

# 不同矿物药材中重金属、有机质和浸出物含量的分析

张晓敏<sup>1</sup>, 汤旭<sup>1</sup>, 兰晓娣<sup>1</sup>, 刘燕<sup>2</sup>, 汪晶<sup>2</sup>, 梁宗锁<sup>1</sup>

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省食品与药品监督管理局, 陕西 西安 710061)

**【摘要】**【目的】系统测定和分析8种矿物药材生品和煅制品中的重金属、有机质和浸出物含量,为矿物药材的质量控制提供科学依据。【方法】以自然铜、花蕊石、鹅管石、海浮石、银精石、金精石、金礞石和青礞石为供试矿物药材,采用原子吸收光谱法、原子荧光光谱法测定其重金属(Cu、Pb、Cd、Cr、Hg、As)含量,采用重铬酸钾氧化-外加热法测定有机质含量,按照药典中规定的浸出物测定方法测定浸出物含量。【结果】矿物药材样品中重金属、有机质和浸出物的含量在不同药材间以及同种药材的生品与煅制品间差异显著,其中8种矿物药材生品中Cu、Pb、Cd、Cr、Hg、As含量分别为1.58~10 646.35, 7.16~267.95, 1.87~79.15, 0.00~32.52, 0.004~0.799, 7.62~134.54 mg/kg,煅制品中的含量分别为2.21~2 357.54, 6.50~135.47, 2.00~16.23, 0.00~28.22, 0.000~0.177, 4.56~192.81 mg/kg;8种矿物药材生品和煅制品中有机质含量分别为2.10~115.32和0.89~9.36 g/kg;8种矿物药材生品和煅制品中水提冷浸法获得的浸出物含量分别为0.25%~4.99%和0.50%~3.24%,水提热浸法分别为0.37%~3.92%和0.25%~3.26%,醇提冷浸法分别为0.23%~1.45%和0.16%~1.29%,醇提热浸法分别为0.20%~1.47%和0.19%~1.53%。【结论】重金属、有机质、浸出物含量在8种矿物药材中差别很大,且各指标含量之间并不具有特定的规律性,需进一步结合相应的药理试验结果,才能科学合理的制定出矿物药材的质量标准。

**【关键词】** 矿物药材;重金属;有机质;浸出物;原子吸收光谱法;原子荧光光谱法;重铬酸钾氧化-外加热法

**【中图分类号】** R282.76

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2010)05-0199-05

## Content analysis of heavy metals, organic matter and extract in different mineral drugs

ZHANG Xiao-min<sup>1</sup>, TANG Xu<sup>1</sup>, LAN Xiao-di<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>2</sup>,  
WANG Jing<sup>2</sup>, LIANG Zong-suo<sup>1</sup>

(1 College of Life Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Shaanxi Food and Drug Administration, Xi'an, Shaanxi 710061, China)

**Abstract:** 【Objective】 The contents of heavy metals, organic matter and extract in eight different mineral drugs, raw and calcined, were systematically determined to provide more basic data for the quality control of mineral drugs. 【Method】 The atomic absorption spectrometry, atomic fluorescence spectrometry and potassium dichromate oxidation were applied in this experiment to determinate the contents of heavy metals, organic matter and extract. 【Result】 There are significant differences in the content of heavy metals, organic matter and extract of different mineral drugs or raw and calcined samples of same mineral drug. The content of Cu, Pb, Cd, Cr, Hg and As in the raw samples of the eight mineral drugs are 1.58—10 646.35, 7.16—267.95, 1.87—79.15, 0.00—32.52, 0.004—0.799, 7.62—134.54 mg/kg, in the calcined

\* [收稿日期] 2009-11-17

[基金项目] 陕西省中药产业现代化发展基金项目

[作者简介] 张晓敏(1984—),女,山东潍坊人,在读硕士,主要从事中药材质量标准研究。E-mail:zxm840306@163.com

[通信作者] 梁宗锁(1965—),男,陕西扶风人,教授,博士生导师,主要从事中草药规范化栽培的理论与技术研究。

E-mail:liangzs@ms.iswc.ac.cn

samples 2.21—2.357.54, 6.50—135.47, 2.00—16.23, 0.00—28.22, 0.000—0.177 and 4.56—192.81 mg/kg; the contents of organic matter in the raw and calcined samples of the eight mineral drugs are 2.10—115.32 and 0.89—9.36 g/kg; the contents of extract by cold water in the raw and calcined samples of the eight mineral drugs are 0.25%—4.99% and 0.50%—3.24%, by hot water 0.37%—3.92% and 0.25%—3.26%, by cold ethanol 0.23%—1.45% and 0.16%—1.29%, by hot ethanol 0.20%—1.47% and 0.19%—1.53%. **【Conclusion】** The contents of heavy metals, organic matter and extract in eight mineral drugs are rather different, and there is not a certain regularity among them. Corresponding pharmacology experiments are needed to establish a scientific and reasonable quality standard for mineral drugs.

**Key words:** mineral drug; heavy metal; organic matter; extract; atomic absorption spectrometry; atomic fluorescence spectrometry; potassium dichromate oxidation

矿物药是我国医学临床用药的三大来源(植物药、动物药和矿物药)之一,但是由于矿物药中重金属含量普遍较高,且不同来源药材中成分不明确等原因,使得矿物药及含矿物药的中成药在国际市场上屡遭禁止,这不仅严重制约了我国中药产业的发展,而且对我国中药产品在国际上的形象和地位造成了极其不利的影响,这种损失是用经济指标难以衡量的。究其原因,是因为目前我国还没有制定出专门针对矿物药的质量标准,无法科学地衡量矿物药材的质量,因此矿物药材质量标准的制定迫在眉睫。

由于矿物药材质量标准的研究一直鲜见报道,该领域近乎成为中药研究领域的一个盲点,对中药产业发展很不利。为此,本研究以 8 种较常用的矿物药材为材料,系统测定并分析了其生品和煅制品中重金属、有机质和浸出物的含量,以期对矿物药材质量标准的研究提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试矿物药共有 8 种,分别为:自然铜(记作 A),为硫化物类矿物黄铁矿族黄铁矿;花蕊石(记作 B),为矿物蛇纹大理岩的岩石块;鹅管石(记作 C),为海产腔肠动物珊瑚科的栎珊瑚;海浮石(记作 D),为火成岩类岩石浮石浮石块状物或胞孔科动物脊突

苔虫、瘤苔虫等的骨骼;银精石(记作 E),为硅酸盐类矿物白云母;金精石(记作 F),为硅酸盐类矿物水金云母;金礞石(记作 G),为变质岩类蛭石片岩或水黑云母片岩的岩石;青礞石(记作 H),为变质岩类黑云母片岩。

以上矿物药材由陕西天士力植物药业有限责任公司、西安中药饮片厂、陕西香菊制药有限责任公司等单位提供,本试验分别取上述药材的生品(记作 1)及高温煅制品(记作 2)进行测定与分析。

### 1.2 仪 器 与 试 剂

1.2.1 仪 器 HITACHI180-80 型原子吸收分光光度计(日本日立公司),AFS-820 型双道原子荧光光度计(北京吉天仪器有限公司),优普超纯水机(上海优普科技公司),另有电子天平、调温电炉、油浴锅、恒温水浴锅、干燥箱等。

1.2.2 试 剂 6 种元素(Pb、Cd、Cr、Hg、As、Cu)的单元素标准溶液,HF(优级纯),HClO<sub>4</sub>(优级纯),HCl(优级纯),硫脲(分析纯),抗坏血酸(分析纯),K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>(分析纯),硫酸亚铁(化学纯),硫酸亚铁铵(化学纯),邻啡罗啉指示剂,浓硫酸(化学纯)。

### 1.3 重 金 属 的 测 定 条 件

1.3.1 Cu、Pb、Cd 和 Cr 采用原子吸收光谱法测定样品中 Cu、Pb、Cd、Cr 的含量,通过试验选择各元素的最佳测定条件,详见表 1。

表 1 原子吸收光谱法测定 Cu、Pb、Cd、Cr 的最佳测定条件

Table 1 Best conditions for Cu, Pb, Cd and Cr determining by AAS

元 素 Element	分析线/nm Wave length	光谱带宽/nm Slit	灯电流/mA Lamp current	乙炔流量/(L·min <sup>-1</sup> ) Ethine flow rate
Cu	324.8	1.3	7.5	2.3
Pb	283.3	1.3	7.5	2.3
Cd	228.8	1.3	7.5	2.3
Cr	357.9	1.3	7.5	2.5

1.3.2 As 和 Hg 采用原子荧光光谱法测定样品中 As、Hg 的含量,通过试验选择其最佳测定条件,

详见表 2。

表 2 原子荧光光谱法测定 As、Hg 的最佳测定条件

Table 2 Best conditions for As and Hg determining by atomic fluorescence spectrometry

元素 Element	负电压/mV Negative voltage	原子化高度/mm Atomization height	灯电流/mA Lamp current	载气流量/ (L·min <sup>-1</sup> ) Carrier gas flow rate	屏蔽气流量/ (L·min <sup>-1</sup> ) Shielding gas flow rate	辅电极/mA Auxiliary electrode
As	270	8	60	0.4	1	40
Hg	240	8	30	0.5	1	40

## 1.4 方法

1.4.1 重金属含量的测定<sup>[1-9]</sup> 将各矿物药材样品粉碎,过孔径 0.175 mm(80 目)筛。分别称取 2.0 g 样品细粉于聚四氟乙烯坩埚内,加入 HF 20 mL、HClO<sub>4</sub> 4 mL,浸泡过夜,然后置于电热板上加热消解,温度为 120 ℃左右,若蒸至近干时残渣颜色仍很深,再次按上述体积比(5:1)加入 HF 和 HClO<sub>4</sub>,直至白烟冒尽,蒸发近干,残渣为灰白色或淡黄色。用体积分数 3% 的热 HCl 将残渣全部溶于 25 mL 容量瓶中,定容至刻度,静置,上清液即为供试品溶液。然后按表 1,2 所列仪器工作条件对供试品溶液进行上样测定。

1.4.2 有机质含量的测定<sup>[10-12]</sup> 采用 GB 7857-87 中有机质的测定方法,即重铬酸钾氧化-外加热法测定有机质含量。

1.4.3 浸出物含量的测定<sup>[13-15]</sup> 参照中华人民共和国药典 2005 年版(一部)附录 XA 浸出物测定法测定浸出物含量。

(1)水溶性浸出物的测定。①冷浸法。精密称取供试品 2 g(精确至 0.001 g),置 100 mL 锥形瓶中,精确加水 50 mL,密塞,冷浸,前 6 h 持续振摇,

然后静置 18 h,用干燥滤器迅速滤过,精密量取滤液 20 mL,置已干燥至恒质量的蒸发皿中,在水浴上蒸干后,于 105 ℃干燥 3 h,置干燥器中冷却 30 min,迅速精密称定质量。以干燥品计算供试品中水溶性浸出物含量。②热浸法。精密称取供试品 2 g,置 100 mL 锥形瓶中,精确加水 50 mL,密塞,称定质量,静置 1 h 后,连接回流冷凝管,加热至沸腾,并保持微沸 1 h。放凉后,取下锥形瓶,密塞,再称定质量,用水补足减失的质量,摇匀,用干燥滤器过滤,以下步骤同冷浸法。

(2)醇溶性浸出物的测定。以体积分数 60% 的乙醇为溶剂,参照水溶性浸出物的测定方法,分别采用冷浸法和热浸法测定。

## 1.5 数据的统计与分析

试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,结果以 3 次平行测定的“平均值±标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 8 种矿物药材生品及煨制品中重金属含量

8 种矿物药材生品和高温煨制品中重金属含量的测定结果见表 3。

表 3 8 种矿物药材生品及高温煨制品中的重金属含量

Table 3 Result of heavy metal content in raw and calcined samples of 8 mineral drugs

mg/kg

样品 Sample	Cu	Pb	Cd	Cr	Hg	As
A1	10 646.35±2.64 a	20.64±0.38 g	79.15±0.37 a	6.91±0.32 h	0.036±0.001 fgh	134.54±0.38 b
A2	2 357.54±1.58 b	20.24±0.32 g	14.50±0.29 c	13.50±0.33 g	0.042±0.003 fg	192.81±0.14 a
B1	39.78±0.32 g	15.56±0.36 i	3.25±0.19 j	0.42±0.06 k	0.010±0.000 hi	63.17±0.16 f
B2	235.60±0.33 c	27.22±0.21 d	7.00±0.11 d	21.52±0.25 e	0.019±0.005 fghi	35.12±0.25 i
C1	92.69±0.14 e	9.74±0.33 k	4.72±0.19 h	0.00 k	0.005±0.000 i	7.62±0.44 o
C2	12.62±0.01 k	6.50±0.37 l	5.25±0.14 g	0.00 k	0.000 i	4.56±0.23 p
D1	9.24±0.13 l	21.94±0.52 f	3.34±0.23 i	5.95±0.14 i	0.004±0.000 i	20.37±0.31 k
D2	25.22±0.13 i	22.81±0.41 e	2.74±0.03 k	4.04±0.44 j	0.002±0.000 i	21.80±0.37 j
E1	43.19±0.33 f	79.88±0.89 c	6.12±0.13 e	6.57±0.26 h	0.799±0.029 a	88.33±0.32 c
E2	105.48±0.44 d	79.59±0.15 c	5.63±0.23 f	5.91±0.19 i	0.076±0.005 e	74.31±0.39 e
F1	31.44±0.26 h	267.95±0.32 a	2.26±0.24 m	32.52±0.19 a	0.527±0.056 b	78.43±0.11 d
F2	17.27±0.57 j	135.47±0.25 b	2.00±0.07 mn	28.22±0.50 b	0.013±0.003 ghi	44.35±0.32 g
G1	6.04±0.36 m	18.31±0.58 h	1.87±0.14 n	27.47±0.11 c	0.036±0.004 fgh	16.46±0.22 l
G2	2.83±0.38 n	14.31±0.38 j	2.37±0.16 l	19.39±0.19 f	0.177±0.004 c	13.68±0.27 m
H1	1.58±0.19 p	7.16±0.19 l	1.87±0.09 n	27.55±0.18 c	0.104±0.004 d	9.25±0.25 n
H2	2.21±0.38 o	7.20±0.44 l	16.23±0.19 b	24.84±0.33 d	0.047±0.001 f	36.34±0.23 h

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

Note: Different letters in the same column indicate the significant difference at 5% level. The same to follow tables.

由表 3 可见,矿物药材中重金属的含量普遍较高。用 SPSS 软件对测定结果进行统计学分析,结果显示,在 5% 的显著水平上,不同矿物药材的重金属含量差异显著,即便是同一种矿物药材,其生品与煨制品中各重金属含量也有显著差异。由于每种矿物药材中含有的主要重金属种类不同,且含量差别很大,再加上药效的差异,很难从重金属综合含量上评价上述矿物药材的优劣,具体应用中应根据病情需要酌情选择。

## 2.2 8 种矿物药材生品及煨制品中有机质含量

由表 4 可见,各矿物药材样品中有机质含量普遍较低。用 SPSS 软件对测定结果进行统计学分析,结果显示,在 5% 的显著水平上,不同矿物药材以及同种矿物药材的生品与煨制品间有机质含量差

异均显著。其中生品以自然铜中有机质含量最高,其次是金精石、银精石、鹅管石和海浮石,金礞石、青礞石和花蕊石的有机质含量较低。由于目前还不能确定矿物药材中有机质的具体作用,究竟该用有机质含量高还是低的矿物药材入药,尚有待于进一步研究。

## 2.3 8 种矿物药材生品及煨制品中浸出物含量

对用不同方法测定的 8 种矿物药材中浸出物含量进行统计学分析,结果见表 5。表 5 结果显示,8 种矿物药材中浸出物含量在不同矿物药材间以及同种药材的不同炮制品间差异显著;除海浮石外,其余矿物药材水溶性浸出物含量均高于醇溶性浸出物,说明水提法普遍适用于矿物药材浸出物含量的测定;而冷浸法与热浸法得到的测定结果并无规律可循。

表 4 8 种矿物药材生品及高温煨制品中的有机质含量

Table 4 Result of organic matter content in raw and calcined samples of 8 mineral drugs

样品 Sample	样品质量/g Sample weight	FeSO <sub>4</sub> 体积/mL FeSO <sub>4</sub> volume	有机质含量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Organic matter content	样品 Sample	样品质量/g Sample weight	FeSO <sub>4</sub> 体积/mL FeSO <sub>4</sub> volume	有机质含量/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Organic matter content
A1	0.102 5	9.28	115.32±1.79 a	E1	0.572 6	14.19	12.07±0.08 c
A2	0.253 0	19.51	3.86±0.02 i	E2	0.570 3	17.04	6.54±0.16 fg
B1	0.664 3	19.13	2.10±0.05 j	F1	0.507 9	9.83	23.20±0.01 b
B2	0.673 2	15.30	8.44±0.03 e	F2	0.515 3	16.06	9.36±0.05 d
C1	0.158 1	19.21	8.29±0.31 e	G1	0.592 1	17.23	5.94±0.01 g
C2	0.172 2	20.06	2.04±0.30 j	G2	0.542 3	17.47	5.99±0.25 g
D1	0.258 4	18.70	7.29±0.18 f	H1	0.533 6	17.45	6.12±0.02 g
D2	0.521 9	19.97	0.89±0.03 k	H2	0.528 7	18.05	4.90±0.20 h

表 5 8 种矿物药材生品及高温煨制品中的浸出物含量

Table 5 Result of extract content in raw and calcined samples of 8 mineral drugs

样品 Sample	水溶性浸出物 Water-soluble extract		醇溶性浸出物 Alcohol-soluble extract	
	冷浸法 Cold-maceration method	热浸法 Hot-maceration method	冷浸法 Cold-maceration method	热浸法 Hot-maceration method
	A1	4.99±0.07 a	3.92±0.08 a	0.97±0.02 d
A2	3.24±0.18 b	3.26±0.16 b	1.12±0.10 c	1.45±0.02 b
B1	1.25±0.09 f	0.37±0.02 hi	0.25±0.01 gh	0.21±0.01 j
B2	1.12±0.12 f	1.12±0.05 d	0.26±0.01 gh	0.30±0.01 i
C1	1.49±0.11 e	1.74±0.20 c	1.45±0.02 a	1.47±0.02 b
C2	1.87±0.14 d	1.62±0.12 c	1.29±0.09 b	1.53±0.03 a
D1	0.51±0.01 i	0.54±0.03 fg	0.85±0.01 e	0.90±0.01 e
D2	0.75±0.02 h	0.25±0.01 i	0.31±0.02 g	0.44±0.02 g
E1	1.14±0.09 f	0.56±0.02 f	0.23±0.01 hi	0.27±0.01 i
E2	2.12±0.17 c	1.67±0.18 c	0.99±0.02 d	1.06±0.06 d
F1	0.99±0.06 g	0.50±0.01 fgh	0.52±0.01 f	0.40±0.01 h
F2	0.63±0.02 hi	0.65±0.01 ef	0.57±0.02 f	0.71±0.02 f
G1	0.62±0.02 hi	0.39±0.02 ghi	0.27±0.01 gh	0.30±0.01 i
G2	0.50±0.01 i	0.62±0.02 ef	0.16±0.00 j	0.19±0.01 j
H1	0.25±0.01 j	0.38±0.01 hi	0.25±0.01 gh	0.20±0.01 j
H2	0.51±0.01 i	0.75±0.01 e	0.18±0.01 ij	0.26±0.01 i

## 3 结论与讨论

从本研究中重金属含量测定结果看,不同矿物

药材中重金属含量差异显著,对每种重金属元素而言,含量跨度非常大,最大值是最小值的几十倍甚至上百倍,且每种矿物药材中含有的主要重金属种类

不同,如 Pb 含量最高的金精石中,Cd 含量却是诸矿物药材中较低的。如此大的差异性加上部分矿物药材中重金属元素恰恰是其有效成分等原因,使得从重金属综合含量高低的角度来评价矿物药材优劣的难度加大。

虽然矿物药材中主要为无机物,但每种矿物药材中都有一定量的有机成分存在。本试验测定结果显示,自然铜中有机质含量达 100 g/kg 以上,如此高的有机质含量应该在一定程度上影响到药效。因为每种矿物药材的生品与煅制品中有机质含量差别很大,笔者认为,可以对同种矿物药材的生品和煅制品进行有效的药理试验,通过对比试验结果的差异性来探求有机质成分所发挥的药理作用。

浸出物含量测定结果显示,各矿物药材的浸出物含量均低于 5%,远远低于植物药材,这在一定程度上说明矿物药材的利用价值还较低,因此有必要寻求一种科学、合理的新方法来提高矿物药材的浸出物含量。

从试验总体结果来看,不同矿物药材在重金属、有机质和浸出物含量上差异均较显著,且各含量指标间并不遵循某种特定规律,这就加大了评价矿物药材质量优劣的难度。重金属和浸出物含量历来是制定中药材质量标准的重要指标,但由于有机质在矿物药材中的作用目前尚不清楚,需经过进一步的研究来确定其对药材药效的影响,继而确定是否应该将其纳入矿物药材质量标准的评定指标。质量标准的制定是一个较为复杂的过程,在一系列的基础测定后,需进一步结合相应的药理学试验进行更深入的研究,为制定科学合理的矿物药材质量标准奠定基础,使有关部门对矿物药材质量的监督有章可循。

## [参考文献]

[1] 袁 迎. 3 种中药重金属成分铅、镉的含量分析 [J]. 中国药房, 2007, 18(6): 447-448.  
Yuan Y. Content analysis of heavy metal ingredients Pb, Cd in three traditional Chinese medicines [J]. China Pharmacy, 2007, 18(6): 447-448. (in Chinese)

[2] 赖宇红. 中药砷盐检查有机破坏中存在的问题 [J]. 中国药品标准, 2006, 7(2): 48-51.  
Lai Y H. Digesting organic ingredient in arsenic limit test of traditional Chinese medicine [J]. Drug Standards of China, 2006, 7(2): 48-51. (in Chinese)

[3] 何立巍, 李 祥, 高锦飏, 等. 中药花蕊石炮制前后宏微量元素分析 [J]. 亚太传统医药, 2008, 4(12): 26-27.  
He L W, Li X, Gao J B, et al. The analysis of microelement in

*Ophicalciturum* before and after the concoction [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2008, 4(12): 26-27. (in Chinese)

[4] 陈远航. 枸杞等 6 种中药的重金属检测研究 [J]. 中国医药导报, 2007, 4(20): 144-145.  
Chen Y H. The research of heavy metals determining in six traditional Chinese medicines [J]. China Medical Herald, 2007, 4(20): 144-145. (in Chinese)

[5] 叶国华, 宋学玲. 5 种中药材重金属含量的测定 [J]. 时珍国医国药, 2008, 19(9): 2220-2222.  
Ye G H, Song X L. Determination of heavy metals in five Chinese herbal medicines [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2008, 19(9): 2220-2222. (in Chinese)

[6] 金仁达, 万红卫, 钱佳星. 甘草等 5 种中药中重金属含量的监测 [J]. 中医药导报, 2006, 12(12): 74.  
Jin R D, Wan H W, Qian J X. Determination of heavy metals in *Radix glycyrrhizae* etc. 5 traditional Chinese drugs [J]. Guiding Journal of Tcm, 2006, 12(12): 74. (in Chinese)

[7] 曹小勇, 李新生, 冯晓东. 原子吸收分光光度法测定 3 种中成药中铜铅砷汞的含量 [J]. 中成药, 2004, 26(5): 9-10.  
Cao X Y, Li X S, Feng X D. Determination of Cu, Pb, As, Hg in three Chinese traditional patent medicine by atomic absorption spectrometry [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2004, 26(5): 9-10. (in Chinese)

[8] 成红砚, 杨 刚. 原子荧光光度法测定炉甘石中砷、汞的含量 [J]. 贵阳中医学院学报, 2008, 30(5): 66-67.  
Cheng H Y, Yang G. Determination of As, Hg in Calamine by atomic fluorescence spectrometry [J]. Journal of Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, 2008, 30(5): 66-67. (in Chinese)

[9] 赵英永, 崔秀明. 中药草乌重金属含量 [J]. 中药材, 2005, 28(7): 537-538.  
Zhao Y Y, Cui X M. The content of heavy metals in *Radix acroniti agrestis* [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2005, 28(7): 537-538. (in Chinese)

[10] 杨乐苏. 土壤有机质测定方法加热条件的改进 [J]. 生态科学, 2006, 25(5): 459-461.  
Yang L S. An improvement on the heating condition of soil organic mater determination [J]. Ecologic Science, 2006, 25(5): 459-461. (in Chinese)

[11] 李 婧. 土壤有机质测定方法综述 [J]. 分析试验室, 2008, 27(S0): 154-156.  
Li J. Summarization of determining methods of soil organic matter [J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2008, 27(S0): 154-156. (in Chinese)

[12] 于 彬, 郭彦青, 杨乐苏. 化学氧化法测定土壤有机质的研究进展 [J]. 广东林业科技, 2007, 23(1): 100-103.  
Yu B, Guo Y Q, Yang L S. Research progress on measurement soil organic matter by chemical oxidation [J]. Guangdong Forestry Science and Technology, 2007, 23(1): 100-103. (in Chinese)