

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.04.025

简在友,孟丽,许桂芳,等. 红花对土壤矿质元素的吸收和积累[J]. 广西植物, 2014, 34(4): 557-560

Jian ZY, Meng L, Xu GF, et al. Analysis on mineral elements absorption and accumulation in *Carthamus tinctoricus*[J]. *Guihaia*, 2014, 34(4): 557-560

## 红花对土壤矿质元素的吸收和积累

简在友, 孟丽\*, 许桂芳, 宋琳琳, 陈红芝, 胡喜巧, 成元刚

(河南科技学院, 河南新乡 453003)

**摘要:** 采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)检测红花不同部位和时期以及栽培土壤中 K、Ca、Na、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn、Cr、Cd、Pb、Ba、Ni 和 Al 元素的含量。结果表明:红花各部位矿质元素含量差异明显。在红花各不同部位中 K、Fe、Zn 元素在幼苗中含量最高, Ca、Mg 元素在成熟叶中含量最高, Cu 元素在种子中含量最高;而 K 和 Ca 元素在种子中含量最低, Mg、Fe、Cu 和 Zn 元素分别在花、茎、成熟叶和茎中含量最低。红花的幼苗和花对 K 元素吸收积累明显, 幼苗和种子对 Cu 元素吸收积累明显, Ca 元素在成熟叶中积累较多, 相应元素含量远比土壤中相应的元素含量高。红花对土壤不同矿质元素的吸收利用差异较大, 在长期栽培红花的土壤中应注意对吸收利用多的元素结合施肥进行补充。

**关键词:** 原子发射光谱法; 红花; 矿质元素

**中图分类号:** Q948.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3142(2014)04-0557-04

## Analysis on mineral elements absorption and accumulation in *Carthamus tinctoricus*

JIAN Zai-You, MENG Li\*, XU Gui-Fang, SONG Lin-Lin,  
CHEN Hong-Zhi, HU Xi-Qiao, CHENG Yuan-Gang

(Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

**Abstract:** The contents of K, Ca, Na and so on in different parts of *Carthamus tinctoricus* and the rhizosphere soil were determined by ICP-AES technique to study the law of mineral elements absorption and accumulation in the plant. The results indicated that the contents of K, Fe and Zn in seedlings are higher than that in other parts of plant, the contents of Ca and Mg in mature leaves are higher than that in other parts of plant, the content of Cu in seeds is highest in all Cu contents in different parts of the plant. K and Ca in seeds are less than these in other parts of plant. Mg, Fe, Cu and Zn were respectively least in flower, stem, mature leaves and stem. Therefore, K markedly accumulates in seedling and flower, Cu is obviously absorbed in seedling and seeds, Ca mostly accumulates in mature leaves. There are obvious differences in the absorption of these mineral elements in *C. tinctoricus*. These mineral elements that are absorbed much should be complemented as fertilizer when plant *C. tinctoricus*.

**Key words:** ICP-AES; *Carthamus tinctoricus*; mineral element

红花 (*Carthamus tinctoricus*) 为菊科 (Compositae) 红花属 (*Carthamus*) 植物, 又名草红花, 为 1~2 年生草本植物 (中国植物志, 1979)。红花是一

种用途广泛、油药兼用的经济作物, 花冠及种子均可入药, 花具有治血通经、祛瘀止痛的作用, 对高血压、冠心病也有很好的疗效 (中国药典, 2005 版); 种子

收稿日期: 2014-01-04      修回日期: 2014-06-19

基金项目: 河南省科技攻关项目 (112102310018)

作者简介: 简在友 (1973-), 男, 河南淮滨人, 博士, 副教授, 主要从事植物学、药用植物学的教学和科研工作, (E-mail)jian19732004@126.com。

\*通讯作者: 孟丽, 教授, 主要从事植物学教学和科研工作, (E-mail)hism1@163.com。

油含有丰富的亚油酸,是品质很高的食用油(杨玉霞等,2008)。一些微量元素也是红花的药效成分,这些微量元素在红花体内可以逐渐累积(胡雪梅等,2003;董顺福等,2008;王慧琴等,2006)。为了研究红花对矿质元素的吸收利用和积累规律,我们采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)法检测分析了红花不同部位和时期以及栽培土壤中的矿质元素含量,旨在为红花药材质量评价及红花栽培管理提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 仪器和试剂

仪器:Optima 2100DV 电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP)(美国 Perkin Elmer 公司生产);电热板;聚四氟乙烯坩埚;电子天平(精度 0.1 mg)。试剂:硝酸(AR);HF;高氯酸;K、Ca、Na、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn、Cr、Cd、Pb、Ba、Ni 和 Al 的光谱纯试剂。

### 1.2 试验材料

红花各部位材料于 2010 年 3—7 月采自卫辉市安都乡红花种植基地(N25.46, E114.61)(表 1),其中幼苗指莲座期红花叶片,成熟叶指红花起苔后的植株下部叶。试验材料从随机选取的 30 棵以上植株上采集,每种材料干燥、粉碎并混合后作为样品。土壤样品为红花 5~20 cm 深的根际土壤混合而成。

### 1.3 测定方法

1.3.1 样品预处理 土壤样品预处理:土壤干燥至恒重后研碎并过 0.15 mm 尼龙筛,然后精密称取 0.1 g 土壤粉末加到 30 mL 的聚四氟乙烯坩埚中,用重蒸水湿润后加入 7 mL 氢氟酸和 1 mL 浓硝酸,在电热板上消煮蒸发至将干时取下坩埚停止加热,冷却后沿坩埚内壁再加入 5 mL 氢氟酸并继续消煮,及溶液近干时停止加热,冷却后加入 2 mL 高氯酸,继续消煮至不再有白烟且残渣为均匀的浅色,取下坩埚并向其中加入 1 mL 50%的硝酸,再次加热溶解残渣至溶液完全澄清。最后溶液定容至 25 mL 后并转移到聚乙烯小瓶中,0.45  $\mu\text{m}$  滤膜过滤。

植物材料样品预处理:样品干燥至恒重后粉碎并过 0.15 mm 尼龙筛,然后精密称取 0.2 g 药材粉末加到 50 mL 的锥形瓶中,加入浓硝酸 10 mL,盖上小漏斗并在电热板上低温加热 30 min,冷却后再加 2 mL 高氯酸(60%),低温加热使瓶内白烟逐渐

消失,在溶液呈无色透明约有 1 mL 时停止加热,冷却后溶液定容至 25 mL,0.45  $\mu\text{m}$  滤膜过滤。

以上每种试验材料重复制备 6 份样品液,作为 6 次重复。

1.3.2 标准曲线的绘制 分别配制 0(5%的硝酸)、0.5、1、2、4、8  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的光谱纯 K、Na、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn、Cr、Cd、Pb、Ba、Ni 和 Al 溶液,用 ICP 光谱仪测定各种元素不同浓度的吸收值并绘制各元素标准曲线。ICP 光谱仪工作条件参数:射频功率 1.3 KW;冷却气速率 15  $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ;辅助气速率 0.2  $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ;雾化器速率 0.8  $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ;样品提升速度 1.5  $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ 。分析得出各元素每一浓度下检测值的 SD 值都在 2% 以下,所有测定元素标准曲线的 R 值都在 0.9996 以上。

1.3.3 矿质元素检测 用 ICP 光谱仪在与绘制标准曲线相同的工作条件下测定各样品溶液中各元素的吸收值,再根据标准曲线计算出各个样品中相应元素的含量。样品的分析检测由河南科技学院实验中心完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 红花各部位或时期矿质元素含量分析

ICP-AES 法检测红花各部位矿质元素含量结果见表 1。从检测分析结果看,红花各部位矿质元素含量差异较大。

经过对检测结果的方差分析,结果表明多种元素含量在红花各部位之间差异显著,检测数据的多重比较结果见表 2。

就红花不同部位或时期来说,Fe 元素在红花幼苗中的含量明显高于其它部位或时期的含量,在茎和花中的含量较低。Ca 在红花成熟叶中含量最高,其次是在幼苗中的含量,在种子中的含量最低。Mg 也是在红花成熟叶中含量最高,其次是在幼苗中的含量,但在花中含量最低,表明 Mg 在光合作用强的部位含量高。K 在红花幼苗中含量最高,其次是在花中的含量,在茎中含量最低。重金属 Cr 在红花幼苗中含量最高,在茎中含量最低,虽然 Cr 在红花多种部位或时期的含量差异显著,但这些差异不是很大,且都远比 Cr 在土壤中的含量低。Pb 只在红花成熟叶中检测到含量,在其它部位及土壤中都没检测到含量。

表 1 红花土壤及各部位矿质元素平均含量 (单位:  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ; 土后面为标准差)Table 1 The average contents of mineral elements in the soil and different parts of *C. tinctoricus* (average $\pm$ SD; unit:  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )

元素 Element	检测波长 Wavelength	检测下限 Limit	土壤 Soil	幼苗 Seedling	成熟叶 Leaf	茎 Stem	花 Flower	种子 Seed
Cu	324.775	0.0054	23.8 $\pm$ 4.6	34.1 $\pm$ 0.78	7.45 $\pm$ 0.38	8.47 $\pm$ 0.28	22.6 $\pm$ 0.87	66.9 $\pm$ 19
Fe	259.955	0.0062	32084 $\pm$ 760	1174 $\pm$ 41	586 $\pm$ 141	143 $\pm$ 11	277 $\pm$ 12	353 $\pm$ 8.9
Mn	257.61	0.0014	575 $\pm$ 11	44.2 $\pm$ 11	63.1 $\pm$ 0.91	8.22 $\pm$ 0.27	21.3 $\pm$ 1.4	13.6 $\pm$ 0.89
Ca*	317.952	0.01	29794 $\pm$ 791	8855 $\pm$ 283	39657 $\pm$ 640	6724 $\pm$ 80	5084 $\pm$ 286	2175 $\pm$ 134
Mg	279.094	0.03	11688 $\pm$ 313	7641 $\pm$ 176	10941 $\pm$ 228	2022 $\pm$ 67	1362 $\pm$ 55	2126 $\pm$ 45
Cr*	267.735	0.071	66.8 $\pm$ 3.0	22.2 $\pm$ 1.6	15.5 $\pm$ 2.0	11.8 $\pm$ 0.71	13.49 $\pm$ 1.0	12.32 $\pm$ 0.67
K	766.514	1.50	19339 $\pm$ 498	34297 $\pm$ 779	14605 $\pm$ 410	10831 $\pm$ 361	27355 $\pm$ 648	5905 $\pm$ 133
Na	589.62	0.069	11940 $\pm$ 343	8009 $\pm$ 168	1110 $\pm$ 125	2301 $\pm$ 171	522 $\pm$ 10	714 $\pm$ 170
Zn	213.87	0.0018	180 $\pm$ 17	127 $\pm$ 8.4	38.3 $\pm$ 1.8	29.2 $\pm$ 1.1	57.6 $\pm$ 4.7	84.0 $\pm$ 12
Al	396.175	0.028	71047 $\pm$ 1684	790 $\pm$ 53	539 $\pm$ 54	534 $\pm$ 84	212 $\pm$ 13	181 $\pm$ 79
Ba	455.429	0.0013	513 $\pm$ 16	24.0 $\pm$ 0.25	24.3 $\pm$ 1.3	23.9 $\pm$ 4.1	14.0 $\pm$ 0.48	7.21 $\pm$ 1.0
Pb	220.366	0.0042	—	—	1.84 $\pm$ 0.82	—	—	—
Ni	231.618	0.015	28.9 $\pm$ 0.89	—	—	—	—	—
Cd	226.515	0.0034	—	—	—	—	—	—

注: \* 表示 R 值为 0.9996, 其它 R 值都为 0.9999; “—” 表示在检测限以下; 检测下限为样品液中的相应元素含量。

Note: \* shows that the value of R is 0.9996, the values of other are 0.9999; “—” shows that the content is below the lower limit; The lower limit is determined in liquid sample.

表 2 红花土壤及各部位矿质元素平均含量的多重比较 (LSD 法)

Table 2 Multi-compare of mineral elements the contents in the soil and different parts of *C. tinctoricus*

部位 Part	Cu	Fe	Mn	Ca	Mg	Cr	K	Na	Zn	Al	Ba
土壤 Soil	c	a	a	b	a	a	c	a	a	a	a
幼苗 Seedling	b	b	b	c	c	b	a	b	b	b	b
成熟叶 Leaf	d	c	c	a	b	c	d	d	e	bc	b
茎 Stem	d	e	e	d	d	d	e	c	f	bc	b
花 Flower	c	de	d	e	e	d	b	e	d	c	c
种子 Seed	a	d	e	f	d	d	f	e	c	c	d

注: 不同的字母表示相互之间差异显著; Pb、Ni 和 Cd 在多数部位没测出, 因此没做多重比较。

Note: The different letters show significantly differences. The contents of Pb, Ni and Cd were not analyzed.

## 2.2 红花不同部位或时期对矿质元素的吸收与积累

通过比较红花各部位或时期矿质元素含量与土壤中相应矿质元素含量(表 3), 发现红花种子和幼苗中的 Cu 含量明显高于土壤中的 Cu 含量, 尤其是种子中的 Cu 含量达到土壤中 Cu 含量的 2.8 倍, 花中的 Cu 含量也接近土壤中的 Cu 含量, 表明红花种子等部位对 Cu 有很高累积作用。红花成熟叶中 Ca 的含量明显高于土壤中 Ca 含量, 其它部位或生长时期的 Ca 含量都远比土壤中 Ca 含量低, 说明 Ca 能够积累在红花成熟叶中。红花成熟叶中的 Mg 含量也接近土壤中 Mg 含量, 在红花所有部位的 Mg 含量中最高。红花幼苗和花中的 K 含量都高于土

壤中 K 含量, 表明红花幼苗期和花期对 K 肥需求量大。此外, 虽然在红花生长土壤中没有检测出 Pb, 但在红花成熟叶中检测到了少量的 Pb, 这些 Pb 可能来自大气粉尘等污染物。

## 3 讨论与结论

### 3.1 讨论

红花不同部位的矿质元素含量差异明显。作为药材的花中 K 含量不仅是花中所测矿质元素含量最高的, 而且是红花各部位 K 含量中较高的。对一些疾病有疗效的微量元素 Zn 含量在花中也较高。K 在人体内维持细胞的内外渗透平衡, 维持神经细胞膜的生物兴奋性, 传递信息。Cu 是血红蛋白的活化剂, Cu 元素可以防止动脉壁的弹力纤维胶原降解, 保护血管壁内膜的完整性, 阻止动脉粥样硬化的发生和发展, 体内 Cu 缺乏会引起心肌细胞氧化代谢紊乱, 诱发动脉硬化(董顺福等, 2008; 萨嘎拉等, 2008)。红花种子不仅可以作为药材(红花子、白平子), 也可榨取食用油。红花的花中 Cu 含量既远高于红花其它部位 Cu 的含量, 也明显比土壤中 Cu 含量高, 表明红花种子对 Cu 有很强的累积作用。因此在评价红花药材质量和道地性时可把这些元素考虑作为评价指标(王慧琴等, 2006), 在红花栽培时也应考虑肥料中这些元素的补充。红花幼苗是冬春季

表 3 红花各部位矿质元素含量与土壤中相应矿质元素含量比值

Table 3 The rates of mineral elements the contents in different parts of *C. tinctoricus* to that in the soil

元素 Element	Cu	Fe	Mn	Ca	Mg	Cr	K	Na	Zn	Al	Ba	Ni
土壤 Soil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
幼苗 Seedling	1.430	0.037	0.077	0.297	0.654	0.332	1.773	0.671	0.703	0.011	0.047	0
成熟叶 Leaf	0.313	0.018	0.110	1.331	0.936	0.233	0.755	0.093	0.213	0.008	0.047	0
茎 Stem	0.356	0.004	0.014	0.226	0.173	0.177	0.560	0.193	0.162	0.008	0.047	0
花 Flower	0.948	0.009	0.037	0.171	0.117	0.202	1.414	0.044	0.320	0.003	0.027	0
种子 Seed	2.809	0.011	0.024	0.073	0.182	0.185	0.305	0.060	0.466	0.003	0.014	0

节的时令蔬菜,含有丰富的黄酮、腺苷等药用成分,可开发成保健食品和蔬菜(杨灿等,2007)。检测结果表明红花幼苗中多种矿质元素含量高于红花其它部位相应矿质元素含量,其中 K 和 Cu 含量比土壤中 K 和 Cu 的含量还高,Zn、Na 和 Mg 的含量也接近土壤中相应矿质元素含量,表明红花幼苗对这些元素有较强的吸收和累积作用。Mg 具有抗心率失常作用,对急性缺血缺氧引起的严重室性快速心律失常有明显的效果,Zn 是胰岛素和许多酶的必要组分和活性中心(胡雪梅等,2003)。因此红花幼苗作为蔬菜具有很大的开发价值。

红花各部位矿质元素含量上的差异也反映出这些元素在红花体内代谢和运输上的不同。K 和 Na 这些在红花体内容易运输(易溶解)的元素在红花幼苗中的含量远比它们在红花成熟叶中的含量高;而 Ca 和 Mg 在红花成熟叶中的含量明显比它们在红花幼苗中的含量高,也接近甚至高于土壤中相应元素含量,这可能与它们在红花体内不易运输有关;红花的花中 Cu 和 K 含量接近甚至高于它们在土壤含量,它们可能与红花的有性繁殖密切相关(刘凤玲等,2007)。红花对 Ca、Mg、K 等元素吸收利用量较大,在长期栽培红花的土壤中应注意补充(乜兰春等,2009)。土壤中虽然有一定含量的 Ni,但在红花各部位都没有检测出 Ni,表明红花对 Ni 不吸收;在土壤中虽然没检测出 Pb,但在红花成熟叶中检测出少量的 Pb,这些 Pb 可能是红花叶片从污染的空气中吸收并积累的。

### 3.2 结论

多种矿质元素在红花各部位含量差异明显,以可溶性盐形态存在的矿质元素多在幼嫩器官中含量高,易形成难溶性盐的矿质元素多在成熟或较老的器官中含量高。红花对土壤不同矿质元素的吸收利用差异也较大,在长期栽培红花的土壤中应注意对吸收利用多的元素结合施肥进行补充。

### 参考文献:

- China Pharmacopoeia Commission(国家药典委员会). 2005. Chinese Pharmacopoeia(中国药典). Part I(第 1 部)[M]. Beijing(北京):Chemical Industry Press(化学工业出版社):109
- Dong SF(董顺福), Han LQ(韩丽琴), Zhao WX(赵文秀), et al. 2008. Analysis and study of total Flavone and trace element in *Carthmus tinctorius*(中药红花总黄酮及微量元素含量的分析研究)[J]. *Spectroscopy & Spectral Analysis*(光谱学与光谱分析), **28**(1):225-227
- Editorial Committee of Chinese flora(中国植物志编辑委员会). 1979. Chinese Flora(中国植物志)[M]. Beijing(北京):Science Press(科学出版社), **27**:37-59
- Hu XM(胡雪梅), Tan GQ(谭光群), Li H(李晖). 2003. Determination of microelements in Chinese herbal medicine for curing Cardiovascular disease(治疗心血管疾病中草药中微量元素的测定)[J]. *J Sic Univ:Eng Sci Edit*(四川大学学报·工程科学版), **35**(1):109-111
- Liu FL(刘凤玲), Liu JS(刘金山), Feng QY(冯秋扬), et al. 2007. Effects of different cultural types and concentration of P and K in nutrient solution on growth and anthesis of *Tagetes recta*(不同栽培方式和营养液磷钾水平对万寿菊生长和开花的影响)[J]. *J Inner Mongolia Agric Univ*(内蒙古农业大学学报), **28**(3):50-53
- Nie LC(乜兰春), Meng QR 孟庆荣(李英丽), Li YL(罗双霞), et al. 2009. Study on absorption properties of mineral elements of Asparagus(芦笋矿质元素吸收特性研究)[J]. *Plant Nutr & Fert Sci*(植物营养与肥料学报), **15**(5):1 236-1 239
- Sagara(萨嘎拉), Zhaorigetu(照日格图), Dong GL(董国良), et al. 2008. Determination of inorganic elements in five kinds of Mongolia medicines by high pressure sealed microwave digestion-ICP-AES(高压密封微波消解-ICP-AES 法测定五种蒙药中无机元素)[J]. *Spectrosc & Spectr Anal*(光谱学与光谱分析), **28**(7):1 645-1 649
- Wang Hui-Qin(王慧琴), Xie MY(谢明勇), Yang MF(杨妙峰), et al. 2006. Evaluation of the trace elements in Safflower petals determined by ICP-MS using factor and cluster analysis(不同产地红花中微量元素的因子分析和聚类分析)[J]. *J Xiamen Univ:Nat Sci Edit*(厦门大学学报·自然科学版), **45**(1):72-75
- Yang C(杨灿), Zhu JX(竺俊鑫), Jian ZY(简在友), et al. 2007. Preliminary research on Safflower sprout vegetable(红花芽菜的研究初探)[J]. *J Anhui Agric Sci*(安徽农业科学), **35**(18):5 428-5 518
- YangYX(杨玉霞), Wu W(吴卫), Zheng YL(郑有良), et al. 2008. Nutrition quality analyse of Safflower seed meals from various varieties/lines(不同品种/系红花籽粕营养成分分析)[J]. *J Chin Cereals & Oils Assoc*(中国粮油学报), **23**(4):174-178