

引用 姜霞,罗丹,谭开祥,等.富硒青钱柳多糖对糖尿病模型小鼠降血糖研究[J].中医导报,2018,24(17):66-69.

富硒青钱柳多糖 对糖尿病模型小鼠降血糖研究*

姜霞¹,罗丹²,谭开祥³,向极钎⁴,刘卫²

(1.武汉体育学院 湖北 武汉 430079 2.华中科技大学 湖北 武汉 430074;
3.湖北思慧生物科技有限公司 湖北 恩施 445099 4.恩施州农业科学院 湖北 恩施 445099)

[摘要] 目的 探究富硒青钱柳多糖(Se-CPP)对糖尿病模型小鼠降血糖的影响。方法 高脂饮食加腹腔注射链脲佐菌霉素建立小鼠糖尿病模型 随机分为模型组、普通青钱柳多糖(CPP)组、无机硒组、无机硒+CPP组、Se-CPP低、中、高剂量组及消渴丸组 分别以生理盐水、CPP、CPP+无机硒、无机硒、Se-CPP低、中、高剂量及消渴丸连续灌胃给药42 d。检测给药21 d、35 d及42 d的小鼠口服葡萄糖耐量 谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活力 小鼠脾淋巴细胞转化指数SI。结果 给药21 d时 消渴丸组和Se-CPP中剂量组AUC均明显低于模型组($P<0.05$) 给药35 d时 消渴丸组、Se-CPP低、中剂量组AUC均明显低于模型组($P<0.05$ 或 $P<0.01$) 给药42 d时 各给药组AUC均明显低于模型组($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。各给药组小鼠血清GSH-Px活力均高于模型组($P<0.01$) 其中Se-CPP中剂量组GSH-Px活力最高。在淋巴细胞转化实验中 Se-CPP中、高剂量组小鼠SI值均高于模型组($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。Se-CPP对正常小鼠血糖无不良影响。结论 Se-CPP降血糖效果优于CPP、无机硒、CPP+无机硒 其中Se-CPP中剂量组效果最为显著。

[关键词] 富硒青钱柳多糖 糖尿病 小鼠 血糖 抗氧化 淋巴细胞

[中图分类号] R285.5 [文献标识码] A [文章编号] 1672-951X(2018)17-0066-04

Study of Selenium Polysaccharide from Cyclocarya paliurus (Batal) Ijinskaj a in Blood Glucose of Diabetic Mice

JIANG Xia¹, LUO Dan², TAN Kai-xiang³, XIANG Ji-qian⁴, LIU Wei²

(1. Wuhan Sports University, Wuhan Hubei 430079, China; 2. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430074, China; 3. Hubei Sophia Biological Technology Co., LTD Enshi Hubei 445099, China;
4. Enshi Academy of Agricultural Sciences, Enshi Hubei 445099, Chian)

[Abstract] Objective: To study the hypoglycemic effects of rich selenium polysaccharide cyclocarya paliurus (Se-CPP) in diabetic mice. Method: Diabetic mice were induced by high fat diet and intraperitoneal injection of streptozotocin. The diabetic mice were randomly divided into model group, cyclocarya paliurus (CPP) group, inorganic selenium group, inorganic selenium+CPP group, Se-CPP low, medium and high dose group and Xiaoke Wan(消渴丸) group. The mice were treated with saline, CPP, CPP+ inorganic selenium, inorganic selenium, low, medium and high dose Se-CPP respectively. Dosage and Xiaoke pills were administrated continuously for 42 days. Glucose tolerance, glutathione peroxidase (GSH-Px) activity and spleen lymphocyte transformation index (SI) were measured in 21, 35 and 42 days after administration. Results: On the 21th day of administration, AUC in Xiaoke Wan Group and Se-CPP medium dose group was significantly lower than that in the model group ($P<0.05$). After 35 days of administration, AUC of Xiaoke Wan group, Se-CPP low and middle dose group were significantly lower than that of model group ($P<0.05$ or $P<0.01$). On the 42th day of administration, the AUC of each medication group was significantly lower than that of the model group ($P<0.05$ or $P<0.01$). The activity of GSH-Px in serum of mice in each medication group was higher than that in model group ($P<0.01$), and the activity of GSH-Px in middle dose group of Se-CPP was the highest. In the lymphocyte transformation experiment, the SI values of mice in the middle and high dose groups of Se-CPP were higher than those in the model group ($P<0.05$ or $P<0.01$). There were no adverse effect for Se-CPP on blood sugar in normal mice. Conclusion: The hypoglycemic effect of Se-CPP is better than that of CPP, inorganic selenium and CPP+inorganic selenium,

*基金项目 湖北省科技支撑计划项目—恩施州特色资源应用技术与产品开发研究(2013BEC048)

通讯作者 刘卫 E-mail: wliu@hust.edu.cn

and the effect of middle dose Se-CPP was the most significant.

[Keywords] selenium polysaccharide from *Cyclocarya paliurus* (Batal) Ijinskaja; diabetes; mice; blood glucose; antioxidative; lymphocyte

青钱柳 *Cyclocarya paliurus* (Batal) Ijinskaja, 又名摇钱树、青钱李, 系双子叶植物纲胡桃科青钱柳属落叶乔木, 分布于江西、湖北、湖南、贵州等省区, 为我国特有的单种属植物^[1]。前期研究发现青钱柳叶富含多糖、黄酮、皂苷等次生代谢产物^[1-2], 其中, 青钱柳多糖(CPP)具有降血糖等作用^[3-4]。硒是人体必需的微量元素, 具有抗氧化、提高免疫力、防癌、防治心血管疾病等功效^[5-6]。目前研究表明, 硒多糖兼有硒与多糖的生物活性, 具有降血糖、降血脂、抗氧化、提高免疫力、抗肿瘤等功效^[6-8]。在前期研究工作中, 采用有机硒肥喷施青钱柳叶, 可获得硒含量达到国家富硒茶叶标准(0.25~4.00 mg/kg)的富硒青钱柳叶^[9]。本实验以富硒青钱柳叶为实验材料, 提取分离获得富硒青钱柳多糖(Se-CPP), 研究Se-CPP对高脂饮食加链脲佐菌毒素(streptozotocin, STZ)诱导的糖尿病小鼠的体质、血糖、抗氧化能力等生理功能的影响, 旨在为后期富硒青钱柳保健食品的研究与开发提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物 SPF级雄性C57小鼠90只, 4周龄, 体质量16~18 g, 由湖北省疾病预防控制中心提供, 许可证号 SCXK(鄂)2015-0018。

1.2 药物与试剂 青钱柳叶和富硒青钱柳叶采集于湖北恩施思慧生物科技有限公司青钱柳种植基地, 由湖北中医药大学叶晓川研究员鉴定, 青钱柳叶批号为20140712, 富硒青钱柳叶批号为20150724, CPP和Se-CPP分别参照文献方法提取制备^[10]。CPP和Se-CPP中硒元素含量采用氢化物原子荧光光谱法检测^[11], 检测结果分别为0.11 mg/kg和3.30 mg/kg。链脲佐菌毒素、刀豆蛋白A(ConA)、四甲基偶氮唑蓝(MTT)(阿拉丁)、消渴丸(广州白云山中一药业有限公司)、亚硒酸钠片(上海天赐福生物工程有限公司)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)检测试剂盒(南京建成生物工程研究所)。

1.3 主要仪器 ACCU-CHEK Active血糖仪、罗康全活力型血糖试纸[德国罗氏诊断产品(上海)有限公司]、318C酶标仪(成都华衡仪器有限公司)、BSA124S分析天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]、BPN-150CRH二氧化碳培养箱(上海一恒科学仪器有限公司)、超净工作台(苏州净化设备有限公司)。

1.4 造模与分组 取健康雄性C57小鼠90只, 动物适应性喂养1周后, 随机分为空白组10只与造模组80只, 空白组给予普通饲料喂养, 造模组小鼠给予高脂饲料喂养。造模组小鼠根据体质量腹腔注射STZ溶液(以0.1 mol/L pH4.2的柠檬酸缓冲液为溶剂配制, 现配现用) 40 mg/kg, 空白组小鼠注射等量的柠檬酸缓冲液, 3 d后再次对小鼠腹腔注射等剂量STZ溶液^[13]制备小鼠糖尿病模型。3 d后, 各组大鼠禁食不禁水12 h, 在小鼠尾部采血, 用血糖仪测小鼠的空腹血糖(FBG), FBG在

11.1~33.3 mmol/L之间的小鼠为造模成功小鼠。取造模成功的C57小鼠, 并将其随机分为模型组、CPP组、无机硒组、无机硒+CPP组、Se-CPP低、中、高剂量组、消渴丸组, 每组10只。

1.5 实验给药 分组后, 空白组和模型组按体质量给予生理盐水灌胃, CPP组(0.6 g/kg CPP)、无机硒组(4.34 μ g/kg Na_2SeO_3)、无机硒+CPP组(4.34 μ g/kg Na_2SeO_3 和0.6 g/kg CPP)、Se-CPP低、中、高剂量组(0.2、0.6、1.8 g/kg Se-CPP)、消渴丸组给予消渴丸(0.514 g/kg)灌胃, 各组给药剂量参考文献及预实验结果^[12-14]确定。给药期间, 空白组给予普通饲料喂养, 其他各组小鼠给予高脂饲料喂养。连续给药42 d后, 进行指标检测, 实验过程中因灌胃操作造成空白组小鼠死亡2只, Se-CPP高剂量组小鼠死亡1只。

1.6 观察指标

1.6.1 小鼠日均饲料摄入量及体质量 定时记录小鼠的日均饲料摄入量和小鼠体质量的变化趋势, 并观察小鼠的生长状况。

1.6.2 小鼠口服葡萄糖耐量 小鼠连续灌胃42 d, 测试灌胃受试样品21 d、35 d、42 d的小鼠空腹血糖及灌胃受试样品后口服糖耐量, 计算血糖曲线下面积(AUC)^[15]。

1.6.3 小鼠血清生化指标的检测 小鼠连续灌胃42 d, 末次给药后, 所有小鼠普通维持饲料喂养2 d后禁食12 h, 测定体质量后摘眼球取血。分离血清, 4,000 r/min离心10 min, 检测小鼠血清GSH-Px活力。

1.6.4 小鼠脾淋巴细胞转化实验(MTT法) 参考文献^[17], 以ConA刺激小鼠脾淋巴细胞增殖, 计算转化指数SI(实验孔与对照孔光密度值之比)。

1.7 统计学方法 采用SPSS 19.0软件进行分析, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 计量资料组间比较采用单因素的方差分析, 不呈正态分布资料采用非参数检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般状况、饲料日均摄入量及体质量变化 实验期间, 模型组小鼠出现多食、多饮、多尿等糖尿病症状, 各给药组小鼠糖尿病症状较模型组小鼠有所减轻, 在实验过程中, 由于前期操作不熟练导致各组有死亡情况, 空白组死亡2只, Se-CPP高剂量组死亡1只。模型组小鼠饲料摄入量高于空白组, 但差异无统计学意义(P>0.05), 模型组小鼠体质量低于空白组, 但差异无统计学意义(P>0.05)。(见表1)

2.2 Se-CPP对糖尿病小鼠口服葡萄糖耐量的影响 连续灌胃21 d后, 模型组AUC明显高于空白组(P<0.05), 说明高血糖动物模型建造成功。消渴丸组和Se-CPP中剂量组AUC均明显低于模型组(P<0.05)。连续灌胃35 d后, 模型组AUC明显高于空白组(P<0.05), 消渴丸组、Se-CPP低、中剂量组AUC均明显

低于模型组($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。Se-CPP低、中剂量组AUC均明显低于CPP组($P<0.05$)。连续灌胃42 d后,模型组AUC明显高于空白组($P<0.05$)。CPP组和Se-CPP高剂量组AUC明显低于模型组($P<0.05$)。消渴丸组、CPP+无机硒组、无机硒组、Se-CPP低、中剂量组AUC均明显低于模型组($P<0.01$)。Se-CPP低、中剂量组AUC均明显低于CPP组($P<0.05$)。(见表2)

表1 小鼠饲料日均摄入量及体质量变化 ($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 动物数(只) | 日均饲料摄入量(g/只) | 体质量(g) |
|------------|--------|--------------|------------|
| 空白组 | 8 | 3.83±0.19 | 24.48±0.68 |
| 模型组 | 10 | 3.96±0.20 | 23.66±0.45 |
| 消渴丸组 | 10 | 3.79±0.27 | 24.38±0.37 |
| CPP组 | 10 | 3.76±0.13 | 24.94±0.58 |
| CPP+无机硒组 | 10 | 3.38±0.11 | 25.07±0.48 |
| 无机硒组 | 10 | 3.52±0.15 | 24.55±0.37 |
| Se-CPP低剂量组 | 10 | 3.81±0.10 | 23.80±0.59 |
| Se-CPP中剂量组 | 10 | 3.47±0.23 | 24.19±0.47 |
| Se-CPP高剂量组 | 9 | 3.14±0.24 | 24.63±0.39 |

表2 各组小鼠口服糖耐量曲线下面积 ($\bar{x}\pm s$, mmol·h/L)

| 组别 | 动物数(只) | 21 d | 35 d | 42 d |
|------------|--------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 空白组 | 8 | 20.98±0.62 | 18.27±0.72 | 18.31±0.92 |
| 模型组 | 10 | 27.35±2.13 ^a | 30.09±2.73 ^a | 34.72±3.04 ^a |
| 消渴丸组 | 10 | 22.17±1.02 ^b | 20.47±1.12 ^c | 23.47±1.53 ^c |
| CPP组 | 10 | 24.46±1.15 | 29.05±0.98 | 29.16±0.79 ^b |
| CPP+无机硒组 | 10 | 25.07±1.08 | 28.15±0.72 | 26.51±1.72 ^c |
| 无机硒组 | 10 | 23.62±0.93 | 27.53±0.78 | 27.07±1.14 ^c |
| Se-CPP低剂量组 | 10 | 23.47±0.87 | 25.21±0.83 ^{b,d} | 24.91±1.28 ^{c,d} |
| Se-CPP中剂量组 | 10 | 21.29±0.92 ^b | 25.32±1.25 ^{b,d} | 24.82±1.34 ^{c,d} |
| Se-CPP高剂量组 | 9 | 23.12±0.85 | 29.76±1.97 | 29.52±1.93 ^b |

注:与空白组比较,^a $P<0.05$;与模型组比较,^b $P<0.05$;^c $P<0.01$;与CPP组比较,^d $P<0.05$ 。

2.3 Se-CPP对糖尿病小鼠抗氧化酶活力的影响 模型组GSH-Px酶活力略高于空白组,但差异无统计学意义($P>0.05$),其它各药物组GSH-Px酶活力明显高于空白组($P<0.01$),各药物组GSH-Px酶活力明显高于模型组($P<0.01$)。Se-CPP中剂量组GSH-Px酶活力明显高于CPP组($P<0.01$)。(见表3)

表3 小鼠血清GSH-Px酶活力测定结果 ($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 动物数(只) | GSH-Px(U/mL) |
|------------|--------|-----------------------------|
| 空白组 | 8 | 91.55±24.61 |
| 模型组 | 10 | 101.56±42.02 |
| 消渴丸组 | 10 | 376.47±72.38 ^{ab} |
| CPP组 | 10 | 344.44±80.88 ^{ab} |
| CPP+无机硒组 | 10 | 296.94±43.12 ^{ab} |
| 无机硒组 | 10 | 413.33±64.17 ^{ab} |
| Se-CPP低剂量组 | 10 | 421.39±78.28 ^{ab} |
| Se-CPP中剂量组 | 10 | 579.03±49.61 ^{abc} |
| Se-CPP高剂量组 | 9 | 253.33±48.07 ^{ab} |

注:与空白组比较,^a $P<0.01$;与模型组比较,^b $P<0.01$;与CPP组比较,^c $P<0.01$ 。

2.4 Se-CPP对糖尿病小鼠脾淋巴细胞增殖的影响 淋巴细

胞的增殖分化是机体免疫应答的重要阶段,检测淋巴细胞的增殖能力是评价细胞免疫功能的常用方法^[19]。模型组小鼠SI值与空白组比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。Se-CPP中、高剂量组SI值明显高于模型组($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。(见表4)

表4 小鼠脾脏免疫细胞MTT转化实验SI值 ($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 动物数(只) | 转化指数(SI) |
|------------|--------|------------------------|
| 空白组 | 8 | 1.15±0.03 |
| 模型组 | 10 | 1.14±0.04 |
| 消渴丸组 | 10 | 1.15±0.03 |
| CPP组 | 10 | 1.16±0.03 |
| CPP+无机硒组 | 10 | 1.15±0.02 |
| 无机硒组 | 10 | 1.18±0.02 |
| Se-CPP低剂量组 | 10 | 1.17±0.04 |
| Se-CPP中剂量组 | 10 | 1.29±0.02 ^a |
| Se-CPP高剂量组 | 9 | 1.26±0.05 ^b |

注:与模型组比较,^a $P<0.01$;^b $P<0.05$ 。

3 讨 论

糖尿病是一种常见的以持续高血糖为主要临床特征的慢性内分泌紊乱疾病,近年来其发病率逐渐提高^[20]。研究表明,人体内硒元素与糖尿病的发生具有一定的关系,适量补硒对于糖尿病的预防与治疗具有重要意义^[21]。

国内外目前研究较多是无机硒与糖尿病的关系,较少涉及有机硒对糖尿病的影响^[22]。本研究以我国特有植物青钱柳为原材料,采用人工施加有机硒肥的方式使青钱柳富集硒元素,探讨富硒青钱柳多糖对糖尿病小鼠的影响,并与普通青钱柳多糖进行比较。实验结果表明,连续给药21 d、35 d、42 d后,一定剂量的Se-CPP具有与消渴丸相当的降低糖尿病小鼠餐后血糖的作用,其降血糖效果明显优于CPP及CPP与亚硒酸钠复配物。Se-CPP降血糖机制是否与CPP相类似还需进一步研究。

GSH-Px在机体抗自由基损伤中起着重要的作用。检测结果表明,适宜剂量的Se-CPP具有增强糖尿病小鼠GSH-Px活力的作用。此外,小鼠淋巴细胞转化指数SI值的检测结果表明,适宜剂量的Se-CPP可以提高糖尿病小鼠淋巴细胞SI值,从而增强糖尿病小鼠免疫力。本研究结果表明,Se-CPP抗氧化和增强小鼠免疫力的活性较CPP、CPP与亚硒酸钠复配物均有所提升。机体免疫能力与抗氧化活性密切相关^[23]。Se-CPP具有比CPP更好的免疫能力,可能与Se-CPP具有更好的抗氧化活性有关。Se-CPP提高小鼠免疫能力的详细作用机制还有待深入研究。

参考文献

- [1] 谢明勇,谢建华.青钱柳研究进展[J].食品与生物技术学报,2008,27(1):113-121.
- [2] ZHU KN,JIANG CH,TIAN YS,et al.Two triterpenoids from Cyclocarya paliurus (Batal) Iljinsk (Juglandaceae) promote glucose uptake in 3T3-L1 adipocytes: The relationship to AMPK activation [J].Phytomedicine,2015,22(9):837-846.

- [3] XIE J, SHEN M, NIE S et al. Analysis of monosaccharide composition of Cyclocarya paliurus polysaccharide with anion exchange chromatography[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 98(1): 976-981.
- [4] XIE J, XIE M, NIE S et al. Isolation, chemical composition and antioxidant activities of a water-soluble polysaccharide from Cyclocarya paliurus (Batal.) Iljinskaja[J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1626-1632.
- [5] CHIU S, HSIEH S, YEH S et al. The increase of immunity and disease resistance of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* by feeding with selenium-enriched-diet [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2010, 29(4): 623-629.
- [6] SHI W, HAN H, CHEN G et al. Extraction, characterization of the polysaccharide extracts from Se-enriched *G. lucidum* (Se-GLP) and its inhibition against oxidative damage in ischemic reperfusion mice [J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 80(3): 774-778.
- [7] JIN M, LU Z, HUANG M et al. Effects of Se-enriched polysaccharides produced by *Enterobacter cloacae* Z0206 on alloxan-induced diabetic mice[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 50(2): 348-352.
- [8] WANG Y, CHEN J, ZHANG D et al. Tumoricidal effects of a selenium (Se)-polysaccharide from Ziyang green tea on human osteosarcoma U-2 OS cells [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 98(1): 1186-1190.
- [9] 吕萌, 陈伟鸿, 许琦, 等. 有机富硒肥对青钱柳叶中硒、微量元素及功效成分的影响[J]. 农学学报, 2016, 6(5): 39-42.
- [10] 谢建华, 谢明勇, 聂少平, 等. 青钱柳多糖提取工艺的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 188-191.
- [11] 刘恒, 马盼, 王浩东, 等. 氢化物发生-原子荧光光谱法测定富硒杂粮中的有机硒和无机硒[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 170-173.
- [12] 乔进, 袁志华, 吴锋, 等. 灵芝多糖联合二甲双胍对2型糖尿病大鼠心肌结构及血流动力学的影响[J]. 中国药理学通报, 2016, 32(7): 1012-1016.
- [13] 梁海霞, 原海燕, 李焕德, 等. 高脂喂养联合低剂量链脲佐菌素诱导的2型糖尿病大鼠模型稳定性观察[J]. 中国药理学通报, 2008, 24(4): 551-555.
- [14] 张小芳, 段小群, 卢曦, 等. 青钱柳多糖对糖尿病小鼠血糖水平和胰腺组织形态的影响[J]. 华夏医学, 2010, 23(1): 15-17.
- [15] JIANG C, YAO N, WANG Q et al. Cyclocarya paliurus extract modulates adipokine expression and improves insulin sensitivity by inhibition of inflammation in mice[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2014, 153(2): 344-351.
- [17] 许丹妮, 李健, 马玉芳, 等. 金线莲多糖对免疫抑制小鼠脾淋巴细胞增殖及免疫器官的影响[J]. 中兽医医药杂志, 2011, 30(3): 15-17.
- [18] 王晓敏, 舒任庚, 蔡永红, 等. 青钱柳水提液对糖尿病小鼠胰岛细胞的保护作用[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(12): 3146-3147.
- [19] 王思芦, 汪开毓, 赵玲, 等. 鸡枞菌多糖对免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J]. 中国药理学通报, 2013, 29(1): 59-63.
- [20] FERRARIO MG, LIZÁN L, MONTAGNOLI R et al. Liraglutide vs. sitagliptin add-on to metformin treatment for type 2 diabetes mellitus: Short-term cost-per-controlled patient in Italy[J]. Primary Care Diabetes, 2016, 10(3): 220-226.
- [21] 赵长峰, 王惠敏, 张俊黎, 等. 2型糖尿病患者血清微量元素、血糖及体成分相关性分析[J]. 卫生研究, 2008, 37(5): 600-605.
- [22] 刘永旺, 刘海舰, 王宝琴, 等. 富硒麦芽对链脲佐菌素诱发糖尿病大鼠糖脂代谢的影响[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(3): 81-84.
- [23] 赵京杨, 邓昌彦, 熊远著. 超营养剂量酵母硒对荷瘤小鼠抗氧化和免疫机能的影响[J]. 营养学报, 2007, 29(1): 35-38.

(收稿日期 2017-05-22 编辑 刘颖)

(上接第65页)

参考文献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草[M]. 第三册. 上海: 上海科技出版社, 1999: 655-657.
- [2] 刘年猛, 彭飞, 周天达, 等. 血水草的生药鉴定[J]. 中药材, 2001, 24(1): 21-23.
- [3] 孙文霞, 袁仕善, 黄琼瑶, 等. 血水草生物碱及其血根碱抑菌作用的研究[J]. 实用预防医学, 2010, 17(9): 1864-1866.
- [4] 黄琼瑶, 彭飞, 刘年猛, 等. 血水草生物碱杀灭钉螺及日本血吸虫尾蚴的实验研究[J]. 实用预防医学, 2003, 10(3): 289-291.
- [5] 周兵, 邹有, 闫小红, 等. 血水草提取物对福寿螺的杀螺效果[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(7): 1390-1393.
- [6] 朱佩红, 李艳艳, 肖艳华, 等. 血水草化学成分的研究[J]. 中成药, 2017, 39(5): 980-983.
- [7] 张艳, 杜方麓. 血水草的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2005, 16(3): 236-237.
- [8] 冯泓瑞, 黄松, 赖小平, 等. 白屈菜红碱、血根碱单体的分离和鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(14): 36-38.
- [9] 邹惠亮. 博落回化学成分研究[D]. 广州: 暨南大学, 2015.

(收稿日期 2017-08-28 编辑 李海洋)