

# 不同品系多花黄精药理和食用成分比较研究

孙思宇, 王华磊\*, 陈松树, 李金玲, 罗春丽, 李丹丹

(贵州大学农学院, 贵阳 550025)

**摘要:** **目的** 研究比较不同品系多花黄精的药用、营养价值差异, 并进行综合评价。**方法** 以 DH-1、DH-2、DH-3、DH-4、DH-5、DH-6 6 个品系多花黄精地下部分作为实验材料, 分别测量其水分、灰分、浸出物、多糖、总黄酮、总皂苷、总酚、可溶性糖、还原糖、脂肪、蛋白质、矿质元素指标, 并利用隶属函数法进行综合评价。**结果** 多花黄精不同品系间营养价值和药用价值均存在显著差异。其中, DH-6 的多糖含量最高, DH-3 浸出物含量最高, DH-4 的总黄酮、总酚和脂肪含量最高, DH-2 的总皂苷和还原糖含量最高, DH-1 的可溶性糖和蛋白质含量最高; 6 个品系均含有常量元素和微量元素。综合评价分析发现, 6 个品系的药用价值综合评分大小顺序依次为 DH-1>DH-3>DH-4>DH-6>DH-5>DH-2, DH-1 的综合评分最高; 6 个品系的营养指标综合评分大小顺序依次为 DH-1>DH-2>DH-6>DH-4>DH-3>DH-5, DH-1 的综合评分最高。**结论** DH-1 既适合药用也适合食用, 同时也可按照相应需求对其展开进一步的开发及利用。

**关键词:** 多花黄精; 药理成分; 食用成分; 矿质元素; 隶属函数

## Comparative study on pharmacological and edible components of different strains of *Polygonatum polyflora*

SUN Si-Yu, WANG Hua-Lei\*, CHEN Song-Shu, LI Jin-Ling, LUO Chun-Li, LI Dan-Dan

(School of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**ABSTRACT: Objective** To compare the differences in medicinal and nutritional values of different strains of *Polygonatum polyflora*, and conduct a comprehensive evaluation. **Methods** The underground part of 6 strains of *Polygonatum polyflora* (DH-1, DH-2, DH-3, DH-4, DH-5, DH-6) were used as experiments materials. The indexes of moisture, ash, leachate, polysaccharides, total flavonoids, total saponins, total phenols, soluble sugars, reducing sugars, fats, proteins, and mineral elements were measured respectively, and the membership function method was used for comprehensive evaluation. **Results** There were significant differences in nutritional values and medicinal values between different strains of *Polygonatum polyflora*. Among them, DH-6 had the highest content of polysaccharides, DH-3 had the highest content of leachables, DH-4 had the highest content of total flavonoids, total phenols and fats, DH-2 had the highest content of total saponins and reducing sugars, and DH-1 had the highest soluble sugar and protein content; 6 strains all contained constant elements and trace elements. The comprehensive

**基金项目:** 国家重点研发计划项目(2021YFD1601002)、贵州省种业专项([2022]10 号)、苏铜合作科技项目([2022]05 号)、贵阳市科技计划项目[筑科合同(2022)3-3]

**Fund:** Supported by the National Key Research and Development Program of China (2021YFD1601002), the Guizhou Province Seed Industry Special Project ([2022]No.10), the Sutong Cooperative Science and Technology Project ([2022]No.05), and the Guiyang Science and Technology Plan Project [Zhuke Contract (2022)3-3]

\***通信作者:** 王华磊, 博士, 教授, 主要研究方向为药用植物栽培的教学与研究。E-mail: 273649438@qq.com

\***Corresponding author:** WANG Hua-Lei, Ph.D, Professor, College of Agriculture, Guizhou University, No.2708, South Section of Huaxi Avenue Huaxi District, Guiyang 550025, China. E-mail: 273649438@qq.com

evaluation analysis found that the comprehensive scores of medicinal value of 6 strains were DH-1>DH-3>DH-4>DH-6>DH-5>DH-2, and DH-1 had the highest comprehensive scores. The comprehensive score size of the nutritional indicators of 6 strains was DH-1>DH-2>DH-6>DH-4>DH-3>DH-5, and DH-1 had the highest comprehensive score. **Conclusion** DH-1 is suitable for both medicinal and consumption, and it can be further developed and utilized according to the corresponding needs.

**KEY WORDS:** *Polygonatum polyflora*; pharmacological components; edible components; mineral elements; membership function

## 0 引言

多花黄精(*Polygonatum cyrtneema* Hua.)是百合科黄精属多年生草本植物,广泛分布于长江以南地区,其中主要分布区有贵州、浙江、湖南、湖北、四川等地,生长于林下、灌丛等阴湿地方,是 2020 年版药典收录的 3 个黄精基原之一,以根茎入药,为传统药食两用的大宗药材<sup>[1]</sup>。

多花黄精含有糖类<sup>[2]</sup>、皂苷类<sup>[3]</sup>、生物碱类<sup>[4]</sup>、黄酮类和萜醌类<sup>[5-6]</sup>、氨基酸和微量元素<sup>[7-8]</sup>、植物甾醇类<sup>[9]</sup>、木脂素类<sup>[10]</sup>、少量的挥发油<sup>[11]</sup>等多种化学成分。现代药理研究表明,黄精多糖、皂苷类、黄酮类、多酚物质是其主要活性成分。药理成分是发挥临床药理作用的重要物质基础:其中对多糖的研究比较多,研究表明多糖具有抗疲劳、抗肿瘤、降血糖和提高免疫力等多种作用<sup>[12-15]</sup>,且多糖还与其他活性成分共同参与、作用于不同生理反应;除此以外,皂苷也是黄精属植物主要活性成分之一,该成分具有抗抑郁、提高免疫力、降血糖和改善学习记忆能力等功效<sup>[16-19]</sup>;黄酮也是黄精一种重要化学成分,其具有抗病毒、抗肿瘤、抗衰老及保护心脑血管等药理作用<sup>[20-21]</sup>;另外,由于酚类物质具有较好的抗氧化性,也成为评价药材质量的重要指标之一<sup>[22]</sup>。营养成分测定包括游离氨基酸、可溶性淀粉、可溶性蛋白、总糖、可溶性总糖、粗脂肪、粗纤维等。

目前,对多花黄精的营养成分、药用成分研究主要都是针对于不同品种<sup>[23]</sup>、产地来源<sup>[24-26]</sup>、生长年限<sup>[27]</sup>的成分研究,不同来源的黄精品质差异较大。品系是品种的结构单位,品系的优良程度直接关系到后期优良品种的选育,且目前尚未见不同品系多花黄精主要化学成分分析的报告。课题组前期发现多花黄精在叶型、茎秆颜色等方面会呈现不同的性状,故根据以上生物学特性划分出 6 个品系(表 1),本研究以 6 个不同品系多花黄精作为实验材料,分析比较其药用成分、营养成分及矿质元素含量差异,并利用隶属函数法进行综合评价,进而为多花黄精优质种质资源开发利用及优良品系选育到后期推广提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

6 个不同品系多花黄精生长年限为 3 年,产自贵州省铜仁市印江县,主要特征性状见表 1,以下分别表示为 DH-1、DH-2、DH-3、DH-4、DH-5、DH-6。

表 1 6 个品系多花黄精主要特征性状

Table 1 Main characteristics of 6 strains of *Polygonatum polyflora*

	DH-1	DH-2	DH-3	DH-4	DH-5	DH-6
秆颜色	青色	青色	紫色	青色	紫色	紫色
叶型	椭圆形	卵圆形	卵圆形	披针形	椭圆形	披针形
叶尖	突尖	渐尖	渐尖	渐尖	急尖	渐尖
叶脉	弧形脉					

葡萄糖对照品(纯度 99.61%)、人参皂苷 Rb1(纯度 98%)、芦丁(纯度 98%)、没食子酸(纯度 98%)、福林酚(北京索莱宝科技有限公司);钾(K)、钙(Ca)、磷(P)、镁(Mg)、铁(Fe)、锌(Zn)、硼(B)、铜(Cu)、锰(Mn)、钠(Na)元素标准溶液(1000 μg/mL,国家有色金属及电子材料分析测试中心);无水乙醇、氢氧化钠、硫酸铜、硫酸钾、苯酚、蔗糖、亚硝酸钠(分析纯,成都金山化学试剂有限公司);萘酚、亚硫酸钠(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);冰醋酸、硫酸、硝酸、盐酸[分析纯,重庆山东化工(集团)有限公司];硝酸铝、3,5-二硝基水杨酸、酒石酸钾钠(分析纯,上海麦克林生化科技有限公司);香草醛[分析纯,阿拉丁试剂(上海)有限公司];高氯酸(分析纯,成都市科隆化学品有限公司);碳酸钠、硼酸(分析纯,天津市永大化学试剂有限公司);石油醚、乙酸乙酯(分析纯,天津市富宇精细化工有限公司);活性炭(天津市光复科技发展有限公司);甲基红、溴甲酚绿(天津市光复精细化工研究所)。

### 1.2 仪器与设备

PR224ZH 万分之一电子天平[奥豪斯仪器(常州)有限公司];101-4 型电热鼓风干燥箱(北京科伟永兴仪器有限公司);Multiskan 全波长酶标仪(美国 Thermo Scientific Fisher 公司);SB-5200DT 型超声波清洗器(宁波新芝生物科技股份有限公司);UV2600 紫外可见分光光度计(上海天美科学仪器有限公司);ICP-OES Optima 8000 型等离子体发射光谱仪(美国 Perkin Elmer 公司);Kjeltec 8400 型凯氏定氮仪(丹麦 FOSS 公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 药用成分含量测定

浸出物参照 2020 版《中国药典》浸出物测定方法;多糖参照 2020 版《中国药典》多糖测定方法,标准品溶液质量浓度在 0~0.165 mg/mL 范围内线性关系良好,标准曲线方程

为  $Y=2.7152X+0.0087$ ,  $r^2=0.998$ ; 总黄酮参照陈怡等<sup>[27]</sup>方法测定, 标准品溶液质量浓度在 0~0.44 mg/mL 范围内线性关系良好, 标准曲线方程为  $Y_1=0.267X_1+0.0012$ ,  $r_1^2=0.9986$ ; 总皂苷参照焦劫<sup>[28]</sup>方法测定, 标准品溶液质量浓度在 0.006~0.043 mg/mL 范围内线性关系良好, 标准曲线方程为  $Y_2=1.1818X_2-0.008$ ,  $r_2^2=0.9982$ ; 总酚参照冯廷辉等<sup>[29]</sup>的方法测定, 标准品溶液质量浓度在 0.005~0.042 mg/mL 范围内线性关系良好, 标准曲线方程为  $Y_3=14.561X_3+0.0309$ ,  $r_3^2=0.9919$ 。

### 1.3.2 营养成分含量测定

水分含量测定参照 2020 年《中国药典》水分测定方法; 灰分含量测定参照 2020 年《中国药典》灰分测定方法; 粗脂肪测定参考 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》; 总蛋白含量采用凯氏定氮法测定; 矿物质元素测定: N 元素含量采用凯氏定氮法测定, K、Ca、P、Mg、Na、Fe、Cu、Zn、Mn、B 元素含量用电感耦合等离子体发射光谱法(inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, ICP)测定。

可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法测定, 实验结果表明, 标准品质量浓度在 0~0.042 mg/mL 范围内线性关系良好, 标准曲线方程为  $Y=48.295X+0.0539$ ,  $r^2=0.9994$ 。

还原糖含量测定采用二硝基水杨酸法测定, 实验结果表明, 标准品质量浓度在 0~0.34 mg/mL 范围内线性关系良好, 标准曲线方程为  $Y=0.2845X+0.0012$ ,  $r^2=0.9996$ 。

以上所有成分含量均以干物质计。

## 1.4 综合评价

通过对各指标测量值进行定量转换, 进一步得出各个指标下的平均隶属函数值, 其中数值越高, 代表该品系多花黄精综合评价最好。

函数计算公式如式(1)、(2), 若某一指标大小与评判结果成负相关, 须用反隶属函数对测量值进行转化:

隶属函数:

$$Z_1 = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

反隶属函数:

$$Z_2 = 1 - \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中,  $Z_1$  和  $Z_2$  表示隶属函数值;  $X_i$  为多花黄精指标的测定值,  $X_{\min}$  和  $X_{\max}$  表示多花黄精相同评价指标下所有测定值的最大值和最小值。将浸出物、多糖、总黄酮、总皂苷、总酚、可溶性糖、还原糖、脂肪、蛋白质含量设置为优秀评价指标; 将灰分含量设为不良评价指标, 分别计算不同品系多花黄精的隶属函数总和, 最终进行排序比较。

## 1.5 数据处理

采用 Excel 2010 进行数据整理, 运用 SPSS 26.0 进行

数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 多花黄精基础指标

6 个品系多花黄精基础指标见表 2, DH-1 折干率最高, 可达 33.79%, DH-2 折干率最低, 只有 22.80%; 水分含量均低于 18%, 灰分含量均低于 4%, 均符合 2020 年版《中国药典》。

表 2 6 个品系多花黄精品系基础指标(% , n=3)  
Table 2 Underlying metrics of 6 strains of *Polygonatum polyflora* strains (% , n=3)

材料	折干率	水分	灰分
DH-1	33.79±1.86 <sup>a</sup>	3.05±0.08 <sup>c</sup>	1.70±0.23 <sup>bc</sup>
DH-2	22.80±0.82 <sup>d</sup>	6.83±0.14 <sup>a</sup>	2.41±0.18 <sup>a</sup>
DH-3	31.35±1.54 <sup>ab</sup>	3.25±0.27 <sup>c</sup>	1.75±0.05 <sup>bc</sup>
DH-4	25.54±0.80 <sup>cd</sup>	5.11±0.34 <sup>b</sup>	1.93±0.27 <sup>b</sup>
DH-5	29.84±1.36 <sup>b</sup>	4.70±0.25 <sup>b</sup>	1.62±0.13 <sup>bc</sup>
DH-6	26.33±2.40 <sup>e</sup>	4.83±0.15 <sup>b</sup>	1.58±0.07 <sup>c</sup>

注: 同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ), 下同。

### 2.2 多花黄精矿物质元素含量

不同品系多花黄精根茎样品常量元素含量如表 3 所示, 变异系数为 7.03%~28.56%, 表明不同品系间矿物质元素含量差异大, 各品系间含量趋势为  $K>Ca>P>Na>N>Mg$ , 但 DH-2 中  $N>Na$ 。DH-2 中 Na 含量显著高于 DH-4 ( $P<0.05$ ), 但与其他 4 个品系均无显著差异( $P>0.05$ ), 其中的 K、P、Mg、Na、N 含量均最高, 而 Ca 在 DH-1 中含量最高, 表明不同品系多花黄精中特征元素具有差异。

中药材的药效与其所含微量元素种类及含量有很大相关性。不同品系多花黄精根茎样品微量元素含量如表 4 所示, 变异系数在 13.26%~38.46%内波动, 表明含量差异较大。总体来看, 元素含量趋势  $Mn>Fe>B>Zn>Cu$ , 但不同品系之间元素含量大小有一定差异, 对于 Cu 元素, DH-2 显著高于其他 5 个品系( $P<0.05$ ), 这 5 个品系间含量差异并不显著( $P>0.05$ ), DH-6 中 Zn 元素、DH-3 中 Mn 元素及 DH-2 中 B 元素含量均显著高于其他品系( $P<0.05$ ), 而 Fe 元素是 DH-4 的特征元素。通过对常量元素及微量元素的结果表明, 不同品系中特征元素具有差异, 为今后生产过程中合理施肥及种植提供有利依据, 从而对多花黄精开发利用提供基础。

### 2.3 多花黄精药用成分含量

6 个不同多花黄精品系的主要药用成分浸出物、多糖、总黄酮、总皂苷和总酚含量见表 5。其中变异系数在 0.05%~78.61%之间, 不同活性成分变异系数的差异说明不同品系之间变化程度较大。根据 2020 年《中国药典》规定, 浸出物、多糖均达到标准, 活性成分含量: 浸出物>多糖>总皂苷>总黄酮>总酚, 但 DH-1 和 DH-3 总黄酮含量较低, 总酚含量较高。DH-3 浸出物含量显著高于 DH-2 ( $P<0.05$ ),

但与其他 4 个品系并无显著性差异( $P>0.05$ ); DH-6 虽然多糖含量显著高于 DH-2 ( $P<0.05$ ), 但同样与其他品系相比无显著差异( $P>0.05$ ); DH-4 中含有较高的总黄酮和总酚, DH-2 中总皂苷含量较高。本研究通过测定不同品系多花黄精的药用成分发现: 不同品系多花黄精的药用成分含量差异并无一致性, 这为更多未知的药理作用提供了很好的原材料。

## 2.4 多花黄精营养成分含量

6 个不同多花黄精品系的营养成分可溶性糖、还原糖、

脂肪和蛋白质含量见表 6。其中差异系数为 3.67%~14.58%, 表明 6 个不同多花黄精品系间差异较大。各指标含量大小均为可溶性糖>蛋白质>还原糖>脂肪, 成分含量表现出差异, 为之后多花黄精的综合评价及利用提供了理论基础。黄精块茎所含有的营养指标对其口感造成一定的影响, 测定结果表明 DH-4 含有较高的脂肪, DH-2 还原糖含量较高, 而 DH-1 可溶性糖和蛋白质均较高。从上述结果来看, 多花黄精含有多种食用成分, 这为多花黄精开发及利用奠定了基础。

表 3 6 个多花黄精品系常量元素含量(mg/kg, n=3)  
Table 3 Content of macro element in 6 strains of *Polygonatum polyflora* strains (mg/kg, n=3)

材料	K	Ca	P	Mg	Na	N
DH-1	2543.18±252.13 <sup>c</sup>	2354.35±73.86 <sup>a</sup>	1609.36±63.24 <sup>d</sup>	493.11±10.72 <sup>d</sup>	1396.79±250.36 <sup>ab</sup>	611.80±137.08 <sup>c</sup>
DH-2	4874.63±514.75 <sup>a</sup>	2300.37±45.41 <sup>ab</sup>	1907.93±28.42 <sup>a</sup>	637.86±23.55 <sup>a</sup>	1434.57±42.50 <sup>a</sup>	1818.65±11.11 <sup>a</sup>
DH-3	2755.68±43.13 <sup>c</sup>	2028.07±24.98 <sup>c</sup>	1365.36±21.45 <sup>c</sup>	413.51±13.90 <sup>c</sup>	1298.45±20.59 <sup>ab</sup>	956.37±49.82 <sup>ab</sup>
DH-4	3592.22±215.97 <sup>b</sup>	2256.49±57.07 <sup>b</sup>	1702.40±21.89 <sup>c</sup>	515.81±9.83 <sup>d</sup>	1194.41±16.04 <sup>b</sup>	787.12±4.46 <sup>bc</sup>
DH-5	2702.81±277.92 <sup>c</sup>	2242.44±41.70 <sup>b</sup>	1395.51±27.01 <sup>c</sup>	566.39±22.42 <sup>c</sup>	1262.49±13.96 <sup>ab</sup>	889.07±227.39 <sup>ab</sup>
DH-6	2514.11±205.22 <sup>c</sup>	1960.19±16.71 <sup>c</sup>	1816.92±48.78 <sup>b</sup>	601.03±22.08 <sup>b</sup>	1264.32±26.50 <sup>ab</sup>	875.11±98.23 <sup>ab</sup>
平均值	3163.77	2190.32	1632.91	537.95	1308.50	856.35
标准差	903.69	153.97	209.50	77.52	122.42	166.74
变异系数/%	28.56	7.03	12.83	14.41	9.36	19.47

表 4 6 个多花黄精品系微量元素含量(mg/kg, n=3)  
Table 4 Content of micro elements in 6 strains of *Polygonatum polyflora* strains (mg/kg, n=3)

材料	Cu	Zn	Mn	B	Fe
DH-1	13.04±0.87 <sup>b</sup>	19.03±0.57 <sup>b</sup>	40.87±1.01 <sup>c</sup>	23.59±1.23 <sup>bc</sup>	63.59±4.40 <sup>ab</sup>
DH-2	19.46±4.56 <sup>a</sup>	14.47±0.92 <sup>d</sup>	76.52±7.95 <sup>c</sup>	41.94±11.01 <sup>a</sup>	61.51±2.69 <sup>bc</sup>
DH-3	10.89±0.53 <sup>b</sup>	12.88±0.86 <sup>c</sup>	116.26±9.41 <sup>a</sup>	19.66±0.71 <sup>c</sup>	68.25±6.43 <sup>ab</sup>
DH-4	13.22±1.83 <sup>b</sup>	12.98±0.52 <sup>c</sup>	48.32±1.33 <sup>de</sup>	30.43±2.27 <sup>b</sup>	70.19±4.55 <sup>a</sup>
DH-5	10.71±1.15 <sup>b</sup>	16.47±1.11 <sup>c</sup>	56.47±3.35 <sup>d</sup>	21.24±0.91 <sup>c</sup>	49.88±3.19 <sup>d</sup>
DH-6	10.70±0.70 <sup>b</sup>	22.60±0.38 <sup>a</sup>	92.89±7.11 <sup>b</sup>	18.59±0.11 <sup>c</sup>	55.05±3.36 <sup>cd</sup>
平均值	13.00	16.40	71.89	25.91	61.41
标准差	3.63	3.65	27.65	9.24	8.14
变异系数/%	27.92	22.26	38.46	35.66	13.26

表 5 6 个不同品系多花黄精药用成分含量(% , n=3)  
Table 5 Content of medicinal components in 6 strains of *Polygonatum polyflora* (% , n=3)

材料	浸出物	多糖	总黄酮	总皂苷	总酚
DH-1	66.58±0.05 <sup>a</sup>	10.48±0.51 <sup>ab</sup>	0.23±0.08 <sup>c</sup>	6.18±1.73 <sup>b</sup>	0.43±0.12 <sup>bc</sup>
DH-2	57.48±0.01 <sup>b</sup>	9.21±0.51 <sup>b</sup>	1.12±0.80 <sup>ab</sup>	7.63±1.11 <sup>a</sup>	0.48±0.10 <sup>ab</sup>
DH-3	68.59±0.02 <sup>a</sup>	10.90±0.93 <sup>a</sup>	0.18±0.07 <sup>c</sup>	4.34±0.49 <sup>c</sup>	0.46±0.15 <sup>abc</sup>
DH-4	62.53±0.02 <sup>ab</sup>	9.53±0.56 <sup>ab</sup>	1.36±1.10 <sup>a</sup>	6.02±1.84 <sup>b</sup>	0.54±0.09 <sup>a</sup>
DH-5	63.96±0.06 <sup>a</sup>	9.39±0.76 <sup>ab</sup>	1.11±0.54 <sup>ab</sup>	5.86±0.77 <sup>b</sup>	0.27±0.05 <sup>d</sup>
DH-6	64.76±0.01 <sup>a</sup>	10.95±1.28 <sup>a</sup>	0.55±0.19 <sup>bc</sup>	4.14±0.96 <sup>c</sup>	0.38±0.03 <sup>c</sup>
平均值	63.98	10.08	0.75	5.70	0.43
标准差	0.03	0.81	0.59	1.25	0.10
变异系数/%	0.05	7.99	78.61	21.95	22.77

表 6 6 个不同品系多花黄精营养成分含量(%)  
Table 6 Nutrient content of 6 different strains of *Polygonatum polyflora* (%)

材料	可溶性糖	还原糖	脂肪	蛋白质
DH-1	11.43±0.30 <sup>a</sup>	1.77±0.04 <sup>b</sup>	0.23±0.00 <sup>c</sup>	6.37±0.07 <sup>a</sup>
DH-2	8.87±0.34 <sup>c</sup>	7.53±0.28 <sup>a</sup>	0.48±0.00 <sup>b</sup>	4.92±0.03 <sup>bc</sup>
DH-3	5.51±0.16 <sup>d</sup>	1.46±0.07 <sup>c</sup>	0.47±0.13 <sup>b</sup>	3.82±0.86 <sup>c</sup>
DH-4	10.33±0.45 <sup>b</sup>	1.95±0.14 <sup>b</sup>	0.66±0.03 <sup>a</sup>	5.56±1.42 <sup>ab</sup>
DH-5	11.33±0.43 <sup>a</sup>	0.67±0.08 <sup>d</sup>	0.13±0.01 <sup>c</sup>	5.98±0.31 <sup>ab</sup>
DH-6	10.52±0.38 <sup>b</sup>	2.00±0.04 <sup>b</sup>	0.39±0.05 <sup>b</sup>	5.47±0.61 <sup>ab</sup>
平均值	9.67	2.56	0.39	5.35
标准差	0.36	0.14	0.06	0.73
变异系数/%	3.67	5.42	14.58	13.71

## 2.5 多花黄精不同品系综合评价分析

多花黄精根茎肥厚, 状如甘薯, 口感甜糯, 生熟皆宜, 食用方法多样化, 具有成为优质膳食原料的潜力, 在物质成分上, 可充分发挥其药理作用, 推进多花黄精产业化发展。隶属函数分析以多个指标为基础对实验材料进行综合评价, 可在一定程度上避免单一指标的片面影响, 能较为全面地评价实验材料所具有的价值, 从而使实验结果更具说服力。多花黄精的药用价值综合评价见表 7, 6 个品系隶属函数值在 0.34~0.51 之间, 且 DH-1、DH-3 较高, 品质较优, 多花黄精药用价值由高到低为: DH-1>DH-3>DH-4>DH-6>DH-5>DH-2, DH-1 的综合评分最高, DH-2 的综合评分最低。对多花黄精的营养价值综合评价见表 8, 6 个品系隶属函数值在 0.33~0.62 之间, 其中 DH-1 远远高于其他 5 个品系, 可以得出多花黄精营养价值从高到低为: DH-1>DH-2>DH-6>DH-4>DH-3>DH-5, DH-1 的综合评分最高, DH-5 的综合评分最低, 相对来说 DH-1 具有开发成食品的潜质。隶属函数的综合评分表明: DH-1 在药理及食用品质方面体现出较优的评分, 但在个别指标上也会低于其他指标, 所以也可根据不同食用要求及不同目的, 对多花黄精进行开发及利用。综合以上分析得出, DH-1

适宜推广。

## 3 结论与讨论

中药材为特殊的经济作物, 不同品系多花黄精化学成分均有不同程度差异。由文献报道可知<sup>[30-31]</sup>, 药用黄精和食用黄精产生的次生代谢物有较大差异, 这些不同次生代谢物会对药材质量及有效性产生根本性的影响, 植物在其生长过程中会因为不同的环境压力而产生丰富的次生代谢物质, 其中包括生物胁迫和非生物胁迫。同时, 多花黄精的不同生长年限, 生长的环境(如是否遮荫)及处理材料的方式都可能会对不同成分含量产生影响。

本研究结果表明, DH-6 的多糖含量最高, DH-3 浸出物含量最高, DH-4 的总黄酮、总酚和脂肪含量最高, DH-2 的总皂苷和还原糖含量最高, DH-1 的可溶性糖和蛋白质含量最高。6 个品系的药用价值综合评分大小顺序依次为 DH-1>DH-3>DH-4>DH-6>DH-5>DH-2, DH-1 的综合评分最高; 营养指标综合评分大小顺序依次为 DH-1>DH-2>DH-6>DH-4>DH-3>DH-5, DH-1 的综合评分最高, 综上, DH-1 既适合药用也适合食用, 但可根据不同的需求对其展开进一步的开发及利用。

表 7 药用指标隶属函数值  
Table 7 Medicinal index membership function value

成分	品系					
	DH-1	DH-2	DH-3	DH-4	DH-5	DH-6
浸出物	0.69	0.06	0.83	0.41	0.51	0.57
多糖	0.50	0.17	0.61	0.25	0.32	0.62
总黄酮	0.04	0.29	0.02	0.36	0.29	0.13
总皂苷	0.55	0.79	0.25	0.53	0.50	0.25
总酚	0.46	0.56	0.52	0.69	0.14	0.34
灰分	0.80	0.15	0.75	0.59	0.87	0.90
隶属函数值	0.51	0.34	0.50	0.47	0.44	0.47
综合排序	1	6	2	3	5	4

表 8 营养指标隶属函数值  
Table 8 Nutrition index membership function value

成分	品系					
	DH-1	DH-2	DH-3	DH-4	DH-5	DH-6
可溶性糖	0.94	0.54	0.03	0.77	0.92	0.80
还原糖	0.16	0.96	0.12	0.19	0.02	0.19
脂肪	0.20	0.64	0.64	0.96	0.02	0.49
蛋白质	0.82	0.48	0.34	0.63	0.73	0.61
K	0.84	0.42	0.12	0.13	0.15	0.07
Ca	0.74	0.65	0.85	0.62	0.18	0.05
P	0.95	0.60	0.44	0.08	0.04	0.79
Mg	0.90	0.44	0.36	0.63	0.09	0.76
Na	0.50	0.03	0.43	0.16	0.23	0.16
N	0.82	0.48	0.34	0.63	0.73	0.61
Fe	0.50	0.81	0.57	0.13	0.74	0.27
Cu	0.66	0.25	0.23	0.12	0.09	0.08
Zn	0.21	0.08	0.64	0.40	0.10	0.97
Mn	0.42	0.10	0.02	0.19	0.88	0.61
B	0.65	0.33	0.14	0.08	0.03	0.01
隶属函数值	0.62	0.45	0.35	0.38	0.33	0.43
综合排序	1	2	5	4	6	3

本研究只针对部分活性成分进行了分析, 而对于其他性状缺乏考虑, 且营养指标的丰富程度及各个指标之间的相关性也有待进一步研究, 为了今后更加有效地评价多花黄精的品系, 也为今后多花黄精的开发利用提供理论依据, 应该从农艺性状、化学成分到产量形成一个综合评价体系, 使得选育出的品种更加具有适应性、优质性、高产性等优异条件, 从而适应农业生产及进入市场。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.  
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: 2020 Edition I [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.

[2] 张静, 张艳贞, 陈文, 等. 四产地黄精中多糖含量及抗氧化活性比较[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 147-148, 152.  
ZHANG J, ZHANG YZ, CHEN W, et al. Comparison of polysaccharide content and anti-oxidant activity in *Polygonatum* from four different regions [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(2): 147-148, 152.

[3] 姜程曦, 张铁军, 陈常青, 等. 黄精的研究进展及其质量标志物的预测分析[J]. 中草药, 2017, 48(1): 1-16.  
JIANG CX, ZHANG TJ, CHEN CQ, et al. Research progress in *Polygonati rhizoma* and predictive analysis on Q-marker [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2017, 48(1): 1-16.

[4] 刘爽, 胡舒婷, 贾巧君, 等. 黄精的化学组成及药理作用的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33(10): 14.  
LIU S, HU ST, JIA QJ, et al. Advances in chemical constituents and pharmacological effects of *Polygonati rhizoma* [J]. Nat Prod Res Dev, 2021, 33(10): 14.

[5] 李小红, 杨显辉, 李安, 等. 滇黄精总黄酮超声辅助双水相提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(11): 234-238.

LI XH, YANG XH, LI AN, et al. Study on ultrasonic-assisted aqueous two-phase extraction of flavonoids from *Polygonatum kingianum* and its antioxidant activity [J]. Jiangsu Agri Sci, 2019, 47(11): 234-238.

[6] 彭小冰, 王和生, 杨涛. 黄精中蒽醌类化合物的含量分析[J]. 中国民族医药杂志, 2012, 18(8): 72-73.  
PENG XB, WANG HS, YANG T. Content analysis of anthraquinone compounds in *Polygonati rhizoma* [J]. J Med Pharm Chin, 2012, 18(8): 72-73.

[7] 刘彦东, 陈文生, 张权, 等. 不同生长期的黄精中氨基酸含量的测定与分析[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(2): 444-447.  
LIU YD, CHEN WS, ZHANG Q, et al. Determination and analysis of amino acid content in *Polygonati Rhizoma* at different growth stages [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2017, 28(2): 444-447.

[8] 涂明锋, 叶文峰, 彭靖, 等. 不同产地多花黄精化学成分含量比较分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(8): 198-200.  
TU MF, YE WF, PENG J, et al. Comparative analysis on the contents of chemical constituents of *Polygonatum cytonema* Hua from different producing areas [J]. Anhui Agric Sci, 2020, 48(8): 198-200.

[9] AHN MJ, CHO HY, LEE MK, et al. Bisdesmosidic cholestane glycoside from the rhizomes of *Polygonatum sibiricum* [J]. Nat Prod Sci, 2011, 17(3): 183-188.

[10] 陈辉, 朱莹, 孔江波, 等. 黄精中 1 个新的苯呋喃型木脂素[J]. 中草药, 2020, 51(1): 21-25.  
CHEN H, ZHU Y, KONG JB, et al. A new benzofuran lignan from rhizomes of *Polygonatum sibiricum* [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2020, 51(1): 21-25.

[11] 速莉, 刘峰, 介磊, 等. 黄精挥发油提取工艺的响应面法优化及抗氧化活性研究[J]. 华西药学杂志, 2020, 35(6): 613-616.  
LU L, LIU F, JIE L, et al. Optimization of extraction process by response surface methodology and antioxidant activity of volatile oil from *Polygonatum rhizoma* [J]. West China J Pharm Sci, 2020, 35(6): 613-616.

[12] 陈靓雯, 柯晓燕. 古法炮制多花黄精提取物抗疲劳作用研究及其机制探讨[J]. 科学技术创新, 2019, (4): 3-4.

- CHEN LW, KE XY. Study on the anti-fatigue effect of paleo-processed *Polygonatum cyrtonea* Hua. extract and its mechanism [J]. Sci Technol Innovat, 2019, (4): 3–4.
- [13] 于纯森, 刘宁, 宫铭海, 等. 黄精药理作用研究进展及在保健食品领域的应用开发[J]. 黑龙江科学, 2019, 10(18): 66–68.
- YU CM, LIU N, GONG MH, *et al.* Research progress and application development status of pharmacology of *Polygonatum sibiricum* [J]. Heilongjiang Sci, 2019, 10(18): 66–68.
- [14] 赵文莉, 赵晔, TSENG Y. 黄精药理作用研究进展[J]. 中草药, 2018, 49(18): 4439–4445.
- ZHAO WL, ZHAO Y, TSENG Y. Research progress on pharmacological effects of *Polygonati rhizoma* [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2018, 49(18): 4439–4445.
- [15] 李玲. 连续制备的多花黄精多糖的理化性质及活性研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018.
- LI L. Physicochemical properties and activities of continuously prepared polysaccharides [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2018.
- [16] 黄莺, 徐维平, 魏伟, 等. 黄精皂苷对慢性轻度不可预见性应激抑郁模型大鼠行为学及血清中微量元素的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2012, 47(3): 286–289.
- HUANG Y, XU WP, WEI W, *et al.* Effect of saponins of *Rhizoma polygonati* on the behaviors and trace elements in CUMS depressed model rats [J]. Acta Univ Med Anhui, 2012, 47(3): 286–289.
- [17] 徐维平, 祝凌丽, 魏伟, 等. 黄精总皂苷对慢性应激抑郁模型大鼠免疫功能的影响[J]. 中国临床保健杂志, 2011, 14(1): 59–61.
- XU WP, ZHU LL, WEI W, *et al.* The effect of saponins of *Rhizoma polygonati* on immunologic function of rats with chronic stress depression [J]. Chin J Clin Health, 2011, 14(1): 59–61.
- [18] YAN HL, LU JM, WANG YF, *et al.* Intake of total saponins and polysaccharides from *Polygonatum kingianum* affects the gut microbiota in diabetic rats [J]. Phytomedicine, 2017, 26: 45–54.
- [19] 耿甄彦, 徐维平, 魏伟, 等. 黄精皂苷对抑郁模型小鼠行为及脑内单胺类神经递质的影响[J]. 中国新药杂志, 2009, 18(11): 1023–1026.
- GENG ZY, XU WP, WEI W, *et al.* Effect of Saponins of *Rhizoma polygonati* on behaviors and monoamine neurotransmitters in mice depression model [J]. Chin J New Drugs, 2009, 18(11): 1023–1026.
- [20] 陶爱恩, 张晓灿, 杜泽飞, 等. 黄精属植物中黄酮类化合物及其药理活性研究进展[J]. 中草药, 2018, 49(9): 2163–2171.
- TAO AIEN, ZHANG XC, DU ZF, *et al.* Research progress on flavonoids in plants of *Polygonatum* Mill. and their pharmacological activities [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2018, 49(9): 2163–2171.
- [21] 赵海洋, 罗禹, 邓小宽, 等. 多花黄精的主要化学成分及抗氧化活性[J]. 安徽农业大学学报, 2020, 47(5): 793–797.
- ZHAO HY, LUO Y, DENG XK, *et al.* The main chemical constituents and antioxidant activities of *Polygonatum cyrtonea* Hua [J]. J Anhui Agric Univ, 2020, 47(5): 793–797.
- [22] 巫永华, 刘恩岐, 张建萍, 等. 黄精多酚的闪式提取及抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2017, 42(8): 231–236.
- WU YH, LIU ENQ, ZHANG JP, *et al.* Extraction and antioxidant activities of polyphenols from *Polygonatum* [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(8): 231–236.
- [23] 马永强, 沈盈, 王鑫, 等. 不同品种和地区黄精成分的主成分分析及聚类分析[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(11): 141–145.
- MA YQ, SHEN Y, WANG X, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis of the components of *Polygonatum* from different varieties and regions [J]. Cere Oils, 2021, 34(11): 141–145.
- [24] 王丹, 张鸿, 刘嘉丽, 等. 不同产地多花黄精生物活性成分含量比较[J]. 湖南农业科学, 2020, (7): 89–92, 96.
- WANG D, ZHANG H, LIU JL, *et al.* Comparative analysis of bioactive components of *Polygonatum cyrtonea* Hua from different habitats [J]. Hunan Agric Sci, 2020, (7): 89–92, 96.
- [25] 沈登峰, 李元春, 周和锋, 等. 不同种源黄精块茎的营养成分分析[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(11): 2253–2254, 2259.
- SHEN DF, LI YC, ZHOU HF, *et al.* Analysis of nutritional components of *Polygonatum sibiricum* from different provenances [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2020, 61(11): 2253–2254, 2259.
- [26] 王天梅, 陈松树, 李丹丹, 等. 不同产地黄精主要成分比较研究[J]. 特产研究, 2021, 43(4): 44–48, 52.
- WANG TM, CHEN SS, LI DD, *et al.* The comparative study on the main components of *Polygonatum cyrtonea* from different habitats [J]. Spec Wild Econ Anim Plant Res, 2021, 43(4): 44–48, 52.
- [27] 陈怡, 姚云生, 陈松树, 等. 多花黄精不同龄须根药材质量研究[J]. 山地农业生物学报, 2019, 38(6): 61–63, 79.
- CHEN Y, YAO YS, CHEN SS, *et al.* Study on the quality of radix in different ages of *Polygonatum cyrtonea* Hua. [J]. J Mount Agric Biol, 2019, 38(6): 61–63, 79.
- [28] 焦劼. 黄精种质资源研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- JIAO J. Study on *Polygonatum cyrtonea* resources [D]. Yangling: Northwest Agricultural and Forestry University, 2018.
- [29] 冯庭辉, 贾巧君, 郭晔, 等. 超声提取黄精总酚工艺的响应面法优化[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(9): 1780–1784.
- FENG TH, JIA QJ, GUO H, *et al.* Optimization of extraction technique of total phenol from *Polygonatum sibiricum* Red. by response surface [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2020, 61(9): 1780–1784.
- [30] 陈林, 王敏, 胡媛, 等. 药用与食用黄精次生代谢产物差异分析及改善胰岛素抵抗的活性成分与作用机制研究[J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34(9): 1582–1596.
- CHEN L, WANG M, HU Y, *et al.* Differential analysis of secondary metabolites of medicinal and edible *Polygonati rhizoma* and study on potential active components and mechanism of improving insulin resistance [J]. Nat Prod Res Dev, 2022, 34(9): 1582–1596.
- [31] YANG HJ, LAN YQ, WANG SH. Omics research progress of plant response to low temperature stress [J]. Shandong Agric Sci, 2020, 52(5): 142–148.

(责任编辑: 于梦娇 黄周梅)

## 作者简介

孙思宇, 硕士研究生, 主要研究方向为药用植物栽培。

E-mail: 978306303@qq.com

王华磊, 博士, 教授, 主要研究方向为药用植物栽培的教学与研究。

E-mail: 273649438@qq.com