

叶面喷硒对梨果实矿质元素积累和贮藏特性的影响

刘群龙¹, 郝燕燕¹, 郝国伟², 吴国良^{3,*}, 牛铁泉¹

¹山西农业大学园艺学院, 山西太谷030801; ²山西省农业科学院果树研究所, 山西太谷030815; ³河南农业大学园艺学院, 郑州450002

摘要:以10年生白梨品种‘砀山酥梨’(*Pyrus bretschneideri* cv. ‘Dangshan Suli’)为试材, 研究叶面喷施0、5、10和20 mg·L⁻¹亚硒酸钠对果实矿质元素积累和贮藏特性的影响。结果表明: 叶面喷硒提高了梨果实钾、硫、铁、锰、铜、硼和硒元素的含量, 且喷施5 mg·L⁻¹硒时, 果实铁含量较对照极显著提高21.30% ($P<0.01$), 铜含量显著提高24.60% ($P<0.05$); 但随喷硒浓度继续增加, 果实铁和铜元素含量逐渐降低, 钾、硫、锰、硼和硒元素含量则逐渐升高, 至20 mg·L⁻¹时, 果实硫和硒元素含量分别较对照极显著提高72.68%和64.29% ($P<0.01$), 钾、锰和硼元素含量分别显著提高13.78%、19.82%和26.15% ($P<0.05$)。喷施5和10 mg·L⁻¹硒使果实磷含量分别显著降低45.87%和37.28% ($P<0.05$)。喷施5 mg·L⁻¹硒可显著降低果实贮藏期间的病果率, 提高果实耐贮性。叶面喷硒浓度与果实硒、镁和硼等元素含量呈显著正相关($P<0.05$); 果实铁含量与钙和锌含量呈极显著负相关($P<0.01$), 与氮含量呈显著负相关($P<0.05$)。由此可见, 叶面喷硒对梨果实矿质元素积累和贮藏特性的影响存在浓度差异。

关键词: 梨; 硒; 矿质营养; 果实品质; 贮藏特性

Effects of Spraying Selenium on the Mineral Elements Content and the Storage Properties of the Pear Fruits

LIU Qun-Long¹, HAO Yan-Yan¹, HAO Guo-Wei², WU Guo-Liang^{3,*}, NIU Tie-Quan¹

¹College of Horticultural Science, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China; ²Institute of Fruit Science, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taigu, Shanxi 030815, China; ³College of Horticultural Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

Abstract: The ten-year-old trees, *Pyrus bretschneideri* cv. ‘Dangshan Suli’, were used as materials to spray different concentrations of sodium selenite for analyzing the effect of selenium on the mineral elements content and the storage properties of the pear fruits. The results showed: spraying selenium could increase the content of potassium, sulfur, iron, manganese, copper, boron and selenium. When spraying 5 mg·L⁻¹ Se dosage, the content of iron increased significantly 21.30% ($P<0.01$), and the content of copper increased significant 24.60% ($P<0.05$) comparing with the control. With the increase of the Se dosage, the content of iron and copper decreased gradually, but the content of potassium, sulfur, manganese, boron and selenium increased gradually. The content of sulfur and selenium increased significantly 72.68% and 64.29% ($P<0.01$), and the content of potassium, manganese and boron significant increased 13.78%, 19.82% and 26.15% respectively ($P<0.05$) when spraying 20 mg·L⁻¹ Se dosage. However, the content of phosphorus significant decreased 45.87% and 37.28% respectively when spraying 5 and 10 mg·L⁻¹ Se dosage ($P<0.05$). Spraying 5 mg·L⁻¹ Se dosage could significant decrease the rate of fruit disease after the cold storage, and improve the storage properties of the pear fruits compared with the control. The Se dosage was significant positive correlation with the content of selenium, magnesium and boron ($P<0.05$). The content of iron was significantly negative correlation with the content of calcium and zinc ($P<0.01$), and it was significant negative correlation with the content of nitrogen ($P<0.05$). Therefore, the effect of Se on the mineral elements content and the storage properties varied depending on its dosage.

Key words: pear; selenium; mineral elements; fruit quality; storage properties

收稿 2015-01-28 修定 2015-04-08

资助 国家现代农业(梨)产业技术体系建设专项(Nycytx-29-30)、国家自然科学基金(31171943)和河南省重大科技攻关项目(092101110600)。

* 通讯作者(E-mail: walnut-wu@126.com; Tel: 0371-63558798)。

硒是人和动物必需的微量元素之一,具有多种有益的生物功能(Schwarz和Foltz 1957)。现已发现人类40多种疾病与缺硒或低硒有关,如克山病、大骨节病和心血管疾病等。人工补硒是防治多种缺硒疾病的主要途径(Broadley等2006; Finley 2007; Tsai等2013),其中富硒产品的开发和利用是我国乃至全世界缺硒地区人工补硒的一种重要手段(Ramos等2010)。白梨品种‘砀山酥梨’(*Pyrus bretschneideri* cv. ‘Dangshan Suli’)原产安徽省砀山县,是古老的晚熟梨优良品种,因其果大核小、酥脆甘甜、营养丰富而驰名中外,并深受广大消费者喜爱,在我国安徽、山东、山西、陕西、新疆和云南等地广泛栽培。已有研究表明,增施硒肥不仅可提高苹果(张海英等2010)、葡萄(Licina等2000; 朱丽琴等2007)和金桔(吴其飞等2002)等果实的总硒含量,以及苹果(宁婵娟等2013)和猕猴桃(刘仁道等2012)等果实的有机态硒含量,而且对果实矿质元素积累(王斐等2012)和重金属(杨燕君等2013)含量也有明显影响。Yao等(2013)研究结果表明,土壤施硒减少了小麦籽粒中铁元素的含量,增加了氮、锌和锰元素的含量。此外,由于硒的抗氧化作用,施硒提高了桃(郭燕等2014)和草莓(田磊2010)等果实的贮藏效果。但有关叶面喷硒对‘砀山酥梨’果实矿质元素积累和贮藏特性的研究,尚未见有系统报道。本文在研究硒对梨树叶片衰老和抗氧化酶系统(刘群龙等2011)、光合同化物积累(刘群龙等2014),以及果实品质(吴国良等2004)影响的基础上,通过叶面喷施亚硒酸钠,测定并比较‘砀山酥梨’成熟果实内各种矿质元素含量和果实冷藏期间的病果率,研究不同浓度亚硒酸钠对‘砀山酥梨’果实矿质元素积累和果实耐贮性的影响,以为梨树栽培中硒的科学使用和富硒果品开发提供技术参考。

材料与方 法

1 试验材料与处理

试验于2013年2月至2014年6月在山西农业大学果树学重点实验室进行。材料为山西省农业科学院果树研究所太谷综合试验站的10年生白梨(*Pyrus bretschneideri* Rhed.)品种‘砀山酥梨’,砧木为杜梨(*Pyrus betulifolia* Bge.),株行距3 m×4 m。

春季梨树萌芽前选择主干粗度相近、长势一致的植株挂牌标记,萌芽后喷硒前再选择标记植株中生长健壮、树体大小基本一致且结果相当的梨树作为试验树,共20株。试验站梨园土壤为沙壤土,pH 6.9,15~25 cm土层,树盘内硒含量 $0.24 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,行间硒含量 $0.18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,低于富硒土壤全硒含量的临界值。

试验采用单因素随机区组设计,单株为一个小区,每行邻近的4株树为一个区组,5次重复。在梨树幼果期(5月下旬)和果实膨大期(7月中旬)的晴天下午4:00以后分别对梨树叶片喷施0(对照)、5(低浓度)、10(中浓度)和 $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (高浓度)的亚硒酸钠(Na_2SeO_3),至叶片滴水为度。

2 试验方法

2.1 果实采收及其处理

2013年9月28日,待梨果实进入完熟期后,在每株树外围东南西北四个方向各摘取15个无病虫害、且无机械损伤的果实共60个,及时带回实验室,其中30个用于矿质元素含量测定,其余30个用于果实贮藏特性研究。测定矿质元素时,将采回的果实去皮,纵切成薄片,依对角线方向取每个果实上约 $1/8$ 的果肉混合,75 °C烘干至恒重,高速万能粉碎机粉碎,装入自封袋,常温密封于干燥器中,保存待测。

2.2 果实矿质元素和硒元素含量测定

参照鲍士旦(2000)的方法测定主要矿质元素含量,其中氮测定采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮-奈氏比色法;磷测定采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮-钼蓝比色法,钾测定采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮-火焰光度法,钙、镁、铁、锰、铜和锌测定采用原子吸收分光光度法(Atomic Absorption Spectrophotometry, AAS法),硼测定采用姜黄素比色法。硫测定采用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消化-硫酸钡比浊法(鲁如坤2000)。按国家标准GB5009.93-2010,采用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消化-HCl还原-氢化物原子荧光光谱法(Atomic Fluorescence Spectrometry, AFS法),测定果实硒元素含量。

2.3 果实贮藏和病果率统计

将采回的果实在背阴处进行自然降温,2周后将果实放于铺有保鲜袋的纸箱中,冷库贮藏。库温 $1\sim 2 \text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度90%。冷藏180 d后统计果实发病情况,计算病果率。统计时,将果皮或果肉褐变腐烂、长霉等的果实,作为病果。病果率=病果数/

总果数 $\times 100\%$ 。

3 数据整理与分析

原始数据采用Excel 2003进行整理, 数值计算结果用平均值 \pm 标准误表示; 采用SAS V8.0进行Duncan多重比较和相关性分析。

实验结果

1 叶面喷硒对梨果实大量元素积累的影响

1.1 对果实氮、磷和钾元素积累的影响

与对照相比, 叶面喷硒降低了果实氮和磷元

素的含量, 提高了果实钾元素含量(表1)。叶面喷施5、10和20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使果实氮元素含量分别较对照降低了3.60%、2.57%和1.20%, 但各处理氮含量与对照差异均未达显著性水平。随喷硒浓度增加, 喷硒各处理果实磷元素分别较对照降低了45.87%、37.28%和27.24%, 且喷施5和10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使果实磷元素含量显著降低($P<0.05$)。随喷硒浓度增加, 叶面喷硒使果实钾元素含量分别提高了6.74%、11.00%和13.78%, 且喷施10和20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒显著提高了果实钾元素含量($P<0.05$)。

表1 喷硒对‘砀山酥梨’果实大量元素含量的影响

Table 1 Effect of spraying selenium on the macroelement content in the fruits of ‘Dangshan Suli’

喷硒浓度 / $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	氮含量 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DW)	磷含量 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DW)	钾含量 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DW)	钙含量 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DW)	镁含量 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DW)	硫含量 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (DW)
0 (CK)	5.83 \pm 0.55 ^{Aa}	2.79 \pm 0.52 ^{Aa}	11.72 \pm 0.41 ^{Ab}	18.90 \pm 3.23 ^{Aa}	0.59 \pm 0.14 ^{Aa}	2.49 \pm 0.77 ^{Bb}
5	5.62 \pm 0.23 ^{Aa}	1.51 \pm 0.20 ^{Ab}	12.51 \pm 0.51 ^{Aab}	13.99 \pm 1.32 ^{Aa}	0.64 \pm 0.16 ^{Aa}	2.81 \pm 0.29 ^{ABb}
10	5.68 \pm 0.41 ^{Aa}	1.75 \pm 0.37 ^{Ab}	13.01 \pm 0.25 ^{Aa}	15.96 \pm 2.42 ^{Aa}	0.66 \pm 0.17 ^{Aa}	3.39 \pm 0.59 ^{ABab}
20	5.76 \pm 0.34 ^{Aa}	2.03 \pm 0.26 ^{Aab}	13.33 \pm 0.76 ^{Aa}	17.78 \pm 3.27 ^{Aa}	0.79 \pm 0.20 ^{Aa}	4.25 \pm 0.63 ^{Aa}

同列不同大小写字母分别表示处理间差异极显著($P<0.01$)和差异显著($P<0.05$)。表2同。

1.2 对果实钙、镁和硫元素积累的影响

与对照相比, 叶面喷硒降低了果实钙元素的含量, 增加了果实镁和硫元素含量(表1)。叶面喷施5、10和20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使果实钙元素含量分别较对照降低了25.98%、15.56%和5.93%, 但各处理钙元素含量与对照差异不显著。果实镁元素含量相对较低, 随喷硒浓度的增加, 镁元素含量逐渐升高, 但各处理与对照差异也未达显著性水平。随喷硒浓度增加, 喷施不同浓度硒使果实硫元素含量分别提高了12.85%、36.00%和72.68%, 且喷施20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒极显著提高了果实硫含量($P<0.01$)。

由此可见, 叶面喷施低浓度硒抑制了果实磷元素的积累, 随喷硒浓度增加, 这种抑制作用逐渐减弱; 叶面喷施高浓度硒促进了果实钾和硫元素的积累; 硒对果实氮、钙和镁元素的积累影响不明显。

2 叶面喷硒对梨果实微量元素积累的影响

2.1 对果实铁、锰和铜元素积累的影响

除喷施20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使果实铜元素含量降低外, 其余各处理均提高了果实铁、锰和铜元素的含量(表2)。与对照相比, 喷施5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使果实铁元素

含量极显著提高了21.30% ($P<0.01$); 喷施10和20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使果实铁元素含量分别提高了10.05%和3.24%, 但与对照间的差异不显著。随喷硒浓度增加, 叶面喷硒使果实锰元素含量分别提高了5.53%、8.76%和19.82%, 且喷施20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使果实锰元素含量较对照显著提高($P<0.05$)。喷施5和10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒, 增加了果实对铜元素的吸收, 增幅分别为24.60%和12.31%, 且喷施5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使梨果实铜元素含量显著增加($P<0.05$)。

2.2 对果实锌和硼元素积累的影响

与对照相比, 叶面喷硒降低了果实锌元素含量, 提高了果实硼元素含量(表2)。随喷硒浓度增加, 果实锌元素含量分别较对照降低了13.51%、7.51%和2.40%, 硼元素含量分别提高了11.67%、14.48%和26.15%, 且喷施20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒使梨果实硼元素含量显著提高($P<0.05$), 其余各处理果实锌和硼元素含量与对照间的差异均不显著。

由此可见, 叶面喷施低浓度硒促进了果实对铁和铜元素的积累, 高浓度硒促进了果实对锰和硼元素的积累; 喷硒对果实锌元素积累的影响不明显。

表2 喷硒对‘砀山酥梨’果实微量元素和硒含量的影响

Table 2 Effect of spraying selenium on the microelement content in the fruits of ‘Dangshan Suli’

喷硒浓度 /mg·L ⁻¹	铁含量 /mg·kg ⁻¹ (DW)	锰含量 /mg·kg ⁻¹ (DW)	铜含量 /mg·kg ⁻¹ (DW)	锌含量 /mg·kg ⁻¹ (DW)	硼含量 /mg·kg ⁻¹ (DW)	硒含量 /mg·kg ⁻¹ (DW)
0 (CK)	33.62±2.51 ^{Bb}	2.17±0.07 ^{Ab}	49.47±2.55 ^{ABbc}	3.33±0.33 ^{Aa}	16.37±1.44 ^{Ab}	0.14±0.02 ^{Bc}
5	40.78±3.25 ^{Aa}	2.29±0.10 ^{Ab}	61.64±3.78 ^{Aa}	2.88±0.37 ^{Aa}	18.28±1.65 ^{Aab}	0.19±0.01 ^{ABb}
10	37.00±2.98 ^{ABb}	2.36±0.09 ^{Ab}	55.56±4.10 ^{ABab}	3.08±0.37 ^{Aa}	18.74±0.99 ^{Aab}	0.20±0.01 ^{Ab}
20	34.71±2.25 ^{Bb}	2.60±0.08 ^{Aa}	41.92±2.52 ^{Bc}	3.25±0.27 ^{Aa}	20.65±0.66 ^{Aa}	0.23±0.01 ^{Aa}

2.3 对果实硒元素积累的影响

果实是可供人类食用的经济器官, 叶面喷硒的主要目的就是要提高果实中的硒含量。由表2可知, 喷硒可提高果实硒元素含量, 且随喷硒浓度增加, 果实硒含量不断提高。喷施5 mg·L⁻¹硒使果实硒元素含量显著提高了35.71% ($P<0.05$), 喷施10和20 mg·L⁻¹硒使果实硒元素含量分别极显著提高了42.86%和64.29% ($P<0.01$)。因此, 喷硒对果实硒元素积累具有明显效果。

3 叶面喷硒对果实贮藏期间病果率的影响

随喷硒浓度增加, 对照和喷硒各处理果实冷库贮藏后的平均病果率依次为11.33%、4.67%、8.67%和13.33%。统计分析表明, 喷施5 mg·L⁻¹硒的果实病果率较对照显著降低了58.78% ($P<0.05$), 施10和20 mg·L⁻¹硒的果实病果率与对照差异不显著。因此, 叶面喷施5 mg·L⁻¹硒可提高果实的贮存性能, 增加贮藏效益。

4 叶面喷硒浓度与果实矿质元素含量的相关性分析

由表3可知, 叶面喷硒浓度与果实硫和锰元素含量呈极显著正相关($P<0.01$), 与果实硒、镁和硼元素含量呈显著正相关($P<0.05$); 果实硒含量与钾和硼含量分别呈极显著($P<0.01$)和显著($P<0.05$)正相关。因此, 叶面喷硒能够提高果实硒、钾、镁、硫、锰和硼元素的含量。另外, 果实铁含量与钙和锌含量呈极显著负相关($P<0.01$), 与氮含量呈显著负相关($P<0.05$), 因此喷硒使果实铁含量提高, 但易造成果实氮、钙和锌元素含量降低。此外, 果实氮含量与磷、钙和锌含量, 钾含量与硼含量均呈显著正相关($P<0.05$)。

讨 论

矿质营养是作物生长发育必需的营养成分, 也是作物产量和品质形成的物质基础。果实内的矿质营养除影响果实生长发育外, 还会影响到果

表3 叶面喷硒浓度与果实矿质元素含量间的相关性

Table 3 Correlation coefficients between exogenous selenium dosage and the content of the mineral element in pear fruits

	硒浓度	硒含量	氮含量	磷含量	钾含量	钙含量	镁含量	硫含量	铁含量	锰含量	铜含量	锌含量	硼含量
硒浓度	1.0000												
硒含量	0.9524*	1.0000											
氮含量	-0.1017	-0.3933	1.0000										
磷含量	-0.3528	-0.6160	0.9665*	1.0000									
钾含量	0.9325	0.9935**	-0.4092	-0.6279	1.0000								
钙含量	0.0392	-0.2549	0.9874*	0.9171	-0.2656	1.0000							
镁含量	0.9840*	0.9135	-0.0583	-0.3047	0.8740	0.0677	1.0000						
硫含量	0.9967**	0.9351	-0.0421	-0.2970	0.9202	0.1024	0.9738*	1.0000					
铁含量	-0.1269	0.1584	-0.9577*	-0.8646	0.1587	-0.9903**	-0.1348	-0.1944	1.0000				
锰含量	0.9959**	0.9444	-0.1073	-0.3553	0.9147	0.0264	0.9954	0.9873*	-0.1042	1.0000			
铜含量	-0.5688	-0.2922	-0.7551	-0.5656	-0.2559	-0.8299	-0.6101	-0.6105	0.8528	-0.5699	1.0000		
锌含量	0.0949	-0.1992	0.9765*	0.8922	-0.2088	0.9983**	0.1192	0.1586	-0.9955**	0.0802	-0.8556	1.0000	
硼含量	0.9764*	0.9863*	-0.3027	-0.5345	0.9628*	-0.1707	0.9643*	0.9571*	0.0882	0.9799*	-0.3947	-0.1165	1.0000

*和**分别表示相关系数在 $\alpha=0.05$ 和 0.01 水平上显著和极显著。

实品质(潘海发等2011),甚至影响到果实采后的贮藏效果(龚新明等2009)。磷是植物体内核酸、核蛋白、磷酸腺苷和许多酶的组成成分,参与植物体内多种生理代谢过程,增施磷肥可使贮藏果实内乙烯含量增加,虎皮病和褐心病增多。本研究结果表明,叶面喷硒显著降低了果实中的磷含量($P<0.05$),且低浓度硒对果实磷元素积累的抑制作用较强。此结果与赵文龙等(2013)的亚硒酸盐与磷酸盐共存时,能够抑制小白菜对磷的吸收,导致小白菜地上部磷含量下降的结果相类似。这可能是由于植物对磷酸盐和亚硒酸盐的吸收属同一个磷酸盐转运通道,两者间存在竞争吸收作用有关(Li等2008)。此外,由于喷施低浓度硒可提高叶片抗氧化能力,增加光合产物积累(刘群龙等2014),从而促进了果实生长,引起了生物稀释效应,亚硒酸盐抑制和生长稀释作用的共同效应使喷施低浓度硒果实的磷元素含量明显降低;随喷硒浓度增加,硒对果实生长的促进作用逐渐减弱,甚至产生毒害效应,生物稀释效应降低,磷元素含量缓慢提高。

铁元素与果实碳水化合物、有机酸(如苹果酸和柠檬酸)和维生素的合成有关,缺铁会降低果实还原糖、有机酸以及维生素B₂的含量(关军锋2001)。本研究结果表明,叶面喷施低浓度硒,可显著提高果实铁元素含量。此结果与王斐等(2012)通过叶面喷施氨基酸硒肥提高了华酥梨果实的铁含量,但对华金和五九香梨果实铁含量影响不明显的结果不完全一致。此外,Yao等(2013)研究结果表明,土施硒肥减少了小麦籽粒中铁元素的含量;胡莹等(2013)研究结果表明,土施1.0 mg·kg⁻¹硒,可显著降低水稻谷壳的铁含量,但对根表铁膜、根系、茎叶和糙米中的铁含量没有显著影响。由此可见,外源施硒对植物组织铁元素积累的影响,与植物种类、品种,施硒浓度和方式,甚至与取样部位均有很明显的关系。

随着人们健康意识的增强和对硒营养认识的逐步加深,外源施硒后,果实硒含量水平的高低受到普遍关注。朱丽琴等(2007)、王斐等(2012)、张海英等(2010)的研究结果表明,果实内的硒含量随外源硒浓度的增加而明显提高。本试验结果也表明,梨果实硒含量随喷硒浓度的增加而提高,且果实硒含量与喷硒浓度呈显著正相关($P<0.05$),说明

叶面喷硒可明显增加果实硒元素的积累。计算结果表明,喷施低浓度硒的梨树,鲜果中平均含硒27.55 μg·kg⁻¹,每个梨果含硒7~8 μg,符合GB13105-91《食品中硒限量卫生标准》中水果硒含量不超过50 μg·kg⁻¹的要求,可安全食用。但富硒果实中的硒在人体内吸收、转化和作用机理等方面工作,有待进一步研究。

有关硒对果实耐贮性的影响,本研究结果表明,叶面喷施5 mg·L⁻¹硒显著降低了果实贮藏期间病果率,从而提高了果实耐贮性,延长了果实货架期。此结果与郭燕等(2014)在油桃上的研究结果相类似。这可能与施硒能提高贮藏果实内谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶和过氧化氢酶等抗氧化酶的活性,减少果实过氧化氢和超氧阴离子的积累,抑制果实丙酮酸激酶和琥珀酸脱氢酶等呼吸酶的活性,从而延缓果实衰老速度,提高果实贮藏性能有关(田磊2010)。

综上所述,随喷硒浓度增加,梨果实硒元素含量明显提高,且喷施低浓度硒,可显著提高果实铁和铜元素的含量,改善果实贮藏效果,但易导致果实磷元素含量降低。此外,果实铁含量与氮、钙和锌含量之间存在负相关关系。因此,结合以前的研究结果,建议在栽培过程中,对梨树喷施或土施低浓度硒时,应注意增施磷肥,适量补充氮肥、钙肥和锌肥,减少铁和铜等元素含量高的微肥或农药的使用,以促进梨树生长和结果,改善果实品质。

参考文献

- 鲍士旦(2000). 土壤农化分析(第三版). 北京: 中国农业出版社, 211~282
- 龚新明, 关军锋, 张继澍, 及华, 冯云霄, 李丽梅, 孙玉龙(2009). 钙、硼营养对黄冠梨品质和果面褐斑病发生的影响. 植物营养与肥料学报, 15 (4): 942~947
- 关军锋(2001). 果品品质研究. 石家庄: 河北科学技术出版社, 153~172
- 郭燕, 于继洲, 刘和, 王有年(2014). 硼和硒处理对油桃果实贮藏品质的影响. 北方园艺, 16: 131~133
- 胡莹, 黄益宗, 黄艳超, 刘云霞, 梁建宏(2013). 硒对水稻吸收积累和转运锰、铁、磷和硒的影响. 环境科学, 34 (10): 4119~4125
- 刘群龙, 宁婵娟, 郝燕燕, 吴国良, 郝国伟, 牛铁泉(2014). 外源硒对梨树叶片衰老和光合同化物积累的影响. 水土保持学报, 28 (6): 314~318
- 刘群龙, 王朵, 吴国良, 郝国伟, 郝燕燕, 孙胜(2011). 硒对酥梨叶片衰老及抗氧化酶系统的影响. 园艺学报, 38 (11): 2059~2066
- 刘仁道, 黄仁华, 吴世权, 何仕松(2012). 外源Na₂SeO₃对红阳猕猴桃

- 果实品质、不同组织硒含量及形态的影响. 食品工业科技, 33 (15): 353~356
- 鲁如坤(2000). 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 322~324
- 宁婵娟, 丁宁, 吴国良, 冀爱青, 刘晓华, 杨燕君(2013). 喷硒时期与浓度对红富士苹果果实品质及各部位全硒和有机态硒含量的影响. 植物营养与肥料学报, 19 (5): 1109~1117
- 潘海发, 徐义流, 张怡, 张金云, 高正辉, 伊兴凯(2011). 硼对砀山酥梨营养生长和果实品质的影响. 植物营养与肥料学报, 17 (4): 1024~1029
- 田磊(2010). 硒对草莓重金属的拮抗及贮藏效应的影响[硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学
- 王斐, 姜淑苓, 李铁凤, 欧春青, 李连文, 马力, 王海波(2012). 氨基酸硒叶面肥在梨树上的应用试验. 中国果树, (2): 41~43
- 吴国良, 刘群龙, 刘和, 季兰, 阎和健, 王丽萍, 王勇(2004). 树体自动滴输微肥对果树生理和果实品质的影响. 应用与环境生物学报, 10 (2): 154~157
- 吴其飞, 黄达明, 管国强(2002). 茎部注射硒肥对金桔的生长及果实品质的影响. 水土保持学报, 16 (6): 92~95
- 杨燕君, 刘晓华, 宁婵娟, 冀爱青, 丁宁, 许领军, 王鹏, 吴国良(2013). 叶面施硒对甜柿果实品质及重金属含量的影响. 园艺学报, 40 (3): 523~530
- 张海英, 韩涛, 田磊, 王有年, 贾海静(2010). 桃、枣和草莓对硒的吸收及富集特性研究. 果树学报, 27 (5): 802~806
- 赵文龙, 胡斌, 王嘉薇, 肖然, 梁东丽(2013). 磷与四价硒的共存对小白菜磷、硒吸收及转运的影响. 环境科学学报, 33 (7): 2020~2026
- 朱丽琴, 魏钦平, 许雪峰, 韩振海, 王小伟, 李天忠(2007). 葡萄对硒的吸收、分布和积累特性的初步研究. 园艺学报, 34 (2): 325~328
- Broadley MR, White PJ, Bryson RJ, Meacham MC, Bowen HC, Johnson SE, Hawkesford MJ, McGrath SP, Zhao FJ, Breward N et al (2006). Biofortification of UK food crops with selenium. Proc Nutr Soc, 65 (2): 169~181
- Finley JW (2007). Increased intakes of selenium-enriched foods may benefit human health. J Sci Food Agric, 87 (9): 1620~1629
- Li HF, McGrath SP, Zhao FJ (2008). Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. New Phytol, 178 (1): 92~102
- Licina V, Jakovljevic M, Antic-Mladenovic S (2000). An effect of specific selenium nutrition of grapevine. Acta Hort, 526: 225~228
- Ramos SJ, Faquin V, Guilherme LRG, Castro EM, Ávila FW, Carvalho GS, Bastos CEA, Oliveira C (2010). Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. Plant Soil Environ, 56 (12): 584~588
- Schwarz K, Foltz CM (1957). Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. J Am Chem Soc, 79: 3292~3293
- Tsai CF, Ou BR, Liang YC, Yeh JY (2013). Growth inhibition and antioxidative status induced by selenium-enriched broccoli extract and selenocompounds in DNA mismatch repair-deficient human colon cancer cells. Food Chem, 139 (1-4): 267~273
- Yao XQ, Chu JZ, He XL, Liu BB, Li JM, Yue ZW (2013). Effects of selenium on agronomical characters of winter wheat exposed to enhanced ultraviolet-B. Ecotox Environ Safe, 92: 320~326