

· 基础研究 ·

喀斯特地区树栽与棚栽铁皮石斛中多糖
重金属含量比较[△]杜光映^{1*}, 严福林¹, 何卫军², 马永燕³, 肖民利³

1. 贵州中医药大学, 贵州 贵阳 550025;

2. 贵州省地质矿产资源开发股份有限公司, 贵州 贵阳 550025;

3. 安龙县西城秀树农林有限责任公司, 贵州 安龙 552400

[摘要] 目的: 分析贵州喀斯特地区仿野生树附生栽培与大棚栽培铁皮石斛中多糖、5种重金属[铅(Pb)、镉(Cd)、砷(As)、铜(Cu)、汞(Hg)]含量差异及相关性。探讨国内主产区铁皮石斛中4种重金属(Pb、Cd、As、Cu)的分布特征, 为铁皮石斛品质评价及食用安全性提供参考。方法: 采用苯酚-硫酸法测定铁皮石斛中多糖含量; 采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定Pb、Cd、As、Cu含量; 采用原子荧光光谱法测定Hg含量。查阅国内近10年有关ICP-MS测定铁皮石斛中4种重金属含量的文献报道, 对文献中4种重金属含量数据进行整理、分析和归纳。采用SPSS 26.0对数据进行相关性和差异性统计分析。结果: 研究区内树栽和棚栽铁皮石斛中多糖质量分数均大于25%, 棚栽铁皮石斛中多糖含量显著高于树栽铁皮石斛; 棚栽铁皮石斛中Cu含量与多糖含量呈显著正相关; 树栽铁皮石斛中Cd含量高于棚栽铁皮石斛。研究区内铁皮石斛中5种重金属及全国主产区铁皮石斛中4种重金属平均含量均在安全限量范围内。结论: 活树附生栽培与大棚栽培铁皮石斛中多糖和Cd含量差异有统计学意义。重金属对铁皮石斛的污染风险较低。

[关键词] 铁皮石斛; 重金属; 多糖; 喀斯特地区

[中图分类号] R282 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2022)03-0488-05

doi: 10.13313/j.issn.1673-4890.20210113003

Content of Polysaccharides and Heavy Metals in *Dendrobii Officinalis* Caulis under the Bionic Bark Surface and
Greenhouse Cultivation Mode from Karst AreaDU Guang-ying^{1*}, YAN Fu-lin¹, HE Wei-jun², MA Yong-yan³, XIAO Min-li³

1. Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, China;

2. Guizhou Geology and Mineral Resources Development Co., Ltd., Guiyang 550025, China;

3. Anlong County Xichengxiushu Agriculture and Forestry Co., Ltd., Anlong 552400, China

[Abstract] **Objective:** To study the content and correlations of polysaccharides and five heavy metals [lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), copper (Cu), and mercury (Hg)] in the stems of *Dendrobium officinale* planted on living trees and in greenhouses in karst areas of Guizhou province, and to investigate the distribution characteristics of four heavy metals (Pb, Cd, As, and Cu) in the stems of *D. officinale*, so as to provide reference for evaluating the quality and edible safety of this medicinal herb. **Methods:** The content of Pb, Cd, As, and Cu was determined by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS), and that of Hg by atomic fluorescence spectrometry. The ICP-MS-determined content of four heavy metals in the stems of *D. officinale* reported in the last decade was analyzed in this paper. SPSS 26.0 was used for comparison and correlation analysis of the data. **Results:** The polysaccharide content in the stems of *D. officinale* was over 25% and was higher in the plants in greenhouses than in the plants on living trees. There was a significantly positive correlation between Cu content and polysaccharide content in the stems of *D. officinale* planted in greenhouses. The Cd content in the stems of *D. officinale* planted

[△] [基金项目] 国家自然科学基金项目(82160717); 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2020]4Y073号, 黔科合重大专项字[2019]3001-1, 黔科合成果[2019]4329号); 贵州中医药大学博士启动基金项目(贵中医博士启动[2020]05号)

* [通信作者] 杜光映, 博士, 副教授, 研究方向: 中药材品质与地质环境; E-mail: duguangying_1988@126.com

on living trees was higher than that in greenhouses. The average content of the 5 heavy metals in the stems of *D. officinale* in the studied areas and that of 4 heavy metals in the stems of *D. officinale* in the main production areas of China were within the safety limits. **Conclusion:** The content of polysaccharide and Cd in the stems of *D. officinale* was significantly affected by cultivation modes (living tree vs. greenhouse). The pollution risk of the heavy metals to *D. officinale* is low.

[Keywords] *Dendrobium officinale* Kimura et Migo; heavy metal; polysaccharide; karst area

铁皮石斛为兰科植物铁皮石斛 *Dendrobium officinale* Kimura et Migo 的干燥茎, 具有益胃生津、滋阴清热等功效^[1]。多糖是铁皮石斛发挥药效的主要活性成分, 总多糖含量的高低是判断铁皮石斛质量的主要依据之一^[2]。此外, 重金属含量也是影响中药材品质和食用安全性的重要因素^[3]。铁皮石斛中重金属含量的相关报道表明, 少量铁皮石斛样品中存在镉 (Cd)、铅 (Pb) 含量超标或接近安全阈值的情况^[4-6]。目前, 随着人工栽培铁皮石斛技术的发展, 除大棚栽培是最为普遍的栽培方式外, 仿野生活树附生栽培技术也逐渐成熟。为了整体评价主要栽培方式对铁皮石斛中重金属及多糖含量的影响, 本研究采集相同种源、相同地理位置及相似气候背景条件下贵州安龙县石斛仙草谷仿野生活树附生栽培和大棚栽培的铁皮石斛, 对其多糖和5种重金属 Pb、Cd、As、Cu、Hg 含量进行测定。进一步查阅国内近10年采用电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 测定铁皮石斛中4种重金属 (Pb、Cd、As、Cu) 含量的文献报道, 分析4种重金属含量的数据, 为铁皮石斛的品质评价、重金属对铁皮石斛食用安全性影响的整体分析提供参考。

1 材料

1.1 仪器

ICP-MS7700X型电感耦合等离子体质谱仪 (美国 Agilent 公司); TU-1810型紫外-可见分光光度计 (北京普析通用仪器有限责任公司); AutoDigiBlock S60型全自动消解仪 (北京莱伯泰科仪器股份有限公司); AFS-230E型原子荧光光谱仪 (北京海光仪器公司); MS-204S1/1型万分之一电子天平 (瑞士 Mettler-Toledo 公司); ZLGJ-10型台式真空冷冻干燥机 (华辰科旺达公司)。

1.2 试药

D-无水葡萄糖 (纯度>98%, 批号: WD5D9AS, 上海源叶生物科技有限公司); 27种元素混合标准溶液 (含 Cu、Pb、As、Cd 10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 批号: 8500-6940,

美国 Agilent Technologies 公司); 铋 (Bi)、锗 (Ge)、铟 (In)、锂⁶ (Li^6)、镧 (Lu)、铑 (Rh)、钪 (Sc)、铽 (Tb) 混合内标溶液 (100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, 批号: 070619, 美国 Agilent Technologies 公司); Hg 单元素标准溶液 (1000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 批号: 17113, 中国计量科学研究院); 其余试剂均为分析纯。

铁皮石斛样品均采自黔西南州安龙县坡脚乡同一地理位置, 均为本地驯化种源。于2020年4月初铁皮石斛开花之前, 分别采集活树附生栽培和大棚栽培2年生铁皮石斛萌条, 样品经贵州中医药大学药学院魏升华教授鉴定为兰科植物铁皮石斛 *Dendrobium officinale* Kimura et Migo 的茎。活树附生栽培铁皮石斛均采集于木荷树上, 每棵木荷树上采集1~2根萌条, 将所取回的10余根萌条样品混合均匀作为1份样品, 采样不少于120根萌条, 共计采集12份样品 (T1~T12); 以松树皮为主要栽培基质的大棚中采集样品, 每丛植株采集1~2根萌条, 采样不少于120根萌条, 共计采集12份样品 (P1~P12)。样品于室内去除叶片, 以自来水、蒸馏水各冲洗2次, 茎条经冻干至恒重, 粉碎, 过80目筛, 置于干燥器储存待用。

2 方法

2.1 多糖含量测定

参照《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》) 2020年版铁皮石斛项下多糖含量测定的苯酚-硫酸法^[1], 平行制备铁皮石斛样品3份, 在488 nm处测定吸光度, 对照品无水葡萄糖在0~0.1 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 质量浓度与吸光度呈良好的线性关系, 标准曲线为 $Y=0.0093X+0.20281$ ($r=0.9992$)。

2.2 重金属含量测定

ICP-MS因高灵敏度、高准确性被广泛应用于中药材中微量元素的含量检测^[7-8]。将处理好的树栽和棚栽铁皮石斛供试品共计24份, 委托中国科学院地球化学研究所进行Cu、Pb、As、Cd元素含量测定。样品消解, 标准溶液、内标溶液的制备及仪器工作

参数均参照文献方法^[9]。

选取有代表性的树栽和棚栽铁皮石斛供试品各6份, 共计12份, 委托自然资源部贵阳矿产资源监督检测中心采用原子荧光光谱分析法, 参照《食品安全国家标准: 食品中总汞及有机汞的测定》(GB 5009. 17—2014)^[10]测定铁皮石斛中Hg含量。

Cu、Pb、As、Cd、Hg元素分析测试方法、精密度、重复性、准确性等均参照《生态地球化学评价样品分析技术要求(试行)》(DD 2005—03)^[11]执行, 分析质量均符合生物样品分析质量要求, 结果可靠。

2.3 全国铁皮石斛主产区重金属元素分布特征及含量评价

查阅近10年国内涉及用ICP-MS测定铁皮石斛中4种重金属元素含量的文献报道, 整理、分析和归纳铁皮石斛样品中4种重金属平均含量数据。

2.4 数据统计与分析

采用Excel 2003对数据做整理, 采用SPSS 26.0软件进行探索性统计分析, 单样本 t 检验及两独立样本 t 检验。

3 结果与分析

3.1 铁皮石斛中多糖、重金属含量及相关性

活树附生栽培和大棚栽培铁皮石斛中总多糖及Cu、Pb、As、Cd、Hg 5种重金属含量测定结果见表1~2。两独立样本 t 检验表明, 总多糖含量棚栽铁皮石斛高于树栽铁皮石斛 ($P<0.01$); 置信区间估计表明, 95%的置信区间, 棚栽铁皮石斛中总多糖质

量分数高于树栽的最小值为1.53%, 最大值为5.38%。树栽铁皮石斛中Cu、As、Pb、Hg质量分数与棚栽铁皮石斛差异无统计学意义; 树栽铁皮石斛中Cd质量分数高于棚栽 ($P<0.05$), 置信区间估计表明, 95%的置信区间, Cd质量分数高于棚栽的最小值为0.012 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 最大值为0.044 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

采用皮尔逊相关分析评价活树附生栽培与大棚栽培2种栽培方式下铁皮石斛中Cu、Pb、As、Cd、Hg与多糖含量之间的相关性。活树附生栽培铁皮石斛中多糖与Cu、As、Cd、Pb、Hg元素含量的 r 分别为-0.20、-0.46、-0.06、0.38、0.48; 大棚栽培铁皮石斛中多糖与Cu、As、Cd、Pb、Hg元素含量的 r 分别为0.65、0.51、-0.23、-0.20、-0.45。相关性分析表明, 仅大棚栽培铁皮石斛中Cu含量与总多糖含量存在显著正相关 ($P<0.05$); 而活树附生栽培的铁皮石斛中Cu含量与多糖含量不存在相关性。

《中国药典》2020年版中规定以无水葡萄糖计, 铁皮石斛多糖质量分数不得低于25%^[1]。单样本 t 检验分析表明, 树栽和棚栽铁皮石斛多糖含量均高于《中国药典》2020年版规定的最低阈值 ($P<0.01$)。

重金属元素的安全性评价参照中华人民共和国外贸行业标准《药用植物及制剂进出口绿色行业标准》(WM/T 2—2004)^[12]限量阈值 (As $\leq 2.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Pb $\leq 5.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Cu $\leq 20.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Cd $\leq 0.3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Hg $\leq 0.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)及浙江省地方标准《无公害铁皮石斛第4部分 安全质量要求》(DB33/ 635.4—2007)^[13]限量阈值 (As $\leq 2.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Pb $\leq 3.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Cu $\leq 20.0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Cd $\leq 0.3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、Hg $\leq 0.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)。单样本

表1 活树附生栽培铁皮石斛中总多糖及5种重金属含量

样品编号	总多糖/%	Cu/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	As/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Cd/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Pb/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Hg/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
T1	29.246	2.968	0.072	0.065	0.691	0.040
T2	31.945	3.171	0.025	0.083	0.575	0.038
T3	24.950	2.252	0.062	0.093	0.459	0.030
T4	27.783	3.383	0.113	0.043	0.287	0.024
T5	24.867	2.721	0.197	0.054	0.356	0.027
T6	25.784	3.865	0.129	0.065	0.468	0.036
T7	28.219	3.186	0.087	0.105	0.156	0.024
T8	30.064	3.842	0.128	0.041	0.928	0.042
T9	29.406	2.705	0.114	0.051	0.294	0.023
T10	27.885	3.252	0.102	0.040	0.205	0.026
T11	24.987	4.326	0.107	0.089	0.456	0.028
T12	32.189	2.448	0.096	0.082	0.593	0.039
$\bar{x}\pm s$	28.110 \pm 2.593	3.177 \pm 0.614	0.103 \pm 0.042	0.068 \pm 0.022	0.456 \pm 0.219	0.031 \pm 0.007

表2 大棚栽培铁皮石斛中总多糖及5种重金属含量

样品编号	总多糖/%	Cu/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	As/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Cd/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Pb/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Hg/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
P1	28.764	2.834	0.031	0.024	—	0.031
P2	32.830	3.786	0.133	0.045	0.708	0.026
P3	34.337	4.324	0.155	0.033	0.127	0.024
P4	30.478	3.030	0.089	0.058	0.093	0.023
P5	31.605	3.182	0.138	0.038	0.656	0.034
P6	31.615	3.153	0.137	0.022	0.055	0.024
P7	33.479	3.286	0.111	0.026	0.058	0.021
P8	29.227	2.710	0.062	0.032	—	0.022
P9	29.412	2.842	0.09	0.056	0.232	0.028
P10	32.296	2.812	0.104	0.051	0.037	0.024
P11	34.024	3.190	0.051	0.029	—	0.020
P12	30.701	3.641	0.116	0.060	0.954	0.032
$\bar{x}\pm s$	31.564 \pm 1.893	3.233 \pm 0.475	0.101 \pm 0.038	0.040 \pm 0.014	0.324 \pm 0.350	0.026 \pm 0.005

注：—表示未检出。

t 检验统计分析结果表明,棚栽和树栽铁皮石斛中Cu、Pb、As、Cd、Hg含量均显著低于以上2项标准规定的最低下限值($P<0.01$)。说明2种不同栽培生境铁皮石斛中5种重金属元素均未超过安全阈值。

3.2 全国铁皮石斛主产区重金属元素分布特征及评价

查阅近10年国内涉及用ICP-MS测定铁皮石斛中4种重金属元素含量的文献报道,整理、分析和归纳了约275份铁皮石斛样品中4种重金属平均含量数据,见表3。

铁皮石斛中Cu、As、Cd、Pb的平均质量分数分别为(2.265 \pm 2.807)、(0.125 \pm 0.084)、(0.112 \pm 0.124)、(0.646 \pm 0.466) $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。4种重金属平均含量顺序为Cu>Pb>As>Cd。Cu、Pb、As、Cd含量的RSD分别为1.24%、0.72%、0.67%、1.11%,表明不同产地铁皮石斛中Cu和Cd的含量差异较大,而Pb和As的含量相对稳定。

采用描述性统计探索分析排除异常值后,采用单样本 t 检验分析表明,Cu、Pb、As、Cd 4种重金属元素均显著低于《药用植物及制剂进出口绿色行业

表3 全国主产区铁皮石斛中4种重金属含量

样品来源	n	Cu		As		Cd		Pb	
		质量浓度	均值	质量浓度	均值	质量浓度	均值	质量浓度	均值
安徽霍山,广东仁化,广西容县,广西西林,贵州施秉,云南广南,浙江乐清、武义、天台 ^[7]	77	0.87~15.79	3.64	0.14~0.19	0.16	0.07~0.10	0.08	0.55~1.44	0.74
浙江乐清棚栽、树栽及石栽 ^[14]	32	0.63~0.69	0.66	0.008~0.015	0.011	0.033~0.051	0.041	0.031~0.380	0.214
浙江产2年生 ^[4]	32	0.02~3.13	0.97	0.077~0.280	0.148	0.024~0.370	0.143	0.43~1.40	0.86
浙江乐清市 ^[5]	30	0.41~1.30	0.69	—	—	0.003~0.140	0.031	0.020~0.690	0.110
温州雁荡山 ^[15]	6	—	1.610	—	0.020 5	—	0.083 2	—	0.027 2
四川雅安市 ^[16]	—	—	6.601	—	0.421	—	0.702	—	2.084
— ^[17]	—	—	6.920	—	0.120	—	0.180	—	0.760
浙江温州、杭州、金华及台州 ^[18]	55	0.59~1.60	0.985	0.010~0.014	0.013	0.036~0.067	0.051	0.029~0.053	0.038
福建龙岩连城县 ^[19]	3	—	2.585	—	—	—	—	—	—
云南勐海、普洱,浙江临安、天台,安徽马鞍山、霍山,四川都江堰,重庆南川,江苏宜兴,江西南昌,贵州兴义,广西桂林、梧州,广东潮州、饶平,福建漳州、南平,海南琼中,湖南长沙、邵东 ^[20]	40	1.125~3.456	2.390	0.030~1.020	0.176	0.016~0.272	0.143	0.068~2.360	1.132
贵州安龙树栽及棚栽	24	2.252~4.326	3.205	0.025~0.197	0.102	0.040~0.105	0.054	0.037~0.954	0.390

注：—表示文献未说明。

标准》(WM/T 2—2004)和《无公害铁皮石斛第4部分 安全质量要求》(DB33/ 635. 4—2007)规定的下限值($P<0.01$),说明全国主产区铁皮石斛中4种重金属元素平均含量在安全阈值范围内。

4 小结及讨论

棚栽铁皮石斛多糖含量显著高于树栽铁皮石斛,说明2种栽培方式对铁皮石斛中多糖含量的积累有显著影响。2种不同栽培方式2年生铁皮石斛中多糖质量分数均大于25%,说明2年生花期前采收的铁皮石斛可满足《中国药典》2020年版对多糖含量的要求。本研究结果与前人研究结论一致^[21-23],从多糖含量角度考虑,铁皮石斛以花期前2年生萌条采收为宜。

2种栽培方式铁皮石斛中Cu、Pb、As、Cd、Hg含量均在安全范围。树栽铁皮石斛中Cd含量显著高于棚栽,说明木荷树皮附生基质相对松树皮更利于铁皮石斛中Cd的积累。棚栽铁皮石斛中Cu的积累对多糖含量的积累有促进作用,这可能是由于棚栽铁皮石斛日常管理需喷施植物生长所需的复合微肥,因长期喷施复合微肥使得棚栽铁皮石斛产生了适应性;并且Cu作为植物生长的必需元素,Cu存在于植物叶绿体中并积极参与光合作用,使得Cu促进棚栽铁皮石斛光合产物多糖的积累。

全国铁皮石斛主产区铁皮石斛中Cu、Pb、As、Cd的安全性整体评价表明,4种重金属均在安全阈值范围内,说明重金属对铁皮石斛的污染风险较低。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:295.
- [2] 张小凤,周春花,张龙开,等. 丹霞种、云南广南种铁皮石斛中主要黄酮苷的分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(1):29-34.
- [3] 赵连华,杨银慧,胡一晨,等. 我国中药材中重金属污染现状分析及对策研究[J]. 中草药,2014,45(9):1199-1206.
- [4] 诸燕,苑鹤,李国栋,等. 铁皮石斛中11种金属元素含量的研究[J]. 中国中药杂志,2011,36(3):356-360.
- [5] 徐丽红,郑蔚然,王小骊,等. 铁皮石斛产地环境及产品重金属的监测与污染评价[J]. 浙江农业学报,2015,27(3):429-433.
- [6] 杨德毅,吴梅,吾建祥. 铁皮石斛对重金属的富集能力[J]. 农技服务,2019,36(7):43-44.
- [7] 赵玉洋,吕朝耕,何雅莉,等. ICP-MS分析不同产地铁皮石斛中24种无机元素[J]. 中国现代中药,2020,22(12):2026-2031.
- [8] 汤敏娜,刘德明,邓雪盈,等. 基于ICP-MS分析不同矿质元素在黄花菜中的分布与累积规律[J]. 中国现代中药,2017,19(10):1406-1414.
- [9] 杜光映,严福林,谢仁权,等. 典型喀斯特地区石栽铁皮石斛岩土植物系统的重金属分析及评价[J]. 中国实验方剂学杂志,2021,27(19):141-148.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定:GB 5009. 17—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [11] 中国地质调查局. 生态地球化学评价样品分析技术要求(试行):DD 2005—03[S]. 北京:中国地质调查局,2005.
- [12] 中华人民共和国商务部. 药用植物及制剂外经贸绿色行业标准:WM/T 2—2004[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
- [13] 浙江省质量技术监督局. 无公害铁皮石斛第4部分 安全质量要求:DB33/ 635. 4—2007[S]. 杭州:浙江省质量技术监督局,2007.
- [14] 倪张林,袁新跃,叶彩芬,等. 不同栽培模式下铁皮石斛中重金属含量及健康风险评估[J]. 江西农业大学学报,2017,39(4):686-690.
- [15] 倪张林,汤富彬,喻晴,等. 优化Rpa电压-电感耦合等离子体质谱法测定铁皮石斛中不同部位的14种金属元素[J]. 分析科学学报,2016,32(5):664-668.
- [16] 杜静,秦民坚,黄林芳,等. 石斛中微量元素的含量测定及其安全性评价[J]. 中国药房,2012,23(47):4477-4479.
- [17] 陈美春,贾彦博,林斌,等. 不完全消解-电感耦合等离子体质谱法快速测定铁皮石斛中9种元素[J]. 中国卫生检验杂志,2018,28(17):2068-2070.
- [18] 倪张林,喻晴,何玲吉,等. 大棚种植铁皮石斛的重金属含量与健康风险评估[J]. 浙江农业科学,2016,57(6):844-846.
- [19] 黄彪,何伟,刘文静,等. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定铁皮石斛茎和花中多种矿质元素[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(23):8769-8774.
- [20] 严华,石任兵,姚辉,等. 铁皮石斛的ITS2条形码分子鉴定及5种重金属及有害元素的测定[J]. 药物分析杂志,2015,35(6):1044-1053.
- [21] 斯金平,邵清松,俞巧仙. 兰科重要药用植物高效栽培与利用[M]. 北京:中国林业出版社,2018:32.
- [22] 颜美秋,陈素红,周桂芬,等. 不同种植年限铁皮石斛多糖、甘露糖含量的测定及其它化学成分比较研究[J]. 中华中医药学刊,2015,33(4):878-881.
- [23] 诸燕,斯金平,郭宝林,等. 人工栽培铁皮石斛多糖含量变异规律[J]. 中国中药杂志,2010,35(4):427-430.

(收稿日期:2021-01-13 编辑:田苗)