

于云霞,史亚东,陈发棣,等. 亚硒酸钠喷施方式对滁菊富硒效果的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):131-134.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.02.032

亚硒酸钠喷施方式对滁菊富硒效果的影响

于云霞¹,史亚东²,陈发棣¹,房伟民¹,陈素梅¹,张 飞¹,管志勇¹

(1. 南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095; 2. 安徽菊泰滁菊草本科技有限公司,安徽滁州 239000)

摘要:在滁菊营养生长期、花芽分化期、现蕾期、花蕾显色期等 4 个不同时期叶面喷施 50 mg/L 的亚硒酸钠,另在滁菊花蕾显色期分别喷施 5、10、30、50、80 mg/L 5 种浓度的亚硒酸钠,通过比较喷施后滁菊花朵中硒含量以及总黄酮、绿原酸的含量,探讨滁菊合适的喷施时间和喷施浓度。结果表明,花芽分化期和花蕾显色期叶面喷施亚硒酸钠,滁菊花朵中总硒、茶水中硒含量显著高于其他处理,其中花芽分化期喷施,花朵中有机硒的含量最高,花芽分化期和现蕾期喷施,可以显著提高滁菊花朵中总黄酮和绿原酸的含量;随着喷施硒浓度的升高,总硒、有机硒、无机硒的含量显著提高,总黄酮含量呈现降低的趋势,而绿原酸含量没有显著变化。

关键词:滁菊;亚硒酸钠;有机硒;黄酮;绿原酸

中图分类号: S682.1+10.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)02-0131-04

药用菊花为菊科植物菊 (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) 的干燥头状花序,是我国传统中药材和保健茶饮之一^[1]。滁菊作为药用菊花主流栽培类型之一^[2],位居四大名菊(滁菊、亳菊、贡菊、杭白菊)之首,是茶用、药用两用佳品^[3-5],具有疏风热、清肝明目、解毒等功效^[6]。

硒作为人体所必需的微量元素,具有多种有益的生物学功能^[7],适量摄入硒不仅增强机体免疫功能,拮抗重金属毒性,而且还对癌症的预防和治疗具有重要作用^[8]。调查发现成人每日的硒摄入量仅为 26.63 μg,距中国营养学会推荐日摄入量 50 μg 相差甚远^[9]。因此合理提高农产品硒水平是补

充人类硒营养需要的重要途径^[10]。近年来,大量的研究证明,通过根施 Se 或叶面喷 Se 的方式,能提高玉米、小麦、大豆、水稻、油菜、茄子、小白菜和番茄等农产品的 Se 含量,这些农产品通过吸收无机硒将其转化为安全、有效的生物有机态 Se,为人类提供了安全、有效的补硒途径^[11-17]。我国整体而言是个硒缺乏的国家,有 72% 的土壤缺硒^[18],但同时硒是人体所必需的微量元素,须在硒含量安全标准内补充,不合理地添加硒的方式可导致作物硒含量超标^[19]。

向土壤中添加硒肥提高药用菊花 Se 含量,存在硒利用率不高的缺点^[11],但这种方式在黄山贡菊上富硒效果较好^[20],对抗白菊花前 2 d 喷施 1 次效果不佳,而 2 次可以有效提高硒的含量^[21]。滁菊素有“金心玉瓣,翠蒂天香”之称,生产富硒滁菊对滁菊丰富产品种类及提升产品品质意义重大,目前尚无生产富硒滁菊的报道。

本试验在大田栽培条件下,向滁菊叶面喷施亚硒酸钠,探讨滁菊最佳的喷施时间和喷施浓度,为开发具有保健功能的富 Se 菊花茶等保健饮品,提升滁菊的产品品质、实现人们安全补 Se 的途径提供技术依据。

收稿日期:2017-09-28

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201403039);江苏省农业三新工程[编号: SXGC(2017002)]。

作者简介:于云霞(1990—),女,山东德州人,硕士研究生,主要从事菊花遗传育种与生理栽培研究。E-mail:1540158673@qq.com。

通信作者:管志勇,副教授,主要从事园艺植物遗传育种和栽培技术研究。E-mail:guanzy@njau.edu.cn。

[5] 黄晓璐. 浅谈大气污染的危害及防治措施[J]. 环境科技,2010,23(增刊2):136-137.

[6] Darrall N M. The effect of air pollutants on physiological processes in plants[J]. Plant Cell & Environment,1989,12:1-30.

[7] 孙向武,朱 磊,王国锋,等. 常见绿化树种对大气中二氧化硫的净化能力研究[J]. 湖北农业科学,2008,47(3):293-295.

[8] 孙 华. 二氧化硫胁迫对园林植物生长和叶片含硫量的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2015,46(2):168-172.

[9] 宋 彬,王得祥,张 义,等. 13 种园林树种叶片解剖结构与其二氧化硫吸收能力的关系[J]. 西北植物学报,2015,35(6):1206-1214.

[10] 吴洪丽,郝 瑜,刘 岚,等. 桑树对大气中二氧化硫和氟化物的抗性及其吸收能力研究[J]. 湖北农业科学,2015,54(24):6290-6293.

[11] 朱守超,李仲麟. 徐州市二氧化硫污染状况与防治对策[J]. 江

苏环境科技,2004,17(增刊1):26-28.

[12] 杨 丹,杨晓晓,钟霞飞,等. 3 种阴生地被植物对 SO₂ 胁迫的生理响应及净化能力[J]. 西北植物学报,2017,37(1):115-123.

[13] 张德强,孔国辉,温达志,等. 园林绿化植物的抗性及其对 SO₂ 和 Pb 净化能力分析[J]. 广州环境科学,2003,18(1):22-25.

[14] 潘 文,张卫强,张方秋,等. 广州市园林绿化植物苗木对二氧化硫和二氧化氮吸收能力分析[J]. 生态环境学报,2012,21(4):606-612.

[15] 朱凤荣,朱 南. 几种绿化树种叶片含硫量分析[J]. 北方园艺,2012(24):61-63.

[16] Prasad B J, Rao D N. Relative sensitivity of a leguminous and a cereal crop to sulphur dioxide pollution [J]. Environmental Pollution,1982,29(1):57-70.

[17] 杨晓晓,杨 丹,方欢欢,等. 3 种地被植物对二氧化硫胁迫的生理响应[J]. 西北植物学报,2016,36(2):361-369.

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料滁菊种源由安徽菊泰滁菊草本科技有限公司滁州南谯区大柳基地提供。试验地点位于南京农业大学菊花试验基地。滁菊采用扦插育苗,定植前 20 d 选取生长一致、健壮、无病虫害的插穗扦插。插穗长 8~10 cm,经多菌灵和萘乙酸混合液浸泡 10 min 后扦插。扦插基质为 $V_{\text{(蛭石)}}:V_{\text{(珍珠岩)}}=1:1$,扦插温度为 22~30 ℃,空气湿度为 80%。定植前翻耕土壤,翻耕深度为 25 cm 左右。整平耙细后作畦,畦宽 2 m,畦高 30 cm,两畦间距为 30 cm,四周设有排水沟。

1.2 试验设计

设置 2 个试验,试验 1:在滁菊成株后的不同时期叶面喷施亚硒酸钠(浓度为 50 mg/L),4 个喷施的时期分别为营养生长期(8 月 23 日)、花芽分化期(9 月 8 日)、现蕾期(9 月 24 日)、花蕾显色期(10 月 11 日);试验 2:在滁菊花蕾显色期喷施不同浓度的亚硒酸钠,喷施浓度分别为 5、10、30、50、80 mg/L。选择无风的下午至黄昏时分(或多云天气)进行叶面喷施,若喷施后的 24 h 内遇雨,则补喷^[22],每个处理重复 3 次,每个重复含 10 个单株,喷硒程度以叶正反面均匀布满雾状水滴为宜,对照喷施等量蒸馏水。

1.3 样品准备

盛花期分别采收不同处理的花朵,各处理的鲜花在 65 ℃烘干,将烘干的样品分成 2 份,1 份粉碎、过 20 目筛,装自封袋待用,用于测定花朵中总硒、无机硒、有机硒、总黄酮、绿原酸的含量^[21];另外 1 份用于茶水中硒含量的测定,具体方法为取 3 朵烘干的滁菊花,加 200 mL 沸水冲泡,待茶水冷却后,取 10 mL 茶水进行硒含量的测定^[9]。

1.4 测定方法

1.4.1 总硒含量的测定方法 精确称取 0.1 g 滁菊粉末,置于 PTFE 微波消解罐中,加入 2 mL 浓硝酸消解,待消解结束冷却后,将消解液在电热板上加热到伴有白雾时,继续加热至约 2 mL 左右,冷却加 6 mol/L 盐酸溶液 2 mL,加热至清亮无色并伴有白雾出现,冷却,转移至 25 mL 容量瓶中,加入浓盐酸 2 mL,用重蒸水定容后混匀待测,同时做试剂空白。参考 GB 5009.93—2017《食品安全国家标准 食品硒的测定》,采用氢化物发生-原子荧光光谱法测定滁菊花朵中硒含量。

1.4.2 黄酮和绿原酸含量的测定方法 黄酮含量的测定参照舒俊生等建立的乙醇超声波提取总黄酮法^[23],选用紫外分光光度计测定其含量。

绿原酸的提取与含量测定:参考 2015 年版《中华人民共和国药典》中的测定方法,选用超高效液相色谱法(UPLC)进行测定^[24-25]。

1.5 数据处理

用 SPSS 20.0 进行数据统计分析,用 Duncan's 的新复极差法测定差异显著性,用 Excel 进行绘图制表。

2 结果与分析

2.1 不同生长发育时期喷硒对滁菊花朵中硒含量的影响
研究发现,在不同时期叶面喷施亚硒酸钠,均显著提高了滁菊花朵中硒含量(表 1)。其中在花芽分化期和花蕾显色期对滁菊进行喷硒处理,花朵中总硒含量显著高于其他处理,花芽分化期喷施,花中有机硒的含量占总硒含量的 72.49%,相对其他处理最高;花蕾显色期喷施,花中有机硒含量占总硒含量的 62.56%。不同时期喷施亚硒酸钠,茶汤含硒的绝对含量存在较大差异,但各处理菊花茶中硒的浸出率相差不大,在 14.29%~16.41%之间。花蕾显色期喷施菊花茶中硒的含量最高,硒的浸出率可达 16.41%。

表 1 不同时期喷硒处理对滁菊硒含量的影响

发育阶段	花朵总硒含量 (μg/g)	花朵有机硒含量 (μg/g)	花朵无机硒含量 (μg/g)	有机硒比例 (%)	茶水中硒含量 (μg/g)	硒浸出率 (%)
营养生长期	0.63±0.27c	0.45±0.02d	0.18±0.01d	71.43	0.09±0.006c	14.29
花芽分化期	1.89±0.31a	1.37±0.03a	0.52±0.01b	72.49	0.30±0.005a	15.87
现蕾期	0.90±0.04b	0.62±0.02c	0.28±0.01c	68.89	0.14±0.005b	15.56
花蕾显色期	1.95±0.04a	1.22±0.02b	0.73±0.02a	62.56	0.32±0.005a	16.41
对照	0	0	0	0	0	0

注:数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平(Duncan's 新复极差法)。表 2 同。

2.2 不同浓度亚硒酸钠处理对滁菊花朵中硒含量的影响

研究发现,随着喷硒浓度的升高,滁菊中总硒、有机硒的含量显著增大,喷硒浓度为 80 mg/L 时,花中硒含量可达 3.92 μg/g,各处理间有机硒占总硒的比例相差不大,在 64.89%~69.39%之间。随着喷硒浓度的升高,茶水中硒的

含量有增大的趋势,喷施浓度为 80 mg/L 时,茶水中硒的浸出率最高,可达 16.84%(表 2)。

2.3 滁菊生长发育的不同时期喷硒对滁菊花朵中总黄酮、绿原酸含量的影响

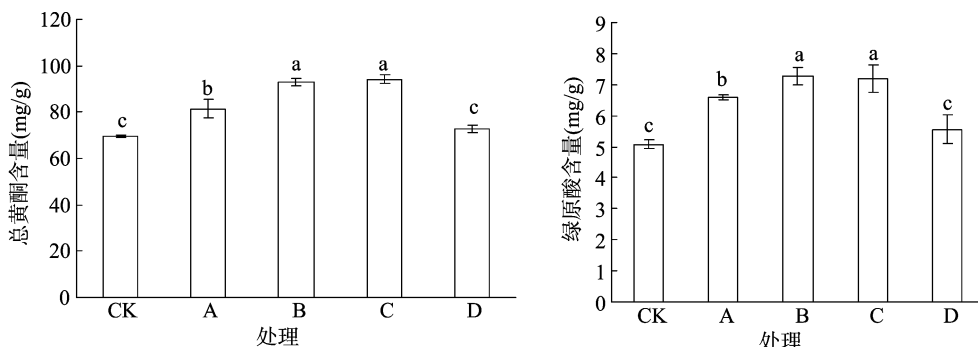
施硒对滁菊中总黄酮、绿原酸含量有明显影响(图 1)。

表 2 不同浓度喷硒处理对滁菊硒含量的影响

处理 (mg/L)	花朵总硒含量 (μg/g)	花朵有机硒含量 (μg/g)	花朵无机硒含量 (μg/g)	有机硒比例 (%)	茶水中硒含量 (μg/g)	硒浸出率 (%)
5	0.12±0.008e	0.08±0.007e	0.04±0.001d	66.67	0.02±0.0008d	16.67
10	0.34±0.086d	0.23±0.055d	0.12±0.032d	67.65	0.04±0.0115d	11.76
30	1.17±0.019c	0.78±0.010c	0.38±0.009c	66.67	0.17±0.0026c	14.53
50	1.88±0.019b	1.22±0.026b	0.66±0.008b	64.89	0.31±0.0058b	16.49
80	3.92±0.111a	2.72±0.062a	1.21±0.061a	69.39	0.66±0.0243a	16.84

与对照相比,施硒能够显著提高滁菊中主要药效成分总黄酮和绿原酸的含量。前 3 个时期喷硒滁菊中总黄酮、绿原酸的含量显著高于对照;第 4 个时期喷硒滁菊中总黄酮、绿原酸的

含量与对照相比没有显著差异。花芽分化期和现蕾期喷硒,效果最好,滁菊中总黄酮、绿原酸的含量分别达到 94.21、92.92 mg/g 和 7.29、7.18 mg/g。



A—营养生长期; B—花芽分化期; C—现蕾期; D—花蕾显色期。柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。图 2 同

图1 不同时期喷硒处理对滁菊总黄酮含量和绿原酸含量的影响

2.4 不同浓度亚硒酸钠处理对滁菊花朵中总黄酮、绿原酸含量的影响

研究发现,不同浓度的硒处理对滁菊中总黄酮含量的影响显著,滁菊花中总黄酮含量随着施硒量的增加而减少,但较

对照处理仍有明显提高(图 2)。当施硒浓度为 5 mg/L 时,滁菊花中总黄酮含量最高,可达 88.08 mg/g。与对照相比,不同浓度处理对滁菊中绿原酸的含量没有显著影响。

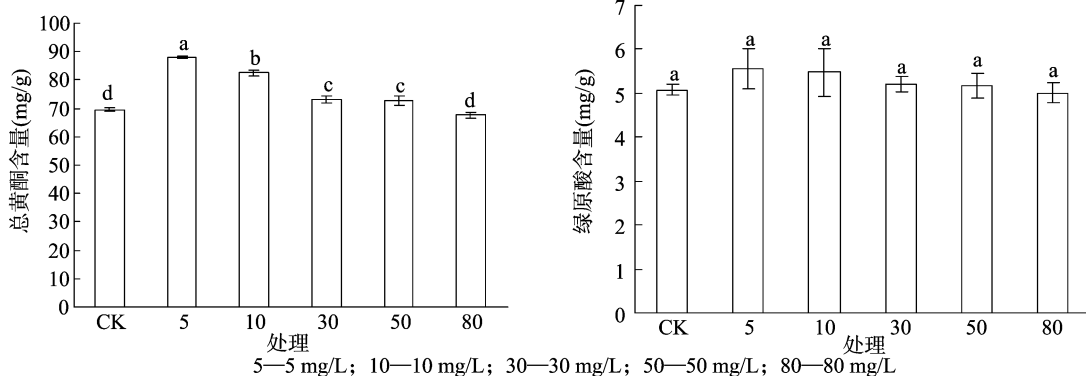


图2 不同浓度喷硒处理对滁菊总黄酮和绿原酸含量的影响

3 讨论

研究表明,植物体富硒途径主要通过根部和植物叶面吸收,植物体根部从土壤中吸收硒元素,再转运到地上部^[26],不同状态硒元素运转速率有所不同:硒酸盐 > 有机硒 > 亚硒酸盐^[27-28],转运到叶片中的硒酸盐含量最多。大量研究表明,通过叶面喷硒,能提高玉米、小麦、大豆、水稻、油菜、茄子、小白菜和番茄等农产品的 Se 含量^[11],本试验采用叶面喷施亚硒酸钠的方法,可以提高硒的生物可利用性。周勋波等发现春小麦在孕穗期喷施效果优于拔节期或开花期,在提高籽粒中硒的含量方面效果更为显著^[29]。本试验结果表明,在滁菊生长发育的不同时期喷硒,滁菊中硒的含量都显著增大,花芽分化期喷硒效果最佳,有机硒的转化率最高。张慧等研究发现,小洋菊、大洋菊经富硒处理后硒含量明显提高^[21],本试验结果与之一致;其中有机硒转化率仅达 31% ~ 55%,低于本试验的有机硒转化率,而且还发现喷施硒 2 次有利于硒吸收和有机硒转化。

有关研究表明,人体摄取有机硒,高效、安全,而食用无机硒,不仅低效,而且易中毒,人体对有机硒的吸收效果优于无

机硒。有机硒进入食物链也比无机硒安全、有效^[30]。作物可以通过自身的生理代谢,将生物活性低的无机硒转化为生物活性高的有机硒^[9]。富硒胡萝卜中有机硒的转化率最高达 84%^[31];富硒大蒜中有机硒占总硒的 80% 以上^[32];富硒茄子中有机硒的转化率最高达 84%^[14];薛丹等对乌龙茶硒肥试验研究发现,各处理茶叶的有机硒占全硒量 73.8% ~ 87.3%^[9]。本试验中在不同时期对滁菊喷硒,滁菊中有机硒占全硒含量的 62.56% ~ 72.49%,对人体补充有机硒十分有益。

研究发现硒能显著提高绿茶的感官品质,游离氨基酸和蛋白质含量显著提高,茶多酚和叶绿素含量则没有显著差异^[33]。施硒能够显著提高药用菊花中主要药效成分总黄酮和绿原酸的含量^[11],富硒菊花茶可作为一种补硒饮料,茶汤含硒量是最重要的品质指标^[34-35]。本试验表明,不同时期喷施亚硒酸钠,茶汤含硒量存在较大差异最低为 0.02 μg/g,而高的可达 0.66 μg/g,但各处理菊花茶中硒的浸出率相差不大,在 14.29% ~ 16.41% 之间。喷施亚硒酸钠后,滁菊花中总黄酮和绿原酸含量显著增高,与前人研究结果一致,花芽分化期和现蕾期喷施滁菊中总黄酮和绿原酸增幅最大。随着喷

硒浓度的升高,绿原酸的含量没有显著变化;滁菊中总黄酮含量呈现降低的趋势,但显著高于对照,与田秀英等在苦荞上的研究^[36]一致。

在滁菊生长发育的不同时期进行喷硒处理,滁菊花朵中硒含量显著增加,花芽分化期和花蕾显色期喷施,滁菊花朵中总硒、茶水中硒含量显著高于其他处理;花芽分化期喷施,花朵中有机硒的含量最高;花芽分化期和现蕾期喷施,能显著提高滁菊中总黄酮和绿原酸的含量。随着亚硒酸钠喷施浓度的升高,滁菊花朵中硒含量显著增加,总黄酮含量呈现降低趋势,喷施浓度为 80 mg/L 时,滁菊中总黄酮含量和对照相比差异不显著。综上所述,建议滁菊的最佳喷硒时间为花芽分化期,最佳喷施浓度为 50 mg/L。

菊花是富硒能力较强的植物^[6],本研究在滁菊上结果也支持此结论,因此,通过富硒菊花生产,可提高菊花品质,增加了通过饮用富硒菊花茶补充人体硒元素的途径。行业标准规定富硒菊花茶含硒量范围为 0.25 ~ 4.00 mg/kg^[37],本试验中所采用的各种添加方式中滁菊花朵中硒含量最高为 1.95 mg/kg,处于标准范围内,是可行的添加量。按照正常的饮用量及滁菊硒的浸出率按 16% 计算,实际获得硒在正常人每日推荐的范围内,因此富硒滁菊菊花茶是安全、有效的补硒饮品。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典(第一部)[M]. 广州:广东科技出版社,2010:270-360.
- [2] 靳 森. 滁菊品质影响因子的初步研究[D]. 南京:南京农业大学,2009.
- [3] 陈世勇,李英峰,史亚东,等. 滁菊低产原因分析及对策[J]. 安徽农业科学,2011,39(10):5784-5785.
- [4] 陈少工,黄元宁,郑冬梅. 无公害滁菊优质高效栽培技术[J]. 安徽农业科学,2006,34(10):2172.
- [5] 晋秀龙,郑朝贵. 滁州菊花资源的开发及产业对策[J]. 生物学报,2002,18(1):30-31.
- [6] 周 晶. 菊花的富硒作用及其抗氧化活性研究[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- [7] Schwarz K, Foltz C M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration[J]. Nutrition, 1999, 15(3):255.
- [8] 马秀杰,张跃安. 硒对人体健康影响研究进展[J]. 中国公共卫生,2009,25(8):1021-1023.
- [9] 薛 丹. 乌龙茶硒肥试验研究[D]. 南京:南京林业大学,2010.
- [10] 杨光圻. 膳食硒需要量和安全摄入量范围研究结果述要[J]. 营养学报,1992,14(3):318-321.
- [11] 李永明,孙玉新,刘德辉. 施硒对药用菊花主要有效成分和花中硒含量的影响[J]. 土壤,2010,42(4):618-623.
- [12] 罗盛国,徐宁彤,刘元英. 叶面喷硒提高粮食中的硒含量[J]. 东北农业大学学报,1999,30(1):18-22.
- [13] 吴永尧,罗泽民,彭振坤. 不同供硒水平对水稻生长及水稻对硒的富集作用[J]. 湖南农业大学学报,1998,24(3):176-179.
- [14] 杜振宇,史衍玺,王清华. 施硒对茄子吸收转化硒和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(3):298-301.
- [15] 施和平,张英聚,刘振声. 番茄对硒的吸收、分布和转化[J]. 植物学报(英文版),1993,35(7):541-546.
- [16] 史衍玺,杜振宇,马 丽,等. 不同施硒方式下小白菜对硒的吸收与累积特征[J]. 土壤通报,1998,29(5):299-303.
- [17] 唐巧玉,吴永尧,周毅峰,等. 大豆对硒的富集动态的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(3):424-426.
- [18] 赵中秋,郑海雷,张春光,等. 土壤硒及其与植物硒营养的关系[J]. 生态学杂志,2003,22(1):22-25.
- [19] 姜超强,沈 嘉,祖朝龙. 水稻对天然富硒土壤硒的吸收及转运[J]. 应用生态学报,2015,26(3):809-816.
- [20] 许月明,周守标,孔娟娟. 富硒黄山贡菊中硒的浸出率及硒形态分析[J]. 绵阳师范学院学报,2017,36(5):55-57.
- [21] 张 慧,邹延军,陶 谦,等. 富硒条件对杭白菊硒含量的影响[J]. 无锡轻工大学学报,2001,20(2):150-153.
- [22] 李 静,夏建国,李廷轩,等. 喷施亚硒酸钠对茶叶硒含量及化学品质的影响[J]. 江苏农业科学,2007(3):186-187.
- [23] 舒俊生,黄桂东,毛 健. 滁菊 95% 乙醇提取液中黄酮类和酚酸类物质的鉴定及分离[J]. 中国食品学报,2013,13(4):207-213.
- [24] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 北京:中国医药科技出版社,2015:133-134.
- [25] 曹 磊,端裕树. 中药材高效液相色谱检定[M]. 北京:化学工业出版社,2013:651-653.
- [26] Hamilton J W, Beath O A. Selenium uptake and conversion by certain crop plants[J]. Agronomy Journal, 1963, 55(6):528-531.
- [27] Arvy M P. Selenate and selenite uptake and translocation in bean plants(*Phaseolus vulgaris*)[J]. Journal of Experimental Botany, 1993,44(6):1083-1087.
- [28] Zayed A, Lytle C M, Terry N. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants[J]. Planta, 1998, 206(2):284-292.
- [29] 周勋波,吴海燕,洪延生,等. 作物施硒研究进展[J]. 中国农业科技导报,2002,4(6):45-50.
- [30] 殷金岩. 不同硒肥对马铃薯硒素吸收转化及产量、品质影响的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [31] 杜振宇,史衍玺,王清华. 土壤施硒对萝卜吸收转化硒及品质的影响[J]. 土壤,2004,36(1):56-60.
- [32] 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.
- [33] 余 芳. 富硒绿茶功能成分的抗氧化和抗肿瘤作用及其机理研究[D]. 南京:南京农业大学,2007.
- [34] 荫士安. 茶叶中硒含量、浸出率及浸出液中硒的存在形式[J]. 卫生研究,1989,18(4):147.
- [35] 胡秋辉,潘根兴,丁瑞兴,等. 富硒茶硒的浸出率及其化学性质的研究[J]. 中国农业科学,1999,32(5):69-72.
- [36] 田秀英,王正银. 总黄酮和芦丁含量分布与累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(4):721-727.
- [37] 翁 昆,刘铁兵,胡国桥,等. 富硒茶的质量与标准[J]. 中国茶叶加工,2014(1):5-7.