

# 基于光合特性的石蒜属植物聚类分析

贺安娜<sup>1,2,3</sup>, 全妙华<sup>1,2,3</sup>, 欧立军<sup>1,2,3</sup>, 唐文超<sup>1</sup>

(1. 怀化学院 生命科学系, 湖南 怀化 418008; 2. 民族药用植物资源研究与利用湖南省重点实验室, 湖南 怀化 418008;

3. 湘西药用植物与民族植物学湖南省高校重点实验室, 湖南 怀化 418008)

**摘要:**以我国 16 种石蒜属植物为试材, 采用便携式 Li-6400 光合测定系统, 运用 SPSS 17.0 统计分析软件, 测定分析了 16 种石蒜属植物的光合特性及其种间关系。结果表明: 16 种石蒜属植物的光合速率、叶绿素含量等存在较大差异, 影响光合速率的因素也不尽相同。根据净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)等光合生理指标可将其聚为两大类, 玫瑰石蒜、鹿葱、稻草石蒜、陕西石蒜、长筒石蒜、香石蒜、换锦花、红蓝石蒜、江苏石蒜、乳白石蒜和忽地笑共 11 个物种聚为一大类, 中国石蒜、黄长筒石蒜、短蕊石蒜、石蒜和安徽石蒜共 5 个物种聚为另一类群。

**关键词:**石蒜; 光合特性; 相关性分析; 聚类分析

**中图分类号:**S 68 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2013)13-0022-04

石蒜属(*Lycoris* Herb.) 是石蒜科(Amaryllidaceae) 中一个重要的属, 为多年生草本植物, 主产于中国和日本, 全世界约 20 种, 我国共 16 种<sup>[1]</sup>。该属植物活性成分主要为生物碱类, 其中加兰他敏、石蒜碱、力可拉敏、网球花定、石蒜宁碱和文殊兰碱等具有多种药理活性<sup>[2]</sup>, 可用于治疗小儿麻痹后遗症、风湿性关节炎、重症肌无力和脊髓灰质炎后遗症以及癌症<sup>[3-4]</sup>。

石蒜属的分类地位一直存在较多争论, 该属植物种间差异不大、种内形态差异又较大, 且一些种存在多型现象, 给石蒜属植物种间和种内的分类和遗传关系研究带来很多困难。周守标等<sup>[5]</sup>对石蒜属 12 种植物叶片进行了比较解剖学研究, 邓传良等<sup>[6]</sup>和张新华等<sup>[7]</sup>又运用显微和扫描电镜技术分别对石蒜属 11 种植物叶微形态和石蒜属 13 种植物花粉形态特征比较分析, 发现石蒜属植物在形态学上, 既具有许多相似特征, 又具有一定的种间差异。邓传良等<sup>[8]</sup>利用 RAPD 标记探讨了石蒜属 13 个种之间的遗传变异和系统亲缘关系, 将石蒜属植物分为具有单型核型结构(I型)和具有两型核型结构(V型或I型)的两大类。该研究与细胞染色体组型研究结果以及聂刘旺等<sup>[9]</sup>的同工酶分析结果一致, 而与经典的以花的形态和颜色及其发生期为主要依据将石蒜属

分为整齐花亚属和石蒜亚属的结果不完全吻合。邓传良等<sup>[10]</sup>在借鉴了上述研究的基础上, 基于 37 个形态学、解剖学、孢粉学和细胞学性状及解剖学性状之外的 28 个形态学、孢粉学和细胞学性状, 分别对石蒜属进行分支系统学分析, 建立了石蒜属种间的系统发育关系, 将石蒜属 16 种分为两大类且与 RAPD 指纹图谱的划分基本一致。

前人对不同光照、不同季节、不同发育时期石蒜属植物的光合作用进行了系列研究<sup>[11-13]</sup>。该试验通过测定我国石蒜属 16 种植物的气体交换参数, 运用聚类分析的方法, 推测各个物种间的亲缘关系, 拟通过生理特性对石蒜属植物进行区分, 同时为其它植物分类提供新的参考途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料包括石蒜属 15 种和 1 个变种共 16 份材料(表 1), 其中石蒜和忽地笑为该课题组第一作者在野外采集的物种, 其它物种分别由南京中山植物园和杭州植物园提供。材料采集后种植于怀化学院生物园黄棕壤菜地上, 每种材料选用的土壤及光照、水肥管理均保持一致, 连续种植 2 a 以上, 待石蒜生长良好时开始试验。

Li-6400 光合测定仪(美国 LI-COR 公司生产); 美国贝克曼 DU-800 紫外可见分光光度计。

### 1.2 试验方法

1.2.1 气体交换参数测定 2011 年 12 月中旬, 选择晴好的天气, 于上午 9:00~11:00 用 Li-6400 光合系统测定仪进行测定, 采用自然光照及自然空气提供的二氧化

**第一作者简介:**贺安娜(1981-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向为药用植物发育生物学。E-mail:anna99102@163.com.

**责任作者:**全妙华(1971-), 男, 硕士, 副教授, 现主要从事植物生理生化等研究工作。E-mail:hhqmh100@163.com.

**基金项目:**湖南省高校创新平台开放基金资助项目(11K051); 湖南省科技计划重点资助项目(2012FJ4064)。

**收稿日期:**2013-03-05

表 1 16 种石蒜属植物材料来源

Table 1 The sources of 16 species of *Lycoris* Herb.

材料编号 Material number	种名 Species name	学名 Scientific name	来源地 Origin
1	换锦花	<i>Lycoris sprengeri</i>	杭州植物园
2	红蓝石蒜	<i>Lycoris haywardii</i>	杭州植物园
3	长筒石蒜	<i>Lycoris longituba</i>	杭州植物园
4	安徽石蒜	<i>Lycoris anhuiensis</i>	杭州植物园
5	稻草石蒜	<i>Lycoris straminea</i>	杭州植物园
6	中国石蒜	<i>Lycoris chinensis</i>	杭州植物园
7	香石蒜	<i>Lycoris incarnata</i>	杭州植物园
8	陕西石蒜	<i>Lycoris shaanxiensis</i>	南京中山植物园
9	江苏石蒜	<i>Lycoris houdyshelii</i>	南京中山植物园
10	乳白石蒜	<i>Lycoris albi-flora</i>	南京中山植物园
11	黄长筒石蒜	<i>Lycoris longituba</i> var. <i>flava</i>	南京中山植物园
12	短蕊石蒜	<i>Lycoris caldwellii</i>	南京中山植物园
13	玫瑰石蒜	<i>Lycoris rosea</i>	南京中山植物园
14	鹿葱	<i>Lycoris squamigera</i>	南京中山植物园
15	石蒜	<i>Lycoris radiata</i>	湖南沅陵
16	忽地笑	<i>Lycoris aurea</i>	湖南中方

碳,每个种选健壮植株同一叶位的正常功能叶片 1 片,16 个种均测完之后再选取下一轮各种材料的叶片,以消除时间段不同给石蒜光合速率带来的影响,共测定了 5 轮,即每个种测定 5 片叶,测定时选用叶片的中段,并注意保持叶片光照的一致性,连续测定 2 d,取平均值。记

表 2 16 种石蒜属植物气体交换参数比较

Table 2 Comparison of gas exchange parameters among 16 species of *Lycoris* Herb.

材料编号 Material number	净光合速率 Pn / $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	蒸腾速率 Tr / $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 Ci / $\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$	气孔导度 Gs / $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	水分利用率 WUE / $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
1	13.30	2.06	347	0.253	6.46
2	14.70	2.41	344	0.266	6.10
3	13.40	1.84	323	0.198	7.28
4	13.40	2.11	308	0.175	6.35
5	17.42	4.14	339	0.365	4.20
6	13.50	2.26	291	0.165	5.97
7	14.60	3.73	326	0.257	3.91
8	15.00	2.47	335	0.272	6.07
9	13.20	3.11	357	0.334	4.24
10	8.60	2.45	366	0.237	3.51
11	14.10	1.95	284	0.148	7.23
12	14.40	2.49	311	0.199	5.78
13	15.60	3.87	338	0.311	4.03
14	15.80	4.22	337	0.322	3.74
15	12.30	2.94	317	0.179	4.18
16	7.54	2.58	375	0.223	2.92

2.2 16 种石蒜属植物叶绿素含量比较

叶绿素含量的高低是反映植物光合能力的重要指标之一,由表 3 可以看出,16 种石蒜总叶绿素含量差异较大,其平均值为 1.520 mg/g,总叶绿素含量最高的物种是稻草石蒜,达 2.990 mg/g,含量最低为黄长筒石蒜,

录净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间  $\text{CO}_2$  浓度(Ci)等,水分利用率(WUE)=光合速率(Pr)/蒸腾速率(Tr)。

1.2.2 叶绿素含量测定 光合速率测得完毕当天,随机选取长势一致健康的叶片中段,去中脉,参照 Arnon 法<sup>[14]</sup>,95%乙醇提取叶绿素,用紫外可见分光光度计测定。

1.3 数据分析

测定结果利用 Excel 及 SPSS 统计软件进行分析与绘图。

2 结果与分析

2.1 16 种石蒜属植物气体交换参数比较

由表 2 可知,16 种石蒜之间净光合速率存在较大的差异,其净光合速率平均值约为  $13.55 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最高的物种是稻草石蒜,为  $17.42 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,最低的是忽地笑,为  $7.54 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。蒸腾速率以鹿葱的最大,约为  $4.22 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。石蒜的水分利用率较高,尤其是长筒石蒜和黄长筒石蒜的水分利用率分别达 7.28 和 7.23  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,表明它们是高光合速率低耗水量物种。

仅 0.694 mg/g,相差 2.296 mg/g。叶绿素 a 分解的比叶绿素 b 快,所以叶绿素 a 和叶绿素 b 的比值(即叶绿素 a/b)的变化可作为一个衰老指标。石蒜叶绿素 a/b 种间差异也很大,平均值为 4.21,比值最高的物种是乳白石蒜,达 7.43,最低的品种是香石蒜,为 1.89,相差 5.54。

表 3 16 种石蒜属植物叶绿素含量比较

Table 3 Comparison of chlorophyll content among 16 species of *Lycoris* Herb.

编号	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	总叶绿素含量	叶绿素 a/b
Number	Content of Chl a/mg · g <sup>-1</sup>	Content of Chl b/mg · g <sup>-1</sup>	Content of total Chl/mg · g <sup>-1</sup>	Chl a/b
1	0.740	0.290	1.030	2.55
2	1.640	0.272	1.910	6.02
3	1.580	0.279	1.860	5.56
4	1.470	0.280	1.750	5.25
5	2.310	0.627	2.990	3.68
6	1.070	0.349	1.420	3.06
7	0.659	0.348	1.010	1.89
8	1.100	0.163	1.200	6.74
9	0.896	0.277	1.170	2.68
10	1.170	0.157	1.320	7.43
11	0.563	0.131	0.694	4.29
12	1.170	0.311	1.450	3.68
13	1.290	0.618	1.910	2.08
14	1.760	0.657	2.420	3.23
15	0.841	0.319	1.160	2.64
16	0.881	0.133	1.010	6.62

2.3 相关性分析

叶绿素含量的多少对光合速率有直接的影响<sup>[15]</sup>,由表 4 可知,石蒜属植物的光合速率与蒸腾速率、水分利用率均及总叶绿素含量呈显著正相关。蒸腾速率与气

孔导度及水分利用率呈极显著正相关,说明气孔导度的增加可使石蒜蒸腾速率明显提高,但气孔导度与光合速率的正相关未达显著性,这表明气孔导度的增加并不能使所有石蒜属植物的光合速率增加。

表 4 石蒜属植物光合速率、蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度、气孔导度、水分利用率、总叶绿素含量的相关性分析

Table 4 Correlation coefficients among Pn, Tr, Ci, Gs, WUE and content of total Chl of *Lycoris* Herb.

项目	光合速率 Pn	蒸腾速率 Tr	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 Ci	气孔导度 Gs	水分利用率 WUE	总叶绿素含量
Item	/μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	/mmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	/molCO <sub>2</sub> · mol <sup>-1</sup>	/mol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	/mol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	Content of total Chl /mg · dm <sup>-2</sup>
光合速率 Pn/μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	—					
蒸腾速率 Tr/mmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	0.445	—				
胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 Ci/molCO <sub>2</sub> · mol <sup>-1</sup>	-0.424	0.266	—			
气孔导度 Gs/mol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	0.411	0.758**	0.610**	—		
水分利用率 WUE/mol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	0.385	0.972**	0.366	0.781**	—	
总叶绿素含量 Content of total Chl/mg · dm <sup>-2</sup>	0.548*	0.541*	0.094	0.560*	0.576*	—

注:\* 表示在 0.05 水平显著相关,\*\* 表示在 0.01 水平显著相关。

Note:\* Correlation is significant at the 0.05 (1-tailed),\*\* Correlation is significant at the 0.01(1-tailed).

2.4 16 种石蒜属植物的聚类分析

综合考虑光合速率、蒸腾速率、水分利用率、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、气孔导度、水分利用率、叶绿素含量等对供试物种进行聚类分析,当欧式距离为 15 时,可将 16 个物种分为两大类群(图 1)。一类是 7 个光合生理指标中有 3 个以上在物种间排名前 6 的物种,包括玫瑰石蒜、忽地笑在内的 11 个物种。另一类的 7 个光合生理指标中有 3 个在物种间排名后 10 的物种,共有 5 个物种。

3 结论与讨论

该试验通过研究石蒜属植物光合生理性状,可将其 16 个物种分为两大类群,玫瑰石蒜、鹿葱、稻草石蒜、陕西石蒜、长筒石蒜、香石蒜、换锦花、红蓝石蒜、江苏石蒜、乳白石蒜、忽地笑这 11 个物种聚为一大类;中国石蒜、黄长筒石蒜、短蕊石蒜、石蒜、安徽石蒜这 5 个物种聚为一大类群。16 种石蒜属植物的光合特性存在很大差异,这种差异不仅表现在光合速率等数值上的差别(如稻草石

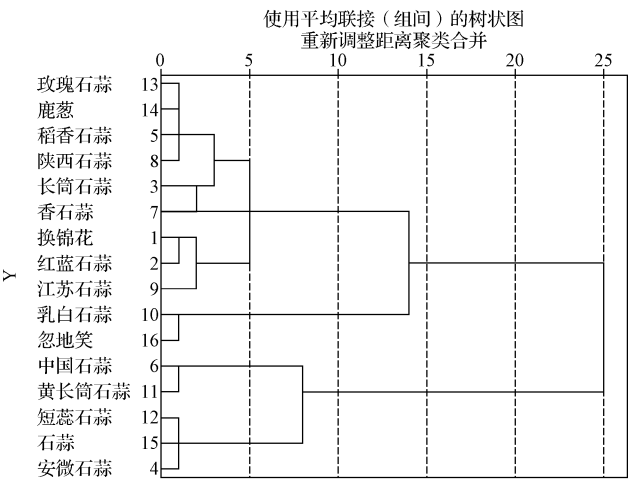


图 1 16 种石蒜属植物的聚类分析树状图

Fig. 1 Cluster analysis dendrogram of 16 kinds of *Lycoris* Herb. 蒜净光合速率比忽地笑高了近 3 倍,稻草石蒜的总叶绿素含量也比黄长筒石蒜的多 2 倍多),也表现在影响光

合速率的内部因素上(相关性分析表明气孔因子不是限制光合速率的唯一因素)。

根据植物生理及生态学原理,植物生态型之间在外观形状上不一定有明显的区分界限,它们更多的是表现在生理生化特性上的差异<sup>[16]</sup>,植物因素如叶片气孔导度、气孔阻力等是植物长期适应多变的环境和土壤而形成的一类自身调节因素<sup>[17]</sup>,这些归根究底都取决于遗传因素,该试验所测的石蒜属植物已在怀化学院生物园内栽种 2 a 以上,种植和测定过程中尽量保持环境的一致性,因此,试验中所测石蒜属植物光合速率的差异应该是由遗传因素造成。以往对植物进行系统分类的研究常依据植物基因组情况,袁菊红等<sup>[18]</sup>用 ISSR 和 RAPD 标记分别对不同采集地的 37 份 4 种石蒜属植物的基因组 DNA 的遗传多样性进行检测,将它们分为了 3 支。中国原产石蒜属植物的数量分类和主成分分析的结果表明,玫瑰石蒜、红蓝石蒜、江苏石蒜、乳白石蒜、稻草石蒜的亲缘关系比较近<sup>[19]</sup>,这些与该试验通过光合生理性状进行聚类分析的结果一致。全妙华等<sup>[20]</sup>对中国石蒜属种间关系的 *trnH-psbA* 序列分析发现,黄长筒石蒜、短蕊石蒜、安徽石蒜具有较近的亲缘关系,该试验也发现这些物种的光合特性很接近。可见,依据植物生理性状差异是对植物种群进行分类的另一种有效手段。

### 参考文献

- [1] 赵天荣,施永泰,蔡建岗,等. 石蒜属植物的研究进展[J]. 北方园艺, 2008(4): 65-69.
- [2] Harvey A L. The pharmacology of galanthamine and its analogues[J]. *Pharmac Ther*, 1995, 68(1): 113-128.
- [3] 谢峻,谈锋,冯巍,等. 石蒜属植物分类鉴别、药用成分及生物技术应用研究进展[J]. 中草药, 2007, 38(12): 1902-1905.
- [4] 鲍海鸥,陈波红. 石蒜属植物资源的开发利用[J]. 中国野生植物资源, 2000(5): 31-32.
- [5] 周守标,罗琦,李金花,等. 石蒜属 12 种植物叶片比较解剖学研究[J]. 云南植物研究, 2006, 28(5): 473-480.
- [6] 邓传良,周坚. 石蒜属植物叶微形态特征研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(2): 355-362.
- [7] 张新华,夏念和. 含笑属植物花粉形态及其系统学意义[J]. 园艺学报, 2005, 32(5): 914-917.
- [8] 邓传良,刘建,周坚. 长筒石蒜居群遗传多样性 RAPD 分析[J]. 遗传学报, 2002, 29(10): 915-921.
- [9] 聂刘旺,张定成,张海军,等. 安徽产石蒜属植物三种酶同工酶的分析[J]. 生物学杂志, 2003, 20(2): 27-29.
- [10] 邓传良,周坚. 石蒜属植物分支系统学分析[J]. 植物研究, 2005, 25(4): 393-399.
- [11] 全妙华,陈东明,何吉. 石蒜属植物忽地笑的光合特性研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(3): 694-699.
- [12] Zhou S, Liu K, Zhang D, et al. Photosynthetic performance of *Lycoris radiata* var. *radiata* to shade treatments[J]. *Photosynthetica*, 2010, 48(2): 241-248(8).
- [13] Quan M H, Ou L J, She C W, et al. Photosynthetic characteristics of *Lycoris aurea* and monthly dynamics of alkaloid contents in its bulbs[J]. *African Journal of Biotechnology*, 2012, 11(15): 3686-3691.
- [14] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. *Plant Physiol*, 1949, 24: 1-15.
- [15] 刘兴洋,毛雪飞. 逆境条件对植物光合生理影响的研究[J]. 河北农业科学, 2008, 12(7): 12-14.
- [16] 李六林,杨佩芳,田彩芳. 新红星苹果不同枝类叶片中叶绿素含量的变化[J]. 果树科学, 1999, 16(1): 78-80.
- [17] 张锦春,赵明,张应昌,等. 灌溉植被梭梭、白刺光合蒸腾特性及影响因素分析[J]. 西北植物学报, 2005, 25(1): 70-76.
- [18] 袁菊红,孙视,彭峰,等. 石蒜属植物遗传多样性的 ISSR 和 RAPD 标记比较研究[J]. 中草药, 2007, 38(10): 1555-1561.
- [19] 袁菊红. 中国原产石蒜属植物的数量分类和主成分分析[J]. 亚热带植物科学, 2010, 39(3): 32-37.
- [20] 全妙华,欧立军,余朝文,等. 中国石蒜属种间关系 *trnH-psbA* 序列分析[J]. 园艺学报, 2011, 38(8): 1589-1594.

## Cluster Analysis of *Lycoris* Herb. Based on Photosynthetic Characteristics

HE An-na<sup>1,2,3</sup>, QUAN Miao-hua<sup>1,2,3</sup>, OU Li-jun<sup>1,2,3</sup>, TANG Wen-chao<sup>1</sup>

(1. Department of Life Science, Huaihua University, Huaihua, Hunan 418008; 2. Key Laboratory of Research and Utilization of Ethnomedicinal Plant Resources of Hunan Province, Huaihua, Hunan 418008; 3. Key Laboratory of Xiangxi Medicinal Plant and Ethnobotany of Hunan Higher Education, Huaihua, Hunan 418008)

**Abstract:** Taking 16 species of *Lycoris* Herb. growing in Chinese as materials, Li-6400 photosynthesis analyzer was used, and SPSS 17.0 software was adopted, the photosynthetic characteristics of 16 species and their interspecific relationships were analyzed. The results showed that there were large difference of chlorophyll concentration, net photosynthesis rate and so on among 16 species of *Lycoris*. The factors affecting photosynthetic rate were not the same neither. According to the photosynthetic physiological parameters, such as Pn, Tr, Gs, ect., 16 species could be divided into two clades: clade I with *Lycoris rosea*, *Lycoris squamigera*, *Lycoris straminea*, *Lycoris shaanxiensis*, *Lycoris longituba*, *Lycoris incarnate*, *Lycoris sprengeri*, *Lycoris houdyshelii*, *Lycoris albifolia* and *Lycoris aurea*; and clade II with *Lycoris chinensis*, *Lycoris longituba*, *Lycoris caldwellii*, *Lycoris* and *Lycoris anhuiensis*.

**Key words:** *Lycoris* Herb.; photosynthetic characteristics; correlation analysis; cluster analysis