

## 不同品种药用菊花无机元素含量特征分析

张玲<sup>1</sup>, 刘桂建<sup>2\*</sup>

(1. 安徽中医药大学药学院, 安徽合肥 230012; 2. 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 安徽合肥 230026)

**摘要:**目的 比较贡菊、杭白菊、杭黄菊、滁菊、亳菊、济菊、怀菊、祁菊、川菊中无机元素含量的差异。方法 检索 CNKI 数据库中 1995 年至 2020 年关于不同品种、不同产地同一品种药用菊花中无机元素的文献, 对其研究进展进行整理。建立杭白菊、贡菊、滁菊、亳菊中共有的 23 种无机元素特征图谱, 并进行主成分分析。结果 不同产地、品种药用菊花中无机元素种类和含量均存在明显差异。Cu、Ga、Pb、Fe、Ba 是杭白菊、贡菊、滁菊、亳菊特征无机元素, 亳菊、滁菊中 Zn 含量高于其他品种。结论 本研究可为药用菊花质量评价和道地性研究提供依据。

**关键词:** 药用菊花; 无机元素; 特征图谱; 主成分分析

中图分类号: R284.1

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2022)07-2414-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2022.07.064

菊花为菊科植物菊 *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 的干燥头状花序, 具有散风清热、平肝明目、清热解毒之功效<sup>[1]</sup>, 东经 120°~113°、北纬 29°~38°的山地、丘陵和平原是菊花道地药材的产区<sup>[2]</sup>。菊花自宋代栽培以来<sup>[3]</sup>, 按照产地和加工方法不同, 可分为贡菊、杭菊(包括杭白菊、杭黄菊)、滁菊、亳菊、怀菊、济菊、祁菊等品种<sup>[4]</sup>。研究表明, 同种药材产地不同, 无机元素的种类与含量存在明显差别, 药效也会产生差异<sup>[5]</sup>。本研究整理 1995 年至 2020 年 CNKI 数据库中收录的药用菊花中无机元素文献, 并建立特征图谱, 进行主成分分析, 以期评价其质量和研究其道地性提供依据。

### 1 不同品种药用菊花中无机元素含量比较

文献记载了贡菊<sup>[6-13]</sup>、杭白菊<sup>[6,8-12,14-15]</sup>、杭黄菊<sup>[11]</sup>、滁菊<sup>[7,10-11]</sup>、亳菊<sup>[7,10-12,16-17]</sup>、济菊<sup>[12]</sup>、怀菊<sup>[10,12,18]</sup>、祁菊<sup>[12]</sup>、川菊<sup>[12]</sup> 9 个品种, 其中贡菊采自安徽黄山、铜陵、亳州、宣城和药材市场, 杭白菊采自浙江桐乡、江苏射阳、安徽亳州和药材市场, 杭黄菊采自浙江桐乡, 亳菊采自亳州, 滁菊采自滁州南谯区, 济菊采自山东嘉祥, 怀菊采自河南焦作, 祁菊采自河北安国, 川菊采自四川中江。

不同品种药用菊花共测定了 40 种元素, 包括植物生长必需的营养元素, 如磷、钙、镁、硫、铁、铜、锌、钼、硼、锰、镍等<sup>[19]</sup>, 还包括非必需元素和有害元素铅、镉、汞、砷等。将同一品种菊花中无机元素含量数值采用 G 检验法剔除异常值后取平均值。不同品种菊花中无机元素含量结果见表 1, 可知有明显差异。

1.1 高含量元素变化趋势 含量较高的无机元素为 Na、Mg、Al、Si、P、S、Ca、Fe, 贡菊、杭白菊中其变化趋势

一致, 均为 S>Ca>P>Mg>Si>Fe>Al>Na, 亳菊中依次为 Ca>P>Mg>Fe≈Al, 滁菊中依次为 P>Ca>Al>Fe>Mg。另外, 不同品种药用菊花中 Al 含量差异明显, 亳菊最高, 达 881.00 μg/g, 杭黄菊、滁菊次之; 贡菊最低, 仅为 172.30 μg/g。

1.2 微量元素含量变化趋势 贡菊、杭白菊中微量元素含量均依次为 Mn>Zn>B>Ti>Cu>Sr>Ba, 其中 Mn 含量最高的是贡菊, 为 127 μg/g, 而最低的是祁菊, 仅为 19.8 μg/g; 亳菊、滁菊中 Zn 含量高于其他品种; 怀菊中 Sr 含量最高, 是其他品种的 2~4 倍。5 种药用菊花中 B 含量在 16.8~27.1 μg/g 范围内, 其中贡菊最低; 亳菊中 Mo 含量最高, 达 1.01 μg/g, 而济菊最低, 仅为 0.15 μg/g; 杭白菊中 Ni 含量最高, 达 2.43 μg/g, 而祁菊最低, 仅为 0.94 μg/g。

1.3 痕量元素含量变化趋势 贡菊中 Be、Ga、In、Sb、Ag、Dy、W、Tl 总含量最高, 达 0.80 μg/g, 怀菊次之, 杭白菊最低, 仅为 0.14 μg/g; 杭白菊、亳菊、滁菊、怀菊中 Ga 含量最高, 贡菊中 In 含量最高, 济菊中 Tl 含量最高, 祁菊、川菊中 Sb 含量最高; 滁菊中 Ga 含量最高, 达 1.21 μg/g, 是杭白菊的 30 倍, 贡菊的 12.1 倍, 亳菊、怀菊的 2.2 倍; 滁菊中 Ag 含量最高, 达 0.86 μg/g, 是其他品种的 3~538 倍。

### 2 不同产地同一品种药用菊花中无机元素含量比较

2.1 贡菊 贡菊主要栽培于黄山地区<sup>[6-7,9,11,13-14]</sup>、宣城<sup>[12]</sup>、铜陵<sup>[10]</sup>、亳州<sup>[12]</sup>, 其无机元素含量见表 2。由此可知, 黄山贡菊中 Fe、Cu、Se、Ba、Ag 含量高于其他 3 个产区, 特别是 Ba、Ag; 铜陵贡菊中 Mn 含量最高, 是黄山贡菊的 1.8 倍, 宣城贡菊的 4.9 倍, 亳州贡菊的 6 倍; 亳州贡菊中 Sr 含量最高; 宣城贡菊中 Ni、Cu、Ag 含量偏低。

收稿日期: 2020-09-11

基金项目: 2019 年高校优秀青年骨干人才国内访问研修项目 (gxgnfx2019008)

作者简介: 张玲 (1975—), 女, 硕士, 教授, 从事中药质量控制与评价研究。E-mail: zhangling407@sina.com

\*通信作者: 刘桂建 (1966—), 男, 教授, 博士生导师, 从事环境地球化学、微量元素与健康等方面的研究。E-mail: lgj@ustc.edu.cn

表1 不同品种药用菊花中无机元素含量 (μg/g)

元素	贡菊	杭白菊	杭黄菊	滁菊	亳菊	济菊	怀菊	祁菊	川菊
Li	0.14	0.48	—	—	—	—	—	—	—
Be	0.01	0.01	—	—	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
B	16.76	27.07	28.00	21.10	22.20	—	24.40	—	—
Na	141.00	134.00	—	—	—	—	—	—	—
Mg	1 273.34	1 243.15	—	235.73	1 603.65	—	—	—	—
Al	172.30	329.57	771.00	522.00	881.09	226.15	193.70	209.25	302.90
Si	391.00	471.00	—	—	—	—	—	—	—
P	3 100.00	2 500.00	2 700.00	3 900.00	3 000.00	—	—	—	—
S	10 938.00	12 308.00	—	—	—	—	—	—	—
Ca	4 200.19	3 083.00	—	1 686.12	4 805.64	—	—	—	—
Sc	0.09	0.14	0.14	0.07	0.37	—	—	—	—
Ti	15.14	25.68	36.70	30.70	21.20	—	—	—	—
V	0.27	0.90	0.95	0.55	0.49	—	—	—	—
Cr	2.24	3.04	—	1.39	2.25	3.20	2.04	3.90	4.10
Mn	126.80	58.14	31.00	55.82	45.01	24.45	25.53	19.75	41.60
Fe	242.26	360.14	612.00	420.70	885.65	—	396.00	—	—
Co	0.26	0.16	0.22	0.13	0.37	—	—	—	—
Ni	1.13	2.43	2.10	1.30	1.70	0.95	1.25	0.94	1.50
Cu	15.21	15.70	31.40	23.50	18.72	5.55	11.82	6.45	16.90
Zn	60.95	45.60	26.00	85.91	91.53	—	41.20	—	—
Se	0.33	0.33	—	—	2.35	0.20	0.25	0.34	0.40
Mo	0.37	0.61	—	—	1.01	0.15	0.65	0.32	0.60
Ga	0.10	0.04	—	1.21	0.54	—	0.54	—	—
In	0.34	0	—	0.40	0.21	—	0	—	—
Ce	0.19	0.31	—	—	—	—	—	—	—
Cd	0.20	0.19	<0.20	0.15	0.15	0.13	0.44	0.09	0.40
As	1.42	1.05	—	—	0.19	0.15	0.40	0.50	0.50
Pb	3.84	4.12	22.00	0.99	3.19	0.70	1.73	0.87	2.50
Hg	0.41	0.27	—	—	0	0	0.01	0.01	0
Sb	0.01	0.03	—	—	0.03	—	0.05	8.52	0.04
Sn	0.11	0.17	—	—	0.10	0.05	0.27	0.05	0.21
Sr	15.52	13.54	11.70	11.93	16.20	7.75	32.76	8.95	13.30
Ba	10.24	6.97	9.10	10.29	26.64	2.90	5.61	3.85	9.90
Ag	0.30	0.01	—	0.86	0.14	0	0.01	0.01	0
I	0.84	1.01	—	—	—	—	—	—	—
Pd	0.10	0.10	—	—	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Y	0.02	0.23	0.23	0.11	0.57	—	—	—	—
Dy	0.02	0.03	—	—	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
W	0.02	0.01	—	—	—	0.01	0.02	—	0.02
Tl	0.01	0.01	—	—	0.01	0.05	0.01	0.01	0.02

注：—表示未检出该无机元素。

2.2 杭白菊 杭白菊主要栽培于桐乡<sup>[10-12,14-15]</sup>、亳州<sup>[12]</sup>、射阳<sup>[12]</sup>，测定了其中15种无机元素含量，结果见表3。由此可知，桐乡杭白菊中Al、Cu、Se、Pb、Sr、Ba、Dy含量明显高于亳州、射阳杭白菊，亳州杭白菊中Tl含量明显高于桐乡、射阳杭白菊，射阳杭白菊中Mn含量高于桐乡、亳州杭白菊。

### 3 同一产地不同品种菊花中无机元素含量比较

栽培于亳州的杭白菊<sup>[12]</sup>、贡菊<sup>[12]</sup>、亳菊<sup>[7,10-12,16-17]</sup>中无机元素含量见表4，可知亳菊中Al、Cu、Se、Mo、Pb、Ba、Ag等7种元素含量明显高于杭白菊、贡菊。另外，产于桐乡的杭白菊与杭黄菊共测定了17种无机元素含量，发现杭黄菊中除了Mn、Zn、Sr、Ti含量略低于杭白菊外，其

他13种均更高，其中Al含量是后者的2.3倍。

### 4 同品种菊花不同加工方法无机元素含量比较

栽培于亳州的杭白菊采用2种加工方法，分别为直接烘干、先蒸后烘，无机元素含量见表3。由此可知，先蒸后烘可提高Al、Cr、Se、Pb、Sr、Ba、Dy、Tl含量，而Ni、Cu含量略有降低。

### 5 特征图谱建立

参考西洋参<sup>[20]</sup>、何首乌<sup>[21]</sup>中无机元素指纹图谱建立方法，选择杭白菊、贡菊、滁菊、亳菊中共有的23种无机元素，按照原子序数由小到大的顺序绘制其含量分布曲线，结果见图1。由此可知，四者虽然品种不同，元素含量也有差异，但呈现出非常相似的峰形。

表2 不同产地贡菊中无机元素含量 (μg/g)

元素	黄山1	歙县1	歙县2	黄山2	歙县3	黄山3	黄山地区平均值	宣城	铜陵	亳州
Be	—	—	0.01	—	—	—	0.01	0.01	—	0.01
B	—	—	21.00	—	18.00	—	19.50	—	11.28	—
Al	—	—	50.00	—	362.00	—	206.00	66.50	—	210.70
Cr	0.31	2.96	4.80	—	—	—	2.69	1.80	0.65	2.90
Mn	98.17	105.09	198.00	133.76	133.00	197.80	144.00	51.60	252.71	42.10
Fe	207.67	673.52	134.00	112.12	200.00	123.90	242.00	—	126.22	—
Co	—	—	—	—	<0.20	—	<0.20	—	0.32	—
Ni	—	—	—	—	1.60	—	1.60	0.30	—	1.50
Cu	16.46	19.63	—	10.39	31.50	19.50	19.50	6.00	10.36	12.10
Zn	32.09	223.63	18.00	28.28	29.00	54.20	64.20	—	34.72	—
Se	—	—	0.43	—	—	—	0.43	0.25	—	0.30
Cd	0.18	—	—	—	<0.20	—	<0.20	0.25	0.32	0.15
As	1.26	—	—	—	—	—	1.26	0.10	—	0.20
Pb	4.11	2.80	—	—	4.00	—	3.64	0.01	0.65	0.60
Sr	—	—	—	—	14.50	—	14.50	13.20	13.58	20.80
Ba	—	—	8.10	—	22.10	—	15.10	5.70	9.90	5.40
Ag	—	0.89	—	—	—	—	0.89	0.01	—	0.01

注：—表示未检出该无机元素。

表3 不同产地杭白菊中无机元素含量 (μg/g)

元素	桐乡1	桐乡2	桐乡3	桐乡4	桐乡5	桐乡平均值	亳州(先蒸后烘)	亳州(直接烘干)	射阳
Be	0.01	—	—	—	0.01	0.01	0.02	0.01	0
Al	141.00	—	—	850.00	—	496.00	364.60	108.50	221.20
Cr	4.31	—	0.86	—	—	2.59	6.60	2.20	3.10
Mn	147.00	40.30	33.41	31.30	—	63.00	42.80	40.80	130.20
Ni	—	2.60	—	2.40	—	2.50	1.50	2.10	4.40
Cu	—	32.50	10.17	28.30	—	23.70	11.10	13.60	8.50
Se	0.45	—	—	—	—	0.45	0.34	0.27	0.30
Cd	—	—	0.05	<0.20	—	0.12	0.14	0.17	0.50
Pb	—	10.90	0.59	12.40	—	7.96	0.60	0.47	0.70
Sr	—	—	9.41	15.00	—	12.20	18.10	10.80	7.00
Ba	4.49	—	4.11	20.00	—	9.53	7.10	2.90	3.30
Pd	—	—	—	—	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Dy	—	—	—	—	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02
W	—	—	—	—	0.01	0.01	—	0.01	0.02
Tl	—	—	—	—	0.01	0.01	0.01	0	0.02

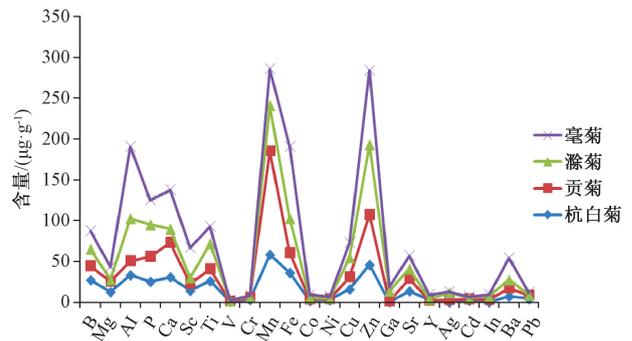
注：—表示未检出该无机元素。

表4 栽培于亳州的3种药用菊花中无机元素含量 (μg/g)

元素	杭白菊	贡菊	亳菊
Be	0.01	0.01	0.01
Al	292.00	211.00	881.00
Cr	3.50	2.90	2.25
Mn	51.00	42.10	45.00
Ni	1.60	1.50	1.70
Cu	11.40	12.10	18.70
Se	0.30	0.30	2.30
Mo	0.40	0.40	1.01
Cd	0.20	0.15	0.15
As	0.20	0.20	0.19
Pb	0.67	0.60	3.19
Hg	0	0	0
Sb	0.02	0.01	0.03
Sn	0.14	0.14	0.10
Sr	20.90	20.80	16.20
Ba	6.90	5.40	26.60
Ag	0.01	0.01	0.14
Pd	0.10	0.10	0.10
Dy	0.03	0.03	0.02
Tl	0.01	0.01	0.01

6 主成分分析

选取贡菊、杭白菊、滁菊、亳菊中共有的23种无机元素，通过SPSS 21.0软件计算主成分初始特征值和贡献值，



注：为了将所有元素在同一张图中显示，纵坐标刻度中 Mg、P、Ca 含量缩小 100 倍，Fe 含量缩小 10 倍，Se 含量扩大 100 倍，Co、Ga、Y、Ag、Cr、In 含量扩大 10 倍，

图1 药用菊花中无机元素含量分布曲线

发现第一、二主成分贡献率分别为 43.27%、32.47%，而第三主成分累积方差贡献率达到 100%，故提取前者进行主成分分析。结果，第一主成分中 Cu、Ga、Pb 载荷系数较大，第二主成分中 Fe、Ba 载荷系数较大，两者累积贡献率达 75.7%，故可认为 Cu、Ga、Pb、Fe、Ba 是 4 个品种药用

菊花的特征无机元素。

## 7 讨论

不同品种药用菊花中,贡菊、杭白菊无机元素含量变化趋势最为接近。贡菊是清光绪年间徽商从浙江德清引种到歙县作为茶菊发展起来的<sup>[22]</sup>,杭菊最开始也是作为茶用菊花来种植的<sup>[22-23]</sup>,现均以茶用为主,兼顾药用,两者作为茶饮具有独特的风味,可能与其相似的无机元素含量有关。

Zn是植物生长必需的营养元素<sup>[19]</sup>,也是影响菊花内在品质的重要微量元素,对提高菊花花序中总黄酮、绿原酸含量的作用显著<sup>[24]</sup>。亳菊、滁菊中Zn含量高于其他菊花。在所测的20个类型药用菊花中,亳菊、滁菊中绿原酸和总黄酮含量均比较高,且亳菊的总黄酮含量最高<sup>[25]</sup>。亳菊花小,气清香,被认为在药菊中品质最佳<sup>[26-27]</sup>。滁菊被叶橘泉<sup>[28]</sup>赞为“安徽滁州产者最清凉,不苦不甜,白菊中以此为最良。”亳菊、滁菊被称为是药用白菊中最好的品种,与其有效成分和Zn含量高于其他菊花有关。

滁菊中Ga、In、Ag含量最高,达2.47 μg/g,特别是Ga、Ag,明显高于其他品种。Ga是极为分散的稀有元素,已有资料表明,煤和煤灰中有Ga的富集,完全不含Ga的煤是很少见的<sup>[29]</sup>。Ag常在富含有机质的土壤层以及泥煤中富集<sup>[29]</sup>。贡菊、杭菊、亳菊可以引种到全国其他地方栽培,而滁菊的栽培地点主要集中在江淮丘陵地区东部的2条丘陵之间<sup>[4]</sup>,其他地方很难引种成功,是否与滁州一带土壤中Ga、In、Ag等微量元素含量有关尚有待进一步研究。

土壤环境中的Sr与鼻咽癌死亡率呈负相关<sup>[29]</sup>,怀菊中Sr含量高于其他菊花,提示河南武陟可能高于其他菊花栽培地区。Mo是稀有金属元素,对人体健康产生重要影响,克山病、食道癌高发区的土壤、水、食物乃至患者的头发都是贫Mo<sup>[29]</sup>,亳菊中Mo含量最高,推测亳州长寿老人居多可能与当地土壤或水中其含量高有关。

菊花中Al含量在172~881 μg/g之间,明显超过陆生植物中Al的平均含量(20 μg/g)<sup>[29]</sup>,菊花是否对Al有一定的富集作用,目前还未见报道,尚需深入研究。

不同品种药用菊花中无机元素含量既有共性又有特性,在引种栽培和产地加工时应充分考虑到它们对无机元素的吸收特点,既关注产量,更应关注品质,以保证临床药效。

## 参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 323.  
[2] 何先元, 郭巧生, 徐文斌, 等. 道地药材菊花形成的原因[J]. 中国中医药信息杂志, 2005, 12(10): 54-55.  
[3] 尚志钧, 刘晓龙. 中药菊花的本草考证[J]. 中华医史杂志, 1993, 23(2): 114-117.  
[4] 王德群, 张玲. 我国药用菊花栽培品种和产地调查[J]. 皖西学院学报, 2018, 34(5): 77-79; 92.  
[5] 余德顺, 杨军, 田弋夫, 等. 中药道地性相关因素研究进展与生物地球化学[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(2): 472-474.  
[6] 张莉, 崔英, 吴大付. 12种饮用干花中的微量元素测定与研究[J]. 资源开发与市场, 2013, 29(4): 343-344; 389.  
[7] 邓家胜, 阮玲, 时维静, 等. 安徽三大药用菊花矿物元

素和重金属的检测[J]. 安徽科技学院学报, 2014, 28(2): 22-26.  
[8] 熊冬梅, 郭素娟, 谢鑫, 等. 不同品种菊花茶中重金属含量检测及溶出率分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2018, 28(19): 2420-2421; 2424.  
[9] 卓莉, 李霞, 邱贵江. 杭白菊与黄山贡菊中微量元素的测定[J]. 内江师范学院学报, 2008, 23(4): 104-105.  
[10] 谢志慧, 尹智慧, 盛振华. 基于电感耦合等离子体原子发射光谱法对不同产地菊花中微量元素的含量测定及主成分分析[J]. 医药导报, 2015, 34(8): 1075-1077.  
[11] 杨俊, 徐洛, 戴先蓉, 等. 药用菊花及野菊微量元素的测定[J]. 安徽中医学院学报, 1998, 17(4): 52-53.  
[12] 费毅琴, 龙小艳, 吕盼, 等. 菊花及水煎液中21种金属元素的分析与评价[J]. 中国药师, 2018, 21(4): 617-623.  
[13] 吕瑞, 刘璐, 何越. 两种菊花中微量元素含量的测定[J]. 微量元素与健康研究, 2013, 30(3): 34-36.  
[14] 聂久胜, 翟宏焱, 吴德玲, 等. 电感耦合等离子体质谱法分析不同产地菊花中的微量元素[J]. 中药材, 2013, 36(3): 358-360.  
[15] 程存归, 李丹婷, 刘幸海, 等. 杭白菊与野菊花的微量元素比较研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(1): 156-158.  
[16] 俞年军, 于娇, 张伟, 等. ICP-MS法测定亳菊不同部位及其土壤中微量元素[J]. 中药材, 2014, 37(12): 2136-2139.  
[17] 权春梅, 曹帅, 夏成凯. 亳州地区菊花中重金属含量的测定[J]. 皖西学院学报, 2014, 30(2): 101-103.  
[18] 斯琴格日乐, 李英杰, 恩德. 微波消解-火焰原子吸收光谱法测定四大怀药中的Fe和Zn[J]. 光谱实验室, 2013, 30(1): 89-92.  
[19] 王敬国. 生物地球化学——物质循环与土壤过程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2017: 17.  
[20] 陈军辉, 谢明勇, 傅博强, 等. 西洋参中无机元素的主成分分析和聚类分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(7): 1326-1329.  
[21] 严寒静, 房志坚. 不同产地何首乌无机元素的含量测定和主成分分析[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(4): 416-419.  
[22] 王德群, 刘守金, 梁益敏. 中国药用菊花的产地考察[J]. 中国中药杂志, 1999, 24(9): 522-526.  
[23] 常相伟, 魏丹丹, 陈栋杰, 等. 药用与茶用菊花资源形成源流与发展变化[J]. 中国现代中药, 2019, 21(1): 116-123; 145.  
[24] 汤璐, 林江辉, 闫广轩, 等. 铜、锌、硒对药用菊花主要有效成分和花中硒含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6): 1475-1480.  
[25] 徐文斌, 郭巧生, 李彦农, 等. 药用菊花不同栽培类型内在质量的比较研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(21): 1645-1648.  
[26] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草(精选本)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998: 1930.  
[27] 王德群, 梁益敏, 刘守金. 中国药用菊花的品种演变[J]. 中国中药杂志, 1999, 24(10): 584-587; 637.  
[28] 叶橘泉. 现代实用中药[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1956: 172.  
[29] 谢学锦, 程志中, 张立生, 等. 中国西南地区76种元素地球化学图集[M]. 北京: 地质出版社, 2008: 48; 71; 80; 102; 105-106.