

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.06.008

胡雪华,陈香,邹天才,等.花冠对紫茉莉繁殖适合度的影响[J].广西植物,2013,33(6):763—768

Hu XH, Chen X, Zou TC, et al. Effects of corolla on reproductive fitness of *Mirabilis jalapa*[J]. Guihaia, 2013, 33(6):763—768

花冠对紫茉莉繁殖适合度的影响

胡雪华¹, 陈 香², 邹天才^{3*}, 周 兵¹

(1. 井冈山大学生命科学学院, 江西 吉安 343009; 2. 佛山市林业科学研究所, 广东 佛山 528222; 3. 贵州科学院, 贵阳 550001)

摘 要:以授粉后具花闭合特性的紫茉莉为研究材料,通过在不同天气状况下去花冠和存留花冠处理,观察花冠对花粉活力、柱头可授性及结实率等繁殖特性的影响。结果表明:紫茉莉自然存留花冠比去花冠的花粉活力、柱头可授性、柱头上的花粉数及柱头上花粉萌发率各指标达最高值的时间重叠性更强,并以阴天存留花冠的最强。存留花冠通过这种时间的重叠性来保证花粉在柱头上的萌发,产生了有利的繁殖适合度。越晚去花冠结实率越高,结实率呈现花闭合自然存留花冠>花冠闭合期去花冠>散粉初期去花冠>花冠展开期去花冠的规律。因此,花冠对紫茉莉繁殖适合度具有利影响。紫茉莉花冠的存留提高了繁殖适合度,增强了对环境的适应能力。

关键词:花冠;紫茉莉;花粉活力;柱头可授性;结实率;繁殖适合度

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)06-0763-06

Effects of corolla on reproductive fitness of *Mirabilis jalapa*

HU Xue-Hua¹, CHEN Xiang², ZOU Tian-Cai³, ZHOU Bing¹

(1. School of life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an 343009, China; 2. Forestry Institute of Foshan, Foshan 528222, China; 3. Guizhou Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: *Mirabilis jalapa* has permanent floral closure phenomenon after pollination. The effects of corolla on the reproductive fitness of *M. jalapa* in different weather conditions were studied. The results showed that the time synchronization about the pollen viability, the stigma receptivity, the number of pollen grains and the pollen germination ration on stigma to the top between natural corolla existing and corolla removing were different. The synchronization time of natural corolla existing was more than that of corolla removing. The effects of corolla on seed setting ratio at different bloom stages of *M. jalapa* in different weather conditions had a certain rule. The seed setting rates of different treatments from high to low presented rule below, natural corolla existing>corolla removing while floral closure>corolla removing while initial dehiscence>corolla removing while initial dehiscence>corolla removing while earlier flowering. In general the retention of closed corolla after pollination improved the reproductive fitness and enhanced its adaptation to the environment.

Key words: corolla; *Mirabilis jalapa*; pollen viability; stigma receptivity; seed setting ratio; reproductive fitness

在被子植物中,传粉或其它因素诱导的花闭合是一类很少见的形态变化现象(Bynum et al., 2001)。花闭合现象在龙胆类植物中比较普遍,围绕

Gentiana algida, *G. straminea* 等类群开展了一系列相关研究工作(Bynum & Smith, 2001; Spira & Pollak, 1986; Webb & Littleton, 1987; Petanidou et

收稿日期: 2013-09-09 修回日期: 2013-11-01

基金项目: 国家自然科学基金(31060069);江西省自然科学基金(20114BAB214011);江西省教育厅科技项目(GJJ10689)

作者简介: 胡雪华(1977-),女,江西峡江人,硕士,实验师,主要从事植物学、植物生态学的教学与研究,(E-mail)huxuehua1210@126.com。

*通讯作者: 邹天才,研究员,硕士生导师,(E-mail)zou_tiancai@msm.com。

al., 1995, 2001), 主要从花冠运动、开花物候等方面进行了研究报道, 而有关花闭合进化生态学意义的研究较少。Bynum *et al.* (2001) 和何亚平等 (2004) 在对龙胆植物花闭合现象进行研究取得一致的结论, 即闭合花冠的进化对提高花的繁殖适合度有利。繁殖适合度 (reproductive fitness) 是指个体产生后代的个数及其存活率, 在进化生态学中将其分为雄性适合度和雌性适合度 (male and female fitness) (何亚平等, 2004)。花闭合现象与花冠的运动行为直接相关, 包括花冠周期性开合运动产生的暂时性闭合 (temporal closure) 和花冠单向不可逆性运动产生的永久性闭合 (permanent closure) (Liu *et al.*, 2005)。因此, 具花闭合特性的花冠对繁殖适合度的适应进化意义是一值得进一步探讨的问题。

紫茉莉 (*Mirabilis jalapa*) 为紫茉莉科 (Nyctaginaceae) 紫茉莉属 (*Mirabilis*) 多年生草本植物, 原产热带美洲, 18 世纪引入我国 (徐海根, 2004)。目前国内外对紫茉莉的研究主要有紫茉莉结构成分分析及其抗菌活性 (Takanami & Kuwata, 2000; Melih *et al.*, 1997; 王琳等, 2010)、对土壤重金属的富集及修复作用 (陈杰, 2010) 及生物学特性和繁育系统 (李宪章等, 1994; 俞孔坚等, 1985, 陈香等, 2008) 等方面。陈香等 (2008) 在对紫茉莉的花部综合特征与繁育系统研究中发现紫茉莉具有传粉诱导的花闭合现象。因而紫茉莉成为研究花闭合现象的另一极好材料。俞孔坚等 (1985) 曾通过对紫茉莉花冠运动的研究发现温度明显影响紫茉莉花冠运动, 但其研究只从形态解剖生理角度分析了其花冠运动的内因和外因, 并未深入探讨这种具花闭合特性花冠的生态学意义。陈香等 (2008) 在紫茉莉的花闭合现象研究中仅探讨了花闭合过程中柱头在花冠位置及其适应性进化意义。为此, 本研究以紫茉莉为研究材料, 通过在整个花的持续期做去花冠和存留花冠的对比研究, 观察不同处理下的花粉活力、柱头可授性、各开花阶段的同步性及结实率等繁殖特性, 以探讨花闭合前后花冠对紫茉莉繁殖适合度的影响及其生态学意义。

1 材料与方法

1.1 材料

选取栽植于井冈山大学校园内生长健壮、无病害且长势一致的紫茉莉植株为试验材料。紫茉莉盛花

期时, 选不同天气状况在植株相同部位标记大小基本一致且即将展开的花。去花冠处理在花充分膨大时将整个花冠自基部剪除, 以自然存留花冠作对照。

1.2 试验设计

随机选择即将开放的紫茉莉花朵 620 朵, 分为 4 组, 每组 155 朵。分别在晴天和阴天对紫茉莉进行去、留花冠处理。

自花开始散粉 1 h 开始, 至散粉 7 h 花粉失去活性或活性很弱止, 每隔 1 h 从各处理采集花粉检测其活力。每次取 5 朵花。自开花 1 h 柱头开始具有可授性至 72 小时柱头变为暗红色不再具有可授性, 前 10 h 每隔 1 h 取紫茉莉花 5 朵, 检测其柱头可授性。此后分别于 24、32、72 h 分别进行检测。自开花 3 h 起, 每隔 1 h 取 5 朵花, 检测置落在柱头上的花粉数量及其活力。

分别于晴天、阴天和雨天三种不同天气状况下, 随机标记大小基本一致且即将展开的花, 在其花冠展开期、散粉初期、花冠闭合期三个开花阶段, 进行去、留花冠处理, 共 12 个处理, 每处理花数不少于 60 朵。待果实成熟时分别收集各处理的种子。

1.3 试验方法

参照 Dafni (1992) 的实验方法, 用 TTC (2, 3, 5-Triphenyl tetrazolium chloride) 法测定花粉的活力, 统计花粉的染色率, 有活力花粉的比率 = 红色花粉数 / 观察花粉总数 $\times 100\%$ 。

依据 Dafni (1992) 的方法, 用联苯一过氧化氢法测定柱头可授性。

依据 Ishii *et al.* (2002) 的方法, 选取的花用 FAA 固定, 于检测前切下柱头, 放入指形管中用饱和水合氯醛水溶液浸泡 3 h, 然后置于载玻片上, 用 1 滴 0.02% 苯胺蓝水溶液将柱头染色 5 h, 置于光学显微镜下观察柱头上花粉数及其在柱头上的萌发情况。花粉在柱头上的萌发率 = 柱头上萌发的花粉数 / 柱头上的花粉总数 $\times 100\%$ 。

统计不同天气条件下不同开花时期去花冠和存留花冠的结实率, 结实率 = 结实数 / 花朵数 $\times 100\%$ 。

采用 SPSS13.0 软件对各处理的数据 (包括花粉活力、柱头可授性、花粉在柱头上的萌发率及结实率) 进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 花冠对花粉活力的影响

图 1 显示, 晴天自然存留花冠在散粉 6 h 后花

粉活力最高(52.25%)、去花冠 5 h 后花粉活力最高(46.61%);阴天自然存留花冠 6 h 后花粉活力最高(50.13%)、去花冠 5 h 后花粉活力最高(49.63%)。从开花 1 h 到花粉活力达最高值的各时间点(即存

留花冠 6 h,去花冠 5 h),在相同的开花时间段存留花冠的花粉活力总是显著低于去花冠,在花粉活力达到最高值之前,去花冠有利于提高花粉活力,但之后则相反。

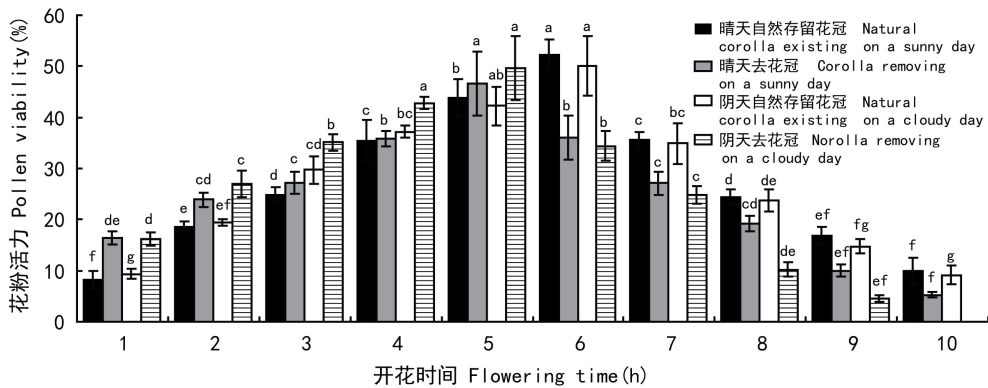


图 1 不同天气下花冠对紫茉莉花粉活力的影响
Fig. 1 Effects of corolla on pollen viability to *M. Jalapa* in different weather conditions

2.2 花冠对柱头可授性的影响

表 1 显示,晴天自然存留花冠,开花后 6~8 h 柱头可授性最强,持续时间约 3 h;晴天去花冠和阴

天自然存留花冠,开花后 6~7 h 柱头可授性最强,持续时间约 2 h;阴天去花冠后 5~6 h 柱头可授性最强。

表 1 不同天气下花冠对紫茉莉柱头可授性的影响
Table 1 Effects of corolla on stigma receptivity to *M. jalapa* in different weather conditions

开花时间 (h) Flowering time	晴天自然存留花冠 Natural corolla existing on a sunny day	晴天去花冠 Corolla removing on a sunny day	阴天自然存留花冠 Natural corolla existing on a cloudy day	阴天去花冠 Corolla removing on a cloudy day
1	+	+	+	+
2	+	+	+	+
3	++	+	+	++
4	++	++	++	++
5	++	++	++	+++
6	+++	+++	+++	+++
7	+++	+++	+++	++
8	+++	++	++	++
9	++	++	++	+
10	++	+	+	+
24	+	+	+	+/-
48	+/-	+/-	+/-	+/-
72	-	-	-	-

注:“-”表示柱头不具可授性,柱头表面没有气泡;“+/-”表示部分柱头具可授性;“+”表示柱头具可授性,柱头表面具有少量气泡;“++”表示柱头具较强可授性,柱头表面有大量气泡;“+++”表示柱头具强可授性,柱头表面具有大量气泡,且周围反应液也有大量气泡。
Note:“-”means no stigma has receptivity;“+/-”means some stigmas have receptivity,some haven’t;“+”means stigmas have receptivity;“++” means stigmas have high receptivity;“+++”means stigmas have higher receptivity.

2.3 花冠对柱头上花粉数和萌发率的影响

图 2 显示,不同处理对柱头上花粉数无显著影响,花粉数最多的时间都是在开花后 7 h。图 3 显示晴天去、留花冠与阴天去花冠三个处理的花粉在柱头上的萌发率最高时间都出现在开花后 7 h,而“阴天自然存留花冠”这一处理在开花后 6 h 达最高,比其它三个处

理提前了 1 h;晴天与阴天存留花冠花粉在柱头上的萌发率没有差异,但显著高于晴天去花冠的萌发率。

2.4 花冠对紫茉莉开花各指标达最高值时间的影响

表 2 显示,晴天、阴天自然存留花冠的花粉活力最高时间均为 5 h,而晴天和阴天去花冠花粉活力最高时间为分别为 6 h,因此两种天气状况下,达最

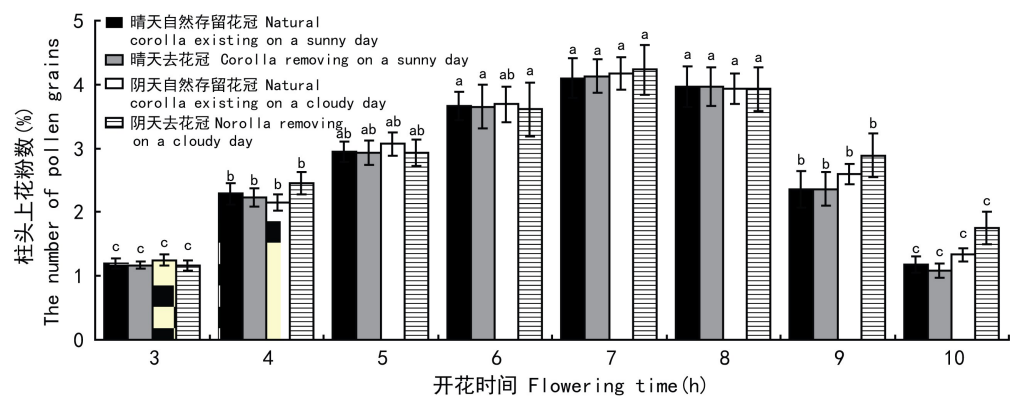


图 2 不同天气下去留花冠对紫茉莉柱头上花粉数的影响

Fig. 2 Effects of corolla on the number of pollen grains on stigma to *M. Jalapa* in different weather conditions

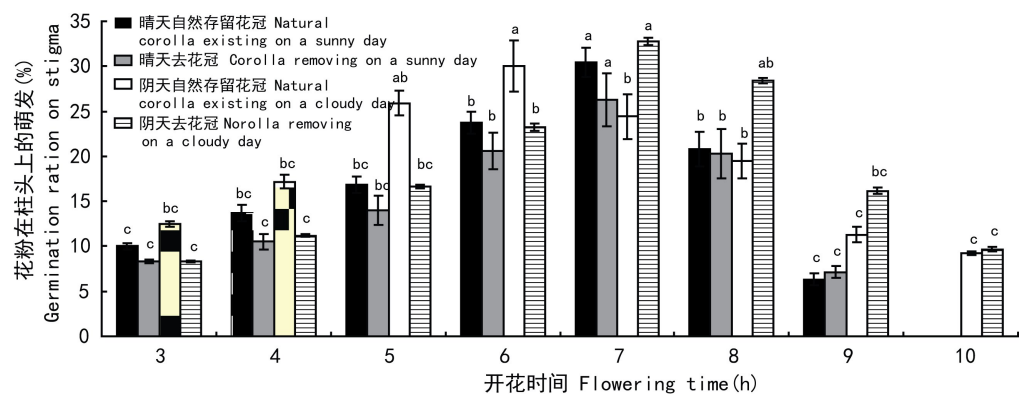


图 3 不同天气下去留花冠对紫茉莉花粉柱头上花粉萌发率的影响

Fig. 3 Influence of corolla on the pollen germination on stigma to *M. Jalapa* in different weather conditions

表 2 不同天气条件下花冠对紫茉莉开花
各指标达最高值的时间的影响

Table 2 Effects of corolla on the indexes of pollen and stigma of *M. jalapa* in different weather conditions

天气状况 Weather condition	处理 Treatment	花粉活力 最高时间 Time of pol- len viability reaching the strongest (h)	柱头可授 性最强 时间 Time of stigma receptivity reaching the strongest (h)	柱头上花粉 数最多时间 Time of the number of pollen grains reac- hing the largest (h)	柱头上花粉 萌发率最高 时间 Time of pollen germination ration reaching the highest (h)
晴天 Sunny day	自然存 留花冠	6	6~8	7	7
	去花冠	5	6~7	7	7
阴天 Cloudy day	自然存 留花冠	6	6~7	7	6
	去花冠	5	5~6	7	7

高花粉活力时间上,去花冠比自然存留花冠提前了 1 h;晴天、阴天自然存留花冠的柱头可授性最强的时间分别为 6~8 h 和 6~7 h,而晴天和阴天去花冠柱头可授性最强的时间分别为 6~7 h 和 5~6 h。

晴天去花冠比存留花冠持续的时间短了 1 h,阴天去花冠比存留花冠提前了 1 h。柱上花粉数最多时间各处理均为 7 h,柱头上花粉萌发率最高时间除了阴天自然存留了 6 h,其余 3 个处理均为 7 h。因此开花各指标达最高值的时间的重叠性存留花冠比去花冠强,以阴天自然存留花冠最强。

2.5 花冠对结实率的影响

表 3 显示,自然存留花冠晴天结实率(43.59±1.88)%与阴天(39.99±2.02)%之间无显著差异,但晴天和阴天均显著高于雨天的自然结实率(17.07±3.23)%。不论何种气候条件,在紫茉莉开花不同时间段去除花冠对其结实率的影响表现出越早去除花冠,结实率越低。花冠展开期去花冠的结实率在晴天、阴天和雨天分别为(29.87±0.29)%、(26.12±2.14)%和(15.77±6.05)%,不同天气情况间的结实率无显著差异;散粉初期去花冠在晴天、阴天和雨天分别为(33.11±1.43)%、(29.50±1.90)%和(16.22±5.13)%,晴天显著高天阴天和雨天;而花冠闭合

表 3 不同天气不同开花时期花冠对紫茉莉结实率影响
Table 3 Effects of corolla on seed setting ration at different bloom stages of *M. jalapa* in different weather conditions

天气 Weather condition	处理 Treatment	处理花数 Number of flowers in different treatments	结实率(%) Seed setting ratio
晴天 Sunny day	花冠展开期去花冠	85.37±3.76	29.87±0.29 ^a
	散粉初期去花冠	108.53±9.02	33.11±1.43 ^b
	花冠闭合期去花冠	110.75±10.93	40.39±1.53 ^a
	自然存留花冠	123.50±9.24	43.59±1.88 ^a
阴天 Cloudy day	花冠展开期去花冠	96.00±3.79	26.12±2.14 ^a
	散粉初期去花冠	124.33±7.51	29.50±1.90 ^a
	花冠闭合期去花冠	146.00±2.31	34.92±1.52 ^b
	自然存留花冠	128.83±6.66	39.99±2.02 ^a
雨天 Rainy day	花冠展开期去花冠	66.27±6.24	15.77±6.05 ^a
	散粉初期去花冠	81.34±8.48	16.22±5.13 ^a
	花冠闭合期去花冠	75.37±2.96	16.57±1.92 ^a
	自然存留花冠	102.57±1.76	17.07±3.23 ^a

注：数据为平均数±标准误差，不同字母间表示差异显著。
Note: All data were “means±Std. Error”, different code letters show significantly differences.

期去花冠的结实率在晴天、阴天和雨天分别为(40.39±1.53)%、(34.92±1.52)%和(16.57±1.92)%，三种不同天气状况之间结实率差异显著。

3 讨论

植物的繁殖成功率最终体现为雌雄两个繁殖途径获得的适合度，即通过花粉实现的雄性适合度和通过种子获得的雌性适合度(冯源恒,2009)。Dafni(1992)指出花粉保持活力的时间长短和柱头可授期的长短深刻影响着自花传粉率、开花不同阶段的传粉率等。通过比较紫茉莉开花各阶段花粉活力和柱头可授性最强、柱头上花粉数最多及柱头上花粉萌发率最高的时间同步性，可以看出紫茉莉两种天气状况下，达最高花粉活力时间上，去花冠比自然存留花冠提前了1 h；晴天去花冠比存留花冠持续的时间短了1 h，阴天去花冠比存留花冠提前1 h。柱上花粉数最多时间各处理均为7 h，柱头上花粉萌发率最高时间除了阴天自然存留了6 h，其余3个处理均为7 h。因此存留花冠比去花冠的花粉活力、柱头可授性、柱头上的花粉数及柱头上花粉萌发率各指标达最高值的时间的重叠性更强，并以阴天自然存留花冠最强。花粉必须在具有活力时到达适宜接受柱头才能完成传粉过程，具有接受花粉的适宜柱头的花朵即处于柱头可授粉期(刘林德等,2004)。因此紫茉莉自然存留花冠通过各指标达最高值的时间的重叠性来保证花粉在柱头上的萌发率，产生了

有利的繁殖适合度。

对于有性生殖植物，结实率可作为评价最终繁殖效果的指标(冯源恒,2009)。本研究以结实率为指标来比较去、留花冠对紫茉莉种子适合度的影响。在研究中发现，不同天气条件下不同开花时期花冠对紫茉莉结实率表现出晴天>阴天>雨天。有研究表明雨水对花粉和柱头的冲刷作用，及水本身对花蜜等辅助物的稀释和花粉生育力的影响而使得雨水降低了植物的生殖适合度(Dafni,1996;Bynum & Smith,2001;Huang *et al.*,2002)。因此导致紫茉莉雨天结实率低的主要因素应该是雨水冲刷作用，一方面雨水冲掉了大量花粉，另一方面稀释了一些对花粉萌发等有辅助作用的物质，天气因子是导致这种差异的主导因素。而关于晴天去花冠结实率大于阴天的机理还有待进一步研究。对比不同开花时期去花冠处理，三种不同天气状况都表现出越晚去花冠结实率越高(即自然存留花冠>花冠闭合期去花冠>散粉初期去花冠>花冠展开期去花冠)。由此表明花冠对紫茉莉种子适合度具有利影响。陈香等(2008)在对紫茉莉花闭合后柱头位置的观察发现，在不利环境变化的选择压力下，紫茉莉选择了将更多的柱头留在闭合花冠内的方式。闭合花冠内可以维持相对恒定的温度和适宜的湿度，为花粉萌发提供一个相对稳定的微环境，促进紫茉莉花粉萌发和花粉管的生长。何亚平等(2004)在麻花茺海北种群闭合花冠对花雌性适合度的研究结果表明麻花茺闭合存留花冠有提高种子适合度的价值，麻花茺花在受精后闭合并且花冠存留，可能降低了子房内的环境温度波动，维持了胚胎发育的正常温度，从而提高了结实率和种子质量。在本研究中对于紫茉莉越晚去花冠结实率越高的结果表明：花冠不仅仅为花粉萌发或胚胎发育提供了有利的环境，而且在整个有性生殖过程中对紫茉莉都起到了保护作用。这可能是紫茉莉在长期生存过程中对不利环境条件的一种适应进化行为。

参考文献：

冯源恒. 2009. 鹅掌楸属树种配子选择与雄性繁殖适合度[C]. 南京:南京林业大学:35—40
俞孔坚,刘思九. 1985. 紫茉莉花冠运动的研究[J]. 中国园林,37(2):59—60
徐海根,强胜. 2004. 中国外来入侵物种编目[M]. 北京:中国环境科学出版社:77—78
Bynum MR & Smith WK. 2001. Floral movement in response to thunder storms improve reproductive effort in the alpine species *Gentiana algida* (Gentianaceae)[J]. *Am J Bot*,88:

1 088—1 095

- Chen J(陈杰). 2010. The phytoremediation of *Mirabilis jalapa* on Cd heavy metal soils by two reinforced methods(2种强化措施辅助紫茉莉修复镉污染土壤研究)[J]. *Anhui Agri Sci*(安徽农业科学), **38**(24):13 205—13 206
- Chen X(陈香), Hu XH(胡雪华), Xiao YA(肖宜安), *et al.* 2008. Floral syndrome and breeding system of *Mirabilis jalapa* L.(紫茉莉的花部综合特征与繁育系统)[J]. *Chin J Ecol*(生态学报), **27**(10):1 653—1 658
- Dafni A. 1992. *Pollination Ecology: A Practical Approach* [M]. New York: Oxford University: 59—89
- Dafni A. 1996. Autumnal & winter pollination adaptations under Mediterranean conditions[J]. *Bocconea*, **5**:171—181
- He YP(何亚平), Fei SM(费世民), Liu JQ(刘健全), *et al.* 2006. Studies of breeding system of *Gentiana straminea* (麻花苣繁育系统研究)[J]. *J Sichuan For Sci Technol* (四川林业科技), **27**(2):5—10
- He YP(何亚平), Fei SM(费世民), Wang P(王鹏), *et al.* 2004. The effect of closed corolla in *Gentiana straminea* in Haibei population on female fitness(海拔种群麻花苣闭合花冠对雌性适合度的影响)[J]. *J Sichuan For Sci Technol* (四川林业科技), **25**(3):32—35
- Huang SQ, Takahashi Y, Dafni A. 2002. Why does the flower stalk of *Pulsatilla cernua* (Ranunculaceae) bend during anthesis[J]. *Am J Bot*, **89**:1 599—1 603
- Ishii J, Kadono Y. 2002. Factor influencing seed production of *Phragmites australis*[J]. *Aquat Bot*, **72**:129—144
- Li XZ(李宪章), Hou JZ(侯建忠). 1994. Physiological biochemical and cytological changes in senescing corolla of Four-O'clock flower (紫茉莉花衰败过程中的生理、生化及细胞学变化)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **36**(2):116—122

- Liu LD(刘林德), Chen L(陈磊), Zhang L(张丽), *et al.* 2004. lowering characteristics and pollination ecology of *Scabiosa tschiliensis* (华北蓝盆花的开花特性及传粉生态学研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(4):718—723
- Liu JQ, He YP, Duan YW, *et al.* 2005. Floral closure in response to temperature & pollination in *Gentiana straminea* (Gentianaceae), an alpine perennial in the Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *Plant Syst Evol*, **32**(3):112—115
- Melih T, Ferda M. 1997. Protease from freely suspended and immobilised *Mirabilis jalapa*[J]. *Proc Bioch*, **32**(3):195—200
- Petanidou T, Den Jijs JCM, Oostem eijer JGB. 1995. Pollination ecology and constraints on seed set of the rare perennial *Gentiana cruciata* L in the Netherlands[J]. *Acta Bot Neerl*, **44**:55—74
- Petanidou T, Ellis-Adam AC, Den Jijs JCM, *et al.* 2001. Differential pollination success in the course of individual flower development and flowering time in *Gnetiana pneumonanthe* L. (Gentianaceae)[J]. *Bot J Linn Soc*, **135**:25—33
- Spira TP, Pollak OD. 1986. Comparative reproductive biology of alpine biennial and perennial Gnetianas (Gentiana; Gentianaceae) in California[J]. *Am J Bot*, **73**:39—47
- Takanami Y, Kuwata S. 2000. Purification and characterization of the antiplant viral protein from *Mirabilis jalapa*[J]. *Ann Phyt Soc Jpn*, **56**:484—494
- Wang L(王琳), Yang DC(杨德成), Jiang JS(江金霖), *et al.* 2010. Advances in the research of *Mirabilis jalapa* (紫茉莉属植物的化学成分和药理活性的研究进展)[J]. *Chin J Ethnomed Ethnopharm* (中国民族民间医药), **7**:31—33
- Webb CJ, Littleton J. 1987. Flower longevity & protandry in two species of *Gentiana* (Gentianaceae)[J]. *Ann Mis Bot Gard*, **74**:51—57

(上接第 773 页 Continue from page 773)

- Shuel RW. 1952. Some factors affecting nectar secretion in *Red clover*[J]. *Plant Physiol*, **27**(1):95—110
- Simpson BB, Neff JL. 1983. Floral biology and floral rewards of *Lysimachia* (Primulaceae) [J]. *Am Midland Nat*, **110**(2):249—256
- Spiczynska M. 2003. Floral longevity and nectar secretion of *Platanthera chlorantha* (Custer) Rehb. (Orchidaceae)[J]. *Ann Bot*, **92**(2):191—197
- Tang L(汤利), Yang J(杨界), Li Y(李燕), *et al.* 2009. Species and distribution of genus *Epimedium* in Sichuan Province (四川淫羊藿属植物的种类及分布)[J]. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), **27**(3):284—288
- Wang H(王辉), Li YX(黎云祥), Quan QM(权秋梅), *et al.* 2010. The research on the growth and photosynthetic characteristics of *Epimedium Wushanense* at different shade conditions (遮荫对巫山淫羊藿生长及光合特性的影响)[J]. *J Chin West Norm Univ: Nat Sci Edit* (西华师范大学学报·自然科学版), **31**(3):235—238
- Wang XJ(王晓娟), Zhang LC(张龙冲), Zhao ZG(赵志刚). 2010. The pattern of seed reproduction and its response to resources in *Pedicularis semitoria* individuals (半扭卷马先蒿个体内的种子生产模式及其对资源的响应)[J]. *Acta Pratac Sin* (草业学报), **19**(4):236—242
- Warringa JW, Visser RD, Kreuzer ADH. 1998. Seed weight in *Lolium perenne* affected by interactions among seeds within the

- inflorescence[J]. *Ann Bot*, **82**(6):835—841
- Winn AA. 1991. Proximate and ultimate sources of within-individual variation in seed mass in *Prunella vulgaris* (Lamiaceae)[J]. *Am J Bot*, **78**(6):838—844
- Wolfe LM, Denton W. 2001. Morphological constraints on fruit size in *Linaria canadensis* [J]. *Intern J Plant Sci*, **162**(6):1 313—1 316
- Xia LQ(夏立群), Li JQ(李建强), Li W(李伟), *et al.* 2002. Genetic diversity of clonal plant (论克隆植物的遗传多样性)[J]. *Chin Bull Bot* (植物学报), **19**(4):425—431
- Xu X(胥晓), Su ZX(苏智先), Li YX(黎云祥), *et al.* 1999. Analysis on fuzzy mathematics of forest communities at Jincheng Mountain in Nanchong region in Jialing River (嘉陵江流域南充金城山森林群落的模糊数学分析)[J]. *J Sichuan Teach Coll: Nat Sci Edit* (四川师范学院学报·自然科学版), **20**(2):182—189
- Yang ZS(杨子松), Quan QM(权秋梅), Li YX(黎云祥), *et al.* 2009. Effects of flowering period and space of inflorescences of *Epimedium brevicornu* on fruit Set (淫羊藿开花的时空效应对其结实的影响)[J]. *Acta Bot Bor-Occ Sin* (西北植物学报), **29**(8):1 599—1 606
- Zimmerman JK, Aide TM. 1989. Patterns of fruit production in a Neotropical orchid: pollinator vs. resource limitation[J]. *Am J Bot*, **76**(1):67—73