

- 277.
- [6] 胡琳, 叶巧玲, 庄和思, 等. 丹酚酸 B 对糖尿病肾病 db/db 小鼠肾纤维化及炎症的影响[J]. 中草药, 2022, 53(4): 1084-1092.
- [7] LI J, XU J, HOU R, et al. Qing-Hua Granule induces GLP-1 secretion via bitter taste receptor in db/db mice [J]. Biomed Pharmacother, 2017(89): 10-17.
- [8] WANG L, PENG W, ZHAO Z, et al. Prevalence and treatment of diabetes in China, 2013-2018[J]. JAMA, 2021, 326(24): 2498-2506.
- [9] XU Y, WANG L M, HE J, et al. Prevalence and control of diabetes in Chinese adults[J]. JAMA, 2013, 310(9): 948.
- [10] 董春红. 2型糖尿病患者的甲状腺功能与其血脂代谢、糖尿病肾病发病的关系[J]. 内科, 2020, 15(3): 297-299.
- [11] 刘林杰, 李慧琼, 徐焱成. 初诊2型糖尿病发病年龄与代谢综合征关系研究[J]. 中国全科医学, 2019, 22(22): 2688-2704.
- [12] 高剑波, 贾伟平. 336例不同糖调节状态孕妇的胰岛素分泌、抵抗和其他代谢紊乱的比较[J]. 上海医学, 2014, 37(4): 318-320.
- [13] 高贝贝, 郭雯, 龚颖芸, 等. 2型糖尿病患者葡萄糖负荷后氨基酸水平变化及其与胰岛素抵抗的关系[J]. 中国糖尿病杂志, 2017, 25(1): 19-24.
- [14] GOMES R A, TEODORO L G, LOPES I C, et al. Angiotensin-converting enzyme in pericardial fluid: comparative study with serum activity[J]. Arq Bras Cardiol, 2008, 91(3): 156.
- [15] 兰真真, 周立华, 李盼, 等. 疏肝降火方对肝火亢盛型 SHR 大鼠的降压疗效及机制探讨[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(6): 1328-1330.
- [16] 耿春贤, 刘菊妍, 邹琦, 等. 消渴丸中药组分对 GK 大鼠血脂、胰岛素和胰腺影响的实验研究[J]. 世界中西医结合杂志, 2014, 9(8): 822-825.
- [17] 刘晓晨, 张社峰, 王改凤. 姜黄素联合有氧运动对糖尿病肝病变和肝中脂肪酸 β 氧化的影响[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(1): 29-35.

【责任编辑：侯丽颖】

不同来源黄芪化学成分及其抗疲劳价值分析

何艳青¹, 招志辉¹, 张俊红¹, 黄淡霞¹, 雷明²

(1. 广州中医药大学第一附属医院药学部, 广东广州 510405; 2. 深圳市第二人民医院中医科, 广东深圳 518037)

摘要:【目的】探讨不同来源黄芪化学成分, 并分析其抗疲劳价值。【方法】所有纳入仿野生组材料均来源于山西浑源产仿野生黄芪药材, 鉴定为蒙古黄芪; 人工培育组材料均来源于甘肃陇西, 鉴定为人工培育黄芪。仿野生组受试对象规律服用仿野生黄芪, 人工培育组受试对象规律服用甘肃产人工培育黄芪, 2组均每日使用 15 g, 代茶饮, 连服 2 周为 1 个疗程。比较 2 组黄芪头部最大直径、终端长度以及绝对生长年份, 比较 2 组浸出物含量测定结果, 比较 2 组运动干预前后机体疲劳的生化与生理指标变化, 分析不同氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化与生理指标的相关性。【结果】仿野生组黄芪头部最大直径显著大于人工培育组($P < 0.05$), 终端长度显著长于人工培育组($P < 0.05$), 绝对生长年份显著长于人工培育组($P < 0.05$)。仿野生组浸出物含量测定结果中氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平均显著高于人工培育组($P < 0.05$)。干预后仿野生组血清尿素氮水平高于干预前($P < 0.05$), 且干预后仿野生组反应时明显大于干预后人工培育组($P < 0.05$)。氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化指标血清尿素氮水平和生理指标反应时均呈正相关性($P < 0.05$)。【结论】与人工培育黄芪相比, 仿野生黄芪浸出物中氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平更高, 具有更理想的机体抗疲劳作用。

关键词: 仿野生黄芪; 人工培育黄芪; 抗疲劳

中图分类号: R285.5

文献标志码: A

文章编号: 1007-3213(2023)05-1234-05

DOI: 10.13359/j.cnki.gzxbtcm.2023.05.029

收稿日期: 2022-10-17

作者简介: 何艳青(1977-), 女, 主管中药师; E-mail: 1105763386@qq.com

基金项目: 深圳市科技计划项目(编号: JCYJ20190402691232821)

Analysis of Chemical Components and Anti-Fatigue Value of Astragali Radix from Different Sources

HE Yan-Qing¹, ZHAO Zhi-Hui¹, ZHANG Jun-Hong¹,
HUANG Dan-Xia¹, LEI Ming²

(1. Dept. of Pharmacy, The First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510405 Guangdong, China; 2. Dept. of Traditional Chinese Medicine, Shenzhen Second People's Hospital, Shenzhen 518037 Guangdong, China)

Abstract: Objective To study the chemical constituents of Astragali Radix from different sources and analyze its anti-fatigue value. **Methods** All the materials included in the imitating wildness group were obtained from the imitating wild Astragali Radix from Hunyuan, Shanxi, and were identified as Mongolian Astragali Radix; the materials in the artificial cultivation group were obtained from Longxi, Gansu, and were identified as artificial cultivated Astragali Radix. Subjects in the imitating wildness group took imitation wild Astragali Radix regularly, while subjects in the artificial cultivation group also took Gansu artificial cultivated Astragali Radix regularly. Both groups were treated with 15 g of Astragali Radix daily as a tea substitute for 2 weeks as a course of treatment. The maximum head diameter, terminal length and absolute growth year of Astragali Radix were compared between the two groups, the results of the determination of leachate content in the two groups were compared, the changes of biochemical and physiological indicators of body fatigue before and after the exercise intervention were compared between the two groups, and the correlation between the levels of different amino acids, total flavonoids and saponins and the biochemical and physiological indicators of body fatigue were analyzed. **Results** The maximum diameter of the head of Astragali Radix in was significantly larger in the imitating wildness group than that of the artificial cultivation group ($P < 0.05$), the terminal length was significantly longer than that of the artificial cultivation group ($P < 0.05$), and the absolute growth year was significantly longer than that of the artificial cultivation group ($P < 0.05$). The levels of amino acids, total flavonoids and saponins were significantly higher in the imitating wildness group than those in the artificial cultivation group ($P < 0.05$), and the serum urea nitrogen level was higher in the imitating wildness group than that in the pre-intervention group ($P < 0.05$), and the response time was significantly greater in the imitating wildness group than that in the artificial cultivation group ($P < 0.05$). The levels of amino acids, total flavonoids and saponins were positively correlated with the levels of biochemical indicator serum urea nitrogen and physiological indicator response time of fatigue ($P < 0.05$). **Conclusion** In contrast with artificial cultivated Astragali Radix, imitating Astragali Radix has higher levels of amino acids, total flavonoids and saponins in its extracts, and has more desirable anti-fatigue effects on the body.

Keywords: imitating wild Astragali Radix; artificial cultivated Astragali Radix; anti-fatigue

黄芪, 为豆科植物蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus*(Fisch.) Bge.var.*mongholicus*(Bge.) Hsia 或膜荚黄芪 *Astragalus membranaceus*(Fisch.) Bge. 的干燥根, 是临床上最常使用的中药材之一, 其化学有效成分非常丰富, 应用十分广泛^[1]。大量研究^[2-4]提示, 黄芪可有效提高机体免疫能力、改善机体代谢及心脑血管功能, 其药用价值越来越受到临床重视。目前市场上最多使用的黄芪品种为蒙古黄芪, 根据其不同种植方式主要分为仿野生黄芪(山西产)和人工培育黄芪(甘肃产), 其中,

山西产的仿野生黄芪被认为是目前临床应用中最为优质且道地的品种。但受市场经济、环境等多重因素影响, 仿野生黄芪产量明显减少。目前针对黄芪药材的等级分类尚未形成统一标准, 且价格大相径庭, 故针对不同来源黄芪的临床应用价值, 评估其抗疲劳效应十分必要。现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料来源 所有纳入仿野生组材料均为来源

于山西浑源产仿野生黄芪药材,由湖南中医药大学中药学刘平安教授鉴定且确定为蒙古黄芪;人工培育组材料均来源于甘肃陇西,由湖南中医药大学中药学刘平安教授鉴定且确定为人工培育黄芪。本研究方案已通过广州中医药大学第一附属医院伦理委员会审核批准(批号:20210512YN),且入组者均签署入组同意书。

1.2 试剂与仪器 200~300目及80~120目柱色谱用硅胶(青岛海洋化工厂);柱色谱ODS(日本YMC公司);色谱甲醇(瑞典OCEANPAK公司)。Avance III 600 MHz核磁共振(NMR)仪(德国Bruker公司);Thermo Q-Exactive-Orbitrap-MS液质色谱仪(美国Thermo公司);C-610中压液相色谱仪(瑞士Buchi公司);Essentia LC-16P制备型HPLC色谱仪(日本SHIMADZU公司);离子色谱仪检测(瑞士万通中国有限公司提供);LDX-FYS-I型电子反应时测试仪(山东济宁利达信仪器仪表设备有限公司)。

1.3 浸出物含量测定方法 针对黄芪浸出物水平的测定以2020年版《中国药典》为依据,根据水溶性浸出物测定法严格按照说明书进行测定。将2组样本在25℃条件下,于Bruker 600 MHz Avance III NMR仪实施,分析不同来源黄芪浸出物中氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平。

1.4 入组观察健康人群干预方法 所有入组者均具有在无救生辅助设备下自行游泳距离超过500米的游泳技能,共计80名入组对象。仿野生组:男25例,女15例;年龄18~30岁,平均(25.1±2.6)岁;体质量45~80 kg,平均(62.5±5.8)kg。人工培育组:男24例,女16例;年龄18~30岁,平均(25.0±2.5)岁;体质量45~80 kg,平均(62.0±5.5)kg。2组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。其中,仿野生组规律服用仿野生黄芪,人工培育组规律服用甘肃产人工培育黄芪(甘肃产),2组均每日使用15 g,代茶饮,连服2周为1个疗程。干预期间均自由饮水,日常饮食,并注意避免熬夜、饮酒、其他体育锻炼,避免感冒。所有入组者均在自由游泳500 m后上岸休息15 min,同时,由护理人员留取肘静脉血5 mL送检测定血清尿素氮水平。随后进入安静观察室,按照经统一培训的医务人员指令,于人体反应时测定仪前,自行按下开始键后观察测试机显示灯颜色变化并触动停止键为标准,所得评分均

超过3分为正常。

1.5 观察指标 比较2组黄芪头部最大直径、终端长度以及绝对生长年份情况,统计2组浸出物含量测定结果,比较2组运动干预前后机体疲劳的生化与生理指标变化情况,分析不同氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化与生理指标的相关性。其中:血清尿素氮检测采取脲酶-波氏比色法;反应时检测即为通过LDX-FYS-I型电子反应时测试仪测定人体对声、光刺激信号的反应时间,以评估受试者的反应灵敏度、疲劳程度、神经系统及运动系统障碍或恢复情况;氨基酸类水平检测采用离子色谱仪,总黄酮水平检测采用紫外分光光度法,皂苷类水平检测采用高效液相色谱-蒸发光散射检测器法。

1.6 统计方法 采用SPSS 20.0统计软件进行数据分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,2组间均数的比较采用 t 检验,相关性分析采用Pearson法进行,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组黄芪头部最大直径、终端长度以及绝对生长年份比较 表1结果显示,仿野生组黄芪头部最大直径为(2.1±0.3)cm显著大于人工培育组的(1.4±0.1)cm($P<0.05$),终端长度为(60.7±13.7)cm显著长于人工培育组的(42.1±11.2)cm($P<0.05$),绝对生长年份为(5.2±1.4)年显著长于对照组的(2.1±0.3)年($P<0.05$)。

表1 2组黄芪头部最大直径、终端长度以及绝对生长年份比较

Table 1 Comparison of maximum head diameter, terminal length and absolute growth year of

Astragali Radix between two groups ($\bar{x} \pm s$)

| 组别 | 头部最大直径/cm | 终端长度/cm | 绝对生长年份/年 |
|-------|----------------------|------------------------|----------------------|
| 仿野生组 | 2.1±0.3 ^① | 60.7±13.7 ^① | 5.2±1.4 ^① |
| 人工培育组 | 1.4±0.1 | 42.1±11.2 | 2.1±0.3 |
| t 值 | 14.000 | 6.648 | 13.694 |
| P 值 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

注:① $P<0.05$,与人工培育组比较

2.2 2组浸出物含量测定结果比较 表2结果显示,仿野生组浸出物中氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平均显著高于人工培育组($P<0.05$)。

表2 2组浸出物含量测定结果比较

Table 2 Comparison of determination results of extracts between two groups ($\bar{x} \pm s$)

| 分组 | 氨基酸类/(U·g ⁻¹) | 总黄酮/(mg·g ⁻¹) | 皂苷类/% |
|------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 仿野生组 | 0.35 ± 0.05 ^① | 1.75 ± 0.29 ^① | 3.75 ± 0.23 ^① |
| 人工培育组 | 0.13 ± 0.02 | 0.98 ± 0.12 | 1.15 ± 0.10 |
| <i>t</i> 值 | 25.838 | 15.157 | 65.566 |
| <i>P</i> 值 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

注: ①*P* < 0.05, 与人工培育组比较

2.3 2组运动干预前后机体疲劳的生化与生理指标比较 表3结果显示: 干预前, 2组血清尿素氮水平比较, 差异无统计学意义(*P* > 0.05)。干预后仿野生组血清尿素氮水平高于干预前(*P* < 0.05), 但低于干预后人工培育组(*P* < 0.05)。干预前2组反应时比较差异无统计学意义(*P* > 0.05), 仿野生组干预前后反应时比较差异无统计学意义(*P* > 0.05), 且干预后仿野生组反应时明显大于干预后人工培育组(*P* < 0.05)。

表3 2组运动干预前后机体疲劳的生化与生理指标比较

Table 3 Comparison of biochemical and physiological indexes of body fatigue between two groups

| before and after exercise intervention ($\bar{x} \pm s$) | | | | |
|--|-------------------------------|------|-------------------------------|------------------------|
| 组别 | 时间 | 例数/例 | 血清尿素氮/(mmol·L ⁻¹) | 反应时/min |
| 仿野生组 | 干预前 | 40 | 4.5 ± 2.1 | 4.2 ± 0.7 |
| | 干预后 | 40 | 6.8 ± 0.9 ^② | 4.1 ± 0.5 ^② |
| | <i>t</i> 值 | | 6.367 | 0.735 |
| | <i>P</i> 值 | | 0.000 | 0.464 |
| 人工培育组 | 干预前 | 40 | 4.3 ± 1.9 | 4.4 ± 0.9 |
| | 干预后 | 40 | 9.5 ± 3.2 ^① | 2.1 ± 0.4 ^① |
| | <i>t</i> 值 | | 8.837 | 14.770 |
| | <i>P</i> 值 | | 0.000 | 0.000 |
| | <i>t</i> 值 _{干预前组间比较} | | 0.447 | 1.109 |
| | <i>P</i> 值 _{干预前组间比较} | | 0.656 | 0.271 |
| | <i>t</i> 值 _{干预后组间比较} | | 5.137 | 19.755 |
| | <i>P</i> 值 _{干预后组间比较} | | 0.000 | 0.000 |

注: ①*P* < 0.05, 与同组干预前比较; ②*P* < 0.05, 与人工培育组干预后比较

2.4 不同氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化与生理指标的相关性分析 表4结果显示, 氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化指标血清尿素氮水平和生理指标反应时均呈正相关性(*P* < 0.05)。

表4 不同氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化与生理指标的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between different levels of amino acids, total flavonoids and saponins and biochemical and physiological indexes of fatigue

| 指标 | <i>r</i> 值 | <i>P</i> 值 |
|----------------|------------|------------|
| 氨基酸类水平与血清尿素氮水平 | 0.752 | 0.000 |
| 总黄酮水平与血清尿素氮水平 | 0.827 | 0.000 |
| 皂苷类水平与血清尿素氮水平 | 0.621 | 0.000 |
| 氨基酸类水平与反应时 | 0.725 | 0.000 |
| 总黄酮水平与反应时 | 0.627 | 0.000 |
| 皂苷类水平与反应时 | 0.817 | 0.000 |

3 讨论

黄芪, 首载于《神农本草经》, 列为上品, 其味甘性微温, 归肺脾经, 具有补气升阳、生津养血、固表止汗、利水消肿、托毒排脓等功效。现代药理学研究^[5-7]表明, 黄芪具有调节血压、血糖, 提高机体抗氧化能力, 消炎利尿, 提高机体免疫能力以及抗菌, 抗肿瘤等作用。近年来, 黄芪药理效应中的免疫调节、提高机体免疫力、增强机体抗疲劳能力等作用优势日益突显^[8], 但其体现的抗疲劳价值评价尚不完全清楚。目前, 针对黄芪质量检测的主要项目包括鉴别含量测定、特征图谱绘制等^[9]。在此方法基础上, 本研究分析不同来源黄芪主要化学成分(尤以氨基酸类、总黄酮及皂苷类为主)含量差异及其抗疲劳价值。

本研究针对不同来源黄芪——仿野生黄芪、人工培育黄芪进行研究, 比较2组黄芪头部最大直径、终端长度以及绝对生长年份发现, 仿野生组黄芪头部最大直径显著大于人工培育组, 终端长度显著长于人工培育组, 绝对生长年份显著长于对照组。说明仿野生黄芪外观大小与长度均大于人工培育黄芪, 且其成熟药用年份亦需要更长时间。另外, 比较2组浸出物含量测定结果发现, 仿野生组浸出物中氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平均显著高于人工培育组, 提示仿野生黄芪中氨基酸类、总黄酮及皂苷类等有效成分含量显著高于人工培育组。同时, 比较2组运动干预前后机体疲劳的生化与生理指标发现, 干预后仿野生组血清尿素氮水平高于干预前, 但低于干预后人工培育组, 且干预后仿野生组反应时明显大于干预后人工培育组, 说明规律服用仿野生黄芪后, 其提高

机体抗疲劳能力效果优于人工培育黄芪。最后分析不同氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化与生理指标的相关性发现,氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平与机体疲劳的生化指标血清尿素氮水平和生理指标反应时均呈正相关性,均说明无论何种来源的黄芪,其浸出物含量测定中氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平越高,改善人体抗疲劳的能力越强。

不同来源黄芪可根据其生长年限、根茎长度与直径、外观性状等准确鉴别,本研究的鉴别均交由具有国家级中药传承医师称号的专家进行。另外,实施运动疲劳实验,通过入组者规定时间内游泳训练,并维持同样的500 m距离运动强度后诱发运动疲劳^[10-13],进而促使机体大量消耗,产生大量的代谢产物如乳酸与尿素氮等^[14-16],而影响机体反应时^[17-20]。本研究通过测定仿野生黄芪和人工培育黄芪浸出物中氨基酸类、总黄酮及皂苷类的水平,发现不同来源黄芪抗疲劳作用与其浸出物中氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平存在密切相关性,仿野生黄芪的机体抗疲劳作用优于人工培育黄芪。

综上所述,与人工培育黄芪相比,仿野生黄芪其浸出物中的氨基酸类、总黄酮及皂苷类水平更高,且具有更理想的机体抗疲劳作用。

参考文献:

[1] 何佳浩. 中药组方在青少年运动员抗疲劳提高血红蛋白含量中的效用研究[J]. 文体用品与科技, 2021(12): 51-52.

[2] LEI L, CHEN L, SHI X, et al. A nodule-specific lipid transfer protein AsE246 participates in transport of plant-synthesized lipids to symbiosome membrane and is essential for nodule organogenesis in Chinese milk vetch [J]. *Plant Physiol*, 2021, 164(2): 1045-1058.

[3] 梁玲玲, 郝二伟, 杜正彩, 等. 基于数据挖掘技术分析含肉桂保健食品配方用药与应用规律研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(4): 1185-1192.

[4] 成新平, 安方玉, 李晓英, 等. 益气及活血化痰类中药复方抗缺氧损伤作用机制的研究[J]. 中国中医基础医学杂志, 2021, 27(2): 345-350.

[5] 闫曙光, 任杰, 潘亚磊, 等. 黄芪建中汤抗疲劳机制研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2020, 22(3): 799-803.

[6] 毛午晶, 纪建军, 李文成, 等. 恒山黄芪抗疲劳方的喷雾干燥工艺研究[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2021, 44(4): 781-787.

[7] 李鑫, 辛国, 王悦, 等. 黄芪防风汤对小鼠抗疲劳与耐缺氧能

力的影响及作用机制[J]. 长春中医药大学学报, 2020, 36(2): 268-271.

[8] 马乐乐, 林俊芝, 刘海燕, 等. 抗疲劳高频药物保健作用的精准定位与分析[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(15): 3608-3616.

[9] LI K, ZHANG R, LI S Y, et al. Potential quality evaluation approach for the absolute growth years' wild and transplanted *Astragalus Radix* based on anti-heart failure efficacy [J]. *Chin J Nat Med*, 2020, 18(6): 460-471.

[10] 陈建发, 陈引香, 朱文彬, 等. 沙虫酶解多糖合并参芪藜颗粒对模拟高强度训练小鼠抗疲劳作用的实验研究[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2019(6): 549-552.

[11] YEH T S, CHUANG H L, HUANG W C, et al. *Astragalus membranaceus* improves exercise performance and ameliorates exercise-induced fatigue in trained mice [J]. *Molecules*, 2014, 19(3): 2793-2807.

[12] 赵文晓, 李军山, 张亚楠, 等. 黄芪多糖对脾虚水湿不化模型大鼠抗疲劳能力的影响[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(6): 1320-1321.

[13] 张瑞, 曹庆伟, 李科, 等. 黄芪药材等级与化学成分和抗疲劳药效的相关性分析[J]. 药学学报, 2019, 54(6): 1092-1100.

[14] 张瑞, 曹庆伟, 李爱平, 等. 基于网络药理学的黄芪抗疲劳作用机制研究[J]. 中草药, 2019, 50(8): 1880-1889.

[15] FAN X, CHE X, LAI W, et al. The auxin-inducible phosphate transporter *AsPT5* mediates phosphate transport and is indispensable for arbuscule formation in Chinese milk vetch at moderately high phosphate supply [J]. *Environ Microbiol*, 2020, 22(6): 2053-2079.

[16] ALDARMAA J, LIU Z, LONG J, et al. Anti-convulsant effect and mechanism of *Astragalus mongholicus* extract in vitro and in vivo: protection against oxidative damage and mitochondrial dysfunction [J]. *Neurochem Res*, 2020, 35(1): 33-41.

[17] LI Y, XU M, WANG N, et al. A JAZ protein in *Astragalus sinicus* interacts with a Leghemoglobin through the TIFY domain and is involved in nodule development and nitrogen fixation [J]. *PLoS One*, 2015, 10(10): 399-405.

[18] ADESSOS, RUSSOR, QUARONIA, et al. *Astragalus membranaceus* extract attenuates inflammation and oxidative stress in intestinal epithelial cells via NF- κ B activation and Nrf2 response [J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19(3): 800-823.

[19] 吴波, 喻志阳, 王玥坤, 等. 基于网络药理学和生物信息学研究黄芪与黄蜀葵花配伍治疗糖尿病肾病的作用机制[J]. 中国现代医药杂志, 2022, 24(3): 7-13.

[20] 魏爽, 李冀, 韩东卫, 等. 基于网络药理学及实验验证探讨黄芪-葛根药对经 AMPK 信号通路调治 2 型糖尿病的机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(10): 2738-2749.

【责任编辑: 侯丽颖】