

生姜硒营养特性研究

吕臣浩¹, 邓小芳¹, 陈友恩², 陈家伟³, 赵竹青¹, 刘新伟^{1*}

(1. 华中农业大学微量元素研究中心, 湖北 武汉 430070; 2. 建始县富硒大姜种植专业合作社, 湖北 建始 445300; 3. 湖北省建始县土壤肥料工作站, 湖北 建始 445300)

摘 要: 通过叶面喷硒研究了硒对生姜产量、各部位硒含量和累积分配及品质的影响, 旨在探究生姜硒营养特性, 为富硒生姜的生产提供依据。结果表明, 外源施硒可显著提高生姜各部位硒含量, 且对生姜的产量有显著影响。三叉期和膨大期喷施硒酸盐, 生姜各部位硒含量分别是亚硒酸盐的 5.5 ~ 8.2 倍和 2.8 ~ 4.1 倍; 喷施亚硒酸盐, 姜皮硒含量均高于姜肉, 喷施硒酸盐, 姜肉硒含量高于姜皮。无论何时喷施何种硒源, 硒在生姜中的有机转化率均可达到 57% 以上, 膨大期喷硒, 生姜有机硒比例高于三叉期。喷硒处理下, 生姜 Vc、还原糖和姜辣素含量均有提高, 因此施硒对生姜品质有一定改善作用。

关键词: 生姜; 硒酸盐; 亚硒酸盐; 有机硒; 品质

硒是人体必不可少的微量营养元素^[1], 具有抗氧化和抗癌等作用^[2]。植物性硒是人体硒营养的主要来源^[3], 因此植物硒代谢倍受关注^[4]。对人和动物而言缺硒和硒中毒的范围很窄^[5], 因此科学补硒尤为重要。生姜是宿根性草本植物, 广泛种植于热带和亚热带地区, 在我国已经有两千多年的栽培历史。作为世界上生姜栽培面积最大的国家之一, 我国生姜常年栽种面积达 $630 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 种植面积位居世界第二^[6]。因此, 研究生姜硒营养特性, 为其生产提供依据有重要意义。

土壤的硒浓度范围在 $0.01 \sim 2.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 平均约为 $0.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。中国有三分之二以上的土壤硒含量不足, 土壤硒缺乏则直接导致作物硒含量水平偏低^[7]。廖青等^[8]研究表明, 对甘薯地土施 $10 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的液体硒肥 (含硒量 $>0.88\%$) 并未提高薯块硒含量, 采用叶面喷施方式甘薯硒含量却显著提高, 这可能是由于土施硒被固定导致。研究表明土壤中铁、铝等金属矿物将硒固定在土壤固相从而降低土壤硒的有效性^[9], 土壤施硒只有 5% ~ 30% 能被植物吸收利用, 70% ~ 90% 的硒被固定在土

壤固相^[10]。植物叶片可通过角质层和气孔吸收微量元素进而向其他部位转移^[11], 故叶面喷硒可提高植物组织中硒含量^[12], 因此可通过叶面喷硒来加强生姜硒营养。

不同硒源和喷施时期对植物体内各部位硒的累积分配影响很大。李鸣凤等^[13]的研究结果表明, 小麦对硒酸盐的吸收效果是亚硒酸盐的 6.5 倍; Mélanie 等^[14]的研究表明, 玉米对亚硒酸盐的利用率高于硒酸盐。Deng 等^[15]的研究结果表明, 对水稻喷施亚硒酸盐和硒酸盐在抽穗期的吸收效果分别是分蘖期的 2.9 和 3.5 倍; 刘庆等^[16]的研究表明, 对蓝莓叶面喷施亚硒酸钠在开花期的吸收效果要优于坐果期。关于生姜硒营养特性的研究鲜见报道, 本试验目的在于明确不同硒源和喷施时期对生姜品质、各部位硒含量和累积分配的影响, 以期为富硒生姜的生产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试作物为山农一号大姜, 硒源为亚硒酸钠和硒酸钠 [文中分别用 Se (IV) 和 Se (VI) 表示]。试验地土壤类型为黄棕壤, 其基本理化性质为 pH 值 5.60, 有机质 $31.57 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $114.45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $46.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $312.96 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤总硒 $0.23 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验设计

试验于 2017 年在湖北省建始县三里乡进行。

收稿日期: 2018-04-27; 录用日期: 2018-06-04

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (2662016QD015); 建始县特色作物减肥增效施肥技术与示范 (2662018PY002)。

作者简介: 吕臣浩 (1995-), 男, 河南泌阳人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为土壤硒营养调控。E-mail: 1539757486@qq.com。

通讯作者: 刘新伟, E-mail: lxw2016@mail.hzau.edu.cn。

小区面积 4 m×5 m，每公顷定植 105 000 株，行距 50 cm，株距 20 cm。分别在三叉期（7 月 18 日）和膨大期（9 月 3 日），叶面喷施 80 mg·L⁻¹ 亚硒酸钠和硒酸钠，喷施量均为 80 g·hm⁻²，另喷施等量清水为对照，使用喷雾器均匀喷洒。试验共设 6 个处理，重复 3 次，随机区组排列。根据土壤墒情和天气情况适时浇水灌溉，其他田间管理与当地一致。

1.3 样品处理与分析

在生姜成熟期，按 5 点取样法，每小区选取 5 株生姜，分为叶片、茎秆、块茎、须根，用自来水冲洗 3 遍，再用去离子水冲洗 3 遍，晾干水分。在 105 ℃杀青 30 min，于 65 ℃烘干至恒重，称重，磨碎存于自封袋密封待用。

植物总硒：准确称取适量样品（精确到 0.000 1 g）于 50 mL 锥形瓶中，加 HNO₃-HClO₄ 混合酸（体积比为 4:1）10 mL，摇匀后放置过夜。用电热板 180℃加热并及时补加混合酸，至溶液清亮无色并伴有白烟出现时，继续加热至溶液剩余体积 2 mL 左右，从电热板上取下冷却，加入 6 mol·L⁻¹ 的盐酸 10 mL，再次加热至溶液变为清亮并伴有白烟出现时取下。冷却并转移至 25 mL 容量瓶中，定容，原子荧光光谱法（HG-AFS-8220）测定。

土壤总硒：采用 HNO₃-HClO₄（3:2）消解，后续步骤同植物总硒测定。

有机硒测定：生姜有机硒测定采用差减法进行。具体步骤为：称取干样 1 g 左右，置于 50 mL

离心管中，加入 30 mL 超纯水，室温下超声振荡 30 min，于 5 000 r·min⁻¹ 离心 10 min，倒出上清液，残渣重复提取一次。上清液收集后，倒入分液漏斗中，加入 5 mL 环己烷萃取，收集水相于烧杯中，电热板上加热蒸发掉大部分水分后，后续消化测定方法和总硒测定相同。原子荧光光谱仪测定溶液中无机硒含量。利用已测得的总硒含量减去无机硒含量，即得有机硒含量。

采用 2，6- 二氯酚酚滴定法测定 Vc 含量；还原糖用铜还原 - 直接滴定法测定；硝酸盐采用酚二磺酸比色法测定；凯氏定氮法测全氮，粗蛋白 = 全氮 × 6.25^[17]。姜辣素含量测定根据张维勤^[18]、张明昶等^[19]的方法改进而成。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 进行数据分析，使用 Excel 2016 进行制表绘图。

2 结果与分析

2.1 施硒对生姜产量和产量构成的影响

从表 1 可以看出，与 CK 相比，无论在三叉期还是膨大期喷硒对生姜的产量均有促进作用，增幅 3.6% ~ 5.0%。同一硒源，在三叉期喷施的增产作用要高于膨大期喷施；同一时期，喷施硒酸盐的增产效果均高于喷施亚硒酸盐处理。综上，叶面喷施硒对生姜产量有促进作用，具体增幅因喷施时期和硒源而异。

表 1 不同时期喷施不同硒源对生姜产量的影响

处理		小区产量 (kg)				计产面积 (m ²)	折产 (kg·hm ⁻²)	增产率 (%)
时期	硒源	1	2	3	平均			
三叉期	CK	94.2	90.8	92.7	92.57b	15	61 711	-
	Se (IV)	96.1	95.4	97.6	96.37a	15	64 246	—
	Se (VI)	96.5	98.4	96.8	97.23a	15	64 820	5.0
膨大期	CK	92.4	91.2	93.5	92.37b	15	61 580	—
	Se (IV)	95.1	95.9	96.2	95.73a	15	63 822	3.6
	Se (VI)	96.4	95.5	96.2	96.03a	15	64 022	4.0

注：同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平（P<0.05）。下同。

2.2 不同时期喷施不同硒源对生姜各部位硒含量的影响

由表 2 可以看出，与 CK 相比，喷硒显著提高了生姜各部位的硒含量。无论何时喷硒，同一时期

硒酸盐处理的生姜叶片、茎秆、姜肉的硒含量均高于亚硒酸处理的植株；三叉期喷硒，硒酸盐处理的生姜各部位硒含量为亚硒酸盐处理的 5.5 ~ 8.2 倍；膨大期喷硒，硒酸盐处理的各部位硒含量为亚硒酸

盐处理的 2.8 ~ 4.1 倍。姜皮中硒含量,在三叉期,喷施硒酸盐低于喷施亚硒酸盐,降幅 47.3%;在膨大期,喷施硒酸盐处理高于喷施亚硒酸盐,增幅 16.2%。无论在何时喷施硒酸盐,硒含量顺序均为叶片 > 茎秆 > 姜肉 > 姜皮。

表 2 不同时期喷施不同硒源对生姜各部位硒含量的影响 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

处理		叶片	茎秆	姜肉	姜皮
时期	硒源				
三叉期	CK	0.018d	0.007e	0.017e	0.240e
	Se (IV)	0.386d	0.116d	0.141d	0.554b
	Se (VI)	3.112b	0.951b	0.779b	0.292c
膨大期	CK	0.019d	0.007e	0.016e	0.241e
	Se (IV)	1.922c	0.691c	0.347c	0.963a
	Se (VI)	5.453a	2.803a	1.211a	1.119a

2.3 不同时期喷施不同硒源对根茎有机硒比例的影响

由于对照处理的生姜根茎硒含量很低,分析其有机硒比例没有意义,故在此不予列出。由图 1 可知,不同时期喷施亚硒酸盐和硒酸盐,生姜根茎有机硒比例有显著差异。无论何时喷施何种硒源,生姜硒的有机转化率均可达到 57% 以上。在三叉期和膨大期,喷施亚硒酸盐处理的有机硒比例均高于喷施硒酸盐,分别高 21.8% 和 25.2%;同一硒源,喷施时期后移,生姜根茎中有机硒比例显著增高,喷施亚硒酸盐和硒酸盐分别提高 7.3% 和 4.0%。综上,外源喷硒可以显著提高生姜根茎中有机硒的比例,具体增幅因不同硒源和喷施时期而异。

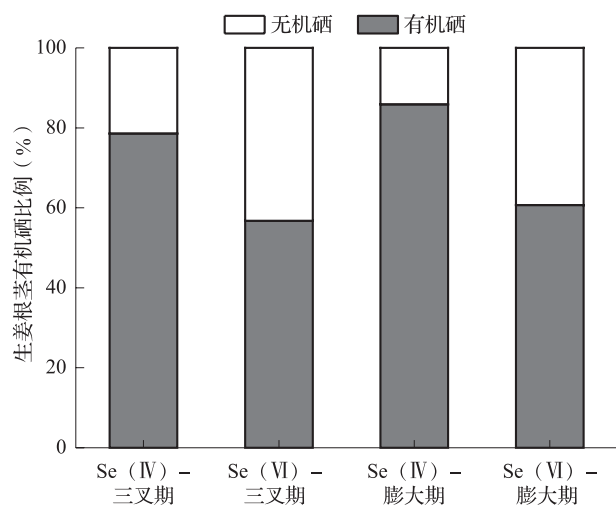


图 1 不同时期喷施不同硒源对生姜根茎有机硒比例的影响

2.4 不同时期喷施不同硒源对生姜品质的影响

从表 3 可以看出,与 CK 相比,喷硒后生姜根茎中 Vc 含量、还原糖含量和姜辣素含量均有一定程度的提高,分别达到 CK 的 1.03 ~ 1.06、1.13 ~ 1.17 和 1.04 ~ 1.07 倍。与 CK 相比,施硒处理显著降低了生姜中粗蛋白质的含量,降幅为 11.5% ~ 16.0%。与 CK 相比,喷硒处理的生姜中硝酸盐含量有一定的下降,降幅为 1.6% ~ 8.2%。无论在三叉期还是膨大期,喷施硒酸盐的生姜硝酸盐含量均低于喷施亚硒酸盐。综上,施硒对生姜的品质有一定影响。

表 3 不同时期喷施不同硒源对生姜品质的影响

处理		Vc	还原糖	粗蛋白	硝酸盐	姜辣素
时期	硒源	($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	(%)	(%)	($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	(%)
三叉期	CK	53.47a	2.65b	34.9a	186.9a	2.06b
	Se (IV)	55.23a	3.08ab	30.1b	183.9ab	2.15a
	Se (VI)	55.3a	2.99ab	30.9b	174.2bc	2.19a
膨大期	CK	53.52a	2.61b	35.3a	185.7a	2.06b
	Se (IV)	56.53a	3.11ab	30.2b	182.9ab	2.14a
	Se (VI)	55.51a	3.15a	29.3b	171.5c	2.16a

3 讨论

3.1 施硒对生姜产量的影响

关于外源施硒对作物产量的影响已有诸多研究,但在不同作物上结论不一。王永勤等^[20]研究表明,硒对于植物生物量表现为低浓度促进,高浓度抑制。Hao 等^[21]通过盆栽试验发现,亚硒酸盐浓度低于 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时可以显著增加玉米生物量和籽粒产量,当亚硒酸盐浓度高于 $25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时明显降低了玉米生物量和籽粒产量。张妮等^[22]的研究表明,当施硒量高于 $1.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,小麦的产量有下降趋势。李鸣凤等^[13]的研究结果表明,施硒后小麦的产量和成穗数均无明显变化。在本研究中喷硒对生姜的产量有一定促进,增幅为 3.6% ~ 5.0%。

3.2 不同时期喷施不同硒源对生姜各部位硒含量的影响

有研究表明,植物对硒的吸收利用和转移分配因硒源而异^[4]。Ducsay 等^[23]在小麦上的喷硒试验发现,籽粒对亚硒酸盐和硒酸盐的吸收能力分别为 1.4% ~ 1.5% 和 13.2% ~ 15.1%。Kikkert 等^[24]

研究表明,小麦对亚硒酸盐的吸收速率约高于硒酸盐 100 倍。在本研究中,喷施硒酸盐的吸收效果同样高于喷施亚硒酸盐,各部位含硒量分别是亚硒酸盐处理的 2.8 ~ 8.2 倍。喷施时期对植物硒的吸收利用效率存在显著差异。刘庆等^[25]的研究结果表明,小麦喷硒以灌浆前期效果优于孕穗期效果,这与 Deng 等^[15]的研究结果一致。在本研究中,无论何种硒源,膨大期的喷施效果均优于三叉期。

3.3 不同时期喷施不同硒源对根茎有机硒比例的影响

植物可食部分总硒含量仅能代表植物对硒富集能力的差异,不足以评价其生物利用度^[26]。相比无机硒,有机硒对人体而言更为安全有效^[27]。Pedrero 等^[26]对萝卜的培养试验发现,亚硒酸盐处理的有机硒转化率为 95% 以上,而硒酸盐处理仅为 38%。这可能与硒在植物体内的同化机制有关,研究表明,植物吸收硒酸盐后首先还原为亚硒酸盐,然后才能进行有机化反应^[28]。在本试验中,生姜对硒酸盐的吸收能力显著高于亚硒酸盐,而硒的有机转化率显著低于亚硒酸盐,因此从安全角度来讲,喷施亚硒酸盐更为合理。

一些研究表明,作物吸收的无机硒在体内不同部位转运之前,就已在吸收部位实现了无机硒向有机硒的转化,仅有少部分以无机离子形态运输,因此植物体内硒的转移机制就影响了有机硒的比例。宁婵娟等^[29]研究表明,苹果在花期和幼果期叶面施硒效果较为稳定,硒的有机化程度较高。在果实着色期施硒,虽然果实中总硒较高,但硒的有机化程度较低。刘庆等^[25]对小麦的喷硒试验发现,不同时期喷施,籽粒中有机硒含量及其占总硒的比例没有显著差异。在本研究中,同一硒源,膨大期喷施硒的有机转化率分别比三叉期提高 7.3% 和 4.0%,可能是由于生姜膨大期代谢较旺盛,能够充分的将无机硒进行有机化,并且膨大期离收获期还有足够长的时间供生姜进行有机化反应,更深层次的原因则有待于进一步探究。

3.4 不同时期喷施不同硒源对生姜品质的影响

硒作为人体必需而植物的非必需营养元素,对植物的生长和品质具有双重作用。Zhao 等^[30]对大枣研究发现,喷施适量硒果实硬度、维生素和可溶性糖含量增加,果实品质有一定的改善。硝酸盐含量作为评价食品安全的重要标准,对生姜的品质也有重要影响。在本研究中,喷硒后生姜根茎中 Vc 含量、还原糖含量和姜辣素含量均有提高,硝酸盐

含量有所下降。高贞攀等^[31]和方勇等^[32]的研究表明,施硒可有效提高谷子和水稻籽粒中粗蛋白的含量,但是在本研究中,生姜粗蛋白的含量反而有所降低,原因可能是不同作物的硒营养特性存在差异,具体原因有待探究。

4 结论

外源喷硒可以显著提高生姜各部位的硒含量,从而进行生姜硒含量的调控。

同一时期,喷施硒酸盐生姜根茎硒含量是亚硒酸盐的 3.5 ~ 5.5 倍;同一硒源,膨大期喷施生姜根茎硒含量是三叉期的 1.6 ~ 2.5 倍。

同一时期,喷施亚硒酸盐生姜有机硒比例高于喷施硒酸盐;同一硒源,膨大期喷施生姜有机硒比例高于三叉期。

参考文献:

- [1] Terry N, Zayed A M, de Souza M P, et al. Selenium in higher plants [J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 2000, 51 (4): 401-432.
- [2] Rayman M P. The argument for increasing selenium intake [J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2002, 61 (2): 203-215.
- [3] Rayman M P. Food-chain selenium and human health; emphasis on intake [J]. British Journal of Nutrition, 2008, 100 (2): 254-268.
- [4] Zhu Y G, Pilon S, Elizabeth A H, et al. Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation [J]. Trends in Plant Science, 2009, 14 (8): 436-442.
- [5] Fordyce F M, Zhang G, Green K, et al. Soil, grain and water chemistry in relation to human selenium-responsive diseases in Enshi District, China [J]. Applied Geochemistry, 2000, 15 (1): 117-132.
- [6] 农业部. 2006 年全国各地蔬菜播种面积和产量 [J]. 中国蔬菜, 2008, (1): 65-66.
- [7] 张木, 胡承孝, 赵小虎, 等. 钼硒互作对小白菜产量及营养品质的影响 [J]. 华中农业大学学报 (自然科学版), 2013, 32 (3): 72-76.
- [8] 廖青, 刑颖, 梁潘虾, 等. 甘薯自然富硒能力测定及施硒方式对甘薯硒含量的影响 [J]. 西南农业学报, 2017, 30 (8): 1838-1842.
- [9] Dinh Q T, Li Z, Tran T A T, et al. Role of organic acids on the bioavailability of selenium in soil: A review [J]. Chemosphere, 2017, 184: 618-635.
- [10] Sager M. Selenium in agriculture, food, and nutrition [J]. Pure and Applied Chemistry, 2006, 78 (1): 111-133.
- [11] Fernandez V, Brown P H. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients [J].

- Frontiers in Plant Science, 2013, 4 (4): 1–5.
- [12] Hartikainen H. Biochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health [J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2005, 18 (4): 309–318.
- [13] 李鸣凤, 邓小芳, 付小丽, 等. 不同硒源对小麦生长、硒吸收利用以及玉米后效的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2017, 36 (1): 1–7.
- [14] Mélanie L, Nicolas A, Maryse C R. Selenium uptake in Zea mays supplied with selenate or selenite under hydroponic conditions [J]. Plant Soil, 2013, 362: 107–117.
- [15] Deng X F, Liu K Z, Li M F, et al. Difference of selenium uptake and distribution in the plant and selenium form in the grains of rice with foliar spray of selenite or selenate at different stages [J]. Field crops research, 2017, 211: 165–171.
- [16] 刘庆, 田侠, 史衍玺. 蓝莓对外源硒的吸收、转化及其对品质效应的影响 [J]. 植物生理学报, 2016, 529 (8): 1151–1158.
- [17] 金继运, 何萍, 刘海龙, 等. 氮肥用量对高淀粉玉米和普通玉米吸氮特性及产量和品质影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10 (6): 568–573.
- [18] 张维勤. 姜辣素的测定方法 [J]. 山东农业科学, 1991, (6): 11–14.
- [19] 张明昶, 李健, 蒙继昭. 紫外分光光度法测定姜中姜辣素类化合物的含量 [J]. 贵州医药, 2003, 27 (3): 283–284.
- [20] 王永勤, 曹家树, 李建华, 等. 施硒对大蒜产量和含硒量的影响 [J]. 园艺学报, 2001, 28 (5): 425–429.
- [21] Hao Y B, Liu H L, Ci X K, et al. Effects of applying selenium on selenium allocation, grain yield, and grain quality of two maize cultivars [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23 (2): 411–418.
- [22] 张妮, 李琦, 张栋, 等. 外源硒对滴灌小麦籽粒硒含量及产量的影响 [J]. 麦类作物学报, 2015, 35 (7): 995–1001.
- [23] Ducsay L, Lozek O, Marcek M, et al. Possibility of selenium biofortification of winter wheat grain [J]. Plant Soil and Environment, 2016, 62 (8): 379–383.
- [24] Kikkert J, Berkelaar E. Plant uptake and translocation of inorganic and organic forms of selenium [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2013, 65 (3): 458–465.
- [25] 刘庆, 田侠, 史衍玺. 施硒对小麦籽粒硒富集、转化及蛋白质与矿质元素含量的影响 [J]. 作物学报, 2016, 42 (5): 778–783.
- [26] Pedrero Z, Madrid Y, Cámara C, et al. Selenium species bioaccessibility in enriched radish (*Raphanus sativus*): A potential dietary source of selenium [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54 (6): 2412–2417.
- [27] Sun M, Liu G J, Wu Q H, et al. Speciation of organic and inorganic selenium in selenium-enriched rice by graphite furnace atomic absorption spectrometry after cloud point extraction [J]. Food Chemistry, 2013, 141 (1): 66–71.
- [28] Kapolna E, Hillestrom P R, Laursen K H, et al. Effect of foliar application of selenium on its uptake and speciation in carrot [J]. Food chemistry, 2009, 115 (4): 1357–1363.
- [29] 宁婵娟, 丁宁, 吴国良, 等. 喷施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 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (5): 1109–1117.
- [30] Zhao Y G, Wu P T, Wang Y K, et al. Different approaches for selenium biofortification of pear-jujube (*Zizyphus jujuba* M.cv. Lizao) and associated effects on fruit quality [J]. Journal of Food, Agriculture and Environment, 2013, 11: 529–534.
- [31] 高贞攀, 郭平毅, 原向阳, 等. 叶面喷施亚硒酸钠对谷子籽粒含硒量及品质的影响 [J]. 山西农业大学学报 (自然科学版), 2015, 35 (5): 157–161.
- [32] 方勇, 陈曦, 陈悦. 外源硒对水稻籽粒营养品质和重金属含量的影响 [J]. 江苏农业学报, 2013, 29 (4): 760–765.

Research on nutritional characteristics of selenium in ginger

LÜ Chen-hao¹, DENG Xiao-fang¹, CHEN You-en², CHEN Jia-wei³, ZHAO Zhu-qing¹, LIU Xin-wei^{1*} (1. Microelement Research Center, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070; 2. Jianshi Se-enriched Ginger Planting Professional Cooperative, Hubei Jianshi 445300; 3. Jianshi Soil and Fertilizer Station of Hubei Province, Hubei Jianshi 445300)

Abstract: In this study, the effects of selenium on the yield, selenium content, accumulation and distribution in different parts and quality of ginger were studied by spraying selenium on leaves. The aim of this study was to explore the nutritional characteristics of selenium in ginger and provide the basis for the application of Se-enriched ginger. The results showed that spraying selenium significantly increased the selenium content in different parts of ginger, and had a significant effect on the yield of ginger. Spraying selenate at trident stage and expansion stage made the selenium content in each part of ginger 5.5 ~ 8.2 times and 2.8 ~ 4.1 times higher than that of selenite respectively. When selenite was sprayed, the selenium content of ginger peel was higher than that of ginger pulp, when selenate was sprayed, the selenium content of ginger pulp was higher than that of ginger peel. Whenever and whichever the selenium was sprayed, the organic transformation rate of selenium in ginger could get over 57%. When selenium was sprayed at expansion stage the proportion of organic selenium in ginger was higher than that of spraying at trident stage. The contents of Vc, reducing sugar and gingerol of ginger were all increased after spraying selenium, therefore the application of selenium could improve the quality of ginger.

Key words: ginger; selenate; selenite; organic selenium; quality