

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201405050

娄华勇,刘亚洲,张文芳,等. 拳参中没食子酸和总鞣质的含量测定[J]. 广西植物, 2016, 36(6):752-757

LOU HY, LIU YZ, ZHANG WF, et al. Determination of gallic acid and total tannins in *Polygonum bistorta*[J]. *Guihaia*, 2016, 36(6):752-757

拳参中没食子酸和总鞣质的含量测定

娄华勇¹, 刘亚洲^{1,2}, 张文芳^{1,3}, 潘卫东^{1*}

(1. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵阳 550002; 2. 贵州大学
生命科学院, 贵阳 550025; 3. 贵阳中医学院, 贵阳 550002)

摘要: 该研究采用高效液相色谱法和紫外分光光度法分别对拳参中的主要成份——没食子酸以及总鞣质进行含量测定。其中,用高效液相色谱法测定没食子酸的含量,HPLC 条件为 Hypersil GOLD Phenyl 柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 甲醇-0.1%磷酸梯度洗脱,流速为 1.0 mL · min⁻¹,检测波长为 276 nm。用紫外分光光度法测定总鞣质的含量,采用 2010 版《中国药典》一部附录 XB 中鞣质含量测定方法,用干酪素沉淀鞣质,通过干酪素沉淀前后鞣质的变化来确定样品中总鞣质的含量。结果表明:没食子酸在 0.051~1.02 μg 范围内呈现良好的线性关系,平均加样回收率分别为 99.1%、100.3%、101.9%,RSD 分别为 2.1%、0.8%、2.0%;总鞣质在 2.09~10.48 μg 范围内呈现良好线性关系,平均加样回收率分别为 102.2%、100.2%、102.1%,RSD 分别为 1.3%、1.4%、1.0%。利用上述方法,还测定了贵州贵阳和四川成都各 3 批样品中没食子酸和总鞣质的含量差异,发现成都样品中的没食子酸与总鞣质均大于贵阳拳参中的含量,初步分析导致这一结果的原因可能与拳参的生长海拔有关,而成都的海拔范围更适合拳参的生长。上述两种方法快速、简单、重现性好,可以作为拳参中没食子酸和总鞣质的含量测定方法,而该方法也是首次被用来同时测定拳参中没食子酸和总鞣质的含量,为今后的地方药典标准甚至《中国药典》标准的补充和完善提供了重要依据。

关键词: 拳参, 没食子酸, 鞣质, 高效液相色谱

中图分类号: Q946.84 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)06-0752-06

Determination of gallic acid and total tannins in *Polygonum bistorta*

LOU Hua-Yong¹, LIU Ya-Zhou^{1,2}, ZHANG Wen-Fang^{1,3}, PAN Wei-Dong^{1*}

(1. Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. College of Pharmacy Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550002, China)

Abstract: To further complement and perfect about content of Chinese Pharmacopoeia, the major component-gallic acid and total tannins in *Polygonum bistorta* were determined by high performance liquid chromatography (HPLC) and ultraviolet (UV) spectrophotometric methods for the essay, respectively. The HPLC condition for determination of gallic acid with Hypersil GOLD phenyl column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) and a mobile phase consisted of methanol and 0.1% phosphoric acid by gradient elution at a flow rate of 1.0 mL · min⁻¹. The detection wavelength was 276 nm by wavelength scanning from 190-400 nm. On the other side, the total tannins were determined by Casein Method according to appendices XB in Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2010 ed), and the results were obtained by calculating the contend chang of total tannins before and after combination with the casein. The results showed that the linear range was 0.051-1.02 μg for

收稿日期: 2014-05-26 修回日期: 2015-01-27

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目[Supported by the West Light Foundation of Chinese Academy of Sciences].

作者简介: 娄华勇(1987-),男,贵州遵义人,硕士,研究方向为天然产物的研究,(E-mail)lhy87823@163.com。

*通讯作者: 潘卫东,博士,研究员,硕士生导师,主要研究方向为天然产物的研究,(E-mail)wdpan@163.com。

gallic acid, the average recovery rates were 99.1%, 100.3%, 101.9%, and RSDs were 2.1%, 0.8%, 2.0%, respectively. The linear range was 2.09–10.48 μg for the total tannins, the average recovery rates were 102.2%, 100.2%, 102.1%, and RSDs were 1.3%, 1.4%, 1.0%, respectively. The investigation indicated that both methods had a preferable result for methodology validation. On the other hand, the essay also researched the *P. bistorta* from Guizhou and Sichuan, respectively, and the results showed that the content of gallic acid and total tannins in *P. bistorta* had a great difference both Guizhou and Sichuan, the gallic acid and total tannins in *P. bistorta* from Guiyang were 1.53, 1.37, 1.12 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and 5.01, 4.87, 5.23 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively. And gallic acid and total tannins in *P. bistorta* were 2.72, 3.35, 2.46 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and 5.01, 4.87, 5.23 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ from Chengdu, respectively. A preliminary analysis on this issue was made with many factors, as far as we know, the deciding factor should be the altitude. The references showed that the best condition for *P. bistorta* was an elevation from 800 to 3 000 m, while, the altitude of Guiyang at range of 800 to 1 600 m and altitude at range of 1 000 to 3 000 m for Chengdu. So, we believed that altitude of Chengdu was more amenable to the efficient growth of the *P. bistorta*, which further caused the contents of gallic acid and total tannins relatively higher than Guiyang. The results provide a theory basis for pharmaceutical company to select *P. bistorta* for producing drugs. The research revealed that those methods were rapid, simple and reproducible and could be used to determine gallic acid and total tannins in *P. bistorta*. However, methods were the first to be used for determine gallic acid and total tannins in *P. bistorta* simultaneously, these data provide a basis for the further complement and perfect about content of Chinese Pharmacopoeia.

Key words: *Polygonum bistorta*, gallic acid, tannin, HPLC

拳参为蓼科蓼属 (*Polygonum*) 植物拳参 (*Polygonum bistorta*) 的根茎, 多年生草本, 别名紫参、牡蒙、山是、草河车、倒根草, 一般春、秋季挖取根茎, 除去须根, 洗净, 晒干。主产华北、西北及山东、江苏、湖北等地。含有鞣质、淀粉、糖及果胶等 (刘晓秋等, 2004), 其中主要含有的鞣质是没食子酸, 并没食子酸以及可水解鞣质和缩合鞣质 (Duwiegua et al, 1999)。气味无臭, 味干涩, 性凉, 具有清热解毒、止泻、止血、镇惊息风等功效 (曾靖等, 2003; 黄玉珊等, 2004), 常用治疗肠炎、痢疾、肝炎、热病肿痛、破伤风、毒蛇咬伤、口腔炎、赤痢脓血、咽喉炎等病症。现代抗菌实验表明拳参对金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌、枯草杆菌等均有抗菌作用 (刘春棋等, 2006)。其里面含有的大量鞣质也有收涩止泻的作用, 因此, 对中药拳参的研究具有重要的意义和价值。

近年来, 国内对拳参中没食子酸的含量也有文献报道 (黄加宝等, 2007; 刘瑞等, 2005)。但中国药典对其含量的测定方法却没有具体标准, 而对拳参中总鞣质的含量测定目前尚未见有文献报道。因此, 本文将对拳参中没食子酸及总鞣质的含量测定进行条件优化及探索, 希望找到一条切实可行的测定方法, 为今后药典标准的提升提供一定依据。

1 材料与方 法

1.1 仪器、试剂与材料

Agilent-1100 高效液相色谱系统 (G1311A 泵、

G1315A DVD 检测器、Agilent 色谱工作站), 紫外光谱 (UV) 为惠普 HP-1200 紫外分光光度测定仪, SG5200H 超声波清洗仪 (河南兄弟仪器设备有限公司), 梅特勒-托利多 AL204 电子天平 (上海速展计量仪器有限公司), 旋转蒸发仪 (B-480, 瑞士 Buchi), 磷钼钨酸试液 (按《中华人民共和国药典》2010 版一部附录 XV_B 配置); 干酪素 (化学纯), 色谱纯乙腈和甲醇为天津登科化学试剂有限公司产品, 水为重蒸水并经 0.45 μm SymbolmA@@m 水系滤膜过滤, 其他试剂均为分析纯。

没食子酸对照品 (购自北京世纪奥科生物技术有限公司), 纯度 $\geq 98\%$ 。拳参药材为贵阳和成都不同批号产品。

1.2 没食子酸的含量测定

1.2.1 色谱条件 色谱柱为 Hypersil GOLD Phenyl 柱 (250 mm \times 4.6 mm, 5 μm), 流动相 A 为甲醇, B 为 0.1% 磷酸溶液; 梯度洗脱 (0 min, 5% A; 10 min, 20% A; 20 min, 60% A); 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$, 检测波长为 276 nm, 流速为 1 mL \cdot min⁻¹, 进样量 10 μL 。

1.2.2 对照品溶液的配制 精密称取没食子酸对照品 10.3 mg 到 100 mL 容量瓶中, 用甲醇溶解并定容至刻度, 再精密量取 25 mL 到 50 mL 容量瓶中, 加甲醇至刻度制成 51.5 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的对照品溶液, 备用。

1.2.3 供试品溶液的制备 精密称取拳参粉末 (均过 60 目筛) 约 1 g, 置于 100 mL 具塞三角瓶中, 加 85% 甲醇 25 mL, 超声提取两次, 每次 30 min, 过滤, 用

85%甲醇洗涤滤渣,合并滤液和洗涤液,50℃旋转蒸干,加甲醇溶解并转移至50 mL容量瓶中,甲醇定容,以0.45 μm微孔滤膜滤过,滤液作为供试品溶液(范晓红等,2011),备用。

1.2.4 标准曲线的制备 按“1.2.1”的色谱条件,精密吸取对照品溶液1.0、2.0、5.0、10.0、15.0、20.0 μL进样,测定峰面积,并以色谱峰峰面积对对照品的量回归(包括原点)制作回归方程。

1.2.5 方法学考察 没食子酸对照品溶液,重复进样6次,以考察方法的精密度;分别取拳参样品溶液6份,按供试品溶液的制备方法制备后进样,以考察方法的重复性;将拳参样品溶液分别于0、3、6、9、12、24 h后进样,以考察样品的稳定性;精密称取已知没食子酸含量的拳参粉末1 g,加入没食子酸标准溶液1 mL,混合后按照“1.2.3”项下方法处理,按照“1.2.1”色谱条件进样。用标准曲线法计算回收率。

1.2.6 样品的含量测定 分别取贵阳和成都不同批号的拳参粉末1 g,各2份,精密称定,按照“1.2.3”项下方法处理,按照“1.2.1”色谱条件测定,计算各批号没食子酸的含量。

1.3 总鞣质的含量测定

1.3.1 对照品溶液的配制 精密称取没食子酸对照品52.42 mg,置100 mL棕色量瓶中,加水溶解并稀释至刻度,精密量取5 mL至50 mL棕色量瓶中,用水稀释至刻度,摇匀,即得没食子酸对照品溶液52.42 μg·mL⁻¹,备用。

1.3.2 标准曲线的制备 精密量取对照品溶液1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL分别置于25 mL棕色量瓶中,各加入磷钼钨酸试液1 mL,再分别加水11、10、9、8、7 mL,用29%碳酸钠溶液稀释至刻度,摇匀,以相应的容积作为空白,照紫外-可见分光光度法(中国药典2010版,附录VA),30 min后,在760 nm波长下测定吸光度,以吸光度为纵坐标(y),浓度为横坐标(x),绘制标准曲线。

1.3.3 供试品的制备 分别取不同批号的拳参粉末1 g,至50 mL棕色量瓶中,加蒸馏水25 mL,放置过夜,超声处理30 min,放冷,用蒸馏水稀释至刻度,摇匀,静置,过滤,残渣再加25 mL蒸馏水超声30 min,过滤,合并滤液至100 mL棕色量瓶中,用蒸馏水稀释至刻度,摇匀,即得。

1.3.4 总鞣质的计算 (1)总酚测定:精密量取供试品溶液2 mL,置25 mL棕色量瓶中,照“1.3.2”项下的方法,至“加入磷钼钨酸试液1 mL”起,加水10

mL,依法测定吸光度,用标准曲线计算供试品溶液中总酚的量。(2)不被吸附的多酚:取供试品溶液25 mL,加至已盛有干酪素0.6 g的100 mL具塞锥形瓶中,密塞,至30℃水浴中保温1 h,时时振摇,取出,放冷,摇匀,过滤,弃去初滤液,精密量取续滤液2 mL,置25 mL棕色量瓶中,照标准曲线制备项下的方法,自“加入磷钼钨酸试液1 mL”起,加水10 mL依法测定吸收值,用标准曲线计算供试品溶液中不被吸附的多酚含量。按下式计算总鞣质的含量:鞣质含量=总酚量-不被吸附的多酚量(粟世婷等,2008;谢道刚等,2006;胡小刚等,2001)。

1.3.5 方法学考察 精密量取对照品溶液2 mL,置于25 mL棕色量瓶中,按“1.3.2”项下方法,至“加入磷钼钨酸试液1 mL,再加水10 mL”起,在760 nm下连续6次测定吸光度,以考察方法的精密度;分别取拳参粉末6份,精密称定,按“1.3.3”项下方法平行制备供试品溶液,按“1.3.4”项下测定并计算样品中总鞣质的含量,以考察方法的重复性;分别在0、3、6、9、12、24 h时间点精密量取供试品溶液2 mL,置于25 mL棕色量瓶中,按“1.3.2”项下方法,至“加入磷钼钨酸试液1 mL,再加水10 mL”起,在760 nm下测定吸光度,以考察样品的稳定性;精密称取已知含量的拳参粉末0.5 g,加入没食子酸标准溶液适量,按“1.3.3”项下方法处理,按“1.3.4”方法测定并计算样品中总鞣质的加样回收率。

2 结果与分析

2.1 没食子酸标准图谱及方法学考察

由图1可知,没食子酸在该色谱条件下可实现较好的分离,根据没食子酸峰面积(A)对对应的进样量(m)进行线性回归,得回归方程为 $A=2\ 376\ m+6.144$ ($R^2=0.999$),由此可知,没食子酸在0.051~1.02 μg范围内,线性关系良好;没食子酸对照品在重复进样6次的情况下,RSD为0.57% ($n=6$),表明仪器精密度良好;取同一产地样品6份按“1.2.3”项下方法进行制备后进样,测得没食子酸峰面积的RSD为1.68% ($n=6$),表明该方法的重复性良好;稳定性试验表明,拳参样品溶液的RSD为0.63% ($n=6$),表明供试品溶液在24 h内稳定;由表1可知,没食子酸高、中、低浓度的平均回收率分别为99.1%、100.3%、101.9%,RSD分别为2.1%、0.8%和2.0%,表明方法的精密度好。

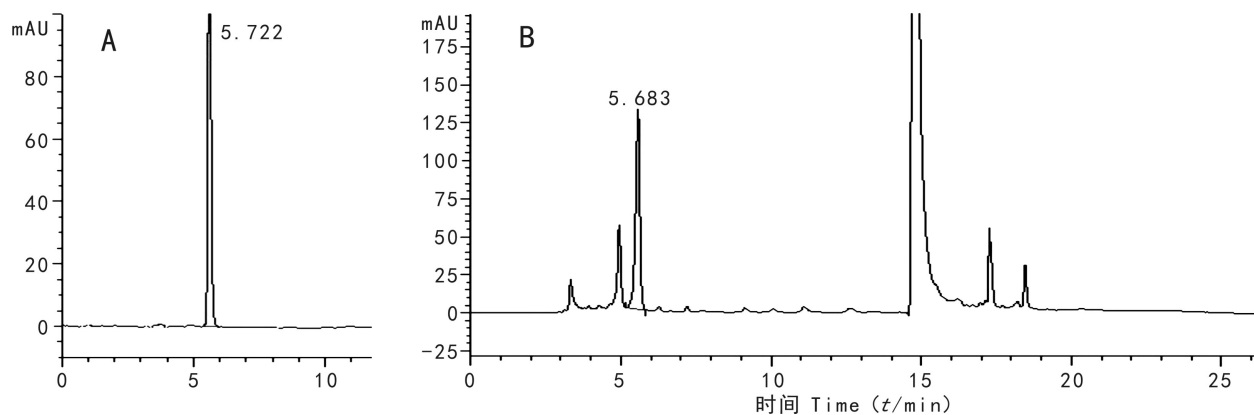


图 1 没食子酸对照品溶液(A)和供试品(B)的 HPLC 图谱
Fig. 1 HPLC chromatograms of gallic acid (A) and sample (B)

表 1 没食子酸回收率试验结果

Table 1 Results of recovery experiments of gallic acid

项目 Item	理论含量 Academic content (mg)	加入量 Added content (mg)	测得量 Content of result (mg)	回收率 Recovery rate (%)	平均回收率 Average recovery rate (%)	RSD (%)
高浓度 High concentration	1.227	1.476	2.684	98.7	99.1	2.1
	1.225	1.476	2.649	96.5		
	1.227	1.476	2.736	102.2		
中浓度 Medium concentration	1.228	1.23	2.447	99.1	100.3	0.8
	1.225	1.23	2.468	101.1		
	1.225	1.23	2.463	100.7		
低浓度 Light concentration	1.223	0.984	2.238	103.2	101.9	2.0
	1.226	0.984	2.246	103.6		
	1.225	0.984	2.197	98.8		

表 2 总鞣质回收率试验结果

Table 2 Results of recovery experiments of total tannin

项目 Item	理论含量 Academic content (mg)	加入量 Added content (mg)	测得量 Content of result (mg)	回收率 Recovery rate (%)	平均回收率 Average recovery rate (%)	RSD (%)
高浓度 High concentration	0.0514	0.0629	0.1165	103.5	102.2	1.3
	0.0521	0.0629	0.1152	100.3		
	0.0526	0.0629	0.1173	102.9		
中浓度 Medium concentration	0.0532	0.0524	0.1051	99.0	100.2	1.4
	0.0526	0.0524	0.1047	99.4		
	0.0519	0.0524	0.1055	102.3		
低浓度 Light concentration	0.0529	0.0419	0.0963	103.6	102.1	1.0
	0.0520	0.0419	0.0948	102.1		
	0.0525	0.0419	0.0946	100.5		

2.2 总鞣质的标准曲线及方法学考察

按“1.3.2”项下方法,以吸光度为纵坐标(y),浓度为横坐标(x),绘制标准曲线。计算得回归方程为 $y = 0.107x + 0.007$ ($R^2 = 0.9985$),表明该方法在2.09~10.48 μg 范围内线性关系良好;精密度的实验结果RSD为1.5%,表明精密度良好;重复性实验RSD值为2.7%,表明方法重复性良好;稳定性实验RSD为1.9%,表明稳定性良好;表2显示,总鞣质高、中、低浓度的平均回收率分别为102.2%、100.2%、102.1%,RSD分别为1.3%、1.4%和1.0%,表明方法的精密度好。

2.3 没食子酸及总鞣质的含量测定

精密称取贵阳和成都不同批号的拳参粉末,分别按照供试品的制备方法制备,再按照没食子酸和总鞣质的含量测定方法分别测定,结果见表3。

表3 拳参中没食子酸和总鞣质的含量测定结果

Table 3 Determination results of gallic acid and total tannin in *Polygonum bistorta*

产地(批号) Place (Number)	没食子酸含量 Gallic acid content ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	总鞣质的含量 Total tannins content ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
贵阳(130601)	1.53	5.01
Guiyang(130601)		
贵阳(130602)	1.37	4.87
Guiyang(130602)		
贵阳(130603)	1.12	5.23
Guiyang(130603)		
成都(130701)	2.72	10.21
Chengdu(130701)		
成都(130702)	3.35	11.46
Chengdu(130702)		
成都(130703)	2.46	11.22
Chengdu(130703)		

由表3结果可知,贵阳各批号拳参中没食子酸和总鞣质的含量分别为1.53、1.37、1.12和5.01、4.87、5.23 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$;成都各批号拳参中没食子酸和总鞣质的含量分别为2.72、3.35、2.46和10.21、11.46、11.22 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。初步分析,导致两地中没食子酸和总鞣质含量差异的原因估计与海拔有一定的关系。拳参生长海拔一般为800~3 000 m,贵阳海拔范围为800~1 600 m,而成都海拔大多为1 000~3 000 m。相比之下,成都地理地貌更适合拳参的生

长,这极有可能导致没食子酸和总鞣质的含量相对于贵阳拳参较高。

3 讨论与结论

3.1 最佳波长的选择

对没食子酸对照品甲醇溶液的紫外可见光(190~600 nm)扫描发现,没食子酸在276 nm处有最大吸收波长,故选择276 nm为其检测波长。

总鞣质的测定采用磷钼钨酸-碳酸钠比色法。分别精密吸取没食子酸对照品溶液和供试品溶液2.0 mL置于25 mL棕色量瓶中,加1.0 mL磷钼钨酸试液,再分别加水10 mL,用29%碳酸钠溶液定容,摇匀,放置30 min,以试剂空白为参比,在400~900 nm间进行波长扫描,结果显示没食子酸对照品溶液和供试品溶液在760 nm处均有最大吸光度,故选择760 nm为测定波长。

3.2 色谱柱的选择

分别选择SinoChrom C₈、BDS HYPERSIL Cyano和BDS HYPERSIL C₁₈,均发现峰形拖尾严重,且分离度不好。因考虑到苯基柱的填料对酚羟基有较好的保护作用,适合用来分离多酚类化合物,后改用Hypersil GOLD Phenyl后,峰形和分离度均较好。

3.3 流动相的选择

流动相分别考察了甲醇-0.1%醋酸、甲醇-0.4%醋酸、甲醇-0.1%磷酸、甲醇-0.4%磷酸、乙腈-0.1%醋酸、乙腈-0.4%醋酸、乙腈-0.1%磷酸,发现流动相为甲醇-0.1%磷酸时,峰形较好,其他条件下,色谱峰较拖尾,故选用甲醇-0.1%磷酸为流动相。

3.4 提取溶剂的选择

分别用100%、85%、50%甲醇以及纯水对拳参进行小试提取,结果发现80%的甲醇提取时,没食子酸的含量最大,故选用85%的甲醇作为提取溶剂;用丙酮、50%丙酮以及纯水对拳参进行提取,结果发现纯水提取物中总鞣质的含量最大,故选用纯水作为提取溶剂。

鞣质在20世纪的研究中常作为杂质除去,随着研究的深入,因其具有广泛的药理活性而越来越受到研究者的关注。没食子酸以及鞣质是拳参中的有效成分之一,本研究分别用HPLC和UV等方法对两者进行含量测定,有效地避免了其他成分对测定的干扰,其精密度高、方法稳定可靠,可作为药材质量控制的方法。

本研究分别测定了贵阳和成都各批号拳参,从结果可知,成都拳参中的没食子酸和总鞣质的含量均大于贵阳拳参,这为今后对拳参药材的选定提供了一定的理论依据。

参考文献:

- DUWIEJUA M, ZEITLIN IJ, GRAY AI, et al, 1999. The anti-inflammatory compounds of *Polygonum bistorta*: isolation and characterization [J]. *Plant Med*, 65(4):371-374.
- FAN XH, LI ZJ, SLAVIC A, et al, 2011. Determination of content of gallic acid and study on method of extract of total tannins in *Turkish galls* [J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*, 22(5):119-121. [范晓红, 李治建, 斯拉甫·艾白, 等, 2011. 没食子中没食子酸含量测定及总鞣质提取方法的研究 [J]. 时珍国医国药, 22(5):119-121.]
- HU XG, LI JG, GUO SH, 2001. Recent advances of the determination of the tanins [J]. *Xinjiang J Trad Chin Med*, 19(3):78-80. [胡小刚, 李继革, 郭书好, 2001. 鞣质分析研究进展 [J]. 新疆中医药, 19(3):78-80.]
- HUANG YS, ZENG J, YE HY, et al, 2004. A study of analgesic effect on central nerve system of *Polygonum bistorta* L. N-Butyl alcohol extracts [J]. *J Gannan Med Univ*, 24(1):12-13. [黄玉珊, 曾靖, 叶和杨, 等, 2004. 拳参正丁醇提取物的镇痛作用的研究 [J]. 赣南医学院学报, 24(1):12-13.]
- HUANG JB, LIN N, LI AZ, 2007. Determination of content of gallic acid in *Polygonum bistorta* by HPLC [J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*, 18(8):1909-1920. [黄加宝, 林娜, 李安珍, 2007. 高效液相色谱法测定拳参中没食子酸的含量 [J]. 时珍国医国药, 18(8):1909-1920.]

- LIU XQ, CHEN FK, WU LJ, et al, 2004. The chemical constituents of *Polygonum bistorta* [J]. *J Shenyang Pharm Univ*, 21(3):187-189. [刘晓秋, 陈发奎, 吴立军, 等, 2004. 拳参的化学成分 [J]. 沈阳药科大学学报, 21(3):187-189.]
- LIU CQ, WANG XL, ZENG J, 2006. Preliminary study on the antibacterial activities of *Polygonum bistorta* L. extracts [J]. *J Gannan Med Univ*, 26(4):489-490. [刘春棋, 王小丽, 曾靖, 2006. 拳参提取物抑菌活性的初步研究 [J]. 赣南医学院学报, 26(4):489-490.]
- LIU R, HE FY, LI L, et al, 2005. Determination of content of gallic acid and chlorogenic acid in *Polygonum bistorta* by HPLC [J]. *J Pharm Anal*, 25(4):390-393. [刘瑞, 何方奕, 李磊, 等, 2005. 高效液相色谱法同时测定拳参药材中没食子酸和绿原酸的含量 [J]. 药物分析杂志, 25(4):390-393.]
- LI ST, HE L, ZHOU WJ, 2008. Impact on the content of tannins in *Terminalia chebula* Retz under different extraction conditions [J]. *J Baotou Med*, 32(1):26-27. [栗世婷, 何琳, 周武杰, 2008. 不同提取条件下对诃子中鞣质含量的影响 [J]. 包头医学, 32(1):26-27.]
- XIE DG, SONG GZ, LIU J, 2006. Method for determination of tannin the appendices XB in pharmacopoeia of the People's Republic of China (Edition 2010) Methodology validation [J]. *Mod Trad Chin Med Mat Med-Word Sci Technol*, 8(6):50-53. [谢道刚, 宋光志, 刘静, 2006. 鞣质含量测定法(中国药典 2010 年版一部附录 XB) (方法学验证) [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 8(6):50-53.]
- ZENG J, HUANG ZH, YE HY, et al, 2003. A study of inhibitory effect on central nerve system of *Polygonum bistorta* L. N-Butyl alcohol extracts [J]. *J Gannan Med Univ*, 23(4):359-361. [曾靖, 黄志华, 叶和杨, 等, 2003. 拳参正丁醇提取物中枢抑制作用的研究 [J]. 赣南医学院学报, 23(4):359-361.]

(上接第 740 页 Continue from page 740)

- and scientific use of research [M]. Beijing: Science Press; 289-290. [姚小华, 王开良, 任华东, 等, 2012. 油茶资源与科学利用研究 [M]. 北京: 科学出版社: 289-290.]
- ZHANG G, GAO HW, WANG Z, et al, 2007. Studies on screening identification indexes of salt tolerance and comprehensive evaluation at seedling stage of *Elytrigia* [J]. *Acta Pratac Sin*, 16(4):55-61. [张耿, 高洪文, 王赞, 等, 2007. 偃麦草属植物苗期耐盐性指标筛选及综合评价 [J]. 草业学报, 16(4):55-61.]
- ZHANG YS, HUANG X, CHEN YF, 2009. Plant physiology experiment tutorial [M]. Beijing: China Higher Education Press; 37-39. [张以顺, 黄霞, 陈云凤, 2009. 植物生理学实验教程 [M]. 北京: 高等教育出版社: 37-39.]
- ZHAO F, ZHAO XY, JIN WG, et al, 2010. Responses of three native shrubs to drought stress in Urumqi [J]. *Bull Bot Res*, 30(6):692-696. [赵法, 赵晓英, 靳万贵, 等, 2010. 乌鲁木齐周边 3 种野生灌木对干旱胁迫的响应 [J]. 植物研究, 30(6):692-696.]
- ZHAO L, XING XT, NIE QJ, et al, 2011. Comprehensive evaluation on drought resistance of four dwarf ornamental bamboo species [J]. *J NW For Univ*, 26(1):18-21. [赵兰, 邢新婷, 聂庆娟, 等, 2011. 4 种地被观赏竹抗旱性综合评价研究 [J]. 西北林学院学报, 26(1):18-21.]
- ZHAO YH, LI JB, YANG SY, et al, 2012. Physiological and bio-

- chemical response to drought stress in seedling stages and drought-resistance evaluation of sweet tamarind varieties [J]. *For Res*, 25(5):569-575. [赵一鹤, 李建宾, 杨时宇, 等, 2012. 干旱胁迫下 3 个甜角品种幼苗的生理生化响应及抗旱性评价 [J]. 林业科学研究, 25(5):569-575.]
- ZHOU GS, MEI FZ, ZHOU ZQ, et al, 2003. Comprehensive evaluation and forecast on physiological indices of waterlogging resistance of different wheat varieties [J]. *Sci Agric Sin*, 36(11):1378-1382. [周广生, 梅方竹, 周竹青, 等, 2003. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测 [J]. 中国农业科学, 36(11):1378-1382.]
- ZHOU YW, ZHANG YP, YANG J, et al, 2012. Effect of drought stress on ultrastructure and stress physiology of *Nostoc flagelliforme* [J]. *Bull Bot Res*, 2012, 32(2):171-176. [周有文, 张亚萍, 杨军, 等, 2012. 干旱胁迫对发菜超微结构及抗性生理的影响 [J]. 植物研究, 2012, 32(2):171-176.]
- ZUO JL, GONG C, HUANG JJ, et al, 2013. Photosynthetic characteristics of high yield *Camellia oleifera* during summer drought period under different treatment [J]. *J Nanjing For Univ: Nat Sci Ed*, 37(2):33-38. [左继林, 龚春, 黄建建, 等, 2013. 夏旱期不同管理措施下高产油茶的光合特性 [J]. 南京林业大学学报·自然科学版, 37(2):33-38.]