



叶面喷施硒肥对灰枣果实硒含量的影响

张虎国^{1, 2}, 赵文³, 万胜^{1, 2}, 王磊⁴, 刘丰鸣^{1, 2},
王利娜^{2, 5}, 孙佳^{1, 2}, 易杭^{2, 5}, 李建贵^{1, 2*}

(1. 新疆农业大学林学与风景园林学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆红枣工程技术研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3. 河南省驻马店农业学校, 河南 驻马店 463000; 4. 新疆林果产业发展中心, 新疆 乌鲁木齐 830099; 5. 新疆大学, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:以喀什灰枣为对象,于枣树开花期、坐果期叶面喷施硒肥,研究不同时期、不同硒肥及不同浓度处理下,叶面喷施硒肥对枣果中硒含量的影响,分析硒含量在枣果发育期的变化过程,筛选出硒肥喷施的适宜浓度和时期,明确富硒灰枣生产的适宜施肥管理措施。结果表明,叶面喷施硒肥可显著提高灰枣果实硒含量,达到富硒效果,且随着施硒量的增加呈一直增加的趋势;果实硒含量在果实膨大期达到最大值,之后在完熟期有所降低;在枣果完熟后期,坐果期施用无机硒肥处理果实硒含量均高于开花期,从果实对硒的吸收来看,说明灰枣无论喷施无机硒肥还是有机硒肥,施用硒肥的关键时期均为坐果期。在枣果完熟后期,坐果期喷施无机硒肥 40 mg/L 处理下对果实硒含量增加效果显著,硒含量达到 0.2698 mg/kg;坐果期喷施有机硒肥 32 mg/L 处理下对果实硒含量增加效果显著,硒含量达到 0.2226 mg/L,两种硒肥处理下果实硒含量均达到了富硒农产品国家标准。综上所述,坐果期喷施 40 mg/L 无机硒肥或 32 mg/L 有机硒肥最符合当地生产需求。

关键词:果实硒含量;灰枣;叶面喷施;硒肥

微量元素硒是人体生长发育不可缺少的物质,能参与人体新陈代谢过程,其具有提高人体免疫力、增强体质、延年益寿等多种功效^[1-3]。人们研究得出补充人体硒含量最可行和安全的方法就是提高植物可食用部分硒的含量,有效地利用可食用植物对硒的生物转化作用,开发经济、方便、适合食用的富硒食品已经成为当前培育学中非常有价值和有意义的一项课题。而在生产中采用叶面喷施硒肥对植物进行施硒肥处理,增加了植物器官中硒的含量,从而进一步开发富硒食品,满足人体对硒的需要。富硒食品生产能提高食品竞争力,在青花菜^[4]、核桃^[5]、小麦^[6]、黄瓜^[7]、西瓜^[8]、茶叶^[9]等不同植物产品中都进行了富硒生产试验,但富硒红枣的生产试验较少,缺乏相应的富硒技术研究。

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)为鼠李科枣属植物,红枣原产于我国,迄今已有 5000 多年的历史^[10]。枣果含有丰富的维生素、多种微量元素和糖分。新疆是我国枣的主要产地,灰枣为目前主栽制干品种之一,新疆南疆 88% 的县市生产红枣,枣种植面积有 47.3 万 hm^2 ,是我国最大的枣种植区域且植枣跨度最大。富硒大枣,能够增强人体免疫力,防癌抗癌,对保护肝脏,预防眼疾以及心脑血管疾病等方面都有很大的帮助,研究和开发富硒红枣,是一项十分重要的工作。本研究以外源硒为供体,以红枣作为硒载体,测定试验区土壤中全硒含量和主栽红枣品种果实硒含量,其次在土壤水分管理措施相同时,研究不同时期、不同硒肥及不同浓度处理下,叶面喷施硒肥对枣果中硒含量的影响,分析硒含量在枣果发育期的变化过程,筛选出硒肥喷施的适宜浓度和时期,明确富硒红枣生产的适宜施肥管理措施。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

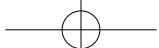
喀什新鑫果业有限公司红枣种植基地(东经 76° 52', 北纬 39° 14')中的灰枣园为试验地,年平均

收稿日期: 2022-09-30; 录用日期: 2022-11-18

基金项目: 2022 年度中央引导地方科技发展专项(ZYYD2022B15); 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2020A02002-1); 新疆红枣产业技术体系建设专项(XJCYTX-01-03-2021)。

作者简介: 张虎国(1998-), 硕士研究生, 主要从事森林培育研究。E-mail: 572875207@qq.com。

通讯作者: 李建贵, E-mail: lijiaogui1971@163.com。



气温 11.7℃, 年平均降水量 52.8 mm, 年蒸发量 2584 mm; 无霜期 214 d, 日照 2762 h; 四季分明, 气候干燥, 日照时间长, 降水量少, 蒸发量大, 属于暖温带大陆性干旱气候; 土壤类型主要为盐化棕漠土。

1.2 试验材料

供试枣园位于喀什岳普湖县新鑫果业有限公司试验地内, 灰枣树株行距 2 m×4 m、树龄 6 年以上, 枣园土壤条件一致。无机硒肥选用含硒 44.7% 亚硒酸钠 (Na₂SeO₃); 有机硒肥为含硒量 10 g/L 的红菌富硒肽酶 (郑州开金农业科技有限公司)。

1.3 试验方法

试验采用完全随机设计, 共设计 6 个硒肥浓度 0、8、16、24、32 和 40 mg/L, 具体见表 1。每个处理重复 3 次, 每个重复 6 株枣树, 共计 108 棵树。于 6 月初进行花期硒肥喷施, 于 7 月初进行坐果期硒肥喷施。坐果期分别喷施了无机硒肥和有机硒肥两种。将硒肥与水调配好的溶液装入小型手动喷雾器中, 均匀喷洒于树体上下叶片的正面和背面, 使叶片均匀布满硒肥溶液为宜。叶面喷施于早晨或傍晚无风时进行, 若施后 6 h 内遇到降雨可酌情补施 1 次, 用量应适度减少。其他农事管理包括修剪、开甲、喷施杀虫剂和杀菌剂等均保持一致, 按照当地常规管理方式进行。

表 1 灰枣树施肥方案 (mg/L)

处理	坐果期		开花期
	有机硒肥	无机硒肥	无机硒肥
CK	0	0	0
T1	8	8	8
T2	16	16	16
T3	24	24	24
T4	32	32	32
T5	40	40	40

1.4 样品采集

样品采集分别于 8 月初、8 月末、9 月中、9 月末、10 月中、10 月末进行了 6 次枣样采集。每个处理选取 3 棵灰枣树, 在每棵树的不同方向分别采取大小长势均匀健康、无裂果的枣果实, 每个处理采集 30~45 颗枣果带回室内在 4℃ 冰箱中储存, 待测。

采集土样时先将土壤表面的杂草碎石清理干

净, 采用“S”形取样法采集每个点位的 0 ~ 30 cm 表层土壤, 各样品采用四分法取约 500 g 土壤带回实验室内自然风干, 去除土壤样品中的根系、砾石等杂质, 分别研磨过 0.15 和 1.0 mm 塑料尼龙网筛 (聚氯乙烯筛圈 + 尼龙网, 不含金属) 制成待测样品, 保存于聚乙烯自封袋中待测。

1.5 指标测定

1.5.1 硒含量的测定

土壤样品全硒含量根据现行中华人民共和国农业行业标准《土壤全硒的测定方法》(NY/T 1104—2006)^[11] 中的氢化物发生—原子荧光光谱法进行测定。红枣样品用自来水和去离子水反复冲洗后, 用干净布吸干表面水分, 用刀将样品切成小块, 去核, 放入打浆机充分混匀打浆, 之后按四分法取样, 按照现行《食品安全国家标准食品中硒的测定》(GB 5009.93—2017)^[12] 中的氢化物原子荧光光谱法测定红枣果实中全硒含量。

1.5.2 土壤理化性质的测定

采用 K₂Cr₂O₇—H₂SO₄ 消煮、FeSO₄ 容量法测定土壤有机质含量; 采用扩散法测定土壤碱解氮含量; 采用钼锑抗比色法测定土壤有效磷含量, 采用火焰光度法测定土壤速效钾含量。

1.6 数据处理

试验数据采用 Excel 2022、SPSS 26.0 进行统计、分析, 利用 Origin 2021 作图。

2 结果与分析

2.1 土壤中硒的本底值和理化性质

由表 2 可知, 研究区枣园土壤全硒含量为 6.37~19.65 μg/kg; 有机质为 10.38~11.12 g/kg; 碱解氮为 9.97~16.20 mg/kg; 有效磷为 48.38~54.10 mg/kg; 速效钾为 245.81~334.02 mg/kg; 全硒含量的变异系数高达 36.16%; 土壤指标中全硒、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾的含量均值分别为 12.35 μg/kg、10.74 g/kg、12.51 mg/kg、51.24 mg/kg、289.91 mg/kg。

参考中华人民共和国地质矿产行业标准《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295—2016)^[13] 中土壤硒等级划分方法, 土壤全硒含量小于 125 μg/kg 的地区划分为缺硒区, 本研究中土壤全硒平均值为 12.34 μg/kg, 明显低于这一数值界限, 说明本研究区域总体上土壤中的硒比较缺乏, 属于低硒环境, 同时也意味着该地区的土壤中可供植物吸收利用的硒很少。

表2 土壤基本化学性质

土壤指标	平均值	最大值	最小值	变异系数 (%)
全硒 ($\mu\text{g/kg}$)	12.35	19.65	6.37	36.16
有机质 (g/kg)	10.74	11.12	10.38	3.45
碱解氮 (mg/kg)	12.51	16.20	9.97	26.15
有效磷 (mg/kg)	51.24	54.10	48.38	5.58
速效钾 (mg/kg)	289.91	334.02	245.81	15.21

2.2 花期喷施无机硒肥对灰枣果实硒含量的影响

由图1可知,灰枣整个生长发育期内,各处理下的枣果果实硒含量大致呈现出先降低后升高的趋势,且显著高于CK。在膨大期,CK处理下的果实硒含量为0.0000 mg/kg, T1 ~ T5处理下对灰枣果实硒含量的提升有显著促进作用, T5处理下的果实硒含量达0.0693 mg/kg。在白熟期,各处理均能够提升灰枣果实中硒含量, T5处理下的灰枣果实硒含量达到最高,为0.0519 mg/kg。在脆熟期, T5处理相较于其他处理来说,更能显著提升灰枣果实硒含量。在完熟期, T3处理与CK无显著性差异,说明T3处理不能显著促进果实硒含量的提升, T1处理与T4处理间差异不显著,其他各处理间差异显著, T5处理下果实硒含量达到最高。在完熟后期, T2和T4处理间差异不显著,其余处理间差异显著,其中T5处理提升效果最显著,果实硒含量达到了整个灰枣生长发育期的最高水平,为0.0883 mg/kg,达到含硒农产品的标准,但未达到富硒农产品的标准。各处理下完熟后期果实硒含量小于完熟后期。

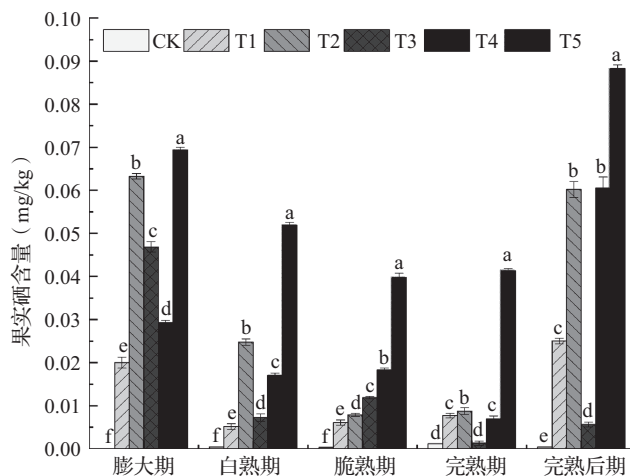


图1 花期叶面喷施无机硒肥对灰枣果实硒含量的影响

注:不同字母表示在 $P<0.05$ 水平下处理间达到显著性差异。下同。

2.3 坐果期喷施无机硒肥对果实硒含量的影响

由图2可知,在灰枣各生长发育期内,不同施肥处理对灰枣果实硒含量的影响差异显著($P<0.05$)。在果实膨大期, T3和T5处理之间差异不显著,其余各处理间差异显著, T2、T3、T4、T5处理下的枣果果实硒含量达到整个生长发育期的最高水平。在白熟期, T2、T3处理间差异不显著, T5处理下果实硒含量达到最高。在脆熟期,各处理间差异显著,除CK外, T2处理下的果实硒含量最低, T4处理下的果实硒含量最高。在完熟期, T1和T2处理间差异不显著, T3处理下的果实硒含量最高。在灰枣生长发育期内, T1、T2、T5处理下的果实硒含量均呈现出先下降最后上升的趋势, T3、T4处理下的果实硒含量呈现出先下降后上升再下降再上升的趋势。在完熟后期,各处理间差异显著, T5处理下的枣果果实硒含量最高,为0.2698 mg/kg,达到富硒农产品的标准,说明T5处理对提升完熟后期灰枣果实硒含量效果最佳。各处理下完熟后期果实硒含量高于完熟期,说明在完熟后期采摘枣果更有利于果实硒含量的积累。

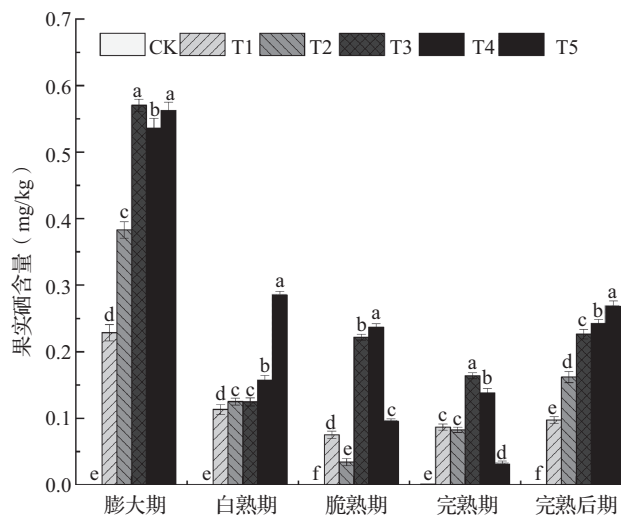
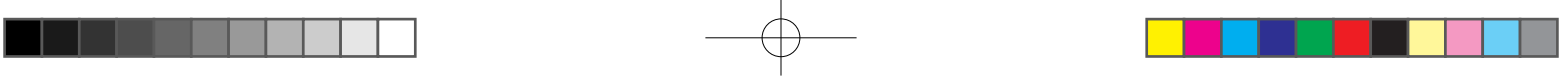


图2 坐果期叶面喷施无机硒肥对灰枣果实硒含量的影响

2.4 坐果期喷施有机硒肥对果实硒含量的影响

由图3可知,在灰枣整个生长发育期内,不同施肥处理下的枣果果实硒含量存在显著性差异($P<0.05$)。在果实膨大期,各处理均能够显著提升果实硒含量,提升效果由大到小依次为T4>T3>T5>T2>T1。在白熟期,各处理间差异显著, T4处理下的果实硒含量达到最高。在脆熟期, T2



和 T5 处理间差异不显著。在灰枣生长发育期内,各处理下的果实硒含量均呈现出先下降最后上升的趋势。在完熟后期,各处理均能提高果实硒含量,T2 和 T5 处理间差异不显著,其余处理间差异显著,提升效果由大到小依次为 T4>T3>T2>T5>T1,T4 处理下灰枣果实硒含量达到 0.2226 mg/kg,达到富硒农产品的标准,说明 T4 处理对提升完熟期枣果实硒含量效果最佳。T3、T4 处理下完熟后期果实硒含量高于完熟期,说明这两个处理在完熟后期采摘枣果更有利于果实硒含量的积累,其余处理下完熟期和完熟后期差异不大。

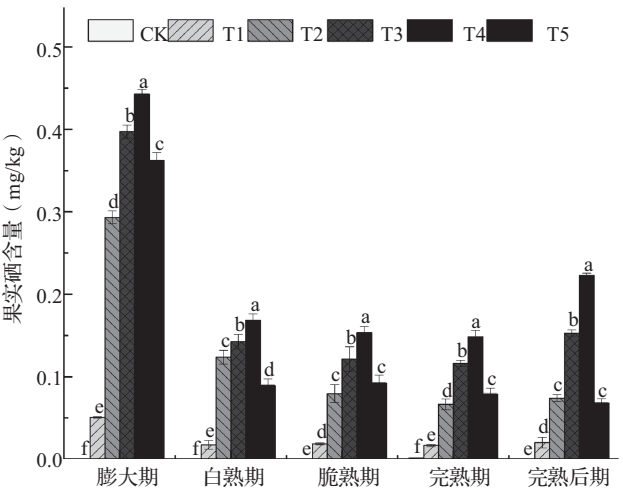


图3 坐果期叶面喷施有机硒肥对灰枣果实硒含量的影响

2.5 不同处理对完熟后期果实硒含量的影响

表3为不同浓度、不同时期处理后,完熟后期灰枣果实中硒的吸收富集情况。从表3中可以看出,灰枣果实中的硒含量随着硒处理浓度的增加而增加。花期喷施不同浓度的无机硒肥灰枣果实中硒含量与CK相比增加了13.32~207.35倍,其中T2、T4、T5处理提高灰枣果实硒含量幅度较大,与CK相比差异极显著。坐果期喷施无机硒肥灰枣果实硒含量与CK相比增加了228.68~634.29倍,最高果实硒含量达到0.2698 mg/kg,其中T4、T5处理提高果实硒含量最为明显,与CK相比差异极显著。坐果期喷施有机硒肥灰枣果实硒含量与CK相比增加了46.52~523.43倍,果实硒含量最高达到0.2226 mg/kg,各处理都使灰枣果实中硒含量提高,且差异显著。坐果期喷施无机硒肥果实硒含量显著高于花期喷施无机硒肥,并随着无机硒肥的浓度增加,这种差距越来越大,说

明在坐果期喷施无机硒肥更有利于果实中硒的累积。

表3 不同处理对果实硒含量的影响 (mg/kg)

处理	花期喷施 无机硒肥	坐果期喷施 无机硒肥	坐果期喷施 有机硒肥
CK	0.0004	0.0004	0.0004
T1	0.0250**	0.0973**	0.0198**
T2	0.0602**	0.1625**	0.0738**
T3	0.0057**	0.2245**	0.1526**
T4	0.0606**	0.2420**	0.2226**
T5	0.0882**	0.2698**	0.0680**

注:**表示0.01水平下差异显著。

由图4可以看出,不同处理下灰枣果实完熟后期的果实硒含量与叶面喷施硒肥浓度均呈非线性

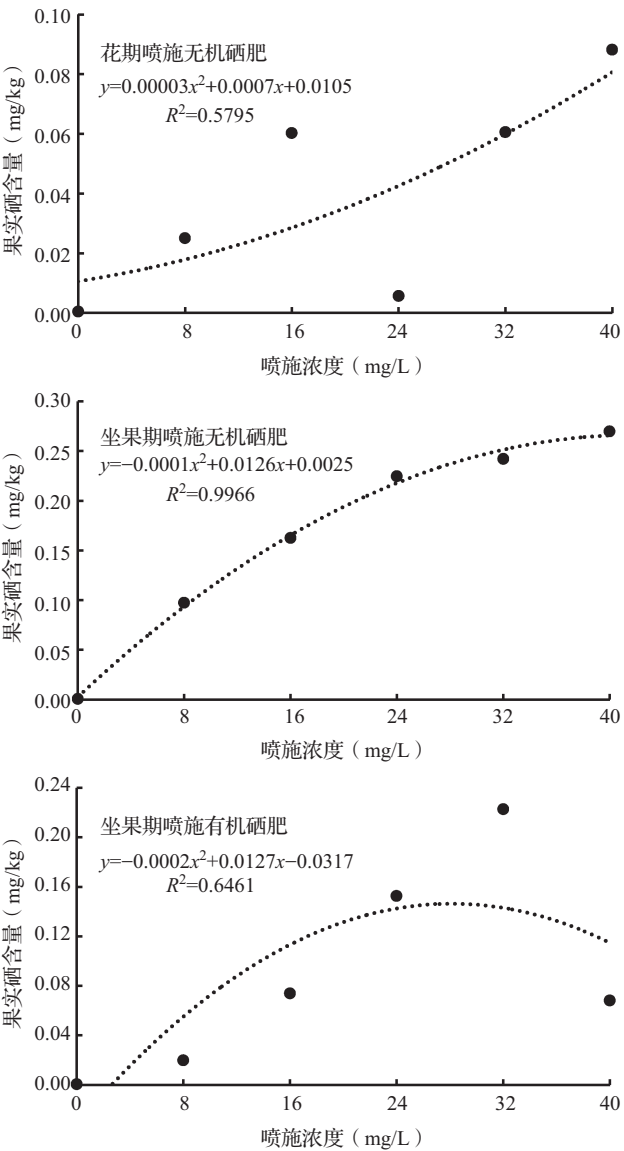


图4 喷施浓度与完熟后期果实硒含量的关系



相关,说明提高硒浓度对灰枣果实硒含量的影响是积极的,相关方程分别为:花期喷施无机硒肥为 $y=0.00003x^2-0.0007x+0.0105$, $R^2=0.5795$;坐果期喷施无机硒肥为 $y=-0.0001x^2+0.0126+0.0025$, $R^2=0.9966$;坐果期喷施有机硒肥为 $y=-0.0002x^2+0.0127x-0.0317$, $R^2=0.6461$ 。

3 讨论

灰枣是新疆红枣产业发展的核心品种,在乡村振兴发展中起着重要作用,是南疆大部分县市经济林果的支柱产业。近年来,随着灰枣产业链的发展,果园精准化施肥技术越来越受到重视。硒是人体必需的微量元素,适量的硒对保持人体健康非常重要。然而硒从有益作用到有害作用的浓度范围非常窄。植物作为硒自然循环过程中的重要中间环节,是人和动物摄入硒的直接来源。因此,植物富硒能力对人类健康意义重大。植物主要吸收水溶性硒,包括部分有机硒、硒酸盐和亚硒酸盐。研究表明植物对硒酸盐的主动吸收是通过高亲和力的硫酸盐转运子完成,硒酸盐在叶片中被还原成亚硒酸盐,进而转化为有机硒化物进入其他组织,进入植物体中的硒转化为含硒氨基酸和硒蛋白参与植物的代谢^[14]。叶面施肥是中微量元素重要的施肥方式,既能够快速补充植物营养,也能够有效减少因土壤固定等造成的损失。本试验中,灰枣经过叶面喷施硒肥处理后,随着枣树的生长,硒在果实中的累积也在逐渐增加,但这个累积较低且慢。随着硒肥浓度的增加果实硒含量也增加,果实硒含量在果实膨大期达到最大值,之后在完熟期有所降低,原因可能是硒经过一定的积累后又转移到树体,此结果与郑晓翠等^[15]的研究结果相似。叶面喷施处理果实对硒的吸收在果实膨大期达到最高,然后降低。在不同的发育期植物的同一器官硒含量也不相同,王其兵等^[16]研究发现落花生在生长旺盛期和成熟期均发生硒的累积作用,而累积作用更明显的是苗期。本试验分别在开花期和坐果期叶面喷施无机硒肥,结果表明,在枣果完熟后期,坐果期施用无机硒肥处理果实硒含量均高于开花期,这与王海波等^[17]对设施葡萄的研究结果基本一致。从果实对硒的吸收来看,说明灰枣无论喷施无机硒肥还是有机硒肥,施用硒肥的关键时期均为坐果期。灰枣对不同浓度叶面喷施的吸收效果来看,低浓度硒处理,富硒效果不如高浓度硒处理效果明显,且本试

验中高浓度施硒处理并没有抑制硒的吸收,而是使硒的富集作用增强,这一研究结果与Karaj等^[18]在蔬菜上的研究结果类似。

秦玉燕等^[19]通过研究外源硒肥对芒果果实和叶片的影响,叶面喷硒和土壤施硒均可显著提高芒果叶片和果实硒含量,其中叶面喷硒提高幅度远大于土壤施硒提高幅度。黄光昱等^[20]研究表明,在双低油菜上进行富硒栽培有显著效果。叶面喷施硒肥方式油菜含硒量显著高于淋根施硒肥方式,在油菜初花期后喷施硒肥,能明显提高油菜硒含量。黄太庆等^[21]通过外源调控花生富硒生产技术研究发现,外源硒处理可有效提高花生的硒含量;宋丽芳等^[22]通过研究外源硒对苦荞生长发育及子粒硒含量的影响,发现适量外源硒能够促进苦荞生长发育,提高产量及子粒硒含量。外源施硒可提高玉米^[23]、小麦^[24]、葡萄^[25]籽粒或果实硒含量,并且随着用量的增加而逐步增加,施硒量与硒含量呈线性正相关。本研究结果亦表明,叶面喷施硒肥可显著提高灰枣果实硒含量,达到富硒效果,且随着施硒量的增加呈一直增加的趋势。据《富硒含硒食品硒含量分类标准》(T/XJBZFX-001—2020),富硒大枣的限量标准是 ≥ 0.150 mg/kg,含硒大枣的限量标准是 $0.075 \sim 0.150$ mg/kg,本研究中,在枣果完熟后期,40 mg/L处理下开花期喷施无机硒肥可使灰枣果实硒含量达到0.0883 mg/kg,达到含硒大枣的标准;40 mg/L处理下坐果期喷施无机硒肥可使灰枣果实硒含量达到0.2698 mg/kg,达到富硒大枣的标准;32 mg/L处理下坐果期喷施有机硒肥可使灰枣果实硒含量达到0.2226 mg/kg,达到富硒大枣的标准,表明叶面喷施硒肥对提高灰枣果实硒含量效果明显。

4 结论

灰枣经过叶面喷施硒肥处理后,随着枣树的生长,硒在果实中的累积也在逐渐增加。各处理随着硒肥浓度的增加果实硒含量也增加,无机硒肥40 mg/L处理下对果实硒含量增加效果显著,有机硒肥32 mg/L处理下对果实硒含量增加效果显著。果实硒含量在果实膨大期达到最大值,之后在完熟期有所降低。

灰枣富硒技术,能明显改善果实中硒的含量。本试验结果表明,在枣果完熟后期,40 mg/L处理下坐果期喷施无机硒肥可使灰枣果实硒含量达到



0.2698 mg/kg; 32 mg/L 处理下坐果期喷施有机硒肥可使灰枣果实硒含量达到 0.2226 mg/kg, 硒含量达到了富硒农产品国家标准。综上所述, 坐果期喷施 40 mg/L 无机硒肥或 32 mg/L 有机硒肥最符合当地生产需求。

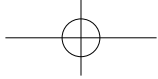
参考文献:

- [1] 段亮亮. 硒的生理功能和富硒保健食品开发[J]. 现代食品, 2018 (1): 42-45.
- [2] 张玲, 张彦欣. 硒的生理功能及在果品生产中的应用[J]. 北方果树, 2018 (3): 1-3.
- [3] 袁丽君, 袁林喜, 尹雪斌, 等. 硒的生理功能、摄入现状与对策研究进展[J]. 生物技术进展, 2016, 6 (6): 396-405.
- [4] 范悦, 刘光敏, 黄伟, 等. 不同硒肥对青花菜硫苷及硒含量的影响[J]. 中国蔬菜, 2022 (8): 36-41.
- [5] 刘星明, 牛小沛, 王梅, 等. 根施硒肥对核桃硒含量的影响[J]. 园艺与种苗, 2022, 42 (8): 15-16.
- [6] 魏玮, 李平, 周志高, 等. 不同外源硒在土壤中的有效性变化及其对小麦硒累积的影响[J]. 环境科学, 2023, 44 (2): 1003-1011.
- [7] 蒋月喜, 陈琴, 张力, 等. 外源氨基酸硒肥对黄瓜幼苗生长及抗氧化指标的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35 (6): 1303-1309.
- [8] 康利允, 李晓慧, 高宁宁, 等. 土壤增施硒肥对西瓜产量、品质及养分吸收的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2022, 53 (1): 16-23.
- [9] 曹丹, 马林龙, 刘艳丽, 等. 茶树对硒吸收累积特性及其硒调控相关基因的表达分析[J]. 茶叶科学, 2020, 40 (1): 77-84.
- [10] Cui N B, Du T S, Kang S Z, et al. Regulated deficit irrigation improved fruit quality and water use efficiency of pear-jujube trees [J]. Agricultural Water Management, 2008, 95 (4): 489-497.
- [11] NY/T 1104—2006, 土壤中全硒的测定[S].
- [12] GB 5009.93—2017, 食品安全国家标准食品中硒的测定[S].
- [13] DZ/T 0295—2016, 土地质量地球化学评价规范[S].
- [14] 王晓芳, 陈思杨, 罗章, 等. 植物对硒的吸收转运和形态转化机制[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31 (6): 539-544.
- [15] 郑晓翠, 王海波, 王孝娣, 等. 巨峰葡萄对硒元素的吸收运转规律[J]. 中国土壤与肥料, 2016 (4): 128-132.
- [16] 王其兵, 吴金绥, 赵义芳, 等. 落花生不同器官对硒元素吸收和累积动态的研究[J]. 植物学报, 1997, 39 (2): 164-168.
- [17] 王海波, 王孝娣, 毋应龙, 等. 设施葡萄对硒的吸收运转及积累特性[J]. 果树学报, 2011, 28 (6): 972-976.
- [18] Karaj S D, Surjit K D. Accumulation and distribution of selenium in some vegetable crops grown in selenate-Se treated clay loam soil [J]. Frontiers of Agriculture in China, 2009, 3 (4): 366-373.
- [19] 秦玉燕, 陈永森, 吴凤, 等. 外源硒对芒果硒含量及果实营养品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2020 (5): 213-219.
- [20] 黄光昱, 李必钦, 陈永波, 等. 硒肥不同施用方式对双低油菜产量和硒含量的影响[J]. 湖北农业科学, 2016, 55 (12): 3018-3020, 3025.
- [21] 黄太庆, 江泽普, 梁潘霞, 等. 富硒花生品种筛选及外源调控花生富硒生产技术研究[J]. 土壤, 2018, 50 (6): 1198-1202.
- [22] 宋丽芳, 冯美臣, 张美俊, 等. 外源硒对苦荞生长发育及子粒硒含量的影响[J]. 作物杂志, 2019 (3): 150-154.
- [23] 蒋曦龙, 乔月彤, 李晓靖, 等. 叶面过量施硒对玉米产量、硒和矿质营养元素含量的影响[J]. 核农学报, 2021, 35 (12): 2841-2849.
- [24] 马凤霞, 王沛, 张敏, 等. 叶面喷施硒肥对不同品种小麦产量及籽粒硒含量的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2020, 51 (1): 25-30.
- [25] 豆鑫, 张坤, 张锦强, 等. 喷施不同浓度亚硒酸钠对葡萄生理特性和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021 (1): 180-186.

Effects of foliar spraying of selenium fertilizer on the selenium content of jujube fruit

ZHANG Hu-guo^{1, 2}, ZHAO Wen³, WAN Sheng^{1, 2}, WANG Lei⁴, LIU Feng-ming^{1, 2}, WANG Li-na^{2, 5}, SUN Jia^{1, 2}, YI Hang^{2, 5}, LI Jian-gui^{1, 2*} (1. College of Forestry and Landscape Architecture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi Xinjiang 830052; 2. Xinjiang Jujube Engineering Technology Research Center, Urumqi Xinjiang 830011; 3. Henan Zhumadian Agricultural School, Zhumadian Henan 463000; 4. Xinjiang Forestry and Fruit Industry Development Center, Urumqi Xinjiang 830099; 5. Xinjiang University, Urumqi Xinjiang 830046)

Abstract: Taking Kashi gray jujube as the object, foliar spraying of selenium fertilizer in the flowering period and fruit setting period of jujube trees was conducted to study the effects of foliar spraying of selenium fertilizer on the content of selenium in jujube fruit under different periods, different selenium fertilizers and different concentrations of treatments. The changes process of selenium content during the development period of jujube fruit were analyzed, the suitable concentration and period of selenium fertilizer spraying were screened out. The results showed that the foliar spraying of selenium fertilizer significantly increased the selenium content in the fruit of jujube, and achieved the effect of selenium enrichment, and the selenium content increased with the increase of selenium application, reached its maximum value during the fruit expansion



period, and then decreases slightly during the ripening period. In the late ripening stage of jujube fruit, the selenium content of the fruit treated with inorganic selenium fertilizer in the fruit setting stage was higher than that in the flowering stage. From the perspective of the absorption of selenium by the fruit, it showed that no matter whether the jujube was sprayed with inorganic selenium fertilizer or organic selenium, the key period for applying selenium fertilizer was the fruit setting period. In the late stage of jujube fruit ripening, the treatment of spraying inorganic selenium fertilizer 40 mg/L in the fruit setting period significantly increased the selenium content of the fruit, the selenium content reached 0.2698 mg/kg; the treatment of spraying organic selenium fertilizer 32 mg/L during the fruit setting period increased the selenium content of the fruit significantly, the selenium content reached 0.2226 mg/kg, and the selenium contents of the fruit under the two selenium fertilizer treatments both reached the national standard for selenium-enriched agricultural products. To sum up, spraying 40 mg/L inorganic selenium fertilizer or 32 mg/L organic selenium fertilizer during the fruit setting period is most suitable for local production needs.

Key words: selenium content in fruit; ash jujube; foliar spraying; selenium fertilizer