

施硒对药用菊花主要有效成分和花中硒含量的影响^①

李永明, 孙玉新, 刘德辉*

(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘要: 采用砂培盆栽试验探讨施Se对药用菊花花中总黄酮、绿原酸和Se含量的影响。结果表明, 在施Se量不超过 2.0 mg/kg 时能促进药菊的生长, 提高药菊花中总黄酮、绿原酸的含量, 药菊花、茎叶和根的干重和花中的总黄酮、绿原酸含量均随施Se量的增加而增加; 其中以施Se量为 2.0 mg/kg 处理的效果最佳, 该施Se量处理药菊花干重、根干重、花中绿原酸含量与施Se量分别为 0、0.25、0.5、1.0 mg/kg 各处理以上各相应指标的差异均达到显著水平, 该施Se量处理药菊花中总黄酮含量高于其他所有 5 处理, 并与施Se量为 0 mg/kg 和 0.25 mg/kg 两处理药菊花中总黄酮含量的差异达到显著水平。过量施Se (4.0 mg/kg) 对药菊的生长表现出一定抑制作用, 其药菊各部位生物量和花中总黄酮、绿原酸含量均低于施Se量 2.0 mg/kg 的处理。药菊花、茎叶和根中的Se含量均随施Se量的增加而增加, 菊花茎叶和根中的Se含量与施Se量呈线性相关关系, 而菊花花中的Se含量 (y) 与施Se量 (x) 符合一元二次回归方程: $y = -0.8175x^2 + 6.0045x + 0.1363$ 。施用适量的Se既能显著提高药菊花中总黄酮和绿原酸含量, 又能大幅提高花中的Se含量, 这为富Se菊花及其系列产品的研发提供了理论依据。

关键词: 药用菊花; 施硒; 总黄酮; 绿原酸; 富硒菊花

中图分类号: S143.7; R282.2

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, 具有“散风清热、平肝明目”的功效^[1]。其活性成分主要包含挥发油、黄酮、绿原酸、微量元素等^[2-3], 其中《中国药典》一部 (2005 年版) 已将绿原酸定为药用菊花内在质量评价标准^[1]。现代药理学研究表明, 药用菊花具有抗菌、抗炎、抗氧化、舒血管、降血脂、抗肿瘤、驱铅等多种药理作用^[4], 据报道, 菊花中一些由木犀草素和芹菜素组成的苷具有抗癌和抗艾滋的活性^[5-7]。

Se 是人体必需的微量元素, 具有保护心脏、防治克山病和大骨节病、提高肌体免疫力、抗肿瘤、延缓衰老、颞颥某些重金属元素等多种生物学功能^[8]。据国外资料, 环境和人体Se水平的低Se状况与各种癌症的总死亡率增高有关, 增加Se的摄取, 可减少癌症的发生。随着对Se的生理作用和药理作用的不断认识和提高, Se的营养学问题越来越引起人们的重视。近年来, 大量的研究证明, 通过施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^[9-14], 这些农产品中的Se经

过植物吸收、转化为安全、有效的生物有机态Se, 这为解决人体和动物的补Se提供了安全、有效的途径, 对缺Se地区人们补充Se营养、治疗和预防Se缺乏症具有重要的应用价值。

Se在地球上的分布极不平衡, 世界上 40 多个国家和地区缺Se。我国从东北到西南有一广阔的缺Se地带, 全国有 72% 的县是低Se或缺Se县, 约 7 亿人生活在低Se地区。河南省绝大部分地区是低Se区, 洛宁、卢氏、灵宝、陕县和渑池等地区曾因缺Se发生克山病和大骨节病。缺Se已严重威胁国民的身体健康并造成潜在危害。多种中草药中含有微量Se, 林慧彬等^[3]研究发现, 我国 8 种商品菊花均含有一定量的Se, 但通过施Se改善药菊Se含量的研发应用却鲜有报道。我国是传统中医药大国, 自古以来就有饮用菊花茶、甘草茶、金银花茶等保健饮品的习惯, 在此背景下, 开发可药食兼用、且具保健功能的富Se菊花等高端中药材产品, 既可填补富Se中药材研发的空白, 又可扩大人们安全补Se的途径。

为此, 本研究通过温室砂培菊花和外源施Se方法, 探讨施Se对药用菊花主要有效成分和花中Se含量的

①基金项目: 国家科技部农业科技成果转化资金项目 (2006GB2C100097) 和江苏省科技攻关项目 (BE2006338) 资助。

* 通讯作者 (liudehui@njau.edu.cn)

作者简介: 李永明 (1984—), 男, 甘肃静宁人, 硕士研究生, 主要从事中药材栽培理论与技术研究。E-mail: 2007103034@njau.edu.cn

影响,旨在为开发可药食兼用、且具保健功能的富Se菊花提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料和试验方法

1.1.1 砂培盆栽法 供试基质为江砂和蛭石,江砂用自来水冲洗干净后晾干备用;蛭石则用稀盐酸溶液浸泡48h,用自来水反复冲洗后晾干备用。将江砂9.7kg与蛭石0.3kg混匀装入塑料盆中,供试盆高25cm,内径22cm,盆底有小孔,配盆托,并在装盆前于盆底垫铺尼龙纱。基质中的Se含量为0.05mg/kg。

1.1.2 供试菊花 由江苏省射阳县洋马中药材种植基地提供,为杭白菊品系的红心白菊栽培类型(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.cv.hongxinju)。

1.2 试验设计

试验共设6个施Se水平,各水平施Se(用分析纯Na₂SeO₃配制)浓度分别为0、0.25、0.5、1.0、2.0、4.0mg/kg,分别记为Se0(CK)、Se0.25、Se0.5、Se1.0、Se2.0、Se4.0,每处理重复4次,共24盆。于2008年5月30日扦插菊花,每盆定植一株,生长期定时定量浇水,分别于7月29日和9月10日去顶2次,11月12日收获。菊花生长期施用适量的其他大量、微量元素肥料以保证其正常生长,施入的各肥种及其数量如表1,各养分物质均为分析纯药品,所有养分(包括Na₂SeO₃)均在菊花生长期中分5次施入。

1.3 测定项目和方法

将菊花花、茎叶、菊根样品于105℃杀青5min,然后50℃烘干、粉碎、过20目筛,备用。

菊花总黄酮参照文献[1]中铝盐比色法测定;菊

表1 试验用其他养分元素的种类和施量(g/盆)

Table 1 Types and amounts of other fertilizers applied in pots

肥料种类	纯元素量	换算成相应肥料量
N肥 (CO(NH ₂) ₂)	2.40	5.217
P肥 (NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O)	1.00	5.033
K肥 (K ₂ SO ₄)	2.40	5.302
Fe肥 (FeSO ₄ ·7H ₂ O)	0.09	0.447
Mn肥 (MnSO ₄ ·H ₂ O)	0.20	0.615
B肥 (H ₃ BO ₃)	0.02	0.115
Mo肥 (H ₂ MoO ₄)	0.002 5	0.004
Cu肥 (CuSO ₄ ·5H ₂ O)	0.004	0.016
Zn肥 (ZnSO ₄ ·7H ₂ O)	0.01	0.044

花绿原酸参照文献[1]中菊花项下HPLC法测定;菊花花、茎叶和根中Se含量采用原子荧光光谱分析法^[15]测定。

1.4 数据处理

数据采用Excel软件结合SPSS17.0软件进行统计分析,差异显著性检验用Duncan法。

2 结果与分析

2.1 施硒对药用菊花株高和各部位生物量的影响

施Se对药用菊花株高和各部位生物量干重的影响见表2。本试验条件下,当施Se量不超过0.5mg/kg时,药用菊花株高随着施Se量的增加而增高,在施Se量为0.5mg/kg时增幅最大(7.40%),并与Se0(CK)差异显著;而当施Se量超过0.5mg/kg时,则对株高表现出一定的抑制作用,Se1.0、Se2.0、Se4.03个处理药用菊花的株高均低于Se0处理。

表2 Se对药用菊花的株高和各部位生物量的影响

Table 2 Effects of different application doses of selenium on height and dry matters of flower, stem-leaf and root of *Chrysanthemum morifolium*

处理	株高 (cm)	花 (g)	茎叶 (g)	根 (g)
Se0	89.20 ± 1.53 bc	22.58 ± 0.70 b	82.44 ± 7.39 b	9.73 ± 1.09 b
Se0.25	92.27 ± 2.92 ab	27.46 ± 2.69 b	87.78 ± 0.85 ab	10.27 ± 1.16 b
Se0.5	95.80 ± 0.56 a	27.45 ± 2.93 b	92.44 ± 2.85 ab	12.26 ± 2.07 b
Se1.0	85.17 ± 5.02 c	37.12 ± 3.14 a	95.16 ± 5.05 a	12.00 ± 1.03 b
Se2.0	85.53 ± 3.37 c	41.44 ± 3.55 a	98.34 ± 6.84 a	16.27 ± 1.29 a
Se4.0	84.25 ± 1.80 c	39.01 ± 1.07 a	92.22 ± 7.13 a	12.41 ± 1.49 b

注:不同字母表示差异达p<0.05显著水平,下同。

与Se0处理比较,施Se能够提高药用菊花各部位的生物量,当施Se量为2.0mg/kg时,药用菊花花、茎叶和根干重的增幅均最大,分别为83.53%、19.34%

和67.21%。当施Se量不超过2.0mg/kg时,药用菊花、茎叶和根的干重随施Se量的增加而增大;但当施Se量超过2.0mg/kg时,药用菊花花、茎叶和根的干重则有

所降低, 但较Se0 仍有提高, 花、茎叶和根干重的增幅分别达到 72.76%、11.86%和 27.54%。

由表 2 可以看出, 施用适量的Se能促进药菊的生长, 提高药菊各部位的生物量; 施用过量的Se则对药菊的生长和各部位生物量积累表现出一定的抑制作用。这与田秀英等^[16]、田应兵等^[17]的研究结果相似。本试验条件下, 高施Se处理 (Se4.0) 对药菊的抑制作用不甚明显(药菊花、茎叶和根干重仍较CK处理分别提高 72.76%、11.86%和 27.54%), 看来药菊对Se有较强的耐受能力。

2.2 施硒对药用菊花花中总黄酮和绿原酸含量的影响

施Se对药菊花中总黄酮和绿原酸含量的影响见表 3。由表 3 可以看出, 与Se0 处理比较, 施Se能够显著提高药菊花中主要药效成分总黄酮和绿原酸的含量, 且当施Se量为 2.0 mg/kg时效果最好, 药菊花中总黄酮和绿原酸增幅分别达到 91.62%和 250.85%。在本试验条件下, 当施Se量不超过 2.0 mg/kg时, 药菊花中总黄酮和绿原酸的含量随着施Se量的增加而增加; 但当施Se量为 4.0 mg/kg时, 药菊花中总黄酮和绿原酸含量则有所减少, 但较Se0 处理仍有显著提高, 总黄酮和绿原酸增幅分别为 62.35%和 135.59%。表明施用适量的Se能够刺激药菊的次生代谢, 促进花中总黄酮和绿原酸的生物合成, 显著提高药菊花中总黄酮和绿原酸的含量, 改善药用菊花品质。施用过量的Se则对药菊花中总黄酮和绿原酸的生物合成表现出一定抑制作用, 药菊花中总黄酮和绿原酸的含量亦有所下降, 这与田

秀英^[16]的研究结果类似。

表 3 Se 对药用菊花总黄酮和绿原酸含量的影响 (mg/g)

Table 3 Effects of different application doses of selenium on contents of total flavonoid and chlorogenic acid in flower of *Chrysanthemum morifolium*

处理	总黄酮含量	绿原酸含量
Se0	18.38 ± 4.58 c	0.59 ± 0.01 d
Se0.25	25.01 ± 0.55 b	1.02 ± 0.00 c
Se0.5	30.42 ± 0.47 ab	1.07 ± 0.01 c
Se1.0	33.56 ± 4.07 a	1.56 ± 0.26 b
Se2.0	35.22 ± 1.70 a	2.07 ± 0.17 a
Se4.0	29.84 ± 3.26 ab	1.39 ± 0.01 b

2.3 不同施硒水平对药用菊花各部位硒含量的影响

表 4 为不同施Se水平下药菊花的花、茎叶和根中Se含量。由表 4 可知, 当施Se量为 0 mg/kg(基质中Se含量为 0.05 mg/kg)时, 药菊花、茎叶和根中Se含量很低(分别仅为 0.17、0.42 和 1.73 μg/g); 随着施Se量的增加, 药菊花、茎叶和根中Se含量均显著增加; 当施Se量为 4.0 mg/kg时, 药菊花、茎叶和根中Se含量分别达到 11.03、8.56 和 51.22 μg/g, 说明药菊对Se有较强的吸收和富集能力。除Se0 处理外, 药菊各部位Se含量从大到小依次为: 根>花>茎叶, 这与Se在小白菜^[18]、黑麦草^[17]、水稻等作物各部位的分布特点一致, 表明药用菊花各器官对Se的富集能力: 根>花>茎叶。

表 4 不同施 Se 水平下药用菊花各部位的 Se 含量 (μg/g)

Table 4 Contents of selenium in flower, stem-leaf and root of *Chrysanthemum morifolium* under different application doses of selenium

处理	花	茎叶	根
Se0	0.17 ± 0.03 f	0.42 ± 0.05 f	1.73 ± 0.45 f
Se0.25	1.62 ± 0.10 e	1.03 ± 0.11 e	5.09 ± 0.09 e
Se0.5	3.14 ± 0.05 d	1.60 ± 0.05 d	7.46 ± 0.39 d
Se1.0	4.80 ± 0.11 c	3.17 ± 0.22 c	10.79 ± 0.30 c
Se2.0	9.14 ± 0.30 b	5.45 ± 0.38 b	23.34 ± 0.28 b
Se4.0	11.03 ± 0.03 a	8.56 ± 0.37 a	51.22 ± 0.62 a

以不同处理施 Se 量为横坐标, 以药菊花、茎叶和根中的 Se 含量为纵坐标, 得到不同施 Se 水平下药菊花、茎叶和根中 Se 含量与施 Se 量之间的关系 (图 1)。

由图 1 可知, 在本试验条件下, 药菊花、茎叶和根中含量与施Se量之间呈显著的正相关。其中花中Se

含量与施Se量的相关方程为: $y = 2.7053x + 1.494$, $R^2 = 0.8991^{**}$; 茎叶中Se含量与施Se量的相关方程为: $y = 2.056x + 0.716$, $R^2 = 0.9828^{**}$; 根中Se含量与施Se量的相关方程为: $y = 12.269x + 0.7577$, $R^2 = 0.9921^{**}$ 。

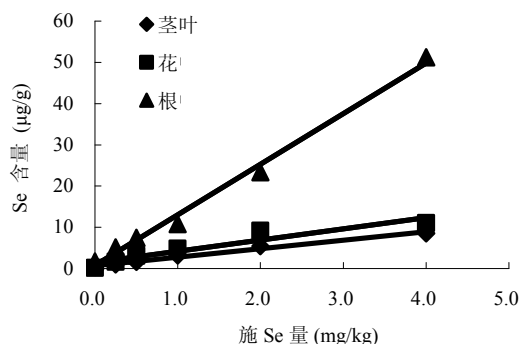


图1 不同施 Se 水平下药用菊花各器官中 Se 含量与施 Se 量之间的关系

Fig.1 Relationship between selenium contents in flower, stem-leaf and root of *Chrysanthemum morifolium* and application dose of selenium

对药菊花中Se含量与施Se量的关系作进一步探讨,以施Se量为自变量,以花中Se含量为因变量,建立一元二次回归方程(图2): $y = -0.8175x^2 + 6.0045x + 0.1363$ 。经拟合检验,该回归方程式中的 F 值为1095.734, $R^2 = 0.9956$,方程拟合性良好,说明回归方程比线性方程更符合药菊花中Se含量与施Se量之间的关系。

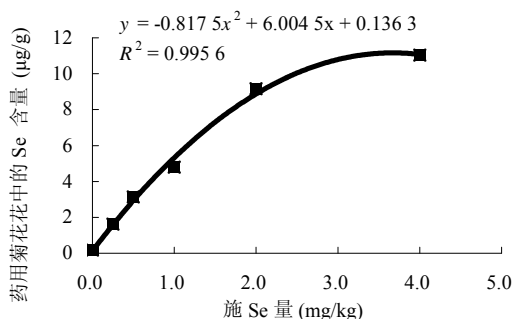


图2 不同施 Se 水平下药用菊花花中 Se 含量与施 Se 量之间的关系

Fig.2 Relationship between selenium content in flower of *Chrysanthemum morifolium* and application dose of selenium

结合图1和图2可知,虽然随着施Se量的增加,药菊花、茎叶和根中Se含量均显著增加(表4),但菊花茎叶和根中Se含量与施Se量之间呈近似的直线关系,而花中Se含量与施Se量之间则更符合二次回归关系。由此我们推测:药菊花对Se的富集可能存在某种内在调控机制,即当花中Se含量达到一定累积浓度后(由回归方程计算得到花中最高Se含量为11.10 µg/g,与之对应的施Se量为3.67 mg/kg),根和茎叶中的Se将难以转移到花中,这种调控机制对药菊生殖器官-花起

到保护作用。

3 讨论

在本试验中,当施Se量不超过2.0 mg/kg时能促进药用菊花的生长,提高药菊花中总黄酮、绿原酸含量,改善药菊品质,药菊花中总黄酮、绿原酸含量均随施Se量的增加而增加;施Se量为2.0 mg/kg时效果最佳,与0、0.25、0.5 mg/kg处理花中总黄酮含量、其他所有5处理花中绿原酸含量的差异均达到显著水平,亦高于1.0、4.0 mg/kg两处理花中总黄酮含量。统计分析表明,药菊花中的Se含量与花中总黄酮、绿原酸的含量显著相关(相关系数分别为0.646*、0.830**)。表明适量的Se能够加快药用菊花的次生代谢,促进菊花总黄酮、绿原酸的合成。黄酮类化合物和绿原酸属于植物次生代谢产物,根据程水源等^[19]的研究可知,黄酮类化合物和绿原酸在植物体内的合成均属于莽草酸代谢途径,苯丙氨酸转氨酶(PAL)是此反应途径的起始酶和限速酶。田秀英等^[16]的研究发现,适宜的Se能提高苦荞叶片PAL活性以促进黄酮类化合物合成,当施Se量 ≤ 1.0 mg/kg、40天时,苦荞叶片Se含量与PAL活性极显著相关($r = 0.9973^{**}$),PAL活性又与总黄酮含量显著相关($r = 0.9556^{**}$)。梁迎暖等^[20]的研究表明,药菊总黄酮和绿原酸含量与PAL均呈正相关,随着PAL活性的提高,菊花总黄酮、绿原酸的含量也相应升高。施用过量的Se(4.0 mg/kg)对药菊的生长表现出一定抑制作用,花中总黄酮、绿原酸含量有所降低,但药菊花中总黄酮、绿原酸含量较Se0仍有显著提高。田秀英等^[16]的研究也指出,当Se量较高(> 1.0 mg/kg)时能继续提高PAL活性,但总黄酮含量呈下降趋势,与本研究结果一致。黄酮类化合物的生物合成研究^[21-22]表明,黄酮类化合物的生物合成代谢途径中的关键性酶有苯丙氨酸转氨酶(PAL)、肉桂酸羟化酶(CA4H)、对香豆酸-CoA连接酶(4CL)、查耳酮合成酶和异构酶(CHS和CHI)等,可以推测,施用过高剂量的Se可能加快了其他次生代谢产物的合成,反而不利于黄酮类化合物合成。

聚Se植物生长在富Se土壤上,而并非所有在富Se土壤上生长的植物都是聚Se植物,这说明植物积累Se的能力有很大差别,同时也可以说明植物对Se的吸收可能是一个主动过程。在本研究中,不同施Se水平下药菊花、茎叶和根各器官Se含量均随着施Se量的增加而显著增加,菊花茎叶和根中Se含量与施Se量之间呈近似的直线关系,而花中Se含量与施Se量之间则呈二次回归关系。还需指出,即使在不施Se(Se0)时,药

用菊花仍能从基质(Se含量=0.05 mg/kg)中吸收和富集一定量的Se(花、茎叶和根中Se含量分别达到0.17、0.42和1.73 μg/g)。说明药菊能主动吸收和富集环境中的Se,这与在黑麦草^[17]、大豆^[14]施Se所得结果相似。

本研究中,药菊花中的Se含量与施Se量之间的关系满足一元二次回归方程: $y = -0.8175x^2 + 6.0045x + 0.1363$,由方程可知,当施Se量为3.67 mg/kg时,菊花花中的Se含量可达11.10 μg/g。Se是人体和动物必需的微量元素,对人体和动物有很重要的营养价值,但是Se缺乏和过量都是有害健康的。Se的生物效应与其浓度范围有关,且其正常营养剂量与中毒剂量之间的范围很窄。我国营养学会推荐的成人日摄入量为50~250 μg,世界卫生组织推荐人体每日需要量为60~120 μg。日常生活中,人们饮用菊花茶的剂量较小,一般每次只添加干花5~6朵(重约1g),药菊入药时常为每付中药10g,即使某些喜饮菊花茶的人群(按每人每天饮用10杯,每杯放药菊1g,日摄Se量为111 μg)或较长期服用包含菊花的中药方剂的人群(每天1付,每付10g,日摄Se量亦为111 μg),因此,本试验条件下生产的富Se菊花是安全的。

资料表明,亚硒酸盐形式的Se在砂培或水培中很容易被作物吸收,而添加到土壤中时植物的利用率降低。此外,植物对Se的吸收受无机Se形态、土壤类型、土壤pH值、有机质含量、碳酸钙含量、含盐量以及土壤中S、P水平等的影响,因此,在生产富Se菊花的实践中还需综合考虑菊花种植地的土壤性质、菊花品种的摄Se能力等多方面问题,结合生产实际进行合理施Se和富Se菊花生产,实现富Se菊花及其系列产品的开发。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部. 北京: 化学工业出版社, 2005
- [2] 徐文斌, 郭巧生, 李彦农, 汪涛. 药用菊花不同栽培类型内在质量的比较研究. 中国中药杂志, 2005, 30(21): 164 5-164 8
- [3] 林慧彬, 彭广芳, 张素芹, 周凤琴, 刘青. 菊花微量元素的研究. 时珍国药研究, 1998, 9(3): 221
- [4] 张清华, 张玲. 菊花化学成分及药理作用的研究进展. 食品与药品, 2007, 9(02A): 60-63
- [5] Hu CQ. Anti-aidsagents, 10 acacetin-7-O-β-D-galactopyranoside, ananti-HIV principle from *Chrysanthemum morifolium* and astructure-activity correlation with some related flavoids. Nat Prod, 1994, 57(1): 42
- [6] Lee JS, Kim HJ. A new anti-HIV flavonoid glucuronide from *Chrysanthemum morifolium*. Planta Med., 2003, 69(9): 859
- [7] 农朝赞, 黄华艺. 黄酮类化合物抗肿瘤作用的研究应用. 中国药房, 2004, 15(9): 568
- [8] 吴求亮, 杨玉爱, 谢正苗. 微量元素与生物健康. 贵阳: 贵州科技出版社, 2000
- [9] 罗盛国, 徐宁彤, 刘元英. 叶面喷硒提高粮食中的硒含量. 东北农业大学学报, 1999, 30(1): 18-22
- [10] 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. 湖南农业大学学报, 1998, 24(3): 176-179
- [11] 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. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 298-301
- [12] 施和平, 张英聚, 刘振声. 番茄对硒的吸收、分布和转化. 植物学报, 1993, 35(7): 541-546
- [13] 史衍玺, 杜振宇, 马丽, 周清. 不同施硒方式下小白菜对硒的吸收与累积特征. 土壤通报, 1998, 29(5): 299-303
- [14] 唐巧玉, 吴永尧, 周毅峰, 周大寨. 大豆对硒的富集动态的研究. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(3): 424-426
- [15] 邓勃. 应用原子吸收与原子荧光光谱分析. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2007
- [16] 田秀英, 王正银. 硒对苦荞硒、总黄酮和芦丁含量、分布与累积的影响. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 721-727
- [17] 田应兵, 陈芬, 熊明标, 宋光煜. 黑麦草对硒的吸收、分配与累积. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1): 122-127
- [18] 李登超, 朱祝军, 许志豪, 钱琼秋. 硒对小白菜生长和养分吸收的影响. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 353-358
- [19] 程水源, 陈昆松, 刘卫红, 杜何为. 植物苯丙氨酸解氨酶基因的表达调控与研究展望. 果树学报, 2003, 20(5): 351
- [20] 梁迎暖, 郭巧生, 张重义, 王素霞, 汪涛. 怀菊花期次生代谢物含量及同功酶活性动态变化研究. 中国中药杂志, 2007, 32(3): 199-202
- [21] 程水源, 顾曼如, 束怀瑞. 银杏叶黄酮研究进展. 林业科学, 2000, 11(36): 110-115
- [22] 方从兵, 宛晓春, 江昌俊. 黄酮类化合物生物合成的研究进展(综述). 安徽农业大学学报, 2005, 32(4): 498-504

Effects of Applying Selenium on Contents of Total Flavonoid, Chlorogenic Acid and Selenium in Flower of *Chrysanthemum morifolium*

LI Yong-ming, SUN Yu-xin, LIU De-hui

(College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to investigate the effects of different application doses of selenium (Se) on the contents of total flavonoid, chlorogenic acid and selenium in the flower of *Chrysanthemum morifolium*, a sand culture experiment was conducted. The results showed that, it promoted the plant growth and increased the contents of total flavonoid, chlorogenic acid, when Se applying doses did not exceed 2.0 mg/kg. The dry weights of flower, stem-leaf, root and the contents of total flavonoid, chlorogenic acid increased with the increase of Se applying doses, the optimal effect was obtained when Se at 2.0 mg/kg. The dry weight of flower, root and the contents of chlorogenic acid of the plants in the treatment of Se at 2.0 mg/kg were significantly higher than Se applications at 0, 0.25, 0.5 mg/kg, and the former's contents of total flavonoid was higher than Se application at 0, 0.25, 0.5, 1.0, 4.0 mg/kg. Excessive Se applying dose, such as at 4.0 mg/kg inhibited the growth of the plants, the dry weight of flower, stem-leaf, root and the contents of total flavonoid, chlorogenic acid were lower than Se at 2.0 mg/kg. The contents of Se in flower, stem-leaf and root of *Chrysanthemum morifolium* increased with the increase of Se application doses. The relationship between Se contents in stem-leaf and root of *Chrysanthemum morifolium* and Se application rate is liner, while the relationship between Se content in flower(y) and Se application rate(x) fits an equation ($y = -0.8175x^2 + 6.0045x + 0.1363$). It showed that the suitable Se applying doses could significantly increase the contents of total flavonoid, chlorogenic acid and Se content in the flower. The above results provide the theoretical basis for the development of Se-enriched *Chrysanthemum morifolium* and its products.

Key words: *Chrysanthemum morifolium*, Selenium application, Total flavonoid, Chlorogenic acid, Selenium-enriched *Chrysanthemum morifolium*