

木槿与野西瓜苗花特征和繁育系统的比较研究

曾方玉, 周丽君, 阮成江*

(大连民族学院 生物技术与资源利用国家民委教育部重点实验室, 大连 116600)

摘要: 为比较分析柱头裂片运动的野西瓜苗和不运动的木槿在花特征和繁育系统上的差异, 对其花性状、花粉/胚珠比和不同授粉处理的座果率进行了测定。结果表明: (1) 木槿与野西瓜苗在花冠大小、花瓣长及底宽、花萼长与宽、雄蕊长、最上轮雄蕊高度、雄蕊柱长及其底径、花柱长度和雌雄异位间均存在十分显著的差异 ($P < 0.01$), 但二者的最下轮雄蕊高度间无显著性差异 ($P > 0.05$)。 (2) 木槿的花粉/胚珠比为 874.90 ± 20.79 , 繁育系统属兼性异交类型; 野西瓜苗的花粉/胚珠比为 24.72 ± 0.68 , 繁育系统属专性自交类型。 (3) 木槿自然套袋的座果率为 0%, 人工自交为 2.04%, 人工杂交为 35.85%; 野西瓜苗自动自交和人工自交的座果率均为 100%, 人工杂交为 95.30%。木槿与野西瓜苗在花性状、花粉/胚珠比及花部行为等方面形成了与其繁育系统(兼性异交 vs. 专性自交)相适应的花特征。

关键词: 木槿; 野西瓜苗; 花特征; 花粉/胚珠比; 繁育系统

中图分类号: Q944.58 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)06-0750-05

Comparative study on floral traits and breeding system of *Hibiscus syriacus* and *H. trionum*

ZENG Fang-Yu, ZHOU Li-Jun, RUAN Cheng-Jiang*

(Key Laboratory of Biotechnology & Bio-Resources Utilization, State Ethnic Affairs Commission and Ministry of Education, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

Abstract: To comparatively analyze the floral syndrome between *Hibiscus trionum* with stigma lobe curvature and *H. syriacus* without stigma lobe curvature, the floral traits, pollen-ovule ratios and fruit sets of different pollination treatments were measured. The results showed that: (1) There are significant differences in corolla width, petal length and width, petal basal width, sepal length and width, stamen length, height of uppermost stamen, stamen column length and basal diameter, style length and herkogamy between *H. syriacus* and *H. trionum* ($P < 0.01$); but there was no significant difference in the height of lowermost stamen between *H. syriacus* and *H. trionum* ($P > 0.05$). (2) The pollen-ovule ratio of *H. syriacus* was 874.90 ± 20.79 , it suggested breeding system belongs to the facultative xenogamy, while the pollen-ovule ratio of *H. trionum* was 24.72 ± 0.68 , it suggested breeding system belongs to the obligate autogamy. (3) The fruit set of *H. syriacus* was 0% under natural conditions of bags, 2.04% for hand self-pollination, and 35.8% for hand cross-pollination; for *H. trionum*, the fruit sets of autonomous selfing and hand self-pollination were both 100%, and 95.30% for the hand cross-pollination. *H. syriacus* and *H. trionum* form the floral characteristics adapting to themselves breeding system (facultative xenogamy vs. obligate autogamy), including floral traits, pollen-ovule ratios and floral behaviors.

Key words: *Hibiscus syriacus*; *H. trionum*; floral traits; pollen-ovule ratios; breeding system

收稿日期: 2007-08-09 修回日期: 2008-02-15

基金项目: 国家自然科学基金(30500071); 大连民族学院“太阳鸟”大学生科研基金[Supported by the National Natural Science Foundation of China (30500071); Scientific Research Fund for Undergraduate of Dalian Nationalities University]

作者简介: 曾方玉(1984-), 女, 湖南郴州人, 本科生, 从事植物繁殖生物学方面的研究。

*通讯作者(Author for correspondence, E-mail: ruan@dlnu.edu.cn)

花性状影响植物传粉和交配系统,如花的颜色、形状、大小和对称性等(Weiss, 1991; Johnson 等, 1995; Dafni & Kevan 1997; Neal 等, 1998; Pailler 等, 1998; Thien 等, 2000; Zufall 等, 2004; 红雨等, 2006; 张仁波等, 2006)。雌雄异位指花内柱头和花药间的空间距离(Arroyo 等, 2002), 早期观点认为雌雄异位的适应意义主要是避免自交, 而当前的主流观点是避免雌雄干扰(阮成江等, 2006)。木槿(*Hibiscus syriacus*)和野西瓜苗(*H. trionum*)是锦葵科木槿族植物, 雄蕊类型属单体雄蕊(花丝联合包裹花柱的雄蕊管, 形成雌雄合生的柱状体), 单体雄蕊紧抱花柱, 其上被多轮小雄蕊, 5 分枝花柱从雄蕊聚合管伸出(阮成江等, 2006), 表现为特殊的雌雄异位。野西瓜苗花在未授粉情况下, 柱头裂片发生反卷运动(图 1: A, B), 实现自花授粉; 而木槿柱头裂片不发生反卷运动(图 1: C)。花粉胚珠比(P/O)为植物繁育系统提供了重要依据(Preston, 1986; Feliner, 1991; Bosch, 1992; Mione & Anderson, 1992; Cruden, 1997; Cruden, 2000; Jürgens 等, 2002), 可用于确定植物繁殖系统和定量评定其形态学特征, 并常用于相关物种的比较研究(王崇云等, 1999; Cruden, 2000; 廖万金等, 2003; Feliner, 1991; Molau & Prentice, 1992; Mazer & Hultgard, 1993; Ramsey, 1993; Ng & Corlett, 2000; Bosch 等, 2001)。本文对木槿和野西瓜苗的花特征、花粉胚珠比及繁育系统进行比较分析, 旨在为进一步理解锦葵科植物的生殖生物学特性提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

所用木槿为种植于大连民族学院内的单瓣木槿, 野西瓜苗为 2005 年从校内采收的野生野西瓜苗种子, 于 2006 年种于校内种植区花盆中。

1.2 方法

1.2.1 花特征 用游标卡尺测定木槿和野西瓜苗的花性状, 每种植物各取不同植株完全开放的新鲜花 50 朵(每株 1 朵), 测定花性状包括: 花冠直径、花瓣长度、花瓣宽度、花瓣底宽、花萼长度、花萼宽度、雄蕊长度、下轮雄蕊高度、上轮雄蕊高度、花柱长度、雄蕊柱底径、柱头伸出长度和雄蕊柱长度(表 2)。花冠直径为每朵花两垂直方向测定值的均值, 花瓣长度和宽度均为同一花内三片花瓣的均值, 雄蕊高度

为同一花内五个小雄蕊的均值, 雄蕊柱底径为每朵花三个不同方向测定值的均值。

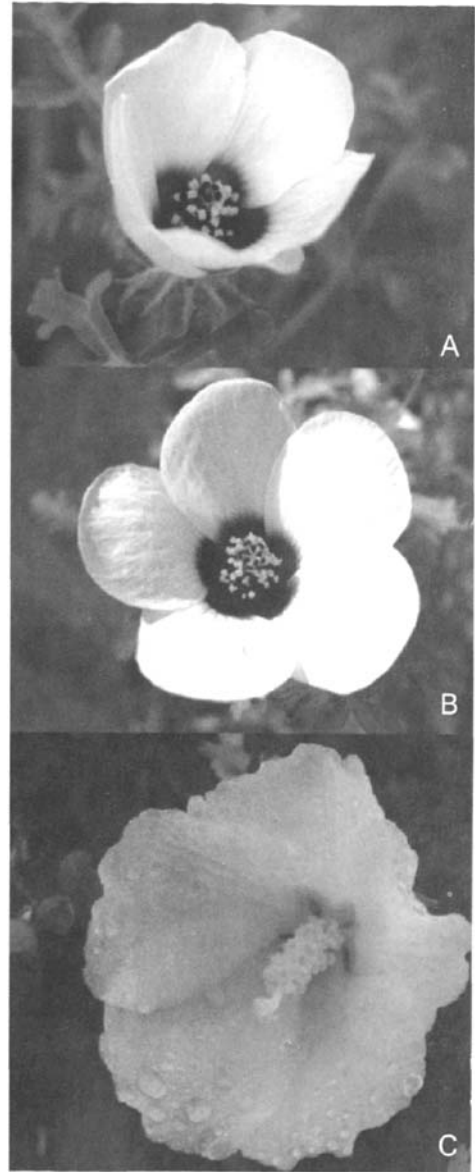


图 1 野西瓜苗(A,B)和木槿(C)花
Fig. 1 Flowers of *Hibiscus trionum* (A,B) and *H. syriacus* (C)

1.2.2 花粉/胚珠比 花开放前随机选取成熟的花蕾各 50 个, 记录其小雄蕊数, 解剖镜下(型号为 Olympus SZ2-ILST)观察统计小雄蕊的花粉数。取每朵花的子房在解剖镜下解剖, 记录花中胚珠数, 根据 Cruden (1997) 法计算其花粉/胚珠比(P/O), 并确定交配类型(表 1)。

表1 花粉/胚珠比与繁育系统的关系

Table 1 The relation of P/O ratios with the breeding system

P/O 比的数值范围 Ranges of P/O ratio	植物的繁育系统 Breeding system of plant
2.7~5.4	闭花受精
18.1~39.0	专性自交
31.9~396.0	兼性自交
244.7~2588.0	兼性异交
2108.0~195525.0	专性异交

注: 数据引自 Cruden(1997)。Note: Data cited from Cruden(1997)。

表2 木槿和野西瓜苗花性状的比较

Table 2 Comparison of floral traits in *Hibiscus syriacus* and *H. trionum*

花性状 Floral trait (mm)	木槿 <i>H. syriacus</i> Mean±SEM	野西瓜苗 <i>H. trionum</i> Mean±SEM	P (t 检验) P (t-test)
花冠直径 Corolla diameter	84.40±0.70	27.51±0.72	0.000
花瓣长度 Petal length	54.96±0.34	28.64±0.24	0.000
花瓣宽度 Petal width	37.22±0.30	18.90±0.17	0.000
花瓣底宽 Petal basal width	4.61±0.62	3.25±0.04	0.000
花萼长度 Sepal length	11.14±0.16	8.59±0.08	0.000
花萼宽度 Sepal width	7.70±0.06	8.00±0.07	0.000
雄蕊长度 Stamen length	3.36±0.05	3.54±0.03	0.002
最下轮雄蕊高度 Height of lowermost stamen	4.12±0.46	3.73±0.09	0.408
最上轮雄蕊高度 Height of uppermost stamen	29.86±0.56	6.36±0.10	0.000
雄蕊柱长度 Stamen column length	25.74±0.88	2.62±0.11	0.000
花柱长度 Style length	38.95±0.48	10.49±0.13	0.000
雄蕊柱底直径 Basal diameter of stamen column	4.00±0.03	2.58±0.03	0.000
雌雄异位 Herkogamy	9.53±0.30	4.12±0.09	0.000

1.2.3 授粉处理 每种植物选取刚开放未授粉花进行以下三种处理: 自然套袋, 人工自交, 人工杂交。统计座果率。

2 结果与分析

2.1 花特征

木槿和野西瓜苗在花冠直径[S(木槿性状值)/T(野西瓜苗性状值)=3.07]、花瓣长度(S/T=1.92)、花瓣宽度(S/T=1.97)、花瓣底宽(S/T=1.42)、花萼长度(S/T=1.30)、花萼宽度(S/T=0.96)、雄蕊长度(S/T=0.95)、最上轮雄蕊高度(S/

T=4.69)、雄蕊柱长度(S/T=9.82)、花柱长度(S/T=3.71)、雄蕊柱底直径(S/T=1.55)和雌雄异位(S/T=2.31)间均存在十分显著的差异(表2), 但二者在最下轮雄蕊高度(S/T=1.10)间不存在显著差异(表2)。

2.2 花性状间的相关性

野西瓜苗雄蕊长度仅与柱头伸出长度呈正相关(表3); 而木槿的雄蕊长度则与最下轮雄蕊高度、柱头伸出长度及花冠大小间呈正相关, 并与最上轮雄蕊高度、雄蕊柱长度、花瓣长度、雄蕊柱底直径及花萼长度间呈负相关(表3)。木槿的柱头伸出长度与花柱长度、最上轮雄蕊高度和雄蕊柱长度间呈负相关; 野西瓜苗的柱头伸出长度与花柱长度间呈正相关(表3)。

野西瓜苗的花瓣长度与花柱长度负相关, 并与花冠直径呈正相关; 木槿的花瓣长度与花瓣宽度、花瓣底宽、雄蕊柱底直径、花萼长度及宽度间呈正相关(表3)。野西瓜苗的最上轮雄蕊高度与花柱长度、最下轮雄蕊高度及雄蕊柱长度间呈正相关; 而木槿的最上轮雄蕊高度则与花柱长度和雄蕊柱长度间呈正相关, 并与最下轮雄蕊高度间呈负相关。木槿和野西瓜苗的花柱长度均与最下轮雄蕊高度及雄蕊柱长度呈正相关(表3)。

木槿和野西瓜苗的花萼长度与花萼宽度、雄蕊柱底直径和花瓣底宽间呈显著正相关, 花萼宽度与雄蕊柱底直径、花瓣底宽、花瓣宽度和花瓣长度间呈显著正相关, 雄蕊柱底径与花瓣长度及花瓣宽度间呈正相关(表3)。

2.3 花粉/胚珠比

木槿和野西瓜苗在单花花粉数、胚珠数和花粉/胚珠比间均存在显著差异(表4)。依据 Cruden(1997)的标准, 木槿的繁育系统属兼性异交, 而野西瓜苗则属专性自交类型。

2.3 繁育系统

授粉处理结果表明(图2): 木槿自然套袋座果率为0.00%, 人工自交为2.04%, 人工杂交结实率可达35.85%。野西瓜苗套袋下自动自交和人工自交的座果率均为100%, 仅人工杂交稍低(95.30%), 但明显比木槿结实率高。

3 讨论

传粉模式影响植物交配系统(马森等, 2006), 花

表 3 木槿(上三角)与野西瓜苗(下三角)的表型相关性

Table 3 Phenotypic correlations among traits in *Hibiscus syriacus*(above diagonal) and *H. trionum*(under diagonal)

性状 Trait	SYL	SL	HLS	HUS	SCL	LSE	CD	PL	PW	PBW	BDSC	SPL	SPW
SYL		-0.27	-0.44 **	0.82 **	0.76 **	-0.29 *	0.19	0.11	0.07	0.11	0.02	0.06	-0.04
SL	0.24		0.54 **	-0.37 **	-0.52 **	0.28 *	0.27 **	-0.29 **	-0.15	-0.16	-0.28 **	-0.24 **	-0.13
HLS	0.34 *	0.10		-0.46 **	-0.82 **	0.24	0.28 *	-0.22	-0.14	-0.21	-0.26	-0.26	-0.06
HUS	0.75 **	-0.01	0.37 **		0.89 **	-0.70 **	-0.25	0.02	-0.04	0.06	0.07	0.09	-0.07
SCL	0.42 **	-0.09	-0.49 **	0.63 **		-0.57 **	0.03	0.13	0.05	0.15	0.18	0.19	-0.02
LSE	0.58 **	0.31 *	0.24	0.13	-0.08		0.14	-0.04	0.05	0.06	-0.10	-0.08	-0.08
CD	-0.25	-0.06	-0.32 *	-0.22	0.07	-0.21		-0.03	-0.08	0.01	0.00	0.14	0.06
PL	-0.28 *	0.04	-0.17	-0.10	0.05	-0.20	0.26 *		0.71 **	0.16	0.36 **	0.34 **	0.32 **
PW	0.06	0.12	0.02	0.18	0.16	0.01	0.14	0.70 **		0.03	0.22 **	0.04	0.27 **
PBW	0.17	0.10	0.27	0.19	-0.05	-0.01	0.04	0.27 **	0.43 **		0.29 **	0.32 **	0.18 *
BDSC	-0.27	-0.12	-0.08	-0.11	-0.04	-0.11	0.18	0.39 **	0.37 **	0.11		0.25 **	0.17 *
SPL	0.05	-0.02	0.00	0.09	0.08	-0.01	0.29 **	0.62 **	0.59 **	0.47 **	0.37 **		0.36 **
SPW	0.13	0.05	0.18	0.18	0.02	0.20	0.20 *	0.59 **	0.70 **	0.53 **	0.44 **	0.68 **	

注：SYL-花柱长度(style length)；SL-雄蕊长度(stamen length)；HLS-最下轮雄蕊高度(height of lowermost stamen)；HUS-最上轮雄蕊高度(height of uppermost stamen)；SCL-雄蕊柱长度(stamen column length)；LSE-柱头伸出长度(length of style exertion)；CD-花冠直径(corolla diameter)；PL-花瓣长度(petal length)；PW-花瓣宽度(petal width)；PBW-花瓣底宽(petal basal width)；BDSC-雄蕊柱底直径(basal diameter of stamen column)；SPL-花萼长度(sepal length)；SPW-花萼宽度(sepal width)。

*, **, Correlation was significant at the $P < 0.05$ and $P < 0.01$ probability levels, respectively.

表 4 木槿和野西瓜苗的花粉/胚珠比

Table 4 Pollen-ovule ratios in *Hibiscus syriacus* and *H. trionum*

花性状 Floral trait	木槿 <i>H. syriacus</i>		野西瓜苗 <i>H. trionum</i>		P(t 检验) P(t-test)
	Mean	±SEM	Mean	±SEM	
花粉数 Pollen numbers per flower	32942.25	±619.30	1089.35	±28.20	0.000
单花胚珠数 Ovule numbers per flower	37.94	±0.40	44.34	±0.51	0.000
花粉胚珠比 Pollen-ovule ratio	874.90	±20.79	24.72	±0.68	0.000

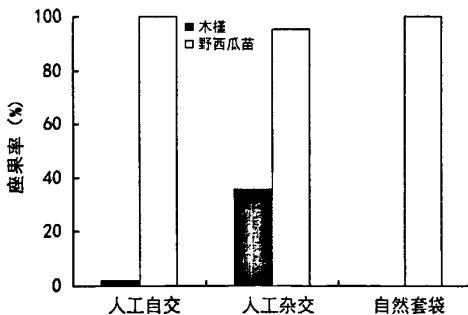


图 2 不同授粉处理下木槿和野西瓜苗的座果率

Fig. 2 Fruit sets of *Hibiscus syriacus* and *H. trionum* under different pollination treatments

部结构与繁育系统特别是传粉者习性一起进化(黄双全等, 1999), 维持传粉者与花之间关系往往是蜜腺、花粉、气味以及花色等。异交植物通常有一些独

特的性状与自交种类相区别(王崇云等, 1999)。木槿花大而鲜艳, 有粉红、白、红、紫红等多种颜色, 具有蜜腺, 花粉粒大而多(单花平均花粉粒为 $32\ 942.25 \pm 619.30$ 个), 柱头面积大, 柱头探出式雌雄异位为 9.53 ± 0.30 mm, 这些都是异交植物的花特征; 同时, 木槿柱头裂片不能发生反卷运动(图 1C), 单体雄蕊柱上的高低不等的花药位于柱头下方, 自花传粉发生的机率较小。自然套袋和人工自交低的座果率与人工杂交相对较高的座果率, 也说明了木槿兼性异交的繁殖特性。与木槿相比, 野西瓜苗花较小, 柱头探出程度(雌雄异位)较小(4.12 ± 0.09 mm), 未授粉条件下, 柱头裂片发生反卷运动, 柱头与自身花粉接触(图 1B), 自动自交发生。同时, 从 P/O 比看, 野西瓜苗(24.72 ± 0.68)属专性自交类型, 其柱头裂片反卷带来的自动自交保证了传粉者不足或缺乏时传粉的成功发生。自然套袋和人工自交均有较高的座果率, 也说明了野西瓜苗专性自交的繁殖特性。

木槿与野西瓜苗在花性状、P/O 比及花部行为方面均形成了与其繁育系统相适应的花特征, 反映了植物长期适应生境及传粉者形成的进化特征。

参考文献:

Arroyo J, Barrett SCH, Hidalgo R, et al. 2002. Evolutionary maintenance of stigma-height dimorphism in *Narcissus papyraceus* (Amaryllidaceae)[J]. *Am J Bot*, 89(8): 1 242-1 249
 Bosch J. 1992. Floral biology and pollinators of tree co-occurring

- Cistus* spp. (Cistaceae)[J]. *Biol J Linn Soc*, 109(1), 39—55
- Bosch M, Simon J, Molero J, et al. 2001. Breeding systems in tribe *Delphinieae* (Ranunculaceae) in the western Mediterranean area[J]. *Floral*, 196(1), 101—113
- Cruden RW. 1997. Pollen-ovule ratios, A conservative indicator of breeding system in flowering plants[J]. *Evolution*, 31(1), 32—46
- Cruden RW. 2000. Pollen grains; why so many? [J]. *Plant Syst Evol*, 222(1—4), 143—165
- Dafni A, Kevan PG. 1997. Flower size and shape; implication in pollination[J]. *Israel J Plant Sci*, 45(2), 201—212
- Feliner GH. 1991. Breeding systems and related floral traits in several *Erysimum* (Cruciferae)[J]. *Can J Bot*, 69(11), 2 515—2 521
- Hong Y(红雨), Fang HT(方海涛), Na R(那仁). 2006. Pollen viability and stigma receptivity of *Prunus mongolica* Maxim(濒危植物蒙古扁桃花粉生活力和柱头可授性研究)[J]. *Guihaia* (广西植物), 26(6), 589—591
- Huang SQ(黄双全), Guo YH(郭友好), Pan MQ(潘明清), et al. 1999. Floral syndrome and insect pollination of *Liriodendron chinense* (渐危植物鹅掌楸的授粉率及花粉管生长)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 41(4), 241—248
- Johnson SG, Delph LF, Elderkin CL. 1995. The effect of petal-size manipulation on pollen removal, seed and insect-visitor behavior in *Campanula amer*[J]. *Oecologia*, 102(2), 174—179
- Jürgens A, Witt T, Gottsberger G. 2002. Pollen grain numbers, ovule numbers and pollen-ovule ratios in Caryophylloideae; correlation with breeding system, pollination, life form, style number, and sexual system[J]. *Sex Plant Reprod*, 14(5), 279—289
- Liao WJ(廖万金), Zhang QG(张全国), Zhang DY(张大勇). 2003. A preliminary study on the reproductive features of *Veratrum nigrum* along an altitudinal gradient(不同海拔藜芦种群繁殖特征的初步研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 27(2), 240—248
- Mao M(马森), Fan JF(范俊峰), Li J(李静). 2006. Pollination characteristics of ephemeroïd plant *Eremurus anisopterus* (类短命植物异翅独尾草的传粉特性)[J]. *J Plant Ecol*(植物生态学报), 30(6), 1 012—1 017
- Mazer SJ, Hultgard UM. 1993. Variation and covariation among floral traits within and among four species of northern European *Primula*(Primulaceae)[J]. *Am J Bot*, 80(4), 474—485
- Mione T, Anderson GJ. 1992. Pollen-ovule ratios and breeding system evolution in *Solanum* section *Basarthurum* (Solanaceae)[J]. *Am J Bot*, 79(3), 279—287
- Molau U, Prentice HC. 1992. Reproductive system and population structure in three arctic *Saxifraga* species[J]. *J Ecol*, 80(1), 149—161
- Neal PR, Dafni A, Giurfa M. 1998. Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems; terminology, distribution and hypotheses[J]. *Annu Rev Ecol Syst*, 29(1), 345—373
- Ng SC, Corlett RT. 2000. Comparative reproductive biology of the six species of *Rhododendron* (Ericaceae) in Hong Kong, South China[J]. *Can J Bot*, 78(2), 221—229
- Paillet T, Humeau L, Figier J, et al. 1998. Reproductive trait variation in the functionally dioecious and morphologically heterostylous island endemic *Chassalia corallioides* (Rubiaceae)[J]. *Biol J Linn Soc*, 64(3), 297—313
- Preston RE. 1986. Pollen-ovule ratios in the Cruciferae[J]. *Am J Bot*, 73(12), 1 732—1 740
- Ramsey M. 1993. Floral morphology biology and sex allocation in disjunct populations of Christmas Bells(*Blandfordia grandiflora*, Liliaceae) with different breeding systems[J]. *Aust J Bot*, 41(6), 749—762
- Ruan CJ(阮成江), Jiang GB(姜国斌). 2006. Adaptive significance of herkogamy and floral behaviour(雌雄异位和花部行为适应意义的研究进展)[J]. *J Plant Ecol*(植物生态学报), 30(2), 210—220
- Thien LB, Azuma H, Kawanot S. 2000. New perspective on the pollination biology of basal angiosperms[J]. *Int J Plant Sci*, 161(Suppl. 6), 225—235
- Wang CY(王崇云), Dang CS(党承森). 1999. Plant mating systems and its evolutionary mechanism in relation to population adaptation(植物的交配系统及其进化机制与种群适应)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), 17(2), 163—172
- Weiss MR. 1991. Floral color changes as cues for pollinators[J]. *Nature*, 354(6350), 227—229
- Zhang RB(张仁波), Dou QM(窦全明), He P(何平), et al. 2006. Study on the breeding system of the endangered plant *Euonymus chloranthoides* Yang(濒危植物缙云卫茅繁育系统研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 26(3), 308—312
- Zufall RA, Rausher MD. 2004. Genetic changes associated with floral adaptation restrict future evolution potential[J]. *Nature*, 428(6 985), 847—850

木槿与野西瓜苗花特征和繁育系统的比较研究

作者: 曾方玉, 周丽君, 阮成江, ZENG Fang-Yu, ZHOU Li-Jun, RUAN Cheng-Jiang
作者单位: 大连民族学院, 生物技术与资源利用国家民委教育部重点实验室, 大连, 116600
刊名: 广西植物 ISTIC PKU
英文刊名: GUIHAIA
年, 卷(期): 2008, 28(6)
被引用次数: 2次

参考文献(27条)

1. Arroyo J;Barrett SCH;Hidalgo R Evolutionary maintenance of stigma-height dimorphism in *Narcissus papyraceus* (Amaryllidaceae) 2002(08)
2. Bosch J Floral biology and pollinators of tree co-occurring *Cistus* spp. (Cistaceae) 1992(01)
3. Bosch M;Simon J;Molero J Breeding systems in tribe Delphineae(Ranunculaceae)in the western Mediterranean area 2001(01)
4. Cruden RW Pollen-ovule ratios:A conservative indicator of breeding system in flowering plants 1997(01)
5. Cruden RW Pollen grains:why so many? 2000(1-4)
6. Dafni A;Kevan PG Flower size and shape implication in pollination 1997(02)
7. Feliner GH Breeding systems and related floral traits in several *Erysimum*(Cruciferae) 1991(11)
8. 红雨, 方海涛, 那仁 濒危植物蒙古扁桃花粉活力和柱头可授性研究[期刊论文]-广西植物 2006(6)
9. 黄双全;郭友好;潘明清 渐危植物鹅掌楸的授粉率及花粉管生长 1999(04)
10. Johnson SG;Delph LF;Elderkin CL The effect of petal-size manipulation on pollen removal, seed and insect-visitor behavior in *Campanula amer* 1995(02)
11. Jurgens A;Witt T;Gottsberger G Pollen grain numbers, ovule numbers and pollen-ovule ratios in Caryophylloideae: correlation with breeding system, pollination, life form, style number, and sexual system[外文期刊] 2002(5)
12. 廖万金, 张全国, 张大勇 不同海拔藜芦种群繁殖特征的初步研究[期刊论文]-植物生态学报 2003(2)
13. 马森, 范俊峰, 李静 类短命植物异翅独尾草的传粉特性[期刊论文]-植物生态学报 2006(6)
14. Mazer SJ;Hultgard UM Variation and covariation among floral traits within and among four species of northern European *Primula*(Primulaceae) 1993(04)
15. Mione T;Anderson GJ Pollen-ovule ratios and breeding system evolution in *Solanum* section *Basarzhrum*(Solanaceae) 1992(03)
16. Molau U;Prentice HC Reproductive system and population structure in three arctic *Saxifraga* species 1992(01)
17. Neal PR;Dafni A;Giurh M Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems:terminology, distribution and hypotheses 1998(01)
18. Ng SaiChit;Corlett RT;Ng SC Comparative reproductive biology of the six species of *Rhododendron* (Ericaceae) in Hong Kong, South China. [外文期刊] 2000(2)
19. Pailler T;Humeau L;Figier J Reproductive trait variation in the functionally dioecious and morphologically heterostylous island endemic *Chassalia corallioides*(Rubiaceae) 1998(03)

20. [Preston RE Pollen-ovule ratios in the Cruciferae 1986\(12\)](#)
21. [Ramsey M Floral morphology biology and sex allocation in disjunct populations of Christmas Bells\(Blandfordia grandis foras, Liliaceae\)with different breeding systems 1993\(06\)](#)
22. [阮成江, 姜国斌 雌雄异位和花部行为适应意义的研究进展\[期刊论文\]-植物生态学报 2006\(2\)](#)
23. [Thien LB;Azuma H;Kawanot S New perspective on the pollination biology of basal angiosperms 2000\(z6\)](#)
24. [王崇云, 党承林 植物的交配系统及其进化机制与种群适应\[期刊论文\]-武汉植物学研究 1999\(2\)](#)
25. [Weiss MR Floral color changes as ctles for pollinators 1991\(6350\)](#)
26. [张仁波, 窦全丽, 何平, 肖宜安, 刘云, 胡世俊 濒危植物缙云卫矛繁育系统研究\[期刊论文\]-广西植物 2006\(3\)](#)
27. [Zufall RA;Rausher MD Genetic changes associated with floral adaptation restrict future evolution potential 2004\(6 985\)](#)

本文读者也读过(10条)

1. [庄东红, 宋娟娟 木槿属植物染色体倍性与花粉粒、叶片气孔器性状的关系\[期刊论文\]-热带亚热带植物学报 2005, 13\(1\)](#)
2. [斯拉甫·艾白, 希尔艾力·吐尔逊, 凯撒·苏来曼 阜康阿魏的最佳采收期研究\[期刊论文\]-中国中药杂志 2007, 32\(17\)](#)
3. [贾文庆, 刘会超, 郭丽娟, JIA Wen-qing, LIU Hui-chao, GUO Li-juan 外源钙对木槿花粉萌发的影响\[期刊论文\]-山西农业科学2007, 35\(6\)](#)
4. [杜巧珍 濒危植物蒙古扁桃繁育系统的研究\[学位论文\]2010](#)
5. [张文标, 金则新, ZHANG Wen-biao, JIN Ze-xin 濒危植物夏蜡梅花部综合特征与繁育系统\[期刊论文\]-浙江大学学报\(理学版\) 2009, 36\(2\)](#)
6. [董周焱 植物繁育系统的比较研究\[期刊论文\]-吉林农业C版2010\(9\)](#)
7. [任明迅, 张全国, 张大勇 入侵植物凤眼蓝繁育系统在中国境内的地理变异\[期刊论文\]-植物生态学报2004, 28\(6\)](#)
8. [王翠翠, 刘文哲, 张莹, WANG Cui-cui, LIU Wen-zhe, ZHANG Ying 喜树开花特性及繁育系统的研究\[期刊论文\]-热带亚热带植物学报2009, 17\(3\)](#)
9. [潘成臣, 张丽, 王丽娟, 张同, 刘林德 大花溲疏的性表达特征及其繁育系统研究\[期刊论文\]-鲁东大学学报\(自然科学版\) 2010, 26\(1\)](#)
10. [张云玲, 凯撒·苏来曼, 王果平, 白灯莎, 汪建红, ZHANG Yun-ling, KAISAR·Su-lai-man, WANG Guo-ping, BAI Deng-sha, WANG Jian-hong 阜康阿魏碳氮含量与次生代谢产物变化\[期刊论文\]-时珍国医国药2008, 19\(2\)](#)

引证文献(2条)

1. [倪士峰, 巩江, 徐笑蕊, 田苗, 骆蓉芳, 陈新全, 何树静 野西瓜苗的药学研究\[期刊论文\]-长春中医药大学学报 2009\(05\)](#)
2. [唐丽丹, 原蒙蒙, 李妍, 王献 基于形态学性状的木槿属系统发育分类研究\[期刊论文\]-河南农业科学 2014\(02\)](#)

引用本文格式: [曾方玉, 周丽君, 阮成江, ZENG Fang-Yu, ZHOU Li-Jun, RUAN Cheng-Jiang 木槿与野西瓜苗花特征和繁育系统的比较研究\[期刊论文\]-广西植物 2008\(6\)](#)