

两种百合核型及光合作用的比较

钟 程, 田 鑫, 李 性 苑

(凯里学院 环境与生命科学学院, 贵州 凯里 556011)

摘 要:以湖北百合和大花卷丹为试材,采用常规压片法和 LI-6400 便携式光合测定系统对其进行核型和光响应曲线、光合速率日变化的分析。结果表明:湖北百合、大花卷丹染色体数均为 $2n=2x=24$,其中湖北百合的核型公式为 $2n=2m+2sm+18st+2t$ 属于 3B 型,大花卷丹核型公式为 $2n=4m+10st+10t$ 属于 3A 型。Pn、Tr、Par 比较发现湖北百合高于“大花卷丹”,Co、Ci 比较发现大花卷丹高于湖北百合。综合比较,大花卷丹午休现象更为突出。

关键词:百合;核型分析;光合作用

中图分类号:S 682.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)01-0061-05

百合(*Lilium*)属百合科百合属多年生球茎植物^[1],中国约有 55 种,占世界百合总量的 50%^[2-3],其中贵州包括湖北百合、野百合、川百合等 8 个品种^[4]。

目前,百合核型方面的研究主要有 0.1%秋水仙素对细叶百合诱导处理其变异率达 30%^[5];麝香百合‘白狐狸’的核型为 3A,东方百合‘水晶布兰卡’的核型为 3B^[6];山丹丹染色体数为 $2n=24$,属于 3B 型^[7];龙牙百合染色体数目为 $2n=24$,属于 3B 类核型^[8];及老鸦瓣、大百合的核型分别为 3A、3B 型^[9]等;虽有各种对百合核型分析的报道,但湖北百合和大花卷丹在核型比较方面的研究甚为鲜见。

光合作用主要是为植物合成有机物。近年来有关光合作用的研究发现,蓝百合净光合速率日变化具有“午休现象”,为双峰型变化曲线^[10];用赤霉素处理百合组培苗,能提高叶片的净光合速率、蒸腾速率^[11];施用钾肥在 0~81 kg/hm² 的范围能明显提高百合叶片的气孔导度、净光合速率,在一定程度上降低胞间 CO₂ 浓度和蒸腾速率^[12],遮荫能够降低百合的净光合速率、蒸腾速率^[13]等研究。但是对于百合光合速率及光合速率日变化的研究较少。

百合作为模式植物^[14],对其核型分析可了解它的遗传特性(即染色体数目及有无随体等);对百合不同品种的鉴定及分类提供基础;在杂交育种中,为亲本选配提供理论依据,对百合品种核型为亲本的选配和后代的鉴定提供一定的细胞遗传学依据^[15]。

光合作用主要是为植株合成有机物,提供营养物质^[16]。植株生长受光照、温度及 CO₂ 浓度的影响,光能是光合作用的唯一能量来源^[17]。通过测定百合光合作用日变化,探究出适合百合生长的条件,为生产上提高百合单位面积产量具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

该试验材料采用湖北百合(*Lilium henryi* Baker)和大花卷丹(*Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker),其中湖北百合在凯里学院后山的小灌木丛和草丛采集而得,经过许有娣等^[18]鉴定为湖北百合。将 2 种百合种植于凯里学院实验地,常规管理。

1.2 试验方法

在 8:00—9:00 选取长势良好、无病虫害、生长一致植株的粗壮幼嫩根,剪取根尖长度为 0.5~1.0 cm^[15],用蒸馏水冲洗 2~3 遍,置于 0.1%秋水仙素溶液内,在 4℃ 条件下处理 24 h。置于 4℃ 下用卡诺固定溶液(无水乙醇:冰醋酸=3:1)进行固定 6 h,转移到 70%酒精溶液冰箱中保存备用^[19-20]。选取乳白色根尖 2~4 mm 左右,用解剖针将其在载玻片上展开、压平,滴卡宝-品红染液 1 滴,染色 1 min,烤片 2~3 min,用荧光显微镜(BX53)拍照进行分析。染色体各参数计算、核型类型划分及核型不对称系数参照李懋学等^[21]和 ARANO^[22]的方法。

1.3 项目测定

1.3.1 光合作用日变化测定 2014 年 8 月在凯里学院

第一作者简介:钟程(1985-),女,重庆人,硕士,讲师,现主要从事蔬菜遗传育种等研究工作。E-mail:zhongcheng416@163.com.

责任作者:田鑫(1983-),男,湖南人,博士,副教授,现主要从事作物遗传育种等研究工作。E-mail:tianxin_china@163.com.

基金项目:贵州省科学技术联合基金资助项目(黔科合 J 字 LKK(2013)12);贵州省科学技术基金资助项目(黔科合 J 字(2014)2151);贵州省教育厅自然科学研究资助项目(黔教合 KY 字[2014]310 号);凯里学院校级规划课题资助项目(z1403)。

收稿日期:2015-09-24

实验地,于晴天 08:00—17:00,选用长势良好、无病虫害、生长一致的百合植株,在各株的同一部位、方向选取 3 个叶片进行测量,重复 3 次,取平均值。每隔 1 h 测定 1 次,待相关数值稳定后(30 s),记录相关数据。测定指标包含净光合速率(Pn)、气孔导度(Co)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr)、光强(Par)。

1.3.2 光响应曲线测定 光响应曲线选用红/蓝光源(6400-02B LED),在 09:00—14:00 进行测定,光合有效辐射梯度设为:0、20、50、100、150、200、400、600、800、1 000、1 200、1 500、1 800、2 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,CO₂ 浓度设为 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,记录各光合有效辐射下的 Ci、Pn、Tr、Co 值。光响应曲线主要根据刘宇峰等^[23]非线性双曲线模型,通过 SPSS 19.0 软件拟合而得。

$$A = \frac{\varphi Q + A_{\max} - \sqrt{(\varphi Q + A_{\max})^2 - 4\varphi Q A_{\max}}}{2K} - R_{\text{day}};$$

式中:A 是净光合速率, φ 是表光量子效率,Q 是光合有效辐射,A_{max} 是最大净光合速率,K 为光响应曲线曲角,R_{day} 是暗呼吸速率。

1.4 数据分析

数据采用 SPSS 19.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 核型数据统计与分析

由图 1~2、表 1~2 可以看出,湖北百合染色体数为 $2n=2x=24$,其核型公式表现为 $2n=24=2m+2sm+18st+2t$ 。其最长和最短染色体比值为 2.33,染色体臂比值高于 2 的占总染色体数比例的 0.83,核型属于 3B 型与戴小红等^[24]研究结果一致,其臂指数为 28,不对称系数为 76.42%,第 1 对为中部染色体,第 2 对为近中部染色体,第 8 对为端部染色体,其它为近端部染色体。

大花卷丹染色体数目为 $2n=2x=24$,核型公式为

表 2

湖北百合与大花卷丹核型比较

Table 2 Comparison of *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker's karyotype

名称 Name	核型公式 Karyotype formula	数目 Number	随体 Satellite 染色体序号 Chromosome features	最长/最短 Longest/shortest chromosomes	类型 Type	臂指数 Brachial index	核型不对称系数 As, k /%
湖北百合 <i>Lilium henryi</i> Baker	$2n=2x=24=2m+2sm+18st+2t$	0	—	2.33	3B	28	76.42
大花卷丹 <i>Lilium leichtlinii</i> var. <i>maximowiczii</i> Baker	$2n=2x=24=4m+10st+10t$	2	2	1.64	3A	28	79.16

$2n=2x=24=4m+10st+10t$ 。最长染色体与最短染色体之比为 1.64,臂比值高于 2 的占总的 0.83,其核型表现为 3A 型与岳玲等^[19]研究相符,臂指数为 28,不对称系数为 79.16%。其中第 1 对为中部染色体,第 2 对在短臂上具有随体是为中部染色体,第 3、8、10、11、12 对为端部染色体,其余均为近端部染色体。

表 1 湖北百合与大花卷丹的染色体参数

Table 1 *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker's chromosome parameter

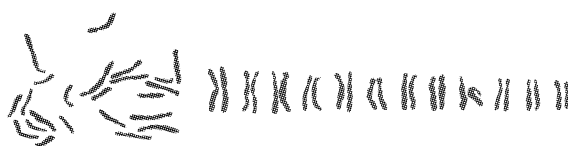
品种 Cultivars	编号 Number	相对长度 (L+S=T)/%	臂比 Arm ratio	类型 Type
湖北百合 <i>Lilium henryi</i> Baker	1	7.78+5.31=13.09	1.47	m
	2	7.21+3.91=11.12	1.84	sm
	3	7.71+2.24=9.95	3.44	st
	4	7.48+2.30=9.78	3.25	st
	5	7.00+1.69=8.69	4.14	st
	6	6.97+1.62=8.59	4.30	st
	7	6.77+1.15=7.92	5.89	st
	8	6.22+0.81=7.03	7.68	t
	9	5.62+1.15=6.77	4.89	st
	10	4.67+1.13=5.80	4.13	st
	11	4.52+1.15=5.67	3.93	st
	12	4.49+1.13=5.62	3.97	st
大花卷丹 <i>Lilium leichtlinii</i> var. <i>maximowiczii</i> Baker	1	5.65+4.95=10.60	1.14	m
	2	5.96+2.79+1.04* =9.79	1.56	m
	3	8.69+1.01=9.70	8.60	t
	4	6.76+2.23=8.99	3.03	st
	5	7.13+1.30=8.43	5.48	st
	6	6.62+1.71=8.33	3.87	st
	7	6.56+1.38=7.94	4.75	st
	8	6.75+0.78=7.53	8.65	t
	9	5.86+1.74=7.60	3.37	st
	10	6.60+0.84=7.44	7.86	t
	11	6.46+0.66=7.12	9.79	t
	12	5.96+0.49=6.45	12.16	t

注:* 为随体长度。

Note: * represents satellite of length.



A. “湖北百合”*Lilium henryi* Baker



B. 大花卷丹*Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker

图 1 湖北百合与大花卷丹染色体形态

Fig. 1 *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker's karyotype of chromosomes

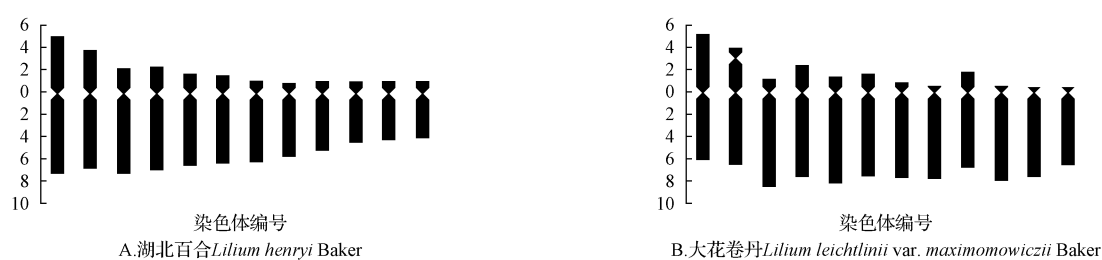


图2 湖北百合与大花卷丹核型模式图

Fig. 2 Idiogram of *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker

2.2 光合作用数据统计与分析

2.2.1 净光合速率(Pn)比较分析 从图 3-A 可知,2 种百合叶片的 Pn 在 8:00—9:00 相对较高,13:00 相对较低,二者的 Pn 总体变化趋势一致,都是随时间的延长逐渐降低,与张亚娟等^[25]的东方百合水分胁迫的研究中对照一致。二者的差异表现为在 8:00—14:00,湖北百合的 Pn 优于大花卷丹;在 15:00 之后则相反,大花卷丹的 Pn 优于湖北百合;在 11:00—14:00 二者都出现不同程度的“午休现象”,二者相较而言,大花卷丹的“午休现象”优于

湖北百合;在 8:00、11:00、15:00 3 个时刻,二者的 Pn 相等,但整体上湖北百合的 Pn 值大于大花卷丹。

2.2.2 胞间 CO₂ 浓度(Ci)比较分析 从图 3-B 可看出,二者的 Ci 在 8:00—10:00 呈下降趋势,10:00 之后变化幅度相对平缓,二者总体的变化趋势一致,都是随着时间的延长呈下降趋势。Ci 的差异在于 9:00—13:00 大花卷丹>湖北百合。由图 3-B 可知,Ci 的变化也会影响到光合作用。在 8:00—12:00 百合的光合速率随着 Ci 的降低而降低,在 12:00 之后随着 Ci 的升高而升高。

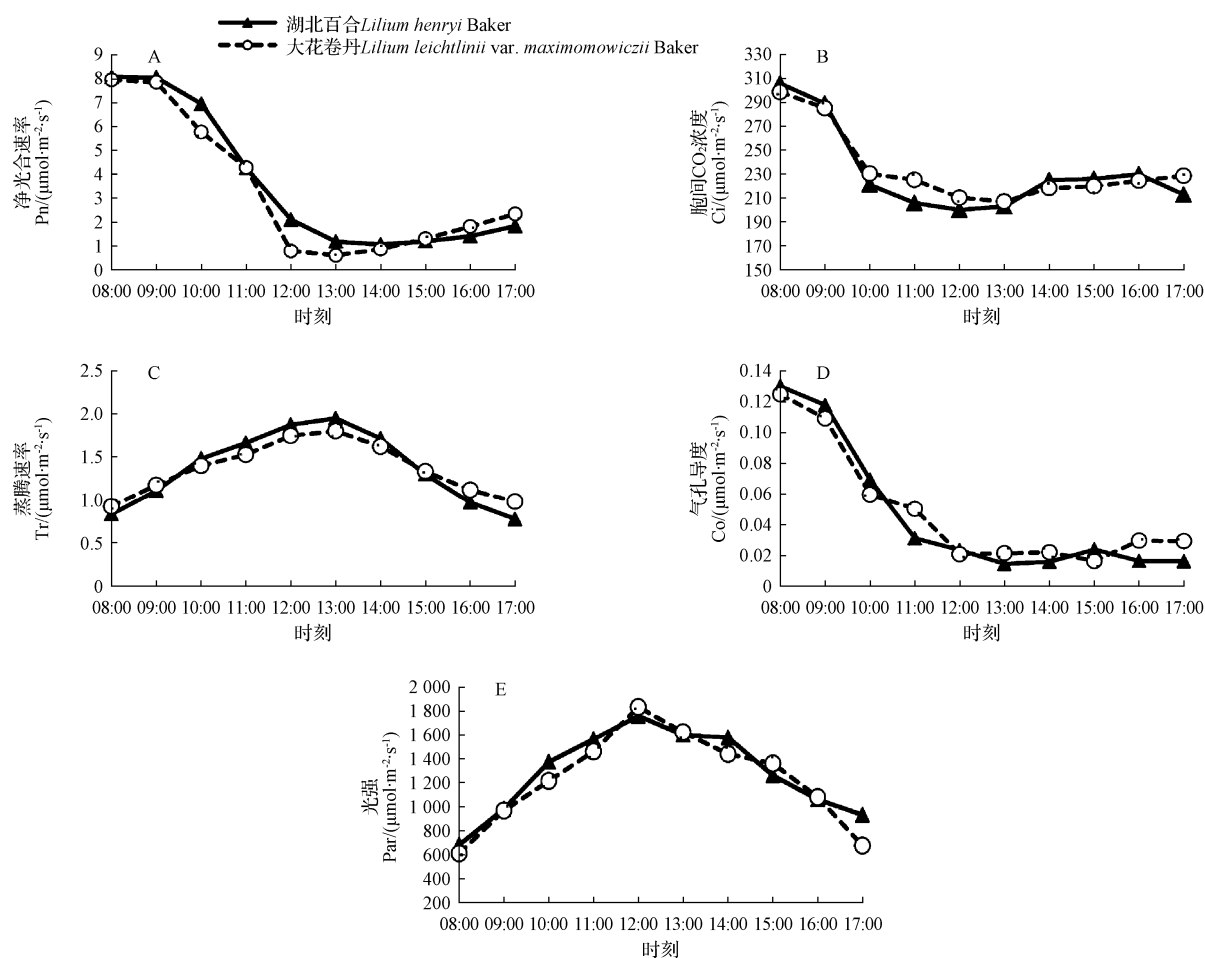


图3 湖北百合与大花卷丹的光合日变化

Fig. 3 *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker's diurnal variation of photosynthesis

2.2.3 蒸腾速率(Tr)比较分析 从图 3-C 可以看出, 08:00—13:00, Tr 变化呈上升趋势, 13:00 之后则表现为下降趋势。而二者的 Tr 在 13:00 左右出现最高值, Tr 日变化呈现趋势基本一致, 都为先升后降。二者的区别在于 08:00—09:00、15:00—17:00 2 个时间段 Tr 变化情况为大花卷丹高于湖北百合, 在 10:00—15:00 则是湖北百合高于大花卷丹, 在 09:00—10:00 和 14:00—15:00 2 个时间段二者的 Tr 有相等值。湖北百合的 Tr 值大于大花卷丹。

2.2.4 气孔导率(Co)比较分析 从图 3-D 可以看出, 在 08:00 二者的 Co 值最高, 08:00—12:00 Co 呈下降趋势, 在 12:00 之后, Co 的变化幅度不大, 基本呈平缓趋势, Co 值为早上高于下午, 二者的 Co 总体变化趋势基本一致, 都是随时间延长而呈下降趋势。二者的差异在于 08:00—10:00 以及 15:00 左右湖北百合的 Co 高于大花卷丹, 在 10:00—14:00、16:00 之后 Co 表现为湖北百合低于大花卷丹, 并且在 10:00、12:00、15:00 左右二者共有 4 处交点, 即在 4 个点时二者的 Co 值相等。因此, 大

花卷丹的 Co 值大于湖北百合。

2.2.5 光照强度(Par)比较分析 由图 3-E 可知, Par 在 08:00—12:00 表现为上升趋势, 而在 12:00 之后则呈下降趋势, 在 12:00 光强有最高值, 二者的日变化趋势基本一致, 都是随着时间的推后而呈先升后降的趋势。二者的 Par 差异主要在于 09:00—11:00、13:00—15:00 以及 16:00 之后 Par 表现为湖北百合高于大花卷丹, 其它阶段则相反, Par 值比较结果湖北百合大于大花卷丹。

2.3 光响应曲线比较分析

由图 4 可知, 随着光强增加, 大花卷丹与湖北百合的 Pn 变化趋势相似, 光强在 $0 \sim 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Pn 随光强的增加均成直线上升, 光强高于 $600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, Pn 变化程度较小。前者明显高于后者, 当光强增加到一定值后, Pn 在一定水平波动, 光合达到饱和(即光饱和)。二者的 Tr 都随光强的增加而增加, 且大花卷丹高于湖北百合; Ci 均随着光强的增加而逐渐减小。大花卷丹的 Co 值是先升后降, 湖北百合的 Co 值基本在一定的范围内波动, 且变化幅度不大。

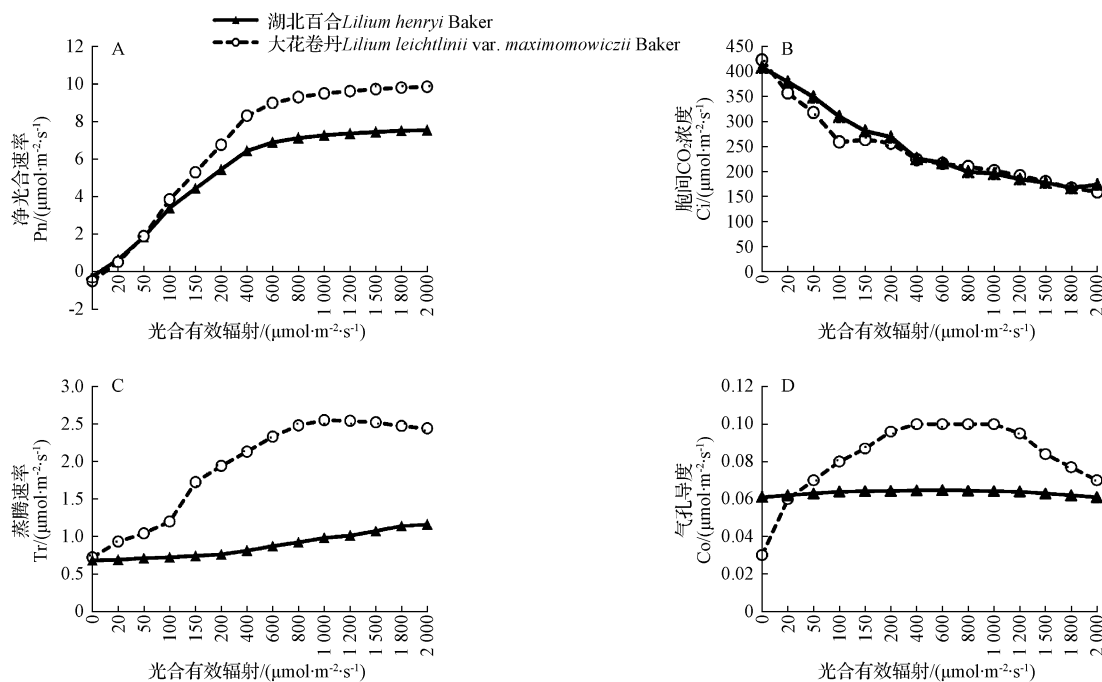


图 4 湖北百合与大花卷丹的光响应曲线图

Fig. 4 *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker's photoresponse curve

3 讨论

该研究主要采用岳玲等^[19]的研究方法对湖北百合及大花卷丹进行核型分析, 大花卷丹核型公式、核型分类、随体的有无及位置和湖北百合核型分类、随体的有无与岳玲等^[19]、戴小红等^[24]研究结果一致, 在核型公式上稍有差异, 湖北百合核型公式为 $2n=24=2m+2sm+18st+2t$, 戴小红等^[24]研究结果为 $2n=24=4m+18st+2t$ 。张艺萍等^[26]虽然对二者进行过比较, 但与其固定的

温度、时间及核型公式、核型分类不同, 其研究固定的温度、时间为 0°C 固定 30 min; 核型公式、核型分类分别是: 湖北百合核型公式为 $2n=24=2sm+10st+12t$, 为 4A 型, 大花卷丹核型公式为 $2n=2x=24=2sm+10st+12t$, 为 4A 型。造成此差异的原因可能是固定的温度及时间有关。

光合作用研究结果显示, 湖北百合与大花卷丹的 Tr 、 Ci 的变化趋势与王凯^[10]关于蓝百合耐荫性研究的

结果一致。Pn 的变化趋势与张亚娟等^[25] 研究结果一致,其原因可能是品种的光合特性引起的,其次是测定时间相近,均在 8 月份左右;与王凯^[10] 的对照存在差异,其原因可能与品种有关,其次可能是地理气候差异所致。

参考文献

- [1] 李金鹏,郑春雨,刘井莉.百合属植物的研究进展[J].北方园艺,2013(7):197-200.
- [2] 王中轩,魏迟,廉玉芹,等.中国原产 4 种野生百合的核型分析[J].园艺学报,2013,40(11):2207-2212.
- [3] 杨雪珍,贾月慧,张克中,等.部分中国野生百合的核型分析[J].西北植物学报,2013,33(5):922-930.
- [4] 钟雁,朱立,周艳,等.贵州野生百合属植物保护与开发利用研究[J].种子,2010,29(7):68-69.
- [5] 杨英杰,葛蓓宇,魏倩,等.秋水仙素诱导细叶百合多倍体研究[J].中国农业大学学报,2013,18(1):128-133.
- [6] 房磊,姜珊,席梦利,等.麝香百合及东方百合品种核型分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2013,37(1):67-70.
- [7] 丁媛媛,齐向英,陈宗礼,等.陕北野生山丹丹染色体数目与核型分析研究[J].中国野生植物资源,2012,31(2):44-50.
- [8] 李益锋,皮俊,朱敏.龙牙百合核型分析[J].湖北农业科学,2012,51(6):1139-1141.
- [9] 朱学南,金孝锋,高瞻.百合科三种植物的核型分析[J].浙江林业科技,2002,22(2):22-25.
- [10] 王凯.蓝百合耐荫性研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2007.
- [11] 黄樟华.赤霉素对百合组培苗光合特性和生长状况的影响研究[D].南宁:广西大学,2006.
- [12] 黄伟,张晓光,李文杰,等.施用钾肥对食用百合光合作用、产量和经济效益的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):163-167.
- [13] 张安林,潘远智,姜贝贝,等.遮荫对香水百合光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J].西南师范大学学报,2011,36(5):163-167.
- [14] 席梦利,房磊,张晓玲,等.野百合与金佛山百合的核型分析及 45S rDNA 在其染色体上的物理定位[J].南京林业大学学报(自然科学版),2013,37(6):153-156.
- [15] 于雪,张铭芳,封紫,等.6 个东方百合品种的染色体核型分析[J].广东农业科学,2012(10):137-140,144.
- [16] 潘瑞炽,王小青,李良辉.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2012:67-70.
- [17] 郭燕,李冲,董丽,等.东方百合‘Siberia’光合作用模型的研究[J].西南林业学报,2012,25(2):433-434.
- [18] 许有娉,熊文斌,钟程.凯里地区野生百合资源农艺性状研究[J].凯里学院学报,2013,31(6):56-60.
- [19] 岳玲,雷家军,胡新颖.大花卷丹和卷丹的核型研究[J].黑龙江农业科学,2006(6):41-43.
- [20] 杨雪珍,张克中,贾月慧,等.21 个百合栽培品种的核型分析[J].中国农业大学学报,2011,16(3):100-106.
- [21] 李懋学,陈瑞阳.关于植物核型分析的标准化问题[J].武汉植物学研究,1985(3):297-302.
- [22] ARANO H. Cytological studies in subfamily Carduoideae (Compositae) of Japan. IX. The Karyotype analysis and phylogenetic consideration on *Pertya* and *Ainsliea*[J]. Bot May Tokyo, 1963, 76:32-39.
- [23] 刘宇峰,萧浪涛,童建华,等.非直线双曲线模型在光合光响应曲线数据分析中的应用[J].中国农学通报,2005,21(8):76-79.
- [24] 戴小红,张延龙,牛立新.百合属 4 种植物的核型研究[J].西北植物学报,2006,26(1):50-56.
- [25] 张亚娟,谢忠奎,赵学勇,等.水分胁迫对东方百合光合特性、叶绿素荧光参数及干物质积累的影响[J].中国沙漠,2011,31(4):884-888.
- [26] 张艺萍,王继华,吴丽芳,等.百合属野生种和园艺品种的染色体核型[J].福建农业大学学报(自然科学版),2014,43(4):369-373.

Comparison of Two Lily's Karyotype and Photosynthesis

ZHONG Cheng, TIAN Xin, LI Xingyuan

(College of Environment and Life Science, Kaili University, Kaili, Guizhou 556011)

Abstract: Taking *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker as test materials, conventional tableting method was adopted to measuring the mechanism of karyotype and the LI-6400 portable photosynthes was used to measuring system for light response curve, diurnal change of photosynthetic rate. The results showed that the chromosome numbers of *Lilium henryi* Baker and *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker were $2n=2x=24$, which the karyotype formula of *Lilium henryi* Baker was $2n=2m+2sm+18st+2t$ belongs to 3B and the karyotype formula of *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker was $2n=4m+10st+10t$ belongs to 3A. Pn, Tr, Par comparison showed that *Lilium henryi* Baker was higher than *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker and Co, Ci was higher than *Lilium henryi* Baker. By comparison, midday depression of *Lilium leichtlinii* var. *maximowiczii* Baker was more prominent.

Keywords: *Lilium*; karyotype analysis; photosynthesis