

云贵高原滇龙胆不同居群形态特征变异研究

杨 雁¹, 邵爱娟², 金 航¹, 欧小宏³, 陈美兰², 刘大会^{1,2*}, 黄璐琦²

1. 云南省农业科学院药用植物研究所, 云南 昆明 650231

2. 中国中医科学院中药研究所, 北京 100700

3. 云南民族大学化学与生物技术学院, 云南 昆明 655000

摘要:目的 对云贵高原滇龙胆不同居群进行形态特征变异研究,为滇龙胆遗传多样性保护和良种选育提供依据。方法 采用野外调查取样,对 27 个滇龙胆居群根、茎、叶的 15 个形态性状指标进行测量和统计分析。结果 滇龙胆不同居群、不同产地和同一居群内不同个体间,在不同植物学性状上均有一定变异,其中,叶片数、植株生物量、株高、分枝数等形态指标变异较大。相关分析表明,滇龙胆植株根条数、根粗和根干质量同植株地上分枝数、叶片数及茎叶干质量呈显著或极显著正相关关系。聚类分析表明,27 个滇龙胆居群可分为 4 组,其中第 III 组主要分布在黔西和川中南,比较适合作为高产优良品种选育的材料。主成分分析显示,茎叶干质量、根干质量、根条数、分枝数、株高、叶长这 6 个形态指标是造成表型差异的主要因素。结论 滇龙胆具有丰富的表型遗传多样性,并以根部表型性状变异幅度最大。在筛选高产滇龙胆种质资源时可考虑分枝数、叶片数和茎叶干质量这几个外观形态指标。

关键词: 滇龙胆; 居群; 表型多样性; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2012)08-1604-07

Variation of botanical morphologic characteristics between wild and cultivated populations of *Gentiana rigescens* in Yunnan-Guizhou Plateau

YANG Yan¹, SHAO Ai-juan², JIN Hang¹, OU Xiao-hong³, CHEN Mei-lan², LIU Da-hui^{1,2}, HUANG Lu-qi²

1. Institute of Medicinal Plants, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650231, China

2. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

3. School of Chemistry and Biotechnology, Yunnan University of Nationalities, Kunming 655000, China

Abstract: Objective To study the morphological differences among the different populations of *Gentiana rigescens* in Yunnan-Guizhou Plateau and provide the basis for the genetic diversity and breeding of *G. rigescens*. **Methods** Using field survey sampling, 15 morphological traits of the roots, stems, and leaves in *G. rigescens* from 27 populations were observed, measured, and analyzed. **Results** There was a certain morphological variation among the different populations, different habitats within the same origin, and different individuals in the same population, of which leaf number, plant biomass, plant height, branch number, and other morphological indicators showed a large variation. Correlation analysis showed that there was a significant or highly significant positive correlation between the root number of plants, root diameter, and dry weight of crude plant root and the number of branches, leaf number, and leaf dry weight in the aerial part. Cluster analysis showed that 27 populations of *G. rigescens* could be divided into four groups. Group III mainly distributed in the Western part of Guizhou and central south of Sichuan, which was more suitable for high-yield varieties as breeding material. Principle component analysis showed that leaf dry weight, root dry weight, root number, branch number, plant height, and leaf length were the major factors which could cause the phenotypic difference. **Conclusion** *G. rigescens* has the rich genetic diversity and the phenotypic variation extent of the roots is the greatest. The branch number, leaf number, and leaf dry weight of *G. rigescens* should be taken into consideration in screening high-yield *G. rigescens* germplasm.

Key words: *Gentiana rigescens* Franch.; populations; phenotypic diversity; principal component analysis; cluster analysis

滇龙胆 *Gentiana rigescens* Franch., 俗称坚龙胆, 为我国常用大宗药材, 具有清热燥湿、泻肝胆实火的功效^[1]。滇龙胆为多年生草本植物, 主要分布于云南、四川、贵州、广西等地, 多生长在海拔

收稿日期: 2011-12-12

基金项目: 国家科技基础性工作专项重点项目(SB2007FY020); 国家科技支撑计划项目(2011BAI13B02-4); 云南省科技攻关项目(2010GG026)

作者简介: 杨 雁(1985—), 女, 云南曲靖人, 研究实习员, 硕士, 主要从事中药资源生态学的研究。

*通讯作者 刘大会 Tel: (0871)8060003 E-mail: juhuacha2007@sohu.com

网络出版时间: 2012-07-10 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/12.1108.R.20120710.1106.001.html>

1 100~3 000 m 的山坡草地、灌木丛中、林下及山谷中^[2]。近年来, 由于龙胆在临床^[3]、制药和兽药方面的需求量猛增, 其野生药材采收量远超过了自然更新能力, 导致野生资源急剧下降并出现短缺, 现已被列为国家三级重点保护野生药材物种。加强滇龙胆野生资源和种质资源生物多样性的保护已刻不容缓^[4]。

表型多样性主要研究表型性状在该物种分布区内的变异程度和变异规律, 它是遗传变异与环境多样性的综合表现^[5]。表型多样性是遗传多样性研究的重要基础, 近年来成为中药资源的研究热点之一^[6-8]。滇龙胆作为常用大宗中药材, 目前国内外有关研究工作主要集中在化学成分^[9]和居群繁殖生物学^[10]等方面, 而种质资源的调查和植物学形

态特征变异研究还未见报道。本研究对分布于云南、四川、贵州等地区的 25 个滇龙胆野生居群和 2 个栽培居群的植物学形态特征进行观测, 揭示其表型变异特征, 在此基础上进行了主成分分析和聚类分析研究, 旨在揭示云贵高原地区滇龙胆种质资源多样性状况, 并为种质资源的收集、保护、开发利用和新品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2010 年 10 月 20 日~12 月 30 日在滇龙胆花期和种子成熟期进行调查采样, 并在云贵高原地区分别从四川、贵州、云南 3 省 25 个市县调查了 25 个滇龙胆野生居群和 2 个栽培居群共计 27 份资源, 各居群的采集信息见表 1。

表 1 材料的居群地理位置与生境概况

Table 1 Locations of populations and habitat characteristics of samples

居群编号	采集地点	居群类型	纬度	经度	海拔 / m	生长环境
YN01	云南巧家县药山镇	野生	27°08'	103°00'	2 660	松树林下
YN02	云南大理苍山	野生	25°42'	100°06'	2 783	松树林下
YN03	云南洱源县凤羽镇	野生	26°05'	99°93'	2 120	松树林下
YN04	云南宁洱县磨黑镇	野生	22°40'	100°42'	1 320	松树林下
YN05	云南富民县大桥厂	野生	25°24'	102°27'	2 126	松树林下
YN06	云南禄劝县竹营村	野生	25°37'	102°29'	1 775	松树林下
YN07	云南文山市二潭乡	野生	23°29'	100°15'	1 637	松树林下
YN08	云南楚雄市紫溪山	野生	25°03'	100°23'	2 107	松树林下
YN09	云南武定县猫街镇	野生	25°30'	102°01'	2 300	稀疏松树林下
YN10	云南禄丰县金山镇	野生	24°51'	101°38'	2 354	松树林下
YN11	云南南华县龙川镇	野生	24°44'	101°20'	2 413	松树林下
YN12	云南江川县前卫镇	野生	24°22'	102°42'	1 817	稀疏松林下
YN13	云南元江县羊岔街	野生	23°41'	101°45'	2 110	灌木林下
YN14	云南景东县黄草岭	野生	24°24'	100°46'	1 749	松林下
YN15	云南曲靖市麒麟区	野生	25°26'	103°46'	2 005	稀疏松林下
GZ01	贵州水城县滥坝镇	野生	26°32'	104°59'	1 912	灌木林下、草坡
GZ02	贵州赫章县野马川镇	野生	27°06'	104°49'	1 759	松林下
GZ03	贵州镇宁县黄果树	野生	27°06'	104°49'	2 027	松林下
GZ04	贵州贵阳市乌当区	野生	26°52'	106°57'	1 304	松林下
SC01	四川西昌市大箐乡	野生	27°43'	102°20'	2 291	路边松林下
SC02	四川喜德县贺波洛乡	野生	28°19'	102°26'	2 150	松树林缘
SC03	四川喜德县东河乡	野生	27°54'	102°21'	1 845	松树林下
SC04	四川冕宁县后山乡	野生	28°23'	102°13'	2 075	低矮松树林下
SC05	四川盐源县平川镇	野生	27°35'	101°46'	2 344	稀疏松林下
SC06	四川盐边县格萨拉乡	野生	27°07'	101°17'	2 270	稀疏松林下
YN16	云南云县涌宝乡	栽培	24°14'	100°20'	2 270	山坡
YN17	云南云县茶房乡	栽培	24°77'	100°15'	2 110	山坡

1.2 方法

1.2.1 形态特征的测量与记录 每个居群选取 32 株个体, 野外运用直尺、游标卡尺等测量以上不同采集地滇龙胆的表型性状, 并将植物样本带回实验室测定植物干质量。表型性状如下: 每株个体株高、分枝数、基部主茎粗、节间长、叶片数、叶长、叶宽、叶长宽比、根条数、根长、基部根粗、株高根长比、根干质量、茎叶干质量、地上地下干质量比, 共计 15 个性状。

1.2.2 数据处理 用 DPS3.01 软件对所获得的数据进行统计分析, 以标准差表示居群内形态变异范围, 变异系数和单因素方差分析 (ANOVA) 测定居群间形态变异度; 采用可变类平均法进行聚类分析 (UPGMA) 测定居群间的形态分化度; 用主成分分析 (PCA) 确定反映滇龙胆表型差异的主要形态学指标。

2 结果与分析

2.1 滇龙胆的植物学形态特征及其变异

滇龙胆不同居群间和同一居群内不同个体间, 在不同植物学性状上均有一定变异, 见表 2。不同居群间相比, 以植株叶片数、茎叶干质量和根干质量 3 个形态指标变异最大, 变异系数 (CV) 均超过 50%; 其次是株高、分枝数、叶长、根条数、株高/根长和地上干质量/地下干质量 6 个形态指标变异较大, CV 为 31.89%~45.77%; 茎粗、叶宽和根长 3 个形态指标变异最小, CV 为 15.42%~18.90%。不同居群内相比, 以 YN01、YN09、YN11 和 SC05 等居群内个体间的变异较大, 其各植物学形态指标的标准差较大。不同植物学形态特征间相比, 植株茎秆部位形态指标以分枝数指标变异最大, 茎粗指标变异最小, CV 分别为 45.77% 和 17.23%; 叶部位形态指标以叶片数指标变异最大, 叶宽指标变异最小, CV 分别为 50.13% 和 18.90%; 而根部位形态指标以根干质量指标变异最大, 根长指标变异最小, 分别为 73.45% 和 15.42%。

从表 3 可知, 不同产地滇龙胆野生和栽培居群间的植物学形态特征也有较大差异, 其中分枝数、叶片数、叶长/叶宽、根条数和根长 5 个形态指标产地间差异达到极显著水平, 株高、茎粗、叶长、根粗、根干质量和地上干质量/地下干质量 6 个形态指标产地间差异达到显著水平, 而节间长、叶宽、株高/根长和茎叶干质量 4 个形态指标产地间差异不显著。不同产地间相比, 贵州野生居群的株高、分

枝数、茎粗、节间长、叶片数、根条数、根长、根粗、株高/根长、茎叶干质量和根干质量均较高, 而叶长/叶宽和地上干质量/地下干质量较小; 且其不同植物学形态间, 在分枝数、叶片数、叶长、叶长/叶宽、根条数、根粗、根干质量和地上干质量/地下干质量等形态指标的变异较大, 而株高、叶宽、根长等形态指标的变异较小。四川野生居群叶片长、叶长/叶宽比大、根较细、株高/根长比小, 且在节间长、叶片数、叶长、叶宽、株高/根长、茎叶干质量等形态指标的变异较大, 而根粗形态变异较小。云南野生居群分枝数少、节间距小、叶片数少、根条数少、茎叶干质量和根干质量较小, 在株高、分枝数、根条数、株高/根长、茎叶干质量、根干质量等形态指标的变异较大。同野生居群相比, 栽培居群株高、分枝数、茎粗、节间长、叶片数、根条数、根长、茎叶干质量和地上干质量/地下干质量较高, 而叶长、叶宽较小。

2.2 滇龙胆植物学形态指标之间的相关分析

将滇龙胆不同居群各植物学形态指标进行相关分析 (表 4), 结果表明滇龙胆植株茎叶干质量同茎粗、叶片数、根条数、根长和根干质量呈极显著正相关, 而同株高、分枝数、节间长和根粗呈显著正相关; 植株根干质量同分枝数、根条数、根长、根粗和茎叶干质量呈极显著正相关, 而同叶片数呈显著正相关。另外, 植株株高同叶长、叶长/叶宽比呈显著负相关, 植株叶长和叶长/叶宽同根粗、株高/根长也呈显著或极显著负相关; 而分枝数和茎粗和叶片数同根条数和根粗分别呈极显著正相关。

2.3 滇龙胆居群在形态指标上的聚类分析

为了研究居群间的相似性, 根据 15 个形态指标计算材料间的欧式距离, 对 27 个居群采用可变类平均法进行聚类分析, 见图 1。在欧式距离为 74.8 阈值时, 27 个居群可以分为 4 组。第 I 组共有 15 个野生居群, 其中云南居群 12 个、四川居群 3 个, 主要分布在滇中、滇北、滇东和四川北部地区, 主要特点是植株株型小、分枝数少、茎秆细、叶片长、根条少且较短, 生物量小。第 II 组共有 7 个居群, 其中贵州居群 3 个、云南居群 3 个, 四川居群 1 个, 主要分布在黔中、黔北、滇东南和四川中部地区, 主要特点是植株高大、节间距长、叶片长椭圆型、根较粗、地上部分较长, 生物量较高。第 III 组共有 3 个居群, 主要分布在黔西和四川中南部地区, 主要特点是植株矮小、一级分枝数多、节间距短、叶片数多、根条多且粗、根干质量大且地上地下部分

表 2 云贵高原滇龙胆不同居群的表型变异特征

Table 2 Phenotypic variation among different populations of *G. rigescens* in Yunnan-Guizhou Plateau

居群	株高 / cm	分枝数	茎粗 / mm	节间长 / cm	叶片数	叶长 / cm	叶宽 / cm	叶长 / 叶宽	根条数	根长 / cm	根粗 / mm	株高 / 根长	茎叶干 质量 /g	根干 质量 /g	地上干质量/ 地下干质量
YN01	446±3.08	2.0±1.6	2.06±0.57	1.39±1.19	28.2±22.0	8.00±2.19	1.83±0.50	4.49±1.07	7.4±4.9	17.78±7.30	2.01±0.53	0.27±0.14	0.91±1.08	0.53±0.48	1.54±0.51
YN02	26.76±11.47	4.9±2.2	1.66±0.60	3.54±1.18	44.1±25.3	5.60±1.82	1.27±0.42	4.94±2.75	7.8±4.9	19.23±5.89	2.36±0.84	1.43±0.59	1.63±1.40	1.00±1.06	1.84±0.73
YN03	28.84±8.63	2.2±1.3	2.02±0.35	2.70±0.68	36.2±20.6	5.09±0.86	1.89±0.33	2.72±0.33	9.8±4.9	17.18±4.04	3.42±0.65	1.75±0.61	1.16±0.40	1.14±0.38	1.02±0.16
YN04	31.80±8.93	1.5±1.0	1.95±0.41	3.15±0.55	26.4±9.2	3.77±1.06	1.31±0.17	2.84±0.50	8.2±2.3	13.54±3.09	2.16±0.73	2.45±0.96	1.45±0.45	0.84±0.49	1.73±0.70
YN05	25.19±8.97	3.1±3.1	1.70±0.32	3.81±1.11	28.5±14.3	4.49±0.93	1.48±0.28	3.08±0.59	10.7±7.8	19.35±7.90	2.52±0.73	1.52±0.80	0.93±0.31	0.51±0.14	1.86±0.49
YN06	20.88±5.87	2.3±0.7	1.77±0.31	2.58±0.96	33.7±12.6	4.71±1.01	1.47±0.34	3.29±0.70	7.4±2.8	18.05±7.27	2.62±0.51	1.28±0.48	1.42±0.77	0.70±0.30	2.07±0.99
YN07	25.43±8.35	4.1±2.8	1.69±0.43	3.70±1.42	42.4±25.5	3.51±0.62	1.18±0.25	3.06±0.64	14.5±5.6	18.55±4.28	2.98±0.53	1.42±0.52	1.38±0.46	0.76±0.33	1.90±0.36
YN08	29.03±16.06	2.4±1.4	2.06±0.45	2.58±0.91	23.5±14.1	6.75±1.36	1.99±0.37	3.45±0.66	11.9±6.6	20.80±5.26	3.22±0.73	1.41±0.69	1.09±0.45	0.82±0.41	1.39±0.38
YN09	21.70±12.43	2.2±1.2	1.86±0.30	2.21±0.92	38.7±24.1	4.70±1.03	1.32±0.25	3.62±0.72	9.7±4.0	16.91±5.52	3.02±0.78	1.30±0.74	1.08±0.60	0.70±0.35	1.52±0.31
YN10	26.94±11.97	1.6±0.5	1.50±0.35	1.98±0.33	16.8±8.4	5.11±1.37	1.46±0.34	3.64±1.10	6.1±5.1	13.97±3.67	2.23±0.42	2.10±1.16	0.68±0.38	0.44±0.37	1.53±0.35
YN11	18.79±10.17	2.8±1.7	2.26±0.66	2.76±1.36	27.9±16.4	7.00±2.98	1.33±0.45	5.34±1.73	11.3±6.2	15.86±4.37	2.01±0.55	1.25±0.64	0.90±0.23	0.42±0.11	2.25±0.70
YN12	46.65±18.37	2.5±1.1	2.08±0.45	2.21±0.44	28.5±17.3	4.51±0.94	1.31±0.29	3.53±0.70	9.4±4.3	13.41±4.84	3.31±0.61	3.68±2.28	1.40±0.43	0.70±0.21	2.07±0.59
YN13	41.67±17.93	2.8±1.9	2.85±0.59	3.65±0.56	40.6±25.4	5.93±1.15	1.89±0.49	3.20±0.47	18.9±10.0	21.37±11.47	3.85±0.85	2.15±0.91	4.89±2.12	2.67±1.53	1.83±0.45
YN14	31.08±9.47	2.0±1.1	1.68±0.32	3.14±1.05	29.0±13.7	4.99±0.76	1.83±0.36	2.79±0.50	10.1±4.4	16.69±5.05	2.97±0.46	2.01±0.78	0.86±0.34	0.88±0.22	0.95±0.21
YN15	18.80±7.81	1.9±0.6	1.78±0.23	3.68±0.42	17.6±2.2	4.23±1.17	1.27±0.20	3.30±0.61	8.5±3.2	17.30±4.32	2.51±0.69	1.08±0.31	2.23±1.25	0.74±0.58	3.03±0.47
YN16	38.92±10.65	5.2±3.7	2.61±0.66	3.67±1.04	75.7±43.8	5.35±1.09	1.51±0.39	3.77±0.98	18.5±11.2	21.09±5.67	2.43±0.52	1.91±0.93	3.25±1.64	1.23±0.96	3.30±0.62
YN17	30.43±10.18	6.7±3.6	2.81±0.89	4.43±0.83	50.1±31.2	4.72±1.56	1.17±0.40	4.54±2.18	14.8±7.1	23.17±8.59	2.70±0.86	1.47±0.75	2.87±0.53	1.05±0.12	2.71±0.24
GZ01	31.14±11.98	7.2±5.1	1.82±0.29	2.92±0.93	73.1±37.9	4.31±0.90	1.49±0.25	2.94±0.62	26.2±15.9	24.09±6.89	4.14±1.05	1.35±0.53	2.42±0.69	4.30±2.02	0.65±0.26
GZ02	36.93±12.11	3.6±2.0	2.31±0.51	4.65±1.71	57.6±48.8	7.03±3.05	1.73±0.50	4.23±1.57	13.8±8.1	22.05±7.19	2.57±0.68	1.73±0.57	2.74±1.84	1.12±0.29	2.30±1.06
GZ03	34.70±13.64	2.4±1.2	2.16±0.41	3.77±0.87	42.3±27.2	4.81±1.25	1.54±0.38	3.14±0.49	11.1±5.7	19.10±5.51	3.20±0.74	1.87±0.71	1.71±1.08	1.49±0.51	1.10±0.39
GZ04	38.71±11.59	3.8±1.7	1.95±0.30	3.93±0.78	41.2±30.6	4.19±0.64	1.55±0.26	2.76±0.49	17.4±5.9	20.81±5.26	3.66±0.91	2.07±0.81	3.16±3.70	1.80±1.82	1.60±0.80
SC01	14.61±6.12	3.7±2.2	2.35±0.59	2.29±1.16	104.6±78.0	5.99±1.45	1.31±0.30	4.68±1.02	12.1±7.8	19.98±6.51	2.41±0.71	0.82±0.47	2.84±1.26	1.42±0.60	1.98±0.27
SC02	19.43±8.23	2.6±1.4	1.72±0.31	2.85±0.62	32.9±16.2	7.36±2.45	1.46±0.44	5.69±3.19	9.9±6.8	16.05±5.66	2.27±0.42	1.42±0.82	1.29±0.30	0.74±0.22	1.78±0.31
SC03	22.44±8.52	2.9±1.3	1.84±0.29	3.05±1.20	57.6±42.9	6.11±1.36	1.33±0.40	4.78±1.07	9.0±3.9	16.29±5.34	2.16±0.47	1.49±0.66	1.64±0.56	0.62±0.21	2.66±0.33
SC04	22.58±8.69	2.6±1.0	1.74±0.29	4.47±1.02	34.2±17.1	7.18±2.96	1.36±0.28	5.34±2.09	9.8±4.1	14.89±4.89	2.17±0.49	1.69±0.87	1.20±0.28	0.66±0.16	1.84±0.24
SC05	25.17±13.05	2.3±1.5	2.07±0.13	4.60±0.48	26.2±20.9	12.63±2.10	2.40±0.55	5.45±1.42	10.3±3.3	19.00±6.01	2.22±0.39	0.74±0.52	1.37±0.56	0.98±0.68	1.40±0.35
SC06	22.69±10.40	3.9±2.0	2.29±0.44	3.07±1.06	85.3±56.9	5.92±1.14	1.52±0.43	4.07±0.92	16.5±10.5	20.05±5.25	2.66±0.52	1.18±0.61	2.16±0.82	1.08±0.42	2.00±0.25
平均值	27.25	3.14	2.02	3.21	42.33	5.70	1.53	3.88	11.90	18.39	2.73	1.59	1.80	1.09	1.85
CV	32.98%	45.77%	17.23%	26.23%	50.13%	31.89%	18.90%	24.15%	37.72%	15.42%	21.30%	39.73%	54.08%	73.45%	33.09%

表 3 不同产地滇龙胆居群的表型变异特征

Table 3 Phenotypic variation of *G. rigescens* populations from different habitats

产地	居群	株高 /cm	分枝数	茎粗 /mm	节间长 /cm	叶片数	叶长 /cm	叶宽 /cm	叶长/叶宽
云南	野生	26.53±9.85	2.55±1.06	1.93±0.33	2.87±0.73	30.79±8.36	5.23±1.24	1.52±0.28	3.55±0.78
云南	栽培	34.68±6.00	5.77±1.08	2.71±0.15	4.05±0.53	62.91±18.15	5.04±0.44	1.34±0.24	4.15±0.54
贵州	野生	35.37±3.26	4.23±2.07	2.06±0.22	3.82±0.71	53.58±15.03	5.08±1.33	1.58±0.10	3.27±0.66
四川	野生	20.29±3.12	2.97±0.64	2.00±0.28	3.39±0.93	56.80±31.98	7.53±2.57	1.56±0.42	5.00±0.60
F 值		3.49*	5.74**	4.06*	2.69	4.97**	3.30*	0.33	6.92**
产地	居群	根条数	根长 /cm	根粗 /mm	株高/根长	茎叶干质量 /g	根干质量 /g	地上干质量/地下干质量	
云南	野生	10.12±3.21	17.33±2.42	2.74±0.56	1.67±0.77	1.47±1.02	0.86±0.54	1.77±0.51	
云南	栽培	16.64±2.61	22.13±1.47	2.57±0.19	1.69±0.31	3.06±0.27	1.14±0.13	3.01±0.42	
贵州	野生	17.14±6.58	21.51±2.10	3.39±0.67	1.76±0.30	2.51±0.61	2.18±1.45	1.41±0.71	
四川	野生	11.26±2.77	17.71±2.24	2.31±0.19	1.22±0.38	1.75±0.64	0.92±0.31	1.94±0.41	
F 值		4.92**	5.42**	3.70*	0.86	2.94	4.05*	4.50*	

*处理间差异达到显著水平 (P<0.05), **差异达到极显著水平 (P<0.01)

*shows a significant variation (P<0.05), **shows a highly significant variation (P<0.01)

表 4 滇龙胆植物学形态指标之间的相关分析

Table 4 Correlation analysis among botanical morphologic indicators of *G. rigescens*

指标	株高	分枝数	茎粗	节间长	叶片数	叶长	叶宽	叶长/叶宽	根条数	根长	根粗	株高/ 根长	茎叶干 质量	根干 质量	地上干质量/地 下干质量
株高	1														
分枝数	0.215 9	1													
茎粗	0.306 8	0.313 9	1												
节间长	0.340 9	0.304 5	0.230 0	1											
叶片数	0.028 9	0.609 3**	0.428 8*	0.055 0	1										
叶长	-0.379 8*	-0.178 4	0.142 1	0.152 5	-0.076 3	1									
叶宽	0.021 5	-0.295 3	0.152 7	0.078 3	-0.197 7	0.658 0**	1								
叶长/叶宽	-0.484 4*	0.097 0	0.096 4	0.106 5	0.113 4	0.707 4**	-0.029 5	1							
根条数	0.424 0*	0.700 1**	0.463 8*	0.296 8	0.570 5**	-0.158 4	0.056 9	-0.240 2	1						
根长	0.184 7	0.711 8**	0.510 1**	0.392 2*	0.538 8**	0.017 5	0.209 9	-0.115 5	0.752 2**	1					
根粗	0.604 7**	0.287 9	0.166 1	0.026 3	0.120 6	-0.405 9*	0.173 3	-0.659 6**	0.634 7**	0.452 6*	1				
株高/根长	0.845 3 ^b	-0.106 6	0.032 5	0.048 2	-0.195 6	-0.449 6*	-0.182 3	-0.410 2*	0.034 1	-0.330 7	0.359 5	1			
茎叶干质量	0.458 6*	0.468 5*	0.713 6**	0.389 9*	0.520 3**	-0.118 6	0.009 0	-0.125 4	0.671 7**	0.638 2**	0.417 3*	0.113 2	1		
根干质量	0.371 6	0.576 0**	0.267 5	0.136 2	0.441 4*	-0.155 0	0.141 9	-0.315 4	0.832 7**	0.632 3**	0.728 8**	0.047 9	0.606 4**	1	
地上干质量/地下干质量	0.003 4	0.148 6	0.362 3	0.249 4	0.182 6	-0.069 4	-0.441 6*	0.298 2	-0.055 2	0.021 2	-0.451 8*	-0.002 2	0.337 7	-0.355 6	1

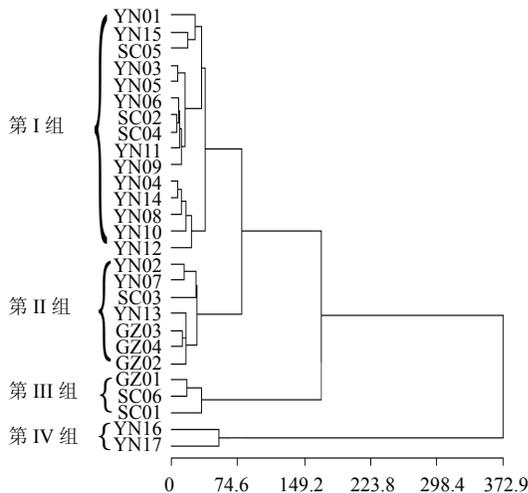


图 1 不同居群滇龙胆形态指标的聚类图

Fig. 1 Dendrogram of morphological indexes of *G. rigescens* from different populations

高度和生物量比较协调。第 IV 组为 2 个栽培居群，主栽在云南云县，主要特点是植株高大、一级分枝数极多、茎秆粗且节间距长、叶片数较多、叶片为短椭圆型、根条较多且长、地上部分生物量远高于地下部分干质量。

2.4 滇龙胆不同形态指标的主成分分析

对滇龙胆 15 个表型性状进行主成分分析，结果显示，前 5 个主成分的累积贡献率达 86.444 7%，足以代

表所述性状的大部分信息。其中，第 1 主成分占 35.081 6%，对其作用的性状依次是根条数 (0.398 5)、根干质量 (0.362 3)、茎叶干质量 (0.357 4)、根长 (0.348 6)、分枝数 (0.312 1)、根粗 (0.311 3) 等；第 2 主成分占 20.090 8%，对其作用的性状依次是叶长/叶宽 (0.447 2)、株高/根长 (-0.424 8)、叶长 (0.382 0) 等；第 3 主成分占 14.314 3%，对其作用的性状依次是叶宽 (0.568 1)、地上干质量/地下干质量 (-0.544 3)、叶长 (0.337 7)；第 4 主成分占 10.889 1%，对其作用的性状依次是节间长 (0.396 8)、株高 (0.380 7)、叶宽 (0.360 3)、株高/根长 (0.329 3)、茎粗 (0.315 6)、叶长 (0.313 5)；第 5 主成分占 6.069 0%，对其作用的性状依次是节间长 (0.684 6)、茎粗 (-0.501 7)、分枝数 (0.320 1)。其中，第 1 主成分主要反映的是根部器官特点，第 2、3 主成分主要反映的是叶部器官的特点，第 4、5 主成分主要反映的是茎部器官的特点。根据前 5 个主成分分析，并结合居群间的差异综合分析得出：茎叶干质量、根干质量、根条数、分枝数、株高、叶长这 6 个形态指标是造成表型差异的主要因素 (表 5 和 6)。

3 讨论

滇龙胆具有丰富的遗传多样性，不同地区滇龙胆的形态差异普遍存在，且差异程度各不相同。本研

表 5 滇龙胆不同居群 15 个形态性状指标前 5 个主成分的负荷量及共同度
Table 5 Loading dose and common degree of first five principal components in 15 morphological traits of *G. rigescens* from different populations

性状	主成分				
	1	2	3	4	5
株高	0.261 5	-0.314 4	-0.117 3	0.380 7	0.077 0
分枝数	0.312 1	0.183 1	-0.134 7	-0.255 7	0.320 1
茎粗	0.249 5	0.217 3	-0.095 2	0.315 6	-0.501 7
节间长	0.159 0	0.146 3	-0.087 3	0.396 8	0.684 6
叶片数	0.255 4	0.245 0	-0.127 6	-0.274 9	-0.240 6
叶长	-0.125 9	0.382 0	0.337 7	0.313 5	0.008 7
叶宽	0.005 3	0.071 8	0.568 1	0.360 3	-0.137 6
叶长/叶宽	-0.151 8	0.447 2	-0.071 9	0.084 7	0.109 8
根条数	0.398 5	0.054 8	0.080 5	-0.087 9	0.051 8
根长	0.348 6	0.220 5	0.138 7	-0.075 3	0.103 9
根粗	0.311 3	-0.300 1	0.229 4	-0.048 3	-0.035 3
株高/根长	0.079 7	-0.424 8	-0.222 6	0.329 3	-0.022 0
茎叶干质量	0.357 4	0.117 8	-0.123 1	0.189 8	-0.227 4
根干质量	0.362 3	-0.038 6	0.232 2	-0.164 5	0.038 6
地上干质量/地下干质量	0.005 1	0.224 9	-0.544 3	0.185 9	-0.118 0

表 6 滇龙胆特征因子的特征值、贡献率及累积贡献率
Table 6 Characteristic values, contribution rate, and cumulative contribution rate of *G. rigescens* characteristic factors

特征因子	特征值	贡献率 / %	累积贡献率 / %
1	5.262 2	35.081 6	35.081 6
2	3.013 6	20.090 8	55.172 4
3	2.147 1	14.314 3	69.486 7
4	1.633 4	10.889 1	80.375 7
5	0.910 3	6.069 0	86.444 7
6	0.712 5	4.749 9	91.194 6
7	0.351 9	2.346 1	93.540 6
8	0.338 4	2.255 8	95.796 4
9	0.221 5	1.476 7	97.273 1
10	0.165 9	1.105 7	98.378 8
11	0.127 9	0.852 7	99.231 5
12	0.053 8	0.358 9	99.590 4
13	0.039 3	0.261 7	99.852 1
14	0.012 1	0.081 0	99.933 1
15	0.010 0	0.067 0	100

究针对我国滇龙胆的主要分布区进行调查与评价,发现滇龙胆的形态指标在不同居群间表现出了不同程度的多样性。其中,叶片数、植株生物量、株高、分枝数等形态指标变异较大。不同器官间相比,总

的趋势是根部的表型性状变异幅度最大,其次是叶部,茎秆最小。而且,野外调查还发现不同产地滇龙胆物候期,特别是花期的时间并不一致,因此传统滇龙胆的采收时间不能纯粹的固定在 10~11 月,应根据其物候期来具体情况具体分析。

研究表明,滇龙胆不同性状之间存在较强的相关性。其中,植株根条数、根粗和根干质量同植株地上一级分枝数、叶片数及茎叶干质量呈显著或极显著正相关关系,因此在筛选高产滇龙胆种质资源时可考虑一级分枝数、叶片数和茎叶干质量这几个外观形态指标。而且,根据本研究对滇龙胆形态指标的测定分析,通过可变类平均法聚类,把调查的 27 个居群的滇龙胆资源可划分为 4 组。其中,第 III 组表现为植株矮小、一级分枝数多、节间距短、叶片数多、根条多且粗、根干质量大且地上地下部分高度和生物量比较协调,因此比较适合作为优良品种选育的材料。

主成分分析表明,前 5 个主成分的累积贡献率达 86.444 7%,足以代表了所述性状的大部分信息。本研究发现,27 个滇龙胆居群的 15 个形态指标中,茎叶干质量、根干质量、根条数、分枝数、株高、叶长这 6 个形态指标的变异度较高,对滇龙胆种质

资源的筛选和保存具有重大意义。

本研究只是对不同地区、不同居群滇龙胆资源的形态指标进行了考察、评价和分析, 但该方法容易受到自然环境和人为因素的影响。为了更加准确的评价滇龙胆资源的药用价值和遗传多样性, 下一步还需进行滇龙胆生药学鉴定、品质检测与评价以及分子生药学等方面的研究工作, 以期为滇龙胆种质资源的筛选和合理开发利用提供更加详细的信息与参考。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第62卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [3] 郭 楨, 凌 昶, 张继稳, 等. 龙胆泻肝丸物质组释放动力学特征研究 [J]. 中草药, 2010, 41(11): 1806-1808.
- [4] 曹 悦, 左代英, 刘敬武, 等. GAP 生产基地龙胆的质量控制及评价 [J]. 中草药, 2010, 41(5): 821-823.
- [5] 顾万春. 统计遗传学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [6] 杨生超, 徐绍忠, 文国松, 等. 灯盏花种质资源群体表型多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2008, 28(8): 1573-1579.
- [7] 罗 成, 顾 蔚, 孙 茂, 等. 秦岭地区华中五味子天然居群叶、花形态变异研究 [J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2010, 38(6): 71-76.
- [8] 杨美权, 刘大会, 邵爱娟, 等. 云贵高原黄花蒿种质资源农艺性状的多样性和聚类分析 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(23): 3097-3102.
- [9] 李智敏, 赵 磊, 白艳婷, 等. 不同产地滇龙胆中龙胆苦苷的含量测定 [J]. 云南中医学院学报, 2008, 31(6): 10-14.
- [10] 李娅琼, 游 春. 滇龙胆居群与繁殖生物学的初步研究 [J]. 云南中医学院学报, 2008, 31(6): 33-35.