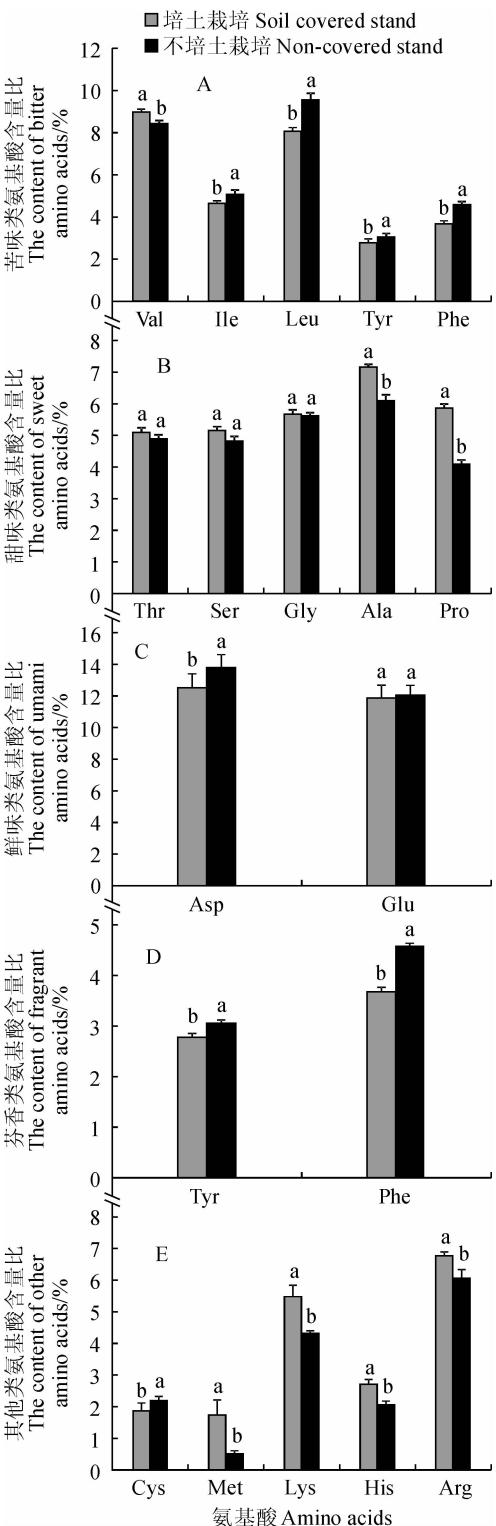


图2 不同栽培模式下麻竹笋中不同种类氨基酸含量占氨基酸总量的比例
Fig. 2 The percentage of different types of amino acid in *D. latiflorus* shoots from experimental stand

培对竹笋的外观形态质量有了明显的改善,与潘文忠^[25]对绿竹笋用林研究结果一致。

植物体内矿质元素含量的总和称之为灰分,其

大小可反映不同植物对矿质元素选择吸收与累积的情况^[26]。蛋白质主要是通过挥发性风味成分相互作用影响食品风味的感知与释放,对食品中风味特性的影响较为明显^[27]。本研究发现,培土栽培后竹笋灰分、蛋白质、脂肪及淀粉含量均有显著下降($P<0.05$),这可能是因为培土后麻竹笋随土壤厚度的增加,其竹笋分布区在土壤中的温度相对下降,降低了麻竹笋对N素的吸收量,同时伴随着麻竹笋体增大导致N素消耗较大,与养分稀释作用有关,这一研究结果与郭子武等^[9]对高节竹笋的研究结果一致。

单宁常分布于植物的皮、叶、果、根中,它是一类生物活性及化学结构相对繁琐的酚类化合物^[28],且易与人体口腔中的唾液蛋白结合产生苦涩味,降低蔬菜及水果的口感品质^[29]。相关研究表明,植物中单宁、草酸、纤维素、木质素、糖类物质、水分及维生素的含量水平对果蔬营养品质有着重要的影响^[30-31]。其中,草酸和单宁含量影响人体对蛋白质的吸收及金属离子代谢活动等^[32],同时植物体内的单宁与酚酸含量受光照影响较大^[33-34],且不同强度的光强在一定程度上能够改变植物体内的草酸含量^[35]。本研究发现,培土栽培后麻竹笋单宁、草酸、纤维素及木质素含量均显著降低,而水分、可溶性糖和维生素C的含量则显著上升($P<0.05$),这可能与培土栽培后麻竹笋竹笋生长发育区域的土壤环境有关,其土层温度相对较低,土壤含水量较大,此时笋芽则处于“暗形态建成”状态,进而对麻竹笋体内的糖类碳水化合物代谢产生一定的影响,使竹笋内糖类物质合成速率加快,纤维素、木质素和苦涩味物质单宁、草酸等含量的合成得到限制,从而使麻竹笋的适口性得到明显改善。这与童龙^[8]、章志远^[36]、白瑞华^[31]等的研究结果一致。

竹笋的食用品质与竹子自身遗传特性息息相关,但其生长环境和栽培方式对它的影响也较大^[9]。目前对云雾“鸟王茶”^[37]、芥菜^[38]、玉米^[39]等研究中表明,光照能不同程度地对植物体内氨基酸含量产生一定的影响,这都证明植物的口味品质与光照密切相关。本研究发现,与不培土栽培麻竹笋相比,培土栽培麻竹笋体内必需氨基酸含量占比变化不显著,而其竹笋苦味类氨基酸含量占比下降幅度、甜味类氨基酸含量占比上升幅度均达到显著水平($P<0.05$),表明培土栽培在一定程度上提升了麻竹笋的品质,这与李雪雷^[40]、林海萍^[10]等的研究结果一致。

综上所述,培土栽培不仅可以改善麻竹笋体外

观形态品质,还可以改善竹笋营养物质含量及呈味氨基酸含量占比等食用品质,该栽培方法操作较为

简单、投入少,对改善竹笋品质较为实用,值得在麻竹适宜生长区中推广应用。

参考文献:

[1] 黄伟素, 陆柏益. 竹笋深加工利用技术现状及趋势[J]. 林业科学, 2008, **44**(8): 118-123.
HUANG W S, LU B Y. Advances in deep-processing technology of bamboo shoots[J]. *Scientia Silvae Sinica*, 2008, **44**(8): 118-123.

[2] BHATT B P, SINGH K, SINGH A. Nutritional values of some commercial edible bamboo species of the North Eastern Himalayan region, India[J]. *Journal of Bamboo & Rattan*, 2005, **4**(2): 111-124.

[3] CHOUDHURY D, SAHU J K, SHARMA G D. Value addition to bamboo shoots; a review[J]. *Journal of Food Science & Technology*, 2012, **49**(4): 407-414.

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

[5] EUNJIN P, DEOKYOUNG J. The antioxidant, angiotensin converting enzyme inhibition activity, and phenolic compounds of bamboo shoot extracts[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, **43**(4): 655-659.

[6] 易同培. 中国竹类图志[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

[7] 陈光静, 郑 炯, 汪莉莎, 等. 大叶麻竹笋腌制过程中质地变软原因探究[J]. 食品科学, 2014, **35**(1): 56-61.
CHEN G J, ZHENG J, WANG L S, *et al.* Mechanism of texture softening of bamboo shoots during pickling[J]. *Food Science*, 2014, **35**(1): 56-61.

[8] 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.
TONG L, ZHANG L, LI B, *et al.* Influence of soil-covered cultivation on quality and palatability of *Dendrocalamopsis oldhami* shoot[J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2018, **40**(3): 487-493.

[9] 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, (4): 515-519.
GUO Z W, JIANG B Z, CHEN S L, *et al.* Influence of soil-covered cultivation on shoot quality of *Phyllostachys prominens* [J]. *Guihaia*, 2015, (4): 515-519.

[10] 林海萍, 姜培坤, 范良敏. 不同经营方式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* shoots[J]. *Journal of Bamboo Research*, 2004, **23**(1): 21-23.

[11] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 3-2016 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[12] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 4-2016 食品中灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[13] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 5-2016 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[14] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 124-2016 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[15] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 6-2016 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[16] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 7-2016 食品中还原糖的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[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] 段立珍, 汪建飞, 赵建荣. 比色法测定菠菜中草酸含量的条件研究[J]. 安徽农业科学, 2007, **35**(3): 632-633.
DUAN L Z, WANG J F, ZHAO J R. Study on the determining conditions of oxalate content in spinach with coloration method [J]. *Anhui Agricultural Sciences*, 2007, **35**(3): 632-633.

[19] 中华人民共和国卫生部. 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.

[20] 熊素敏, 左秀凤, 朱永义. 稻壳中纤维素、半纤维素和木质素的测定[J]. 粮食与饲料工业, 2005, (8): 40-41.
XIONG S M, ZUO X F, ZHU Y Y. Rice husk in cellulose, hemicellulose and lignin determination [J]. *Food and Feed Industry*, 2005, (8): 40-41.

[21] 李 野, 尹利辉, 高 尚, 等. 食品和药品中维生素 C 含量测定方法的研究进展[J]. 药物分析杂志, 2016, (5): 756-764.
LI Y, YIN L H, GAO S, *et al.* Research progress of vitamin C content determination in food and drug [J]. *Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2016, (5): 756-764.

[22] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 9-2016 食品中淀粉的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[23] 郑 炯, 夏 季, 陈光静, 等. 腌制加工对麻竹笋氨基酸含量的影响[J]. 食品工业科技, 2014, **35**(3): 339-342.
ZHENG J, XIA J, CHEN G J, *et al.* Effects of pickling process on the content of amino acids in Ma bamboo shoots [J]. *Science & Technology of Food Industry*, 2014, **35**(3): 339-342.

[24] SCHERBAKOV N, EBNER N, SANDEK A, *et al.* Influence of essential amino acids on muscle mass and muscle strength in patients with cerebral stroke during early rehabilitation; protocol and rationale of a randomized clinical trial (AMINO-Stroke Study)[J]. *Bmc Neurology*, 2016, **16**(1): 1-7.

[25] 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.

[26] 郝朝运, 刘 鹏. 浙江北山七子花群落主要植物叶热值[J]. 生态学报, 2006, **26**(6): 1 709-1 717.

HAO Z Y, LIU P. The caloric value of the dominant plant species of a *Heptacodium miconioides* forest at Bei Mountain, Zhejiang Province, China [J]. *Journal of Ecology*, 2006, **26**(6): 1 709-1 717.

[27] 蒋娅婷, 曹锦轩, 张玉林, 等. 蛋白质与挥发性风味成分相互作用研究进展[J]. 核农学报, 2014, **28**(2): 285-291.

JIANG Y T, CAO J X, ZHANG Y L, *et al.* A Proceeding of research in the interactions of protein with volatile flavor compounds[J]. *Journal of Nuclear Agriculture*, 2014, **28**(2): 285-291.

[28] 孟昭军, 周永泉, 严善春, 等. 外源茉莉酸类化合物对2种落叶松针叶内单宁含量的影响[J]. 林业科学, 2010, **46**(3): 96-104.

MENG Z J, ZHOU Y Q, YAN S C, *et al.* Effects of exogenous jasmonates on tannin content in needles of two larch species[J]. *Scientia Silvae Sinica*, 2010, **46**(3): 96-104.

[29] MUIR A D, GRUBER M Y, HINKS C F, *et al.* Effect of condensed tannins in the diets of major crop insect [M]// *Plant Polyphenols* 2. 1999: 867-881.

[30] LAPORNIK B, PROŠEK M, WONDRA A G. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time[J]. *Journal of Food Engineering*, 2005, **71**(2): 214-222.

[31] 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 *Phyllostachy prominens* shoot [J]. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 2011, **31**(1): 64-67.

[32] WALL S B V. The evolutionary ecology of nut dispersal[J]. *Botanical Review*, 2001, **67**(1): 74-117.

[33] 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*, 2004, **280**(1): 80-94.

[34] 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 Research*, 2011, **5**(11): 35-42.

[35] 鲁燕舞, 唐 丽, 张晓燕, 等. 光质对香椿芽苗菜生长和营养品质的影响[J]. 营养学报, 2014, **36**(2): 188-192.

LU Y W, TANG L, ZHANG X Y, *et al.* Effects of light quality on the growth and nutritional quality of *Toona sinensis* sprouts[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2014, **36**(2): 188-192.

[36] 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.

ZHANG Z Y, DING X C, CUI F X, *et al.* Impact of avoiding light on bitterness and astringency, tannin content, morphology and distribution of *Dendrocalamus latiflorus* [J]. *Forest Research*, 2016, **29**(5): 770-777.

[37] 王 莹, 贺红早, 任春光, 等. 不同光照水平对云“鸟王”茶氨基酸及酶的影响[J]. 广东农业科学, 2013, **40**(13): 32-33.

WANG Y, HE H Z, REN C G, *et al.* Effect on enzymes and amino acid of Yunwu “Niaowang” tea under different light conditions[J]. *Guangdong Agricultural Science*, 2013, **40**(13): 32-33.

[38] LI X, KIM Y B, UDDIN M R, *et al.* Influence of light on the free amino acid content and γ -aminobutyric acid synthesis in *Brassica juncea* seedlings[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2013, **61**(36): 8 624-8 631.

[39] SZALAI G, JANDA T, BARTÓK T, *et al.* Role of light in changes in free amino acid and polyamine contents at chilling temperature in maize (*Zea mays*) [J]. *Physiologia Plantarum*, 2010, **101**(2): 434-438.

[40] 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, (3): 161-166.

LI X L, DING X C, ZHANG S S, *et al.* The distributions of bitter and astringent taste compounds in the bamboo shoot of *Dendrocalamus latiflorus* under different light intensities [J]. *Journal of Nanjing Forestry University Natural Sciences Edition*, 2015, (3): 161-166.

(编辑:裴阿卫)