

段小华,陈淑芳. 锌硒交互作用对茶叶锌硒积累及主要化学品质成分的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):99-102.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.027

# 锌硒交互作用对茶叶锌硒积累及主要化学品质成分的影响

段小华,陈淑芳

(江西师范大学生命科学学院/江西省亚热带植物资源保护与利用重点实验室,江西南昌 330022)

**摘要:**为研究锌硒交互作用对茶叶锌硒积累和主要化学品质成分的影响,采用 3 个锌浓度(1.0、3.0、5.0 mg/L)和 3 个硒浓度(0.1、1.0、5.0 mg/L),用溶液培养法研究茶叶的锌硒积累和主要化学品质成分的异同。结果表明,中浓度的硒(1.0 mg/L)与低浓度的锌(1.0 mg/L)处理组合的茶叶中的锌硒含量较高,说明适度提高硒浓度促进茶叶锌的积累,而锌对茶叶硒的积累具有抑制作用。在低中浓度硒(0.1、1.0 mg/L)条件下,增加锌处理的浓度有利于茶叶可溶性糖、黄酮、茶多酚、氨基酸和咖啡碱等主要化学品质成分含量的提高,而在高浓度硒(5.0 mg/L)条件下,增加锌处理的浓度降低各化学品质成分的含量。在同一锌浓度处理下,中浓度的硒处理组茶叶中化学品质成分含量显著高于低浓度硒(0.1 mg/L)处理组和高浓度硒(5.0 mg/L)处理组( $P < 0.05$ )。综合表明,1.0 mg/L 锌和 1.0 mg/L 硒处理组最有利于茶叶化学品质成分和锌硒含量的提高。

**关键词:**茶叶;锌;硒;交互作用;化学品质

**中图分类号:** Q945.1;S571.101

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2018)15-0099-04

锌(Zn)是人体生长发育过程中的必需微量元素,在人体中的含量仅次于铁,位居第 2 位<sup>[1]</sup>。据研究,锌与人体衰老密切相关,锌还可能在防治肿瘤、冠心病和风湿热等疾病方面具有重要作用。研究显示,锌摄入量不足易引起白内障、生长发

育不良和免疫功能下降等疾病<sup>[2]</sup>。因此,合理补锌已引起广泛关注。锌也是植物生长发育中不可缺少的微量元素,是植物细胞中许多酶的构成成分或活化剂,在调节茶树体内糖转化以及促进茶叶品质成分,如氨基酸、儿茶素及香气物质等形成方面发挥重要作用<sup>[3-4]</sup>。硒(Se)是人体必需的微量元素,具有保护心脏、提高肌体免疫力、抗肿瘤、抗衰老、拮抗某些重金属元素以及防治克山病和大骨节病等多种生物学功能<sup>[5-6]</sup>。研究发现,环境和人体缺硒与各种癌症的总死亡率增高以及许多地方性高发病如克山病、大骨节病、心脑血管疾

收稿日期:2017-10-31

基金项目:江西省自然科学基金(编号:20132BAB204027)。

作者简介:段小华(1973—),男,江西吉安人,博士研究生,副教授,主要从事植物生理生化及食品营养研究。E-mail: dxh815@163.com。

集中于氮磷钾肥料的配比,对于微量元素添加比例、种类以及有机物料的添加等研究较少。陆树华等研究指出滴灌施用氮钾肥是提高甘蔗产量的有效措施,施用时间及施用量都需要精准,甘蔗生长初期合理的氮钾肥比例能够维持叶片中较高的氮钾水平,有利于中后期的营养生长,提高最终产量和品质<sup>[10]</sup>。徐林等指出滴灌与氮磷钾配方施肥配合运用,即节水节肥,能促进甘蔗增产<sup>[11]</sup>。滴灌施肥属于精准农业的范畴,施肥能够达到按需供给。大量研究发现,氮磷钾肥施用量为 1/2 甚至 1/3 时,产量不减少反而增加<sup>[2-3,12]</sup>。这与本试验中所用氮磷钾配比一致,说明氮磷钾配比合理的情况下,减少施用量可满足甘蔗生长,而微量元素及有机物料的添加需进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 李奇伟,安玉兴,黄振瑞,等. 优质糖料蔗生产技术关键与新技术应用[J]. 甘蔗糖业,2009(3):1-6.
- [2] 谭宏伟,刘永贤,周柳强,等. 基于滴灌条件下的甘蔗施肥减量技术研究[J]. 热带学报,2013,34(1):24-28
- [3] 邢颖,江泽普,谭裕模,等. 广西赤红壤区甘蔗滴灌栽培氮磷钾

- 用量研究[J]. 中国糖料,2015,37(5):31-33.
- [4] 邢颖,江泽普,谭裕模,等. 甘蔗滴灌专用液肥及其在广西赤红壤蔗区灌溉模式研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(7):75-77.
- [5] 万美亮,邝炎华. 甘蔗耐低磷基因型的筛选及其部分生理特征的研究[J]. 华南农业大学学报,1999(1):45-50.
- [6] 郑超,李奇伟,黄振瑞,等. 不同品种甘蔗对钾素吸收差异性的研究[J]. 热带作物学报,2011,32(12):2221-2225.
- [7] 陆树华,张承林,邓兰生,等. 滴灌条件下不同施钾量对甘蔗产质量的影响[J]. 中国糖料,2009(1):12-14.
- [8] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [10] 陆树华,张承林,邓兰生,等. 滴灌施肥条件下氮钾分配时期对甘蔗产量和品质的影响[J]. 节水灌溉,2009(4):22-25.
- [11] 徐林,黄海荣,黄玉溢,等. 地下滴灌条件下氮磷钾配施对甘蔗产量及其构成因素的影响[J]. 广西农业科学,2010,41(8):800-803
- [12] 邓兰生,陆树华,沈宏,等. 滴灌施肥对甘蔗产量与品质的影响[J]. 灌溉排水学报,2010,29(2):119-123.

病等密切相关<sup>[7-8]</sup>。硒也是植物生长发育的有益元素,在农业生产中施适量硒可促进农作物生长,提高品质<sup>[9-11]</sup>。有研究表明,合理施硒可以增强茶树的光合作用,促进茶树的生长,改善茶叶的品质<sup>[12-14]</sup>。基于锌和硒对人体的重要作用,通过利用富锌富硒能力强的植物对锌硒进行吸收、累积和转化,从而把非活性、毒性高的无机锌和无机硒转化为毒性低、安全有效的活性有机锌和有机硒,是改善人类对锌硒摄入不足的一种有效方法。

茶是中国的一种具有悠久历史且深受人们喜爱的饮料,而且是世界最流行的无酒精饮料之一。茶叶中富含茶多酚、黄酮、维生素、茶多糖以及多种微量元素等营养活性成分。长期饮茶对人体具有重要的生理保健功能,如增强免疫能力、预防动脉粥样硬化、降血脂、降血压、降血糖、杀菌抗病毒、抗癌变抗突变等,因此被认为是一种健康饮料<sup>[15]</sup>。茶树是富硒能力较强的植物,茶叶中富含硒,且茶叶中 80% 的硒是有机硒<sup>[16-17]</sup>,因此茶叶是较好的天然硒源。通过在低硒地区向茶园土壤添加无机硒,利用茶树的吸收、富集和转化作用,把土壤中的无机硒转化为茶叶中的有机硒,对提高茶叶品质具有重要的理论和实际意义。锌在茶叶中的含量范围为 48 ~ 126 mg/kg,且大多数以有机化合物的形式存在,其中 60% ~ 80% 的锌可溶于热水。如果能把茶叶中的锌含量增加到 200 ~ 300 mg/kg,就可以作为人体补锌的一种食物来源<sup>[18]</sup>。土壤中有效锌含量是影响茶叶中的锌含量的主要因素,由于我国大部分地区土壤有效锌含量较低,因此导致我国茶叶中锌含量普遍较低<sup>[19]</sup>。因此,如何提高茶叶锌含量是一个值得研究的课题。目前,在茶叶富锌富硒方面有一些初步的研究报道<sup>[14,16,20-21]</sup>,但这些研究主要集中在单施硒或锌对茶叶产量、品质、含硒量、含锌量、矿质元素含量及茶树生长生理效应的影响,有关锌和硒共同作用提高茶叶锌和硒含量及其他化学活性成分的研究还鲜见报道。

因此,本研究通过砂培茶树和外源施锌和硒方法,探讨施锌和硒交互作用对茶叶主要有效成分、锌和硒含量的影响,在此基础上筛选达到富硒富锌茶叶标准的硒锌浓度配比,使茶叶获得最佳产量和化学品质,从而在一定程度上为茶叶生产提供理论依据和技术指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

一年生茶树(*Camellia sinensis* L.)扦插苗(品种为福鼎大白)于 2014 年 3 月下旬购于江西省茶树良种繁育场,平均地径为 0.26 cm,平均苗高为 28 cm。

河沙取自江西师范大学附近,取回过筛后用自来水冲洗干净,然后加入 2% 的 HCl 处理过夜,再用蒸馏水冲洗至 pH 值 7.0 左右,供培养茶树用。

### 1.2 茶苗培养

选取生长一致的一年生茶树扦插苗,用蒸馏水把附着于茶苗根部的泥土清洗干净后,将其插入装有河沙的底部带孔的白色塑料花盆内,每盆 3 ~ 4 株,然后将每个花盆放在与之匹配的底托上,置于江西师范大学生命科学学院温室中培养。每周定期施用 2 次营养液(含 Hoagland 大量元素和 Arnon 微量元素),每次 50 mL。每隔 1 d 向营养液中补充失去的水

分。为了防止营养元素沉淀于底托上,每周清洗底托 1 次。

### 1.3 茶苗处理

茶树预培养 1 周后进行处理。采用 2 因素 3 水平完全随机试验设计,锌浓度设置为 1.0、3.0、5.0 mg/L 3 个水平,分别在营养液中添加相应量的 2 g/L ZnSO<sub>4</sub> 溶液(以纯锌计);硒浓度设置为 0.1、1.0、5.0 mg/L 3 个水平,分别在营养液中添加相应量的 1 g/L Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 溶液(以纯硒计)。总计 9 个处理。每处理 3 个重复。按试验设计将处理元素加入营养液中进行处理,每周处理 2 次,每次 50 mL,每隔 1 d 向营养液中补充失去的水分,并清洗 1 次底托(防止元素聚集对试验结果造成影响)。

### 1.4 取样分析

茶树培养至茶叶采收期(2014 年 6 月中旬)进行采样。将茶叶(一芽两叶)采摘后,先用自来水冲洗干净,再用蒸馏水冲洗 2 次,然后用滤纸吸干茶叶表面的水分,放置于恒温干燥箱中 200 ℃ 杀青 2 ~ 3 min,然后 80 ℃ 烘干 1.5 h,用研钵将其磨碎后过 1 mm 筛,装入自封袋置于冰箱中供分析用。

### 1.5 测定项目及方法

用酒石酸铁比色法测定茶叶茶多酚含量,参照 GB/T 8313—2002《茶 茶多酚测定》中的方法<sup>[22]</sup>;用醋酸铅沉淀比色法测定茶叶咖啡碱含量,参照 GB/T 8312—2002《茶 咖啡碱测定》中的方法<sup>[23]</sup>;参照黄永林等的方法测定茶叶黄酮类化合物的含量<sup>[24]</sup>;用蒽酮比色法测定茶叶可溶性糖含量,参照张志良等的方法<sup>[25]</sup>;用茚三酮比色法测定茶叶游离氨基酸总量,参照 GB/T 8314—2002《茶 游离氨基酸总量测定》中的方法<sup>[26]</sup>。用火焰原子吸收法测定茶叶中锌元素含量;用原子荧光光度法测定茶叶中硒元素的含量,根据干物质计算出锌硒在茶叶中的含量。

### 1.6 数据处理

采用 SPSS 16.0 软件进行双因素方差分析,并用 LSD 检验对各处理平均数进行多重比较,统计学差异显著性取  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 锌硒交互作用对茶叶锌硒积累的影响

在低硒浓度(0.1 mg/L)处理下,锌和硒含量为低锌处理组高于中高锌处理组,在中硒浓度(1.0 mg/L)处理下,随着锌处理浓度的增加茶叶中锌含量增加,而硒含量则降低,而在高硒浓度(5.0 mg/L)处理下,中高浓度锌处理组茶叶中的锌含量明显高于低浓度锌处理组,而硒含量则相反;在同一锌浓度处理下,中浓度的硒处理组茶叶中的锌和硒含量明显高于低浓度硒处理组和高浓度硒处理组(图 1)。综合来看,中浓度的硒(1.0 mg/L)与低浓度的锌(1.0 mg/L)处理组合的茶叶中的锌硒含量较高,双因素方差分析表明,硒和锌对茶叶中锌硒含量的影响存在显著的交互作用。

### 2.2 锌硒交互作用对茶叶主要化学品质成分含量的影响

在低硒浓度(0.1 mg/L)处理下,高浓度的锌(5.0 mg/L)处理组茶叶的可溶性糖、黄酮、茶多酚、氨基酸和咖啡碱含量明显高于低浓度锌(1.0 mg/L)处理组;在中硒浓度(1.0 mg/L)处理下,除可溶性糖含量差异不显著外,中高浓度的锌(3.0、5.0 mg/L)处理组茶叶中主要化学品质成分含

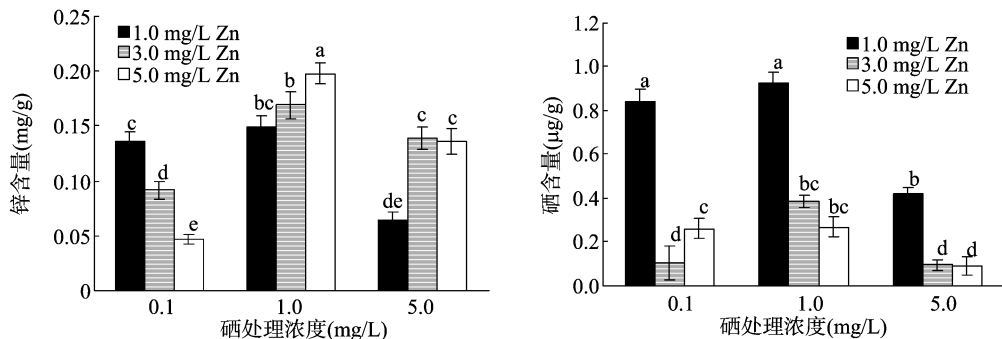
不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。图 2 同

图 1 锌硒交互作用对茶叶锌硒积累的影响

量的含量均显著高于低浓度锌处理组的 ( $P < 0.05$ )；而在高硒浓度 (5.0 mg/L) 处理下, 中高浓度的锌处理组茶叶中各化学品质成分的含量明显低于低浓度锌处理组 (图 2)。表明在低中浓度硒条件下, 增加锌处理的浓度有利于茶叶化学品质成分含量的提高; 而在高浓度硒条件下, 增加锌处理的浓度降低茶叶化学品质成分的含量; 在同一锌浓度处理下, 中浓度的

硒处理组茶叶中可溶性糖、黄酮、茶多酚、氨基酸和咖啡碱含量显著高于低浓度锌处理组和高浓度锌处理组 ( $P < 0.05$ )。总的来看, 中浓度的硒与中高浓度的锌处理组合的茶叶中主要化学品质成分含量最高, 双因素方差分析表明, 硒和锌对茶叶化学品质成分含量存在明显的交互作用, 表明适量硒 (1.0 mg/L) 和锌 (3.0、5.0 mg/L) 有利于茶叶品质的提高。

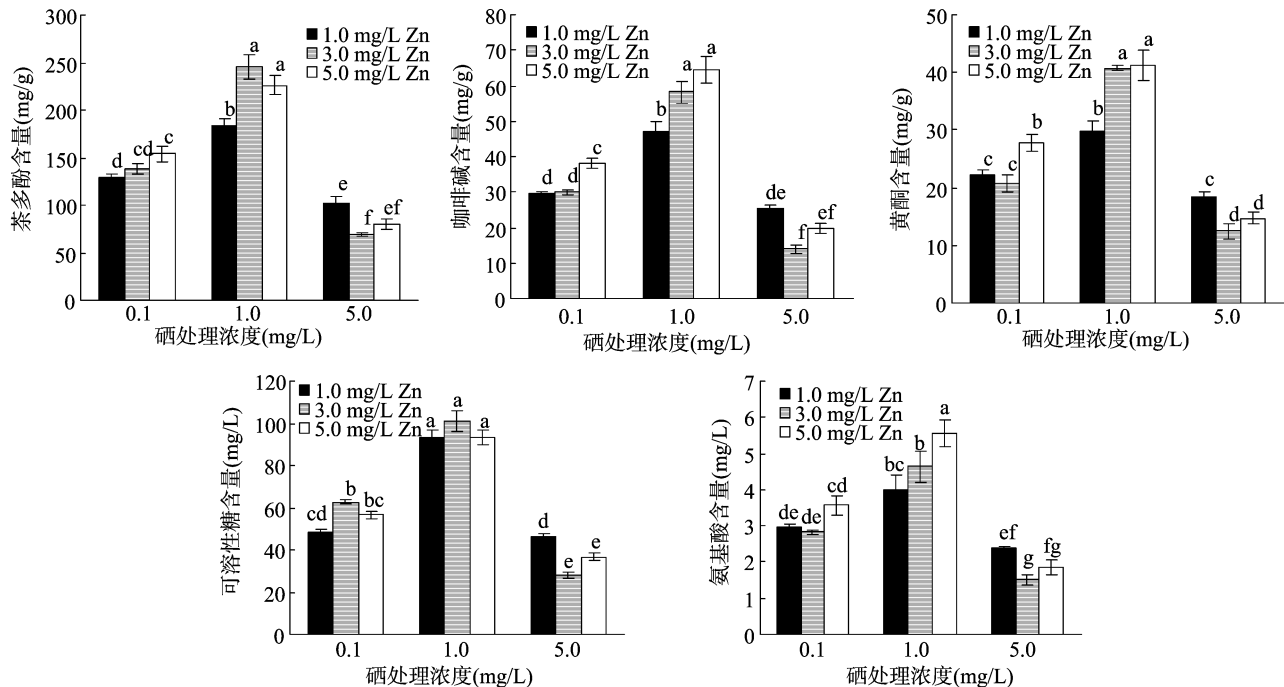


图 2 锌硒交互作用对茶叶主要化学品质成分含量的影响

### 3 讨论与结论

锌、硒是人体生命活动所必需的微量元素, 也是茶树生长发育的有益元素。有研究表明, 向作物叶面单独喷施亚硒酸钠或硫酸锌均可显著增加作物中的硒或锌含量, 且与硒或锌的施用浓度呈线性正相关<sup>[21, 27, 28-30]</sup>。目前, 一般认为在一定硒浓度范围内, 硒对植物锌元素的吸收具有促进作用, 而在硒毒情况下, 则对植物锌元素的吸收具有抑制作用<sup>[8]</sup>。本研究也表明适度提高溶液中硒的浓度可以促进茶叶对锌的积累, 过高的硒浓度则稍降低茶叶对锌的积累。段晓琴等在盆栽研究中发现, 在土壤中合理配施锌硒肥对锌硒在植物体内的积

累及生理效应有一定的协同作用, 在土壤中施用硒锌肥后, 油菜茎和叶中的锌和硒含量与对照相比显著增加<sup>[31]</sup>, 而王伟伟等研究发现, 锌硒肥配施对黄土高原马铃薯块茎硒和锌含量无显著影响, 但显著提高黄土高原小白菜锌和硒含量<sup>[32]</sup>。张玉兰等研究表明, 增加喷施锌溶液的浓度抑制茶叶对硒的积累<sup>[33]</sup>, 本研究也发现, 增加培养液中锌浓度, 降低茶叶中硒的积累。锌硒配施效应产生不同结果的原因可能与试种作物类型、品种以及作物种植环境等有关。本研究综合来看, 中低锌浓度 (1.0 mg/L 硒和 1.0 mg/L 锌) 处理组利于茶叶锌硒的积累。

锌是植物细胞中许多新陈代谢酶的组成成分, 如碳酸酐

酶、磷酸酯酶、苹果酸脱氢酶和谷氨酸脱氢酶等,而这些酶参与了光合作用的全过程,因此锌可增强植物的光合作用,促使植物叶片对  $\text{CO}_2$  的吸收和同化,进而促进蛋白质的合成与转化。有研究发现,锌还能促进茶树根系对氮和磷元素的吸收,从而促进茶树萌芽和生长<sup>[34-35]</sup>。还有研究表明,茶园土壤有效锌含量与茶叶氨基酸含量呈显著正相关,锌可促进茶叶氨基酸的形成和茶多酚的合成<sup>[36]</sup>。硒对茶叶产量和品质的影响可能是通过对土壤中有关酶类的活性产生,进而影响茶树根系对矿质营养的吸收,从而对茶叶的产量和品质产生作用<sup>[37]</sup>。本研究表明,在低中浓度硒条件下,增加锌处理的浓度有利于茶叶主要化学成分含量的提高,而在高浓度硒条件下,增加锌处理的浓度降低主要化学成分的含量;在同一锌浓度处理下,中浓度的硒处理组茶叶中可溶性糖、黄酮、茶多酚、氨基酸和咖啡碱含量明显高于低浓度锌处理组和高浓度锌处理组。总体而言,在合理的施肥范围内,锌硒交互作用对茶叶化学成分含量具有一定的正效应,锌或硒施用过量则表现出一定的负效应。就本研究浓度范围而言,中浓度的硒(1.0 mg/L)与中高浓度的锌(3.0、5.0 mg/L)处理组合的茶叶中各化学成分含量最高,表明适量硒和锌有利于茶叶品质的提高。

综合考虑茶叶中锌硒含量和化学品质成分,1.0 mg/L 锌和 1.0 mg/L 硒处理组最有利于茶叶化学品质成分和锌硒含量的提高。

#### 参考文献:

- [1] 陈文强. 微量元素锌与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(4): 62-65.
- [2] 王丕玉, 刘海潮. 锌失衡与人体健康[J]. 中国食物与营养, 2007, 12(7): 50-51.
- [3] Lombi E, Tearall K L, Howarth J R, et al. Influence of iron status on cadmium and zinc uptake by different ecotypes of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* [J]. Plant Physiology, 2002, 128(4): 1359-1367.
- [4] Cakmak I. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species [J]. New Phytologist, 2000, 146(2): 185-205.
- [5] Finley J W, Ip C, Lisk D J, et al. Cancer-protective properties of high-selenium broccoli [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(5): 2679-2683.
- [6] Xu J, Yang F M, Chen L C, et al. Effect of selenium on increasing the antioxidant activity of tea leaves harvested during the early spring tea producing season [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(4): 1081-1084.
- [7] 刘 铮. 中国土壤微量元素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996: 330-332.
- [8] 陈 铭, 刘更另. 高等植物的硒营养食物链中的作用(二)[J]. 土壤通报, 1996, 27(4): 185-188.
- [9] Lyons G H, Genc Y, Soole K, et al. Selenium increases seed production in *Brassica* [J]. Plant and Soil, 2009, 318(1/2): 73-80.
- [10] 魏 丹, 杨 谦, 迟凤琴, 等. 叶面喷施硒肥对水稻含硒量及产量的影响[J]. 土壤肥料, 2005(1): 39-41.
- [11] 张艳玲, 潘根兴, 胡秋辉, 等. 叶面喷施硒肥对低硒土壤中大豆不同蛋白组成及其硒分布的影响[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(1): 37-40.
- [12] 方兴汉, 沈星荣. 硒对茶树生长及物质代谢的影响[J]. 中国茶叶, 1992(2): 28-30.
- [13] 胡秋辉, 潘根兴, 朱建春, 等. 硒提高茶叶品质效应的研究[J]. 茶叶科学, 2000, 20(2): 137-140.
- [14] 李 静, 夏建国, 李廷轩, 等. 喷施亚硒酸钠对茶叶硒含量及化学品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2007(3): 186-187.
- [15] Trevisanato S I, Kim Y I. Tea and health [J]. Nutrition Reviews, 2000, 58(1): 1-10.
- [16] 胡秋辉, 潘根兴, 丁瑞兴. 低硒土壤茶园茶叶富硒方法及其富硒效应[J]. 南京农业大学学报, 1999, 22(3): 91-94.
- [17] 杜琪珍, 沈星荣, 方兴汉. 茶叶中的硒成分分析[J]. 茶叶科学, 1991, 11(2): 133-137.
- [18] 李旭玖. 茶叶中的矿质元素对人体健康的作用[J]. 中国茶叶, 2002, 24(2): 30-31.
- [19] 吴 洵. 红壤茶园土锌的背景值及茶树对锌的吸收[J]. 茶叶通讯, 1991(2): 17-20.
- [20] 丁 波, 王德炉, 罗 辉. 锌处理对粗壮女贞(苦丁茶)生理特性及品质的影响[J]. 现代农业科技, 2009(5): 18-20.
- [21] 汪根法, 汪晓峰, 胡利招, 等. 茶园喷施螯合态多元微肥和锌肥效果初报[J]. 茶业通报, 2003, 25(2): 70-71.
- [22] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 茶 茶多酚测定: GB/T 8313—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [23] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 茶 咖啡碱测定: GB/T 8312—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [24] 黄永林, 文永新, 陈月圆, 等. 金花茶叶中总黄酮提取及动态变化研究[J]. 食品科学, 2009, 30(6): 72-75.
- [25] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2009: 127-128.
- [26] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 茶 游离氨基酸总量测定: GB/T 8314—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [27] 李 静, 夏建国, 巩发永, 等. 外源硒肥对茶叶硒含量及化学品质的影响研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 104-106, 126.
- [28] 许春霞, 李向民, 肖永绥. 喷施亚硒酸钠对茶叶含硒量的影响[J]. 茶叶科学, 1996, 16(1): 19-24.
- [29] 许春霞, 李向民, 肖永绥. 土施硒肥与茶叶含硒量和产量的关系[J]. 西北农业学报, 1996, 5(1): 71-75.
- [30] 王金英, 江 川, 郑金贵. 硒肥和锌肥对水稻产量及糙米矿质营养的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(3): 207-210.
- [31] 段晓琴, 赵永亮. 硒微肥对油菜苗期锌、硒积累及生理效应的影响[J]. 江苏农业科学, 2009(4): 106, 147.
- [32] 王建伟, 王朝辉, 毛 晖, 等. 硒锌钼对黄土高原马铃薯和小白菜产量及营养元素与硒镉含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(11): 2114-2120.
- [33] 张玉兰, 王昌全, 李 冰, 等. 硒锌交互对蒙山茶微量矿质营养的影响[J]. 四川农业大学学报, 2007, 25(3): 288-293.
- [34] 刘小文, 高晓余, 何月秋, 等. 几种微量元素对茶树生理及茶叶品质的影响[J]. 广东农业科学, 2010, 37(6): 162-165.
- [35] Mouli B C, Marimuthu S, Sharma V S. Zinc, the master micronutrient for tea [J]. International Journal of Tea Science, 2012(8): 91-96.
- [36] 何电源, 许国焕, 范腊梅, 等. 茶园土壤的养分状态与茶叶品质及其调控的研究[J]. 茶叶通讯, 1989, 20(2): 24-28.
- [37] 董广辉, 陈利军, 武志杰. 植物硒素营养及其机理研究进展[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1487-1490.