DOI: 10.3969/j.issn.0488-5368.2025.10.006

施硒对黄瓜产量和品质因子的影响

高海娜[1],王建荣[2],马 俊[1],谭 超[2]
(1.安康市农业科学研究院,陕西 安康 725000; 2.安康学院 现代农业与生物科技学院,陕西 安康 725000)

摘 要:使用紫阳中地大的硒矿粉肥料,研究不同施硒浓度对黄瓜产量和品质因子的影响,以期为生产富硒黄瓜提供理论依据。以黄瓜品种"真绿 202"为试材,土壤根施紫阳中地大的硒矿粉肥料,设置不同施硒浓度试验(0、1、1.5、3、5、10 mg/kg 等 6 个浓度),待黄瓜果实达到可食用标准时,测定黄瓜株高、果实质量、纵横径、可溶性固形物质量分数、酸度、维生素 C、硒含量。结果表明,施硒浓度越高,黄瓜果实含硒量也越高。各处理的黄瓜果实含硒量较对照硒含量增加幅度为 9~147 倍,株高较对照降低 34%~70%,单果质量较对照降低 36%~85%,可溶性固形物、有机酸、维生素 C 含量均受到不同程度的影响。除处理 1 外,其他处理的可溶性固形物较对照显著性降低,处理 5 的有机酸含量显著性低于其他处理,各处理间维生素 C 含量差异不显著。研究表明,施硒对黄瓜的产量和品质因子均有一定的影响。

关键词:黄瓜;硒;品质;产量
中图分类号:S365 **文献标识码**:A **文章编号**:0488-5368(2025)10-0030-05

Effects of Selenium Application on Cucumber Yield and Quality Parameters

GAO Haina[1], WANG Jianrong[2], MA Jun[1], TAN Chao[2]
(1. *Ankang Academy of Agricultural Sciences*, *Ankang*, *Shaanxi* 725000, *China*;
2. *School of Modern Agriculture and Biotechnology*, *Ankang University*, *Ankang*, *Shaanxi* 725000, *China*)

Abstract: Using selenium mineral powder fertilizer produced by Ziyang Zhongdida Selenium Technology Co., Ltd., this study investigates the effects of different selenium concentrations on cucumber yield and quality parameters, in order to provide a theoretical basis for the production of selenium-enriched cucumbers. The cucumber variety 'Zhenlu 202' was used as the experimental material. Selenium mineral powder fertilizer from Ziyang was selected, and cucumber plants were subjected to treatments with different selenium concentrations (1 mg/kg, 1.5 mg/kg, 3 mg/kg, 5 mg/kg, and 10 mg/kg; five concentrations in total). Measurements were taken once the fruits reached the edible maturity stage, including plant height, fruit length, diameter, soluble solids content, acidity, vitamin C content, and selenium content. The results showed that higher selenium concentrations led to increased selenium accumulation in cucumber fruits. The selenium content in the fruits was 0.5, 1.8, 6.6, 8.8, and 21.3 times higher than the selenium-enriched standard (0.02 mg/kg), respectively. The selenium content in the control group was only 0.003 mg/kg, which did not meet the selenium-enriched vegetable standard. However, the yield and fruit traits of the control group were superior to those of the selenium-treated groups. Selenium application affected both the yield and quality parameters of cucumber. With increasing selenium concentrations, the selenium content of cucumber fruits increased, while plant height, individual fruit weight, soluble solids, organic acid content, and vitamin C content were negatively affected to varying degrees. The optimal selenium concentration that supports cucumber growth while meeting the selenium-enriched vegetable standard requires further investigation.

Key words: Cucumber; Selenium; Quality; Production

收稿日期:2024-12-09 **修回日期**:2025-02-19
第一作者简介:高海娜(1988-),女,高级农艺师,主要从事蔬菜栽培技术和新品种选育研究。

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)属于葫芦科,为一年生植物,又名青瓜或者刺瓜,在我国栽培广泛,面积较大。黄瓜食用品质比较脆,香甜,水分多,不仅可以当作蔬菜来烹调,还可以作为水果食用。随着人们生活水平的不断提高,更注重食物的营养和保健价值,而黄瓜作为我们日常生活不可缺少的一种蔬菜,营养保健价值已经受到了人们的重视[1]。硒是人体重要的微量元素之一,被称为"生命的火种"。硒元素在防治心血管疾病,提高免疫力方面有一定的作用,积极开发硒元素资源,生产具有硒元素的农副产品和保健产品,使人们获得所需的硒元素[2]。由于我国大约2/3的地区都缺乏硒元素,国民硒的每天实际摄入量要小于每天最低应摄取的含量,所以科学合理补硒对于国民的健康具有非常重大的意义[3]。富硒农产品因其独特的营养价值,展现出了良好的市场前景,市场潜力较大。种植培养富硒蔬菜可以带给农民较好的经济收益,有利于富硒蔬菜产业的发展,有利于推进乡村振兴。本研究采用根施硒肥的方法栽培黄瓜,分析施硒对黄瓜硒含量、可溶性固形物等品质和产量的影响,为生产富硒黄瓜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验地点

供试黄瓜品种为真绿202。硒肥采用紫阳中地大的硒矿粉肥料,硒含量为100 mg/kg。试验地点位于陕西省安康市农科院示范园联栋温室。

1.2 试验设计

采用盆栽试验,选用高为16.8 cm,口径为17.6 cm,底部直径12.2 cm的塑料盆,每个盆栽种一棵黄瓜,施硒方式为根施硒肥。试验用基质为草炭+园土+蛭石,体积比为2∶1∶2,每个盆装3 kg基质。施硒量设6个浓度处理(0、1、1.5、3、5、10 mg/kg),记为CK、T1、T2、T3、T4、T5、T6,每个处理栽种3棵黄瓜苗,重复3次。待黄瓜果实达到食用的标准时,对黄瓜植株生长指标、硒含量、可溶性固形物、有机酸以及产量五个指标进行测量(定),其他浇水、整枝、防治病虫害等栽培管理措施同大田常规管理。

1.3 测定项目和方法

生长指标测定项目与方法:株高(地表到植株顶端)使用皮尺测量。使用精度达0.1 g的电子天平来测定黄瓜果实的鲜重;果径使用用游标卡尺精确的量取黄瓜直径的最大值;果实长度使用直尺测定黄瓜果实从基部至顶部的全部长度。

黄瓜品质性状指标的测定:硒含量采用GB 5009.93-2017原子荧光光谱法[4],有机酸采用酸碱滴定法测定[5],可溶性固形物采用手持糖度计法[5],维生素C采用2,6-二氯酚靛酚滴定法[5]。

1.4 数据统计与分析

数据方差、显著性用SPSS 18.0在0.05水平上分析。数据统计和表格使用Microsoft Excel制作。

2 结果与分析

2.1 不同硒肥浓度对黄瓜株高的影响

如表1所示,不同硒肥浓度对黄瓜株高存在一定的影响,随着施硒浓度的递增,黄瓜的株高呈现出下降的趋势。相较与对照组,处理T1至T5的株高分别降低34%、55%、54%、54%及70%,随着施硒浓度的升高,黄瓜株高生长会受到抑制,且抑制作用越来越明显。

表1 不同硒肥浓度对黄瓜株高和果实性状的影响

硒肥处理	黄瓜株高/cm	黄瓜果实长度/cm	黄瓜果实直径/cm	黄瓜果实质量/g
CK	85.53±12.65a	17.43±1.38a	3.83±0.85a	195.57±88.70a
T1	56.30±16.86b	15.90±4.59a	2.97±0.51ab	107.83±68.82ab
T2	38.17±1.37bc	12.03±5.22ab	1.87±0.58c	40.47±31.58b
T3	39.17±11.93bc	13.80±2.19ab	2.47±0.25bc	61.00±29.69b
T4	39.03±11.07bc	16.17±1.70a	2.60±0.50bc	124.40±71.12ab
T5	25.87±5.86c	9.73±1.02b	1.73±0.15c	27.43±7.88b

注:表中不同小写字母表示0.05水平上的差异。下同。

2.2 不同硒肥浓度对黄瓜果实性状的影响

如表1所示,不同硒肥浓度对黄瓜果实长度产生了显著的影响,与对照组相比较,各个处理组的黄瓜果实长度都存在不同程度的降低;其中处理T5的黄瓜果实长度最小,和对照组相比,减少了45%,并与对照组差异显著。其余处理T1~T4与对照组相比,分别减少8%、30%、20%和7%,与对照组并没有显著的差异。不同硒肥浓度对黄瓜果实直径产生了显著的影响,对照组的黄瓜果实直径为3.83 cm,长度是最长的,但与处理T1之间差异不显著;其余处理分别比对照组降低了51%、36%、33%和55%。不同硒肥浓度对黄瓜果实质量也产

生了显著的影响,对照的黄瓜果实质量是最大的,为 195.57g,其余处理 T1~T5 分别比对照黄瓜果实质量降低 45%、79%、69%、36%和 85%,并且 T2、T3 和 T5 较对照组有着显著的影响。

2.3 不同硒肥浓度对黄瓜果实营养成分的影响

从表 2 知,在对照组与各处理组中,可溶性固形物含量为 3.1%~5.1%,平均含量为 4.13%,其中对照组含量最高;T5 的黄瓜果实硒含量最高,其含量达 0.446 mg/kg;有机酸含量为 0.14%~0.26%,平均含量为 0.17%,其中对照组的黄瓜果实有机酸含量最高,其含量为 0.21%;维生素 C 含量为 7.43~11.06 mg/100g,其中对照组的黄瓜果实维生素 C 含量最高。

表 2 不同硒肥浓度对黄瓜果实品质指标的影响

硒肥处理	有机酸/%	硒含量(mg/kg)	可溶性固形物/%	维生素 C(mg/100g)
CK	0.21±0.05a	0.003±0.001d	4.87±0.21a	11.06±4.79a
T1	0.18±0.02ab	0.030±0.007d	4.67±0.21a	9.40±1.27a
T2	0.16±0.01ab	0.057±0.022cd	3.53±0.40c	7.43±0.85a
T3	0.18±0.04ab	0.152±0.083bc	4.10±0.10b	9.10±2.21a
T4	0.16±0.01ab	0.196±0.035b	3.60±0.43bc	9.67±1.26a
T5	0.15±0.01b	0.446±0.118a	4.03±0.06bc	9.93±2.17a

2.3.1 不同硒肥浓度对黄瓜果实可溶性固形物含量差异分析 由图 1、表 2 可知,不同硒肥浓度对黄瓜果实可溶性固形物含量产生了显著的影响,对照组可溶性固形物含量最高,达到了 4.87%。随着施硒浓度的增加,黄瓜果实中可溶性固形物的含量会受到一定的抑制,下降幅度为 0.2%~1.34%,当施硒浓度为 T1 时,较对照组降低了 0.2%,与对照组差异不显著。当施硒浓度为 T2 时,与对照组有显著性差异,较对照组降低幅度最大,为 1.34%。

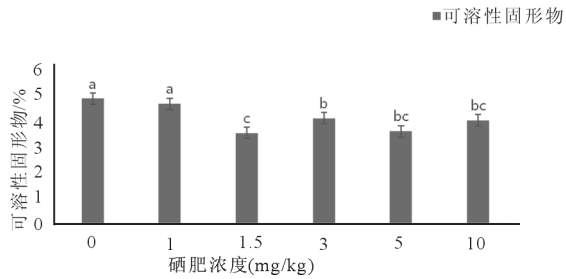

图 1 不同硒肥浓度对黄瓜果实可溶性固形物含量的影响

注:图中不同小写字母表示 0.05 水平上的差异。下同。

2.3.2 不同硒肥浓度对黄瓜果实有机酸含量差异分析 由图 2、表 2 所示,不同硒肥浓度对黄瓜果实有机酸含量存在一定的影响,对照组的有机酸含量最高,为 0.21%。随着硒肥浓度的变大,黄瓜果实中有机酸的含量会受到一定的抑制,下降幅度为 0.03%~0.06%。处理组 T1~T4 黄瓜果实中的有机酸含量与对照组相比,分别降低 0.03%、0.05%、0.03%和 0.05%,但是它们与对照组相比没有显著性的差异。处理组 T5 的有机酸含量出现了明显的下降,下降了 0.06%,与对照组存在显著性差异。

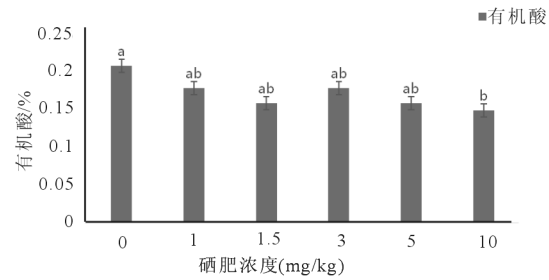

图 2 不同硒肥浓度对黄瓜果实有机酸含量的影响

2.3.3 不同硒肥浓度对黄瓜果实维生素 C 含量差异分析 由图 3、表 2 可知,不同硒肥浓度对黄瓜果实维生素 C 含量存在一定的影响,对照组的维生素 C 含量最高,为 11.06 mg/100g。随着硒肥浓度的变大,黄瓜果实中维生素 C 含量会受到一定的抑制,下降幅度为 10.2%~32.8%。处理 T1~T5 黄瓜果实中的维生素 C 含量与对照组相比,分别降低 15.0%、32.8%、17.7%、12.5%、10.2%,但是没有显著性的差异。

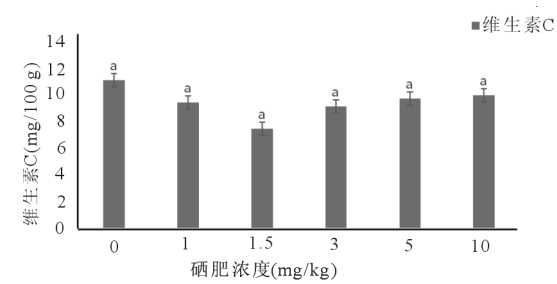

图 3 不同硒肥浓度对黄瓜果实维生素 C 含量的影响

2.3.4 不同硒肥浓度对黄瓜果实硒含量差异分析 由图 4、表 2 所示,不同硒肥浓度对黄瓜果实硒含量产生了显著的影响,对照组的黄瓜果实硒含量最低,为 0.003 mg/kg。随着施硒浓度的递增,对

硒含量的促进作用越来越明显,硒含量增加幅度为9~147倍。将处理组T1和T2的硒含量与对照组的硒含量相比,差异不显著,分别是对照组硒含量的9倍和18倍。处理组T3、T4和T5的硒含量与对照组硒含量差异显著,分别是对照组硒含量的50倍、64倍和147倍。

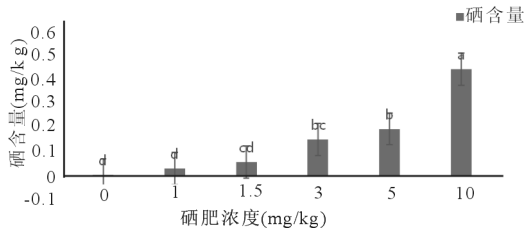

图4 不同硒肥浓度对黄瓜果实硒含量的影响

3 讨论

通过对对照组和5个处理组的黄瓜进行了生长指标,产量指标以及品质指标等的分析研究,发现黄瓜对照组生长指标株高要高于各个处理组,对黄瓜生长指标的抑制作用随着硒肥浓度的增加而越来越明显;施用不同浓度硒肥会对黄瓜果实产量起到抑制作用,与对照组相比,施用10 mg/kg的硒肥处理抑制作用最明显,而对施用其它硒肥浓度的处理组抑制作用较不明显。

对各处理组黄瓜果实品质指标进行分析后,对照组可溶性固形物含量高于其它各处理组。Jing等[6]研究表明,幼果期叶片喷施亚硝酸钠处理的果实中可溶性糖含量随施硒浓度的提高呈先升后降的趋势,表明硒处理在一定范围内可以促进作物可溶性糖含量达到最大值,小于或大于该范围均呈降低趋势。另外,Hu等[7]研究发现,在施硒条件一致时,因黄瓜品种的不同,也会影响其果实中可溶性糖含量,这个原因可能与其调控硒吸收,代谢的基因相关,这些基因在各品种中以其表达的情况存在差异,因而会影响果实可溶性糖的含量。

施用不同浓度的硒会对黄瓜果实的有机酸含量也有一定的影响,对照组黄瓜的有机酸含量也高于其它各处理组,但施硒浓度对黄瓜果实中有机酸含量的影响还尚无定论。Carvalho等[8]研究发现,较高的施硒浓度会导致果实中有机酸含量提高;Hernández-Hernández等[9]研究发现,番茄中可滴定酸的含量随施纳米硒浓度的增加而无显著差异,其原因是因为硒纳米粒子对植物的毒性减弱[10],在某一浓度范围内,可能对作物体内代谢无明显影响,故其可滴定酸的含量也不会受到影响。此外,就不同作物品种的有机酸含量对施硒处理的反应也存在差别,郭婉香等[11]通过叶面喷施硒降低了黄瓜(荷兰86-13)中有机酸总量,但没有改变黄瓜(月芝)中有机酸总量;在番茄中也得到了类似的结论,施硒能显著提高小番茄果实中有机酸的含量,但不影响大番茄中有机酸的含量[12]。这些现象内在的机制可能与可溶性糖类似。

施用不同浓度的硒也会对黄瓜果实维生素C含量产生一定的影响,在本试验中,对照组黄瓜果实维生素C含量最高,处理T1~T5维生素C含量与对照组相比,均存在一定程度的降低,但是并没有显著性的差异。

施用不同浓度的硒也会对黄瓜果实硒含量产生一定的影响,在本试验中,黄瓜果实的硒含量随着施硒浓度的增加而增加。根据陕西省制定的富硒食品硒含量标准,蔬菜富硒标准为0.02 mg/kg,含硒标准为0.010~0.015 mg/kg[15]。本试验中对照的含硒量为0.003 mg/kg,未达到蔬菜富硒标准,处理T1~T5含硒量分别是蔬菜富硒标准的0.5倍、1.8倍、6.6倍、8.8倍和21.3倍。T1、T2处理施用的硒浓度较为适宜生产富硒黄瓜,但黄瓜硒含量变化幅度过大而无法确定最佳使用量,所以在日后试验施用硒肥量中,应在T1、T2浓度之间设置不同梯度水平,确定黄瓜含硒量符合食品中硒含量标准规定范围的最佳硒肥使用浓度。

4 结论

在本试验中,与对照组相比,各处理黄瓜株高长度、果实长度、果实直径、果实质量均有不同程度的下降,黄瓜果实有机酸、可溶性固形物含量、维生素C含量均有不同程度的减少。各处理黄瓜果实的硒含量均高于对照,但本试验各处理含硒量数值分别是陕西省富硒含硒食品硒含量标准的0.5倍、1.8倍、6.6倍、8.8倍和21.3倍。后续开展相关的试验中,应将施硒剂量设置的更小,且缩小各处理组施硒剂量的间隔,以寻找更适合黄瓜生长发育且含硒量符合标准的施硒剂量,为富硒黄瓜生产中硒肥的合理施用提供更科学的指导。

参 考 文 献:

[1] 吕慧芳, 刘四运, 王俊良. 黄瓜的保健价值及机理研究进展[J]. 吉林蔬菜, 2012(3): 57-58.

[2] 何名芳, 扶明明. 赣州市富硒农产品标准现状及对策研究[J]. 中国食品, 2021(15): 138-139.

[3] YaZhi B, ShuangQing Z. Do selenium-enriched foods provide cognitive benefit [J]. Metabolic brain disease, 2023, 38(5):1 501-1 502.

[4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家

食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品中硒的测定[S]. 北京：中国标准出版社,2017
[5] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京：高等教育出版社, 2006
[6] Jing D, Du Z, Ma H, *et al.* Selenium enrichment, fruit quality and yield of winter jujube as affected by addition of sodium selenite[J]. Scientia Horticulturae, 2017, 2 251-2 255.
[7] Wanxing H, Yan S, Jie Z, *et al.* Foliar application of silicon and selenium improves the growth, yield and quality characteristics of cucumber in field conditions [J]. Scientia Horticulturae, 2022, 294
[8] M K C, T M G, F R B, *et al.* Effects of selenium supplementation on four agricultural crops. [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2003, 51 (3): 704-709.
[9] Hernández-Hernández H, Quiterio-Gutiérrez T, Cadenas-Pliego G, *et al.* Impact of Selenium and Copper Nanoparticles on Yield, Antioxidant System, and Fruit Quality of Tomato Plants[J]. Plants, 2019, 8(10): 355-355.
[10] Domokos-Szabolcsy E, Marton L, Sztrik A, *et al.* Accumulation of red elemental selenium nanoparticles and their biological effects in Nicotiniatabacum[J]. Plant Growth Regulation, 2012, 68(3): 525-531.
[11] 郭婉香, 韩莹琰, 韩亚文, 等. 施硒对‘荷兰 86-13’和‘月脂’黄瓜品质影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(16): 199-202.
[12] Xin X, Jinhang W, Huihui W, *et al.* Effects of selenium fertilizer application and tomato varieties on tomato fruit quality: A meta-analysis[J]. Scientia Horticulturae, 2022, 304.
[13] 兰天康. 富硒含硒食品与相关产品硒含量标准[S]. 陕西省:安康市质量技术检验检测中心, 2018-09-01.

(上接第 5 页)

[7] Zhu L, Ni W, Liu S, *et al.* Transcriptomics Analysis of Apple Leaves in Response to Alternaria alternata Apple Pathotype Infection[J]. Front Plant Sci, 2017(8):22.
[8] Zhang C X, Yuan G P, Han X L, *et al.* Application of iTRAQ-based proteomic approach for screening of resistant associated proteins in ‘Huayue’ apple leaves induced by Alternaria mali[J]. Acta Phytopathol Sin, 2018, 48: 787-798.
[9] He S, Yuan G, Bian S, *et al.* Major latex protein MdMLP423 negatively regulates defense against fungal infections in apple [J]. Int J Mol Sci, 2020, 21 (5): 1 879.
[10] 张玉. 烟草抗赤星病品种蛋白质组分析及 NbMLP423 基因功能研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2018.
[11] Liu H, Ma X, Liu S, *et al.* The Nicotiana tabacum L. major latex protein-like protein 423 (NtMLP423) positively regulates drought tolerance by ABA-dependent pathway[J]. BMC Plant Biology, 2020, 20: 475.
[12] 秦凌月, 邓西平, 杨淑慎. 小麦 TaGAPC1 基因及其启动子的克隆与功能分析[J]. 农业生物技术学报, 2018, 26(10): 1 639-1 649.
[13] 文添龙, 刘雪梅, 冀亚萍, 等. 高等植物胁迫诱导型启动子的研究进展[J]. 西北植物学报, 2014, 34(1): 206-214.
[14] 杨虎, 沈浩. 中国传统桑树资源利用变迁及其当代生态价值探微[J]. 蚕业科学, 2021, 47(4): 374-379.
[15] 黄先智, 沈以红, 蒋贵兵, 等. 三峡库区消落带桑树种植及资源利用调查[J]. 蚕业科学, 2013, 39(6): 1 193-1 197.
[16] Larkin M A, Blackshields G, Brown N P, *et al.* Clustal W and Clustal X version 2.0[J]. Bioinformatics, 2007, 23(21): 2 947-2 948.
[17] Wang Y, Yang L, CHEN X, *et al.* Major latex protein-like protein 43 (MLP43) functions as a positive regulator during abscisic acid responses and confers drought tolerance in Arabidopsis thaliana[J]. J Exp Bot, 2016, 67(1): 421-434.
[18] Chadha P, Das R H. A pathogenesis related protein AhPR10 from peanut, an insight of its mode of antifungal activity[J]. Planta, 2006, 225: 213-222.
[19] Fujita K, Inui H. Review: Biological functions of major latex-like proteins in plants[J]. Plant sci, 2021, 306: 110 856.
[20] Logemann E, Brikenbihl R P, Rawat B, *et al.* Functional dissection of the PROPEP2 and PROPEP3 promoters reveals the importance of WRKY factors in mediating microbe-associated molecular pattern-induced expression[J]. New Phytologist, 2013, 198(4): 1 165-1 177.
[21] Lu Y, Chen Y, Wu Y, *et al.* Directly transforming PCR-Amplified DNA fragments into plant cells is a versatile system that facilitates the transient expression assay[J]. Plos One, 2013, 8(2): e57171.