

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2020.04.013

# 增施氯肥对雷竹笋感观、营养和食味品质的影响

杨丽婷<sup>1,2</sup>, 陈双林<sup>1</sup>, 郭子武<sup>1\*</sup>, 徐 森<sup>1</sup>, 谷 瑞<sup>1</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. 南京林业大学, 江苏 南京 210037)

**摘要:** [目的] 探究氯素施肥对雷竹笋品质的影响, 为雷竹林高品质竹笋高效培育提供理论依据。[方法] 以雷竹丰产林为研究对象, 设置低氯(12%)、中氯(24%)和高氯(34%)3个水平的氯素施肥处理, 分析增施氯肥对雷竹笋感官品质、营养品质和食味品质的影响。[结果] 表明: 雷竹林施用氯素肥料对竹笋感官品质并无明显影响, 但对竹笋营养和食味品质产生重要影响, 其中, 随着施氯量的增加, 雷竹笋蛋白质、木质素、总氨基酸及其组分含量总体上呈下降趋势, 苦味氨基酸及芳香类氨基酸比例呈先下降后升高趋势, 脂肪、淀粉含量及人体必需、鲜味、甜味氨基酸比例总体上呈升高趋势, 纤维素含量呈先上升后下降趋势, 且脂肪、蛋白质、总氨基酸及其组分含量、鲜味和芳香氨基酸比例不同施氯量处理间差异显著, 高氯施肥雷竹笋纤维素含量显著低于中氯、低氯施肥, 淀粉含量显著高于中氯、低氯施肥; 可溶性糖、氯离子含量及糖酸比总体上呈升高趋势, 草酸、单宁及总酸含量则相反, 且可溶性糖、单宁含量及糖酸比各处理间差异显著。[结论] 氯素施肥尤其是高氯施肥虽然对雷竹笋感官品质影响较小, 但能降低竹笋粗糙度, 增强竹笋鲜味、甜味及芳香味, 明显改善竹笋风味与适口性。高氯施肥对雷竹林土壤性状特别是氯离子积累及对微生物群落结构与功能的影响需深入研究。

**关键词:** 雷竹; 氯素施肥; 竹笋品质; 适口性

**中图分类号:** S759.9

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2020)04-0102-06

合理施肥能增加作物产量, 培肥地力, 提高经济效益<sup>[1-2]</sup>, 在肥料中适量添加微量元素, 既可提高作物产量, 又能改善作物品质<sup>[3-5]</sup>。氯是植物必需的微量元素之一, 需求量居植物必需的7种微量元素之首<sup>[6-7]</sup>。氯在植物体内主要以离子形态存在, 参与植物碳同化、氮代谢、气孔调节等, 维持植物正常的渗透压<sup>[8]</sup>, 当氯含量低于100 mg·kg<sup>-1</sup>时易产生缺氯症<sup>[9]</sup>。适量施用含氯肥料可增强植物水分吸收, 促进作物生长发育<sup>[10]</sup>, 提高产量和改善品质<sup>[11-12]</sup>。不同植物对氯的响应特征和耐受能力差异较大, 如小麦(*Triticum aestivum* L.)、水稻

(*Oryza sativa* L.)等对氯耐受性较强, 玉米(*Zea mays* L.)、柑桔(*Citrus reticulata* L.)等中等耐氯, 而紫云英(*Astragalus sinicus* L.)、四季豆(*Phaseolus vulgaris* L.)等对氯耐受性较差<sup>[7]</sup>, 导致氯素施肥的增产提质效果差异较大。

竹笋肉质细嫩, 松脆爽口, 营养价值高, 历来为人们所喜爱, 被视为山珍和优质林产品<sup>[13-14]</sup>, 也是我国传统大宗出口农林产品。施肥是笋用竹林稳产高产的重要经营措施, 合理的施肥不仅可提高竹笋产量, 还对竹笋品质有着重要的影响<sup>[15-17]</sup>; 然而, 在笋用竹林土壤养分补充过程中, 长期以来专

收稿日期: 2019-09-23 修回日期: 2019-12-04

基金项目: 浙江省重点研发项目(2017C02016); 国家重点研发计划课题(2016YFD0600903); 浙江省竹资源与高效利用协同创新中心开放项目(2017ZZY1-01)

\* 通讯作者: 郭子武. E-mail: hunt-panther@163.com

注于N、P、K等大量元素, 却忽视中微量元素的有效补充, 导致大量养分元素的失衡, 而中微量元素缺乏, 对竹林产量与竹笋品质的提高产生负面影响。为此, 本试验以雷竹(*Phyllostachys violascens* (Carr.) A. et C. Riv. 'Prevernalis')为研究对象, 设置高氯、中氯、低氯处理的大田施肥试验, 探讨氯素施肥对雷竹笋感观品质、营养品质、食味品质和适口性的影响, 旨在为雷竹林高品质竹笋高效培育及合理施肥提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于浙江省杭州市余杭区径山镇长乐村(30°33' N, 119°86' E), 属亚热带湿润季风气候, 四季分明, 年平均气温16.2℃, 7月平均气温28.5℃, 1月平均气温3.8℃, 极端最高气温40.5℃, 极端最低气温-11.6℃, 年平均降水量1 509 mm, 年平均日照时数1 528 h, 年平均无霜期236 d, 土壤为红壤。

### 1.2 试验方法

2018年4月选择立地条件和经营水平基本一致的雷竹丰产林3块, 每块试验竹林面积不小于0.4 hm<sup>2</sup>。在每块试验竹林中各设立3个10 m×10 m的样方, 样方间距离不小于5 m。经林分结构调整, 试验雷竹林立竹密度为18 450±375株·hm<sup>-2</sup>, 立竹平均胸径为38.19±2.08 mm, 立竹年龄结构(1 a : 2 a : 3 a)为1.54 : 1.46 : 1。按丰产雷竹林培育施肥量, 分别施用含氯12% (低氯)、24% (中氯)、34% (高氯)等量的复合肥(N:P:K=20:8:12), 施肥量为2 250 kg·hm<sup>-2</sup>, 分3次(5—6月、9—10月及笋前3月初)各1/3施肥量施入。

2019年出笋期, 在每个样方内随机挖取刚出土的完整竹笋各30株, 测量笋个体质量(g)、基径(mm)和长度(cm), 然后剥去笋壳, 去除不可食

的笋蔸, 称质量, 计算竹笋可食率。另各取竹笋样品约1 kg, 置于冰盒带回试验室, 剥去笋壳, 用组织捣碎机匀浆, 用于蛋白质、脂肪、可溶性糖、草酸、单宁、总酸和氨基酸等测定; 并取部分样品在烘箱中60℃烘干, 研磨过40目筛, 用于纤维素、木质素含量测定。

蛋白质采用凯氏定氮法测定<sup>[18]</sup>, 脂肪采用索氏抽提法测定<sup>[19]</sup>, 可溶性糖采用铜还原碘量法测定<sup>[20]</sup>, 草酸采用反相高效液相色谱法测定<sup>[21]</sup>, 单宁采用福林酚比色法测定<sup>[22]</sup>, 总酸采用滴定法测定<sup>[23]</sup>, 游离氨基酸采用氨基酸分析仪测定<sup>[24]</sup>, 纤维素、木质素采用硫酸水解法测定<sup>[25]</sup>。

### 1.3 数据分析

试验数据在Excel 2019统计软件中进行整理和图表制作, 在SPSS 22.0统计软件中进行单因素方差分析和0.05水平LSD多重比较, 分析不同氯素施肥处理的雷竹笋感官品质、营养品质和食味品质指标间的差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同氯素量施肥对雷竹笋感观品质的影响

由表1可知: 随着施氯量的增加, 雷竹笋个体质量、可食率呈先下降后升高的变化规律, 个体质量和可食率变幅均不超过2.00%, 各处理间差异不显著( $P>0.05$ ); 随着施氯量的增加, 雷竹笋基径呈下降趋势, 而长度则呈升高趋势, 基径、长度变幅均不足5%, 各处理间均差异不显著( $P>0.05$ )。说明氯素施肥对雷竹笋个体质量、长度、粗度等感观品质影响较小, 氯素虽为重要的植物必需微量元素, 但短期施用增产作用不大。

### 2.2 不同氯素量施肥对雷竹笋营养品质的影响

随着施氯量的增加, 雷竹笋蛋白质、木质素含量均呈下降趋势, 纤维素含量呈先上升后下降的趋势(表2), 且不同施氯量处理间雷竹笋蛋白质含量

表1 不同氯素施肥处理雷竹笋感观品质

Table 1 Appearance quality of *Ph. violascens* shoot under fertilization with different chlorine content

处理 Treatments	笋个体质量 Individual weight/(g·株 <sup>-1</sup> )	基径 Basal diameter/mm	长度 Length/cm	可食率 Edible ratios/%
高氯施肥 High chlorine	130.34±10.46 a	34.09±2.42 a	24.53±1.65 a	67.96±3.29 a
中氯施肥 Medium chlorine	129.76±9.27 a	34.33±1.99 a	23.60±2.77 a	66.87±4.42 a
低氯施肥 Low chlorine	131.78±12.19 a	35.24±2.63 a	23.43±2.07 a	67.27±4.68 a

注: 同列字母不同表示各处理间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: Different letters within the same column mean significant difference between treatments ( $P<0.05$ ). The same below.

表2 不同氯素施肥处理雷竹笋营养品质

Table 2 Nutrient quality of *Ph. violascens* shoot under fertilization with different chlorine contentmg·g<sup>-1</sup>

处理 Treatments	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	淀粉 Starch	纤维素 Cellulose	木质素 Cellulose
高氯施肥 High chlorine	27.67±1.91 c	29.13±1.46 a	25.27±1.87 a	33.86±2.83 b	37.13±1.63 a
中氯施肥 Medium chlorine	30.17±1.45 b	23.35±1.02 b	23.09±1.18 b	41.55±6.65 a	37.22±5.05 a
低氯施肥 Low chlorine	33.40±1.32 a	20.67±2.56 c	22.87±0.68 b	38.34±1.65 a	38.12±5.44 a

差异显著( $P<0.05$ )，而中氯、低氯施肥处理雷竹笋纤维素含量差异不显著( $P>0.05$ )，但均显著高于高氯施肥处理；不同施氯量处理雷竹笋木质素含量差异不显著( $P>0.05$ )；雷竹笋脂肪和淀粉含量随着施氯量的增加均呈升高趋势，且脂肪含量不同处理间差异显著，而中氯、低氯施肥处理雷竹笋淀粉含量差异不显著，但均显著低于高氯施肥处理( $P<0.05$ )。可见，氯素施肥对雷竹笋营养品质有较明显的影响，增施氯素促进了雷竹碳基养分的积累，而对氮基养分积累有明显的抑制作用，高氯施肥雷竹笋的营养品质总体较好(表2)。

### 2.3 不同氯素量施肥对雷竹笋呈味物质及氯离子含量的影响

由表3可知：随着施氯量的增加，雷竹笋可溶性糖、氯离子含量均呈升高趋势，且不同施氯量处理间雷竹笋可溶性糖含量差异显著( $P<0.05$ )，而氯离子含量差异不显著( $P>0.05$ )；雷竹笋单宁、草酸和总酸含量均呈下降趋势，不同施氯量处理间雷竹笋单宁含量差异显著( $P<0.05$ )，而草酸、总酸含量均差异不显著( $P>0.05$ )；雷竹笋可溶性糖含量显著升高，而总酸含量变幅较小，从而使糖酸比显著升高( $P<0.05$ )，雷竹笋甜味增加(表3)。因此，增施

氯肥对雷竹笋酸涩呈味物质含量影响较大，竹笋涩味显著下降，酸味略有降低，而甜味则明显提高，竹笋口感明显改善。

### 2.4 不同氯素量施肥对雷竹笋氨基酸组分的影响

随着施氯量的增加，雷竹笋人体必需、苦味、鲜味、甜味、芳香类氨基酸及总氨基酸含量均呈下降趋势(表4)，且不同施氯量处理间雷竹笋人体必需、苦味、鲜味、甜味氨基酸及总氨基酸含量差异显著( $P<0.05$ )，而芳香类氨基酸含量为低氯施肥处理显著高于中氯、高氯施肥处理( $P<0.05$ )，但后二者间差异不显著( $P>0.05$ )(表4)；雷竹笋人体必需、鲜味、甜味氨基酸比例均呈增加趋势，而苦味氨基酸比例总体上呈下降趋势，但不同施氯量处理的雷竹笋人体必需、甜味、苦味氨基酸比例差异并不显著( $P>0.05$ )，而鲜味氨基酸比例不同施氯量处理间差异显著( $P<0.05$ )；雷竹笋芳香类氨基酸比例则呈先下降后升高趋势，且各施氯量处理间差异显著( $P<0.05$ )(表5)。可见，增施氯肥虽未增加雷竹笋各种氨基酸的含量，但会引起竹笋鲜味、芳香类氨基酸比例的显著升高，甜味、苦味氨基酸比例小幅上升或略有下降，总体上促进了雷竹笋风味和适口性的改善。

表3 不同氯素施肥处理雷竹笋呈味物质含量

Table 3 Nutrient quality of *Ph. violascens* shoot under fertilization with different chlorine contentmg·g<sup>-1</sup>

处理 Treatments	可溶性糖 Soluble sugar	单宁 Tannin	草酸 Oxalic acid	总酸 Total acid	糖酸比 Ratio of sugar to acid	氯离子 Chlorine
高氯施肥 High chlorine	12.43±0.23 a	1.82±0.08 c	0.12±0.03 a	4.01±0.73 a	3.17±0.11 a	0.23±0.04 a
中氯施肥 Medium chlorine	10.81±0.82 b	1.98±0.08 b	0.13±0.01 a	4.08±0.19 a	2.64±0.13 b	0.21±0.01 a
低氯施肥 Low chlorine	7.97±0.38 c	2.51±0.11 a	0.14±0.01 a	4.19±0.21 a	1.91±0.16 c	0.20±0.03 a

表4 不同氯素施肥处理雷竹笋氨基酸组分含量

Table 4 Amino acid content of *Ph. violascens* shoot under fertilization with different chlorine contentmg·g<sup>-1</sup>

处理 Treatments	人体必需氨基酸 Essential amino acid	苦味氨基酸 Bitter amino acid	鲜味氨基酸 Delicious amino acids	甜味氨基酸 Sweet amino acids	芳香类氨基酸 Aromatic amino acid	总氨基酸 Total amino acids
高氯施肥 High chlorine	3.24±0.19 c	2.94±0.17 c	0.59±0.04 c	1.31±0.16 c	1.98±0.05 b	6.38±0.41 c
中氯施肥 Medium chlorine	4.27±0.18 b	3.78±0.18 b	0.75±0.05 b	1.73±0.21 b	2.06±0.10 b	8.51±0.25 b
低氯施肥 Low chlorine	5.15±0.14 a	5.20±0.13 a	0.83±0.07 a	2.07±0.13 a	2.94±0.21 a	10.44±0.72 a

表 5 不同氯素施肥处理雷竹笋氨基酸占总氨基酸的比例

Table 5 Amino acid proportion of *Ph. violascens* shoot under fertilization with different chlorine content

处理 Treatments	人体必需氨基酸 Essential amino acids	苦味氨基酸 Bitter amino acid	鲜味氨基酸 Delicious amino acids	甜味氨基酸 Sweet amino acids	芳香类氨基酸 Aromatic amino acid	%
高氯施肥 High chlorine	50.78±3.08 a	46.08±2.89 a	9.37±0.21 a	20.53±1.19 a	31.03±7.94 a	
中氯施肥 Medium chlorine	50.70±2.50 a	44.41±3.56 a	8.81±0.34 b	20.32±2.05 a	24.42±4.84 c	
低氯施肥 Low chlorine	49.32±3.46 a	49.80±2.53 a	7.95±0.29 c	19.83±1.63 a	28.17±1.06 b	

注: 表中氨基酸组分比例数值均为各氨基酸与总氨基酸之比。

Note: The ratio of the amino acid component ratio in the table is the ratio of each amino acid to the total amino acid.

### 3 讨论

氯是植物需求量最大的必需微量元素<sup>[7]</sup>, 适量施用含氯肥料有利于植物水分吸收和养分利用, 促进作物生长发育, 提高作物的产量和品质<sup>[26-27]</sup>。本研究中, 随着施氯量的增加, 雷竹笋感观品质虽有所改变, 如基径总体下降, 长度总体增大, 可食率和个体单质量均先下降后升高, 但各感官品质指标变化幅度均较小(不足5.00%), 差异未达显著水平, 说明短期增施氯肥对雷竹笋的增产效果并不明显, 这与前人对番茄(*Solanum lycopersicum* Mill.)、莴笋(*Lactuca sativa* L.)和苹果(*Malus domestica* Mill.)的研究结果基本一致<sup>[10, 28-29]</sup>, 而与甘蔗(*Saccharum officinarum* L.)和水稻的研究结果不同<sup>[30]</sup>, 其原因可能与竹子特殊的克隆生长特性有关, 即竹笋的快速生长更多是依赖于大量营养元素(如氮、磷、钾), 而微量元素氯虽是竹子必需的营养元素, 但需求量较少, 短期施用增产效果并不明显。

竹笋的营养品质、风味等主要取决于竹子的遗传特征, 同时也受栽培措施、环境条件与人工干扰等的影响<sup>[31-33]</sup>, 不同竹种竹笋营养品质、风味差异较大<sup>[34-35]</sup>。本研究结果表明, 增施氯肥后, 雷竹笋蛋白质、氨基酸总量及其组分含量均显著下降, 说明增施氯肥可能不利于雷竹笋氮素营养的积累, 这与烟草(*Nicotiana tabacum* L.)的研究结果基本一致<sup>[11-12]</sup>, 其原因可能是氯含量的升高抑制竹子体内硝酸还原酶活性, 导致竹子对NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N吸收下降。且随着氯素施肥量的升高, 雷竹笋甜味、鲜味及芳香类氨基酸比例总体上升, 而苦味氨基酸比例下降, 即增施氯肥改变了竹笋氨基酸组成的比例, 增加了竹笋鲜味、香味。增施氯肥后, 雷竹笋脂肪、淀粉含量也显著升高, 进一步改善竹笋风味品质, 加之木质素和纤维素等纤维类物质含量下降, 特别

是纤维素含量显著降低, 竹笋适口性明显改善。

单宁、草酸及部分氨基酸等是竹笋内重要的苦涩味物质, 其含量与组成对竹笋的风味和适口性有重要影响<sup>[33-36]</sup>, 且单宁、草酸还会改变人体离子代谢<sup>[37]</sup>及蛋白质的吸收利用<sup>[38]</sup>。本研究结果表明, 雷竹笋单宁、草酸和总酸含量随着施氯量的增加而下降, 且单宁含量显著降低, 草酸和总酸略有下降, 而可溶性糖含量则显著升高, 因而糖酸比显著升高, 竹笋甜味增加, 酸涩味下降, 这与烟草的研究结果基本一致<sup>[11-12]</sup>, 其原因可能是氯是光合作用中光系统Ⅱ的氧化剂, 参与光合放氧过程; 同时氯也是光合反应的辅酶成分, 促进辅酶Ⅱ的还原, 有利于CO<sub>2</sub>的固定同化, 促进碳水化合物的合成<sup>[39]</sup>, 从而提高雷竹笋可溶性糖含量, 同时也是竹笋淀粉、脂肪等含碳化合物含量升高的重要原因之一。随着施氯量的增加, 雷竹笋氯离子含量略有升高, 但各处理间差异不显著, 这与烤烟的研究结果不同<sup>[40]</sup>, 这可能是由于该试验区属于长江以南的亚热带区域, 土壤中氯含量较低<sup>[41]</sup>, 增施氯肥虽在一定程度上增加土壤中氯的含量, 但尚不足以引起土壤氯离子含量的大幅度升高, 从而导致其生物有效性的明显增加。

### 4 结论

本研究结果表明, 增施氯肥后雷竹笋感观品质虽有变化, 但各处理间差异不显著, 因此, 氯素施肥对雷竹笋感观品质影响较小, 未体现出明显的增产效应, 但对竹笋营养品质、食味品质有较明显的影响。高氯施肥竹笋鲜味、甜味、香味氨基酸比例升高, 草酸、单宁及总酸含量明显下降, 可溶性糖含量及糖酸比显著升高, 纤维类物质含量降低, 竹笋适口性明显改善。然而, 高氯施肥特别是长期施用高氯肥料, 势必引起土壤中氯离子的累积, 因

此, 箍用竹林高氯施肥后土壤中氯离子残留特征及其环境学效应仍需进一步研究, 尤其是长期施用高氯肥料对土壤理化性质(酸碱性、养分平衡与供应能力)、土壤微生物学过程与酶学特征的影响应为下一步研究的重点。

## 参考文献:

- [1] 段英华, 卢昌艾, 杨洪波, 等. 长期施肥下我国灌淤土粮食产量和土壤养分的变化[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(6): 1475-1483.
- [2] 封焕英, 范少辉, 苏文会, 等. 竹林专用矿渣肥对毛竹发笋成竹影响的研究[J]. 林业科学, 2012, 25(3): 407-410.
- [3] 李惠芬, 张彬, 黄庆, 等. 中微量元素肥料不同用量对超级稻品种倒伏及产量的影响[J]. 中国稻米, 2016, 22(2): 21-26.
- [4] 栾波波, 赵波, 赵凯, 等. 安丘大姜施用微量元素肥料试验初探[J]. 中国农学通报, 2018, 34(6): 65-69.
- [5] 蒋向辉, 戴贵东, 王翔. 微量元素对金银花中绿原酸形成与积累的影响[J]. 植物生理学报, 2017, 53(6): 1015-1022.
- [6] Broyer T C, Carlton A B, Johnson C M, et al. Chlorine: a micronutrient element for plants[J]. Plant physiology, 1954, 29(6): 526-532.
- [7] 陆景陵. 植物营养学: 上册[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 13-27.
- [8] 余金龙, 陈若星, 王玉帅, 等. 施氯量对烤烟生长及品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(6): 60-62.
- [9] 程明芳, 金继运, 李春花, 等. 氯离子对作物生长和土壤性质影响的研究进展[J]. 浙江农业科学, 2010, 1(1): 12-14.
- [10] 王兴梅, 杨莉莉, 高义民, 等. 不同含氯肥料用量对黄土区苹果产量、品质及氯素分布的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2019, 47(3): 77-84.
- [11] 石孝均, 霍沁建, 关博谦, 等. 重庆市烤烟氯素营养研究[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2007, 29(3): 74-80.
- [12] 许永峰, 陈顺辉, 李文卿, 等. 不同施氯量对烤烟氯含量和产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(5): 27-31.
- [13] 任从尧, 童振杰, 卢建文. 竹笋的营养成分与毛竹生产及竹园的施肥技术[J]. 内蒙古农业科技, 2005(S1): 81-83.
- [14] 刘明池. 竹笋的营养价值与食用方法[J]. 蔬菜, 2002(2): 40.
- [15] 陈闻, 吴家森, 姜培坤, 等. 不同施肥对雷竹林土壤肥力及肥料利用率的影响[J]. 土壤学报, 2011, 48(5): 1021-1028.
- [16] 陈丽华, 李皓, 余兆根. 不同施肥量对雷竹林竹笋产量及土壤养分的影响[J]. 世界竹藤通讯, 2016, 14(3): 6-10.
- [17] 李俊. 探索施肥对川西雷竹笋用林的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2016.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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): 81-84.
- [26] 沈浦, 李冬初, 高菊生, 等. 长期施用含硫与含氯肥料对水稻产量及其构成要素的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(2): 322-328.
- [27] Freeman K W, Girma K, Mossali J, et al. Response of winter wheat to chloride fertilization in sandy loam soils[J]. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 2006, 37(16): 1947-1955.
- [28] 杨皓宇, 邓洪波, 郭燕梅, 等. 含氯专用肥料对番茄产量及品质影响初探[J]. 四川农业科技, 2016(7): 42-44.
- [29] 李楠, 邓兰生, 涂攀峰, 等. 叶用莴苣对氯的吸收和累积规律研究[J]. 热带作物学报, 2015, 36(4): 656-659.
- [30] Megda M X V, Trivelin P C O, Franco H C J, et al. Agronomic efficiency of nitrogen fertilizers on green harvesting sugarcane ratoon[J]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2012, 47(12): 1681-1690.
- [31] 李伟成, 王树东, 钟哲科, 等. 覆膜对酒竹笋营养元素与成分的影响[J]. 林业科学, 2009, 22(4): 732-735.
- [32] 时俊帅, 陈双林, 郭子武, 等. 3个海拔梯度对高节竹笋品质的影响[J]. 林业科学, 2018, 31(4): 113-117.
- [33] 郭子武, 杨丽婷, 林华, 等. 沙县苦竹笋外观、营养和食味品质变异的海拔效应[J]. 生态学杂志, 2019, 38(1): 83-88.
- [34] 江泽慧. 世界竹藤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002.
- [35] 郭子武, 江志标, 陈双林, 等. 节竹与毛竹鞭笋品质和适口性比较[J]. 林业科学, 2015, 28(3): 447-450.
- [36] Lapornik B, Prosek M, Wondra AG. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 71(2): 214-222.
- [37] 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.
- [38] Vander Wall S B. The evolutionary ecology of nut dispersal[J]. The Botanical Review, 2001, 67(1): 74-117.
- [39] Bové J M, Bové C, Whatley F R, et al. Chloride requirement for oxygen evaluation in photosynthesis[J]. Zeitschrift Für Naturforschung B, 1963, 18(4): 683-688.
- [40] 田飞, 罗建新, 刘建国, 等. 氯肥对烟田土壤和烟叶氯含量及产量的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2019, 45(3): 264-268.
- [41] 毛知耘, 李家康, 何光安, 等. 中国含氯化肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

# Effect of Chlorine Fertilization on the Shoot Quality of *Phyllostachys violascens*

YANG Li-ting<sup>1,2</sup>, CHEN Shuang-lin<sup>1</sup>, GUO Zi-wu<sup>1</sup>, XU Sen<sup>1</sup>, GU Rui<sup>1</sup>

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

2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

**Abstract:** [Objective] To study the effect of chlorine fertilization on the quality of *Phyllostachys violascens* shoots, and to contribute for the high-efficiency cultivation of high-quality bamboo shoots. [Method] High-yielding *Ph. violascens* plantation were selected, and the fertilization treatments with high (34%), medium (24%) and low (12%) chlorine content were set up to observe the influence of chlorine fertilization on sensory, nutritional and taste characters of shoots. [Result] The results showed that chlorine fertilization influenced the sensory character slightly, while affected the nutrient and taste greatly. With the increasing of chlorine content in fertilizer, the contents of protein, total amino acid and its component, lignin, cellulose, the proportion of bitter amino acids decreased gradually, while the contents of aromatic amino acids decreased in the beginning and then increased. The contents of fat, starch and proportion of essential, flavor and sweet amino acids increased. Furthermore, there were significant difference on contents of fat, protein, total amino acid and its component, the proportion of flavor and aromatic amino acids among the three treatments, and the content of cellulose under high fertilization treatment was smaller than that under medium and low fertilization treatments, while that of fat changed in opposite trends. With the increasing of chlorine content, the content of soluble sugar, ratio of sugar to acid and chlorine increased, while the contents of oxalic acid, tannin and total acid decreased, but there were significant difference on the contents of oxalic acid, tannin and total acid among the three fertilization treatments. [Conclusion] It is indicated that chlorine fertilization will influence the sensory character of shoot slightly, while the fibrous materials content decrease, and delicious and sweet components increase, especially under high fertilization treatment. Additional, further research should be conducted on the effect of high chlorine fertilization on soil properties, especially for the influence of chlorine accumulation on structure and function of soil microbial community.

**Keywords:** *Phyllostachys violascens*; chlorine fertilization; shoots quality; palatability

(责任编辑: 金立新)