

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.06.006

吕海英,曹满航,李进. 新疆特有珍稀灌木银沙槐繁育系统研究[J]. 广西植物,2014,34(6):763—767

Lü HY, Cao MH, Li J. Study on the breeding system of the rare plant *Ammodendron argenteum*[J]. Guihaia, 2014, 34(6):763—767

新疆特有珍稀灌木银沙槐繁育系统研究

吕海英¹, 曹满航², 李进^{1*}(1. 新疆师范大学 生命科学学院, 新疆特殊环境物种多样性应用与调控重点实验室,
乌鲁木齐 830054; 2. 陕西渭南市大荔县朝邑中学, 陕西 大荔 715102)

摘要: 通过固定样地、样株的观测和室内、室外实验分析,运用杂交指数、花粉-胚珠比、花粉活力和柱头可授性观测、人工授粉和套袋实验等方法,对银沙槐自然种群的繁育系统进行了研究。结果表明:该种单花花期一般7~11 d,依据花的发育进程分为花蕾期、散粉前期、散粉期和萎蔫期4个阶段;花粉-胚珠为16 243.35,杂交指数为4;结合人工授粉及结实结籽率结果,综合考虑银沙槐繁育系统属于异交型,部分自交亲和,没有无融合生殖现象存在,需要传粉者。银沙槐繁育系统以异交为主,存在与自交相适应的结构和行为。

关键词: 银沙槐; 繁育系统; 杂交指数; 花粉-胚珠比

中图分类号: Q945.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)06-0763-05

Study on the breeding system of the rare plant *Ammodendron argenteum*

LÜ Hai-Ying¹, CAO Man-Hang², LI Jin^{1*}(1. Key Laboratory of Species Diversity Application and Control in Xinjiang, College of Life Sciences, Xinjiang Normal University,
Urumqi 830054, China; 2. Chaoyi Middle School of Dali County in Weinan, Dali 715102, China)

Abstract: Based on the observation of the sample plants in the plot and indoor analysis, with the focus on the outcrossing index, pollen-ovule ratio, pollen vitality, and stigma receptivity under natural condition and artificial pollination and bagging, a systematic research on the breeding system of *Ammodendron argenteum* was conducted. The results showed that the blooming period lasted seven to eleven days. By the flower's morphology and pollen dehiscence, i.e., the flowering process for one flower of this species could be divided into four periods: bud swelling, pre-dehiscence, dehiscence, and flower withering. Based on the artificial bagging and pollination experiments, its breeding system of outcrossing chiefly and self compatible partially was determined, and pollinators was needed during the pollination process, there was no apomixes.

Key words: breeding system; outcrossing index; pollen-ovule ratio; *Ammodendron argenteum*

植物的繁育系统包括花部的综合特征、花的性器官寿命、交配系统的类型、自交亲和的程度等,其中交配系统是核心(何池全等,1999;黄双全等,2000)。了解植物生活史的先决条件之一是对植物繁育系统的认识,可作为相关研究的基础资料(夏青等,2012)。同时,繁育系统则被认为是决定植物群

体的遗传结构的最主要的因素之一,对遗传多样性和生物多样性的保护至关重要(王洪新,1996),而物种多样性与群落稳定性之间存在着复杂关系。银沙槐(*Ammodendron argenteum*)是塔克尔莫乎尔沙漠主要的建群种,其繁殖更新对于稳定和维持该荒漠生态系统的结构及功能有着重要作用。

收稿日期: 2013-10-30 修回日期: 2013-12-07

基金项目: 国家自然科学基金(31160094, 31200300)

作者简介: 吕海英(1978-),男,山东文登人,硕士,讲师,从事植物生态研究。(E-mail)lvhyxj@163.com。

*通讯作者: 李进,教授,主要从事植物生态和资源植物利用研究。(E-mail)xjcjlj4@yahoo.com.cn。

银沙槐是新疆特有沙生落叶灌木植物,分布于伊犁河谷地的塔克尔莫乎尔沙漠狭窄区域的半固定和固定沙丘及平沙地上,是优良的防风固沙植物(海鹰等,2003)。由于干旱半干旱沙漠地区气候条件多变,分布区缺乏有效管理保护,存在樵采、放牧和耕作等现象,从而导致银沙槐自然种群数量逐渐减少。被列为新疆二级保护植物,属于珍稀濒危植物(海鹰等,2003;庄伟伟等,2010)。目前对银沙槐研究主要集中在迁地保护(王德理等,1994,1995)、抗逆性(梁凤丽等,2007)和生物防治(Deloach 等,2003)等方面,而对银沙槐的繁育系统知之甚少。因此,本研究以银沙槐自然居群为研究对象,研究银沙槐的繁育系统类型,旨在探索银沙槐应对恶劣沙漠环境的适应,为有效保护这一物种提供科学依据。

1 研究地概况

研究地位于新疆伊犁河谷地塔克尔莫乎尔沙漠($80^{\circ}27'00''\text{E}\sim 80^{\circ}51'28''\text{E}$, $43^{\circ}50'34''\sim 44^{\circ}09'00''\text{N}$)。该沙漠多由3~8 m 抛物线状的固定及半固定沙丘组成,为典型大陆性温带荒漠气候,冬季寒冷,夏季炎热干燥,年降水量少,昼夜温差大(海鹰等,2003)。极端最高温 40.2°C , 极端最低温 -31.3°C , 年均温 9.9°C , 年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $3\ 646^{\circ}\text{C}$, 年均降水量 254.9 mm 、年均蒸发量 $1\ 510\text{ mm}$ 、年均相对湿度 64% 、年均日照 $2\ 978\text{ h}$ 、无霜期 192 d 、年均大风 13 d 、最大风速超过 $24.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (李进等,2013)。

研究区银沙槐群落植被总盖度 $15\%\sim 50\%$, 常与心叶驼绒藜(*Ceratoides ewersmanniana*)、疏叶骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)以及无叶沙拐枣(*Calligonum densum*)和梭梭(*Haloxyylon amm-dendro*)等形成复合分布格局,常见的伴生种类除有灌木扁果木蓼(*Atraphaxis replicata*)外,还有羽毛三芒草(*Aristida pennata*)、角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)、沙蓬(*Agriophyllum squarrosum*)、对节刺(*Horaninovia ulicina*)和细叶鸢尾(*Iris tenuifolia*)等草本(李进等,2013)。

2 研究方法

2.1 花部形态特征观察

在研究地点随机摘取已开放的银沙槐花 30 朵,观察花结构和测量其各部分的长度。同时随机选取

不同植株上同步开放的 60 朵花,观察其开花动态及在时间上的差异,确定其单花持续期。

2.2 花粉活力检测

用 TTC 法(氯化三苯基四氮唑染色法)测定花粉活力(Crudén *et al.*, 1977;戴国礼,2013)。称取 0.05 g TTC 用 10 mL 磷酸缓冲液定容,装入棕色瓶中暗处保存。将各时期的少量花粉置于载玻片上,滴加 1~2 滴上述溶液,快速盖上盖玻片,放在有湿滤纸的培养皿中,无光条件下培养 2 h 。取出镜检,染成红色的花粉为有活力,未染色的花粉为无活力。观察各个时期花粉制片 5 张,每张任选 5 个视野,统计不同时期花粉着色的百分率,求平均值。

2.3 柱头可授性测定

用传统的联苯胺—过氧化氢法(Dafni, 2005)测定柱头可授性:盛花期,将开放不同天数花的柱头放在双凹面载片中,滴加反应液(1%联苯胺:3%过氧化氢:水 = 4:11:22, 体积比),依据柱头周围气泡的有无和多少确定柱头是否可授及其强弱。

2.4 花粉—胚珠比(P/O)的测定

随机选取未裂开雄蕊的花药放入 4 mL 离心管中,加入 1 mL 浓度为 10% 的 HCL 溶液,用微量进液器吸取 $1\text{ }\mu\text{L}$ 溶液置于血球计数板上,镜检、统计花粉数(刘林德,2004);取子房剥开心皮,记录胚珠数目;重复 10 次,求平均值。

2.5 杂交指数(OCI)的检测

依照 Dafni(1992)的划分标准对银沙槐花朵直径、大小和开花行为进行测定。通过杂交指数值确定银沙槐的繁育系统类型。具体是①花朵直径 $<1.0\text{ mm}$ 记为 0, $1.0\sim 2.0\text{ mm}$ 记为 1, $2.0\sim 6.0\text{ mm}$ 记为 2, $>6.0\text{ mm}$ 记为 3。②雄蕊花药开裂与雌蕊柱头可授性可能存在时间隔离;若同时或雌蕊先熟记为 0, 雄蕊先熟记为 1。③柱头与花药在空间上的相对位置,同一水平位置为 0;存在着空间分离为 1。三者之和为 OCI 值。其评判标准:OCI=0, 为闭花受精型;OCI=1, 为专性自交型;OCI=2, 为兼性自交型;OCI=3, 为兼性异交型,同时自交亲和,有时需要传粉者;OCI=4, 为异交型,部分自交亲和,多数需要传粉者。

2.6 套袋实验

在野外对花分别做以下处理:(1)不作任何处理,研究无人干扰自然情况下的传粉状况;(2)开花前不去雄套袋,研究自花受精的可能性;(3)去雄套袋,人工同株异花授粉,研究有无受精结实存在;(4)

去雄套袋,人工异株异花授粉,研究是否存在杂交亲和现象;(5)去雄套袋,不授粉,研究是否存在无融合生殖现象。每处理重复 60 次,待花序中果实成熟时及时采收统计结实结籽数量。

3 结果与分析

3.1 花部综合特征

花序为无限花序,着生在当年生枝顶端,显著高出叶片,无限花序由基部向顶端依次开放。银沙槐花为两性花,双花被,具蜜腺,有香味;平均单花直径为 6.50 mm,花冠蝶形,颜色鲜艳紫色或蓝紫色;花萼被银色腺毛、合生、绿色,具齿;雄蕊离生,5 长 5 短;雌蕊 1;雌雄异位(表 1)。

表 1 银沙槐花的特征

项目 Item	样本量 Sample size	长度 Length (mm)	范围 Range (mm)
单花直径 Diameter of single flower	30	6.50±0.05	6.00~7.10
花萼 Calyx	30	3.57±0.03	3.32~3.90
旗瓣 Vexilla	30	4.91±0.04	4.60~5.28
翼瓣 Wing flap	30	6.86±0.03	6.52~7.72
龙骨瓣 Keel flap	30	7.04±0.07	6.50~7.82
长雄蕊 Long stamen	30	6.19±0.04	5.24~7.00
短雄蕊 Short stamen	30	4.33±0.05	3.90~5.00
长雄蕊花药 Anther of long stamen	30	1.01±0.02	0.88~1.34
短雄蕊花药 Anther of short stamen	30	0.97±0.01	0.80~1.10
雌蕊 Pistil	30	6.77±0.05	6.35~7.10

银沙槐单花的花期为 7~11 d,依据花的发育进程分为 4 个时期:花蕾期(从旗瓣伸出花萼至旗瓣张开前一天,5~6 d)、散粉前期(从旗瓣张开前一天至其与翼瓣分离前,约 1 d)、散粉期(从旗瓣与翼瓣分离至其完全上翘,约 0.5 d)和萎蔫期(从旗瓣完全上翘至雌蕊柱头可授性消失)。

3.2 花粉活力检测

由图 1 可见,银沙槐花粉活力呈现先增强,后保持平稳,再急剧下降的变化。在 5 d 内,银沙槐花粉都具有活力。两种雄蕊的花粉活力在散粉后同一时间点差异不显著($P<0.05$)。

3.3 柱头可授性测定

由表 2 可知,开花后第 1 天,产生少量气泡,柱头具可授性;第 2 天时,产生大量气泡,柱头达到最强可授性;在开花后 2~5 d,柱头可授性都很强,是

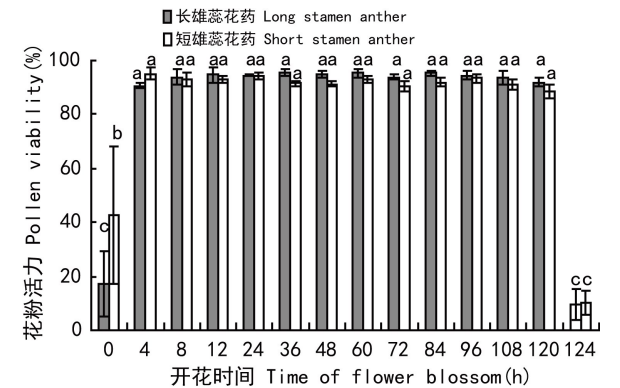


图 1 银沙槐花粉活力的测定

Fig. 1 Test of pollen viability of *Ammodendron argenteum*

授粉的理想时间;开花后第 6 天,气泡数量逐渐减少,柱头的可授性减弱至消失。

表 2 银沙槐花柱头可授性的测定

开花后天数 (d) Date after blooming	8:00 Eight o'clock	12:00 Twelve o'clock	16:00 Sixteen o'clock	20:00 Twenty o'clock
第 1 天 The first day	+	+	++	++
第 2 天 The second day	++++	++++	++++	++++
第 3 天 The third day	+++	+++	+++	+++
第 4 天 The fourth day	+++	+++	+++	+++
第 5 天 The fifth Day	++	++	++	++
第 6 天 The sixth day	+	+	-	-

—:柱头不具有可授性;+:柱头具有可授性;+:柱头具有较强可授性;++++:柱头具有强可授性;+++++:柱头具有最强可授性。
—:no stigma receptivity;+:stigmas have receptivity;+:stigmas have high receptivity;++++:stigmas have higher receptivity;+++++:stigmas have the highest receptivity.

3.4 花粉-胚珠比 (P/O)

由表 3 可知,银沙槐的单花平均花粉量为 96 810.34,胚珠数目为 5.96,P/O 值为 16 243.35。

据 Cruden(1997)提出的标准:P/O 为 2.7~5.4 时,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。因此,理论上银沙槐繁育系统为专性异交。

3.5 杂交指数(OCI)的检测

据 OCI 的估算标准:①银沙槐平均单花直径为

表 3 银沙槐花粉-胚珠比测定

Table 3 Test of pollen-ovule ratio of *Ammodendron argenteum*

项目 Item	结果 Result
单花花粉平均数量	96 810.34±7 155.63
Average pollen number of single flower	
单花平均胚珠数目	5.96±0.07
Average ovule number of single flower	
花粉-胚珠比	16 243.35±1 200.61
Pollen-ovule ratio	

6.50 mm(表 1),记为 3;②雄蕊花粉活力和雌蕊柱头可授性的时间累计重叠约 120 h(图 1,表 2),雌雄同熟记为 0;③银沙槐花雌雄蕊在空间上存在隔离(表 1),记为 1。OCI 值累计为 4,表明银沙槐繁育系统为异交型,部分自交亲和,多数需要传粉者。

3.6 套袋实验

如表 4 所示,去雄套袋处理未产生果实和种子,说明没有无融合生殖现象存在。不去雄套袋结实率低和结籽率较低,表明银沙槐花虽然自交亲和,但正常结实需要传粉者或人工辅助传粉。套袋试验表明,银沙槐的繁育系统为异交型,需要传粉媒介。

表 4 银沙槐花不同处理结果

Table 4 Different treatment results of *Ammodendron argenteum* flower

处理方法 Treatment	样本量 Sample size	结荚率 Fruit-set rate (%)	结籽率 Seed-set rate (%)
自然传粉	60	56.67±6.45a	9.51±1.08a
Natural pollination			
同株异花授粉		50.00±6.51a	8.39±1.09a
Hand geitonogamy	60	65.00±6.21a	10.91±0.02a
异株异花授粉			
Hand cross-pollination		30.00±5.97b	5.03±1.00b
不去雄套袋	60	0c	0c
Bagged, unemasculatation			
去雄套袋			
Bagged, emasculatation			

注:不同字母表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different letters mean significant differences at $P<0.05$

4 讨论

银沙槐的花聚集在一起形成总状花序,因而对昆虫的吸引高于单花效应总和(Mulligan,1973),有利于传粉。花部综合特征主要有以下两方面:花设计(Floral design)和花展示(Floral display)。前者包括花的颜色、结构、气味和分泌物类型、产量等所有特征;后者则指在某一时间花开放的多少及其在

花序上的空间位置和个体花期等,可看作花在个体和群体水平上的表现特征(Barrett,1998;牟勇等,2007)。银沙槐花的花冠蝶形、较大,花瓣颜色鲜艳为蓝紫色或紫色,有蜜腺,具芳香气味;单花花期约为 7~11 天不等。银沙槐花集成总状花序,平均单株花序量大,花从基部向顶端依次开放,一般每天开放 1~2 朵花,遇大风或降温天气不开花。银沙槐开花日期为 5 月上旬至 6 月上旬,研究表明银沙槐开花模式属于“集中开花模式”,是银沙槐对恶劣环境的一种适应(塔克尔莫乎尔沙漠春季起风沙频率约占全年的 33.45%),是为了降低风沙天气对虫媒传粉频率及效率的不良影响的一种生殖策略。在长柄双花木(肖宜安等,2004)和准噶尔无叶豆中(马文宝,2008)也存在有此现象,这是对恶劣环境的一种适应行为。其“集中开花模式”不仅保证了植株的生殖成功,而且减少了恶劣的环境对其的不良影响。

进化生物学的活跃领域之一是植物繁育系统(黄双全等,2000)。了解植物生活史的重条件是对花部综合征特和繁育系统的认识,并可为其它研究提供相关基础资料(夏青等,2012)。在多数情况下,两性花模式与花的性别系统是有差异的,反映出繁育系统类型的多样性。在自然界中,植物完全的异交和自交不多见,大多数自交物种能进行异交,大多数异交植物也能进行自我授粉(Vogler,2001)。虽然曾怀疑花粉-胚珠比(P/O)和杂交指数(OCI)作为繁育系统指示参数的可靠性,但是在两性植物研究中仍然被采用(肖宜安等,2004;张仁波等,2006)。因而在银沙槐繁育系统研究中也采用了这两个参数。依照 Cruden(1977)的花粉-胚珠比划分标准,两性花植物银沙槐的繁育系统在理论上为专性异交;依照 Dafni(1992)的划分标准得到的杂交指数表明,为异交型,但部分自交亲和,传粉过程需要传粉媒介;套袋试验表明,为异交型,需要传粉媒介;花部综合特征观察显示银沙槐具有与异花授粉相适应的结构:如花冠较大,花瓣颜色鲜艳,具蜜腺,有芳香气味,雌雄空间异位;同时又具有与自交相适应的结构和行为如雌雄同熟。综合考虑,银沙槐繁育系统是以异交为主,部分自交亲和,需要传粉媒介,没有无融合生殖现象存在。

在银沙槐套袋试验中,异株异花授粉结实率和结籽率明显高于自由授粉。这表明在自然条件下,银沙槐的传粉过程中存在着传粉媒介数量不足或是传粉效率低的现象(Bierzychudek,1981)。银沙槐

的盛花期为 5 月, 该时其分布地风沙频繁, 气温变化较大(海鹰等, 2003), 直接影响了传粉昆虫的活动, 间接影响了其传粉成功, 进而影响银沙槐的受精和结实。传粉媒介的缺乏可能是银沙槐花朵数量多但结实率和结籽率低的原因。不去雄套袋处理其结籽率约为 5.03%, 说明当传粉者匮乏导致异交失败时, 银沙槐可通过自交来保证其种族延续, 这是银沙槐对恶劣环境的适应。虽然自交可提高物种的当前适合度, 但是降低了物种的进化潜力(近交衰退发生)。因此, 在银沙槐的保护上应注意。

参考文献:

- Barrett SCH, Harder LD. 1996. Ecology and evolution of plant mating[J]. *Tren Ecol & Evol*, **11**(2): 73—79
- Bierzychudek P. 1981. Pollinator limitation of plant reproductive effort[J]. *Am Nat*, **117**: 838—840
- Cruden RW. 1977. Pollen-ovule ration: a conservative indicator of breeding in flowering plant[J]. *Enolution*, **135**: 1—6
- Cruden RW. 1997. Pollen-Ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants[J]. *Evolution*, (31): 32—46
- Dafni A. 1992. Pollination ecology[M]. New York: Oxford University Press: 1—57
- Dafni A, Kenven PG, Husband BC. 2005. Practical Pollination Biology[M]. Canada: Enviroquest Ltd
- Dai YL(戴国礼), Qin K(秦垦), Cao YL(曹有龙), et al. 2013. Characteristics of floral dynamic and breeding system of *Lycium ruthenicum*(黑果枸杞的花部结构及繁育系统特征)[J]. *Guihaia*(广西植物), **33**(31): 126—132
- Deloach CJ, Lewis PA, Herr JC, et al. 2003. Host specificity of the leaf beetle, *Diorhabda elongate deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, a biological control agent for saltcedars (Tamarix; Tamaricaceae) in the western United States [J]. *Biol Contr*, (27): 17—147
- Hai Y(海鹰), Zhang LY(张立运), Li W(李卫). 2003. Plant communities excluded from the book “The vegetation and Its Utilization in Xinjiang”(《新疆植被及其利用》专著中未曾记载的植物群落类型)[J]. *Arid Land Geogr*(干旱区地理), **26**(4): 413—419
- He CQ(何池全), Zhao KY(赵魁义), Yu GY(余国营). 1999. Advance in the ecological adaptability of the clonal plant in wetlands (湿地克隆植物的繁殖对策与生态适应性)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **18**(6): 38—46
- Huang SQ(黄双全), Guo YH(郭友好). 2000. Advances in the study of pollination biology(传粉生物学的研究进展)[J]. *Chin Bull Sci*(科学通报), **45**(3): 225—237
- Li J(李进), Huang LP(黄力平), Lü HY(吕海英), et al. 2013. Distribution patterns of main population of *Ammodendron argenteum* communities in the Takkeermohuer desert(塔克尔莫尔沙漠银沙槐群落主要种群分布格局)[J]. *Arid Zone Res*(干旱区研究), **30**(4): 634—639
- Liang FL(梁凤丽), Hu YJ(胡义军). 2007. Technique of seeding and breeding of *Ammodendron argenteum*(银沙槐播种育苗技术)[J]. *Pract For Technol*(林业实用技术), (3): 20—21
- Liu LD(刘林德), Chen L(陈磊), Zhang L(张丽). 2004. Flowering characteristics and pollination ecology of *scabiosa tchiliensis*(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
- Ma WB(马文宝), Shi X(施翔), Zhang DY(张道远), et al. 2008. Flowering phenology and reproductive features of the rare plant *Eremosparton songoricum* in Desert Zone, Xinjiang, China(准噶尔无叶豆的开花物候与生殖特征)[J]. *J Plant Ecol*(植物生态学报), **32**(4): 760—767
- Mulligan GA, Kevan PG. 1973. Color, brightness, and other floral characteristics attracting insects to the blossoms of some Canadian weeds[J]. *Can J Bot*, **51**: 1 939—1 952
- Mu Y(牟勇), Zhang YH(张云红), Lou AR(娄安如). 2007. A preliminary study on floral synaroma and breeding system of the rare plant *Hodiala dumulosa*(稀有植物小丛红景天花部综合特征与繁育系统)[J]. *J Plant Ecol*(植物生态学报), **31**(3): 528—535
- Vogler DW, Kalisz S. 2001. Sex among the flowers: The distribution of plant mating systems[J]. *Evolution*, **55**: 202—204
- Wang LD(王理德), Liu SL(刘生龙), Gao ZH(高志海). 1994. Cultivation of introduced *Ammodendron argenteum*(银沙槐引种栽培试验研究)[J]. *J GanSu For & Technol*(甘肃林业科技), (3): 11—14
- Wang LD(王理德), Liu SL(刘生龙), Gao ZH(高志海), et al. 1995. An analysis on water physiological characteristics of five Species of rare plants(沙区五种珍稀濒危植物水分生理指标测定及分析)[J]. *J GanSu For & Technol*(甘肃林业科技), (3): 6—9
- Wang CY(王崇云), Dang CL(党承林). 1999. Plant mating system 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)2: 163
- Wang HX(王洪新), HU ZA(胡志昂). 1996. Plant breeding system, genetic structure and conservation of genetic diversity(植物的繁育系统、遗传结构和遗传多样性保护)[J]. *Biodivers Sci*(生物多样性), **4**(2): 92—96
- Xia Q(夏青), Zhou SHB(周守标), Zhang D(张栋), et al. 2012. Floral syndrome and breeding system of *corydalis edulis*(紫堇的花部综合特征与繁育系统的研究)[J]. *Chin J Chin Mat Med*(中国中药杂志), **37**(9): 1 191—1 196
- Xiao YA(肖宜安), He P(何平), Li XH(李晓红). 2004. The flowering phenology and reproductive features of the endangered plant *Disanthus cercidilius* var. *Longipes* (Hamamelidaceae)(濒危植物长柄双花木开花物候与生殖特性)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(1): 14—21
- Zhang RB(张仁波), Dou QL(窦全丽), He P(何平), et al. 2006. Study on the breeding system of the endangered plant *Euonymus chloranthoides* Yang(濒危植物缙云卫矛繁育系统研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **26**(3): 308—312
- Zhuang WW(庄伟伟), Li J(李进), Cao MH(曹满航), et al. 2010. Effects of salinity, drought and salinity-drought mixed stresses on protective enzyme activity in leaves of *Ammodendron argenteum* seedlings(盐、旱及其交叉胁迫对银沙槐幼苗保护酶活性的影响)[J]. *Arid Zone Res*(干旱区研究), **27**(5): 760—765