

不同种源三叶崖爬藤表型多样性分析

杨旭^{1,2}, 杨志玲^{1,2,①}, 程小燕^{1,2}, 谭美^{1,2}

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400; 2. 浙江省林木育种技术研究重点实验室, 浙江 杭州 311400)

摘要: 对同质园栽培的来自 14 个种源的三叶崖爬藤 (*Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg) 的 10 个表型性状进行比较, 并进行聚类分析和相关性分析。结果表明: 除新稍长和单株块茎数量外, 三叶崖爬藤的茎粗、叶长、叶宽、单叶面积、块茎直径、单株块茎鲜质量以及块茎中总黄酮和多糖含量在种源间的差异达到极显著水平。三叶崖爬藤 10 个表型性状的变异系数在 17.03%~51.95% 之间, 其中, 块茎直径和单株块茎鲜质量的变异系数较大, 分别为 51.95% 和 48.59%。聚类分析结果显示: 14 个种源三叶崖爬藤聚为 2 类, 其中, 浙江 6 个种源聚为一类, 该类三叶崖爬藤的茎较纤细, 叶片较小, 块茎中总黄酮和多糖含量较高; 湖南、湖北、江西和广西种源聚为另一类, 该类三叶崖爬藤的茎粗壮, 叶片较大, 块茎直径和单株块茎鲜质量较大。相关性分析结果显示: 三叶崖爬藤块茎直径和单株块茎鲜质量与茎粗、新稍长、叶宽和单叶面积呈极显著正相关, 块茎中总黄酮和多糖含量与茎粗、新稍长、叶长、叶宽、单叶面积、块茎直径和单株块茎鲜质量总体上呈极显著负相关。研究结果显示: 三叶崖爬藤表型性状可作为种源划分和优良种源筛选的依据。

关键词: 三叶崖爬藤; 同质园栽培; 表型多样性; 变异系数; 聚类分析; 相关性分析

中图分类号: Q948.11; R282.2; S567.1⁺9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2019)03-0078-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2019.03.10

Analysis on phenotypic diversity of *Tetrastigma hemsleyanum* from different provenances YANG Xu^{1,2}, YANG Zhiling^{1,2,①}, CHENG Xiaoyan^{1,2}, TAN Mei^{1,2} (1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, China; 2. Key Laboratory of Tree Breeding of Zhejiang Province, Hangzhou 311400, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2019, 28(3): 78-83

Abstract: Ten phenotypic characters of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg from fourteen provenances cultivated in the common garden were compared, and cluster and correlation analyses were also conducted. The results show that except for new shoot length and tuber number per plant, there are extremely significant differences in stem diameter, leaf length, leaf width, single leaf area, tuber diameter, tuber fresh mass per plant, and total flavone and polysaccharide contents in tuber of *T. hemsleyanum* among provenances. Coefficient of variation of ten phenotypic characters of *T. hemsleyanum* is in the range of 17.03%-51.95%, in which, that of tuber diameter and tuber fresh mass per plant is relatively big, with values of 51.95% and 48.59%, respectively. The cluster analysis result shows that *T. hemsleyanum* from fourteen provenances can be clustered into two categories, in which, six provenances from Zhejiang are clustered into one category, which have relatively slender stem and small leaf but relatively high contents of total flavone and polysaccharide in tuber; provenances from Hu'nan, Hubei, Jiangxi, and Guangxi are clustered into the other category, which have strong stem, relatively big leaf, and relatively large tuber diameter and tuber fresh mass per plant. The result of correlation analysis shows that there are extremely significant positive correlations of tuber diameter and tuber fresh mass per plant of *T. hemsleyanum* with stem diameter, new shoot length, leaf width, and single leaf area, and in general, there are extremely negative correlations of total flavone and polysaccharide contents in tuber with stem diameter, new shoot length, leaf length, leaf width, single leaf area, tuber diameter, and

收稿日期: 2018-10-16

基金项目: 浙江省公益技术研究农业项目(2016C32029); 浙江省农业新品种选育重大科技专项(2016C02058-4)

作者简介: 杨旭(1979—), 女, 浙江建德人, 硕士, 助理研究员, 主要从事药用植物选育和遗传育种方面的研究。

①通信作者 E-mail: zlyang0002@126.com

tuber fresh mass per plant. It is suggested that phenotypic characters of *T. hemsleyanum* can be used as the criteria for provenance division and screening of superior provenance.

Key words: *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg; common garden cultivation; phenotypic diversity; coefficient of variation; cluster analysis; correlation analysis

植物的表型包括植物性状、组织结构以及有效成分的组成和含量等^[1],是基因型对外界环境变化的适应性响应,是植物在长期的选择压力下产生的不可逆变化并可稳定遗传^[2]。表型变异在物种进化和生态适应上有重要意义,对表型变异的研究有助于了解遗传因子和环境因子对植物群体的影响。同质园实验(common garden experiment)是将不同种源的个体引种栽培在同一地点,保证其生境一致,剔除表型变异中的环境效应,检测种源间表型变异是否为适应环境的结果^[3]。由于植物表型变异的影响因子错综复杂,通过同质园实验来揭示表型性状与遗传背景和生态环境间的相互关系有重要意义。

三叶崖爬藤(*Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg)隶属于葡萄科(Vitaceae)崖爬藤属[*Tetrastigma* (Miq.) Planch.]^[4],为中国特有的民间药用植物,其主要有效成分包括黄酮类、多酚类、多糖类、三萜类和脂肪酸类等化合物^[5]。其中,黄酮类化合物具有显著的抗氧化^[6]、抑制癌细胞增殖和诱导癌细胞凋亡^[7]以及抑制肿瘤细胞生长的作用^[8];多糖类化合物能解热抗炎^[9],提高肝细胞氧化能力,对急性肝损伤有明显的拮抗作用^[10]。这与三叶崖爬藤具有抗肿瘤、抗病毒、抗炎镇痛和解热保肝等功效相符^[11],可作为三叶崖爬藤的考察指标。

三叶崖爬藤为广布种,主要分布于中国的亚热带地区,在南部热带和亚热带岛屿也有少量分布,生长于海拔300~1300 m的灌丛、山谷溪边和林下岩石缝中^[4]。生长环境的异质性会造成植物表型的多样性。目前,对不同种源三叶崖爬藤表型变异的报道还较少^[12],已有研究对不同种源三叶崖爬藤块茎中化学成分进行了比较^[13-15],但多采用野生种源,比较化学成分含量时不能排除生长年限、采收季节及生长地的地理气候条件对药材生长性状及品质的影响。本研究选用同质园栽培的不同种源三叶崖爬藤为研究对象,通过对不同种源三叶崖爬藤农艺性状及块茎中总黄酮和多糖含量的比较,分析其表型多样性及表型分化情况,以期三叶崖爬藤资源的保护和可持续利用提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 实验地概况

实验地位于浙江省绍兴市平水镇的三叶崖爬藤栽培基地,地理位置为北纬29.70°、东经120.68°。实验地处于中纬度亚热带北缘的过渡地带,属典型的季风性湿润气候区,全年温暖湿润,四季分明,年均温16.9℃,极端最高温44.1℃,极端最低温-10.2℃,年均降水量1403.0 mm,年均空气相对湿度在80%以上,无霜期237 d。

1.2 材料

收集来自5个省(自治区)14个种源的三叶崖爬藤块茎,各种源地的地理信息见表1。于2013年9月至10月以不同种源块茎上萌发的生长健壮的三叶崖爬藤植株当年生茎段为插穗进行扦插繁殖,繁殖方法参照文献^[16]。

表1 三叶崖爬藤种源地的地理信息

Table 1 Geographical information of provenance locations of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg

种源 Provenance	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔/m Elevation
湖南汝城 Rucheng of Hu'nan	N23.54°	E113.68°	578
湖南沅陵 Yuanling of Hu'nan	N28.74°	E110.38°	623
湖南泸溪 Luxi of Hu'nan	N28.89°	E110.73°	471
湖北咸丰 Xianfeng of Hubei	N29.68°	E109.15°	289
江西瑞金 Ruijin of Jiangxi	N25.88°	E116.03°	255
江西弋阳 Yiyang of Jiangxi	N28.42°	E117.43°	294
广西乐业 Leye of Guangxi	N24.78°	E106.56°	335
广西天峨 Tian'e of Guangxi	N24.70°	E108.06°	186
浙江磐安 Pan'an of Zhejiang	N29.05°	E120.43°	246
浙江平阳 Pingyang of Zhejiang	N27.68°	E120.55°	336
浙江温岭 Wenling of Zhejiang	N28.37°	E121.37°	296
浙江淳安 Chun'an of Zhejiang	N29.61°	E119.05°	158
浙江绍兴 Shaoxing of Zhejiang	N30.00°	E120.57°	397
浙江遂昌 Suichang of Zhejiang	N28.59°	E119.25°	473

于2014年4月12日将扦插苗定植于营养钵(直径30 cm、高30 cm)内,每个营养钵栽植1株。栽培土壤为园土,土壤质地为沙壤土,pH 6.65,总有机质含量26.25 g·kg⁻¹,全钾含量414.20 g·kg⁻¹,速效

钾含量 $127.20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮含量 $1.14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效氮含量 $102.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷含量 $1.38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷含量 $62.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。每种源 3 个重复, 每个重复 30 个营养钵。采用常规的栽培方法和田间培育措施, 光照强度为全光照的 30%, 每日叶面喷水 2 次, 保持土壤湿润。

1.3 方法

于 2017 年 10 月生长基本停止时使用游标卡尺 (精度 0.02 mm) 测量三叶崖爬藤植株的茎粗 (距地面约 1.2 m 处), 使用直尺 (精度 0.1 cm) 测量新稍长。选取三叶崖爬藤植株中部成熟叶片, 使用 LC1200 叶面积测定仪 (浙江托普仪器有限公司) 测量叶长、叶宽和叶面积。挖取栽培 3 a 的三叶崖爬藤的块茎, 洗净并擦干表面水分后, 统计单株块茎数量, 使用游标卡尺测量块茎直径, 使用万分之一电子天平称量单株块茎鲜质量。以上表型性状每个种源测量 30 株植株。

将挖出的块茎阴干, 去除须根, 粉碎, 过 40 目筛, 备用。采用分光光度法^[17]测定总黄酮含量, 采用苯酚-硫酸法^[18]测定多糖含量, 均重复测定 2 次。

1.4 数据分析

采用 EXCEL 2013 软件对实验数据进行初步分析, 采用 SPSS19.0 软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA) 和 Pearson 相关性分析, 并对各种源进行 UPGMA 聚类分析。

2 结果和分析

2.1 不同种源三叶崖爬藤表型性状分析

不同种源三叶崖爬藤的表型性状见表 2。由表 2 可知: 14 个种源三叶崖爬藤的茎粗为 $1.20 \sim 2.48 \text{ mm}$, 其中, 江西瑞金种源的茎最粗, 浙江平阳种源的茎最细; 14 个种源三叶崖爬藤的新稍长为 $9.0 \sim 13.4 \text{ cm}$, 其中, 江西弋阳种源的新稍最长, 浙江磐安种源的新稍最短; 14 个种源三叶崖爬藤的叶长为 $4.63 \sim 7.37 \text{ cm}$, 其中, 广西天峨种源的叶片最长, 浙江磐安种源的叶片最短; 14 个种源三叶崖爬藤的叶宽为 $2.05 \sim 4.01 \text{ cm}$, 其中, 湖南汝城种源的叶片最宽, 浙江平阳种源的叶片最窄; 14 个种源三叶崖爬藤的单叶面积为 $10.08 \sim 23.85 \text{ cm}^2$, 其中, 广西乐业种源的叶片最大, 浙江平阳种源的叶片最小; 14 个种源三叶崖爬藤的单株块茎数量为 $3.5 \sim 5.7$, 其中, 浙江磐安种源的单株块茎数量最多, 江西瑞金种源的单株块茎数量最少; 14 个种源三叶崖爬藤的块茎直径为 $8.82 \sim 33.00 \text{ mm}$, 其中, 湖北咸丰种源的块茎直径最大, 浙江淳安种源的块茎直径最小; 14 个种源三叶崖爬藤的单株块茎鲜质量为 $7.81 \sim 34.62 \text{ g}$, 其中, 湖南泸溪种源的单株块茎鲜质量最大, 浙江温岭种源的单株块茎鲜质量最小; 14 个种源三叶崖爬藤块茎中总黄酮含量为 $6.03 \sim 26.83 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 其中, 浙江绍兴种

表 2 不同种源三叶崖爬藤表型性状的比较 ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 2 Comparison on phenotypic characters of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg from different provenances ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

种源 Provenance	茎粗/mm Stem diameter	新稍长/cm New shoot length	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	单叶面积/cm ² Single leaf area
湖南汝城 Rucheng of Hu'nan	2.06±0.11ab	10.8±2.6a	5.40±0.84de	4.01±0.32a	18.32±4.22bcde
湖南沅陵 Yuanling of Hu'nan	2.03±0.07ab	12.7±3.1a	5.79±0.44bcde	3.91±0.30a	20.49±1.42ab
湖南泸溪 Luxi of Hu'nan	1.91±0.06b	13.4±3.8a	5.75±0.43cde	3.98±0.43a	20.02±2.72ab
湖北咸丰 Xianfeng of Hubei	2.08±0.15ab	13.1±2.6a	5.04±0.42e	3.73±0.42ab	17.50±2.59bcde
江西瑞金 Ruijin of Jiangxi	2.48±0.67a	12.5±2.8a	6.44±0.74abcd	3.84±0.74ab	19.44±4.59abcd
江西弋阳 Yiyang of Jiangxi	2.41±0.48a	13.4±3.3a	6.86±0.66abc	3.61±0.66abc	19.97±1.45ab
广西乐业 Leye of Guangxi	1.94±0.10b	12.0±2.4a	7.07±0.60ab	3.14±0.59bcd	23.85±1.58a
广西天峨 Tian'e of Guangxi	1.85±0.19bc	11.9±2.0a	7.37±0.52a	2.83±0.29def	19.72±1.47abc
浙江磐安 Pan'an of Zhejiang	1.37±0.21c	9.0±2.0a	4.63±0.45e	2.24±0.13ef	11.54±2.15f
浙江平阳 Pingyang of Zhejiang	1.20±0.10c	9.4±3.0a	4.96±0.98e	2.05±0.18f	10.08±2.16f
浙江温岭 Wenling of Zhejiang	1.30±0.11c	9.6±1.4a	5.06±0.11e	2.07±0.23f	10.62±2.07f
浙江淳安 Chun'an of Zhejiang	1.25±0.09c	10.1±2.2a	4.74±0.12e	2.31±0.23ef	11.12±1.36f
浙江绍兴 Shaoxing of Zhejiang	1.22±0.12c	9.6±3.1a	5.00±0.60e	2.39±0.13def	14.59±3.68def
浙江遂昌 Suichang of Zhejiang	1.34±0.18c	9.2±1.2a	5.55±0.71cde	2.67±0.47def	14.99±2.69cdef
均值 Average	1.74±0.49	11.2±2.6	5.68±1.00	3.08±0.80	16.66±4.76
变异系数/% Coefficient of variation	27.93	24.16	17.65	26.07	28.59

续表2 Table 2 (Continued)

种源 Provenance	单株块茎数量 Tuber number per plant	块茎直径/mm Tuber diameter	单株块茎鲜质量/g Tuber fresh mass per plant	块茎中总黄酮 含量/(mg·g ⁻¹) Total flavone content in tuber	块茎中多糖 含量/(mg·g ⁻¹) Polysaccharide content in tuber
湖南汝城 Rucheng of Hu'nan	4.2±1.1a	22.43±3.50bc	28.82±3.63ab	9.47±1.15fg	126.67±9.43de
湖南沅陵 Yuanling of Hu'nan	4.4±1.6a	23.53±6.40abc	31.93±5.22a	8.45±0.95gh	119.20±8.60ef
湖南泸溪 Luxi of Hu'nan	4.4±1.4a	23.61±3.91abc	34.62±7.22a	12.40±0.71efg	125.60±6.11de
湖北咸丰 Xianfeng of Hubei	3.8±1.2a	33.00±3.61a	31.07±4.38a	13.11±0.38ef	106.17±8.82f
江西瑞金 Ruijin of Jiangxi	3.5±1.3a	29.50±12.28ab	20.56±2.69cd	6.03±0.68h	139.61±7.59d
江西弋阳 Yiyang of Jiangxi	3.6±0.5a	32.96±9.00a	23.67±3.19bc	6.24±0.69h	125.14±5.92de
广西乐业 Leye of Guangxi	4.4±0.9a	19.31±3.10cd	22.21±3.79bc	11.51±1.26efg	118.58±2.73ef
广西天峨 Tian'e of Guangxi	4.4±1.2a	26.25±6.32abc	18.39±3.08cde	11.24±0.68efg	121.42±13.35ef
浙江磐安 Pan'an of Zhejiang	5.7±1.1a	10.72±2.50de	10.68±3.31d	22.25±0.75ab	153.47±6.20c
浙江平阳 Pingyang of Zhejiang	4.4±1.1a	9.84±1.64de	13.59±2.88def	17.30±0.77cd	166.04±4.81bc
浙江温岭 Wenling of Zhejiang	4.3±1.0a	9.03±1.75e	7.81±3.71f	15.25±1.09de	129.78±10.56de
浙江淳安 Chun'an of Zhejiang	4.0±1.2a	8.82±1.12e	10.77±3.09f	19.65±0.36bc	161.52±7.13bc
浙江绍兴 Shaoxing of Zhejiang	3.7±0.9a	10.87±3.31de	11.52±1.61ef	26.83±0.68a	182.65±7.04a
浙江遂昌 Suichang of Zhejiang	4.2±1.3a	9.88±3.20de	10.24±5.04f	20.65±1.22ab	169.14±6.56ab
均值 Average	4.2±1.1	19.27±10.03	19.73±9.59	14.83±5.67	138.60±23.59
变异系数/% Coefficient of variation	25.81	51.95	48.59	38.23	17.03

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant ($p < 0.05$) difference.

源块茎中总黄酮含量最高,江西瑞金种源块茎中总黄酮含量最低;14 个种源三叶崖爬藤块茎中多糖含量为 106.17~182.65 mg·g⁻¹,其中,浙江绍兴种源块茎中多糖含量最高,湖北咸丰种源块茎中多糖含量最低。方差分析结果表明:三叶崖爬藤 10 个表型性状中,新稍长和单株块茎数量在种源间的差异不显著,其余表型性状在种源间的差异均达到极显著水平。

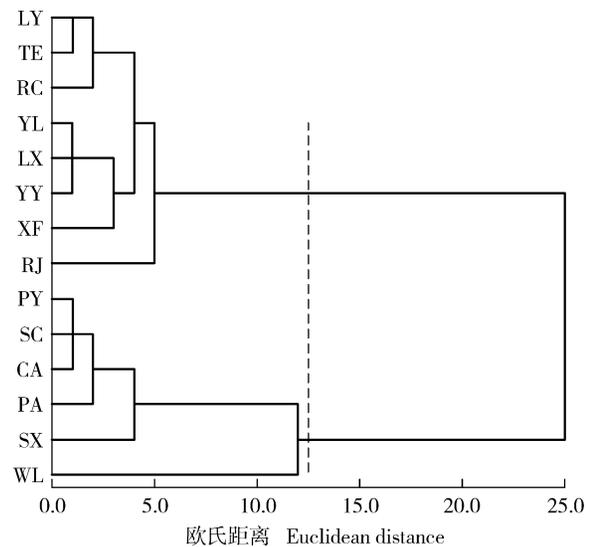
10 个表型性状中,块茎直径和单株块茎鲜质量的变异系数较大,分别为 51.95%和 48.59%,其余表型性状的变异系数在 17.03%~38.23%之间,表明各表型性状在种源间存在一定程度的多样性。

2.2 不同种源三叶崖爬藤的聚类分析

根据 10 个表型性状对 14 个种源三叶崖爬藤进行聚类分析。结果(图 1)显示:在欧氏距离 12.5 处,14 个种源聚为 2 类,其中,浙江 6 个种源聚为一类,这类三叶崖爬藤的茎较纤细,叶片狭而短,单叶面积较小,块茎直径和单株块茎鲜质量较小,但块茎中总黄酮和多糖含量总体上较高;其他 8 个种源聚为另一类,这类三叶崖爬藤的茎粗壮,叶片较宽且长,单叶面积较大,块茎直径和单株块茎鲜质量较大。

2.3 三叶崖爬藤表型性状间的相关性分析

三叶崖爬藤表型性状间的相关系数见表 3。由表 3 可知:除叶长与叶宽、单株块茎鲜质量和块茎中多糖含量以及单株块茎数量与其他各表型性状的相



LY: 广西乐业 Leye of Guangxi; TE: 广西天峨 Tian'e of Guangxi; RC: 湖南汝城 Rucheng of Hu'nan; YL: 湖南沅陵 Yuanling of Hu'nan; LX: 湖南泸溪 Luxi of Hu'nan; YY: 江西弋阳 Yiyang of Jiangxi; XF: 湖北咸丰 Xianfeng of Hubei; RJ: 江西瑞金 Ruijin of Jiangxi; PY: 浙江平阳 Pingyang of Zhejiang; SC: 浙江遂昌 Suichang of Zhejiang; CA: 浙江淳安 Chun'an of Zhejiang; PA: 浙江磐安 Pan'an of Zhejiang; SX: 浙江绍兴 Shaoxing of Zhejiang; WL: 浙江温岭 Wenling of Zhejiang.

图 1 不同种源三叶崖爬藤的聚类图

Fig. 1 Cluster diagram of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg from different provenances

关性不显著外,三叶崖爬藤其他表型性状间均呈显著 ($p < 0.05$)或极显著 ($p < 0.01$) 相关。其中,块茎直径

表 3 三叶崖爬藤表型性状间的相关系数¹⁾Table 3 Correlation coefficient among phenotypic characters of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg¹⁾

表型性状 Phenotypic character	相关系数 Correlation coefficient									
	SD	NSL	LL	LW	SLA	TN	TD	TFM	TFC	PC
SD	1.000									
NSL	0.892**	1.000								
LL	0.651*	0.627*	1.000							
LW	0.886**	0.833**	0.424	1.000						
SLA	0.812**	0.808**	0.801**	0.780**	1.000					
TN	-0.287	-0.348	-0.102	-0.289	-0.155	1.000				
TD	0.949**	0.932**	0.572*	0.843**	0.742**	-0.358	1.000			
TFM	0.785**	0.839**	0.343	0.941**	0.750**	-0.178	0.792**	1.000		
TFC	-0.893**	-0.812**	-0.664**	-0.761**	-0.692**	0.220	-0.799**	-0.708**	1.000	
PC	-0.725**	-0.773**	-0.498	-0.666**	-0.655*	-0.005	-0.720**	-0.723**	0.791**	1.000

¹⁾ SD: 茎粗 Stem diameter; NSL: 新稍长 New shoot length; LL: 叶长 Leaf length; LW: 叶宽 Leaf width; SLA: 单叶面积 Single leaf area; TN: 单株块茎数量 Tuber number per plant; TD: 块茎直径 Tuber diameter; TFM: 单株块茎鲜质量 Tuber fresh mass per plant; TFC: 块茎中总黄酮含量 Total flavone content in tuber; PC: 块茎中多糖含量 Polysaccharide content in tuber. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

和单株块茎鲜质量与茎粗、新稍长、叶宽和单叶面积呈极显著正相关,块茎中总黄酮和多糖含量与茎粗、新稍长、叶长、叶宽、单叶面积、块茎直径和单株块茎鲜质量总体上呈极显著负相关。

3 讨 论

表型性状既有变异性又有稳定性,是植物基因型和环境综合作用的体现。本研究中,三叶崖爬藤叶片表型性状种源间变异为 17.65%~28.59%,同为药用藤本植物的何首乌 [*Fallopia multiflora* (Thunb.) Harald.] 叶性状的变异范围为 8.40%~46.07%^[19]。三叶崖爬藤块茎表型性状中,除单株块茎数量外,块茎直径和单株块茎鲜质量的变异系数较大,分别为 51.95% 和 48.59%,远大于天麻 (*Gastrodia elata* Bl.)^[20] 单株块茎生物量的变异系数 (19.91%) 和半夏 [*Pinellia ternata* (Thunb.) Breit.]^[21] 块茎直径的变异系数 (19.91%); 三叶崖爬藤块茎中总黄酮含量的变异系数为 38.23%,高于杜仲 (*Eucommia ulmoides* Oliver)^[22] 根部总黄酮含量的变异系数 (19.35%) 和苧麻 [*Boehmeria nivea* (Linn.) Gaudich.]^[23] 根中总黄酮平均含量的变异系数 (9.33%); 三叶崖爬藤块茎中多糖含量的变异系数为 17.03%,与天麻^[24] 块茎中多糖含量的变异系数 (18.25%) 相当。说明不同种源三叶崖爬藤的表型性状存在丰富的变异,可为种源的收集、分类和良种选育提供理论依据。

朱波等^[12] 比较了 21 个同质园栽培的三叶崖爬

藤种源的农艺性状,认为广西、江西、湖南、湖北、福建和重庆等种源三叶崖爬藤的叶片较大,茎粗,新稍生长快,块茎性状优良,农艺性状总体较优,浙江种源三叶崖爬藤的茎较纤细,叶片较小,新稍长势较弱,块茎较小。这与本研究结果较相似,说明三叶崖爬藤的表型变异可通过遗传同化过程固定。而已有的三叶崖爬藤有效成分方面的研究结果^[14-15] 与本研究结果存在异同,推测不仅与选择的材料有关,也与聚类选择的指标有关。采用多个指标的指纹图谱对有效成分进行分析能更准确地判定药材品质的优劣,但指纹图谱没有完整的图谱查询系统,鉴定药材质量耗时耗力。杨华等^[25] 运用生长性状、环境适应性和经济性性状共 3 大性状 9 个指标对来自浙江和江西的 4 个种源进行分析,认为总黄酮、多糖及移栽难易度是影响目标选择的主要因子。说明在生产中,采用总黄酮和多糖含量对三叶崖爬藤进行质量评价是可行的。

自然环境的时空异质性产生了不同的选择压力,如果选择压力大于遗传漂变和基因流作用,处于不同环境的种源则可能在形态、生理、物候及次生代谢产物等方面产生分化,出现局部适应现象^[26]。三叶崖爬藤分布广泛的现状必然导致其自然种群经历不同的选择压力而进化。基于 ISSR 分子标记的研究证实,不同种源三叶崖爬藤间具有较高的遗传分化^[27]。采用 TCS 软件构建的单倍型谱系关系也证实,上新世早期的全球变冷和地质变化引发的地理隔离事件导致三叶崖爬藤祖先种源压缩到中国西南部和南部这 2 个避难所,进而形成 2 个独立的地理谱系^[28]。

同质园实验结果表明:三叶崖爬藤在适应长期选择压力的情况下,其表型性状已经产生一定分化。

利用植物性状间的相关性可提高育种效率^[29]。大豆[*Glycine max* (Linn.) Merr.]中异黄酮含量与株高和节数呈负相关,与单株荚数、单株粒数、单株粒质量和百粒质量呈正相关,大豆苷含量与单株荚数呈负相关^[30];枳椇子[*Hovenia trichocarpa* var. *robusta* (Nakai et Y. Kimura) Y. L. Chou et P. K. Chou]中二氢杨梅素含量与千粒质量及红黑籽粒比例呈极显著正相关^[31];树皮不裂、小叶数为7或9枚且小果径的青钱柳[*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinsk.]多糖含量较高^[32]。三叶崖爬藤块茎品质与某些表型性状存在显著或极显著的相关性,但是否可以将其作为筛选块茎中总黄酮和多糖含量较高种源的初步参考性状还需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 黄璐琦,戴住波,吕冬梅,等. 探讨地道药材研究的模式生物及模型[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(9): 1063-1066.
- [2] 王常顺,汪诗平. 植物叶片性状对气候变化的响应研究进展[J]. 植物生态学报, 2015, 39(2): 206-216.
- [3] 徐艳琴,蔡婉珍,胡生福,等. 箭叶淫羊藿同质园栽培居群非腺毛多样性及其分类学启示[J]. 生物多样性, 2013, 21(2): 185-196.
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第四十八卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 122.
- [5] 伍昭龙,吕江明. 中药三叶青的研究现状[J]. 中国民族民间医药杂志, 2006(1): 15-18.
- [6] 孙永. 三叶青化学成分及其抗氧化和抗癌活性的研究[D]. 南昌: 南昌大学食品学院, 2018: 14-20.
- [7] PENG X, ZHANG Y Y, WANG J, et al. Ethylacetate extract from *Tetragium hemsleyanum* induces apoptosis via the mitochondrial caspase-dependent intrinsic pathway in HepG₂ cells[J]. *Tumor Biology*, 2016, 37(1): 865-876.
- [8] XIONG Y, WU X, RAO L. *Tetragium hemsleyanum* (Sanyeqing) root tuber extracts induces apoptosis in human cervical carcinoma HeLa cells[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2015, 165: 46-53.
- [9] 黄有强. 微波辅助提取三叶崖爬藤多糖工艺优化及其拮抗炎症细胞的研究[J]. 浙江中医杂志, 2017, 52(5): 384-385.
- [10] 马丹丹,李伟平,马哲龙,等. 三叶青多糖抗肝损伤作用的研究[J]. 医学研究杂志, 2012, 41(1): 33-36.
- [11] 陈丽芸,郭素华. 三叶青的化学成分及药理作用研究进展[J]. 浙江中医药大学学报, 2012, 36(12): 1368-1370.
- [12] 朱波,华金渭,程文亮,等. 不同种源三叶青农艺性状比较[J]. 浙江农业学报, 2015, 27(10): 1752-1756.
- [13] 范世明,林靖,许文,等. 不同产地三叶青中总黄酮含量的比较[J]. 福建中医药大学学报, 2013, 23(6): 44-45.
- [14] 张煜炯,彭昕,吉庆勇,等. 聚类分析和主成分分析法研究三叶崖爬藤氯仿部位 HPLC 指纹图谱[J]. 中成药, 2016, 38(3): 607-612.
- [15] 姜维梅. 三叶崖爬藤种质资源评价及质量控制技术研究[D]. 杭州: 浙江大学生命科学学院, 2015: 92.
- [16] 吉庆勇,程文亮,华金渭,等. 三叶崖扦插繁殖技术研究[J]. 现代中药研究与实践, 2011, 25(2): 12-14.
- [17] 钟冬莲,韩素芳,丁明. 分光光度法测定西红柿中总黄酮含量的方法比较[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 272-274.
- [18] 王文平,郭祀远,李琳,等. 苯酚-硫酸法测定野木瓜中多糖含量的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(4): 276-279.
- [19] 韦艳梅,王凌辉,曹福亮,等. 何首乌不同种源的叶性状变异及聚类分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(32): 18136-18139.
- [20] 王丽,马聪吉,刘大会,等. 昭通天麻地下块茎产量与主要农艺性状的相关及通径分析[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(4): 644-648.
- [21] 杨小艳,李敏,卢道会,等. 半夏的数量性状变异及相关性分析[J]. 中国现代中药, 2013, 15(4): 298-302.
- [22] 魏艳秀,刘攀峰,杜庆鑫,等. 不同种质杜仲叶中多酚和黄酮含量差异性分析[J]. 林业科学研究, 2016, 29(4): 529-535.
- [23] 赵立宁,臧巩固,李育君,等. 苎麻(*Boehmeria*)绿原酸和黄酮含量测定[J]. 中国麻业, 2003, 25(2): 62-64.
- [24] 王庆,李丹丹,陈艾萌,等. 西南不同产区3种天麻主要化学成分含量比较[J]. 中草药, 2018, 49(11): 2646-2652.
- [25] 杨华,宋绪忠,陈磊. 运用层次分析法对三叶崖爬藤种质评价与选择的研究[J]. 安徽林业科技, 2010(2): 11-13.
- [26] KAWECKI T J, EBERT D. Conceptual issues in local adaptation[J]. *Ecology Letters*, 2004, 7: 1225-1241.
- [27] 朱波,华金渭,刘昆,等. 珍稀药材三叶崖爬藤种质资源遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(5): 914-919.
- [28] 王一涵. 葡萄科药用植物三叶崖爬藤的亲缘地理学和分子鉴定研究[D]. 杭州: 浙江大学生命科学学院, 2016: 139-151.
- [29] 段清清,徐荣蕊,李旭青,等. 蒙古冰草和冰草的杂交 F₁ 代群体农艺性状的相关、通径及聚类分析[J]. 草业科学, 2017, 34(1): 94-100.
- [30] 杨旭光. 北方春大豆品种重要性状的表型分析[D]. 长春: 吉林大学植物科学学院, 2011: 24-25.
- [31] 刘聪,吴加梁,赵娜,等. 枳椇子品质与产地和外观性状相关性分析[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(24): 4769-4774.
- [32] 江春燕. 不同表型青钱柳叶片总黄酮和多糖含量差异研究[D]. 南昌: 江西农业大学园林与艺术学院, 2015: 24-30.

(责任编辑:张明霞)