

石蒜种质资源的数量分类

袁菊红¹, 胡绵好¹, 张明霞², 江玉梅², 夏冰²

(1. 江西财经大学 资源与环境管理学院, 江西 南昌 330032; 2. 江苏省-中国科学院 植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014)

摘要: 运用 Q 聚类法对中国 13 个不同产地的野生石蒜 *Lycoris radiata* 种质资源的 28 个表型和生理生化性状进行了数量分类研究, 并以石蒜变种矮小石蒜 *L. radiata* var. *pumila*, 近缘种玫瑰石蒜 *L. rosea* 和红蓝石蒜 *L. haywardii* 为对照。结果表明: 在结合线 $L_1 = 14.12$ 处, 16 个分类运算单位(OTUs)按种聚成了 3 类, 石蒜与矮小石蒜聚为第 I 类; 13 个产地的石蒜种质又形成 3 亚类, 其中以江苏江宁的石蒜种质(JS1)外形变异最大。 R 聚类的结果显示花部性状是近缘种间和不同产地石蒜种质资源区分的重要依据。不同产地的石蒜资源在外部形态、生长发育习性、次生代谢产物加兰他敏质量分数方面存在较大差异, 石蒜种内具有丰富的遗传多样性, 根据其叶片宽度可将石蒜分为细叶型、宽叶型和中间类型。图 2 表 3 参 13

关键词: 园艺学; 石蒜; 种质资源; 数量分类; 遗传多样性

中图分类号: S602; S682.2+9 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2009)05-0633-06

A quantitative taxonomic study of *Lycoris radiata* germplasm sources

YUAN Ju-hong¹, HU Mian-hao¹, ZHANG Ming-xia², JIANG Yu-mei², XIA Bing²

(1. Resource and Environment Management Institute, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330032, Jiangxi, China; 2. Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, Jiangsu, China)

Abstract: Based on a field observation, a Q analysis and R analysis from a cluster analysis of 28 morphological and physiological characteristics for 13 of *Lycoris radiata* germplasm sources from different localities in China were studied with a quantitative taxonomic study using *L. radiata* var. *pumila*, *L. rosea*, and *L. haywardii* as the outgroups. Results of the Q analysis showed 16 Operational Taxonomic Units (OTUs) classified as three groups at $L_1 = 14.12$. Group I included *L. radiata* and *L. radiata* var. *pumila*. Also, in Group I, three clades were recognized among 13 germplasm specimens of *L. radiata*; the outer variation in characteristics of Jiangsu, Jiangning 1 (JS1) germplasm was greatest. The R analysis from the cluster analysis showed that flower part features were important for distinguishing relative species and different *L. radiata* germplasm sources. There were some differences in outer characteristics, growth and development habit, and galanthamine content of different *L. radiata* germplasm. Thus, in this study according to its leaf width, *L. radiata* can be classified as a narrow-leaf type, a broad-leaf type, and an intermediate type. [Ch, 2 fig. 3 tab. 13 ref.]

Key words: horticulture; *Lycoris radiata*; germplasm resources; numerical taxonomy; genetic diversity

石蒜 *Lycoris radiata* 花色鲜艳, 花被片强烈皱缩反卷, 花丝细长且显著伸出花被片外, 具有较高的观赏价值, 既可盆栽独赏又可作地被群植, 环境美化效果良好。石蒜作为石蒜属 *Lycoris* 2 个广布

收稿日期: 2008-10-10; 修回日期: 2009-02-12

基金项目: 江苏省道地药材种质资源库建设资助项目(BM2006104)

作者简介: 袁菊红, 讲师, 博士, 从事植物种质资源评价与遗传多样性研究。E-mail: yjh97@jxufe.edu.cn

种之一,其分布遍及中国15个省区。我们于2004-2006年对中国主要分布省区的石蒜种质资源进行了收集,并对引种的大部分群体形态、生物学习性进行观察记载,发现不同产地的石蒜种质外部形态及生长发育习性存在较大的差异,特别在花器官形态、鳞茎大小、盛花期、绿叶期等方面差异明显。石蒜鳞茎中的生物碱含量研究一直是药学研究的重点,研究结果表明不同产地石蒜中加兰他敏质量分数差异大^[1-2]。石蒜中加兰他敏质量分数与外部形态特征、生长发育习性是否有关?目前有关野生石蒜种质资源的形态和生长发育习性研究较少,尚未见将其鳞茎中生物碱质量分数与其形态性状进行相关分析或综合探讨的报道。况且,石蒜与其变种矮小石蒜 *Lycoris radiata* var. *pumila*, 近缘种玫瑰石蒜 *L. rosea* 和红蓝石蒜 *L. haywardii* 在外部形态和生长发育习性十分相似,依靠传统分类法较难以区分,而数量分类法将数学方法和计算机技术引入到植物分类研究中,更为客观。近年来,数量分类法已广泛应用于植物的分类^[3-6],从科、属、种到品种甚至不同的居群,均取得了比较理想的效果。鉴于此,笔者在形态和物候期观测的基础上,对不同产地石蒜种质及其相似种鳞茎中加兰他敏质量分数进行测定,然后运用数量分类手段探讨石蒜种质资源遗传多样性丰富程度,同时揭示石蒜与相似种的区别与联系,为石蒜种质资源评价和新优品种培育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 植物材料

来自江苏江宁(JS1),江苏宜兴(JS2),安徽宏村(AH),湖北武当山(HB),湖南宜章(HN1),湖南郴州(HN2),广东乐昌(GD),广西雁山(GX1),广西全州(GX2),贵州安顺(GZ1),贵州遵义(GZ2),云南大理(YN)和福建明溪(FJ)等13份野生石蒜种质以及矮小石蒜(杭州植物园)、玫瑰石蒜(南京中山植物园)和红蓝石蒜(杭州植物园),共16个分类运算单位(OTUs)。因未收集到山东和河南野生石蒜种质资源,陕西种质又缺少花的性状,暂未对这3个产地种质进行研究。

1.2 实验方法

1.2.1 数量分类的性状选取 除借鉴经典分类运用的主要性状外,还注意选取植物体不同器官性状,共28个性状,其中13个为定性性状、15个为数量性状。性状取值以作者观察和测量为主,并参考花卉品种数量分类学方法^[7]。性状分3种类型(表1):定性二元性状,定性多态性状和数量性状。花葶基粗是指花葶基部直径,花柄长是指一个花序上最长与最短花柄的差值。除加兰他敏质量分数这一指标外,其他数量性状皆为10个单株的观测平均值。

表1 性状描述及编码

Table 1 Character states and their code number

性状	性状代码	性状类型	性状描述及编码
叶色	X ₁	二元	深绿或暗绿为0;淡绿色为1
叶变异	X ₂	二元	无变异为0;有变异为1
花色	X ₃	多态	红色为0;玫瑰红色为1;紫红色上端有蓝斑为2
花型	X ₄	二元	左右对称0;辐射对称1
花被裂片形状	X ₅	二元	狭倒披针形为0;倒披针形为1
花被裂片形态	X ₆	多态	强烈皱缩反卷为0;中度皱缩反卷为1;仅基部皱或不皱、顶端稍反卷为2
花器官	X ₇	多态	正常为0;花丝连生为1;花瓣畸形为2
花葶颜色	X ₈	多态	基部红、中上部绿色为0;绿色为1;暗红中带绿为2
花葶数	X ₉	二元	1葶/球为0;2~3葶/球为1
种子	X ₁₀	二元	无种子为0;有种子为1
出叶期	X ₁₁	二元	南京地区9月中下旬为0;10月上旬为1
绿叶期	X ₁₂	二元	较短150d左右为0;较长165d左右为1

续表 1

性状	性状代码	性状类型	性状描述及编码
盛花期	X ₁₃	多态	南京地区 8 月下旬为 0;9 月初为 1;9 月中下旬为 2
叶长/cm	X ₁₄	数量	观测平均值
叶宽/cm	X ₁₅	数量	观测平均值
花被片长/cm	X ₁₆	数量	观测平均值
花被片宽/cm	X ₁₇	数量	观测平均值
花被筒长/cm	X ₁₈	数量	观测平均值
雄蕊长/cm	X ₁₉	数量	观测平均值
每花序小花数/朵	X ₂₀	数量	观测平均值
花柄长/cm	X ₂₁	数量	观测平均值
苞片长/cm	X ₂₂	数量	观测平均值
苞片宽/cm	X ₂₃	数量	观测平均值
花葶高/cm	X ₂₄	数量	观测平均值
花葶基粗/cm	X ₂₅	数量	观测平均值
开花鳞茎周长/cm	X ₂₆	数量	观测平均值
雄蕊长/花被裂片长比值	X ₂₇	数量	观测平均值
加兰他敏/(mg·g ⁻¹)	X ₂₈	数量	实测值

说明：定性二元性状简称“二元”；定性多态性状简称“多态”；数量性状简称“数量”。

1.2.2 石蒜中加兰他敏质量分数的测定 参照袁菊红等^[8]中的方法，并进行线性关系及回收率考察实验：配制加兰他敏标准溶液，精密量取标准品溶液 1, 2, 5, 6, 8, 15 μL 分别注入液相色谱仪，记录色谱图，以浓度为横坐标，峰面积为纵坐标作线性回归方程，根据回归方程算出加兰他敏的质量分数。并用 3 份样品按实验方法进行了加标回收实验。

1.3 数据处理

利用 SPSS 12.0 将定性性状和数量性状的原始数值进行标准化变换后，计算各 OTUs 之间的欧氏距离，作为表征相似程度的度量指标，用分类效果较好的类平均法(UPGMA)进行系统聚类^[3-9]，得出树系图。为便于研究，需确定分类等级的划分线，由结合线上聚合水平较大的跳变位置确定等级分界值^[4]。对各类性状进行 R 聚类分析，以寻求性状之间的相关性。

2 结果与分析

2.1 28 个性状数值

结果见表 2 和表 3。

表 2 16 个 OTUs 的二元和定性多态性状矩阵

Table 2 Data matrix of 13 characters of 16 OTUs

类群	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃
石蒜 JS1	0	1	0	0	0	0	2	2	1	0	1	0	2
石蒜 JS2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
石蒜 AH	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
石蒜 HB	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
石蒜 HN1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2	2
石蒜 HN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
石蒜 GD	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2	2
石蒜 GX1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2	2
石蒜 GX2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
石蒜 GZ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
石蒜 GZ2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
石蒜 YN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
石蒜 FJ	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	2
矮小石蒜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
玫瑰石蒜	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	2
红蓝石蒜	0	0	2	1	1	2	0	2	0	1	0	2	0

表3 16个OTUs的数量性状

Table 3 Numerical characters of 16 OTUs

类群	X_{14}/cm	X_{15}/cm	X_{16}/cm	X_{17}/cm	X_{18}/cm	X_{19}/cm	$X_{20}/\text{朵}$	X_{21}/cm	X_{22}/cm	X_{23}/cm	X_{24}/cm	X_{25}/cm	X_{26}/cm	X_{27}/cm	$X_{28}/(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$
石蒜 JS1	24.3	0.7	3.7	0.6	0.7	6.3	6.4	0.4	3.1	0.9	32.2	0.6	10.6	1.6	0.1
石蒜 JS2	28.8	0.9	3.7	0.7	0.8	6.8	4.6	1.3	4.0	1.0	38.3	0.7	10.4	1.9	0.6
石蒜 AH	23.2	0.6	3.4	0.5	0.6	7.2	4.8	0.9	2.4	0.7	21.7	0.6	7.2	2.1	—
石蒜 HB	28.9	0.9	3.3	0.6	0.8	6.6	4.0	0.2	3.0	0.7	40.3	0.7	10.3	2.0	0.1
石蒜 HN1	28.7	1.0	3.4	0.7	0.5	7.2	6.8	0.7	2.9	0.7	41.0	0.9	12.9	2.1	0.1
石蒜 HN2	24.6	0.6	3.1	0.6	0.7	6.1	6.2	2.0	2.6	0.8	40.0	0.7	7.6	2.0	0.5
石蒜 GD	26.8	1.0	3.5	0.8	0.5	6.7	6.4	0.6	3.4	0.8	40.0	0.9	14.6	1.9	0.1
石蒜 GX1	30.3	1.0	3.7	0.8	0.5	6.7	8.2	0.6	3.6	0.9	42.6	1.0	13.5	1.8	0.1
石蒜 GX2	25.8	0.6	3.8	0.4	0.7	6.9	6.0	1.5	2.9	0.7	30.7	0.6	8.2	1.8	0.2
石蒜 GZ1	24.6	0.7	3.6	0.6	0.5	7.2	6.4	0.4	2.9	0.7	41.7	1.0	10.3	2.0	0.6
石蒜 GZ2	26.7	0.7	3.7	0.6	0.6	7.6	6.0	0.8	3.1	0.7	39.0	0.9	10.1	2.1	0.5
石蒜 YN	32.0	0.7	3.4	0.5	0.4	6.5	5.5	0.2	3.5	0.5	30.0	—	8.1	1.9	—
石蒜 FJ	31.8	1.1	3.6	0.7	0.4	6.7	7.0	0.5	3.6	0.8	44.3	1.0	13.3	1.9	0.1
矮小石蒜	26.7	0.6	3.5	0.6	0.8	7.0	4.8	1.0	2.6	0.8	41.8	0.7	7.9	2.0	0.2
玫瑰石蒜	28.6	0.8	5.9	0.9	1.3	8.2	6.6	0.5	3.6	0.9	51.3	0.9	10.1	1.4	0.5
红蓝石蒜	34.7	1.4	5.5	1.2	1.3	8.1	5.4	3.5	3.6	1.0	54.8	0.9	11.4	1.5	0.4

2.2 Q 聚类结果

从 Q 聚类图 1 可以看出, 以聚合水平 2 次较大的跳变划分结合线 $L_1 = 14.12$, $L_2 = 8.69$, L_1 正好将 16 个分类运算单位按种分成了 3 个大类。第 I 类包括石蒜和其变种矮小石蒜, 第 II 类为玫瑰石蒜, 第 III 类为红蓝石蒜。第 I 类中 14 个 OTUs 在 $L_2 = 8.69$ 处又可分为 3 个亚类, I_1 亚类由湖南宜章(HN1)、广东乐昌(GD)、广西桂林雁山(GX1)和福建明溪(FJ)的石蒜种质组成, 它们之间亲缘关系最近; I_2 亚类的种质最多, 地理跨度大, 包括了贵州安顺(GZ1)、贵州遵义(GZ2)、湖南郴州(HN2)、云南大理(YN)、湖北武当山(HB)、广西全州(GX2)、安徽黄山宏村(AH)和江苏宜兴(JS2)等 8 个不同地理种源石蒜以及矮小石蒜。江苏江宁的石蒜(JS1)独自形成 I_3 亚类, 与其他各地石蒜种质的亲缘关系远。图中还揭示出石蒜与矮小石蒜的亲缘关系很近, 而与红蓝石蒜亲缘关系最远。

2.3 R 聚类结果

对 28 个性状进行 R 聚类分析, 结果如图 2。从图 2 中可以看出, 在结合线 $L_1 = 16.45$ 处, 所有性状可明显分为 A, B, C, D 四大类。其中 A 类性状在较低的聚合水平($L_2 = 8.11$)明显形成了 A1 ~ A5 几个组。A1 组反映的是花、叶、花萼等性状; A2 组主要反映的是花部性状; A3 组为叶和苞片性状; A4 和 A5 分别为 X_{12} (绿叶期)和 X_{28} (加兰他敏质量分数)两方面的性状。 X_{10} (种子)、 X_8 (花萼颜色)分别对应于 B 和 C 类性状。D 类中不仅包括出叶期与盛花期这一对十分相关的性状还包括了反映花形态的重要性状 X_{27} (雄蕊长/花被裂片长比值)。其中有些性状之间具有很强的相关性, 如 X_4 (花型)、 X_3 (花色)、 X_5 (花被裂片形状)与 X_6 (花被裂片形态); X_{16} (花被片长)、 X_{18} (花被筒长)与 X_{19} (雄蕊长)等。总之, R 聚类突出了花部性状的重要性。

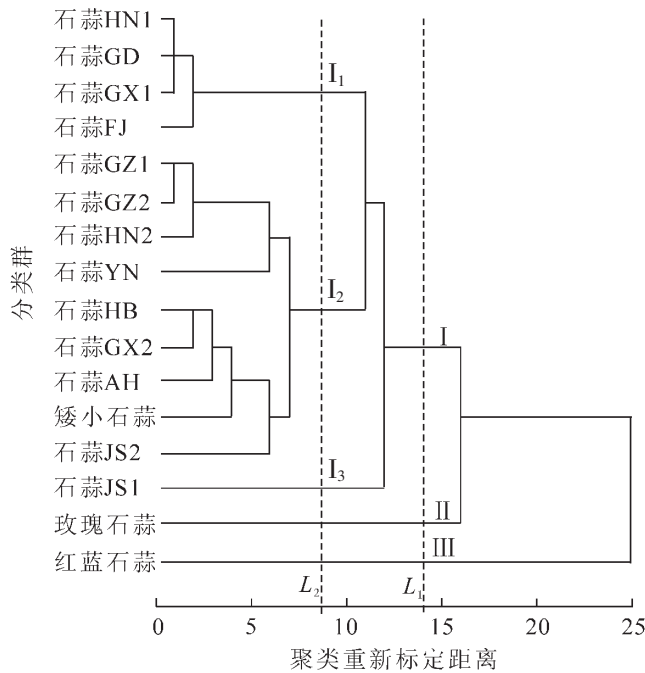


图 1 16 个分类群亲缘关系表征图

Figure 1 Dendrogram of phylogenetic relationship of 16 OTUs

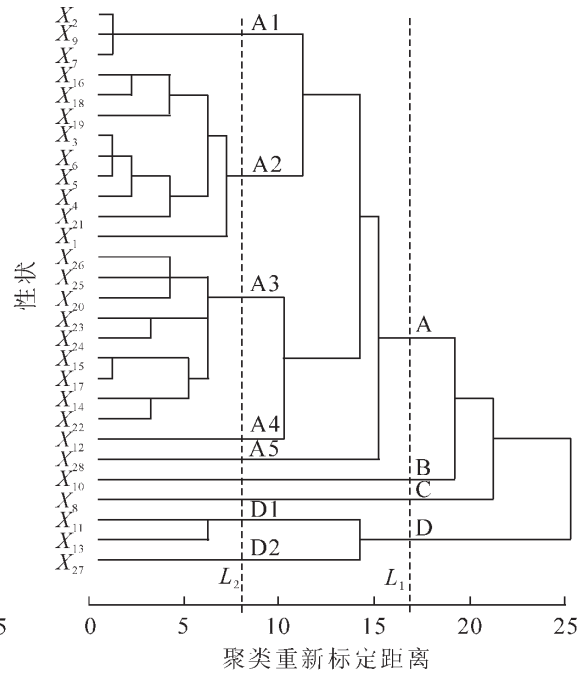


图 2 28 个性状的 R 型聚类图

Figure 2 Dendrogram of R cluster analysis of 28 characters

3 讨论

3.1 石蒜种质资源的形态多样性

经过连续 2 a 的形态、生长发育习性观察和测定，我们发现不同产地的石蒜在形态和生长发育习性方面均存在一定程度的差异，其中以江苏江宁的石蒜(JS1)最明显，花葶数、花器官和叶部性状发生了明显变化，这在本研究中其他 12 份石蒜种质中是罕见的。这些形态性状的变化，特别是花瓣畸形或退化、花柄连生以及一球多花葶的现象，无疑使其观赏特性大大增加。观测中还发现贵州遵义石蒜(GZ2)出现花丝连生的情况。目前，尚未见有关石蒜种内花部性状变异的报道，这些变异究竟是由环境引起的饰变还是遗传物质本身发生了变化，还有待从解剖学、细胞学和分子标记等方面深入研究。

Q 聚类中形成 I₁ 亚类的福建明溪(FJ)、湖南宜章(HN1)、广西桂林(GX1)和广东乐昌(GD)4 个产地的石蒜种质资源的外部形态相似，如花被片和叶片较宽、花柄短花型紧凑，鳞茎粗大，生长发育习性上表现为花期迟、绿叶期长。但聚在第 I₂ 亚类的种质却可分 2 种情况，来自贵州(GZ1, GZ2)、湖南郴州(HN2)和云南大理的石蒜种质(YN)叶片和花被片较窄、花期较迟；而来自湖北武当山(HB)、广西全州(GX2)、安徽黄山(AH)、江苏宜兴(JS2)的石蒜种质与矮小石蒜相似，叶片由细到中等宽，花期较早。据作者观测，相同环境条件下，石蒜的叶片宽窄比盛花期表现更为稳定。因此，按叶片宽窄可将供试石蒜种质资源分为细叶型、宽叶型和中间类型 3 种类型。

3.2 不同产地的石蒜资源加兰他敏质量分数的差异性

作为传统的药用植物，石蒜中生物碱特别是加兰他敏的质量分数倍受重视。通过对不同产地的石蒜种质中加兰他敏质量分数的测定，发现不同产地的石蒜加兰他敏质量分数差异很大，且与外部形态有一定联系，即鳞茎较大、叶片较宽的石蒜种质的质量分数较低；鳞茎小、叶狭窄的质量分数较高。这为加兰他敏质量分数高的石蒜品种选育提供了一定的形态参考依据。

3.3 石蒜种内丰富的遗传多样性及其应用

植物多倍体一般比二倍体具有茎干粗壮，叶片肥厚，花朵大而艳丽，花瓣厚实等特点，这在球根花卉百合 *Lilium* spp.^[10]、黄色马蹄莲 *Zantedeschia elliotiana*^[11] 研究中已有较多的报道。近年的研究认为石蒜有 2 个变种，一为矮小石蒜(2n = 22A)；另一个为石蒜 *L. radiata* var. *radiata*(2n = 22A 或 2n =

33A), 即石蒜存在二倍体和三倍体植株^[12-13]。本研究的数量分类法将供试的石蒜种质资源较明确地区分为3亚类, 是否对应于不同染色体倍性的石蒜, 还有待从细胞学上做进一步探讨。此外, 作者还对上述13个不同产地的石蒜种质资源的 *trnL-F* 序列进行了测定, 结果表明同一组供试样品的 *trnL-F* 分子聚类和形态性状为主的 *Q* 聚类结果存在较高的一致性(待发表资料)。因此, 石蒜在形态、生长发育习性、生理生化特性以及分子水平等方面具有丰富的遗传多样性, 为培育新优品种提供优良的种质资源, 如宽叶型、花期迟的种质因其叶丛浓密、叶片较宽、绿叶期长可作为石蒜地被育种的优良亲本, 而细叶型中花期很早的一些种质为石蒜早花品种的选育奠定了基础。

参考文献:

- [1] 袁昌齐, 刘守炉, 姚淦. 加兰他敏原料植物石蒜调查简报[J]. 中草药, 1985, **12** (4): 39 - 40.
YUAN Cangqi, LIU Shoulu, YAO Gan. An investigation on galanthamine raw plant *Lycoris radiata* [J]. *Chin Tradit Herbal Drugs*, 1985, **12** (4): 39 - 40.
- [2] 范华均, 肖小华, 刘玉竹, 等. 微波辐射溶剂回流法提取石蒜中石蒜碱、力可拉敏和加兰他敏[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2006, **45** (3): 46 - 53.
FAN Huajun, XIAO Xiaohua, LIU Yuzhu, et al. Post-microwave-irradiated reflux extraction of lycorine, lycoramine and galanthamine from *Lycoris radiata* [J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni*, 2006, **45** (3): 46 - 53.
- [3] 林夏珍. 浙江润楠属植物的数量分类[J]. 林业科学, 2007, **43** (11): 151 - 156.
LIN Xiachen. Quantitative classification of plants of *Machilus* in Zhejiang Province[J]. *Sci Silv Sin*, 2007, **43** (11): 151 - 156.
- [4] 舒璞, 袁昌齐, 余孟兰, 等. 中国柴胡属药用植物的数量分类研究(1)[J]. 西北植物学报, 1998, **18** (2): 277 - 283.
SU Pu, YUAN Cangqi, SHE Menglan, et al. Numerical taxonomy of medicinal *Bupleurum* species in China(I) [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 1998, **18** (2): 277 - 283.
- [5] 何平, 袁小凤, 田丽华, 等. 绣球花科中国溲疏属小花溲疏组的数量分类[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2000, **25** (4): 429 - 438.
HE Ping, YUAN Xiaofeng, TIAN Lihua, et al. Numerical taxonomy of Mesodeutzia Schneid of *Deutzia* Thunb. in China [J]. *J Southwest China Normal Univ Nat Sci*, 2000, **25** (4): 429 - 438.
- [6] 张莉俊, 秦红梅, 王敏, 等. 二月兰形态性状的变异分析[J]. 生物多样性, 2005, **13** (6): 535 - 545.
ZHANG Lijun, QIN Hongmei, WANG Min, et al. Variation of morphological characteristics of *Orychophragmus violaceus* [J]. *Biodiversity Sci*, 2005, **13** (6): 535 - 545.
- [7] 陈俊愉. 中国花卉品种分类学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 45 - 53.
- [8] 袁菊红, 彭峰, 冯煦, 等. 应用 HPLC 图谱进行石蒜属种间关系和分类研究[J]. 西北植物学报, 2007, **27** (11): 2195 - 2201.
YUAN Juhong, PENG Feng, FENG Xu, et al. Inter-specific relationships analysis and classification of *Lycoris* by HPLC chromatograms [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 2007, **27** (11): 2195 - 2201.
- [9] 张方钢. 浙江九龙山青冈林的数值分类[J]. 浙江林学院学报, 1996, **13** (3): 293 - 300.
ZHANG Fanggang. Numerical classification of *Cyclobalanopsis* forests in Mt. Jiulong in Zhejiang [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1996, **13** (3): 293 - 300.
- [10] 覃丽平, 刘志敏. 百合快速繁殖及染色体加倍的最新进展[J]. 湖南农业科学, 2003 (3): 11 - 13.
QIN Liping, LIU Zhimin. Review on lily promote proliferation and chromosome doubling study [J]. *Hunan Agric Sci*, 2003 (3): 11 - 13.
- [11] 邵果园, 梁国鲁. 黄色马蹄莲多倍体诱导研究[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (5): 630 - 634.
SHAO Guoyuan, LIANG Guolu. Polyploidy induction in *Zantedeschia elliottiana*[J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (5): 630 - 634.
- [12] HSU P S, KURITA S, YU Z S, et al. Synopsis of the genus *Lycoris* (Amaryllidaceae)[J]. *SIDA*, 1994, **16** (2): 301 - 331.
- [13] HAYASHI A, SAITO T, MUKAI Y, et al. Genetic variations in *Lycoris radiata* var. *radiata* in Japan [J]. *Genes Genet Syst*, 2005, **80**: 199 - 212.