

铜、锌、硒对药用菊花主要有效成分和花中硒含量的影响

汤璐, 林江辉, 闫广轩, 李永明, 林亚兰, 王胜, 刘德辉*

(南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏南京 210095)

摘要: 采用 3 因子 5 水平 3512 最优回归设计的盆栽试验, 研究铜、锌、硒元素对药用菊花主要有效成分(总黄酮、绿原酸)和花中硒含量的影响。结果表明, 在满足其他大、中、微量元素需求条件下, 施用铜、锌、硒三种元素对菊花花中的有效成分表现出交互作用。其中, 铜、硒配施表现出正效应, 并达到显著水平; 而铜、锌和锌、硒配施则显示负效应。高水平的铜对菊花生长和有效成分的生成产生严重抑制作用甚至毒害作用。锌是影响菊花内在品质的重要微量元素养分, 对提高菊花花中的总黄酮、绿原酸含量的作用显著; 缺锌条件下, 菊花总黄酮和绿原酸的生成和累积受到阻碍。菊花花中的硒含量与硒的施入数量之间存在正相关关系, 而不受铜、锌元素配施量的影响。

关键词: 药用菊花; 铜锌硒配施; 总黄酮; 绿原酸; 硒含量

中图分类号: R282.2; S143.7

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2009)06-1475-06

Effects of Cu, Zn and Se on contents of total flavonoid, chlorogenic acid and Se in the flower of *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

TANG Lu, LIN Jiang-hui, YAN Guang-xuan, LI Yong-ming, LIN Ya-lan, WANG Sheng, LIU De-hui*

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

Abstract: Using the 3512 optimum regression design with three factors and five levels, effects of applications of Cu, Zn and Se on contents of main active constituents (total flavonoid and chlorogenic acids) and selenium in the flower of *Chrysanthemum morifolium* were investigated by a pot experiment. The results show that applying Cu, Zn and Se with enough other macro and medium and trace elements is able to increase contents of total flavonoid and chlorogenic acids in the flower of *Chrysanthemum morifolium* significantly, and the interaction of the three elements also reacts to the influence on the active constituents: contents of total flavonoid and chlorogenic acids are increased significantly under the Cu-Se interaction; however, the contents are decreased under the Cu-Zn and Zn-Se interactions. Higher concentrations of Cu have inhibition or even toxicity effects on the crop growth and the main active constituents. The formation and accumulation of the two main active constituents are restrained under Zn deficiency, and Zn is a dominant nutrient factor of affecting quality of *Chrysanthemum morifolium*. There is significant positive correlation between Se content of the flowers and Se application amount. The selenium content of the flowers is not able to be influenced by the application of Cu and Zn. This result provides theoretical basis for developing Se enriched *Chrysanthemum morifolium* Ramat and its series products.

Key words: *Chrysanthemum morifolium* Ramat.; combined application of Cu, Zn and Se; total flavonoid; chlorogenic acid; Se content

收稿日期: 2008-11-09 接受日期: 2009-04-20

基金项目: 国家科技部农业科技成果转化资金项目(2006GB2C100097); 南京农业大学 SRT 项目(0707A03); 江苏省科技攻关项目(BE2006338)资助。

作者简介: 汤璐(1988—), 女, 江苏泰州人, 硕士研究生, 主要从事土壤生态环境与中药材质量研究。E-mail: mmtanglu@163.com

* 通讯作者 E-mail: liudehui@njau.edu.cn

微量元素对药用植物的作用很大,它可以促进植物的生理代谢并最终影响药用植物中有效成分的含量。但微量元素对常用中药菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)^[1]生长及品质影响方面的研究甚少。先前曾采用盆栽试验研究铜、锌、硒、硼四种元素对药菊有效成分含量的影响表明,化肥配施铜、锌、硒、硼等元素比单施化肥显著增加药用菊花花和茎叶中的总黄酮和绿原酸含量^[2],但因是土培试验,尚不能确定何种元素为药菊生长所必需。

硒是动物和人体必需的营养元素,在地球上的分布极不平衡,世界上40多个国家和地区缺硒。我国从东北到西南有一广阔的缺硒地带,全国有72%的县是低硒或缺硒县,严重威胁国民的身体健康并造成潜在危害。近年来,硒的生理功能和药理作用不断受到重视,并开始重视和提倡富硒农产品的研究与开发。由于富硒农产品中的硒大多经作物吸收、转化后以有机态形式存在于产品中,这为人体和动物的补硒提供了安全、有效的途径。通过对作物施硒,补充土壤供硒不足,增加农产品中的有机硒含量而开发出富硒食物具有广阔的应用前景^[3]。我国是传统的中医药大国,自古以来就有饮用菊花茶等保健饮品的习惯。开发可药食兼用,且具保健功能的富硒菊花等产品,既可填补富硒中药材研发的空白,又可扩大人们安全补硒的途径。

本试验在前期研究基础上,采用“3512优化设计”方案,采用砂培盆栽方法,进一步探讨铜、锌、硒三种元素配施对药用菊花主要有效成分以及花中硒含量的影响,以期富硒菊花及其系列产品的研发提供理论支持。

1 材料与方法

砂培盆栽试验于2007年5~11月在南京农业大学温室室内进行。采用3因素5水平的3512最优回归方案,共12个处理(表1)4次重复。供试基质为江砂和蛭石。江砂用自来水冲洗淘净后凉干;蛭石则用稀盐酸溶液浸泡72h,用自来水反复冲洗(6次以上)后凉干。将江砂9.5kg与蛭石0.5kg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。基质中未测出铜、锌含量。供试菊花为杭白菊品系的红心白菊栽培类型(*Chrysanthemum morifolium* Ramat. cv. Hongxin-ju),由江苏省射阳县洋马中药材种植基地提供。试验用铜、锌、硒分别为 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、

NaSeO_3 。其他必需营养元素及施用量见表2,在菊花6个月的生长季中分5次施入,每次施入总量的20%。

2007年5月30日采用扦插方式栽种菊花,每盆定植一株,生长期定时定量浇水,于8月3日打顶一次,11月12日收获。将采集到的菊花样品于105℃杀青5min,然后50℃烘干,粉碎,过0.85mm筛,备用。

菊花中主要有效成分的测定参照《中国药典》(2005年版第一部)^[1]进行。绿原酸含量采用HPLC法;总黄酮含量采用比色法;硒含量采用原子荧光法^[4]测定。

全部数据用EXCEL和SPSS16.0软件进行统计分析。

表1 试验设计方案(mg/pot)

Table 1 Designs of experiment

处理 Treatment	铜 Cu	锌 Zn	硒 Se
$\text{Cu}_{6.3}\text{Zn}_{12.5}\text{Se}_{18.0}$	6.3	12.5	18.0
$\text{Cu}_{6.3}\text{Zn}_{12.5}\text{Se}_0$	6.3	12.5	0.0
$\text{Cu}_{1.8}\text{Zn}_{3.7}\text{Se}_{13.5}$	1.8	3.7	13.5
$\text{Cu}_{10.7}\text{Zn}_{3.7}\text{Se}_{13.5}$	10.7	3.7	13.5
$\text{Cu}_{1.8}\text{Zn}_{21.3}\text{Se}_{13.5}$	1.8	21.3	13.5
$\text{Cu}_{10.7}\text{Zn}_{21.3}\text{Se}_{13.5}$	10.7	21.3	13.5
$\text{Cu}_{12.5}\text{Zn}_{12.5}\text{Se}_{4.5}$	12.5	12.5	4.5
$\text{Cu}_0\text{Zn}_{12.5}\text{Se}_{4.5}$	0.0	12.5	4.5
$\text{Cu}_{6.3}\text{Zn}_{25.0}\text{Se}_{4.5}$	6.3	25.0	4.5
$\text{Cu}_{6.3}\text{Zn}_0\text{Se}_{4.5}$	6.3	0.0	4.5
$\text{Cu}_{6.3}\text{Zn}_{12.5}\text{Se}_{9.0}$	6.3	12.5	9.0
$\text{Cu}_0\text{Zn}_0\text{Se}_0$	0	0	0

表2 试验所用其他养分的种类和用量(g/pot)

Table 2 The amounts of other fertilizers applied

肥料种类 Types	纯元素量 Amount of elements	肥料量 Amount of fertilizers
氮肥 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	2.40	5.217
磷肥 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1.00	5.033
钾肥 K_2SO_4	2.40	5.302
钙肥 (CaCl_2)	1.20	3.330
镁肥 $(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$	0.60	0.616
硅肥 $(\text{Na}_2\text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O})$	0.30	3.036
铁肥 $(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$	0.09	0.447
锰肥 $(\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})$	0.01	0.031
硼肥 (H_3BO_3)	0.02	0.115
钼肥 (H_2MoO_4)	0.0025	0.004

2 结果与分析

2.1 铜、锌、硒对菊花有效成分含量的影响

2.1.1 对菊花总黄酮含量的影响 Cu、Zn、Se 不同施用量对菊花花中总黄酮含量的影响见表 3。

表 3 Cu、Zn、Se 不同施用量对菊花花中总黄酮、绿原酸含量的影响(mg/g)

Table 3 Effects of Cu, Zn and Se combined applications on contents of total flavonoid, chlorogenic acids in flowers of *Chrysanthemum morifolium*

处理 Treatment	总黄酮含量 Total flavonoid	绿原酸含量 Chlorogenic acid
Cu _{6.3} Zn _{12.5} Se _{18.0}	41.10 ± 1.88 b	1.72 ± 0.14 bc
Cu _{6.3} Zn _{12.5} Se ₀	42.87 ± 3.57 b	2.09 ± 0.31 ab
Cu _{1.8} Zn _{3.7} Se _{13.5}	27.24 ± 3.39 c	1.10 ± 0.26 de
Cu _{10.7} Zn _{3.7} Se _{13.5}	41.21 ± 3.01 b	2.40 ± 0.27 a
Cu _{1.8} Zn _{21.3} Se _{13.5}	55.63 ± 3.23 a	2.59 ± 0.32 a
Cu _{10.7} Zn _{21.3} Se _{13.5}	33.11 ± 1.70 c	1.30 ± 0.20 cd
Cu _{12.5} Zn _{12.5} Se _{4.5}	15.36 ± 3.30 d	0.46 ± 0.15 f
Cu ₀ Zn _{12.5} Se _{4.5}	50.78 ± 9.91 a	2.36 ± 0.14 a
Cu _{6.3} Zn _{25.0} Se _{4.5}	41.80 ± 6.16 b	1.92 ± 0.53 ab
Cu _{6.3} Zn ₀ Se _{4.5}	8.50 ± 2.06 d	0.15 ± 0.09 ef
Cu _{6.3} Zn _{12.5} Se _{9.0}	38.76 ± 3.23 bc	1.59 ± 0.58 bd
Cu ₀ Zn ₀ Se ₀	19.27 ± 2.10 d	0.63 ± 0.27 ef

注:同列数值后不同字母表示差异达 5% 显著水平,下同。

Note: Values followed by different letters in same column mean significant at 5% level, and the same as table 4.

以施 Cu(x_1) Zn(x_2) Se(x_3)用量作为自变量,以菊花总黄酮含量(y_1)作为因变量,采用多元逐步回归方法进行拟合,剔除部分不显著因素后(保留 x_2x_3 项,便于分析锌硒的交互作用影响),得到总黄酮与铜、锌、硒的回归方程为:

$$y_1 = 14.848 + 3.059x_2 - 0.262x_1x_2 + 0.191x_1x_3 - 0.061x_2x_3 \quad (1)$$

经拟合检验,式(1)中的 F 值为 9.639^{**}, $R^2 = 0.846$,方程拟合性较好。其中,除了 x_2x_3 项的回归系数未达到显著水平外, x_2 、 x_1x_2 、 x_1x_3 项的回归系数均达到显著或极显著水平。

从方程(1)可知,Zn 对提高总黄酮的含量作用显著,在定施 Zn 量范围内,菊花总黄酮含量随施 Zn 量的增加而增加,Cu 和 Se 对总黄酮的作用不显著。三因子的互作效应看出:Cu、Se(x_1x_3)配施能提高花中总黄酮的含量,并达到显著水平;Cu、Zn(x_1x_2)配施和 Zn、Se(x_2x_3)配施则对菊花总黄酮的累积表现

出一定的抑制效应。

2.1.2 对菊花绿原酸含量的影响 Cu、Zn、Se 不同用量与菊花绿原酸含量(表 3)的回归方程为:

$$y_2 = 0.367 + 0.190x_2 - 0.017x_1x_2 + 0.014x_1x_3 - 0.006x_2x_3 \quad (2)$$

经拟合检验,式(2)中的 F 值为 9.167^{**}, $R^2 = 0.840$,方程拟合性较好。其中,各项的回归系数均达到显著或极显著水平。从方程(2)可知,Zn 元素同样显著影响绿原酸的含量,在定施 Zn 量范围内,菊花绿原酸的含量随着施 Zn 量的增加而增加;Cu 和 Se 元素对绿原酸的作用不显著。三因子的互作效应表明,每两种元素的互作效应均显著影响绿原酸的含量,其中 Cu、Se(x_1x_3)表现为正交互效应,二者配施有利于提高菊花的绿原酸含量;而 Cu、Zn(x_1x_2)和 Zn、Se(x_2x_3)呈负交互效应,即 Cu、Zn 和 Zn、Se 配施会抑制菊花中绿原酸的形成与累积,这与对菊花总黄酮含量的影响效应一致。

综上所述,施 Zn 对提高菊花中主要有效成分(总黄酮、绿原酸)的作用不可忽视,其含量随着施 Zn 量的增加而增加。Cu 和 Se 对菊花有效成分的作用主要体现在 Cu、Zn、Se 三元素之间的交互作用上,即 Cu、Se 配施有利于提高菊花总黄酮和绿原酸的含量,并达显著水平;而 Cu、Zn 和 Zn、Se 配施则表现出负效应。

表 3 还表明,Cu、Zn、Se 三种元素不同配施组合除 Cu_{12.5}Zn_{12.5}Se_{4.5}、Cu_{6.3}Zn₀Se_{4.5}外,其他组合菊花花中的总黄酮和绿原酸含量均比对照(Cu₀Zn₀Se₀)有不同程度的提高。其中,Cu_{1.8}Zn_{21.3}Se_{13.5}处理最高,分别达到 55.63 和 2.59 mg/g,比对照增加 188.7%和 311.1%。说明低水平 Cu 与较高水平的 Zn、Se 的配施对菊花有效成分的作用最佳;而高水平 Cu 处理(Cu_{12.5}Zn_{12.5}Se_{4.5})和缺 Zn 处理(Cu_{6.3}Zn₀Se_{4.5})的配施组合都严重抑制菊花两种主要有效成分的形成和累积。

Cu、Zn、Se 对菊花品质的影响不只是 Cu、Zn、Se 的单因子作用,还有 Cu × Zn、Cu × Se、Zn × Se 交互作用的影响,而且各影响因素权重的大小不同。药用菊花有效成分的含量是所有因子综合作用的结果。当 Zn 量很低时(如 0.37 mg/kg,低于土壤缺锌临界值 0.5 mg/kg),此时随施 Cu 量增加,菊花的总黄酮和绿原酸含量增加,而未受到 Cu、Zn 和 Zn、Se 负交互作用的影响,反而表现出某种程度上的 Zn、Cu 互补。韩文炎等^[5]研究了 Cu、Zn 交互作用对茶树生长和生理效应看出,Cu、Zn 配施不仅显著促进了茶树

新梢及枝条对 Cu 的吸收,而且有利于 Cu 由地上部向吸收根转移;在 Zn 浓度较低时与 Cu 配施才能促进茶树对锌的吸收。这与本研究结果低 Cu 与较高水平 Zn 配施(Cu_{1.8}Zn_{21.3}Se_{13.5}),菊花有效成分最高的结果类似。

总之,尽管 Cu、Zn、Se 对菊花品质的影响机制较为复杂,但本试验结果表明,添加高剂量的铜(在 Cu_{12.5}Zn_{12.5}Se_{4.5})对菊花生长和有效成分的生成会产生严重抑制作用或毒害作用;而缺 Zn 条件下(Cu_{6.3}Zn₀Se_{4.5})即使配施了一定量的 Cu 和 Se 也无助于菊花两种主要有效成分的生成和累积。Zn 对菊花有效成分的形成和累积起着十分重要的作用,是影响菊花品质的重要微量元素。

2.2 铜、锌、硒元素对菊花花中硒含量的影响

不同处理下菊花中的 Se 含量随着施硒量的增加而显著提高,呈近似直线关系($y = 0.337x + 0.0986$, $R^2 = 0.987$);相同施硒水平下,尽管与铜、锌的配施数量各异,但菊花花中的硒含量却没有显著差异(表 4)。

进一步统计分析(表 5)表明,互作效应(x_1x_2 、 x_1x_3 、 x_2x_3)二次效应(x_1^2 、 x_2^2 、 x_3^2)以及一次效应(x_1 、 x_2)对菊花中硒含量的影响均不显著。三种元素中,只有施 Se 量对菊花中硒含量的影响显著。其回归

方程:

$$y_3 = 0.099 + 0.337x_3 \quad (3)$$

式中: y_3 为菊花花中硒含量, x_3 为硒的施入量。方程在 $P = 0.01$ 的水平上显著。

表明菊花中的 Se 含量与施 Se 量之间存在显著的正相关关系,且不受 Cu、Zn 施用量的影响。

表 4 不同施 Se 量对菊花花中硒含量的影响

Table 4 Effect of Se application amount on content of Se in the flower of *Chrysanthemum morifolium*

处理 Treatment	硒含量(mg/kg) Content of Se
Cu ₀ Zn ₀ Se ₀	0.13 ± 0.00 e
Cu _{6.3} Zn _{12.5} Se ₀	0.12 ± 0.00 e
Cu ₀ Zn _{12.5} Se _{4.5}	1.65 ± 0.01 d
Cu _{6.3} Zn _{25.0} Se _{4.5}	1.62 ± 0.63 d
Cu _{6.3} Zn ₀ Se _{4.5}	1.32 ± 0.48 d
Cu _{12.5} Zn _{12.5} Se _{4.5}	1.55 ± 0.08 d
Cu _{6.3} Zn _{12.5} Se _{9.0}	3.36 ± 0.19 c
Cu _{1.8} Zn _{3.7} Se _{13.5}	4.52 ± 0.88 b
Cu _{1.8} Zn _{21.3} Se _{13.5}	5.24 ± 0.82 ab
Cu _{10.7} Zn _{3.7} Se _{13.5}	4.52 ± 0.55 b
Cu _{10.7} Zn _{21.3} Se _{13.5}	4.61 ± 0.77 b
Cu _{6.3} Zn _{12.5} Se _{18.0}	5.91 ± 0.28 a

表 5 菊花花中硒含量与铜、锌、硒 3 因子回归方程显著性检验

Table 5 Significance test on regression equation between Se content in the flower of *Chrysanthemum morifolium* and Cu, Zn, Se

作用因子 Factor	一次效应 First effect			二次效应 Quadratic effect			互作效应 Interaction effect		
	x_1	x_2	x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3
回归系数 Regression coefficient	-0.008	0.021	0.345*	0.002	0.000	-0.002	-0.003	-0.001	0.002

3 讨论

3.1 铜、锌、硒及其交互作用对菊花有效成分的影响

《中国药典》将总黄酮和绿原酸的含量列为衡量药用菊花品质的重要指标,两者分别属于黄酮类化合物和芳香族酚酸类化合物,均为植物的次生代谢产物。植物的次生代谢受到环境例如光照、温度、水分和矿质营养等因素的影响。关于矿质营养对植物体黄酮、绿原酸合成代谢影响的可能机理,目前有几

种不同认识。其中一种观点认为,植物体黄酮、绿原酸等酚类化合物的合成代谢途径中有几个关键性酶,分别为苯丙氨酸转氨酶(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),其中 PAL 是初生代谢和次生代谢的分支点,也是形成酚类化合物中的一个重要调节酶。矿质元素可能通过影响植物体这一次生合成代谢过程中的酶系统,调控黄酮、绿原酸等酚类化合物的次生代谢过程及其次生代谢产物的含量^[6]。

铜、锌作为金属元素,与酶系统的活性有密切关系。铜为多种酶的辅助因子和调节因子,而锌与多种酶的活性有关。铜离子形成稳定络合物的能力很强,它能和氨基酸、肽、蛋白质和其他有机物质形成络合物,如各种含铜的酶和多种含铜蛋白质。需要指出的是,虽然低浓度的铜可促进酶与底物的结合,使其活性增强,但过量时,铜与酶结合发生沉淀、络合等反应,使酶类蛋白质变性、活性降低,最终导致失活,从而影响植物呼吸、代谢等一系列活动。

本研究结果表明,锌对提高菊花花中的总黄酮、绿原酸含量的作用显著;缺锌条件下,菊花中的总黄酮和绿原酸的生成和累积受到阻碍;而过高剂量的铜对菊花生长和有效成分的生成显示严重抑制作用。根据上述矿质营养影响植物体黄酮、绿原酸合成代谢的可能机理以及铜、锌的生理功能特点可以推测,锌的施入提高了 PAL 等合成代谢中关键酶的活性,从而增加了总黄酮和绿原酸的合成量。而高剂量的铜恰恰降低了酶活性,从而抑制了有效成分的生成。有关铜、锌通过调控酶活性影响植物生长方面的研究甚多,如多次系统测试证明,锌能提高玉米体内酶的活性,促进植物体内无机组分的转化和有机物质的累积;刘春生等^[7]通过测定果树叶片过氧化氢酶、多酚氧化酶等的活性发现,各酶在外源铜量大于 100 mg/kg(不包括 100 mg/kg)时活性均明显降低,植株的呼吸、代谢等一系列活动均受到破坏,从而影响了整株植株的生长。

已有研究表明,铜、锌在土壤中和植物体内存在交互作用,进而影响植物生长。但铜、锌交互作用的效应存在多种情况,韩文炎等人^[8]的研究认为,与铜或锌单施相比,铜、锌合施对茶树硝酸还原酶活性及叶绿素、茶多酚和氨基酸的含量表现出明显的协同效果;此种协同作用受到作用浓度的严格控制。孔冬梅等^[9]研究仁用杏不同部位铜、锌元素与多酚氧化酶(PPO)、超氧化物歧化酶(SOD)活性关系时发现,同时施用铜、锌将会降低仁用杏细根 PPO 活性(-7.44%)和叶部 SOD 活性(-25.98%),并推测高含量铜对 PPO 的抑制作用与铜、锌间拮抗作用的共同存在,是铜、锌合施降低仁用杏细根 PPO 活性的主要原因。本研究结果看出,铜、锌配施对菊花花中有效成分的累积表现负效应,这可能是较高浓度的铜阻止了菊花对锌元素的吸收,从而抑制了锌元素提高酶活性的作用所致。有关锌、硒相互作用虽有一些报道,但由于试验条件差异,其作用的机制尚不明确。王子旭等^[10]认为,锌和硒之间的作用机制可

能既存在着化学拮抗,又有功能性的拮抗和协同两方面的作用。本研究结果中硒、锌配施不利于花中有效成分的累积,这可能是硒、锌间拮抗作用所致。果雅静等^[11]的研究表明,土壤施硒抑制了大蒜对铜、锌、锰的吸收,即使是低水平的硒(0.5 mg/g),对锌的吸收也有强烈的抑制作用,对铜、锰的抑制作用主要表现在地下部。据此推测,本试验中硒的施入,抑制了菊花对铜、锌元素的吸收,从而影响了锌的生理效应的发挥,进而降低了菊花中有效成分的含量。另外,硒的施入,也缓解了高剂量铜的毒害作用,提高了相关酶的活性,从而提高了菊花有效成分的累积量,这正是铜、硒配施显示出正效应的原因。

3.2 菊花花中硒含量与施硒量的关系

植物对硒的吸收是一个主动过程,土壤中的硒是植物中硒的主要来源。多种研究表明,富硒产品中硒的富集量与硒的施入量之间呈正相关关系。例如,在富硒茶生产方面的研究表明,茶叶含硒量随着土施亚硒酸钠剂量的提高而增加,茶叶含硒量与土壤水溶性硒含量呈显著正相关。其他元素对植物吸收硒的影响亦有颇多报道,但多限于大、中量元素如氮、磷、硫等,而微量元素如铜、锌对植物吸收硒的影响的报道甚少。本试验结果看出,菊花花中的硒含量与硒的施入量之间存在显著正相关关系,且不受铜、锌施入数量的影响,这与果雅静等^[10]报道的大蒜含硒量随土壤施硒量的增加而增加,锌、锰、铜对大蒜吸收硒几乎没有影响的研究结果类似。

硒是很多生物的必需元素,但硒的生物效应与其浓度范围有关,硒的正常营养剂量与中毒剂量间的范围很窄。一般来说,成人每天的摄硒量应控制在 50~300 μg ,过量的硒会对人体产生危害。2002 年农业部正式颁布的中国富硒茶标准(NY/T600-2002)为干茶含硒 0.25~4.0 mg/kg。由于菊花茶与茶的饮用习惯和剂量相似,在考虑富硒菊花中的硒含量时可参考此标准。本研究中,当硒的施入量为 0.45~0.90 mg/kg 时,菊花中的硒含量为 1.32~3.36 mg/kg,这既符合上述参考标准,又不会对人体产生毒害。在我国药用菊花生产基地(江苏射阳、浙江桐乡、湖北麻城均为低硒土壤)生产富硒菊花时,建议基施硒量为 1013~2025 g/hm²。

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)(2005 年版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
Pharmacopoeia Committee of the People's Republic of China. Pharma-

- copoeia of the People's Republic of China (2005 Ed) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [2] 盛蒂. 不同栽培类型药用菊花性状比较和施肥对菊花产量和品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学硕士论文, 2006. 40-51.
Sheng D. The comparative study on the characteristics of different cultivars and effects of fertilizers on yield and quality of *Chrysanthemum Morifolium* Ramat[D]. Nanjing: MS thesis of Nanjing Agricultural University, 2006. 40-51.
- [3] 贾宏昉, 宋家永, 王海红. 硒对作物生理、生长发育及产量、品质的影响研究进展[J]. 河南农业大学学报(自然科学版), 2006, 40(4): 449-454.
Jia H F, Song J Y, Wang H H. Research progress on the effect of selenium on physiological functions, growth, yield and quality of crops [J]. J. Henan Agric. Univ. (Nat. Sci.), 2006, 40(4): 449-454.
- [4] 邓勃. 应用原子吸收与原子荧光光谱分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
Deng B. Application atom absorption and fluorescence spectrometric analysis[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [5] 韩文炎, 许允文. 铜与锌对茶树生育特性及生理代谢的影响 V. 铜锌交互作用对茶树生长和生理的效应[J]. 茶叶科学, 1996, 16(2): 99-104.
Han W Y, Xu Y W. Physiological effects of Cu and Zn on the development and the physiological metabolism of tea plants. V. Effects of Cu and Zn on the growth of tea plants[J]. J. Tea Sci., 1996, 16(2): 99-104.
- [6] 刘大会. 矿质营养对药用菊花生长、次生代谢和品质的影响及其作用机理研究[D]. 武汉: 华中农业大学博士学位论文, 2007. 26-30.
Liu D H. Study on the effects of mineral nutrition and its mechanism in the growth, secondary metabolism and quality of the medicinal *Chrysanthemum morifolium* (Ramat.) [D]. Wuhan: PhD dissertation, Huazhong Agricultural University, 2007. 26-30.
- [7] 刘春生, 常红岩, 孙百晔, 等. 外源 Cu 对土壤果树系统中酶活性影响的研究[J]. 土壤学报, 2002, 39(1): 37-44.
Liu C S, Chang H Y, Sun B Y *et al.* Effects of external copper on enzyme activity in soil and apple tree system [J]. Acta Pedol. Sin., 2002, 39(1): 37-44.
- [8] 韩文炎, 许允文, 伍炳华. 铜与锌对茶树生育特性及生理代谢的影响 II. 锌对茶树的生长和生理效应[J]. 茶叶科学, 1994, 14(1): 23-29.
Han W Y, Xu Y W, Wu B H. Physiological effects of Cu and Zn on the development and the physiological metabolism of tea plants II. effects of Zn on the growth of tea plants [J]. J. Tea Sci., 1994, 14(1): 23-29.
- [9] 孔冬梅, 沈海龙, 姚延栋. 仁用杏铜锌元素与多酚氧化酶、超氧化物歧化酶活性的关系[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(6): 72-73.
Kong D M, Shen H L, Yao Y T. The relationships between Cu, Zn and polyphenol oxidase, superoxide dismutase activities in *Prunus ameriaca* L. [J]. J. Northeast For. Univ., 2004, 32(6): 72-73.
- [10] 王子旭, 陈耀星, 余锐萍, 等. 硒水平对肉鸡肠道 IgA + 浆细胞分布的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2006, 37(12): 1349-1352.
Wang Z X, Chen Y X, Shen R P. Effect of zinc and selenium level in diet on the IgA⁺-cell in the gut of broiler [J]. Acta Veter. Zootech. Sin., 2006, 37(12): 1349-1352.
- [11] 果雅静, 吴金媛. 锌、锰、铜对大蒜吸收硒的影响[J]. 北京农业大学学报, 1994, 20(1): 83-87.
Guo Y J, Wu J S. Influence of Zn, Mn, Cu to Se for garlic uptake [J]. Acta Agric. Univ. Peking., 1994, 20(1): 83-87.