

硼锌铜微肥配施对山核桃生长和产量的影响

马闪闪¹, 程礼泽¹, 丁立忠², 李皓³, 王成洁¹,

赵科理¹, 赵伟明³, 叶正钱^{1*}

(1. 浙江农林大学环境与资源学院, 浙江省土壤污染生物修复重点实验室, 浙江 临安 311300;

2. 浙江省临安市林业技术推广中心, 浙江 临安 311300; 3. 浙江省杭州市林业科学研究院, 浙江 杭州 310020)

摘要: 2012 – 2014 年, 在浙江省临安市山核桃 (*Carya cathayensis*) 林地开展了微肥定位试验。对山核桃叶片硼 (B)、锌 (Zn) 和铜 (Cu) 的进行动态测定, 分析 B、Zn 和 Cu 肥对山核桃叶片养分变化的影响、与山核桃花粉活力和山核桃产量的关系。结果表明: B、Zn、Cu 微肥配施都能有效提高山核桃叶片中 B、Zn 含量, 叶片 B、Zn 含量增幅分别为 5.3% ~ 46.2% 和 2.3% ~ 44.5%, 对叶片 Cu 的含量影响没有明显规律; 从生长初期 (4 月)、灌浆期 (7 月) 至成熟期 (9 月), 山核桃叶片 B、Zn 和 Cu 含量呈逐渐下降趋势, 下降幅度为 Cu > Zn > B; 硼锌配施显著提高山核桃花粉活力, 铜肥对花粉活力无影响; B、Zn 同时施用能显著提高山核桃产量, 第 2 年的效果更为明显。试验证明 B 和 Zn 对山核桃叶片、花粉活力和山核桃产量的影响均较 Cu 大, 建议在施肥管理中, 注重硼肥和锌肥的施用。

关键词: 山核桃; 微量元素; 花粉活力; 产量

中图分类号: S723.7; S664.1

中文标识码: A

Application of B, Zn and Cu Fertilizer on Growth and Yield of *Carya cathayensis*

MA Shan-shan¹, CHENG Li-ze¹, DING Li-zhong², LI Hao³, WANG Cheng-jie¹,

ZHAO Ke-li¹, ZHAO Wei-ming³, YE Zheng-qian^{1*}

(1. Key Laboratory of Soil Contamination Bioremediation of Zhejiang Province, School of Environmental and Resources, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China; 2. Lin'an Forestry Extension Center of Zhejiang, Lin'an 311300, China;

3. Hangzhou Forestry Institute of Zhejiang, Hangzhou 310020, China)

Abstract: Long-term experiment was conducted on application of B, Zn and Cu fertilizer at *Carya cathayensis* forest in Lin'an, Zhejiang province from 2012 to 2014. Determinations were implemented on B, Zn and Cu content in leaf, as well as pollen viability and fruit yield. Results showed that fertilizer treatments could increase B and Zn content in leaf by 5.3%-46.2% and 2.3-44.5%, compared to the control (no treatment), but had evident effect on Cu content. B, Zn and Cu content in leaf of treated stand decreased from April to September, ordered by Cu > Zn > B. B and Zn fertilizer could improve pollen viability and increase fruit yield, especially in the second year of application. The experiment demonstrated that B and Zn fertilizer had much better effect than Cu on leaf nutrition, pollen viability and fruit yield.

收稿日期: 2015-09-27; 修回日期: 2016-01-19

基金项目: 国家自然科学基金 (41201323); 浙江省科技厅公益项目 (2015C33051); 浙江省林业科研成果推广项目 (2013B13); 浙江农林大学科学研究发展基金资助项目 (2005FR053)

作者简介: 马闪闪 (1987-), 女, 山东人, 硕士, 主要从事土壤与植物营养研究; *通讯作者。

Key words: *Carya cathayensis*; microelement; pollen viability; yield

山核桃 (*Carya cathayensis*) 是重要的木本油料作物, 其果仁油味清香、营养丰富^[1], 是著名的干果之一, 也是优良的休闲保健食品。在山核桃主产区, 农户的山核桃收入占总收入的 70% 以上, 山核桃是天目山区农民致富奔小康的主要经济树种之一^[2]。然而在经济利益的驱使下盲目施肥, 特别是偏施氮肥, 导致很多山核桃林地施肥过量, 肥料的利用效率低, 引发严重的环境污染, 甚至影响山核桃生长、结果以及果实的品质^[3]。植物对微量元素的需求虽少, 但当土壤微量元素不足时植物的生长发育将会受到明显的抑制, 导致减产及品质下降, 甚至死亡^[4]。硼 (B) 是植物开花结实和幼果发育中起重要作用而又最易缺乏的重要微量元素^[5-6]。锌 (Zn) 具有特殊的生理功能, 如在生物膜的构成以及维护其功能完整性、蛋白质合成和基因表达中具有重要作用, 也是大部分土壤中常见的易缺乏的微量元素^[7]。铜 (Cu) 对植物体的许多酶具有无可替代的作用, 它主要通过影响植物的光合作用和呼吸作用来影响植物生长, 土壤缺铜时植物会出现生长不良的情况, 但当植物体内含铜过多时, 则会造成植物铜中毒^[8-9]。早期的研究报道^[10]显示山核桃对微量元素 B、Zn、Cu 比较敏感, 在石灰岩土壤上喷施 B、Zn 或 Cu 能够显著提高山核桃的座果率。然而, 多年来微量元素肥料的施用仍没有得到重视, 针对山核桃微量元素的相关研究甚为缺乏。为此, 本文以临安山核桃为研究对象, 开展 B、Zn、Cu 不同配施处理的定位试验, 分析它们对山核桃叶片营养、花粉活力和产量的影响, 为山核桃生产提供理论依据和技术支持。

1 试验和材料

1.1 试验区概况

2012–2014 年在浙江省临安市上甘柯家村山核桃基地 (30°12' N, 119°43' E) 进行试验。该地属于典型的低山丘陵, 中亚热带季风气候, 年平均气温 15.8℃, 年平均降水量 1 613.9 mm, 主要集中在 4–6 月。山核桃种于 1985 年, 占地约 7 hm², 株距 6 m, 石灰岩土。试验地海拔 200 m, 土壤 pH 7.84, 土壤有机质 2.66%, 碱解氮 230.7 mg/kg, 有效磷 15.0 mg/kg, 速效钾 90.5 mg/kg, 有效硼 0.6 mg/kg, 有效锌 1.5 mg/kg, 有效铜 1.8 mg/kg。

1.2 试验设计

选取地理位置、坡向、日照时间和强度、海拔高度、平均湿度和水肥条件基本相同的山核桃林地, 从中确定 24 株长势一致的山核桃树供微肥试验用, 每株山核桃树四周至少留 1 株山核桃树作为“保护行”, 不进行处理。试验设置 6 个处理:

处理 1 (对照, CK), 不施微肥;

处理 2 ($B_{50}Zn_{50}Cu_{20}$), B 肥以硼砂形式, 施入量为 50 g/株 (约 15 kg/hm²), Zn 肥以硫酸锌 ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 形态, 施入量为 50 g/株, Cu 肥以硫酸铜 ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 形态, 施入量为 20 g/株;

处理 3 ($B_{100}Zn_{100}Cu_0$), B 肥施入量为 100 g/株, Zn 肥施入量为 100 g/株, 不施 Cu 肥;

处理 4 ($B_{100}Zn_0Cu_{40}$), B 肥施入量为 100 g/株, Cu 肥施入量为 40 g/株, 不施 Zn 肥;

处理 5 ($B_0Zn_{100}Cu_{40}$), Zn 肥施入量为 100 g/株, Cu 肥施入量为 40 g/株, 不施 B 肥;

处理 6 ($B_{100}Zn_{100}Cu_{40}$), B 肥施入量为 100 g/株, Zn 肥施入量为 100 g/株, Cu 肥施入量为 40 g/株。

每处理设 4 个重复。在 2012 年 4 月, 将各肥料混合后进行沟施, 挖沟位置约为山核桃树体冠垂直投影轮廓 (滴水线) 附近, 开沟深为 10~20 cm。此后不再施用微量元素肥料。

1.3 测定项目和方法

施肥前采集山核桃林地土壤 (0~20 cm) 样品, S 型多点随机取混合样。于 2012 年 7 月、9 月和 2013 年的 4 月、7 月选取 30 片形状完好、长势均一的山核桃叶片样品用于叶片养分测定; 于 2012、2013 年的 9 月 (山核桃采收期) 分别采集对应的山核桃果实样品用于统计单株产量; 于 2013、2014 年 5 月 (山核桃散粉期) 10: 00 采集山核桃雄花序, 用硫酸纸包好, 带回实验室后在无风阳光条件下晾晒, 收集各处理花粉后立即进行花粉活力测定。

土壤样品经风干、剔除侵入物、粗有机物后, 磨细过 2 mm (10 目) 筛, 用于土壤有效养分测定; 过 0.149 mm (100 目) 筛, 用于土壤有机质分析。土壤 pH (土水比 1: 5) 用酸度计法测定; 土壤有机质采用重铬酸钾氧化-外加加热法测定; 有效氮采用碱解扩散法测定; 有效磷采用 NaHCO_3 浸提-钼锑抗比色法测定; 有效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度计法测定; 有效硼采用热水浸提-电感耦合等离子光谱法 (简称 ICP-OES) 测定; 有效锌、铜采用 DTPA 浸提-电感耦合等离子光谱法测定。

叶片样品采回后经去离子水洗净, 于 70℃ 鼓风烘箱中烘干后, 用高速粉碎机粉碎, 并过 1 mm 筛, 采用浓 H_2SO_4 - H_2O_2 法消煮, 用电感耦合等离子光谱法测定叶片中硼、锌、铜含量。

花粉活力参照 Sato 的 FCR (Fluorochrome reaction) 法进行测定, 于 OLYMPUS BX60 正置荧光显微镜及成像系统下进行观察并拍照记录, 每个花粉样品做 2 个平行, 每个平行观察 5 个视野, 记录下每个视野的已萌发花粉数和花粉总数。通常用花粉萌发率来表征花粉活力, 花粉萌发率 (%) 为已萌发花粉数与花粉总数的百分比。

图表均采用 Microsoft Office Excel 2003 软件处理, 统计分析软件使用 SPSS 18.0, 方差分析采用 Duncan (邓肯) 新复极差法, 在 0.05 水平比较差异显著性。

2 结果与分析

2.1 不同微肥配施对山核桃叶片微量元素含量的影响

2.1.1 不同微肥配施对山核桃叶片 B 含量的影响 由图 1 可以看出, 2012 年 7 月, 各施肥处理叶片 B 含量均高于对照 (处理 1), 处理 2~6 叶片 B 含量分别比对照高 11.0%、24.8%、16.1%、30.4% 和 39.6%, 其中处理 5、处理 6 与对照达到显著性差异 ($P < 0.05$)。2012 年 9 月的测定结果与 7 月相似。2013 年 4 月, 除了处理 4 叶片 B 含量略低于对照, 其它处理叶片 B 含量均高于对照, 处理 2、处理 3、处理 5 和处理 6 叶片中 B 含量比对照分别增加 19.6%、31.9%、15.0% 和 21.4%, 且均达到显著性水平。2013 年 7 月, 山核桃叶片 B 含量下降, 处理间差异变小, 处理 2、处理 3、处理 5 和处理 6 叶片中 B 含量仍显著高于对照, 分别比对照高 6.2%、20.8%、5.3% 和 27.9%。比较每个时期处理 2、处理 5 和处理 6 叶片中 B 含量可知, 虽然处理 6 叶片中 B 含量均高于处理 2 和处理 5, 但均未达到显著性差异 (除 2012 年 7 月)。与对照比较, 微量元素处理后叶片 B 含量有所提高或显著提高, 表明不仅施 B 增加叶片 B 含量, 施 Zn 和 Cu 也促进了植物对 B 的吸收。

山核桃叶片中 B 含量在不同生长期之间呈现出一定的变化规律。总体上, 于生长初期 (2013 年 4 月) 最高, 以后呈下降趋势, 可能与叶片生长、干物质积累及营养元素的稀释作用有关, 也可能是山核桃开花结实和幼果发育期间消耗了硼素。

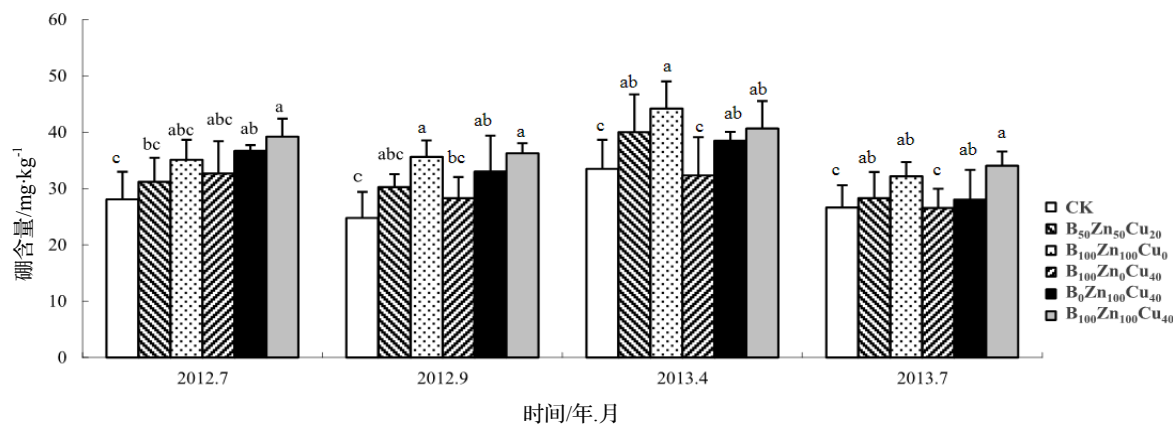


图 1 不同微量元素肥料处理对山核桃叶片硼含量的影响

Figure 1 Application of B, Zn and Cu fertilizer on B content in leaf of *C. cathayensis*

注: 同时期不同字母表示不同的微肥处理在 0.05 水平下有显著差异。

2.1.2 不同微肥配施对山核桃叶片 Zn 含量的影响 由图 2 可以看出,在 2012 年 7 月,施用含锌肥的处理 4 叶片中 Zn 含量略低于对照,但是无显著性差异;处理 3、处理 5 和处理 6 叶片中 Zn 含量则显著高于对照 ($P < 0.05$),分别比对照高 33.6%、22.3%和 44.5%,处理 2 比对照高 2.3%,没有达到显著性差异。2012 年 9 月,施肥处理的 Zn 含量均高于对照,处理 2、处理 3、处理 4、处理 5 和处理 6 叶片中的 Zn 含量比对照分别提高 29.2%、31.9%、14.1%、39.4%和 38.7%,均达到显著差异水平。2013 年 4 月,各处理间没有显著性差异。2013 年 7 月,施肥处理叶片中 Zn 含量均高于对照处理,但是只有处理 3 与对照达到显著差异水平 ($P < 0.05$),其叶片中 Zn 含量比对照高 21.6%。

山核桃叶片 Zn 含量在不同生长期之间的变化规律与 B 相似,在果实灌浆期(2012 年 7 月)至果实成熟期(2012 年 9 月)期间呈下降趋势,平均降幅达 19.7%,而叶片中 Zn 含量从生长初期(2013 年 4 月)至灌浆期期间(2013 年 7 月)下降趋势更明显,平均降幅达到 100%。说明山核桃在开花结实和幼果发育期间对锌营养需求较大。

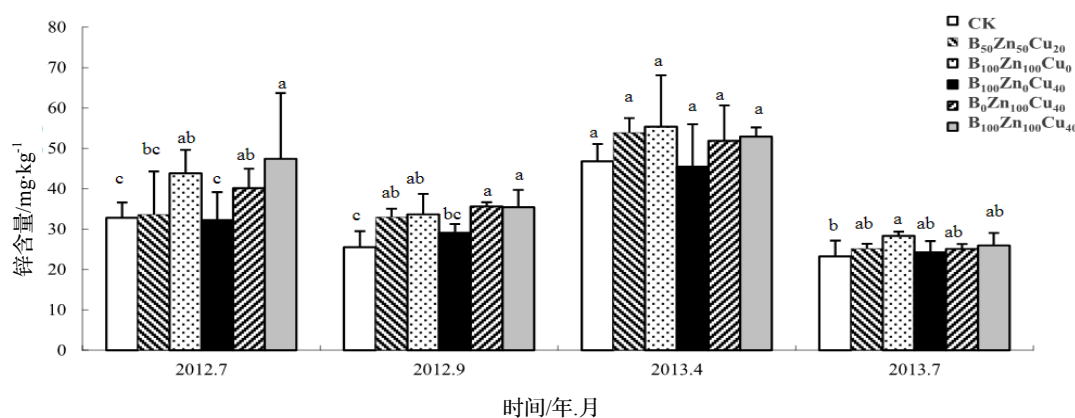


图 2 不同微量元素肥料处理对山核桃叶片锌含量的影响

Figure 2 Application of B, Zn and Cu fertilizer on Zn content in leaf of *C. cathayensis*

2.1.3 不同微肥配施对山核桃叶片 Cu 含量的影响 图 3 可以看出,不同处理间山核桃叶片 Cu 含量高低不同,但是都没有达到显著性差异。山核桃叶片中 Cu 含量在不同生长期变化趋势与 B、Zn 相似,但 Cu 含量的变化比 B、Zn 更大,从果实灌浆期(2012 年 7 月)至果实成熟期(2012 年 9 月)平均降幅达 55.6%,在生长初期(2013 年 4 月)至灌浆期期间(2013 年 7 月)下降更多,平均降幅达 158.6%。

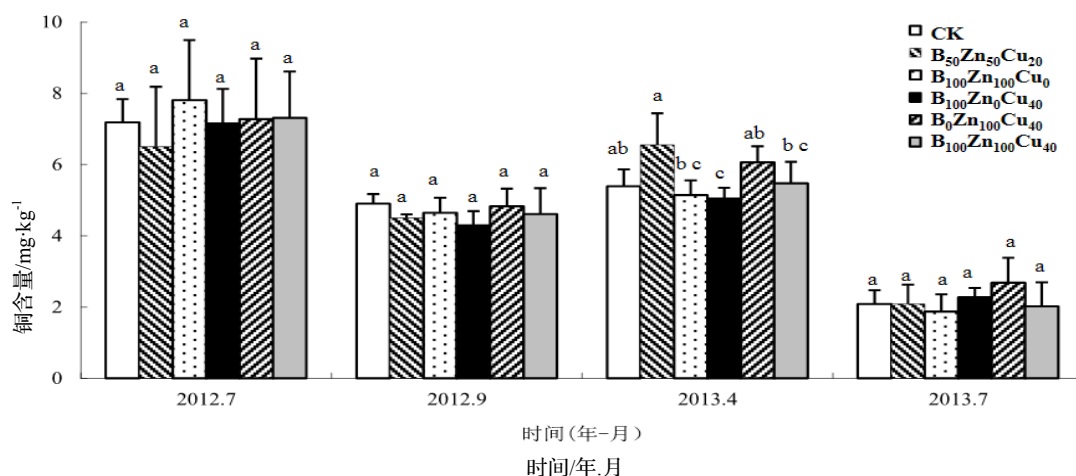


图 3 不同微量元素肥料处理对山核桃叶片铜含量的影响

Figure 3 Application of B, Zn and Cu fertilizer on Cu content in leaf of *C. cathayensis*

2.2 微肥配施对山核桃花粉活力的影响

山核桃属于雌雄异花,雌花具有等待授粉习性。自然条件下,山核桃授粉成功率与花粉活力及授粉期气候状况关系密切。相比于气候条件,花粉活力属于可控制因素。花粉活力高低直接影响雌花授粉和结果。由表 1

可以看出, 2013 与 2014 年, 花粉活力分别提高 22.5~39.3%和 17.5~33.1%;2013 年微肥处理均显著提高了花粉活力, 并与对照达到显著差异水平 ($P < 0.05$), 处理 3 的山核桃花粉活力最高, 比对照高 39.3%。

2014 年, 施肥处理下山核桃花粉活力与对照相比仍达到显著差异水平 ($P < 0.05$), 其中以处理 3 作用最大, 花粉活力最高, 处理 3 和

处理 6 比对照提高 33%; 处理 2 的花粉活力同时也比对照显著提高, 但是不及其他处理, 特别是 2014 年, 其花粉活力显著低于处理 3 和处理 6, 可见在本试验中 Cu 对花粉活力无积极作用, 这可能由于山核桃对 Cu 需求量较小而试验地土壤有效铜 (1.8 mg/kg) 较高有关; B、Zn 在一定范围内增加其施用量, 可显著提高山核桃花粉活力。

2.3 微肥配施对山核桃产量的影响

作为植物最重要营养器官, 叶片进行光合作用及向生殖器官和果实输送光合产物, 因此山核桃果实产量与叶片营养状况关系密切^[11]。试验显示 (表 1), 除处理 5 外, 施肥当年 (2012 年) 山核桃增产效果不明显, 第二年才开始显现; 与对照相比, 2013 年山核桃产量, 以 B₁₀₀、Zn₁₀₀同时施用为佳, 处理 2、处理 3、处理 5 和处理 6 的产量分别比对照提高 31.2%、60.6%、12.2%和 47.6%。

3 讨论

山核桃开花坐果期历时较长, 是其营养生长和生殖生长并存的时期, 对营养敏感, 其营养供给丰缺直接关系到山核桃生长及产量, 因此, 科学施肥显得非常重要。微量元素肥料为植株体进行特定生命活动提供必需的营养, 促进营养生长和生殖生长^[12], 在微量元素有效性不足的土壤上显得极为重要。邱超等^[13]研究表明, 硼单施或配施均能显著提高常山胡柚叶片的硼含量。本研究结果表明, 施用硼肥 B₁₀₀Zn₁₀₀Cu₀和 B₁₀₀Zn₁₀₀Cu₄₀与对照达到显著差异水平 ($P < 0.05$), 分别比对照 (四个时期平均值) 高 30.1%和 32.9%, 施硼处理 B₅₀Zn₅₀Cu₂₀和 B₁₀₀Zn₀Cu₄₀分别比对照高 14.8%和 6%。且在一定范围内, 增加硼肥施用量能提高山核桃叶片 B 含量。因此施用硼肥后显著提高了山核桃叶片 B 含量, 从而为山核桃开花结实和幼果发育提供充足的养分基础。通过比较不同生长期山核桃叶片 B 含量可知, 山核桃在生长初期至灌浆期需要大量硼素, 而在灌浆期至成熟期对硼素需求较少, 这一结果也与硼为植物开花结实和幼果发育提供养分这一结论相一致。

锌是植物体内多数酶的金属活化剂, 对植物光合起着不可或缺的作用。研究^[14]表明, 施用锌肥后, 显著提高了玉米和大豆叶锌含量, 从而促进叶片光合作用, 利于有机物积累。与此一致, 从山核桃灌浆期 (2012 年 7 月) 到成熟期 (2012 年 9 月), 施用锌肥 B₁₀₀Zn₁₀₀Cu₀、B₀Zn₁₀₀Cu₄₀和 B₁₀₀Zn₁₀₀Cu₄₀的山核桃叶片 Zn 含量与对照达到显著差异水平 ($P < 0.05$), 分别比对照提高 25.5%、18.9%和 25.9% (两个时期平均值), 处理 B₅₀Zn₅₀Cu₂₀比对照高 13.6%。因此施用锌肥后明显提高了山核桃叶片中 Zn 含量, 锌肥施用量增加, 叶片 Zn 含量有了显著提高。与 B 相似, 叶片中 Zn 含量在生长初期至灌浆期出现较大降幅, 主要是由于山核桃生理生长及生殖生长对营养的消耗, 随着果实膨大, 需要积累大量的营养物质, 此时叶片中的锌向果实中运移^[14], 出现下降趋势。

有研究^[15]认为有效铜处于中高水平土壤上, 冬小麦体内铜含量并没有随着铜肥施用而持续增加。本试验研究也证明, 由于供试山核桃林地土壤有效铜含量较丰富, 不同施肥处理的山核桃叶片 Cu 含量并没有显著性差异, 反而出现了施肥处理山核桃叶片 Cu 含量低于空白对照的现象。曲桂敏^[16]认为 Zn 拮抗植物对 Cu 的吸收, 这可能与品种、树种、土壤条件及采样时间等因素有关。本试验研究中, Zn、Cu 在不同时期出现促进和拮抗两种关系, 具体原因还需进一步研究。

B、Zn、Cu 配施能显著提高山核桃花粉活力, 以硼对山核桃花粉活力的促进作用最为明显。贺红早等^[17]

表 1 不同微量元素肥料处理对山核桃花粉活力和产量的影响
Table 1 Application of B, Zn and Cu fertilizer on pollen viability and fruit yield of *C. cathayensis*

处理	花粉活力/%		鲜果产量/kg·株 ⁻¹		
	2013 年	2014 年	2012 年	2013 年	平均
CK	42.84 b	46.35 c	15.95b	19.27b	17.61a
处理 2	52.47 a	54.46 b	19.85b	25.29a	22.57b
处理 3	59.68 a	61.68 a	17.03b	30.95a	23.99b
处理 4	54.58 a	58.85 ab	19.11b	24.58ab	21.85b
处理 5	56.95 a	58.75 ab	25.68a	21.63b	23.65b
处理 6	58.73 a	61.48 a	18.13b	28.44a	23.29b

注: 同列数字后不同字母表示不同的微肥处理在 0.05 水平下有显著差异。

发现,当 ZnSO_4 浓度为 0.06%~0.09%时,顶坛花椒花粉活力和花粉寿命均得到大幅提高。本试验结果与其一致, $\text{B}_{100}\text{Zn}_0\text{Cu}_{40}$ 处理的花粉活力低于 $\text{B}_{100}\text{Zn}_{100}\text{Cu}_{40}$ 。刘建福^[18]等认为最有利于花粉萌发的矿质营养及浓度分别是 $\text{Zn } 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{Mo } 5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{B } 10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{Mn } 40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{Ca } 30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,但该研究中并未提到Cu对植物花粉活力的影响。

山核桃是雌雄异花植物,其生长周期较特殊,尤其是雌雄花分化过程存在明显的不同^[19]。雄花一般于前一年 5 月底开始分化,前一年 7 月份停止分化;当年 3 月中下旬,雄花恢复分化,当年 4 月底 5 月初分化完成。山核桃雌花分化于开花当年的 4 月中上旬开始,于 4 月底 5 月初完成分化,该过程仅 20 d 左右^[20]。本试验于 2012 年 4 月进行一次施微肥,因此微量元素在 2013 年对花粉活力的影响从雄花休眠期持续至雄花完成分化,对 2014 年山核桃花粉活力的影响经历了雄花整个分化周期,因此,施用微肥对山核桃花粉活力后效的影响与山核桃产量的变化反应一致。山核桃果实累计 2 a 产量统计和比较表明,微量元素配施能明显提高山核桃产量,施肥处理平均产量均显著高于对照。随着山核桃长期经营中吸收、带走土壤中微量元素,尤其在偏施大量元素情况下,土壤微量元素消耗亟待探明,山核桃对不同微量元素的需求特点有待于进一步研究,从而实现科学合理施肥,确保山核桃丰收。

4 结论

硼、锌、铜微肥配施可有效提高山核桃叶片中 B、Zn 含量,其增幅分别为 5.3%~46.2%和 2.3%~44.5%,微肥配施对叶片 Cu 含量的影响没有明显规律。从山核桃生长初期(4 月)到果实灌浆期(7 月)直至成熟期(9 月),山核桃叶片 B、Zn 和 Cu 含量呈逐渐下降趋势,下降幅度为 $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{B}$ 。硼锌配施使山核桃花粉活力显著提高 39.3%,铜肥对花粉活力无影响。微肥配施,特别是 B、Zn 同时施用能显著提高山核桃产量,第 2 年的效果更为明显的。

参考文献:

- [1] 吴伟文,麻耀强,吴伟志.论杭州市山核桃产业的发展与对策[J].浙江林业科技,2003,23(3):58-61.
- [2] 陈世权,黄坚钦,黄兴召,等.不同母岩发育山核桃林地土壤性质及叶片营养元素分析[J].浙江林学院学报,2010,27(4):572-578.
- [3] 刘根华,黄坚钦,潘春霞,等.基于反射光谱的山核桃幼苗氮素营养状况分析[J].林业科学,2011,47(1):165-171.
- [4] 孙敬.微量元素肥料的应用[J].吉林农业,2010(11):97-97.
- [5] 周晓锋,倪治华,陈子才.杨梅缺硼症状与硼肥施用技术研究[J].广东微量元素科学,2005,12(4):41-44.
- [6] 马欣,石桃雄,武际,等.不同硼肥对油菜产量和品质的影响及其在油稻轮作中的后效[J].植物营养与肥料学报,2011,17(3):761-766.
- [7] 刘铮.我国土壤中锌含量的分布规律[J].中国农业科学,1994,27(1):30-37.
- [8] Delhaize, E. Dilworth, M. J. Webb, J. The effects of copper nutrition and developmental state on the biosynthesis of diamine oxidase in clover leaves [J]. Plant Physiol, 1986, 82(4): 1126-1131.
- [9] 杨清.不同施铜水平对小麦生长的影响[J].土壤肥料,1993(6):25-27.
- [10] 黎章矩,钱莲芳,钱光林.山核桃保花保果技术研究[J].林业科学,1993,29(4):360-365.
- [11] 俞春莲.薄壳山核桃果实成熟过程中主要营养物质变化规律研究[D].临安:浙江农林大学硕士学位论文,2013.
- [12] 胡丽娜.微量元素对植物的作用[J].现代农业,2014(7):25.
- [13] 邱超,胡承孝,谭启玲,等.钙、硼对常山胡柚叶片养分、果实产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(2):459-467.
- [14] 咎亚玲,王朝辉,毛晖,等.施用硒、锌、铁对玉米和大豆产量与营养品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(1):252-256.
- [15] 杨秋云,李红英,王文亮,等.磷、铜配施对冬小麦产量和植株养分含量的影响[J].土壤通报,2010,41(4):938-941.
- [16] 曲桂敏.锰、铁、铜与苹果树锌营养的关系[J].落叶果树,1994(S1):25-26.
- [17] 贺红早,陈训,李苇洁.顶坛花椒花粉活力及其对 Zn 的响应研究[J].安徽农业科学,2007,35(27):8432-8434.
- [18] 刘建福,蒋建国,张勇,等.激素和微量元素对澳洲坚果花粉活力的影响[J].广西园艺,2002(2):4-6.
- [19] 郭传友,黄坚钦,王正加,等.安徽天堂寨大别山山核桃群落的初步研究[J].广西植物,2004,24(2):97-101.
- [20] 黎章矩,钱莲芳.山核桃科研成就和增产措施[J].浙江林业科技,1992,12(6):49-53,29.