

## 外源硒肥对澳洲坚果硒含量及产量的影响

郑树芳, 许鹏, 谭秋锦, 王文林, 覃振师, 何铄扬, 莫庆道, 陈海生\* (广西南亚热带农业科学研究所, 广西龙州 532415)

**摘要** 通过田间试验, 研究喷施不同浓度的外源硒肥对澳洲坚果果仁硒含量以及产量的影响。结果表明, 叶面喷施适宜的种植用有机硒素可提高澳洲坚果果仁中硒含量和产量, 硒含量随施硒浓度减少而降低, 产量随施硒浓度的减少呈先升高后降低的趋势。

**关键词** 澳洲坚果; 硒含量; 产量

**中图分类号** S664 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2019)18-0155-02

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.18.042



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Exogenous Selenium on Selenium Content and Yield of Macadamia

ZHENG Shu-fang, XU Peng, TAN Qiu-jin et al (Guangxi South Subtropical Agricultural Science Research Institute, Longzhou, Guangxi 532415)

**Abstract** Field experiments were carried out to study the effects of different concentration exogenous selenium on selenium content and yield of macadamia. The results showed that spraying suitable organic selenium for planting on leaves could increase the selenium content and yield of macadamia. The content of selenium decreased with the decrease of selenium concentration, and the yield increased first and then decreased with the decrease of selenium concentration.

**Key words** Macadamia; Selenium content; Yield

硒被医学家称为“生命元素”, 是人体健康必需的微量元素。硒能有效治疗和预防克山病<sup>[1]</sup>, 对重金属镉、铅等也具有拮抗作用<sup>[2]</sup>, 是抵抗有毒物质的保护剂。土壤中的硒受地质、地貌、气候等因素影响分布极不均匀<sup>[3]</sup>, 世界上有 40 多个国家和地区存在不同程度的缺硒。我国除陕西、湖北、四川、贵州、湖南等省存在面积不大的高硒地区外, 有 72% 的地区属于贫硒或缺硒地区, 生产出的农产品含硒量偏低。增加农产品的含硒量, 提高硒缺乏地区居民日常饮食中硒的摄入量, 对于提高人体健康水平和防病治病具有重要意义。

澳洲坚果果仁营养丰富, 香脆可口, 品味极佳, 被誉为世界上最佳的食用坚果, 且具有较高的保健价值, 随着人民生活水平的提高, 果仁品质也成了人们关注的焦点。硒在一定浓度范围内能促进植物的生长发育, 提高产量及品质。低浓度的硒对樱桃番茄的生长发育起促进作用, 且适宜的浓度可提高樱桃番茄的产量和可溶性固形物含量<sup>[4]</sup>, 施硒可提高番茄果实中 Vc 含量<sup>[5]</sup>, 喷硒可提高梨果实的单果重量、果实可溶性固形物以及硒含量<sup>[6]</sup>, 喷施适宜浓度的硒肥可提高桃、枣和草莓果实硒含量<sup>[7]</sup>, 喷施适宜浓度的硒肥能显著促进灵武长枣的生长, 提高果实硒含量<sup>[8]</sup>。笔者以澳洲坚果为研究对象, 探讨外源硒肥不同浓度对其品质、硒含量及产量的影响, 旨在为合理施用硒肥、开发富硒澳洲坚果提供科学依据。

## 1 材料与方

**1.1 试验材料** 试验于 2018 年 5—9 月在广西崇左市龙州县彬桥乡广西南亚热带农业科学研究所澳洲坚果试验基地进行, 品种为 10 年树龄的澳洲坚果桂热 1 号, 硒肥为唐山津国农业技术开发有限公司生产的种植用有机硒素(主要成

分: 氨基酸 100 g/L, 微量元素 >20 g/L, 有机硒合成剂 >6 g/L; 存在形式: 有机硒, 形态: 液态)。

**1.2 试验设计** 试验设 4 个处理, 处理①: 种植用有机硒素稀释 100 倍叶面喷施; 处理②: 种植用有机硒素稀释 200 倍叶面喷施; 处理③: 种植用有机硒素稀释 300 倍叶面喷施; CK: 以清水叶面喷施为对照。3 次重复, 随机区组排列, 小区 3 株。  
**1.3 试验方法** 种植用有机硒素第 1 次喷施时间为澳洲坚果第一次生理落果后(5 月 9 日), 随后每隔 30 d 喷施 1 次, 连喷 4 次。澳洲坚果生产期间按常规管理。采样时间距最后一次喷施种植用有机硒素间隔 30 d。

**1.4 测定指标与方法** 外在品质: 单鲜果重、单壳果重、单果仁重、出种率、出仁率、一级果仁率等指标<sup>[9]</sup>、产量。

内在品质: 蛋白质采用凯氏定氮法<sup>[10]</sup>测定; 脂肪采用索氏抽提法<sup>[11]</sup>测定; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定; 氨基酸总量采用高效液相色谱法测定; 硒含量采用 HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-消化-HCl-还原-氢化物原子荧光光谱法测定。

**1.5 数据处理** 利用 Excel 2003 对试验数据进行处理、统计分析, 用新复极差比较进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 外源硒肥对澳洲坚果外在品质的影响

**2.1.1 单果(仁)重。** 由表 1 可知, 不同处理均能提高澳洲坚果桂热 1 号单鲜果重和单壳果重, 处理①、②、③的单鲜果重分别比 CK 增长 12.8%、16.7%、11.1%, 其中以处理②增加比例最大, 各处理差异不显著。不同处理单壳果重分别比 CK 增长 4.7%、7.1%、2.1%, 各处理与 CK 差异不显著。单鲜果重和单壳果重的增长一致。各处理的单果仁重分别比 CK 减少 1.4%、1.0%、5.6%, 原因可能是喷施种植用有机硒素果壳变厚所致。

**2.1.2 出种率、出仁率、一级果仁率。** 由表 2 可知, 处理①、②出种率分别比 CK 增加 7.3%、3.7%, 处理③出种率比 CK 减少 1.0%, 各处理与 CK 差异不显著; 不同处理澳洲坚果桂

**基金项目** 广西科技重大专项(桂科 AA17202037-9、桂科 AA17204058-4、桂科 AA17204058-8); 国家重点专项(2016YFC0502406)。

**作者简介** 郑树芳(1978—), 女, 广西临桂人, 高级农艺师, 从事果树选育种及栽培技术研究。\* 通信作者, 高级农艺师, 硕士, 从事果树栽培研究。

**收稿日期** 2019-04-15

表1 不同处理对澳洲坚果单果(仁)重的影响

Table 1 The effect of different treatments on single fruit (kernel) weight of macadamia nuts

处理 Treatment	单鲜果重 Single fresh fruit weight g	与CK比 ± Compared with CK %	单壳果重 Single shell weight g	与CK比 ± Compared with CK %	单果仁重 Single kernel weight g	与CK比 ± Compared with CK %
①	20.3	12.8	10.90	4.7	2.83	-1.4
②	21.0	16.7	11.15	7.1	2.84	-1.0
③	20.0	11.1	10.63	2.1	2.71	-5.6
CK	18.0	—	10.41	—	2.87	—

表2 不同处理对澳洲坚果出种率、出仁率、一级果仁率的影响

Table 2 The effect of different treatments on seed rate, kernels rate and first-class kernels rate of macadamia nuts

处理 Treatment	出种率 Seed rate %	与CK比 ± Compared with CK %	出仁率 Kernel rate %	与CK比 ± Compared with CK %	一级 果仁率 First grade kernel rate//%	与CK比 ± Compared with CK %
①	50.87	7.3	33.4 b	+0.4	99.5	+1.0
②	52.38	3.7	35.43 a	+6.5	100.0	+1.5
③	50.0	-1.0	32.53 b	+2.2	99.0	+0.5
CK	50.5	—	33.27 b	—	98.5	—

热1号出仁率分别比CK提高0.4%、6.5%、2.2%，其中以处理②增长作用最大，处理②与其他处理达显著差异水平。不同

表3 不同处理对澳洲坚果果仁内在品质的影响

Table 3 The effect of different treatments on internal quality of macadamia nuts

处理 Treatment	蛋白质 Protein g/kg	与CK比± Compared with CK//%	脂肪 Fat g/kg	与CK比± Compared with CK//%	可溶性糖 Soluble sugar g/kg	与CK比± Compared with CK//%	氨基酸总量 Total amino acid//g/kg	与CK比± Compared with CK//%
①	88.1	-9.4	745 abAB	1.9	32.2 bB	15.4	8.41 bB	-3.6
②	88.7	-1.8	772 aA	5.6	37.2 aA	33.3	8.75 aA	3.7
③	88.8	-1.7	754 abAB	3.1	32.0 bA	14.7	8.65 aA	2.5
CK	90.3	—	731 bB	—	27.9 cC	—	8.44 bB	—

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ ); 不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; different capital letters stand for extremely significant differences at 0.01 level

表4 不同处理对澳洲坚果果仁含硒量和产量的影响

Table 4 The effect of different treatments on selenium content and yield of macadamia nuts

处理 Treatment	硒 Selenium mg/kg	与CK比± Compared with CK %	株产量 Plant production kg	与CK比± Compared with CK %
①	0.56 aA	107.4	19.6 aA	23.8
②	0.54 aA	100.0	19.9 aA	25.7
③	0.42 bB	55.6	15.67 bB	-1.0
CK	0.27 cC	—	15.83 bB	—

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ ); 不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; different capital letters stand for extremely significant differences at 0.01 level

### 3 结论与讨论

该试验结果表明,对澳洲坚果桂热1号进行叶面喷施适宜浓度的种植用有机硒素可提高果仁中硒含量,对果仁品质有一定的改善作用,还能提高单鲜果重、单壳果重、出仁率及一级果仁率,还可提高脂肪、可溶性糖含量以及产量。该试

处理一级果仁率分别比CK提高1.0%、1.5%、0.5%,各处理与CK差异不显著。

**2.2 外源硒肥对澳洲坚果果仁内在品质的影响** 对澳洲坚果桂热1号果仁蛋白质、脂肪、可溶性总糖、氨基酸总量进行测定,结果表明各处理蛋白质含量均比对照减少,减少比例随着稀释倍数的增加而逐渐降低。各处理脂肪含量分别比CK提高1.9%、5.6%、3.1%,处理②与CK达极显著差异水平。各处理可溶性糖含量比CK分别提高15.4%、33.3%、14.7%,与CK达极显著水平,其中以处理②增长幅度最大。处理②、③氨基酸总量比CK提高3.7%、2.5%,处理①减少3.6%,处理②、③与CK达极显著差异水平(表3)。

**2.3 外源硒肥对澳洲坚果果仁硒含量的影响** 由表4可知,处理①、②、③澳洲坚果果仁中硒含量为5.6、5.4、4.2 g/kg,比CK果仁中硒含量提高107.4%、100.0%、55.6%,处理①和②与CK达极显著差异水平,说明喷施外源硒能够提高澳洲坚果果仁中硒含量,且喷施种植用有机硒素稀释浓度在100~300倍,果仁硒含量随喷施硒浓度的降低而减少。

**2.4 外源硒肥对澳洲坚果产量的影响** 由表4可知,处理①、②可提高澳洲坚果桂热1号产量,株产量分别比CK提高23.8%、25.7%,且与CK达极显著水平,其中以处理②增产效果最明显,说明喷施种植用有机硒素可提高澳洲坚果产量,且随着稀释倍数增加先增加后减少,稀释浓度以200倍最佳。

验中果仁脂肪、可溶性糖随喷施硒浓度的降低而先增加后减少,硒含量随着施硒浓度减少而降低,产量随施硒浓度的减少呈先升高后降低的趋势。红枣喷施3次产量可提高16%~20%,可显著增加红枣含硒量<sup>[7]</sup>,而该试验喷施4次,稀释100倍硒含量增加107.4%,增产23.8%,稀释200倍硒含量增加100.0%,增产25.7%,稀释300倍硒含量增加55.6%,产量减少1.0%,说明喷施适宜浓度的硒肥对硒含量和产量有一定的增加效果,硒含量和产量除与喷施次数有关外,还与喷施硒肥的浓度有密切的关系,不同果树对喷施硒浓度要求不同,在农业生产中根据不同果树品种先进行小面积试验,才可大面积的推广应用。

### 参考文献

- [1] 杨光圻,王光亚,殷泰安,等.我国克山病的分布和硒营养状态的关系[J].营养学报,1982(3):191-200.
- [2] 张明中.番茄施硒的生理和品质效应及分子调控研究[D].重庆:西南大学,2014:27.
- [3] 吴永尧,彭振坤,罗泽民.植物对硒的吸收及其效应[J].湖北民族学院学报(自然科学版),1997,5(3):10-13,51.

- paction and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) taproot quality parameters[J]. Spanish journal of agricultural research, 2017, 15(1): 1-8.
- [6] 崔金香, 王帅. 土壤微生物多样性研究进展[J]. 河南农业科学, 2010(6): 165-169.
- [7] 钱叶, 侯怡铃, 邱洁, 等. 龙门山地震带土壤细菌多样性的研究[J]. 土壤通报, 2017, 48(5): 1093-1101.
- [8] 郭金瑞, 宋振伟, 朱平, 等. 长期不同种植模式对东北黑土微生物群落结构与土壤理化性质的影响[J]. 土壤通报, 2016, 47(2): 353-359.
- [9] KIRK J L, BEAUDETTE L A, HART M, et al. Methods of studying soil microbial diversity[J]. Journal of microbiological methods, 2004, 58(2): 169-188.
- [10] DELMONT T O, PRESTAT E, KEEGAN K P, et al. Structure, fluctuation and magnitude of a natural grassland soil metagenome[J]. The ISME Journal, 2012, 6(9): 1677-1687.
- [11] FIERER N, LEFF J W, ADAMS B J, et al. Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2012, 109(52): 21390-21395.
- [12] NACKE H, THÜRMER A, WOLLHERR A. Pyrosequencing-based assessment of bacterial community structure along different management types in German forest and grassland soils[J]. PLoS One, 2011, 6(2): 1-12.
- [13] NICOMRAT D, DICK W A, DOPSON M, et al. Bacterial phylogenetic diversity in a constructed wetland system treating acid coal mine drainage[J]. Soil biology and biochemistry, 2008, 40(2): 312-321.
- [14] KIM Y C, LEVEAU J, MCSPADEN GARDENER B B, et al. The multifactorial basis for plant health promotion by plant-associated bacteria[J]. Applied and environmental microbiology, 2011, 77(5): 1548-1555.
- [15] SANTHANAM R, LUU V T, WEINHOLD A, et al. Native root-associated bacteria rescue a plant from a sudden-wilt disease that emerged during continuous cropping[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2015, 112(36): 5013-5020.
- [16] 李南南, 刘洋, 赵燃, 等. 北京优质杂交玉米种子内生细菌种类多样性[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(5): 55-63.
- [17] VALENCIA E, GROSS N, QUERO J L, et al. Cascading effects from plants to soil microorganisms explain how plant species richness and simulated climate change affect soil multifunctionality[J]. Glob Chang Biol, 2018, 24(12): 5642-5654.
- [18] SHI W C, LI M C, WEI G S, et al. The occurrence of potato common scab correlates with the community composition and function of the geocaulosphere soil microbiome[J]. Microbiome, 2019, 7(1): 1-18.
- [19] HASSANI M, HEIDARI B, DADKHODAI E, et al. Genotype by environment interaction components underlying variations in root, sugar and white sugar yield in sugar beet (*Beta vulgaris* L.)[J]. Euphytica, 2018, 214: 1-21.
- [20] JACOBS A, KOCH H, MAERLAENDER B. Using preceding crop effects for climate smart sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivation[J]. European journal of agronomy, 2019, 104: 13-20.
- [21] BARONE V, BAGLIERI A, STEVANATO P, et al. Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.)[J]. Journal of applied phycology, 2018, 30(2): 1061-1071.
- [22] LELOUP J, BAUDE M, NUNAN N, et al. Unravelling the effects of plant species diversity and aboveground litter input on soil bacterial communi-
- ties[J]. Geoderma, 2018, 317: 1-7.
- [23] SCHMID M W, HAHN T, VAN MOORSEL S J, et al. Rhizosphere bacterial community composition depends on plant diversity legacy in soil and plant species identity[J/OL]. bioRxiv, 2018: 1-37 [2019-01-25]. https://www.biorxiv.org/content/early/2008/03/23/287235. full. pdf. doi: https://doi.org/10.1101/287235.
- [24] CAO B, ZHANG Y, WANG Z Y, et al. Insight into the variation of bacterial structure in atrazine-contaminated soil regulating by potential phyto-remediator: *Pennisetum americanum* (L.) K. Schum.[J]. Frontiers in microbiology, 2018, 9: 1-11.
- [25] LIU Z C, WANG L A, DING S M, et al. Enhancer assisted-phytoremediation of mercury-contaminated soils by *Oxalis corniculata* L. and rhizosphere microorganism distribution of *Oxalis corniculata* L.[J]. Ecotoxicology and environmental safety, 2018, 160: 171-177.
- [26] 吕昭和, 唐德华, 马铃薯连作栽培对土壤微生物多样性的影响[J]. 农业工程技术, 2018, 38(23): 24-27.
- [27] 秦立金, 徐峰, 刘永胜, 等. 黄瓜与西芹间作土壤细菌多样性及其对黄瓜枯萎病发生的影响[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(8): 1180-1189.
- [28] 吴宇佳, 吉清妹, 解钰, 等. 西瓜连作土壤细菌种群消长变化[J]. 中国瓜菜, 2018, 31(11): 18-21.
- [29] 孙文庆, 康亚龙, 刘建国, 等. 加工番茄连作对土壤微生物群落多样性的影响[J]. 西北农业学报, 2017, 26(7): 1099-1110.
- [30] NAZ S A, JABEEN N, SOHAIL M, et al. Production and purification of pyocin from a soil associated *Pseudomonas aeruginosa* strain sa 188[J]. Pakistan journal of agricultural sciences, 2015, 52(4): 873-887.
- [31] MENG J, SUN X M, LI S S, et al. Draft genome sequence of *Paenarthrobacter nicotinovorans* Hce-1[J]. Genome announcements, 2017, 5(30): 717-727.
- [32] KAMPFER P, MCINROY J A, GLAESER S P. *Enterobacter muelleri* sp. nov., isolated from the rhizosphere of *Zea mays*[J]. Int J Syst Evol Microbiol, 2015, 65(11): 4093-4099.
- [33] NIE L, SHAH S, RASHID A, et al. Phytoremediation of arsenate contaminated soil by transgenic canola and the plant growth-promoting bacterium *Enterobacter cloacae* CAL2[J]. Plant physiology and biochemistry, 2002, 40(4): 355-361.
- [34] SARKAR A, GHOSH P K, PRAMANIK K, et al. A halotolerant *Enterobacter* sp. displaying ACC deaminase activity promotes rice seedling growth under salt stress[J]. Res Microbiol, 2018, 169(1): 20-32.
- [35] BEHRENDT U, SCHUMANN P, ULRICH A. *Agrococcus versicolor* sp. nov., an actinobacterium associated with the phyllosphere of potato plants[J]. Int J Syst Evol Microbiol, 2008, 58(Pt 12): 2833-2838.
- [36] PARK H J, KIM D, KIM I H, et al. Characteristics of cold-adaptive endochitinase from Antarctic bacterium *Sanguibacter antarcticus* KOPRI 21702[J]. Enzyme and microbial technology, 2009, 45(5): 391-396.
- [37] PETROVA M, GORLENKO Z, MINDLIN S. Molecular structure and translocation of a multiple antibiotic resistance region of a *Psychrobacter psychrophilus* permafrost strain[J]. FEMS Microbiol Lett, 2009, 296(2): 190-197.
- [38] 黄其玲, 高小宁, 赵志博, 等. GFPuv 标记猕猴桃溃疡病菌的生物学特性及其在土壤、根系中的定殖[J]. 中国农业科学, 2013, 46(2): 282-291.

(上接第 156 页)

- [4] 王玉凤, 徐暄, 孙其文. 硒处理对樱桃番茄果实发育的影响[J]. 长江蔬菜(学术版), 2011(18): 52-54.
- [5] 张庆社, 闫妞, 赵玉玲, 等. 叶面喷施外源硒对番茄果实品质的影响[J]. 现代农业科技, 2017(10): 66-67.
- [6] 刘群龙, 郝燕燕, 吴国良, 等. 外源硒对杨山酥梨果实品质和硒含量的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(8): 113-117.
- [7] 张海英. 硒处理对桃、枣和草莓生理指标影响的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [8] 韩昌焯, 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.
- [9] 陆超志, 曾辉, 张汉周. 澳洲坚果品种适应性研究[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 82-84.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [11] 李良, 刘玉萍. 饲料中粗脂肪的快速测定[J]. 饲料工业, 2002, 23(7): 35-36.
- [12] 杨树军, 严子仁, 张海霞. 叶面喷施硒肥对红枣产量和含硒量的试验[J]. 林业科技通讯, 2018(10): 65-66.