

中药材黄芪中无机元素含量的环境影响因素的 Logistic 回归分析

汤 舒 陈永刚 邹吉利

(湖北省武汉市第三医院, 武汉, 430060)

摘要 目的: 研究中药材黄芪中无机元素含量的环境影响因素并予以 Logistic 回归分析。方法: 选取 2016 年 3 月至 2018 年 3 月武汉市第三医院购买的源自不同采集地的中药材黄芪 20 批进行研究, 采用微波消解以及全发射 X 射线荧光光谱法分别测定 20 批黄芪中无机元素(包括 K、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Ba、Pb)的含量。并通过逐步 Logistic 回归分析中药材黄芪中无机元素含量与海拔、经度、维度、坡向以及坡度 5 个生态因子的关系。结果: 20 批黄芪药材中 K、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Ba、Pb 存在一定差异。将 20 批黄芪采集点的生态因子作为自变量, 将样品中的无机元素含量作为因变量, 去除无显著影响的自变量, 建立多元线性回归方程。并将海拔、经度、维度、坡向以及坡度 5 个生态因子分别记为 X1、X2、X3、X4、X5, 将 12 种无机元素的含量分别记为 Y1(K)、Y2(Ca)、Y3(Cr)、Y4(Mn)、Y5(Fe)、Y6(Ni)、Y7(Cu)、Y8(Zn)、Y9(As)、Y10(Cd)、Y11(Ba)、Y12(Pb)。其中 Y4、Y6、Y9、Y10、Y12 未选上任何自变量, 剩余 7 种无机元素含量可能与环境因素存在密切相关, 其回归方程如下: $Y1 = -1.829 \times 105 + 6.031X1 + 4.516 \times 103X2$ ($R = 0.725$); $Y2 = -1.533 \times 105 + 3.930 \times 103X2$ ($R = 0.895$); $Y3 = 2.386 + 5.260X4$ ($R = 0.747$); $Y5 = -13.800 + 6.812 \times 103X5$ ($R = 0.438$); $Y7 = 1.877 + 1.409X4 + 70.006X5$ ($R = 0.688$); $Y8 = 1.288 + 2.801 \times 102X5$ ($R = 0.639$); $Y11 = 42.477 - 0.036X1 + 3.412 \times 102X5$ ($R = 0.654$)。结论: 中药材黄芪中无机元素含量受环境影响较为明显, 且与海拔、经度、维度、坡向以及坡度存在密切相关, 值得临床重点关注。

关键词 黄芪; 无机元素; 生态环境; 中药材; Logistic 回归分析; 影响因素; 生态因子; 回归方程

Logistic Regression Analysis of Environmental Factors Influencing the Content of Inorganic Elements in Radix Astragali seu Hedysari

Tang Shu, Chen Yonggang, Zou Jili

(Wuhan Third Hospital, Wuhan 430060, China)

Abstract Objective: To study the environmental factors influencing the content of inorganic elements in Radix Astragali seu Hedysari and to conduct logistic regression analysis. **Methods:** A total of 20 batches of Chinese herbal medicine Radix Astragali seu Hedysari from different collection sites purchased from Wuhan Third Hospital from March 2016 to March 2018 were selected for microwave digestion and full emission X-ray fluorescence spectrometry to determine the inorganic elements in 20 batches of Radix Astragali seu Hedysari. (including the contents of K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Pb). Through the stepwise logistic regression analysis, the relationship between the content of inorganic elements in Chinese medicinal materials Radix Astragali seu Hedysari and the 5 ecological factors of altitude, longitude, dimension, aspect and slope was analyzed. **Results:** There were some differences in K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba and Pb in 20 batches of Radix Astragali seu Hedysari. The ecological factors of 20 batches of Radix Astragali seu Hedysari collection points were used as independent variables, and the inorganic element content in the sample was used as the dependent variable to remove the independent variables with no significant influence, and a multiple linear regression equation was established. The 5 ecological factors of altitude, longitude, dimension, aspect and slope are recorded as X1, X2, X3, X4 and X5, respectively. The contents of 12 inorganic elements were recorded as Y1(K), Y2(Ca) and Y3(Cr) respectively. (Y4(Mn), Y5(Fe), Y6(Ni), Y7(Cu), Y8(Zn), Y9(As), Y10(Cd), Y11(Ba), Y12(Pb)). Among them, Y4, Y6, Y9, Y10, Y12 had not selected any independent variables, and the remaining 7 inorganic elements may be closely related to environmental factors. The regression equation was as follows: $Y1 = -1.829 \times 105 + 6.031X1 + 4.516 \times 103X2$ ($R = 0.725$); $Y2 = -1.533 \times 105 + 3.930 \times 103X2$ ($R = 0.895$); $Y3 = 2.386 + 5.260X4$ ($R = 0.747$); $Y5 = -13.800 + 6.812 \times 103X5$ ($R = 0.438$); $Y7 = 1.877 + 1.409X4 + 70.006X5$ ($R = 0.688$); $Y8 = 1.288 + 2.801 \times 102X5$ ($R = 0.639$); $Y11 = 42.477 - 0.036X1 + 3.412 \times 102X5$ ($R = 0.654$). **Conclusion:** The content of inorganic elements in Radix Astragali seu Hedysari is significantly affected by the environment, and is closely related to altitude, longitude, dimension, slope direction and slope, which is worthy of clinical attention.

Key Words Radix Astragali seu Hedysari; Inorganic elements; Ecological environment; Chinese herbal medicine; Logistic re-

基金项目: 武汉市卫生计生科研基金资助项目(WZ15B10)

作者简介: 汤舒(1987.12—), 女, 本科, 中药师, 调剂药师, 研究方向: 药学, E-mail: 726315826@qq.com

通信作者: 邹吉利(1986.04—), 女, 硕士, 主管药师, 剂药师, 研究方向: 药物配置, E-mail: 75301082@qq.com

gression analysis; Influencing factors; Ecological factors; Regression equation
中图分类号:R284. 1;S567. 239 文献标识码:A doi:10. 3969/j. issn. 1673 - 7202. 2019. 12. 013

黄芪是临床上应用较为广泛的中药之一,具有增强机体免疫功能、利尿、抗衰老、抗应激、抗菌以及降压等功效,在玉屏风散、黄芪桂枝五物汤、补中益气汤以及防己黄芪汤等方中均有应用^[1]。恒山黄芪历史悠久,主要产区分布在海拔 1 300 ~ 1 800 m 的山地,坡度多为 20° ~ 50°,土壤多为沙质黄壤,为黄芪的良好根形提供了有利条件^[2]。有研究报道显示,黄芪等中草药的品质高低与产地的土壤、地形、气候以及水质等环境因子息息相关,其中土壤无机元素对中药品质的影响已得到大量研究证实,但其他环境因子对黄芪等中药品质的影响仍不可忽视^[3]。随着近年来对中药生理、药理活性的研究逐渐深入,加之无机化学领域的飞速发展,国内外均有研究报道显示无机元素乃是黄芪等中药材中重要的有效成分之一,对临床治疗效果具有极其重要的意义^[4]。且近年来对于无机元素的研究也从单纯的含量测定逐渐深入至无机元素于药材中的存在状态以及不同形态无机元素与药物活性的关系中。鉴于此,本文通过采用微波消解以及全发射 X 射线荧光光谱法分别测定 20 批黄芪中无机元素含量,并通过逐步 Logistic 回归分析中药材黄芪中无机元素含量与海拔、经度、维度、坡向以及坡度 5 个生态因子的关系,目的在于明确环境因素与黄芪无机元素含量之间的关系,从而为黄芪的种植、选购、临床应用提供指导作用,现作以下报道。

1 资料与方法

1.1 药材来源 选取 2016 年 3 月至 2018 年 3 月武汉市第三医院购买的源自不同采集地的中药材黄芪 20 批进行研究,其中各批黄芪样品的生长环境条件如表 1 所示。所有黄芪样品均由我院中药房主管中药师鉴定。

1.2 研究方法 1)样品处理:首先将黄芪样品放置于 60 摄氏度条件下进行 24 h 的烘干处理,采用研钵将其研成粉末状,精确称取样品(0. 300 ± 0. 001)g 加入消解罐内,随后加入 5 mL 的浓硝酸(购自德国 MERCK 公司)浸泡 25 min。然后加入 0. 5 mL 的双氧水(购自国药集团化学试剂有限公司),通过微波消解系统消解,相关参数如下:①温度 150 ℃,压力 30 bar,升温时间 2 min,保温时间 5 min;②温度 160 ℃,压力 30 bar,升温时间 5 min,保温时间 10 min;③温度 200 ℃,压力 30 bar,升温时间 3 min,

保温时间 25 min;温度 100 ℃,压力 30 bar,升温时间 1 min,保温时间 10 min。待完全消解后加入 0. 5 mL 双氧水,待消解液澄清后转移至 25 mL 容量品种,采用二次去离子水(由国家分析测试中心提供)定容处理,平行制备 2 分空白待检。2)实验方式:吸取消解液计入 0. 9 mL 离心管中,随后加入 10 mg/L 的钪标准元素内标液 10 μL,将其混匀后吸取 10 μL 混合液滴于石英玻璃偏上,采用红外炉进行烘干处理。采用 X 射线荧光光谱仪直接检测干燥残留物,测定时间为 1 000 s。相关参数如下:电压 50 kV,电流 10 ~ 30 mA。检测目标包括 K、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Ba、Pb,重复测量 3 次,取平均值。

表 1 20 批中药材黄芪的生长环境条件分析

编号	海拔(m)	经度(°)	纬度(°)	坡向	坡度(°)
1	1 640	39. 49	113. 67	阴	30
2	1 598	39. 56	113. 64	阳	30
3	1 688	39. 44	113. 65	阴	40
4	1 819	39. 50	113. 66	阳	35
5	1 640	39. 51	113. 67	阴	30
6	1 685	39. 49	113. 75	半阴	45
7	1 455	39. 50	113. 80	半阴	35
8	1 709	39. 49	113. 77	阴	25
9	1 734	39. 47	113. 76	半阴	35
10	1 413	39. 82	113. 80	半阴	35
11	1 650	39. 64	113. 85	阳	35
12	1 658	39. 23	113. 77	阳	35
13	1 764	39. 57	113. 71	半阴	30
14	1 633	39. 70	113. 90	阴	30
15	1 362	39. 69	113. 81	阴	40
16	1 307	39. 40	113. 79	半阳	50
17	1 419	39. 42	113. 34	阴	35
18	1 470	39. 43	113. 33	阳	30
19	1 671	39. 32	113. 29	阴	40
20	1 750	39. 34	113. 30	半阴	45

1.3 观察指标 分析 20 批黄芪药材中无机元素含量情况,对中药材黄芪中无机元素含量的环境影响因素进行逐步 Logistic 回归分析。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 19. 0 统计软件予以逐步 Logistic 回归分析,明确中药材黄芪无机元素含量与海拔、经度、维度、坡向以及坡度 5 个生态因子的关系,以 $P < 0. 05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 20 批黄芪药材中无机元素含量情况分析 20 批黄芪药材中 K、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Ba、Pb 存在一定差异。见表 2。

表 2 20 批黄芪药材中无机元素含量情况分析 (mg/kg)

编号	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Ba	Pb
1	4 671.38	2 686.61	14.43	37.76	1 165.11	4.82	15.01	44.73	0.66	179.34	58.76	0.68
2	5 163.80	3 610.59	7.66	18.24	454.10	5.41	11.93	25.18	0.43	308.41	11.34	0.58
3	5 156.10	2 214.09	11.44	20.91	535.82	4.09	11.48	21.93	1.18	214.09	33.82	3.19
4	4 393.61	2 401.19	5.40	20.09	443.82	2.69	7.18	33.01	0.49	207.77	12.01	0.42
5	4 423.11	1 177.76	20.76	20.24	463.59	5.49	13.69	28.61	0.91	345.60	19.02	0.51
6	3 211.02	1 805.01	12.77	28.43	804.40	3.82	7.59	27.69	0.44	231.32	26.10	0.59
7	4 502.41	2 041.07	33.60	33.44	895.94	5.40	8.49	39.26	0.69	300.04	30.49	3.41
8	6 397.68	3 084.31	18.76	44.10	1256.47	13.06	9.48	24.68	2.01	203.69	33.91	0.68
9	4 965.76	2 069.24	2.26	29.68	763.77	4.82	10.74	26.09	1.08	224.10	12.69	2.01
10	4 522.82	1 463.90	21.09	14.69	206.24	3.68	11.15	20.26	0.51	185.24	6.32	0.26
11	6 476.01	1 249.84	27.82	32.01	942.02	4.52	15.41	24.19	0.57	244.66	12.49	0.59
12	4 205.10	1 226.19	11.09	20.34	469.69	5.41	14.59	19.51	0.34	231.43	13.01	0.50
13	5 163.42	1 875.91	4.26	22.35	752.09	3.90	7.41	38.18	0.68	175.77	17.33	0.31
14	4 925.18	2 138.43	14.60	20.41	383.26	3.60	16.01	33.10	0.24	300.10	10.43	2.61
15	5 711.30	1 592.59	5.24	33.82	886.61	5.10	11.41	12.49	0.68	256.61	27.60	0.59
16	4 048.18	1 910.77	6.26	20.76	488.44	5.91	9.43	30.91	0.58	239.44	5.77	0.33
17	5 099.09	1 310.91	9.90	18.77	437.09	4.26	9.09	33.18	0.59	301.19	8.74	3.49
18	5 013.23	2 146.61	5.68	24.76	723.18	4.01	16.34	30.60	0.74	280.61	17.09	0.68
19	6 250.60	1 561.32	27.18	22.19	503.01	3.49	14.41	35.41	0.18	366.09	17.66	1.09
20	8 593.15	1 510.15	8.24	28.39	872.19	11.68	16.09	36.32	0.58	212.34	23.49	0.24

2.2 中药材黄芪中无机元素含量的环境影响因素逐步 Logistic 回归分析 将 20 批黄芪采集点的生态因子作为自变量,将样品中的无机元素含量作为因变量,去除无显著影响的自变量,建立多元线性回归方程。并将海拔、经度、纬度、坡向以及坡度 5 个生态因子分别记为 X₁、X₂、X₃、X₄、X₅,将 12 种无机元素的含量分别记为 Y₁(K)、Y₂(Ca)、Y₃(Cr)、Y₄(Mn)、Y₅(Fe)、Y₆(Ni)、Y₇(Cu)、Y₈(Zn)、Y₉(As)、Y₁₀(Cd)、Y₁₁(Ba)、Y₁₂(Pb)。其中 Y₄、Y₆、Y₉、Y₁₀、Y₁₂ 未选上任何自变量,剩余 7 种无机元素含量可能与环境因素存在密切相关,其回归方程如表 3 所示。

表 3 中药材黄芪中无机元素含量的环境影响因素 逐步 Logistic 回归分析
Y ₁ = -1.829 × 10 ⁵ + 6.031X ₁ + 4.516 × 10 ³ X ₂ (R = 0.725)
Y ₂ = -1.533 × 10 ⁵ + 3.930 × 10 ³ X ₂ (R = 0.895)
Y ₃ = 2.386 + 5.260X ₄ (R = 0.747)
Y ₅ = -13.800 + 6.812 × 10 ³ X ₅ (R = 0.438)
Y ₇ = 1.877 + 1.409X ₄ + 70.006X ₅ (R = 0.688)
Y ₈ = 1.288 + 2.801 × 10 ² X ₅ (R = 0.639)
Y ₁₁ = 42.477 - 0.036X ₁ + 3.412 × 10 ² X ₅ (R = 0.654)

3 讨论

国内外对于中药成分的研究重点在于有机成分,而忽略了无机成分,随着中药无机元素研究的逐渐深入,越来越多的学者发现无机元素和中药的疗效存在密切相关^[5-7]。其中无机成分主要涵盖部分

常量元素、痕量元素以及微量元素,上述元素不但会对中药药效发挥直接影响作用,同时会对次生代谢途径中各种酶的活性产生极为关键的调节作用,继而影响中药中各类次生代谢产物的生物合成^[8-10]。然而,所有中药的无机元素含量均会受多种因素影响而出现差异,其中同一种中药,其原植物可能分布在全国不同的地区,而不同的地区所处的地理位置、光照时间和强度、气候、降水量、经度、纬度等生态环境不尽相同,从而可能对无机元素含量产生直接影响^[11-13]。本研究通过对山西恒山境内的黄芪进行大范围的样品采集,分析在该地区的土壤环境下,海拔、经度、纬度、坡向以及坡度等环境因子对黄芪中无机元素含量的影响,旨在为指导黄芪种植、栽培提供参考依据,以保证生产出质量更加的药材。

本文结果显示,20 批黄芪药材中 K、Ca、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Cd、Ba、Pb 存在一定差异。这与曹爱华等人的研究报道类似^[14-16],说明了不同采集地获取的黄芪所含有的无机元素含量具有差异性。原因主要与地理生长环境等因素有关。与此同时,将 20 批黄芪采集点的生态因子作为自变量,将样品中的无机元素含量作为因变量,去除无显著影响的自变量,建立多元线性回归方程。并将海拔、经度、纬度、坡向以及坡度 5 个生态因子分别记为 X₁、X₂、X₃、X₄、X₅,将 12 种无机元素的含量分别记为 Y₁(K)、Y₂(Ca)、Y₃(Cr)、Y₄(Mn)、Y₅(Fe)、Y₆(Ni)、

$Y_7(\text{Cu})$ 、 $Y_8(\text{Zn})$ 、 $Y_9(\text{As})$ 、 $Y_{10}(\text{Cd})$ 、 $Y_{11}(\text{Ba})$ 、 $Y_{12}(\text{Pb})$ 。其中 Y_4 、 Y_6 、 Y_9 、 Y_{10} 、 Y_{12} 未选上任何自变量, 剩余 7 种无机元素含量可能与环境因素存在密切相关, 其回归方程如下: $Y_1 = -1.829 \times 105 + 6.031X_1 + 4.516 \times 103X_2$ ($R = 0.725$); $Y_2 = -1.533 \times 105 + 3.930 \times 103X_2$ ($R = 0.895$); $Y_3 = 2.386 + 5.260X_4$ ($R = 0.747$); $Y_5 = -13.800 + 6.812 \times 103X_5$ ($R = 0.438$); $Y_7 = 1.877 + 1.409X_4 + 70.006X_5$ ($R = 0.688$); $Y_8 = 1.288 + 2.801 \times 102X_5$ ($R = 0.639$); $Y_{11} = 42.477 - 0.036X_1 + 3.412 \times 102X_5$ ($R = 0.654$)。这说明了黄芪中 K 元素含量的多少可能与海拔、经度有关, 且随着海拔和经度的升高而逐渐增加; Ca 元素含量的多少则于经度存在明显相关性, 即随着经度的不断升高而随之增加; Cr 元素含量的多少主要和坡向相关; Ni 与 Zn 元素含量的多少主要和坡度相关, 即坡度越高上述两项元素含量越高^[17-19]; Cu 元素含量的多少与坡度以及坡向相关, 即随着坡度和坡向的升高其含量逐渐增加; Ba 元素含量的多少和海拔、坡向相关, 且随着海拔的不断升高以及坡向的逐渐降低, 钙元素含量随之减少^[21-22]。总而言之, 黄芪中无机元素的含量主要是受多种生态因子所影响, 且与土壤中的无机元素含量以及富集情况相关, 需进行更深入的研究。

综上所述, 中药材黄芪中无机元素含量受环境影响较为显著, 可能和海拔、经度、维度、坡向以及坡度存在一定相关性, 然而环境因素对黄芪品质形成过程中相关酶与生化过程的影响有待进一步的研究。需要指出的是, 本文的优点在于创新性地选择了 20 批黄芪药材进行无机元素含量的确定, 并对中药材黄芪中无机元素含量的环境影响因素进行逐步 Logistic 回归分析, 这不仅确保了检测结果的准确性, 同时也科学地分析了影响黄芪中无机元素含量的有关因素。缺点在于未邀请其他医疗机构进行多角度、多层次地研究分析, 这可能对研究结构的广泛性产生一定影响, 也是本文的局限性所在。今后可针对上述情况开展多中心的协同研究, 从而得到更加准确及广泛的结论。

参考文献

- [1] 姜庆华, 林评兰, 谢瑞芳, 等. 基于《欧洲药典》和《中华人民共和国药典》中黄芪质量控制的比较研究[J]. 上海医药, 2018, 39(3): 77-82.
- [2] 禹亚杰, 彭腾, 尚宁宁, 等. HPLC 法测定不同产地黄芪中芒柄花苷的含量[J]. 中药与临床, 2016, 7(1): 17-19.

- [3] 詹志来, 邓爱平, 彭华胜, 等. 基于历代本草产地变迁的药材道地性探讨——以黄芪、丹参为例[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(17): 3202-3208.
- [4] 乔婷婷, 刘圣金, 林瑞超, 等. 基于 ICP-OES/MS 技术的白矾及其伪品铵明矾的无机元素差异性分析[J]. 中药材, 2016, 39(11): 2462-2468.
- [5] 周玉平, 杨萍, 唐春兰, 等. 黄芪总皂苷调节环状 RNA34116 表达阻止肝纤维化进展[J]. 温州医科大学学报, 2019, 49(4): 263-266.
- [6] 陆洁, 陆程洁, 邹兆华, 等. 人参、黄芪和刺五加提取物对斑蝥增效的作用及机制[J]. 中医学报, 2019, 34(7): 1429-1435.
- [7] 孙海峰, 康宝玲, 高彦云, 等. 基于 ARISA 指纹图谱技术的浑源黄芪根际微生物菌群特征剖析[J]. 中草药, 2016, 47(12): 2157-2162.
- [8] 李丽敏, 夏晶, 张甦, 等. 电感耦合等离子体质谱法同时测定中药材中的 29 种元素[J]. 中国医药工业杂志, 2015, 46(9): 999-1003.
- [9] 张雅丽, 孙巍, 张磊, 等. 加味逍遥方中 20 种无机元素的分布规律及相关性研究[J]. 药物评价研究, 2017, 40(3): 329-334.
- [10] 马丽娟, 韩乐, 刘训红, 等. ICP-MS 法同时测定地耳草药材中 21 种无机元素的含量[J]. 中国药房, 2017, 28(15): 2115-2119.
- [11] 刘岩, 李连泰, 计小清, 等. 土壤中无机元素对不同产地黄芩中无机元素和黄芩苷量的影响[J]. 中草药, 2017, 48(6): 1225-1228.
- [12] 邹立思, 马阳, 王胜男, 等. 不同产地太子参药材及其根际土壤无机元素的关联分析[J]. 中国现代中药, 2016, 18(6): 766-771.
- [13] 常馨, 包永睿, 孟宪生, 等. ICP-MS 法分析不同批次气滞胃痛颗粒中无机元素的差异[J]. 中成药, 2016, 38(4): 950-954.
- [14] 曹爱华. 影响山西恒山蒙古黄芪药材中无机元素含量的环境因素分析[J]. 中医学报, 2018, 33(1): 111-114.
- [15] 强正泽, 王燕, 肖文, 等. 多序岩黄芪生长期不同器官中无机元素相应特征分析[J]. 中药材, 2016, 39(1): 53-58.
- [16] 陈健, 向鹏宇. HPLC-ELSD 法测定参芪五味子片中黄芪甲苷的含量[J]. 临床医药文献(连续型电子期刊), 2019, 6(20): 148-149.
- [17] 颜珊珊, 罗艳, 卢豆豆, 等. 黄芪甲苷提取分离实验应用于高职生物学教学的探讨[J]. 生物学通报, 2019, 54(6): 31-34.
- [18] 杨庆珍, 王增绘, 付娟, 等. 黄芪化学成分与生态因子的相关性[J]. 应用生态学报, 2015, 26(3): 732-738.
- [19] 孙莹莹. HPLC 法同时测定康济丸中黄芪甲苷、党参内酯和党参炔苷的含量[J]. 云南中医中药杂志, 2019, 40(6): 78-81.
- [20] 施晓光, 赵庄, 陆敏仪, 等. 微波消解 ICP-MS 法测定黄芪注射液中 5 种重金属元素含量[J]. 中国药师, 2013, 16(4): 494-496.
- [21] 姚娜, 黄燕明, 李雪银, 等. HPLC 同时测定炙黄芪配方颗粒特征图谱及毛蕊苷、黄酮葡萄糖苷含量[J]. 中国现代中药, 2019, 21(6): 814-816.
- [22] Li L, Zheng S, Brinckmann JA, et al. Chemical and genetic diversity of *Astragalus mongolicus* grown in different eco-climatic regions[J]. PLoS One, 2017, 12(9): 184791-184792.

(2018-12-18 收稿 责任编辑: 苍宁)