

不同种质肉苁蓉矿质元素分析

郑雷^{1,2}, 郭玉海^{2*}

1. 四川中医药高等专科学校药学院, 四川 绵阳 621000
2. 中国农业大学农学院, 北京 100193

摘要 矿质元素含量是中药材质量评价的重要指标, 且与中药材生长发育、功效物质形成及其疗效发挥密切相关。矿质元素含量及比例因产地、采收时期、采收部位等不同存在差异, 但种质是影响中药材矿质元素含量及比例最为稳定和重要的因素。电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES法)可快速同时测定多种矿质元素, 目前已广泛应用于中药材矿质元素含量测定。肉苁蓉为著名补益类中药, 其矿质元素含量及比例越来越受到人们关注。该研究以不同花色肉苁蓉种质为材料, 经硝酸和高氯酸消解后, 采用ICP-AES法测定了不同花色肉苁蓉种质中的矿质元素K, P, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu和Mo含量, 并对结果进行统计分析比较。结果表明: (1)种质影响肉苁蓉矿质元素含量, 不同花色肉苁蓉种质中均具有丰富的矿质元素K, P, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, 但含量具有明显差异。(2)不同花色肉苁蓉种质的常量矿质元素均以K含量和累积量最高, P含量和累积量最低; 白色花种质K含量和累积量最高, 为 $15.91 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $727.76 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$; 淡紫色花种质P含量和累积量最低, 为 $0.45 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $21.80 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$ 。(3)不同花色肉苁蓉种质的微量矿质元素均以Fe的含量和累积量最高, Mo含量和累积量最低; 黄色花种质的Fe含量和累积量最高, 达到了 $722.33 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $30251.29 \mu\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$; 淡紫色花种质的Mo含量和累积量最低, 为 $0.11 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $5.12 \mu\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。(4)白色花种质的K, Ca, Mg, Mn, Zn含量和累积量较高, 而淡紫色花种质的K, Ca, Mg, Na, Mn含量和累积量较低。(5)种质影响肉苁蓉矿质元素比例, 不同花色肉苁蓉种质中的矿质元素比例存在差异, 其中K:P和Fe:Mn差异较大, 而Ca:Mg和Zn:Cu差异较小。结果表明: 肉苁蓉具有丰富的矿质元素, 种质影响肉苁蓉中矿质元素含量、累积量及矿质元素比例, 且不同花色种质间存在较大差异, 应引起关注和重视。矿质元素为中药材质量评价的重要指标且影响中药材生长发育, 研究结果可为不同花色肉苁蓉种质质量评价、营养价值评价及科学合理施肥提供依据。

关键词 电感耦合等离子体原子发射光谱; 肉苁蓉; 花色; 种质; 矿质元素

中图分类号: R282.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)12-3921-04

引言

中药材中的矿质元素含量是中药材质量评价的重要指标, 而电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES法)已广泛用于中药材矿质元素含量测定。近年来, 随着现代科学对矿质元素与健康研究的深入, 发现中药材中的矿质元素与其疗效发挥密切相关, 相关研究表明矿质元素尤其是微量元素可作为蛋白质和酶的重要组成部分, 参与糖、蛋白质及脂类代谢, 具有渗透调节、免疫调节、抗氧化、延缓衰老等作用^[1-4], 中药材中的矿质元素含量尤其是微量元素含量越来

越受到人们的极大关注和重视。研究表明, 中药材中矿质元素含量因产地、采收时期、采收部位等不同而有所差异^[5-6], 但是, 在各种因素中, 种质是影响中药材矿质元素含量、累积量及比例最为稳定和重要的因素。寄生药用植物肉苁蓉(*Cistanche deserticola* Ma)为著名的补益类中药材, 具有补肾阳、益精血、润燥通肠等功效^[7]。已有研究表明, 肉苁蓉中含有丰富的矿质元素, 并且在不同生育时期, 不同部位及不同大小间差异显著。然而, 关于不同种质肉苁蓉的矿质元素含量及比例却尚未见报道。本研究采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES法), 测定了不同花色肉苁蓉种质的矿质元素, 旨在明确不同花色肉苁蓉种质矿质元素含量、

收稿日期: 2018-10-07, 修订日期: 2019-02-20

基金项目: 国家(863)计划项目(2012AA021702-1)和国家科技惠民计划项目(2012GS6501)资助

作者简介: 郑雷, 1987年生, 四川中医药高等专科学校药学院博士研究生 e-mail: zhenglei19870922@163.com

* 通讯联系人 e-mail: yhguo@cau.edu.cn

比例及其差异,以期为不同种质肉苁蓉质量评价、营养价值评价及科学合理施肥提供依据。

1 实验部分

1.1 仪器与参数

电感耦合等离子体原子发射光谱仪(ICP-AES,美国 PE 公司 OPTIMA 3300DV 型);工作参数:高频发生器功率为 1 300 W;冷却器流量为 15.0 L·min⁻¹;载气流量为 0.8 L·min⁻¹;辅助气流量为 0.5 L·min⁻¹;样品提升量为 1.0 L·min⁻¹。

1.2 材料

不同花色肉苁蓉种质分别为紫色花、黄色花、淡紫色花和白色花肉苁蓉种质。选取生长量基本一致的试验材料,于内蒙古王爷地苁蓉生物科技有限公司架子滩基地采挖,备用。

1.3 样品处理

将样品用去离子水冲洗干净后置于 60 °C 烘箱中烘干至恒重,之后将样品粉碎过 60 目筛备测。

1.4 矿质元素提取

称取各试验材料样品 1 g(精确至 0.001 g)于开氏瓶中,加入浓硝酸、高氯酸混合液(体积比为 4:1)15 mL。消煮至溶液接近无色时取下冷却,过滤,定容。用同样的方法制备空白样品。浓硝酸和高氯酸均为优级纯,试验用水为去离子水。

1.5 数据处理

采用 Excel 2007 统计数据,采用 DPS 7.05 对数据进行方差分析。

2 结果与讨论

2.1 不同花色肉苁蓉种质的矿质元素含量分析

不同花色肉苁蓉种质均含有多种矿质元素(表 1 和表 2)。由表 1 可知,不同花色肉苁蓉种质中常量元素均以 K 元素含量最高,紫色花、黄色花、淡紫色花和白色花种质中 K 元素含量分别达到了 11.29, 15.79, 7.32 和 15.91 mg·g⁻¹,但不同花色肉苁蓉种质所含各常量矿质元素含量不同,紫色花和白色花种质中常量矿质元素含量为 K>Ca>Na>Mg>P,而黄色花和淡紫色花种质中则为 K>Na>Ca>Mg>P。同一常量元素在不同花色肉苁蓉种质中含量亦存在差异,K 和 Ca 元素含量以白色花种质最高分别为 15.91 和 3.68 mg·g⁻¹,P, Mg 和 Na 元素以黄色花种质含量最高分别为 0.60, 1.51 和 6.33 mg·g⁻¹。

不同花色肉苁蓉种质含有的微量矿质元素不同(表 2)。不同花色肉苁蓉种质微量元素均以 Fe 元素含量最高,紫色花、黄色花、淡紫色花和白色花种质中 Fe 元素含量分别达到了 288.10, 723.33, 402.82 和 608.17 μg·g⁻¹,但不同花色肉苁蓉种质所含各微量矿质元素含量不同,紫色花和淡紫色花种质中微量矿质元素含量为 Fe>Zn>Cu>Mn>Mo,而黄色花和白色花种质中则为 Fe>Mn>Zn>Cu>Mo。同

一微量元素在不同肉苁蓉种质中含量亦存在差异,Fe 和 Mo 元素含量以黄色花种质最高,分别为 722.33 和 0.22 μg·g⁻¹,Mn 和 Zn 元素含量以白色花种质含量最高,分别为 19.95 和 19.70 μg·g⁻¹,Cu 元素含量以淡紫色花种质含量最高,为 18.58 μg·g⁻¹。

表 1 不同花色肉苁蓉种质常量矿质元素含量

Table 1 Content of macroelement in *C. deserticola* germplasm of different flower colors (mg·g⁻¹, n=3)

元素	紫色花	黄色花	淡紫色花	白色花
K	11.29 b	15.79 a	7.32 c	15.91 a
P	0.47 b	0.60 a	0.45 b	0.57 a
Ca	2.49 b	3.40 a	1.49 c	3.68 a
Mg	1.21 b	1.51 a	0.55 c	1.49 a
Na	2.18 c	6.33 a	1.71 c	2.88 b

Note: values followed by the different letters in each column are significant at 0.05 level from each other. The same as follows.

表 2 不同花色肉苁蓉种质微量矿质元素含量

Table 2 Content of microelement in *C. deserticola* germplasm of different flower colors (μg·g⁻¹, n=3)

元素	紫色花	黄色花	淡紫色花	白色花
Fe	288.10 d	722.33 a	402.82 c	608.17 b
Mn	10.71 b	17.01 a	10.62 b	19.95 a
Zn	18.10 a	15.46 b	19.62 a	19.70 a
Cu	14.88 b	13.47 b	18.58 a	12.97 b
Mo	0.12 a	0.22 a	0.11 a	0.12 a

2.2 不同花色肉苁蓉种质的矿质元素累积量分析

不同花色肉苁蓉种质矿质元素的累积量存在较大差异(表 3 和表 4)。由表 3 可知,在常量矿质元素方面,不同花色肉苁蓉种质均以 K 元素累积量最高,紫色花、黄色花、淡紫色花和白色花种质中 K 元素累积量分别达到了 523.05, 661.46、324.43 和 727.76 mg·株⁻¹。就同种常量矿质元素在不同花色肉苁蓉种质中的累积量来看,K, P, Ca 和 Mg 元素的累积量以白色花种质最高,分别达到了 727.76, 26.14, 168.50 和 68.30 mg·株⁻¹,Na 元素的累积量以黄色花种质最高,为 265.05 mg·株⁻¹,而淡紫色花种质中 K, P, Ca, Mg 和 Na 元素的累积量均为最低,分别仅为 324.43, 21.80, 66.01, 24.31 和 75.74 mg·株⁻¹。

表 3 不同花色肉苁蓉种质常量矿质元素累积量

Table 3 Accumulation of macroelement in *C. deserticola* germplasm of different flower colors (mg·株⁻¹, n=3)

元素	紫色花	黄色花	淡紫色花	白色花
K	523.05	661.46	324.43	727.76
P	21.96	25.02	21.80	26.14
Ca	115.31	142.47	66.01	168.50
Mg	56.28	63.37	24.31	68.30
Na	100.97	265.05	75.74	131.56

不同花色肉苁蓉种质的微量元素累积量不同(表 4)。不同花色肉苁蓉种质中微量元素均以 Fe 元素累积量最高,紫色花、黄色花、淡紫色花和白色花种质中 Fe 元素累积量分别达到了 13 352.06, 30 251.29, 17 859.26 和 27 822.76 $\mu\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。同种微量元素在不同花色肉苁蓉种质中的累积量亦差异较大, Fe 和 Mo 元素的累积量以黄色花种质最高,达到了 30 251.29 和 9.25 $\mu\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$, Mn 和 Zn 元素的累积量以白色花种质最高,为 912.50 和 901.30 $\mu\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$, Cu 元素的累积量以淡紫色花种质最高,为 823.88 $\mu\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ 。

表 4 不同花色肉苁蓉种质微量矿质元素累积量

Table 4 Accumulation of microelement in *C. deserticola* germplasm of different flower colors ($\mu\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$, $n=3$)

元素	紫色花	黄色花	淡紫色花	白色花
Fe	13 352.06	30 251.29	17 859.26	27 822.76
Mn	496.56	712.34	470.79	912.50
Zn	838.64	647.58	869.94	901.30
Cu	689.67	564.32	823.88	593.40
Mo	5.52	9.25	5.12	5.60

表 5 不同花色肉苁蓉种质矿质元素比例

Table 5 Mineral element proportion in *C. deserticola* germplasm of different flower colors

元素	紫色花	黄色花	淡紫色花	白色花
K : P	24.0 : 1	26.3 : 1	14.9 : 1	27.9 : 1
Ca : Mg	2.1 : 1	2.3 : 1	2.7 : 1	2.5 : 1
Fe : Mn	26.9 : 1	42.5 : 1	37.9 : 1	30.5 : 1
Zn : Cu	1.2 : 1	1.1 : 1	1.1 : 1	1.5 : 1

2.3 不同花色肉苁蓉种质的矿质元素比例分析

不同花色肉苁蓉种质的矿质元素比例差异较大(表 5)。K : P 以白色花种质最大,为 27.9 : 1,以淡紫色花种质最小,为 14.9 : 1。Fe : Mn 以黄色花种质最大,为 42.5 : 1,以紫色花种质最小,为 26.9 : 1。不同花色肉苁蓉种质的 Ca : Mg 和 Zn : Cu 差异较小,分别在 2.1 : 1~2.7 : 1 和

1.1 : 1~1.5 : 1 之间。

3 结 论

近年来,大量研究表明中药材中含有丰富的矿质元素,并且与中药防病、治病、保健等功效发挥密切相关,如 K, Na 等矿质元素具有渗透调节的生理作用,Fe, Mn, Zn, Cu 等矿质元素为蛋白质和酶的重要组成部分,具有延缓衰老、抗氧化及免疫调节的功能^[1-4]。矿质元素含量是决定中药寒凉温热四性的物质基础之一,与中药材疗效密切相关,而不同的矿质元素比例亦为决定中药材药性的重要因素^[8-9]。中药材中矿质元素含量、累积量及比例越来越受到人们的重视和关注,已成为中药材质量评价的重要指标。肉苁蓉作为我国传统的名贵中药,其矿质元素含量受到了人们的重视,目前已对肉苁蓉不同生育时期,不同部位和不同大小中的矿质元素含量进行了分析研究,然而在肉苁蓉人工栽培种植中发现肉苁蓉有丰富的变异,存在有不同花色的肉苁蓉种质资源,但关于不同花色肉苁蓉种质的矿质元素分析却尚未见报道。

本研究采用 ICP-AES 测定分析了不同花色肉苁蓉种质的矿质元素含量、累积量及矿质元素比例,不同花色肉苁蓉种质的常量矿质元素以 K 的含量和累积量最高,微量矿质元素以 Fe 的含量和累积量最高;白色花种质的 K, Ca, Mg, Mn 和 Zn 含量和累积量较高,而淡紫色花种质的 K, Ca, Mg, Na 和 Mn 含量和累积量较低;不同花色肉苁蓉种质的 K : P 和 Fe : Mn 差异较大,而 Ca : Mg 和 Zn : Cu 差异较小。研究结果表明不同花色肉苁蓉种质的矿质元素含量、累积量及矿质元素比例差异显著,应当引起重视和关注。矿质元素为中药材质量评价的重要指标且影响中药材生长发育,因此本研究结果可为不同花色肉苁蓉种质质量评价及合理施肥提供矿质元素方面的资料。

不同种质肉苁蓉的矿质元素含量除了与遗传因素有关外,还受环境条件、栽培措施的影响。因此,有必要进一步研究。

References

- [1] BAO Yong-rui, MENG Xian-sheng, YANG Xin-xin, et al(包永睿,孟宪生,杨欣欣,等). Journal of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine(辽宁中医药大学学报), 2009, 11(6): 220.
- [2] ZHANG Jian, FANG Shao-xin, GAO Zhen-zhen, et al(张剑,房少新,高真贞,等). Guangdong Trace Elements Science(广东微量元素科学), 2007, 14(8): 5.
- [3] JIANG Hong-hong, KANG Ting-guo, MENG Xian-sheng, et al(姜红红,康廷国,孟宪生,等). Guangdong Trace Element Science(广东微量元素科学), 2010, 17(9): 38.
- [4] WANG Gen-zhi, WANG Qiu-xia(王根志,王秋霞). Studies of Trace Element and Health(微量元素与健康研究), 2004, 21(2): 54.
- [5] QIN Kun-liang(秦坤良). Guangdong Trace Element Science(广东微量元素科学), 2005, 12(9): 30.
- [6] YU Rui-tao(于瑞涛). Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory(光谱实验室), 2011, 28(4): 1817.
- [7] Chinese Pharmacopoeia Committee(中国药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China · Part 1(中华人民共和国药典·1部). Beijing: China Medical Science Press(北京:中国医药科技出版社), 2015. 135.
- [8] QI Jun-sheng, XU Hui-bi, ZHOU Jing-yan, et al(祁俊生,徐辉碧,周井炎,等). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学),

1998, 14(4): 283.

- [9] YANG Bo, WANG Zhen-guo(杨波, 王振国). Journal of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine(南京中医药大学学报), 2012, 28(1): 41.

Analysis of Mineral Elements in Different Germplasm of *Cistanche deserticola*

ZHENG Lei^{1, 2}, GUO Yu-hai^{2*}

1. College of Pharmacy, Sichuan University of Traditional Chinese Medicine, Manyang 621000, China

2. College of Agronomy, China Agricultural University, Beijing 100193, China

Abstract The content of mineral elements in Chinese herbal medicines is an important indicator for the quality evaluation of Chinese herbal medicines and is closely related to the growth and development, the formation of functional substances and the efficacy. The content and proportion of mineral elements vary with origin, harvest time, and harvesting parts, but the germplasm is the stablest and most important factor influencing the content and proportion of mineral elements in Chinese herbal medicines. Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) can rapidly and simultaneously determine a variety of mineral elements. It has been widely used in the determination of mineral elements in Chinese herbal medicines. *Cistanche deserticola* is a famous tonic herbal and its mineral element content and proportion have attracted more and more attention. In this study, using *C. deserticola* germplasm of different flower colors as materials, the mineral element K, P, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu and Mo in *C. deserticola* germplasm of different flower colors were determined by ICP-AES method after the materials digestion with nitric acid and perchloric acid. The results show that: (1) The germplasm affected the content of mineral elements in *C. deserticola*. *C. deserticola* germplasm of different flower colors were rich in K, P, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, but with significant differences. (2) The content and accumulation of K in *C. deserticola* germplasm of different flower colors were the highest among macroelements. Especially, the content and accumulation of K in *C. deserticola* germplasm of the white color flower reached $15.91 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $727.76 \text{ mg} \cdot \text{plant}^{-1}$. The content and accumulation of P in *C. deserticola* germplasm of different flower colors were the lowest among macroelements. The content and accumulation of P in *C. deserticola* germplasm of the lavender color flower were $0.45 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $21.8 \text{ mg} \cdot \text{plant}^{-1}$. (3) The content and accumulation of Fe in *C. deserticola* germplasm of different flower colors were the highest among microelements. Especially, the content and accumulation of Fe in *C. deserticola* germplasm of the yellow color flower reached $722.33 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ and $30\ 251.29 \mu\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$. The content and accumulation of Mo in *C. deserticola* germplasm of different flower colors were the lowest among microelements. The content and accumulation of Mo in *C. deserticola* germplasm of the lavender color flower were $0.11 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $5.12 \text{ mg} \cdot \text{plant}^{-1}$. (4) The content and accumulation of K, Ca, Mg, Mn, Zn were with higher values in *C. deserticola* germplasm of the white color flower, while the content and accumulation of K, Ca, Mg, Na, Mn were with lower values in *C. deserticola* germplasm of the lavender color flower. (5) The germplasm affected the proportion of mineral elements in *C. deserticola*. The proportion of mineral elements in *C. deserticola* germplasm of different flower colors were different. The proportion of K : P and Fe : Mn were with significant differences, while Ca : Mg and Zn : Cu were with little differences. Conclusion: *C. deserticola* was rich in mineral elements, and the germplasm affected the content, accumulation and proportion of mineral elements in *C. deserticola* and there are significant differences among different flower colors. The results should be concerned about and paid attention to. Mineral elements are important indicators for the quality evaluation of Chinese herbal medicines and affect the growth and development. Therefore, the results of this study could provide the basis for quality evaluation, nutrition evaluation and scientific fertilization of *C. deserticola* germplasm of different flower colors.

Keywords ICP-AES; *Cistanche deserticola*; Flower color; Germplasm; Mineral elements

(Received Oct. 7, 2018; accepted Feb. 20, 2019)

* Corresponding author