

叶面喷施纳米硒肥对金丝小枣产量和品质的影响

宋会明¹, 贺敬芝¹, 梁军², 马文凤², 张宏彦^{1*}

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193;

2. 山东德州市乐陵市农业局, 山东 乐陵 253600)

摘 要: 硒是人体所必需的微量元素, 随着人们对硒产品认识程度逐渐加深, 富硒食品在市场上出现的越来越多。以乐陵金丝小枣为对象, 于枣果幼果期、果实膨大期、转色期叶面喷施纳米硒肥, 探究不同浓度梯度(0、4.8、9.6、14.4 mL/L)纳米硒肥对枣产量和品质的影响。结果表明, 叶面喷施纳米硒肥可显著增加金丝小枣的产量和品质, 随着喷施硒浓度的增加, 金丝小枣枣果中硒含量逐渐增加, 但产量出现先增加后降低的趋势, 叶面喷施硒肥可显著增加可溶性固形物含量、维C含量以及枣果中和叶片中矿质元素含量, 以9.6 mL/L浓度处理下效果最佳, 产量增加33.0%, 可溶性固形物显著增加8.4%, 维C含量显著增加53.5%, 且枣果中硒含量达0.28 mg/kg, 较空白对照显著增加171.8%, 矿质元素磷、钾、钙、镁、硼、铁的含量增加最为显著。综合分析, 叶面喷施纳米硒肥浓度为9.6 mL/L时增产提质效果最佳。

关键词: 金丝小枣; 叶面喷施; 纳米硒; 产量和品质

硒是动物和植物所必需的微量营养元素, 能够增强人体免疫力, 预防多种疾病和延缓衰老^[1-3], 人体内硒含量偏低或缺失会引发一些疾病的产生, 外源施用硒肥来增加作物的硒含量是一种最有效的方式, 现有外源补硒方法主要有拌种富硒、土壤施硒肥富硒、叶面喷施富硒3种方式, 其中叶面喷施富硒投入成本较低且作物吸收较好, 是目前主要推广使用的方法。硒肥的种类主要有无机硒肥、有机硒肥和新型富硒肥(如纳米硒肥)。无机硒多为亚硒酸钠和硒酸钠, 毒性大, 被植物吸收利用率低, 有机硒虽吸收利用效率高于无机硒, 但生产工艺复杂并且具有高毒性。纳米硒的单质是纳米级的, 安全稳定, 具有较高的生物活性, 易被植物体吸收利用。有研究表明^[4-6], 适量的硒可较好地促进作物的生长, 提高作物的产量和品质, 但过量的硒投入会抑制作物的生理功能和正常生长, 出现硒中毒的症状。李磊等^[5]在叶面喷施硒肥对辣椒果实品质影响试验表明喷施5.0 mL/L浓度的硒肥, 辣椒可提高单果质量7.28%、辣椒碱含量32.21%、可溶性蛋

白质含量32.84%。王清华等^[7]在对沾化冬枣的富硒(亚硒酸钠)试验中发现硒含量为50 mg/L时可显著地提高冬枣果实可溶性固形物17.06%、可溶性糖22.66%、维C 12.25%、总黄酮29.17%和糖酸34.34%; 兰敏等^[8]在对谷子叶面喷施纳米硒试验中发现纳米硒肥可以增加谷子地上部生物量, 提高谷物中硒含量。

乐陵市是金丝小枣的发源地, 拥有着近万亩的枣林, 因土壤中含有硒元素, 也被称为天然富硒金丝小枣, 但枣树种植年限的增长和土壤硒含量逐年降低影响枣果对硒的吸收。外源添加硒肥在增加灵武长枣、沾化冬枣和新疆红枣等作物上有明显的作用, 且对提高枣品质有显著作用^[7, 9-10], 但纳米硒肥在乐陵金丝小枣富硒方面的研究尚少。本文通过叶面喷施纳米硒试验, 研究金丝小枣的富硒能力, 筛选出最适宜喷施的硒浓度, 以期通过富硒提升金丝小枣的产量和品质, 为当地金丝小枣的富硒生产提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于山东省德州市乐陵市朱集镇的枣林示范基地, 乐陵市被誉为“金丝小枣之乡”, 拥有着近万亩的枣林, 朱集镇是乐陵金丝小枣原产地和主产区, 拥有枣树540万株, 国家林业部也赋予

收稿日期: 2020-04-19; 录用日期: 2020-07-11

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2016YFD0200401)。

作者简介: 宋会明(1994-), 男, 河北省唐山市人, 硕士研究生, 主要从事植物营养方向研究。E-mail: 1204622714@qq.com。

通讯作者: 张宏彦, E-mail: zhanghy@cau.edu.cn。

其美誉“全国红枣出口基地”。试验区 pH 值在 7.8 左右, 偏弱碱性, 年均降水量 527 mm, 年均日照时长 2700 h, 日照率为 61%, 土壤质地为中壤或轻壤。

1.2 试验设计

试验共设计 4 个硒肥浓度 0、4.8、9.6、14.4 mL/L, 每个处理重复 3 次, 每个重复 8 株枣树, 共计 96 棵树, 供试枣树为 20 年生金丝小枣树。于金丝小枣幼果期 (2019 年 7 月 4 日)、果实膨大期 (2019 年 8 月 3 日)、转色期 (2019 年 8 月 31 日) 分别喷施硒肥, 共计喷施 3 次, 以叶片和果实挂满雾状水滴为最宜。枣树土壤施肥均为秋施基肥一次施入, 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。

供试肥料为百沃硒的纳米硒肥, 规格为 1 L, 主要成分为氨基酸 ≥ 100 g/L, Zn+B ≥ 20 g/L, 纳米硒 ≥ 1500 mg/L, 产品呈暗红色, 液态。

1.3 测定项目与方法

产量: 收获期采用整株枣果进行鲜果称重测得单株产量, 按照栽培密度换算成单位面积产量 (栽培密度按 600 株/hm²);

单果重: 电子天平称量法;

横纵径: 电子游标卡尺测量法;

果形指数: 纵径/横径;

叶片 SPAD 值: 在枣树东西南北 4 个方向各选取一个代表性枝条取样, 每个枝条取 10 片枣叶, 每棵树 40 片叶, 用 SPAD-502plus 叶绿素测定仪测定, 记录数值。

可溶性固形物: 用 WYT-1 型手持糖量计测定;

可滴定酸: 用 NaOH 滴定法测定酸含量^[11];

维 C: 用 2, 6-二氯酚酚滴定法测定^[11];

磷、钾、钙、镁、硼、铁、锌、硒元素含量: 果实和叶片烘干粉碎, 硝酸-高氯酸消煮后, 用电感耦合等离子光谱发生仪测定^[12]。

1.4 数据处理与分析

使用 Excel 2013 进行数据处理和分析; 采用 DPS 6.50 软件进行单因素方差分析, 并在 $P=0.05$ 水平下进行 LSD 多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同硒浓度处理对金丝小枣产量及产量构成的影响

由图 1 可知, 喷施纳米硒肥对金丝小枣的产量

有较明显的提升作用。其中硒浓度为 9.6 mL/L 处理在产量上增长最为显著, 较对照 0 mL/L 浓度处理显著增加 33.0%, 且随着硒浓度的增加, 产量先增加后下降, 说明硒浓度过高会抑制枣果生长, 造成产量下降, 在当地推荐硒浓度为 9.6 mL/L 时, 增产效果最佳。

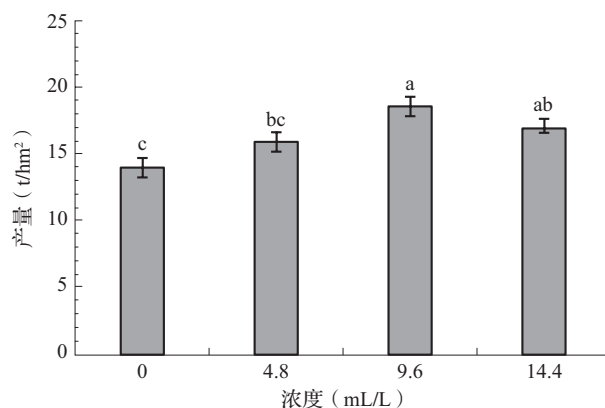


图 1 不同硒浓度处理对金丝小枣产量的影响

注: 柱上字母不同表示处理间差异在 0.05 水平下显著。下同。

由表 1 可以得出, 喷施纳米硒肥可提高金丝小枣的单果重、纵径和横径长。在单果重上, 喷施硒肥较空白对照处理单果质量存在显著性差异, 其中以 4.8 mL/L 浓度处理增加最为显著, 较 0 mL/L 浓度处理显著增加 12.2%; 在纵径上 4.8 和 14.4 mL/L 浓度处理较空白对照存在显著性差异, 分别较空白对照增加 7.6% 和 4.5%; 在横径上喷施硒肥较空白对照处理增加, 其中 4.8 mL/L 浓度处理增加显著, 较空白对照增加 6.0%; 在果形指数上, 14.4 mL/L 浓度处理增加最为显著, 较空白对照处理增加 4.0%。最后结论, 4.8 mL/L 浓度处理对枣果产量构成影响最为明显。

表 1 不同硒浓度处理对金丝小枣产量构成的影响

浓度 (mL/L)	单果重 (g)	纵径 (mm)	横径 (mm)	果形指数
0	5.96 ± 0.03c	26.47 ± 0.10b	20.90 ± 0.12b	1.26 ± 0.01ab
4.8	6.69 ± 0.05a	28.49 ± 0.16a	22.15 ± 0.20a	1.29 ± 0.02a
9.6	6.24 ± 0.10b	26.39 ± 0.49b	21.29 ± 0.35b	1.24 ± 0.01b
14.4	6.26 ± 0.03b	27.67 ± 0.17a	21.13 ± 0.22b	1.31 ± 0.02a

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间差异在 0.05 水平下显著。下同。

2.2 不同硒浓度处理对金丝小枣品质的影响

由表 2 可以得出, 不同硒浓度处理对金丝小枣枣果的品质有不同的影响。喷施纳米硒肥可以提高枣果可溶性固形物含量, 其中 9.6 mL/L 浓度处理

下枣果可溶性固形物含量最高,较空白对照显著增加 8.4%;喷施纳米硒肥可显著提高枣果中维 C 含量,其中 9.6 mL/L 浓度处理较空白对照显著增加 53.5%;喷施纳米硒肥可以降低枣果中可滴定酸含量,随着喷施浓度的增加,枣果中可滴定酸含量

呈下降趋势,14.4 mL/L 浓度处理较空白对照降低 20%;在枣果固酸比上,以 14.4 mL/L 浓度处理下比值最大,甜度口感最佳。最后结论,9.6 mL/L 浓度处理下枣果可溶性固形物含量和维 C 含量最高,且可滴定酸含量和固酸比也处于较佳水平。

表 2 不同硒浓度梯度处理对金丝小枣枣果品质的影响

浓度 (mL/L)	可溶性固形物含量 (%)	维 C 含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	固酸比
0	25.38 ± 0.58b	372.2 ± 13.2c	0.35 ± 0.04a	74.12 ± 6.69b
4.8	26.09 ± 0.56ab	509.1 ± 25.2b	0.32 ± 0.02a	82.19 ± 3.67ab
9.6	27.51 ± 0.43a	571.3 ± 10.6a	0.31 ± 0.01a	89.99 ± 3.36ab
14.4	26.49 ± 0.29ab	527.8 ± 5.8ab	0.28 ± 0.03a	97.56 ± 11.51a

2.3 不同硒浓度处理对金丝小枣枣果中矿质元素的影响

由表 3 可以得出,不同硒浓度处理对金丝小枣枣果中矿质元素含量影响不同。在果实磷含量上,4.8 和 9.6 mL/L 浓度处理较空白对照有明显提高,且存在显著性差异,14.4 mL/L 浓度处理果实磷含量未增加反而下降,可能是喷施硒浓度过高抑制枣果对磷的吸收,对磷元素产生拮抗效果;喷施不同浓度硒肥均能增加枣果中钾含量,其中 4.8 和 9.6 mL/L 浓度处理含量最高,较空白对照分别显著增加约 13.8% 和 13.6%;喷施硒肥能明显增加枣果中钙含量,且随着喷施浓度的增加,枣果钙含量先增加后降低;在果实镁含量上,以 9.6 mL/L 浓度处理下含量最高,较空白对照显著增加 33.3%;在果实

硼含量上,9.6 和 14.4 mL/L 浓度处理下含量增加最为显著;在果实铁含量上,9.6 mL/L 浓度处理下含量最高,较空白对照显著增加 55.9%。最后结论,喷施硒肥可较明显地提高枣果中磷、钾、钙、镁、硼、铁矿质元素的含量,其中 9.6 mL/L 浓度处理下效果最为显著。

由图 2 可以得出,外源喷施纳米硒肥可显著增加金丝小枣枣果中硒含量,随着喷施浓度的增加,枣果硒含量也逐渐增加,4.8、9.6 和 14.4 mL/L 浓度处理较空白对照分别增加枣果硒含量 87.3%、171.8% 和 200.3%,且存在显著性差异。其中 9.6 mL/L 浓度处理下硒金丝小枣硒含量达 0.28 mg/kg,硒含量达到了富硒农产品国家标准,且水果中的硒在安全含量范围内。

表 3 不同硒浓度处理对金丝小枣枣果矿质元素含量的影响

浓度 (mL/L)	果实磷含量 (mg/g)	果实钾含量 (mg/g)	果实钙含量 (mg/g)	果实镁含量 (mg/g)	果实硼含量 (mg/kg)	果实铁含量 (mg/kg)
0	0.92 ± 0.03b	7.62 ± 0.07b	0.84 ± 0.02b	0.36 ± 0.01b	3.4 ± 0.8c	8.4 ± 0.6b
4.8	1.03 ± 0.02a	8.67 ± 0.33a	1.06 ± 0.06a	0.45 ± 0.01a	7.6 ± 1.6b	10.8 ± 1.1ab
9.6	1.10 ± 0.04a	8.66 ± 0.06a	1.01 ± 0.02a	0.48 ± 0.03a	14.4 ± 0.8a	13.1 ± 0.7a
14.4	0.89 ± 0.01b	7.70 ± 0.09b	0.99 ± 0.02a	0.45 ± 0.01a	14.4 ± 0.5a	12.7 ± 2.1a

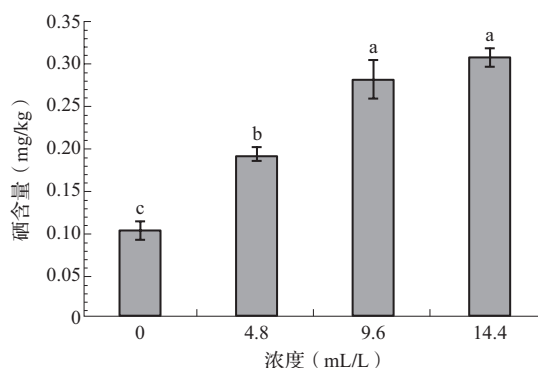


图 2 不同硒浓度处理对金丝小枣枣果硒含量的影响

2.4 不同硒浓度处理对金丝小枣叶片中矿质元素的影响

由表 4 可知,不同硒浓度处理对金丝小枣叶片中矿质元素含量有着不同的影响。喷施硒肥处理降低了叶片中磷含量,4.8、9.6 和 14.4 mL/L 浓度处理较空白对照分别降低 2.9%、15.95% 和 12.1%;喷施硒肥处理还降低了叶片中钾含量,且随着喷施硒浓度的增加叶片中钾含量降低,这可能与枣果中磷、钾含量的增加有关,纳米硒肥可促进叶片磷、钾含量向枣果转化;在叶片钙含量上,喷施

硒处理均能增加叶片钙含量, 其中 4.8 mL/L 浓度处理下叶片钙含量最高, 较空白对照显著增加 27.0%; 叶片镁含量随着硒浓度的增加而呈上升趋势, 4.8、9.6 和 14.4 mL/L 浓度处理较空白对照分别显著增加 26.2%、29.0% 和 38.3%; 叶片硼含量各含硒处理较

空白对照均有增加; 叶片铁含量随着硒浓度的增加而增加, 其中 4.8、9.6 和 14.4 mL/L 浓度处理较空白对照分别增加 25%、33.3% 和 37.5%, 且存在显著性差异。综上所述, 喷施纳米硒肥降低了金丝小枣叶片磷、钾含量, 增加叶片钙、镁、硼、铁的含量。

表 4 不同硒浓度处理对金丝小枣叶片矿质元素的影响

浓度 (mL/L)	叶片磷含量 (mg/g)	叶片钾含量 (mg/g)	叶片钙含量 (mg/g)	叶片镁含量 (mg/g)	叶片硼含量 (mg/kg)	叶片铁含量 (mg/g)
0	2.07 ± 0.06a	9.74 ± 0.23a	30.32 ± 0.43b	2.48 ± 0.07b	65.3 ± 1.2a	0.24 ± 0.02b
4.8	2.01 ± 0.02ab	8.11 ± 0.14b	38.52 ± 0.98a	3.13 ± 0.07a	71.7 ± 3.2a	0.30 ± 0.01a
9.6	1.74 ± 0.06c	6.90 ± 0.02c	33.15 ± 1.46b	3.20 ± 0.07a	68.0 ± 1.0a	0.32 ± 0.01a
14.4	1.82 ± 0.10bc	5.91 ± 0.25d	33.64 ± 1.71b	3.43 ± 0.17a	68.7 ± 2.0a	0.33 ± 0.01a

3 讨论与结论

金丝小枣喷施纳米硒肥可显著增加枣果中硒含量, 且随着喷施浓度的增加硒含量也随之增加, 这与张艳玲^[13]对新高梨的研究结果相似, 与郑晓翠等^[14]在葡萄上研究结果基本一致。喷施纳米硒肥对金丝小枣的产量有较明显的提升作用, 但随着硒浓度的增加, 产量呈现先增加后下降的趋势, 这与杜少平等^[15]在砂田西瓜上的研究结果相似。喷施纳米硒肥还可显著提高金丝小枣枣果单果重、纵横径、可溶性固形物含量、维 C 含量, 降低可滴定酸含量, 较好地改善了金丝小枣的果实品质, 这与韩昌烨等^[9]在灵武长枣上喷施硒肥的研究结果基本一致。随着硒浓度的增加, 枣果中磷、钾、钙、镁含量呈现先增加后降低的趋势, 而结果表明, 在乐陵市, 9.6 mL/L 可能是最为适宜的硒肥浓度。低浓度的硒可促进枣果对磷、钾、钙、镁矿质元素的吸收, 随着浓度的升高出现抑制现象, 杜少平等^[15]试验结果表明, 随着硒肥浓度的增加, 西瓜对钙、镁的吸收先增加后降低, 这与本研究结论一致, 但西瓜磷含量会降低, 钾含量逐渐增加, 这与本试验结果不同, 可能是果实的吸收特性不同。随着硒浓度的增加, 叶片磷、钾含量呈降低趋势, 可能与硒的抑制作用有关; 而钙、硼含量先增加后降低, 镁、铁含量则呈增加趋势。李登超等^[16]研究结果表明加硒后小白菜地上部与地下部对磷、钾、钙、镁等矿质元素吸收情况不同, 金丝小枣叶片和果实对矿质元素也呈现不同的吸收情况, 外源硒对植物不同部位营养吸收影响不同, 因此在这方面还需进一步展开研究。

金丝小枣施富硒技术, 不仅可以增强枣树的抗性, 还能够较明显地提高产量, 改善枣果的品质, 因此叶面喷施纳米硒肥是金丝小枣实现优质高效的一种技术手段。本试验结果表明, 当叶面喷施纳米硒肥浓度为 9.6 mL/L 时, 产量增加 33.0%, 单果重、纵横径均有显著增加, 同时枣果中可溶性固形物显著增加 8.4%, 维 C 含量显著增加 53.5%, 矿质元素钙、镁、硼、铁含量的增加最为显著, 且枣果中硒含量达 0.28 mg/kg, 较空白对照显著增加 171.8%, 硒含量达到了富硒农产品国家标准且在水果中硒的安全含量范围内。综上所述, 喷施 9.6 mL/L 纳米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] 李飞, 黄明丽, 李玲玉, 等. 富硒肥对茶树的影响及新型硒肥研究进展[J]. 河南农业科学, 2019, 48 (3): 1-7.
- [5] 李磊, 尹显慧, 龙友华, 等. 叶面喷施硒对辣椒果实品质及微量元素的影响[J]. 北方园艺, 2019 (16): 1-6.
- [6] 付冬冬. 不同外源硒对冬小麦硒吸收、分配和转运的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [7] 王清华, 井大炜, 杜振宇, 等. 叶面喷施对沾化冬枣富硒及品质的影响[J]. 经济林研究, 2019, 37 (2): 23-28.
- [8] 兰敏, 尹美强, 温银元, 等. 纳米硒对谷子生物量和微量元素含量的影响[J]. 山西农业科学, 2020, 48 (4): 515-519, 555.
- [9] 韩昌烨, 赵丽, 曹兵, 等. 喷施硒肥对灵武长枣营养生长

- 和果实品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 33 (6): 106-112, 117.
- [10] 蒋杰, 杨文娟, 李新海. 喷施硒肥对红枣产量和品质的影响[J]. 新疆农垦科技, 2014, 37 (1): 40-41.
- [11] 郝建军. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001. 89-92.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [13] 张艳玲. 喷施氨基酸硒叶面肥对新高梨硒含量的影响[J]. 落叶果树, 2017, 49 (5): 18-20.
- [14] 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.
- [15] 杜少平, 马忠明, 薛亮. 喷施硒肥对砂田西瓜产量、品质及养分吸收的影响[J]. 果树学报, 2020, 37 (5): 705-713.
- [16] 李登超, 朱祝军, 徐志豪, 等. 硒对小白菜生长和养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 10 (3): 353-358.

Effect of foliar nano meter selenium fertilizer application on yield and quality of *Ziziphus jujuba*

SONG Hui-ming¹, HE Jing-zhi¹, LIANG Jun², MA Wen-feng², ZHANG Hong-yan^{1*} (1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193; 2. Agricultural Bureau of Shandong Leling, Leling Shandong 253600)

Abstract: Selenium is a necessary trace element for the human body. As people's understanding of selenium products gradually deepens, more and more selenium-rich foods appear on the market. In this study, the Leling *Ziziphus jujube* was used as the object, and the nano meter selenium fertilizer was sprayed on the foliar surface of the jujube in the young fruit stage, fruit expansion stage, and color transformation stage to explore the effects of different concentration gradients (0, 4.8, 9.6, 14.4 mL/L) of nano meter selenium fertilizer on the yield and quality of jujube. The results showed that the foliar application of nano meter selenium fertilizer significantly increased the yield and quality of *Ziziphus jujube*. With the increase of selenium concentration, the selenium content in *Ziziphus jujube* fruit gradually increased, but the yield first increased and then decreased. The foliar application of selenium fertilizer significantly increased the contents of soluble solids, vitamin C and mineral elements in jujube fruit and leaves. The best effect was occurred when treated with 9.6 mL/L selenium, the yield increased by 33.0%, the soluble solids increased significantly by 8.4%, the content of vitamin C increased significantly by 53.5%, and the content of selenium in jujube fruit reached 0.28 mg/kg, with a significant increase of 171.8% compared with the blank control. The content of mineral elements, such as phosphorus, potassium, calcium, magnesium, boron, and iron, increased most significantly. Comprehensive analysis shows that the effect of increasing the yield and quality is best when the concentration of nano meter selenium fertilizer is 9.6 mL/L with foliar application.

Key words: *Ziziphus jujube*; foliar spray; nano meter selenium; yield and quality