

喷施叶面硒肥对不同叶色品种茶树富硒效果及品质的影响

李浩¹, 王淇², 贾晓宇¹, 李敬珊¹, 周杰¹, 余有本¹, 朱爱民³, 王伟东¹

(1. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100; 2. 安康市富硒产品研发中心, 陕西安康 725000;
3. 汉阴县嘉木田园生态农业科技有限公司, 陕西汉阴 725100)

摘要: 为探究喷施叶面硒肥对不同叶色品种茶树富硒效果和品质的影响, 以‘龙井43’、‘中黄1号’、‘中黄2号’和‘紫鹃’为试材, 设置清水对照、螯合硒和生物纳米硒三种喷施处理, 并对喷施后30 d、60 d的鲜叶总硒含量、主要品质成分以及矿质元素含量进行测定分析。结果表明: 与对照相比, 喷施叶面硒肥能够显著增加各叶色品种茶树鲜叶中总硒含量, 达到富硒茶生产标准, 但富硒效果具有明显的时效性。其中, 绿色品种‘龙井43’吸收迅速代谢也快, 时效性较短; 紫色品种‘紫鹃’富硒效果时效性高于其它叶色品种, 可能与其较高的花青素含量有关。另外, 喷施叶面硒肥能够显著增加各叶色品种茶树鲜叶中游离氨基酸含量, 减少茶多酚含量, 从而降低鲜叶酚氨比, 尤其是绿叶品种。此外, 喷施叶面硒肥能够增加茶树鲜叶中N、P、K、Mn和Zn的含量, 减少Fe和Cr的含量, 表明外源硒对提高茶树营养元素吸收利用以及缓解重金属污染亦有重要意义。针对不同叶色品种茶树合理调整喷施策略, 能够有效提高茶树的硒含量并改善鲜叶品质, 从而实现富硒茶稳定优质生产。

关键词: 茶树; 叶面硒肥; 富硒茶; 品质; 矿质元素

中图分类号: S571.1 文献标识码: A 文章编号: 0488-5368(2025)02-0023-07

Effects of Foliar Selenium Fertilizers on Selenium Enrichment and Quality in Tea Varieties with Different Leaf Colors

LI Hao¹, WANG Qi², JIA Xiaoyu¹, LI Jingshan¹, ZHOU Jie¹,
YU Youben¹, ZHU Aimin³, WANG Weidong¹

(1. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Ankang R&D Center for Se-enriched Products, Ankang, Shaanxi 725000, China; 3. Jiamutianyuan Ecological Agriculture Technology Co., Ltd, Hanyin, Shaanxi 725100, China)

Abstract: This study investigates the effects of foliar selenium fertilization on selenium enrichment and the quality of tea varieties with different leaf colors, using ‘Longjing 43’, ‘Zhonghuang No. 1’, ‘Zhonghuang No. 2’, and ‘Zijuan’ as test subjects. The treatments included a water-only control, chelated selenium, and biological nano-selenium. Measurements of total selenium content, major quality components, and mineral element concentrations in fresh leaves were conducted at 30 and 60 days after application. The results demonstrated that foliar selenium applications significantly increased the total selenium content in fresh leaves of all tested varieties, reaching levels that meet the standards for selenium-enriched tea production. However, the effects exhibited notable temporal limitations. The green variety ‘Longjing 43’ showed rapid uptake and metabolism of selenium with short-lived effects, whereas the purple variety Zijuan maintained higher selenium levels for longer periods, potentially due to its elevated anthocyanin content. Moreover, selenium treatment substantially increased free amino acid concentrations and decreased polyphenol levels, thereby reducing the phenol-amino ratio, particularly in green leaf varieties. Foliar selenium fertilizers enhanced the uptake of N, P, K, Mn, and Zn, while reducing Fe and Cr levels, indicating their potential role in improving nutrient absorption efficiency and mitigating heavy metal contamination in tea plants. Adjusting foliar selenium application strategies according to leaf color-specific

收稿日期: 2024-06-03 修回日期: 2024-07-15

基金项目: 农业农村部富硒产品开发与质量控制重点实验室/富硒食品开发国家地方联合工程实验室开放课题项目 (Se-2021B03); 国家重点研发计划青年科学家项目 (2023YFD1601700)。

第一作者简介: 李浩 (1997-), 男, 硕士研究生, 主要从事茶树逆境生理与分子生物学研究。

通信作者: 王伟东, 朱爱民。

characteristics effectively improved selenium enrichment and fresh leaf quality, ensuring the consistent production of high-quality selenium-rich tea.

Key words: Tea plant; Foliar selenium fertilizer; Selenium-enriched tea; Quality; Mineral elements

硒是人体必需的微量元素,在清除体内活性氧自由基、抗肿瘤和抗癌等方面发挥重要作用^[1]。人体缺硒会削弱免疫系统,增加多种疾病的风险^[2]。我国约 72% 的农业用地被归类为低硒地带,30% 地区严重缺硒^[3],这导致我国居民人体普遍缺硒。植物能够通过吸收、富集和转化途径将无机态的硒转化为高效无毒的有机态硒,是人体摄取硒元素的主要途径。茶树具有较强富集硒的能力,富硒茶不仅可以有效补充人体所需的硒,且所含多种生物活性成分极具保健功能^[4]。然而,即便在富硒地区,富硒茶的硒含量仍面临不达标、不稳定的突出问题。因此,外源补硒已成为富硒茶生产中的重要农艺措施。

目前,外源补硒方式主要包括土壤施用硒肥和叶面喷施硒肥两种。对于茶树来说,叶面喷施硒肥相较于土壤施用硒肥更加经济、高效^[5,6],且对提升茶树鲜叶品质具有积极作用。例如,喷施叶面硒肥可提高氨基酸含量,减少茶多酚含量,从而有效降低酚氨比,减少茶叶中的苦涩味^[7]。有研究报道显示,不同品种茶树对硒吸收积累能力有所差异,但相关研究主要集中在根施硒肥^[8],对于叶面喷施硒肥在不同品种茶树上的效果研究较少。最近,有研究显示植物叶色与硒吸收积累转化密切相关,如 Xia 等^[9]发现紫色品种小麦的籽粒硒含量显著高于普通小麦,这与其较高的花青素含量密切相关。然而,不同叶色品种茶树对硒的吸收积累及其品质影响是否有差异尚不清楚。

本研究以‘龙井 43’、‘中黄 1 号’、‘中黄 2 号’和‘紫鹃’4 个不同叶色品种茶树为材料,喷施叶面硒肥,进而分析其对不同叶色品种茶树鲜叶总硒含量、主要品质成分以及矿质元素吸收等的影响,以期不同品种茶树通过叶面补硒措施生产富硒茶提供理论和技术支持。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2023 年 3~5 月在安康市汉阴县嘉木田园生态农业科技有限公司茶园(32°89'N, 108°42'E)进行。茶园土壤基本理化特性如下:pH 为 5.01,有机质含量 12.27 g/kg,碱解氮含量 75.66 mg/kg,速效磷含量 90.53 mg/kg,速效钾含量 192.30 mg/kg,总硒含量 0.18 mg/kg。试验茶树品

种为绿色品种‘龙井 43’,黄色品种‘中黄 1 号’和‘中黄 2 号’,以及紫色品种‘紫鹃’,均为同年种植的成龄茶树,且均采用统一的栽培管理方式。叶面硒肥为联农瑞丰德集团生产的螯合硒($Se \geq 120$ g/L)和益生居生物环保科技有限公司生产的生物纳米硒($Se \geq 6$ g/L)。

1.2 试验设计

各供试品种均设置三种处理:清水对照组(T0)、螯合硒处理组(T1)和生物纳米硒处理组(T2),每个处理设置 3 个重复,每个处理小区面积为 15 m²,各小区间以未处理茶行做隔离行。按照叶面硒肥使用说明稀释配制喷施液,分别于 2023 年 3 月 3 日和 3 月 9 日(春季茶树新梢萌芽前)对茶树进行均匀喷施两次,喷施量为 0.5 L/m²。喷施当天天气晴朗,无风且无雾。

1.3 试验方法

生化成分分析样品制备:分别于 2023 年 4 月 5 日、5 月 5 日采集一芽二叶初展鲜叶,并迅速置于液氮中速冻固定,样品经冷冻干燥后于 -80 °C 超低温冰箱中密封保存备用。

样品测定方法:按 GB/T8313-2018、GB/T8314-2013 和 GB/T8312-2013 检测样品茶多酚、游离氨基酸、咖啡碱等成分含量;总硒含量测定参照 GB 5009.93-2017 第一法所述;氮、磷、钾等矿质元素含量测定参照秦玉燕等^[10]和 Saadai 等所述^[11]。

1.4 数据处理及分析

使用 Microsoft Excel 2019 进行数据处理,用 IBM SPSS Statistics 21.0 对数据进行统计学分析,LSD 法进行方差分析及显著性检验($P < 0.05$),用 Origin 2021 作图。

2 结果与分析

2.1 喷施叶面硒肥对不同叶色茶树品种鲜叶硒含量的影响

由图 1a 可知,喷施叶面硒肥 30 d 时喷施叶面硒肥各品种 1 芽 2 叶鲜叶中总硒含量均显著增加,且都达到了富硒茶标准(0.25~4.00 mg/kg),但不同叶色品种间增加幅度有所差异,绿叶品种‘龙井 43’增幅最大,总硒含量均超过了 1.0 mg/kg,其次为黄叶品种‘中黄 2 号’,而黄叶品种‘中黄 1 号’和紫叶品种‘紫鹃’增幅相对较小,表明绿叶品种较黄、紫叶品种茶树可能具有更强的硒吸收能力。

另外,对照组中各品种鲜叶的总硒含量与喷施叶面硒肥处理表现出了类似的趋势,其中绿叶品种在自然条件下即达到了富硒茶标准,也体现了绿叶品种茶树较强的硒吸收能力。喷施叶面硒肥 60 d 时,各品种鲜叶总硒含量较 30 d 时明显减少,其中绿叶品种‘龙井 43’最低,总硒含量不足 0.1 mg/kg;黄叶品种‘中黄 1 号’和‘中黄 2 号’总硒含量在 0.

15 mg/kg 上下,均未达到富硒茶标准;相比之下,紫叶品种‘紫鹃’鲜叶总硒含量较高,处理组显著高于对照组,达到了富硒茶标准(图 1b)。结合对照组各品种总硒含量可以发现,绿叶品种较黄、紫叶品种茶树硒的代谢更为迅速,紫叶品种茶树硒代谢较慢,更有利于硒的积累。

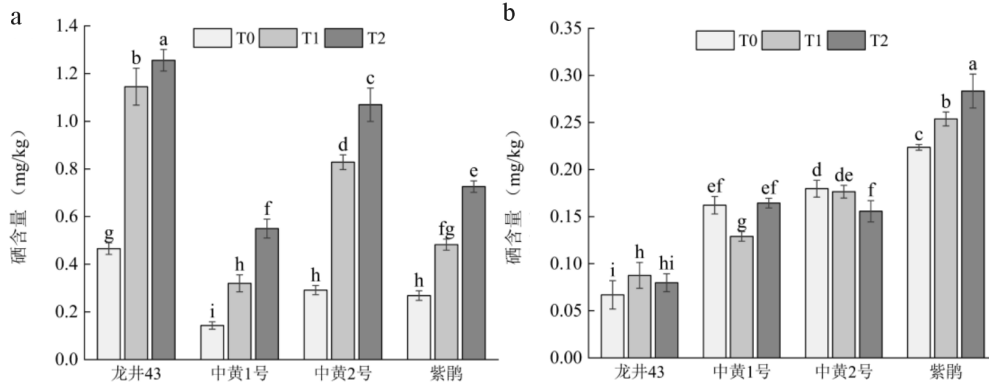


图 1 喷施叶面硒肥对不同叶色茶树品种鲜叶总硒含量的影响

注:a:喷施处理 30 d;b:喷施处理 60 d;T0:清水对照;T1:螯合硒;T2:生物纳米硒;不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著,下同。

2.2 喷施叶面硒肥对茶叶品质的影响

2.2.1 喷施叶面硒肥对茶多酚含量的影响 如图 2 所示,喷施叶面硒肥对各品种茶树鲜叶中茶多酚含量有所影响,在喷施 30 d 时‘龙井 43’、‘中黄 2 号’和‘紫鹃’鲜叶茶多酚含量明显降低,尤其是 T2 处理均显著低于各自对照组;在喷施 60 d 时,3

个品种鲜叶中茶多酚含量较对照组略有降低,但差异均不显著。喷施叶面硒肥对‘中黄 1 号’鲜叶中茶多酚含量影响不大,即便是喷施 30 d 时与对照组差异也不显著(图 2b)。另外,紫叶品种‘紫鹃’T1 处理 30 d 时鲜叶茶多酚含量也显著低于对照组(图 2d)。

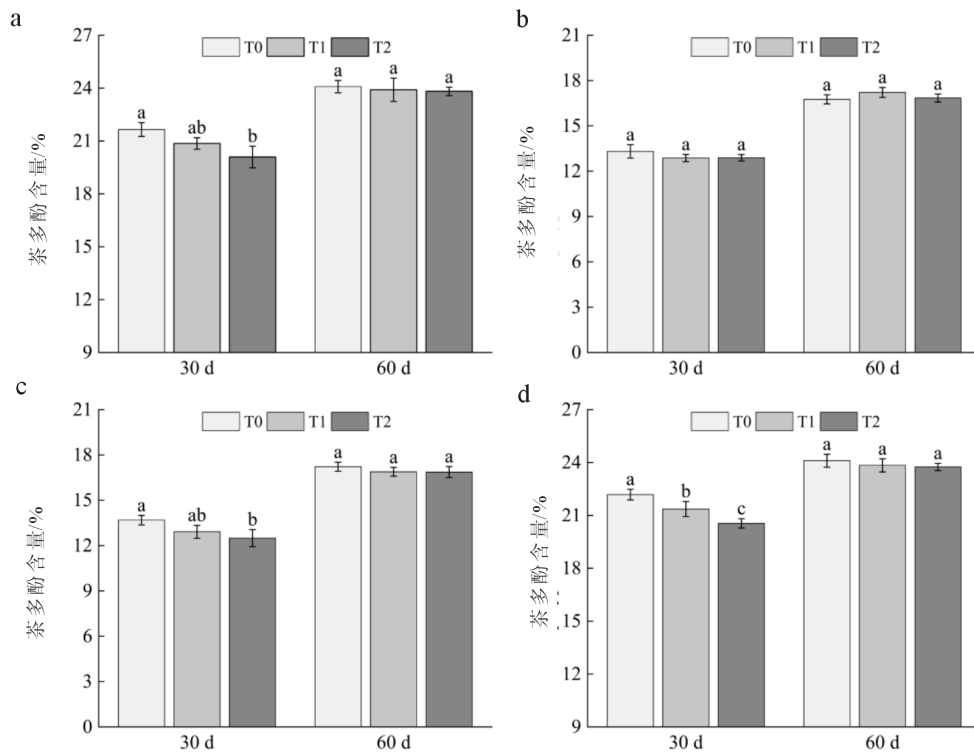


图 2 喷施叶面硒肥对不同叶色茶树品种鲜叶茶多酚含量的影响

注:a:龙井 43;b:中黄 1 号;c:中黄 2 号;d:紫鹃;T0:清水对照;T1:螯合硒;T2:生物纳米硒。下同。

2.2.2 喷施叶面硒肥对游离氨基酸含量的影响

喷施叶面硒肥 30 d 时,4 个茶树品种鲜叶中游离氨基酸含量较各自对照组均显著增加,T1 处理下‘龙井 43’、‘中黄 1 号’、‘中黄 2 号’和‘紫鹃’鲜叶中游离氨基酸含量较对照组分别增加了 18.32%、9.01%、9.34%和 15.79%,T2 处理下分别增加了

28.36%、9.34%、10.17%和 26.24%(图 3)。但喷施处理 60 d 时,各品种鲜叶中游离氨基酸含量较对照组虽有所增加但无显著性差异,表明喷施叶面硒肥对鲜叶氨基酸含量的影响同样具有一定的时效性,与总硒含量变化一致。

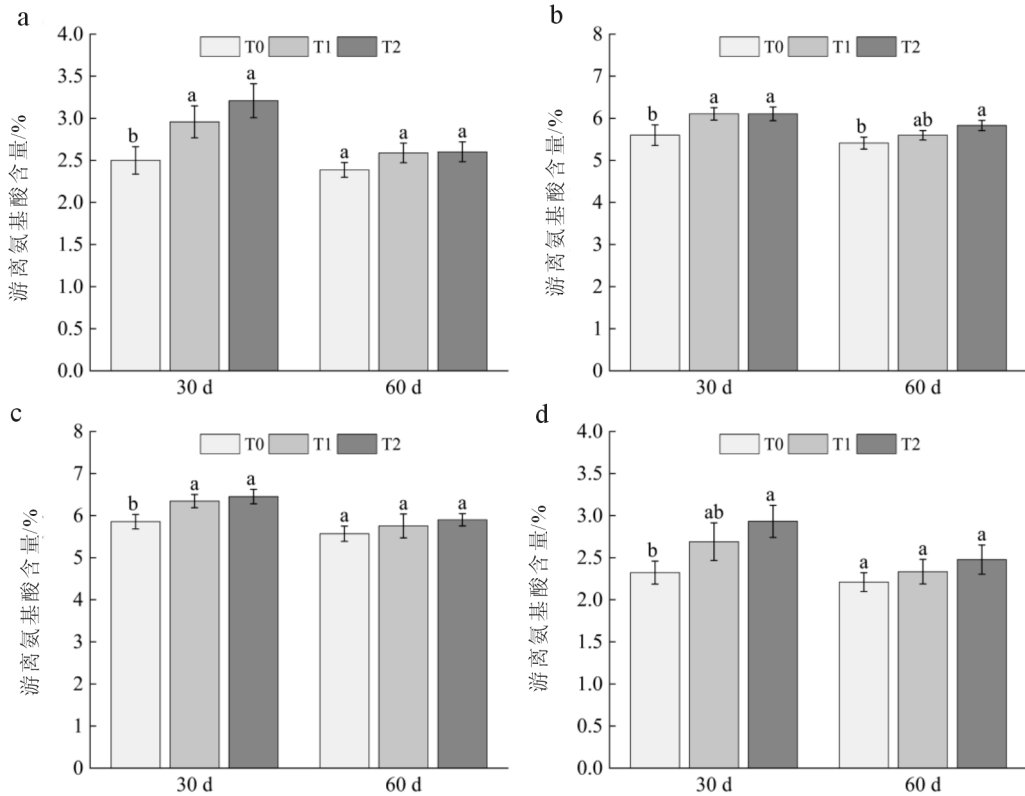


图 3 喷施叶面硒肥对不同叶色茶树品种鲜叶游离氨基酸含量的影响

2.2.3 喷施叶面硒肥对咖啡碱含量的影响 喷施叶面硒肥对不同品种茶树鲜叶中咖啡碱含量的影响存在差异,喷施 30 d 时 T1 处理下的‘龙井 43’和‘中黄 2 号’品种咖啡碱含量显著增加(图 4a、图 4c),而‘中黄 1 号’和‘紫鹃’品种与对照相比无显著性差异(图 4b、图 4d);T2 处理下‘中黄 1 号’品种茶树鲜叶咖啡碱含量显著低于对照组(图 4b),而其它品种均无显著性差异。同样的,喷施处理 60 d 时,各品种茶树鲜叶中咖啡碱含量均无明显差异。

2.2.4 喷施叶面硒肥对酚氨比的影响 喷施叶面硒肥对茶树鲜叶酚氨比的影响较为显著,其中绿叶品种‘龙井 43’在喷施 30 d 和 60 d 时均显著低于对照组,紫叶品种‘紫鹃’展现出类似的变化趋势(图 5a、图 5d),表明喷施叶面硒肥对‘龙井 43’和‘紫鹃’鲜叶酚氨比的影响具有较长的时效性。相比之下,黄叶品种‘中黄 1 号’和‘中黄 2 号’鲜叶酚氨比仅在 30 d 时显著降低,至 60 d 时较对照组

已无显著性差异(图 5b、图 5c),这可能与其本身高氨基酸低茶多酚的特性有关。

2.3 喷施叶面硒肥对茶树鲜叶矿质元素含量的影响

由表 1 可知,喷施叶面硒肥能够影响各品种鲜叶中 N、P 和 K 的含量,含量整体呈现增加的趋势,尤其是在喷施处理 30 d 时,但不同叶色品种间略有差异;同时,对 N 和 P 含量的影响在喷施 60 d 时仍有显著差异,但 K 含量与对照相比差异已不显著。对于微量元素的含量,喷施处理 30 d 时各品种鲜叶 Zn 含量较对照组均显著增加,Fe 含量则均显著降低,Mg 含量均无显著性差异;相比之下,Mn 和 Ca 的含量不同叶色品种间有所差异,其中 T2 处理下黄叶品种‘中黄 1 号’和‘中黄 2 号’鲜叶多显著增加;喷施处理 60 d 时,各微量元素含量多无显著性差异。对于重金属元素的含量,Cd、Pb 未检出,Cu 含量除个别处理均无显著性差异;而 Cr 含量在喷施叶面硒肥后有所降低,其中 T2 处理 30 d

时和 60 d 时‘龙井 43’、‘中黄 1 号’、‘中黄 2 号’鲜叶 Cr 含量均显著低于对照组,‘紫鹃’鲜叶 Cr 含

量在处理 30 d 时也显著降低,但在处理 60 d 时差异不显著。

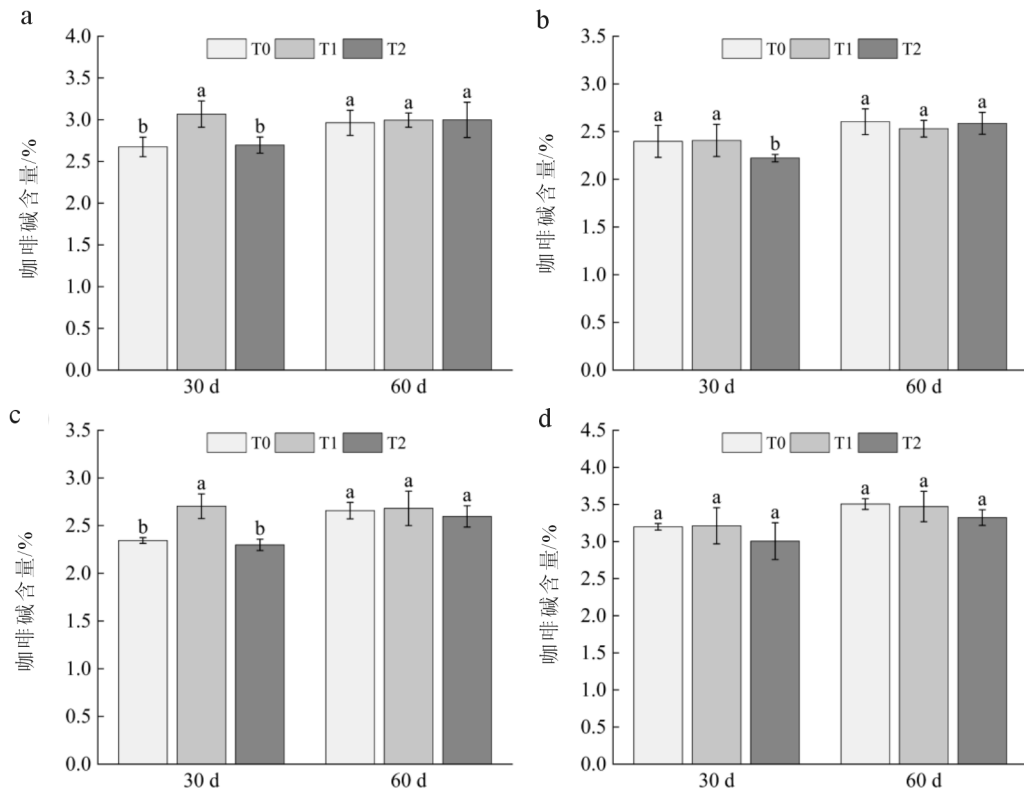


图 4 喷施叶面硒肥对不同叶色茶树品种鲜叶咖啡碱含量的影响

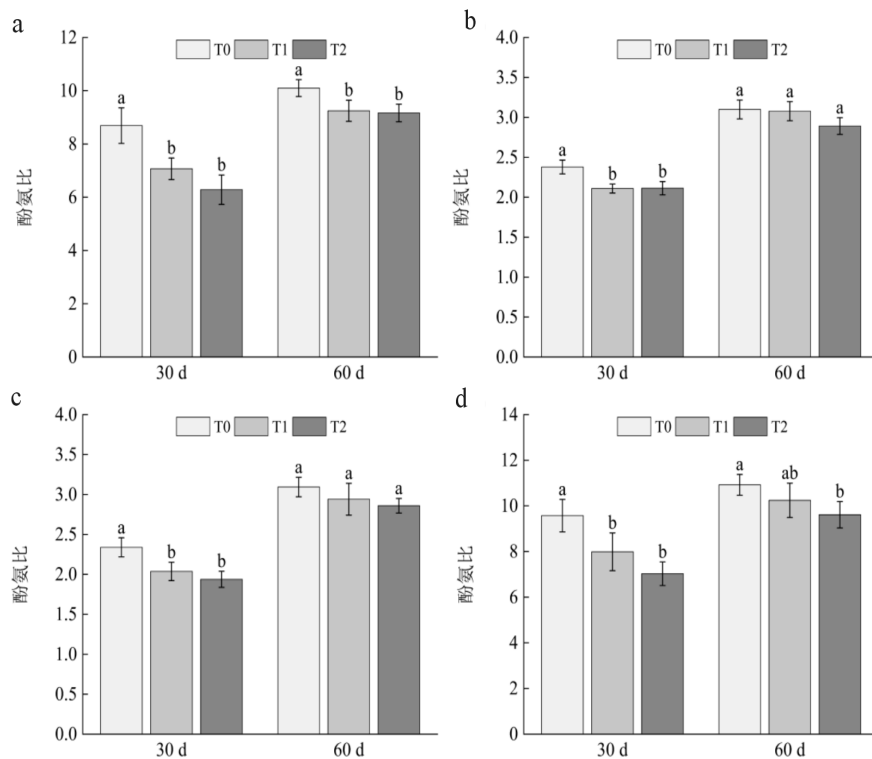


图 5 喷施叶面硒肥对不同叶色茶树品种鲜叶酚氨比含量的影响

表 1 喷施叶面硒肥对不同叶色茶树品种鲜叶矿质元素含量的影响

处理时间	品种	处理	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (g/kg)	Ca (g/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)
30 d	龙井 43	T0	7.62± 0.16 b	2.15± 0.01 b	2.95± 0.10 b	308.01± 0.46 b	42.68± 1.78 b	73.81± 0.72 a	2.19± 0.52 a	3.08± 0.06 a	ND	ND	1.27± 0.04 a	15.53± 0.69 a
		T1	7.78± 0.08 b	2.18± 0.01 a	3.01± 0.06 b	309.55± 0.45 b	48.87± 1.10 a	71.88± 0.62 b	2.25± 0.06 a	2.93± 0.11 a	ND	ND	1.24± 0.01 a	15.53± 0.25 a
		T2	8.05± 0.08 a	2.19± 0.01 a	3.25± 0.10 a	324.76± 0.63 a	48.97± 1.56 a	60.58± 0.52 c	2.39± 0.16 a	3.02± 0.08 a	ND	ND	1.19± 0.01 b	15.67± 0.84 a
	中黄 1号	T0	8.11± 0.03 b	2.22± 0.01 a	3.55± 0.15 c	194.58± 0.27 b	33.65± 0.18 b	67.55± 1.67 a	2.29± 0.04 a	3.64± 0.21 a	ND	ND	1.78± 0.06 a	14.45± 0.26 a
		T1	8.46± 0.28 ab	2.24± 0.03 a	3.65± 0.11 b	193.31± 1.09 b	35.54± 0.88 a	63.22± 3.65 b	2.28± 0.21 a	3.37± 0.07 ab	ND	ND	1.51± 0.04 b	14.93± 1.39 a
		T2	8.65± 0.06 a	2.27± 0.04 a	3.85± 0.23 a	223.90± 1.26 a	36.45± 0.43 a	55.41± 0.60 c	2.19± 0.04 a	3.22± 0.20 b	ND	ND	1.63± 0.05 b	14.66± 0.17 a
	中黄 2号	T0	7.34± 0.12 c	2.22± 0.01 a	2.74± 0.10 a	308.95± 4.55 b	34.28± 0.66 c	63.88± 1.09 a	2.20± 0.08 a	3.09± 0.07 b	ND	ND	1.88± 0.04 a	15.45± 0.25 a
		T1	8.39± 0.08 a	2.12± 0.01 c	2.27± 0.06 b	308.89± 1.17 b	45.05± 0.73 a	58.56± 0.56 b	2.09± 0.14 a	2.96± 0.04 b	ND	ND	1.80± 0.05 ab	15.27± 0.13 a
		T2	8.03± 0.19 b	2.16± 0.02 b	2.71± 0.06 a	330.93± 1.02 a	39.73± 0.39 b	55.15± 0.81 c	2.21± 0.06 a	3.52± 0.05 a	ND	ND	1.73± 0.08 b	15.26± 0.23 a
	紫鹃	T0	7.36± 0.52 b	2.21± 0.02 a	2.95± 0.10 b	272.84± 57.38 a	44.22± 1.91 b	83.54± 0.99 a	2.15± 0.03 a	3.32± 0.10 b	ND	ND	1.37± 0.05 a	14.46± 0.46 a
		T1	8.14± 0.10 a	2.21± 0.09 a	3.15± 0.04 a	241.05± 15.10 a	56.84± 2.21 a	77.55± 0.30 b	2.23± 0.25 a	3.32± 0.07 b	ND	ND	1.29± 0.04 ab	14.98± 0.40 a
		T2	7.66± 0.13 ab	2.13± 0.07 b	2.54± 0.07 c	263.45± 14.49 a	54.05± 0.89 a	73.78± 0.45 c	2.10± 0.27 a	3.55± 0.07 a	ND	ND	1.23± 0.06 b	14.36± 0.33 a
60 d	龙井 43	T0	8.02± 0.09 b	2.18± 0.08 b	2.91± 0.10 a	178.82± 2.02 a	35.07± 0.62 a	75.77± 0.24 a	2.17± 0.05 a	1.77± 0.11 a	ND	ND	0.29± 0.03 a	15.66± 0.23 b
		T1	8.54± 0.08 a	2.23± 0.01 a	2.90± 0.06 a	178.80± 1.03 a	35.33± 3.60 a	75.93± 0.72 a	2.08± 0.05 a	1.77± 0.13 a	ND	ND	0.27± 0.01 ab	15.79± 0.23 b
		T2	8.32± 0.16 a	2.18± 0.03 b	2.92± 0.11 a	178.89± 2.12 a	34.40± 0.54 a	76.15± 0.95 a	2.19± 0.20 a	1.86± 0.12 a	ND	ND	0.25± 0.01 b	17.68± 0.61 a
	中黄 1号	T0	8.06± 0.09 a	2.26± 0.03 b	3.55± 0.10 a	193.28± 0.58 a	42.19± 1.94 a	73.65± 1.02 a	1.89± 0.09 a	2.14± 0.01 a	ND	ND	0.30± 0.03 a	16.34± 0.81 a
		T1	8.16± 0.01 a	2.28± 0.01 a	3.56± 0.11 a	196.91± 1.59 a	42.57± 0.22 a	73.56± 0.74 a	1.86± 0.09 a	2.30± 0.10 a	ND	ND	0.29± 0.02 ab	16.07± 0.62 a
		T2	8.11± 0.07 a	2.29± 0.01 a	3.56± 0.03 a	191.88± 4.19 a	42.18± 0.38 a	73.92± 1.23 a	1.82± 0.01 a	2.22± 0.08 a	ND	ND	0.26± 0.02 b	16.34± 0.71 a
	中黄 2号	T0	8.42± 0.03 b	2.23± 0.01 a	2.24± 0.10 a	193.23± 4.90 a	38.88± 0.71 a	72.58± 0.68 a	1.40± 0.33 b	2.26± 0.13 a	ND	ND	0.30± 0.01 a	14.44± 0.25 a
		T1	8.64± 0.02 a	2.26± 0.04 a	2.27± 0.06 a	175.57± 0.66 b	38.35± 0.23 a	70.96± 0.40 b	1.70± 0.03 a	2.37± 0.12 a	ND	ND	0.30± 0.03 a	13.94± 0.69 a
		T2	8.63± 0.01 a	2.27± 0.10 a	2.28± 0.06 a	168.71± 1.08 c	38.88± 0.77 a	71.71± 0.42 ab	1.82± 0.11 a	2.24± 0.07 a	ND	ND	0.27± 0.01 b	14.23± 0.57 a
	紫鹃	T0	7.36± 0.23 b	2.06± 0.01 b	3.11± 0.31 a	160.38± 3.76 b	48.90± 0.42 a	77.58± 1.29 a	1.78± 0.04 a	2.28± 0.07 b	ND	ND	0.30± 0.03 a	13.23± 0.46 a
		T1	8.15± 0.04 a	2.15± 0.02 a	3.12± 0.20 a	156.81± 4.57 b	47.58± 0.74 a	78.21± 0.46 a	1.86± 0.11 a	2.28± 0.08 b	ND	ND	0.29± 0.03 a	12.85± 0.26 a
		T2	7.47± 0.40 b	2.06± 0.11 b	3.04± 0.20 a	213.33± 0.40 a	47.39± 1.51 a	78.78± 0.73 a	1.87± 0.06 a	2.64± 0.06 a	ND	ND	0.28± 0.01 a	13.83± 0.71 a

注:ND表示未检测出,不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

3 讨论与结论

叶面喷施硒肥是提高作物硒含量的有效手段,被广泛应用于富硒产品的生产,如对南瓜叶片喷施硒肥可以显著提高果实中硒的含量^[12],刘乔斐^[13]等通过叶面喷施硒肥获得了富硒玉米。针对富硒茶生产中成品茶叶硒含量不稳定、不达标问题,叶

面喷施硒肥也受到越来越多的关注,如金建昌^[8]和江福英^[14]等人研究发现喷施叶面硒肥能够显著提高茶树新梢的硒含量。我们的结果也证实外源喷施硒肥能够提高不同叶色品种茶树鲜叶中的硒含量,从而达到富硒茶标准。然而,我们也发现喷施硒肥对茶树鲜叶的富硒效果具有时效性,这与李静等^[15]的研究一致,表明在生产中喷施叶面硒肥

需结合鲜叶采摘时期分次进行,从而保证富硒效果的稳定。另一方面,不同品种茶树硒吸收积累能力有所差异,如相同培养条件下‘中茶108’和‘龙井43’的富硒能力显著高于‘乌牛早’和‘龙井长叶’^[16]。我们的结果也发现不同叶色品种茶树富硒能力存在显著差异,其中绿色品种‘龙井43’吸收迅速代谢也快,黄色品种‘中黄1号’和‘中黄2号’硒吸收较慢,但代谢也低于绿色品种‘龙井43’。有研究显示,花青素有利于硒的积累,如富含花青素的紫色小麦具有更高的硒积累能力^[9]。有趣的是,我们的结果也显示紫色品种‘紫鹃’的富硒效果时效高于其它叶色品种,推测其较高的花青素含量延缓了硒的代谢,延长了富硒时效。

大量研究证实,外源施硒可以促进茶树生长发育和鲜叶品质,如徐娟^[17]研究发现叶面喷施硒肥能促进茶树的新梢生长,黄进^[18]研究表明适度喷施叶面硒肥能够改善茶树鲜叶品质。同样的,我们的结果也显示,喷施叶面硒肥能够显著提高不同叶色品种茶树鲜叶中游离氨基酸含量,降低茶多酚含量,尤其是绿叶品种。众所周知,高酚氨比是影响夏秋茶品质的重要因素,我们结果证实喷施叶面硒肥能够显著降低茶树鲜叶的酚氨比,与李晓嫚^[7]的结果一致,这为改善夏秋茶鲜叶品质,提高资源利用提供了技术途径。另一方面,外源硒处理被证实对植物营养元素吸收利用以及重金属积累有重要影响,如叶面喷施硒肥可以有效增加金丝小枣果实中P、K、Ca、Mg、B、Fe等矿质元素含量^[19],降低水稻糙米中Pb、Cd、Cr等重金属含量^[20]。类似的,我们发现喷施叶面硒肥能够增加茶树鲜叶中N、P、K、Mn和Zn的含量,减少Fe和Cr的含量,这与Xiang等^[21]的研究基本一致,表明外源硒对提高茶树营养元素吸收利用以及缓解重金属污染亦有重要意义,但其机理有待于进一步研究。

综上所述,喷施叶面硒肥可以实现茶树有效富硒,但不同叶色品种茶树富硒水平、时效有显著差异,根据采摘时期分次喷施尤为重要。另外,喷施叶面硒肥可以改善茶树鲜叶品质,增加矿质元素吸收,降低质量安全风险。总之,针对不同叶色品种茶树合理调整喷施策略,能够有效提高茶树的硒含量并改善鲜叶品质,从而实现富硒茶稳定优质生产。

参 考 文 献:

[1] Zakeri N, Asbaghi O, Naeini F. *et al.* Selenium supplementation and oxidative stress: A review[J]. *PharmaNutrition*, 2021, 17: 100-263.

[2] Jones G D, Droz B, Greve P. *et al.* Selenium deficiency risk predicted to increase under future climate change [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*,

2017, 114(11): 2 848-2 853.

[3] 温立香, 郭雅玲. 富硒茶的研究进展[J]. *热带作物学报*, 2013, 34(1): 201-206.

[4] 陈宗懋. 茶与健康专题(四) 饮茶与人体免疫[J]. *中国茶叶*, 2009(7): 4-6.

[5] 李静, 夏建国, 李延轩, 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.

[6] 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, 14(2): 28-30.

[7] 李晓嫚, 郭丽娜, 郝心愿, 等. 萌芽前叶面喷施亚硒酸钠提高茶叶含硒量及品质[J]. *植物营养与肥料学报*, 2022, 28(10): 1 884-1 892.

[8] 金建昌, 许晓路. 叶面喷施亚硒酸钠对盆栽茶叶硒含量的影响研究[J]. *江西科学*, 2014, 32(1): 39-42.

[9] Xia Q, Yang Z, Shui Y, *et al.* Methods of selenium application differentially modulate plant growth, selenium accumulation and speciation, protein, anthocyanins and concentrations of mineral elements in purple-grained wheat [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 1 114.

[10] 秦玉燕, 王运儒, 时鹏涛, 等. 土壤施硒对茶叶叶片硒及矿质元素含量的影响[J]. *土壤通报*, 2019, 50(2): 387-394.

[11] Saadai S, Moallemi N, Mortazavi S M H, *et al.* Effects of zinc and boron foliar application on soluble carbohydrate and oil contents of three olive cultivars during fruit ripening[J]. *Scientia horticulturae*, 2013, 164: 30-34.

[12] 肖兴中, 闫妞, 马朝喜, 等. 叶面喷施硒肥对南瓜果实硒含量及营养品质的影响[J/OL]. *中国瓜菜*, 2024(4): 1-16.

[13] 刘乔斐, 谢世学, 杜小平, 等. 叶面施硒浓度和喷施次数对春玉米产量和硒含量的影响[J]. *西北农业学报*, 2023, 32(9): 1 336-1 344.

[14] 江福英, 吴志丹, 张文锦, 等. 土壤施用亚硒酸钠对乌龙茶硒含量的影响[J]. *茶叶学报*, 2017, 58(1): 13-16.

[15] 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.

[16] 刘凯利, 胡歆, 丁帅涛, 等. 不同茶树品种聚硒能力研究[J]. *茶叶通讯*, 2021, 48(4): 638-643.

[17] 徐娟. 硒对绿茶产量和品质的影响及其富硒绿茶的抗氧化和抗肝癌作用[D]. 江苏: 南京农业大学, 2003.

[18] 黄进. 硒对茶树抗氧化系统的影响及其在品种间富集特性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.

[19] 宋会明, 贺敬芝, 梁军, 等. 叶面喷施纳米硒肥对金丝小枣产量和品质的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2021(4): 203-207.

[20] 王梦园, 杨良哲, 汪丹, 等. 叶面喷施硒肥对水稻吸收累积硒及其他矿质元素的影响[J]. *安徽农业科学*, 2024, 52(6): 150-154.

[21] Xiang J, Rao S, Chen Q. *et al.* Research progress on the effects of selenium on the growth and quality of tea plants[J]. *Plants*, 2022, 11(19): 2 491.