

# 铁皮石斛醇溶性浸出物和六类物质的动态变化研究

董伟<sup>1,2</sup>, 何春梅<sup>1</sup>, 俞振明<sup>1,2</sup>, 刘艳艳<sup>1,2</sup>, 张建霞<sup>1</sup>, 段俊<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院华南植物园, 广东省应用植物学重点实验室, 中国科学院华南农业植物分子分析与遗传改良重点实验室, 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 为了解不同生长期铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)化学成分的变化, 对茎、叶醇溶性浸出物、多酚、黄酮、三萜类、有机酸、氨基酸、糖含量进行了测定。结果表明, 从2015年9月至2016年9月, 茎的醇溶性浸出物总量及六类物质含量呈现先下降后上升的变化趋势, 在春末夏初时达到最低, 而叶片中各成分的变化未体现一致性规律。六类物质中以小分子的糖含量最高, 其次是三萜类和有机酸。茎的醇溶性浸出物总量与多糖含量呈显著负相关; 而叶的相关性不显著。这些为评估铁皮石斛质量和确定采收期提供科学依据。

**关键词:** 铁皮石斛; 醇溶性浸出物; 多糖; 多酚; 氨基酸

doi: 10.11926/jtsb.3703

## Dynamic Changes in Alcohol Soluble Components and Six Kinds of Substances from *Dendrobium officinale*

DONG Wei<sup>1,2</sup>, HE Chun-mei<sup>1</sup>, YU Zhen-ming<sup>1,2</sup>, LIU Yan-yan<sup>1,2</sup>, ZHANG Jian-xia<sup>1</sup>, DUAN Jun<sup>1\*</sup>

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Botany, Key Laboratory of South China Agricultural Plant Molecular Analysis and Gene Improvement, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In order to understand the changes in chemical constituents of *Dendrobium officinale* at different growth stage, the contents of alcohol soluble components, polyphenols, flavonoids, terpenoids, organic acids, amino acids, sugars were measured. The results showed that the change trends the 6 kinds of substance contents were consistent with the total amount of alcohol soluble extract in stems. From September 2015 to September 2016, their contents decreased at first, and then increased. However, the dynamic changes in contents of 6 kinds of substances in leaves did not show consistency. Among 6 kinds of substances, the content of saccharide with low molecular weight was the highest, followed by contents of triterpenes and organic acids. And there were significant negative correlation between the total amount of alcohol soluble extract and the content of polysaccharides in the stems, but not in the leaves. These would provide scientific basis for evaluating quality and ensuring harvest time of *D. officinale*.

**Key words:** *Dendrobium officinale*; Alcohol soluble extract; Polysaccharide; Polyphenol; Amino acid

收稿日期: 2016-11-24

接受日期: 2017-01-22

基金项目: 广东省林业科技创新项目(2015KJCX040); 中国科学院科技服务网络计划(KFJ-EW-STS-118)资助

This work was supported by the Innovation Project for Forestry Science and Technology in Guangdong (Grant No. 2015KJCX040), and the Planning for Science and Technology Service Network in Chinese Academy of Sciences (Grant No. KFJEWSTS118).

作者简介: 董伟(1989~), 男, 在读硕士, 研究方向为植物遗传育种。E-mail: 1032601981@qq.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: duanj@scib.ac.cn

铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)又称吊兰、铁皮兰、铁皮吊兰、云南铁皮,是兰科石斛属多年生草本植物。《中华人民共和国药典》<sup>[1]</sup>将其单列;可用于热病津伤,口干烦渴,胃阴不足,食少于呕,病后虚热不退,阴虚火旺,骨蒸劳热,目暗不明,筋骨痿软。

目前,众多科研人员从不同角度对铁皮石斛的物质成分进行探究。多数人通过液相(气相)色谱-质谱联用、核磁共振等方法对铁皮石斛的化学成分进行分离、鉴定,主要有多糖<sup>[2]</sup>、联苜类<sup>[3-6]</sup>、酚酸类<sup>[3,5,7]</sup>、类黄酮<sup>[8]</sup>、菲类<sup>[9]</sup>、萜类<sup>[7]</sup>、糖苷类<sup>[4,10-13]</sup>、有机酸<sup>[14-15]</sup>、氨基酸<sup>[16-17]</sup>、矿质元素<sup>[17-19]</sup>等,但是并未对物质含量进行测定,缺少量化。同时,也有人铁皮石斛的某几种、一类或两类物质的含量进行测定,以此作为药材质量的指标比较不同品种的质量差异<sup>[14]</sup>。但是中药的作用机理比较复杂,作者认为以尽可能多的、主要的大类物质作为铁皮石斛的质量指标,更为客观、全面、准确。除此之外,也有人对不同生长龄铁皮石斛的某类物质含量进行测定,确定最佳采收期<sup>[20-21]</sup>,但所测指标较少,说服力不够。

本研究在前人的基础上,对不同生长龄铁皮石斛的醇溶性浸出物总量以及主要的六类物质含量进行测定,为准确、全面评价质量,确定最佳采收期提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

本研究所涉及的37个铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)品系采于中国科学院华南植物园种植基地,生长在自然条件下,人工施肥、浇水。采收的铁皮石斛,洗净泥土,将茎、叶分离,经105℃杀青1h后80℃烘干,分别粉碎后过50目筛,密封保存备用。

### 1.2 仪器与试剂

**仪器** 电子天平、索式提取器、真空泵及其它抽滤装置、平行蒸发仪、超声仪、紫外-可见分光光度计、水浴锅、超声仪、移液管、移液枪、量筒、容量瓶。

**试剂** 95%乙醇、无水乙醇、葡萄糖、重蒸酚、浓硫酸、没食子酸、碳酸钠、磷钼钨酸试液、

芦丁、亚硝酸钠、氢氧化钠、硝酸铝、齐墩果酸、香草醛、高氯酸、酚酞、氢氧化钠、亮氨酸、茛三酮、磷酸二氢钾、磷酸二氢钠、超纯水。

### 1.3 茎、叶的浸提条件和醇溶性浸出物的测定

根据《中华人民共和国药典》<sup>[1]</sup>中的热浸法进行,对料液比、热浸时间略加改进。取石斛茎粉置于烘箱中,80℃烘干至恒重;称取石斛粉0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6g(记为M),分别置于索式提取器的提取瓶中,加入50mL 95%乙醇,密塞,称重,混匀,静置1h;连接回流冷凝管,加热至沸腾并保持微沸(78.5℃)1h。浸提结束后,放置冷却,称重,并用95%乙醇补足失重,用真空泵进行抽滤。迅速用移液管精密量取25mL滤液于已称重(记为M<sub>1</sub>)的培养皿中;置于烘箱中(78.5℃)烘干至恒重,干燥器中冷却后称重(记为M<sub>2</sub>);根据公式 $X\% = (M_2 - M_1) \times 2 \times 100 / M$ 计算浸提率(醇溶性浸出物总量)。分别设置料液比(g/mL,下同)为0.4/50、0.6/50、0.8/50、1.0/50、1.2/50、1.4/50,热浸时间分别设为0.5、1、1.5、2、3、4h,以筛选茎醇溶性浸出物提取的最佳条件。同样,分别设置料液比为0.2/50、0.3/50、0.4/50、0.6/50、0.8/50、1.0/50,热浸时间为0.5、1、1.5、2、3、4h,以筛选叶醇溶性浸出物提取的最佳条件。以最佳提取条件,对2015年7月至2016年9月采收的铁皮石斛茎、叶的醇溶性浸出物总量进行测定。

### 1.4 化合物含量的测定

精确量取茎、叶浸提液45mL进行真空浓缩,用50%乙醇洗涤仪器并定容至15mL,过滤得样品液。

**多酚含量的测定** 参照《中华人民共和国药典》<sup>[1]</sup>中鞣质含量测定法进行。先绘制标准曲线,得回归方程 $y = 12.76x - 0.245$ , $R^2 \approx 0.998$ 。精确量取茎(叶)样品液1mL于25mL棕色量瓶中测定吸光度,从标准曲线上读出供试品溶液中总酚的量。

**黄酮含量测定** 参照《中华人民共和国药典》<sup>[1]</sup>中总黄酮含量的测定方法进行。先绘制标准曲线,得回归方程 $y = 81.94x + 0.367$ , $R^2 \approx 0.999$ 。精确量取铁皮石斛茎样品液3.5mL(叶样品液4mL)于25mL棕色量瓶中测定吸光度,从标准曲线上读出供试品溶液中黄酮的量。

**三萜类含量的测定** 参照《中华人民共和国药典》<sup>[1]</sup>中总皂苷含量的测定方法进行。先绘制标

准曲线, 得回归方程  $y=52.76x-0.462$ ,  $R^2=0.998$ 。精确量取铁皮石斛茎(叶)样品液 0.3 mL 于具塞试管中测定吸光度, 从标准曲线上读出样品溶液中三萜类的量。

**有机酸含量的测定** 参照《中华人民共和国药典》<sup>[1]</sup>中有机酸含量的测定方法进行。精确量取铁皮石斛茎(叶)的样品液 5 mL, 加水 20 mL, 加酚酞指示液 2 滴, 用氢氧化钠滴定液( $0.1 \text{ mol L}^{-1}$ )滴定。每 1 mL 氢氧化钠滴定液( $0.1 \text{ mol L}^{-1}$ )相当于 6.404 mg 的枸橼酸( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ )。

**氨基酸含量的测定** 采用茚三酮比色法<sup>[22]</sup>测定。先绘制标准曲线, 得回归方程  $y=23.83x+0.224$ ,  $R^2=0.998$ 。精确量取铁皮石斛茎样品液 5 mL (叶样品液 1.5 mL), 加水定容至 25 mL, 摇匀, 精确量取 2.5 mL 测定吸光度, 从标准曲线上读出样品溶液中氨基酸的量。

**糖含量的测定** 参照《中华人民共和国药典》<sup>[1]</sup>中多糖含量测定方法进行。先绘制标准曲线, 得回归方程  $y=16.86x-0.037$ ,  $R^2=0.999$ 。精确量取铁皮石斛茎(叶)的样品液 0.2 mL 于具塞试管中测定吸光度, 从标准曲线上读出样品溶液中糖的量。

**多糖含量的测定** 标准曲线的绘制同上。精确称取石斛粉末 0.3 g, 加 100 mL 80% 乙醇 80°C 水浴回流 2 h, 真空抽除液体, 残渣加 100 mL 纯水冲洗干净瓶壁, 100°C 水浴回流 2 h, 真空抽提滤液, 用 250 mL 的容量瓶定容, 取 10 mL 定容至 50 mL。再精确量取 1 mL, 置 10 mL 具塞刻度试管中测定吸光度, 从标准曲线上读出样品溶液中多糖的量, 计算即得。

## 2 结果和分析

### 2.1 茎、叶的浸提条件

从铁皮石斛 95% 乙醇浸提率结果(表 1)可见, 料液比 $\leq 1.0/50$  ( $\text{g mL}^{-1}$ ), 热浸时间 $\geq 2$  h 时能够完全浸提茎中的醇溶性成分; 料液比( $\text{g/mL}$ ) $\leq 0.4/50$ , 热浸时间 $\geq 1.5$  h 时能够完全浸提叶中的醇溶性成分。

为保证能够完全浸提醇溶性成分及节省资源, 最终确定铁皮石斛茎的 95% 乙醇浸提条件为料液比 0.8/50, 静置 1 h, 78.5°C 加热回流 2 h; 叶的 95% 乙醇浸提条件为料液比 0.3/50, 静置 1 h, 78.5°C 加热回流 1.5 h。

表 1 料液比、热浸时间的比较

Table 1 Comparison of material-liquid ratio and hot extraction time

茎 Stem				叶 Leaf			
料液比 Material-liquid ratio (g/mL)	浸提率 Extraction yield (%)	热浸时间 Hot extraction time (h)	浸提率 Extraction yield (%)	料液比 Material-liquid ratio (g/mL)	浸提率 Extraction yield (%)	热浸时间 Hot extraction time (h)	浸提率 Extraction yield (%)
0.4/50	9.28A	0.5	7.62A	0.2/50	30.28A	0.5	29.37A
0.6/50	9.49A	1.0	9.51B	0.3/50	30.32A	1.0	30.39B
0.8/50	9.47A	1.5	10.22C	0.4/50	30.27A	1.5	30.79BC
1.0/50	9.50A	2.0	10.39C	0.6/50	29.24B	2.0	30.84C
1.2/50	8.24B	3.0	10.40C	0.8/50	27.61C	3.0	30.83C
1.4/50	7.65C	4.0	10.37C	1.0/50	26.61D	4.0	30.85C

同列数据后不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Data followed different letters indicate significant difference at 0.05 level.

### 2.2 茎的醇溶性成分变化

从图 1 可见, 从 2015 年 9 月至 2016 年 9 月铁皮石斛(T32-5)茎的醇溶性浸出物及 6 类物质含量都呈现出先下降后上升的变化趋势; 而 2015 年 7、8 月的含量未体现出统计意义。相同采收期的 6 类物质中, 以糖的含量最高, 其次是三萜类和有机酸, 而多酚、黄酮、氨基酸含量相近且较低(均小于 1%)。可见, 1 至 2 年生铁皮石斛茎的醇溶性浸出物总量及 6 类醇溶性物质含量均在春末夏初时最低。这与

俞巧仙等<sup>[23]</sup>的研究结果基本一致, 但醇溶性物质含量的变化与新芽萌动是否相关, 有待进一步研究。

### 2.3 叶的醇溶性成分变化

从图 2 可见, 铁皮石斛(T32-5)叶的醇溶性浸出物总量和 6 类物质含量变化并未呈现一致性规律。醇溶性浸出物总量、氨基酸和多酚含量从 2015 年 8 月开始上升, 分别在 2016 年 1 月、2 月达到最高, 之后下降; 黄酮含量的变化趋势与之相反, 从 2015

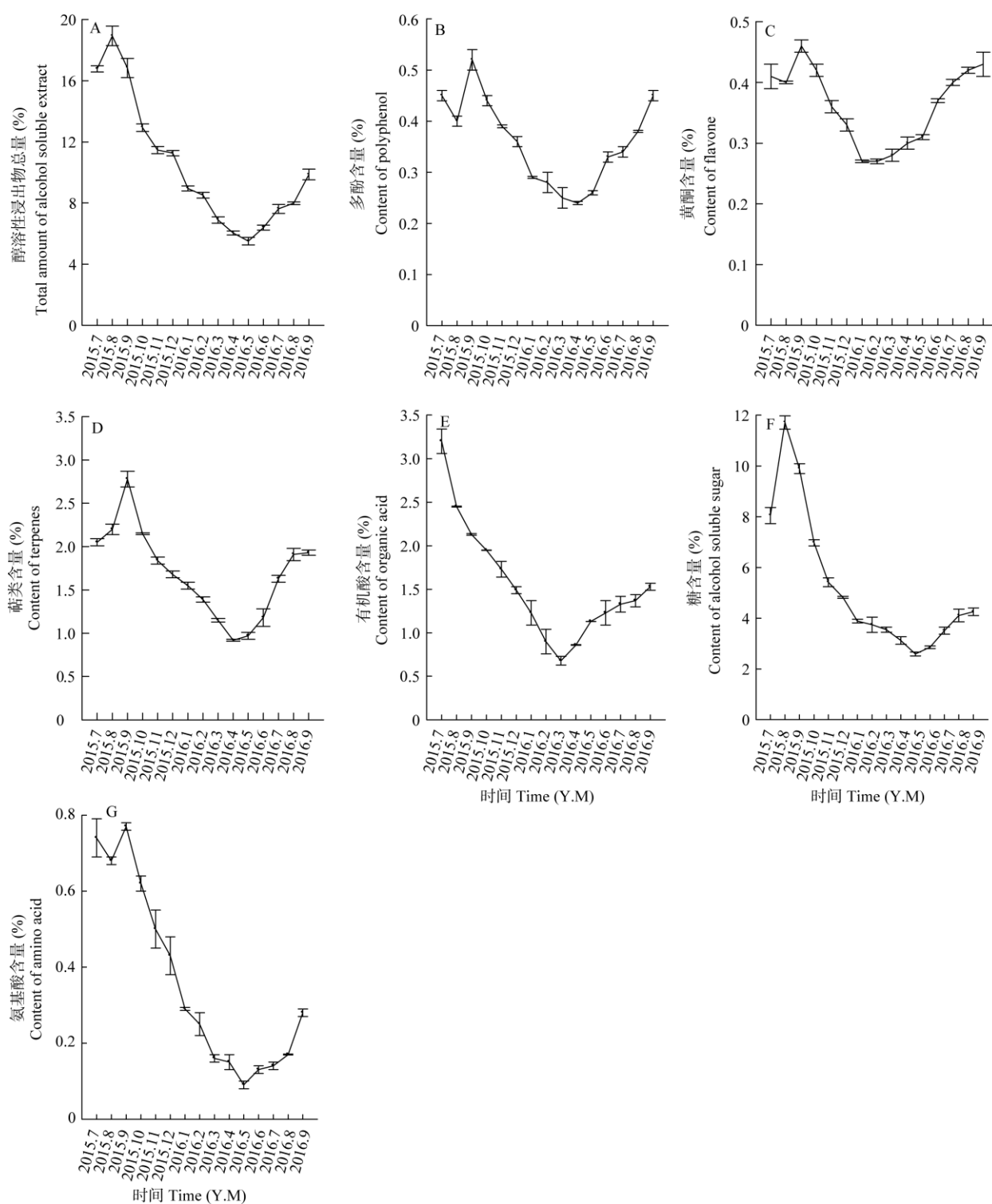


图 1 茎的醇溶性成分动态变化

Fig. 1 Dynamic changes in alcohol soluble substances in stems

年 8 月开始下降, 至 2015 年 12 月降到最低, 之后上升; 糖、三萜类、有机酸含量从 2015 年 8 月先下降后上升, 至 2016 年的 1 月、2 月达到最高, 然

后又下降。相同采收期的 6 类物质中, 以糖的含量最高, 其次是有机酸和三萜类, 而多酚、黄酮、氨基酸含量相近且较低(均小于 1%)。

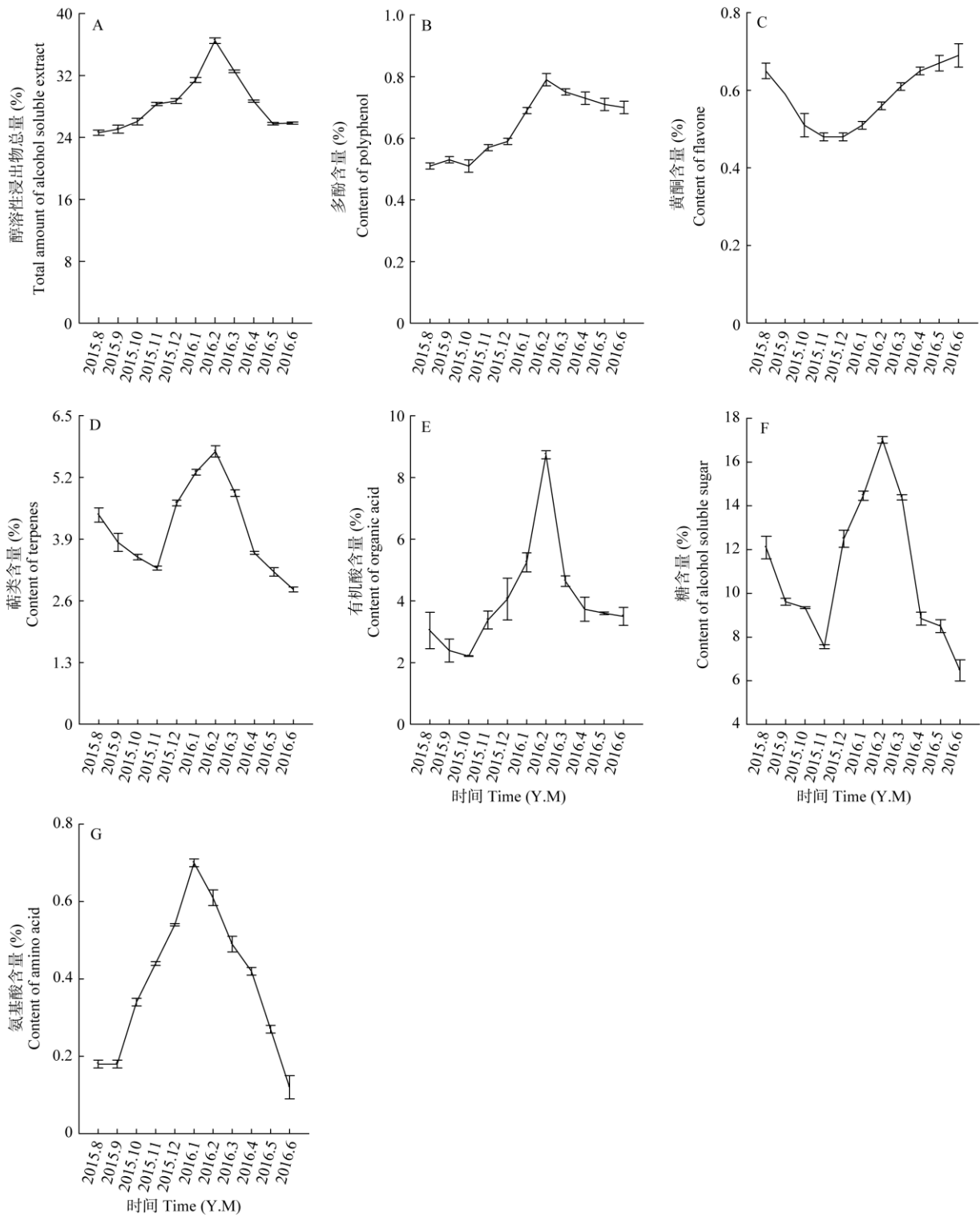


图 2 叶的醇溶性成分动态变化

Fig. 2 Dynamic changes in alcohol soluble substances in leaves

2.4 茎、叶的醇溶性浸出物总量与多糖含量的关系

运用 JMP 10.0 对铁皮石斛(T32-5)茎的醇溶性浸出物总量与多糖含量进行相关性分析。结果表明

(图 3: A), 显著性概率  $P < 0.0001 <$  显著水平  $\alpha = 0.05$ , 即醇溶性浸出物总量与多糖含量存在显著相关关系, 而且相关系数  $r = -0.8483$ , 说明二者呈负相关。

线性拟合得直线回归方程:  $A=0.3406-0.8452Ps$ , 式中 A 为醇溶性浸出物总量,  $P_s$  为多糖含量, 决定系数  $R^2=0.7196$ , 拟合程度较高。对回归系数进行检验,  $P<0.0001<$ 显著水平  $\alpha=0.05$ , 表明醇溶性浸出物总量和多糖含量之间的直线回归关系显著, 置信度 95% 的总体回归系数  $\beta$  的区间为  $-1.1613 \leq \beta \leq$

$-0.5291$ 。

铁皮石斛(T32-5)叶的醇溶性浸出物与多糖含量的相关性分析结果表明(图 3: B), 显著性概率  $P=0.1200>$ 显著水平  $\alpha=0.05$ , 说明在 5% 水平二者的相关性不显著。由于铁皮石斛的叶片从当年夏季至第二年春季脱落, 数据太少, 统计意义不大。

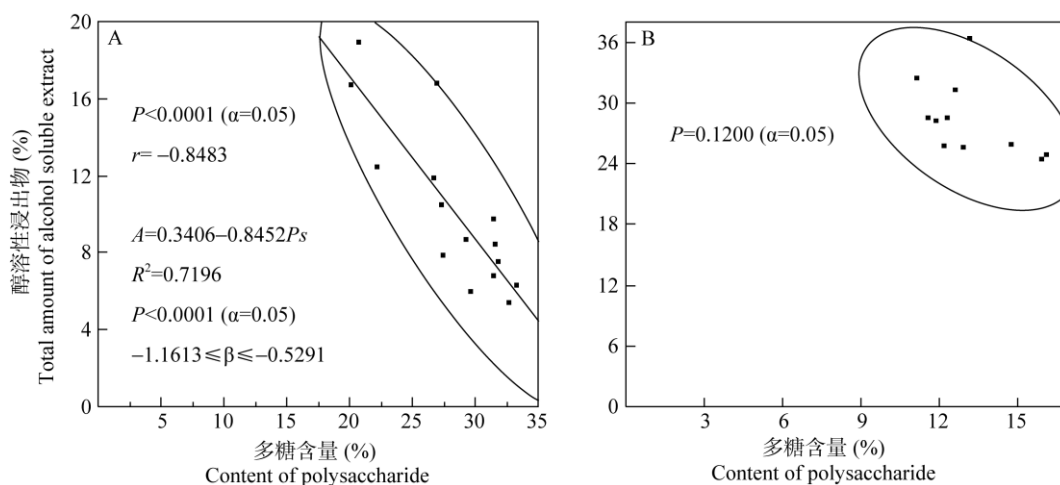


图3 铁皮石斛茎(A)、叶(B)的醇溶性浸出物总量与多糖含量的相关性

Fig. 3 Correlation between total amount of alcohol soluble extract and polysaccharide content in stems (A) and leaves (B) of *Dendrobium officinale*

### 2.5 不同品种茎的醇溶性浸出物与多糖含量的关系

2016年4月采收了其他36个品种的铁皮石斛(T76-1、T34-1、T14、T636、T76-2、T633、T1-1、T32-4、T10、T45-2、T623、T24、T45-3、T25、T6、

T75、T701、T8、T39、T45-1、T33、T5、T610、T28、T29-9、T29-6、T29-3、T90、T32、T421、T610、T709、T37、T752、T29、T746), 对茎的醇溶性浸出物总量与多糖含量进行相关性分析(图 4), 结果表明, 显著性概率  $P<0.0001<$ 显著水平  $\alpha=0.05$ , 即醇溶性浸出物总量与多糖含量存在显著相关关系, 而且相关系数  $r=-0.9066$ , 说明二者呈负相关。线性拟合得直线回归方程:  $A=0.1841-0.2791Ps$ , 决定系数  $R^2=0.8219$ , 拟合程度较高; 并对回归系数进行检验,  $P<0.0001<$ 显著水平  $\alpha=0.05$ , 表明醇溶性浸出物总量和多糖含量间的直线回归关系显著, 置信度 95% 的总体回归系数  $\beta$  的区间为  $-0.3244 \leq \beta \leq -0.2338$ 。

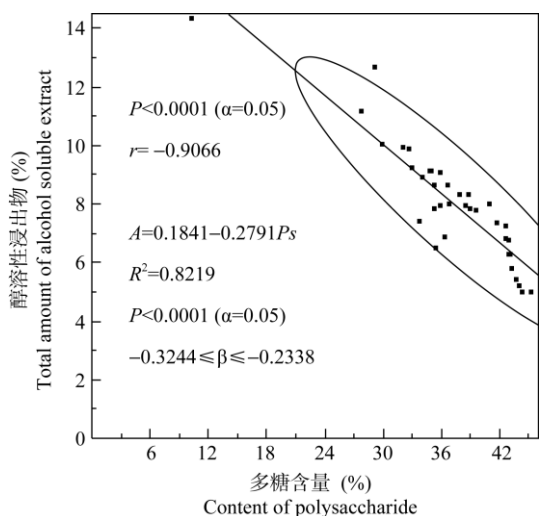


图4 不同品种铁皮石斛茎的醇溶性浸出物总量与多糖含量的相关性分析

Fig. 4 Correlation between total amount of alcohol soluble extract and polysaccharide content in stems among different varieties of *Dendrobium officinale*

### 3 结论和讨论

本研究结果表明, 铁皮石斛茎、叶片中醇溶性成分在春末夏初时含量最低, 冬季含量最高, 最佳采收期在冬季。铁皮石斛茎与叶的6类物质中, 糖(单糖、寡糖等小分子的糖)含量最高, 而多酚、黄酮等次生代谢产物含量较低(均小于1%)。并且, 前

期试验表明蒽醌类、菲类物质含量不具有统计意义,可见铁皮石斛的药用价值并非体现在醇溶性成分含量,而是多糖含量。但大量的研究表明,多酚、类黄酮、蒽醌类等次生代谢产物具有良好的抗肿瘤、抗血栓、抗氧化等活性<sup>[24-29]</sup>;如果可以通过转基因等分子生物技术使铁皮石斛中合成次生代谢产物的基因超表达,其药用价值会倍受青睐。

我们认为样品液的处理方法对物质含量测定结果有重要影响,这也是本研究中多酚、黄酮等物质含量高于其它研究的主要原因。吴佳雯等<sup>[30]</sup>在测定总黄酮含量时采用活性炭对样品液脱色,由于活性炭吸附力太强很可能同时去除了待测定成分,造成结果偏小;而唐丽等<sup>[20]</sup>则未对样品液进行处理,直接提取样品液中的黄酮含量极小,NaNO<sub>2</sub>-Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>-NaOH 比色的吸光度太小误差较大,可信度不高。

铁皮石斛茎的醇溶性浸出物总量与多糖含量存在显著的负相关关系,对两个回归方程的回归系数作 *t* 测验,结果  $|t| = 5.84 > t_{0.01,47} = 2.68$ ,证明两个回归系数存在极显著差异。由此可知,同一品种铁皮石斛在不同的生长时期,醇溶性浸出物含量与多糖含量的关系是变化的。

本研究的铁皮石斛样品在 2015 年 2、3 月萌发新芽,茎的多糖含量从 2015 年 7 月开始不断增加,至 2016 年 6 月开始下降,这与俞巧仙等<sup>[23]</sup>报道的结果一致,即开花前多糖累积,开花后多糖含量降低。我们采样时铁皮石斛未开花(即一年生铁皮石斛不开花),在第二年春季(2016 年 2 月、3 月)开始长出高位芽或者从根部萌芽,说明萌芽等也是消耗能量的生理活动,会导致多糖含量降低。同时,我们还发现铁皮石斛醇溶性成分的变化趋势与种植地(广州)气温的变化趋势相近,从 2015 年 7 月至 2016 年 9 月广州的气温也是先升高后下降再升高,因此,我们认为温度是影响醇溶性成分(多糖)含量变化的重要环境条件,具体影响机制还有待于深入研究。

## 参考文献

- [1] Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2010: appendix 62,172,265-266,333,366.  
国家药典委员会. 中华人民共和国药典 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 附录 62,172,265-266,333,366.
- [2] WANG S L, ZHENG G Z, HE J B, et al. Studies on polysaccharides of *Dendrobium candidum* [J]. Acta Bot Yunnan, 1988, 10(4): 389-395.  
王世林, 郑光植, 何静波, 等. 黑节草多糖的研究 [J]. 云南植物研究, 1988, 10(4): 389-395.
- [3] LI Y. Studies on the chemical constituents of *Dendrobium candidum* [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2009: 1-2.  
李燕. 铁皮石斛化学成分的研究 [D]. 北京: 中国协和医科大学, 2009: 1-2.
- [4] ZHOU J, ZHOU X L, LIANG C Q, et al. Chemical constituents of *Dendrobium officinale* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2015, 46(9): 1292-1295. doi: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.09.007.  
周佳, 周先丽, 梁成钦, 等. 铁皮石斛化学成分研究 [J]. 中草药, 2015, 46(9): 1292-1295. doi: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.09.007.
- [5] GUAN H J, ZHANG X, TU F J, et al. Studies on the chemical constituents of *Dendrobium candidum* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2009, 40(12): 1873-1876.  
管惠娟, 张雪, 屠凤娟, 等. 铁皮石斛化学成分的研究 [J]. 中草药, 2009, 40(12): 1873-1876.
- [6] BAO X Q, WU Z G, YAN P C, et al. Separation and determination of stilbenes ingredients in *Dendrobium officinale* Caulis [J]. Shanghai J Trad Chin Med, 2015, 49(2): 86-89.  
包晓青, 吴志刚, 严鹏程, 等. 铁皮石斛中芪类成分的分离及含量测定 [J]. 上海中医药杂志, 2015, 49(2): 86-89.
- [7] CHEN X M, YANG J S, GUO S X, et al. Studies on the chemical constituents of solid cultured *Dendrobium officinale* protocorms [J]. Mod Chin Med, 2014, 16(4): 265-268. doi: 10.13313/j.issn.1673-4890.2014.04.001.  
陈晓梅, 杨峻山, 郭顺星, 等. 固体培养铁皮石斛原球茎化学成分研究 [J]. 中国现代中药, 2014, 16(4): 265-268. doi: 10.13313/j.issn.1673-4890.2014.04.001.
- [8] LI Y, WANG C L, WANG F F, et al. Phenolic components and flavanones from *Dendrobium candidum* [J]. Chin Pharmaceut J, 2010, 45(13): 975-979.  
李燕, 王春兰, 王芳菲, 等. 铁皮石斛中的酚酸类及二氢黄酮类成分 [J]. 中国药学杂志, 2010, 45(13): 975-979.
- [9] LI R S, YANG X, HE P, et al. Studies on phenanthrene constituents from stems of *Dendrobium candidum* [J]. J Chin Med Mat, 2009, 32(2): 220-223. doi: 10.3321/j.issn:1001-4454.2009.02.018.  
李榕生, 杨欣, 何平, 等. 铁皮石斛根茎中菲类化学成分分析 [J]. 中药材, 2009, 32(2): 220-223. doi: 10.3321/j.issn:1001-4454.2009.02.018.
- [10] ZHOU G F, LÜ G Y. Comparative studies on scavenging DPPH free radicals activity of flavone C-glycosides from different parts of *Dendrobium officinale* [J]. China J Chin Mat Med, 2012, 37(11): 1536-

1540. doi: 10.4268/cjcm20121106.
- 周桂芬, 吕圭源. 铁皮石斛不同部位黄酮碳苷类成分及清除 DPPH 自由基能力比较研究 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(11): 1536–1540. doi: 10.4268/cjcm20121106.
- [11] LUO L, ZHU M, CHEN L Z, et al. Chemical constituents of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo [J]. Chin Pharm J, 2013, 48(19): 1681–1683. doi: 10.11669/cpj.2013.19.021.
- 罗镭, 祝明, 陈立钻, 等. 铁皮石斛化学成分的研究 [J]. 中国药学杂志, 2013, 48(19): 1681–1683. doi: 10.11669/cpj.2013.19.021.
- [12] WANG F F, LI Y, DONG H L, et al. A new compound from *Dendrobium candidum* [J]. Chin Pharm J, 2010, 45(12): 898–901.
- 王芳菲, 李燕, 董海玲, 等. 铁皮石斛中一个新化合物 [J]. 中国药学杂志, 2010, 45(12): 898–901.
- [13] WEI Z Y, LU J J, JIN C S, et al. Chemical constituents from *n*-butanol extracts of *Dendrobium officinale* [J]. Mod Chin Med, 2013, 15(12): 1042–1045.
- 魏泽元, 陆静金, 金传山, 等. 铁皮石斛茎乙醇提取物正丁醇溶性部分化学成分研究 [J]. 中国现代中药, 2013, 15(12): 1042–1045.
- [14] WEI J, GU M T, JI Y Y, et al. Comparison of nutritional composition of *Dendrobium officinale* from Hainan and Zhejiang [J]. Chin J Trop Crops, 2015, 36(6): 1059–1066. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2015.06.009.
- 魏静, 谷满屯, 姬彦羽, 等. 海南与浙江产铁皮石斛主要营养成分分析比较 [J]. 热带作物学报, 2015, 36(6): 1059–1066. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2015.06.009.
- [15] FU T, WANG Z L, LIN L, et al. Comparison of volatile oils in different parts of *Dendrobium officinale* tube seedlings by GC-MS [J]. Chin Trad Patent Med, 2015, 37(10): 2233–2238. doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2015.10.029.
- 付涛, 王志龙, 林立, 等. GC-MS 法比较铁皮石斛试管苗不同部位中挥发油的成分 [J]. 中成药, 2015, 37(10): 2233–2238. doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2015.10.029.
- [16] XU Q, CHEN S H, LÜ G Y. Research progress of chemical constituents and pharmacology of 3 species of *Dendrobium officinale* [J]. Asia-Pacific Trad Med, 2010, 6(4): 115–118.
- 徐琼, 陈素红, 吕圭源. 3 种不同石斛的化学成分及相关药理学研究进展 [J]. 亚太传统医药, 2010, 6(4): 115–118.
- [17] LI W K, HU Z B, ZHOU J Y, et al. Comparative analysis of amino acids, polysaccharides and trace elements in *Dendrobium officinale* from different sources [J]. Acta Univ Trad Med Sin Pharmacol Shanghai, 2008, 22(4): 80–83. doi: 10.3969/j.issn.1008-861X.2008.04.021.
- 黎万奎, 胡之璧, 周吉燕, 等. 人工栽培铁皮石斛与其他来源铁皮石斛中氨基酸与多糖及微量元素的比较分析 [J]. 上海中医药大学学报, 2008, 22(4): 80–83. doi: 10.3969/j.issn.1008-861X.2008.04.021.
- [18] ZHU Y, YUAN H, LI G D, et al. Study on 11 metal element contents in *Dendrobium officinale* [J]. China J Chin Mat Med, 2011, 36(3): 356–360. doi: 10.4268/cjcm20110328.
- 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. doi: 10.4268/cjcm20110328.
- [19] XU C X, ZHONG L, DU X Z, et al. Determination of trace elements in *D. candidum* [J]. J Xinyang Teach Coll (Nat Sci), 2002, 15(4): 411–412. doi: 10.3969/j.issn.1003-0972.2002.04.012.
- 许春萱, 钟黎, 杜献洲, 等. 人工栽培铁皮石斛中微量元素的测定 [J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2002, 15(4): 411–412. doi: 10.3969/j.issn.1003-0972.2002.04.012.
- [20] XU Y Y, WANG L Y, HUANG B, et al. Comparison of contents of polysaccharides and alkaloids in *Dendrobium* from different harvest time [J]. W China J Pharm Sci, 2014, 29(3): 288–291. doi: 10.13375/j.cnki.wcjps.2014.03.019.
- 徐云燕, 王令仪, 黄彬, 等. 不同生长期金钗石斛和铁皮石斛中总生物碱及多糖的比较 [J]. 华西药科学杂志, 2014, 29(3): 288–291. doi: 10.13375/j.cnki.wcjps.2014.03.019.
- [21] TANG L, LI J, LONG H, et al. Content differences of total polysaccharides, total alkaloids and total flavonoids from stems and leaves of *Dendrobium candidum* at different growth ages [J]. Guangdong Agri Sci, 2015, 42(8): 17–20. doi: 10.3969/j.issn.1004-874X.2015.08.004.
- 唐丽, 李菁, 龙华, 等. 不同生长龄铁皮石斛茎与叶中总多糖、总生物碱及总黄酮含量的差异 [J]. 广东农业科学, 2015, 42(8): 17–20. doi: 10.3969/j.issn.1004-874X.2015.08.004.
- [22] NING Z X. Handbook of Food Composition Analysis [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998: 121–123.
- 宁正祥. 食品成分分析手册 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998: 121–123.
- [23] YU Q X, GUO Y Y, SI J P, et al. Variation of polysaccharides and alcohol-soluble extracts content of *Dendrobium officinale* [J]. China J Chin Mat Med, 2014, 39(24): 4769–4772. doi: 10.4268/cjcm20142414.
- 俞巧仙, 郭英英, 斯金平, 等. 铁皮石斛多糖和醇溶性浸出物动态累积规律研究 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(24): 4769–4772. doi: 10.4268/cjcm20142414.
- [24] ZHENG Q P, QIU D S, LIU X J, et al. Extraction of anti-tumor constituents derived from *Dendrobium officinale* [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(5): 12–17.
- 郑秋平, 邱道寿, 刘晓津, 等. 铁皮石斛抗肿瘤活性成分的探究 [J]. 现代食品科技, 2014, 30(5): 12–17.
- [25] MA G X, XU G J, XU L S, et al. Inhibitory effects of *Dendrobium*



- chrysotoxum* and its constituents on the mouse HePA and ESC [J]. J China Pharm Univ, 1994, 25(3): 188–189.
- 马国祥, 徐国钧, 徐璐珊, 等. 鼓槌石斛及其化学成分的抗肿瘤活性作用 [J]. 中国药科大学学报, 1994, 25(3): 188–189.
- [26] WANG J, CHEN H X, XING L S, et al. Comparative analysis of bioactive components of *Dendrobium candidum* from different producing areas of Hainan [J]. Nat Prod Res Dev, 2015, 27(5): 768–773. doi: 10.16333/j.1001-6880.2015.05.004.
- 王佳, 陈海霞, 邢利沙, 等. 海南不同产区铁皮石斛活性成分的比较研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(5): 768–773. doi: 10.16333/j.1001-6880.2015.05.004.
- [27] ZHA X Q, WANG J H, PAN L H, et al. Study on antioxidant activity of polysaccharides from *Dendrobium* species [J]. Food Sci, 2007, 28(10): 90–93. doi: 10.3321/j.issn:1002-6630.2007.10.017.
- 查学强, 王军辉, 潘利华, 等. 石斛多糖体外抗氧化活性的研究 [J]. 食品科学, 2007, 28(10): 90–93. doi: 10.3321/j.issn:1002-6630.2007.10.017.
- [28] WU R Z, YANG B X, LI Y P, et al. Effects of *Dendrobium candidum* on blood pressure during 36 weeks in stroke-prone spontaneously hypertensive rats [J]. Zhejiang J Trad Chin Med, 2010, 45(10): 723–72. doi: 10.3969/j.issn.0411-8421.2010.10.013.
- 吴人照, 杨兵勋, 李亚平, 等. 铁皮石斛对易卒中型自发性高血压大鼠(SHR-sp) 36周血压影响的实验研究 [J]. 浙江中医杂志, 2010, 45(10): 723–725. doi: 10.3969/j.issn.0411-8421.2010.10.013.
- [29] ZHU R Q, YU M Y, LI Z G. The primary study on the effect of ethanol extract of *Dendrobium* on toad heart and anticoagulation [J]. J West Anhui Univ, 2009, 25(2): 96–99. doi: 10.3969/j.issn.1009-9735.2009.02.027.
- 朱仁全, 余茂耘, 李志刚. 霍山铁皮石斛醇提液对蟾蜍心脏及抗凝血作用的初步研究 [J]. 皖西学院学报, 2009, 25(2): 96–99. doi: 10.3969/j.issn.1009-9735.2009.02.027.
- [30] WU J W, BAO J L, LÜ Y P, et al. Determination of the content of total flavonoids in *Dendrobium officinale* Kimura et Migo from Yueqing [J]. J Anhui Agri Sci, 2011, 39(18): 10856,10884. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2011.18.050.
- 吴佳雯, 鲍佳路, 吕耀平, 等. 乐清市铁皮石斛总黄酮含量的测定 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(18): 10856,10884. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2011.18.050.