

硒对常见蔬菜种子萌发的影响及在植株中的分布

胡 婷¹, 李文芳², 向昌国^{1,3,*}, 张汝娇²

(1.吉首大学 林产化工工程湖南省重点实验室, 湖南 张家界 427000; 2.吉首大学城乡资源与规划学院, 湖南 张家界 427000; 3.吉首大学 生态旅游湖南省重点实验室, 湖南 张家界 427000)

摘 要: 分析不同质量浓度的 Na_2SeO_3 对蔬菜种子萌发的影响及硒在蔬菜不同器官中的分布, 采用种子萌发实验和盆栽实验, 应用氢化物发生-原子荧光法测定总硒, 透析法分析有机硒。结果表明: 随着 Na_2SeO_3 质量浓度的升高, 蔬菜种子的发芽势、发芽率、简易活力指数、发芽指数均呈先上升后下降的趋势, 但个体之间存在一定差异。绿豆在2.5 mg/L的处理液条件下各项活力指标达到最好, 但随着 Na_2SeO_3 质量浓度升高, 其各项指标开始下降。蔬菜植株中总硒含量随着浇灌液中 Na_2SeO_3 质量浓度的增加呈明显的上升趋势, 在10.0 mg/L的高硒环境下对硒的富集能力为: 上海青>快菜>茄子>辣椒>西红柿。茄子、辣椒、西红柿3种蔬菜不同部位中硒含量分布存在显著差异, 其中 m (有机硒) $\geq 1/2m$ (总硒)。实验结果可为筛选最适宜水培液中 Na_2SeO_3 质量浓度和选择适宜培育的富硒蔬菜种类, 以及选择硒含量高的部位进食提供理论依据。

关键词: 硒浓度; 蔬菜; 种子发芽指数; 有机硒

Influence of Sodium Selenite on Seed Germination and Selenium Distribution of Common Vegetables

HU Ting¹, LI Wenfang², XIANG Changguo^{1,3,*}, ZHANG Rujiao²

(1. Key Laboratory of Hunan Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie 427000, China;
2. College of Resources and Planning Sciences, Jishou University, Zhangjiajie 427000, China;
3. Key Laboratory for Ecotourism of Hunan Province, Jishou University, Zhangjiajie 427000, China)

Abstract: The influence of different concentrations of Na_2SeO_3 on seed germination of common vegetable seeds and selenium distribution in different plant organs were analyzed. Seed germination experiments and pot experiments were conducted. The total selenium content was determined by hydride generation-atomic fluorescence spectrometry (HG-AFS), and organic selenium was analyzed by the dialysis method. The results showed that the germination potential, germination rates, simple vigor indices, and germination indices of bok choy, cowpea and mung bean increased initially, followed by a decrease with an increase in Na_2SeO_3 concentration, but noticeable differences were observed among individuals. Mung beans treated with 2.5 mg/L Na_2SeO_3 could achieve the best viability, which decreased at higher Na_2SeO_3 concentrations. Total selenium contents in early-ripening Chinese cabbage, tomato, capsicum, eggplant and bok choy showed an obvious upward trend with increasing concentration of Na_2SeO_3 , and their abilities to enrich selenium were in the descending order of bok choy > Chinese cabbage > eggplant > capsicum > tomato. Selenium was distributed significantly differently in various plant organs of eggplant, capsicum and tomato, with organic selenium accounting for no less than 50% of the total selenium amount. These results will provide a theoretical basis for screening optimum concentration of Na_2SeO_3 and suitable vegetables for selenium enrichment.

Key words: selenium concentration; vegetable; germination index (GI); organic selenium

中图分类号: S153.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 07-0045-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201507009

硒是人和动物必需的微量元素之一^[1], 目前全国72%的县市存在不同程度的缺硒状况^[2]。人体主要通过食物摄

取来补充硒元素, 蔬菜在居民的日常生活中占有举足轻重的地位, 是人们日常饮食中的必需品。蔬菜在自然界

收稿日期: 2014-10-17

基金项目: 湖南省教育厅科研基金资助项目 (12C0298); 湖南省科技计划项目 (2011SK3140);

湖南省高校创新平台开放基金项目 (12K110)

作者简介: 胡婷 (1988—), 女, 硕士研究生, 主要从事林业工程研究。E-mail: 328040128@qq.com

*通信作者: 向昌国 (1963—), 男, 教授, 博士, 主要从事土壤生态与旅游生态研究。E-mail: changguox@aliyun.com

硒循环生态链和无机硒转化为有机硒中起着至关重要的作用^[3],因此蔬菜中的硒是人类营养硒的主要来源,直接影响到人类的硒营养状况^[4-6]。从各地土壤硒含量状态看,Se⁴⁺为土壤中主要硒形态,约占40%以上,Se⁶⁺存在硒不到10%^[7]。选择Na₂SeO₃为外源硒对象,分析不同质量浓度Na₂SeO₃处理液对不同蔬菜种子萌发的影响,筛选最适水培液质量浓度。基于不同植物耐硒性不同及同种植物不同部位硒分布差异^[8],探究适宜培养的富硒蔬菜种类及最适补硒食品部位。上海青、绿豆芽为常见茎叶类蔬菜适宜于水培种植,长豆角为豆角类蔬菜,通过分析硒对种子萌芽指标的影响筛选最适合的水培溶液质量浓度;分析常见芽菜绿豆芽对水溶液中硒的富集情况,有利于筛选培育富硒芽菜的最适硒质量浓度;通过盆栽实验研究茄子、辣椒、西红柿茄果类蔬菜以及上海青、快菜茎叶类蔬菜,分析不同硒质量浓度对其生长过程及转运的影响,为富硒蔬菜的生产和开发富硒蔬菜产品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试蔬菜种子为上海青(上海抗热605)、长豆角(特长901)、绿豆(本地)、快菜(神龙536)、油麦菜(无斑香甜脆)。供试蔬菜植株为茄子、辣椒、西红柿均为本地居民常种品种。

1.2 方法

1.2.1 种子萌发实验

实验设置种子培养液中Na₂SeO₃溶液质量浓度为0、0.1、0.5、2.5、5.0、10.0、20.0、40.0、80.0 mg/L。发芽实验参照GB/T 3543—1995《农作物种子检验规程》^[9],每处理100粒种子,重复3次。将各种处理溶液10 mL加入已灭菌的(直径12 cm)培养皿中,种子用0.1% HgCl₂灭菌后置于培养皿中,并在(25±1)℃的光照培养箱中培养,第2天开始统计发芽势,第8天后统计各处理发芽势(germination energy, GE)、发芽率(germination rate, GR)、发芽指数(germination index, GI)、简易活力指数(vigor index, VI)等指标。

$$\text{发芽势}/\% = \frac{\text{正常发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{发芽率}/\% = \frac{\text{发芽8 d累计的发芽数}}{\text{总种子数}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{发芽指数} = \sum (G_t/D_t) \quad (3)$$

$$\text{简易活力指数} = \text{发芽率} \times S_x \quad (4)$$

式中:G_t为t d后的发芽数;D_t为发芽时间/d;S_x为发芽x d后的幼苗干质量/g。

1.2.2 盆栽实验

采用随机区组设计盆栽实验,Na₂SeO₃浇灌液质量浓度为0、0.5、2.5、10.0、80.0 mg/L。取体积相同,形状一致的花盆50个(为了使实验尽可能地处于相同的肥料状况下)每盆约5 kg土壤,将土壤混合后装入花盆后用水浇透。每组实验使用10个花盆,每个花盆栽种1~2棵蔬菜苗(市场购入,选择植株大小长势相近)。每隔7 d在植株周边浇灌一次Na₂SeO₃溶液,水量为200 mL,共浇灌5次,60 d后采样测定。

1.2.3 样品测定

1.2.3.1 样品处理

样品采集后,清洗、烘干、粉碎。称取1.000 g(精确到0.001 g),加10 mL硝酸冷浸过夜,加5 mL H₂O₂,电热板上消解至澄清,加5 mL 6 mol/L盐酸消解0.5 h。冷却后从电热板取下,定容至25 mL容量瓶,待测^[10]。

1.2.3.2 样品硒含量测定

大分子有机硒含量用透析法测定。称取1.000 g(精确到0.001 g)置于规格为8 000~10 000 D的半透膜中,透析72 h^[11]。透析完毕后进行消化处理同1.2.3.1节。

取10 mL待测液加1 mL HCl,混匀,静置30 min,采用氢化物发生-原子荧光法进行测定总硒含量^[12]。

2 结果与分析

2.1 硒对种子萌发及发芽指数的影响

GR是确定作物播种量的重要依据,也是鉴定种子质量好坏的主要标志;GE表示种子发芽的整齐度;VI是表现种子活力比较全面的一项指标,它把种子的发芽能力和幼苗长势综合起来表示,指数数值高,种子活力大;GI是衡量种子萌发好坏的一个重要指标^[13]。从表1比较3种蔬菜种子发现上海青种子在Na₂SeO₃质量浓度1.0 mg/L时GE达到最高85.2%,Na₂SeO₃质量浓度5.0 mg/L时GR达到最高92.0%,Na₂SeO₃质量浓度达到0.5 mg/L时GI达到最高67.3,Na₂SeO₃质量浓度达到10.0 mg/L及以上时种子的发芽率、发芽势均低于对照组;长豆角种子在Na₂SeO₃质量浓度2.5 mg/L时GE达到最高81.7%,GR达到最高86.7%,Na₂SeO₃质量浓度达到1.0 mg/L时GI达到最高70.2,当Na₂SeO₃质量浓度达到10.0 mg/L时种子的发芽率和发芽势均低于对照组;绿豆在Na₂SeO₃质量浓度1.0~5.0 mg/L时GE达到最高100.0%,Na₂SeO₃质量浓度在0.5~5.0 mg/L时GR达到最高100.0%,Na₂SeO₃质量浓度达到0.5 mg/L时GI达到最高88.9,当Na₂SeO₃质量浓度高于10.0 mg/L种子发芽率、发芽势均低于对照组。3种蔬菜种子的活力指数和发芽指数在较低质量浓度处理液条件下呈小幅度上升趋势,总体上随着处理液质量浓度的升高种子的活力指数下降。其中上海青、长豆角、绿豆

达到最高简易活力指数的Na₂SeO₃质量浓度分别为0.5、0.1、1.0 mg/L。从发芽指数看3种蔬菜种子间存在很大差异,但在总体上种子的发芽指数在较低质量浓度Na₂SeO₃处理液条件下具有促进作用,当质量浓度升高到一定值时发芽指数显著下降。本研究的结果与彭诚等^[14]研究在低质量浓度Na₂SeO₃溶液浸种的前提下,对白菜种子的各项生理指标均有促进作用,而在较高质量浓度Na₂SeO₃溶液下表现出抑制作用一致。王玉凤等^[15]发现低质量浓度的硒处理(0~4.0 mg/L)对番茄种子的萌发有促进作用。在硒质量浓度为4.0 mg/L时,其发芽率最大,种子萌发第7天时的芽鲜质量、根鲜质量、芽长、根长、芽干质量和根干质量也达到最大值;而高质量浓度的硒处理(>4.0 mg/L)则表现为一定的抑制作用。对照产生抑制作用的质量浓度发现不同种子类型其抑制质量浓度不同。

表 1 不同质量浓度Na₂SeO₃溶液条件下3种蔬菜种子的生长情况
Table 1 Growth status of three kinds of vegetable seeds at different Na₂SeO₃ concentrations

Na ₂ SeO ₃ 质量浓度/(mg/L)	种类	发芽势/%	发芽率/%	简易活力指数	发芽指数
0	上海青	60.1	65.2	0.059 3	50.3
	长豆角	75.0	80.5	0.232 4	62.8
	绿豆	97.5	99.0	0.042 6	82.0
0.1	上海青	61.5	79.8	0.059 6	59.9
	长豆角	76.3	82.0	0.235 1	65.2
	绿豆	99.5	99.8	0.042 9	88.2
0.5	上海青	72.3	88.5	0.061 4	67.3
	长豆角	78.3	83.3	0.230 2	60.1
	绿豆	99.5	100	0.045 0	88.9
1.0	上海青	85.2	90.0	0.050 8	59.1
	长豆角	78.4	85.0	0.226 6	70.2
	绿豆	100.0	100	0.045 1	80.1
2.5	上海青	80.5	91.1	0.044 0	41.9
	长豆角	81.7	86.7	0.201 9	60.2
	绿豆	100	100	0.040 3	69.1
5.0	上海青	71.0	92.0	0.042 1	30.8
	长豆角	77.2	80.1	0.200 7	47.9
	绿豆	100	100	0.040 0	49.3
10.0	上海青	59.6	63.2	0.035 0	39.2
	长豆角	70.5	77.8	0.190 1	40.1
	绿豆	92.9	93.6	0.022 5	37.1
20.0	上海青	57.9	60.1	0.031 8	38.0
	长豆角	45.9	55.0	0.131 6	30.1
	绿豆	82.0	90.0	0.006 4	31.9
40.0	上海青	40.0	42.5	0.008 5	20.1
	长豆角	10.9	35.9	0.072 7	19.8
	绿豆	28.5	30.5	0.001 0	15.2
80.0	上海青	10.1	29.5	0.003 0	10.3
	长豆角	0.0	0.0	0.000 0	0.0
	绿豆	0.0	0.0	0.000 0	0.0

2.2 不同质量浓度Na₂SeO₃对绿豆芽硒富集及生长的影响

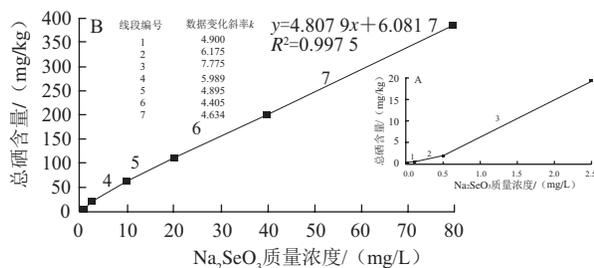


图 1 不同质量浓度Na₂SeO₃溶液条件下绿豆芽中硒含量
Fig.1 Selenium contents in mung bean sprout at different Na₂SeO₃ concentrations

由图1可知,随着Na₂SeO₃质量浓度的升高,绿豆芽中总硒含量也随之升高,总体呈线性相关。绿豆在萌发过程中种子吸水后营养物质由凝胶态转变为溶胶态,进行一系列生化反应。Na₂SeO₃属于无机态,具有一定的毒性,绿豆芽通过根部吸收,微量元素硒通过透析、转化,以游离态形式通过根部细胞膜被植物吸收利用^[16]。但是随着Na₂SeO₃质量浓度的升高,对绿豆芽的生长产生一定的抑制作用,影响了绿豆芽对无机硒的吸收效果,因此从图中直线斜率上看绿豆芽对硒的吸收效率逐渐降低,这与周大寨等^[17]的研究结果一致。

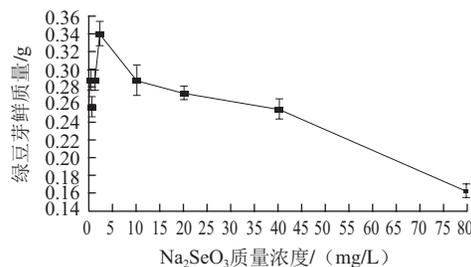


图 2 不同质量浓度Na₂SeO₃溶液条件下绿豆芽鲜质量变化
Fig.2 Fresh weight of mung bean sprout at different Na₂SeO₃ concentrations

由图2可知,随着处理液Na₂SeO₃质量浓度升高,绿豆芽的鲜质量呈先上升后下降的趋势。当处理液质量浓度为2.5 mg/L时绿豆芽鲜质量达到最大,随着质量浓度的升高绿豆芽的鲜质量呈显著下降趋势。低硒环境对绿豆芽的生长并不起抑制作用,反而有一定的促进作用,但是随着Na₂SeO₃质量浓度增加绿豆芽会出现中毒现象,导致绿豆芽生长受到抑制。从绿豆芽鲜质量变化过程可以看出绿豆芽的最适生长质量浓度为2.5 mg/L,这与刘雁丽等^[18]对芽菜的分析结果相近。因此低质量浓度硒环境较适宜培育富硒绿豆芽。

2.3 不同蔬菜在相同条件下对Na₂SeO₃吸收能力的比较

在施加不同质量浓度外源硒条件下,不同蔬菜中总硒含量总体上随着外源硒含量的增加而增加,但在不同

蔬菜种间还存在一定差异。由图3可知,上海青、快菜这些叶类蔬菜在低质量浓度外源硒条件下植株内总硒含量并没有显著增加特别快,当外源硒质量浓度从2.5 mg/L增大至10.0 mg/L时其植物吸收硒含量增加显著。 Na_2SeO_3 溶液质量浓度高于10.0 mg/L的高硒环境下可以看出耐硒性为上海青>快菜>茄子>辣椒>西红柿,说明上海青、快菜叶类植物的耐硒性要强于一般的蔬果即十字花科>茄科。这与Fleming^[19]、张杨杨^[20]等的结果一致,因此发展叶类富硒蔬菜前景更可观。

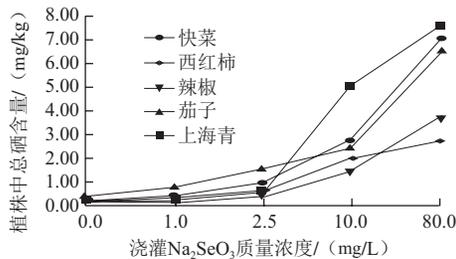


图3 几种蔬菜在浇灌不同质量浓度 Na_2SeO_3 溶液的条件下植株中硒含量
Fig.3 Selenium contents of several kinds of vegetables at different Na_2SeO_3 concentrations

2.4 不同蔬菜不同部位对 Na_2SeO_3 转运能力的比较

表2 蔬菜不同部位中硒含量分布特征

Table 2 Selenium distribution characteristics in different parts of vegetables

种类	部位	含硒量/(mg/kg)	分布百分比/%
茄子	根	0.245 6	11.44
	茎	0.322 5	15.02
	叶	1.139 1	53.04
	果	0.440 2	20.50
辣椒	根	0.634 5	35.29
	茎	0.232 0	12.90
	叶	0.604 5	33.62
西红柿	果	0.327 0	18.19
	根	0.165 7	74.00
	老茎	0.016 5	7.37
	嫩茎	0.001 1	0.49
	叶	0.003 2	1.43
青果	红果	0.030 0	13.40
	青果	0.007 4	2.31

由表2可知,3种蔬菜采于同一时间同一水平,其不同部位硒含量分布结果表明,茄子中:叶>果>茎>根;辣椒中:根>叶>果>茎;西红柿中:根>红果>老茎>青果>叶>嫩茎。因此不同蔬菜总类其不同部位硒含量存在显著差距,这与植物的代谢水平关系密切。在相同处理条件下分析茄子、辣椒、西红柿3种蔬菜植株不同部位中硒含量分布情况发现存在显著差异,与Wan等^[21]研究发现同一植物不同部位吸收硒的能力各异,通常含量为非食用部位大于可使用部位。同时杨三东^[22]研

究发现红三叶草成熟时各器官的硒含量:根>叶>种子>茎。这一结果可能是由于硒在植株中的分布逐渐由生理活性低的部位向生理活性高的部位转移的原因^[23]。由于硒元素对于植株来说既具有有益性又具有毒性的双向作用^[24], Biacs等^[25]研究发现一般非硒积累植物含硒量>50 mg/kg时,就会出现植株中毒,表现出生长缓慢、植株矮小、叶子失绿等中毒症状。因此合理施加硒肥,安全补硒必须要在了解植物的生理生化过程和对硒的吸收规律的基础上实施。

表3 蔬菜中有机硒含量占总硒的百分比

Table 3 Ratios between organic selenium content and total selenium in vegetables

种类	总硒含量/(mg/kg)	有机硒含量/(mg/kg)	有机硒占总硒百分比/%
茄子	0.440 2	0.352 4	80.05
辣椒	0.327 0	0.260 2	79.57
西红柿	0.030 0	0.027 0	90.00

由表3可知,3种蔬菜在同样条件下富硒能力差距显著,其中茄子>辣椒>西红柿。通过分析其中有有机硒含量发现西红柿>茄子>辣椒。基于有机硒的毒性要远远小于无机硒,因此最安全的补硒途径是摄入足量的有机硒^[26]。从实验结果发现植物中有机硒含量占总硒含量79.57%以上,因此开发富硒蔬菜产品是安全有效的补硒途径。由于不同蔬菜品种的差异,个体中总硒含量高并不代表有机硒含量高,因此选择高效安全的补硒植物尤为重要。

3 结论

上海青、长豆角、绿豆3种蔬菜种子萌发的4项指标(发芽率、发芽势、简易活力指数、发芽指数)随着 Na_2SeO_3 处理液质量浓度的增加呈先上升后下降的趋势。这说明低质量浓度的 Na_2SeO_3 处理液对种子萌发具有促进作用,而高质量浓度的 Na_2SeO_3 处理液对种子萌发具有较强的抑制作用,不同种子在 Na_2SeO_3 处理液下的最适萌发质量浓度不同。

在10.0 mg/L的高硒环境下可以看出蔬菜植株的耐硒性为:上海青>快菜>茄子>辣椒>西红柿。茄子、辣椒、西红柿3种蔬菜在同一时间同一水平处理下,其不同部位硒含量分布结果表明,茄子中:叶>果>茎>根;辣椒中:根>叶>果>茎;西红柿中:根>红果>老茎>青果>叶>嫩茎。不同植物中有机硒含量所占总硒比例不尽相同,大分子有机硒比例均超过总硒的一半以上。

基于植物品种的多样性、复杂性,要想得到更加准确的结论,还需对多种种子、植株进行大量实验,从而进一步总结出硒在种子、植株生理生化过程中的具体机理。

参考文献:

- [1] 刘慧超, 李春梅. 微量元素对人体和植物的作用[J]. 中国园艺文摘, 2009(2): 165-166.
- [2] CORNELIS R. Handbook of trace element speciation[M]. England: John Wiley & Sons Publisher, 2002.
- [3] 刘铮. 中国土壤微量元素[M]. 南京: 江苏科学出版社, 1996: 330-362.
- [4] 尚庆茂, 李平兰. 硒在高等植物中的生理作用[J]. 植物生理学通报, 1998, 34(4): 284-288.
- [5] 熊又升, 袁家富, 侣国涵. 硒在农业生物学中的特殊地位分析[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(2): 266-269.
- [6] 邓英, 付德强, 杨艳梅, 等. 硒中毒的研究与防治[J]. 现代畜牧兽医, 2005(5): 43.
- [7] 张艳玲, 潘根兴, 李正文, 等. 土壤-植物系统中硒的迁移转化及低硒地区食物链中硒的调节[J]. 土壤与环境, 2002, 11(4): 388-391.
- [8] 赵春梅, 曹启明, 唐群峰, 等. 植物富硒规律研究进展[J]. 热带农业科学, 2010, 30(7): 82-86.
- [9] 全国种子站, 浙江农业大学. GB/T 3543—1995 农作物种子检验规程[S]. 北京: 国家技术监督局, 1995.
- [10] 苟体忠, 唐文华, 张文华, 等. 氢化物发生-原子荧光法测定植物样品中的硒[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(5): 1401-1404.
- [11] 左银虎. 富硒枸杞中硒形态分析[J]. 中国食物与营养, 2008, 14(7): 55-56.
- [12] 刘明钟. 原子荧光应用手册[M]. 北京: 北京吉天仪器有限公司, 2012: 225-228.
- [13] 比尤利J D, 布莱克M. 种子萌发的生理生化: 第1卷 发育、萌发与生长[M]. 江苏: 江苏植物研究所, 1981: 1-4.
- [14] 彭诚, 丁莉, 王军. 硒对白菜种子发芽率及幼苗生长的影响[J]. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 2006, 24(1): 91-93.
- [15] 王玉凤, 徐暄, 孙其文. 硒浸种对番茄种子萌发的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(10): 2461-2463.
- [16] 徐汉卿. 植物学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1994: 42-53.
- [17] 周大寨, 朱玉昌, 张驰, 等. 硒浸种对芸豆种子萌发的影响[J]. 湖北民族学院学报: 自然科学学报, 2007, 25(1): 91-93.
- [18] 刘雁丽, 吴峰, 宗昆, 等. 富硒芽菜的培育及几种大众蔬菜硒含量分析[J]. 江苏农业科学, 2010(3): 204-206.
- [19] FLEMING G A. Selenium in Irish soil and plants[J]. Soil Science, 1962, 94: 28-35.
- [20] 张杨杨, 焦自高, 艾希珍, 等. 硒对植物的生理作用及富硒瓜果研究进展[J]. 中国瓜菜, 2014, 27(1): 5-9.
- [21] WAN H F, MIKKELESEN R L, PAGE A L. Selnium uptake by some agricultural crops from central California soil[J]. Environment Quality, 1988, 17: 269-272.
- [22] 杨三东. 红三叶草中硒的生理生化及其富集规律研究[D]. 湖南: 湖南农业大学, 2005.
- [23] 吴建国. 冬小麦地上器官对硒元素吸收累积和分配研究[J]. 华北农学报, 1989, 4(4): 39-43.
- [24] 徐文. 硒的生物有效性及植物对硒的吸收[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(23): 46-47.
- [25] BIACS P A, DAOOD H G, KODAR L. Effect of Mo, Zn and Cr treatments on the yield, element concentration, and carotenoid content of carrot[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 43: 589-591.
- [26] ZHENG Jian, KOSMUS W. Retention study of inorganic and organic selenium compounds on a silica-based reversed phase column with mixed ion-pairing reagents[J]. Chromatographia, 2000, 51(5/6): 338-344.