

# 细叶百合的生殖特性和繁育规律研究

杨利平<sup>1</sup> 孙晓玉<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 河北农业大学园艺学院, 保定 071001; <sup>2</sup> 中国矿业大学恢复生态研究所, 北京 100083)

**摘要:** 研究表明, 栽培条件下 2 年生细叶百合实生苗中不抽茎、抽茎不开花和开花的比例分别为: 38.79%, 47.66% 和 13.55%。3 年生和 4 年生细叶百合全部开花, 且开花比例随栽培年龄增加而增大。花粉和胚珠比为: 栽培 164.9~175.2; 野生 284.4~315.6, 其繁育系统为兼性自交。全光栽培下, 相对生殖成功率随植株年龄增加而增大, 2 年生植株, 全光条件的相对生殖成功率是林下的 7.5 倍; 野生与全光下的相对生殖成功率相差无几。在开花前 5 d 其柱头即有可授性, 花前 1 d 授粉的结实率最高。细叶百合无多父本效应, 单一父本结实率和种子产量反而较高。人工同株异花、自花授粉坐果率为自然传粉坐果率的 1/2 左右, 毛百合及松叶百合的花粉对其生殖有很强的干扰作用。

**关键词:** 细叶百合; 繁育系统; 授粉; 生殖干扰

**中图分类号:** S 682.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 05-0918-04

## Characteristics of Reproduction and Breeding of *Lilium pumilum*

Yang Liping<sup>1</sup> and Sun Xiaoyu<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China; <sup>2</sup> Institute of Restoration Ecology, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The research showed that the staking rate of 2nd-year *Lilium pumilum* with staking and without staking are respectively 47.66% and 38.79%, and the blooming rate for 2nd-year cultivated plants is 13.55% in term of cultivated condition. All the plants of 3rd-year and 4th-year *L. pumilum* can bloom, but the flower quantity has a positive correlation with the age of plants. The ratio of pollen to ovule is 164.9 - 175.2 for cultivated plant, and 284.4 - 315.6 for wild plant, so the breeding system is facultative selfing. In full sun, relatively reproductive rate of the cultivated plants has positive relation with the age of the plant. For the 2nd-year plants, relatively reproductive rate of the plants with the condition of full sunlight is 7.5 times as that which grow under forest. Wild *L. pumilum* has the same relatively reproductive rate as the cultivated 2nd-year *L. pumilum*, which grows in full sunlight. It is discovered that the pollination acts on the stigma 5 days before *L. pumilum* flower. The plants pollinated 1 day before flower bear luxuriantly. *L. pumilum* has no multi-parent effect, and the setting percentage and the seed yield for single parent is higher than that for multi-parent. The fruit-set rate of the plants with natural pollination is about 2 times of that with illegitimate pollination and self-pollination. The pollen which comes from *L. dauncum* and *L. cemum* heavily affects the natural reproduction of *L. pumilum*.

**Key words:** *Lilium pumilum*; Breeding system; Pollination; Interference reproduction

## 1 目的、材料与方法

国内外学者对百合进行了大量研究工作, 研究对象主要集中在麝香百合 (*Lilium longifolium* Thunb.)、王百合 (*L. regale* Wilson)、兰州百合 (*L. davidii* Duchartre var. *unicolor* Salish) 等几个商业价值极高的种类上<sup>[1~3]</sup>。近年来, 我国原产野生细叶百合 (*L. pumilum* DC.) 成为人们关注的

收稿日期: 2005 - 01 - 25; 修回日期: 2005 - 06 - 15

基金项目: 黑龙江省攻关项目 (GB02B104-3)

重点<sup>[2,4]</sup>。细叶百合花色鲜红,具有极强的抗病性和抗旱性,既是百合抗性育种的优良亲本,也可直接用于园林彩化。本文对栽培和野生细叶百合繁育系统中的几个基本问题作了初步研究,试图揭示其生殖生物学的一些基本规律,为百合的育种和园林应用提供科学依据。

试验于 2000 年 5~9 月在东北林业大学进行。以全光栽培条件下 1~4 年生植株为材料,观察其进入生殖期的最小年龄,不同年龄植株的叶数、鳞片数、单株花数、单果胚珠数、单果种子数及种子与胚珠的百分比。

随机选取 2~3 年生及野生条件下即将开花的花蕾各 10 个,用 FAA 固定。将花的一个花药取下,置于盛有 1 mL 95%乙醇的刻度指管中,将花药捣烂后用乙醇定容至 2 mL。摇匀后取出 0.04 mL,滴于血球计数板上,记录花粉粒个数,重复 3 朵花的 6 个花药,并计算出单个花药的平均花粉 (Pollen, P) 粒数。剖开子房,记录胚珠 (Ovule, O) 数,重复观察 3 个子房,取平均值。依据 Cruden<sup>[5]</sup>的标准:每朵花的 P/O 为 2.7~5.4 时,繁育系统为闭花受精;P/O 为 18.1~39.0 时,为专性自交;P/O 为 31.9~396.0 时,为兼性自交;P/O 为 244.7~2 588.0 时,为兼性异交;P/O 为 2 108.0~195 525.0 时,为专性异交。

以全光栽培下 2~4 年生、林下 2 年生及野生细叶百合为材料,分别统计其花朵数、胚珠数、果实数和种子数,相对生殖成功率 (%) = (果实数 / 花朵数) × (种子数 / 胚珠数) × 100。

以全光下栽培的 3 年生植株进行 6 组授粉试验。1: 花前 1 d 授粉 (蕾已变红色,质地变软);花前 3 d 授粉 (蕾为红色,质地适中);花前 5 d 授粉 (蕾微透粉色,质地较硬)。2: 单一父本 (将一株的花粉授在另一株作为母本的花上);双父本 (将 2 株的花粉授在另一株作为母本的花上);三父本 (同理);五父本 (同理)。3: 先授有斑渥丹 [*L. concolor* Salisb var *pulchellum* (Fisch) Regel] 花粉 (干扰) 后人工授异株花粉;自花粉干扰;自花粉干扰后授异株花粉;毛百合 (*L. dauricum* Ker-Gawl) 花粉干扰后授异株花粉;有斑渥丹花粉干扰;毛百合和有斑渥丹的混合花粉干扰;松叶百合 (*L. cemum* Komar) 花粉干扰;毛百合花粉干扰。4: 同株异花授粉后套网,自花授粉后套网。5: 去花冠不去雄;不去花冠去雄;去花冠去雄;去雄套网。6: 自然授粉。每种授粉方式选取 20~40 朵花为样本,授粉时间为早晨 6~7 时。除花前授粉外,人工授粉均在开花当日。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 生殖年龄

栽培条件下细叶百合 1 年生苗 (春播) 不能抽茎开花,只生长 4~6 片基生叶。2 年生实生植株仍有 38.79% 只生基生叶不能抽茎,抽茎不现蕾开花的植株为 47.66%,能正常开花的植株为 13.55%。3 年生以上植株全部能开花。从表 1 中可看出,不同年龄植株的鳞片数相差不多;单株花数、叶数和种子与胚珠的百分比随植株年龄的增加而增加;单果胚珠数和单果种子数都是 3 年生植株为高。

表 1 栽培条件下细叶百合不同年龄开花植株的数量特征比较

Table 1 Comparison of quantitative characters among age-different plants of *L. pumilum* under the condition of open field cultivation

年龄 Age	数量 Number					种子 胚珠 Seed/Ovule (%)
	叶 Foliage	鳞片 Scale	单株花 Flower per plant	单果胚珠 Ovule per fruit	单果种子 Seed per fruit	
2	14.35 ±3.43	12.76 ±3.69	1.09 ±0.14	174.14 ±36.26	64.63 ±31.33	36.44 ±14.92
3	26.57 ±6.88	13.73 ±3.95	3.67 ±1.22	202.48 ±38.69	98.12 ±38.85	47.70 ±14.71
4	56.67 ±14.33	11.17 ±1.76	5.78 ±2.63	177.42 ±9.73	94.51 ±21.66	53.27 ±14.86

### 2.2 花粉与胚珠比

栽培细叶百合花粉与胚珠比 (P/O) 为 164.9~175.2,野生细叶百合为 284.4~315.6。繁育系统均为兼性自交。

### 2.3 相对生殖成功率

不同生境及不同年龄的细叶百合的相对生殖成功率见表 2。从表 2 可以看出, 全光栽培条件下, 4 年生植株相对生殖成功率最大, 3 年生植株次之, 2 年生植株最小。同是 2 年生植株, 全光栽培条件比林下的相对生殖成功率高近 7.5 倍。野生环境下的相对生殖成功率与全光的 2 年生植株相差不多。

表 2 细叶百合的相对生殖成功率

Table 2 Relatively successful reproduction rate of *L. pulchellum*

栽培条件 Condition	年龄 Age	数量 Number				坐果率 Fruit set rate (%)	相对生殖成 功率 RSS (%)	干粒质量 Mass per 1000 seeds (g)
		花朵 Flower	果实 Fruit	胚珠 Ovule	种子 Seed			
全光 Open field	2	33	24	4176	1550	72.73	27.00	4.67
	3	107	97	19594	9506	96.65	46.89	4.72
	4	104	93	17539	11625	89.42	59.27	3.80
林下 Under forest floor	2	36	7	1302	242	19.44	3.61	3.57
野生 Wild plant		35	22	3356	1379	62.85	25.83	3.67

### 2.4 不同授粉方式对结实的影响

不同授粉方式的坐果率和每果含饱满种子数有一定差异。由表 3 可看出, 大多授粉方式的坐果率与自然授粉相比无明显差异。在花前授粉中, 花前 1 d 授粉的每果种子数明显多于花前 3 d 和花前 5 d。这说明, 在开花前 5 d 雌蕊即可授性, 开花前 1 d 其雌蕊的可授性最佳。这一特点对细叶百合的制种及杂交育种提供了重要线索。用人工单一父本至 5 父本授粉, 它们之间每果含成熟种子数无明显差异。不同种类和不同方式花粉干扰对果实中成熟种子数的影响不同, 其中毛百合与有斑渥丹混合花

表 3 不同授粉方式平均每果含饱满种子数

Table 3 The mean seed number per fruit with different pollination

处理 Experimental terms	供试花朵数 Number of Experimental flower	坐果率 Rate of fruit set (%)	每果含饱满种子平均值 Mean seed yield per fruit	
			每处理 The mean value of the same team	每组平均 The mean value of the same type
花前 1 d 授粉 Pollination 1 d before blooming date	26	88	178.69 (41.27) a	116.04 (32.69) b
花前 3 d 授粉 Pollination 3 d before blooming date	28	85	116.15 (22.58) b	
花前 5 d 授粉 Pollination 5 d before blooming date	34	88	115.38 (28.61) b	
单一父本 Single pollen parent	26	100	129.30 (55.45) a	
双父本 Double pollen parents	34	100	98.77 (27.98) a	
三父本 3 pollen parents	28	92	123.77 (32.83) a	83.75 (48.95) c
五父本 5 pollen parents	27	100	117.31 (34.42) a	
有斑渥丹花粉干扰后人工授异株花粉 Artificial exendotropic after being disturbed by the pollen of <i>L. concolor</i> var <i>pulchellum</i>	28	96	122.50 (19.73) a	
自花粉干扰 Being disturbed by the self pollen	30	93	121.85 (25.29) a	
自花粉干扰后授异株花粉 Cross-pollination after being disturbed by self pollen	32	93	113.50 (17.61) ab	49.23 (33.69) d
毛百合花粉干扰后授异株花粉 Cross-pollination after being disturbed by the pollen of <i>L. dauricum</i>	26	92	107.50 (8.80) ab	
有斑渥丹花粉干扰 Being disturbed by the pollen of <i>L. concolor</i> var <i>pulchellum</i>	28	92	100.65 (20.99) ab	
毛百合和有斑渥丹的混合花粉干扰 Being disturbed by the mixed pollen of <i>L. dauricum</i> and <i>L. concolor</i> var <i>pulchellum</i>	26	96	82.65 (41.07) b	
松叶百合花粉干扰 Being disturbed by the pollen of <i>L. cernuum</i>	32	67	11.67 (5.71) c	
毛百合花粉干扰 Being disturbed by the pollen of <i>L. dauricum</i>	22	68	8.73 (3.69) c	53.84 (42.20) d
同株异花授粉后套网 Hitching a netting after close pollination	26	50	65.80 (38.69) a	
自花授粉后套网 Hitching a netting after self pollination	30	50	36.20 (19.80) b	
去花冠不去雄 Removing corolla only	28	96	93.62 (29.17) a	
不去花冠去雄 Emasculation	26	96	85.75 (30.60) a	
去花冠去雄 Removing corolla and emasculating	30	90	25.62 (7.16) b	98.12 (38.85) c
去雄套网 Hitching a netting after emasculation	28	7	10.31 (1.80) c	
自然授粉 Natural pollination	75	97	98.12 (38.85) a	

注: 括号中的数字为标准差; a、b、c、d 字母相同者为差异不显著, 不同者为差异显著。

Note: The figures are standard deviation in brackets; the same letters of a, b, c and d indicate no difference, and different letters means significant difference

粉干扰的较低, 有 82 粒左右。松叶百合、毛百合对细叶百合的干扰作用最为强烈, 果实中的种子仅 10 粒左右。生产栽培中, 若想获得大量细叶百合自然授粉的种子, 栽培地应与松叶百合、毛百合及有斑渥丹在空间上隔离, 以防细叶百合结实受到干扰。同株异花授粉的每果种子数明显高于自花授粉, 说明同株异花之间存在着遗传上或生理上的分化。但同株异花和自花授粉的每果种子数又明显低于人工异株异花授粉, 由此可明显看出, 细叶百合是以异花授粉为主, 虽自交亲和, 但结籽率较低。去除部分花结构处理组内, 花结构去除越多, 其结籽率越低; 去雄后套网有很低的坐果率与结籽率, 可以认为是网外昆虫停落或飞行时偶然掉落至网内柱头上的花粉所致。

方差分析表明各处理组与自然授粉处理每果种子数的差异显著 (除花粉干扰组外)。花前授粉的结籽率最高, 父本多度处理次之, 但二者的每果含种子数均明显高于自然授粉; 自花授粉及去除花部结构处理的每果种子数明显低于自然授粉。这可反映出, 细叶百合是以异交为主, 花部结构的完整性与结实率呈正相关。花粉干扰组与自然传粉的结实率差异不明显, 其主要原因是花粉干扰组内的松叶百合及毛百合花粉干扰的结实率极低, 从而导致该组结实率平均值低的缘故。各处理组及自然授粉的总体方差差异显著。

松叶百合和毛百合花粉干扰使细叶百合的坐果率与结实率明显降低, 这或是因为异种花粉在柱头表面对细叶百合花粉起到了机械阻碍作用<sup>[6]</sup>, 或是由于外来花粉而影响了细叶百合花粉在柱头表面萌发的“群体效应”, 或是由于异种花粉刺激而发生了无融合生殖<sup>[7]</sup>。这种干扰的结果是其中的一种原因, 还是几种因素共同存在, 需要对所得种子及其后代做更加深入细致的研究方能给出答案。一般认为父本的多度授粉与种子活力呈正相关<sup>[8]</sup>, 但细叶百合单一父本授粉产生种子的数量较多, 并没有显示出多父本效应, 其原因有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- 1 Löffler H J M, Merjer H, Straathof T P. Segregation of *Fusarium* resistance in an interspecific cross between *Lilium longiflorum* and *Lilium dauricum*. *Acta Horticulturae*, 1996, 414: 203 ~ 208
- 2 黄济明. 百合的组织培养和试管内诱发多倍体试验. *园艺学报*, 1983, 10 (2): 125 ~ 128  
Huang J M. Propagation of lilies by tissue culture and lily polyploids induced in vitro. *Acta Horticulturae Sinica*, 1983, 10 (2): 125 ~ 128 (in Chinese)
- 3 孙红梅, 李来天, 李云飞. 不同贮藏温度下兰州百合种球淀粉代谢与萌发关系初探. *园艺学报*, 2004, 31 (3): 337 ~ 342  
Sun H M, Li L T, Li Y F. Starch metabolism and sprouting of bulb in *Lilium davidii* var *unicolor* stored at different cold temperatures. *Acta Horticulturae Sinica*, 2004, 31 (3): 337 ~ 342 (in Chinese)
- 4 杨利平, 周晓峰. 细叶百合的生物量和营养分配. *植物生态学报*, 2004, 28 (1): 138 ~ 142  
Yang L P, Zhou X F. Biomass and nutrient allocation of *Lilium pumilum*. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28 (1): 138 ~ 142 (in Chinese)
- 5 Cruden R W. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 1977, 31: 32 ~ 46
- 6 Randall J L, Hild K W. Interference through improper pollen transfer in mixed stands of *Impatiens capensis* and *I. pallida*. *American Journal of Botany*, 1990, 77: 939 ~ 944
- 7 胡适宜著. 被子植物胚胎学. 北京: 人民教育出版社, 1982. 104 ~ 219  
Hu S Y. Embryology of angiosperms. Beijing: Peoples Education Press, 1982. 104 ~ 219 (in Chinese)
- 8 Ellstrand N C, Marshall D L. Interpopulation gene flow by pollen in wild radish *Raphanus sativus*. *The American Naturalist*, 1985, 126: 606 ~ 616