

第三届全国植物繁殖生态学学术研讨会  
暨  
"Plant-animal interrelationships" 培训班  
会议手册

云南 西双版纳  
2011年3月26日 - 4月2日



中国科学院西双版纳热带植物园  
中国科学院植物研究所



# 会议组织机构

## 主办

中国科学院西双版纳热带植物园

中国科学院植物研究所

## 会务组联系方式

### 会务：

林华 15087692912

高江云 13887905125

### 会议服务：

宾馆总台 0691-8715403, 8717008, 8717088

宾馆餐厅 0691-8715939

医疗服务：刘健医生 13887902344

会议保安：植物园派出所 0691-8715406, 24 小时值班

### 商务服务：

会议代表如需长途电话、传真、复印、打印、网络等服务，可与宾馆总台联系。宾馆大堂有免费无线宽带。

# 会议地点

本次会议在中国科学院西双版纳热带植物园召开，该园是我国最大和保存物种最多的植物园，位于西双版纳傣族自治州勐腊县勐仑镇，座落在澜沧江-湄公河重要支流罗梭江所环绕的葫芦岛上，海拔 570 米，年平均气温 21.4℃。是国家级科普教育基地、国家 AAAA 级旅游风景区、全国文明风景旅游区示范点，该植物园占地 1,100 多公顷，收集保存植物达 10 000 多种，是世界上露地保存活植物种类最多的植物园。丰富的热带植物和独特的民族文化使植物园呈现别具一格的热带风情。



本次研讨会的主会场位于版纳植物园新建成的科研中心大楼，大楼位于植物园东出入口处，于2010年11月1日正式启用，功能齐全、设施完备。



## 重要提示!!

1、由于会场距宾馆较远，会议期间采用电瓶车接送会议代表，请各位代表注意乘车时间和地点，按时乘车！

2、研讨会和培训班期间的自助餐需凭餐券就餐，请各位代表带好餐券！

# 总 日 程

## 第三届全国植物繁殖生态学学术研讨会

时间：2011年3月26 - 29日

地点：中国科学院西双版纳热带植物园新科研中心学术报告厅

云南省西双版纳州勐腊县勐仑镇，邮编：666303

语言：汉语

## "Plant-animal interrelationships" 培训班

时间：2011年3月30 - 4月2日

地点：中国科学院西双版纳热带植物园新科研中心第一会议室

云南省西双版纳州勐腊县勐仑镇，邮编：666303

语言：英语

3月26日（周六）：会议报到

3月27日-3月29日上午：学术报告和交流

3月29日下午：参观植物园和绿石林景区考察

3月30日：考察望天树景区，参会代表返回

3月30日-4月2日："Plant-animal interrelationships" 培训班

4月3日：考察望天树景区，培训班人员返回

# 学术研讨会日程安排

3月26日(星期六)

13:00-23:00: 代表报到注册, 地点: 植物园宾馆总台大厅

3月27日(星期日)

7:30-8:30: 早餐 地点: 植物园宾馆雨林餐厅

8:30-8:40: 植物园宾馆雨林餐厅至新科研中心学术报告厅, 统一乘坐电瓶车

09:00-10:00: 开幕式 主持人: 高江云 研究员 地点: 学术报告厅

09:00-09:15: 领导致辞 李庆军 研究员(中科院西双版纳热带植物园副主任)

09:15-09:30: 专家致辞 张大勇 教授(北京师范大学生命科学院生态研究所所长)

09:30-09:40: 与会代表合影 地点: 新科研中心喷泉

09:40-10:00: 茶歇 地点: 咖啡厅

10:00-12:00: 大会报告 主持人: 张大勇 教授

10:00-10:30: 二十一世纪传粉生态学的关键问题——介绍与讨论 黄双全

10:30-11:00: 对姜科植物繁殖生物学研究结果的一点思考 李庆军

11:00-10:30: 欺骗性传粉系统中传粉者代价研究进展及展望 罗毅波

11:30-12:00: 我国研究榕树与榕小蜂协同进化的进展 杨大荣

12:00-13:30: 午餐 地点: 新科研中心餐厅, 自助餐

13:30-17:15: 学术报告 主题: 花部特征与传粉 主持人: 黄双全 教授

13:30-14:00: 薜荔物候与传粉小蜂隐存种分化 陈小勇

14:00-14:30: 榕果雌花期榕小蜂传粉及繁殖的特征 彭艳琼

14:30-14:55: The effects of arrangement of flowers within a plant on bumblebee behavior 廖万金

14:55-15:10: 茶歇 地点: 咖啡厅

15:10-15:35: 芸香(*Ruta graveolens* L.)雄蕊级联运动的传粉适应意 任明迅

15:35-16:00: 次级花粉展示植物——长柱山丹(茜草科)的繁殖生态学研究 林 华

16:00-16:25: 性多态物种色木槭的性别表达和交配模式 白伟宁

16:25-16:50: 克隆植物草乌侧生花序的资源限制和花粉限制 戈星月

16:50-17:15: 鼠尾草花性状的生态功能和表性选择研究 张 勃

**17:15-17:30: 学术报告厅至植物园宾馆, 乘坐电瓶车**

**18:00-20:00: 欢迎晚宴** 地点: 植物园宾馆雨林餐厅

**3月28日(星期一)**

**7:10-8:10: 早餐** 地点: 植物园宾馆雨林餐厅

**8:10-8:30: 植物园宾馆雨林餐厅至新科研中心学术报告厅, 乘坐电瓶车**

**8:30-12:00: 学术报告** 主题: 兰花与传粉 主持人: 罗毅波 研究员

08:30-08:55: 兰科槽舌兰属的传粉系统变化 金效华

08:55-09:20: Reproductive isolation of two sympatric orchids 孙海芹

09:20-09:45: 雨媒: 一种真实存在的传粉方式吗? 高江云

09:45-10:10: 多花脆兰雨水自交传粉机制的研究 范旭丽

10:10-10:25: 茶歇 地点: 咖啡厅

10:25-10:50: Effects of Nectar Production and Pollinator Assembly on Mating Patterns in Orchids 祖鹏娟

10:50-11:15: 同域分布的两种石豆兰属植物的繁殖生态学研究 陈玲玲

11:15-11:40: 小叶兜兰和紫纹兜兰欺骗性传粉机制的初步研究 马晓开

11:40-11:55: 兰花, 请让我听懂你的语言——版纳植物园兰花系列科普活动介绍 赵金丽

**12:00-13:30: 午餐** 地点: 新科研中心餐厅, 自助餐

**13:30-17:30: 学术报告** 主题 1: 高山植物与繁殖 主持人: 谭敦炎 教授

13:30-14:00: 啮齿类动物埋藏种子行为研究新进展:

种子性状影响、分层决策和模型解释 陈进

14:00-14:25: 中国喜马拉雅地区两种高山姜科植物的繁殖生物学研究 张志强

14:25-14:50: 高山植物小丛红景天交配系统和传粉生物学研究 朱琳

14:50-15:15: 中国西南横断山区冰缘带植物繁殖特征初探 彭德力

15:15-15:25: 茶歇 地点: 咖啡厅

主题 2: 繁殖、进化与适应 主持人: 陈小勇 教授

15:25-15:50: 独尾草属两个同域种的繁殖对策 谭敦炎

15:50-16:15: 对抗性种间关系的生态与进化后果: 微生物实验进化研究 张全国

16:15-16:40: 加拿大一枝黄花的繁殖生态与快速进化研究 孙士国

16:40-17:05: 颜色与气味模仿: 嗜蘑菇昆虫的粪便与真菌孢子传播的关系 陈高

17:05-17:30: 马先蒿属种子大小的地理变化: 海拔、个体大小和种子数的影响

郭 辉

17:30-17:45: 学术报告厅至植物园宾馆, 乘坐电瓶车

18:00-20:00: 晚餐 地点: 植物园宾馆雨林餐厅

3月29日(星期二)

7:10-8:10: 早餐 地点: 植物园宾馆雨林餐厅

8:10-8:30: 植物园宾馆雨林餐厅至新科研中心学术报告厅, 乘坐电瓶车

8:30-12:00: 学术报告 主题: 繁育与交配系统 主持人: 李庆军 研究员

08:30-09:00: Fragmentation, plant and bee diversity in relation to pollination –the case study of *Iris atropurpurea* Amots Dafni

09:00-09:30: The chemical ecology and evolutionary biology of intimate relations based on deceit. Nicolas J. Vereecken

09:30-09:55: 闭花受精植物的繁育系统、居群遗传结构以及闭锁花的起源 罗 艳

09:55-10:20: 引种规模和性比配置对雌雄异株海菜花迁地保护居群

生殖适合度的影响 夏 靖

10:20-10:35: 茶歇 地点: 咖啡厅

10:35-11:00: 后蕊苣苔属繁育系统研究 郭艳峰

11:00-11:25: 普通豚草在入侵地中国的高异交率 李小蒙

11:25-11:50: 新疆郁金香的繁殖生态学研究 艾沙江

12:00-13:30: 午餐 地点: 新科研中心餐厅, 自助餐

13:30-15:00: 西双版纳热带雨林国家公园绿石林景区考察 新科研中心餐厅前乘车

15:00-16:30: 植物园沟谷雨林区参观

16:30-18:00: 自由游览植物园

18:00-20:00: 晚餐 地点: 植物园宾馆雨林餐厅

3月30日(星期三) 会后考察、代表返回

7:30-8:30: 早餐 地点: 植物园宾馆雨林餐厅

8:30-12:30: 西双版纳热带雨林国家公园望天树景区考察 植物园宾馆前乘车

12:30-14:00: 午餐 地点: 勐腊县城

14:00-16:00: 勐腊县至景洪机场



## 培训班日程安排

**早餐：** 07:30-08:30      地点：植物园宾馆雨林餐厅

**中餐：** 12:00-12:40      地点：新科研中心餐厅，自助餐（请带好餐券！）

**晚餐：** 18:30-19:30，      地点：新科研中心餐厅，自助餐（请带好餐券！）

**4月2日的晚餐：** 18:30-20:00，植物园宾馆雨林餐厅

**3月30日（星期三）-4月2日（星期六）培训班（详细日程见后）**

**4月3日（星期日）会后考察、代表返回**

**7:30-8:30：早餐**      地点：植物园宾馆雨林餐厅

**8:30-12:30：西双版纳热带雨林国家公园望天树景区考察**      植物园宾馆前乘车

**12:30-14:00：午餐**      地点：勐腊县城

**14:00-16:00：勐腊县至景洪机场**

**备注：** 1、培训班日程会随时根据当时的天气条件、实习内容、开花植物等作临时调整和改变，请注意通知，按时乘车和到达实习地点；

2、培训班实习分为 4-5 个组，以组为单位开展实习，实习后各组作相应的总结和汇报交流。

# The Schedule of Pollination Workshop

March 30<sup>th</sup>, 2011

**07:30-08:30** Breakfast Hotel Restaurant  
**08:40-09:00** From Hotel Restaurant to the Research Centre by battery car  
**09:00-09:10** Opening speech Gao JiangYun  
**09:10-09:30** Introduction each other, and group dividing  
**09:30-09:40** Group photo  
**09:40-10:00** Coffee break

**Lecture The First Meeting Room**

**10:00-12:00** Pollination: Introduction Lecture Amots Dafni  
**12:00-12:40** Buffet Research Centre Restaurant  
**12:40** From Research Centre Restaurant to the hotel  
**14:40** From hotel to the First Meeting Room

**Lecture The First Meeting Room**

**15:00-16:30** Pollination Syndromes Amots Dafni  
**16:30-16:45** Coffee Break  
**16:45-18:30** Breeding Systems Amots Dafni  
**18:30-19:30** Buffet Research Centre Restaurant  
**19:30** From Research Centre Restaurant to the hotel

March 31<sup>th</sup>, 2011

**07:30-08:30** Breakfast Hotel Restaurant  
**8:30-12:00** **Field course** Amots Dafni & Nicolas J. Vereecken  
**Location will be noticed ahead of time**

1. Excursion, flower structure, pollination types
2. Breeding systems, artificial pollination, pollen flow phenology
3. Pollen –stigma biology, wind pollination

**12:00-12:40** Buffet Research Centre Restaurant  
**12:40** From Research Centre Restaurant to the hotel  
**14:40** From hotel to the First Meeting Room

**Lecture** **The First Meeting Room**

**15:00-16:30** Pollen and Stigma Biology Amots Dafni

**16:30-16:45** Coffee Break

**16:45-18:30** Advertisement and Reward Amots Dafni

**18:30-19:30** Buffet Research Centre Restaurant

**Lecture** **The First Meeting Room**

**19:30-21:30** 1. Bee Ecology and Evolution Nicolas J. Vereecken

2. Pollination and Conservation Nicolas J. Vereecken

**21:40** From Research Centre to the hotel

**April 1<sup>th</sup>, 2011**

**07:30-08:30** Breakfast Hotel Restaurant

**08:30-12:00** **Field course** Amots Dafni & Nicolas J. Vereecken

**Location will be noticed ahead of time**

1. Nectar studies
2. Pollen flow checking

**12:00-12:40** Buffet Research Centre Restaurant

**12:40** From Research Centre Restaurant to the hotel

**14:40** From hotel to the First Meeting Room

**Lecture** **The First Meeting Room**

**15:00-16:30** Pollinator Hunt Nicolas J. Vereecken

**16:30-16:45** Coffee Break

**16:45-18:30** Chemistry of Pollination - Why are Flowers Scented? Nicolas J. Vereecken

**18:30-19:30** Buffet Research Centre Restaurant

**Lecture** **The First Meeting Room**

**19:30-21:30** Chemical Mimicry and Deception - Cheaters and Liars. Nicolas J. Vereecken

**21:40** From Research Centre to the hotel

**April 2<sup>th</sup>, 2011**

**07:30-08:30** Breakfast Hotel Restaurant

**8:30-12:00** **Field course** Amots Dafni & Nicolas J. Vereecken

**Location will be noticed ahead of time**

Insects on flowers Lab/excursion

**12:00-12:40** Buffet Research Centre Restaurant

**12:40** From Research Centre Restaurant to the hotel

**14:40** From hotel to the First Meeting Room

**15:00-18:00** Group Discussion The First Meeting Room

**18:00** From Research Centre Restaurant to the hotel

**18:30-20:00** Farewell Dinner Hotel Restaurant

**April 3<sup>th</sup>, 2011**

**Field trip to Shorea forest**

**07:30-08:30** Breakfast Hotel Restaurant

**8:30** Take bus before the hotel gate to Shorea forest

**12:30-14:00** Lunch Mengla County

**14:00-16:00** Mengla County - JingHong Airport

# 第三届全国植物繁殖生态学学术研讨会

## 报告摘要集

## 二十一世纪传粉生态学的关键问题——介绍与讨论

黄双全

武汉大学生命科学学院， 武汉 430072

爱因斯坦曾认为：“提出新的问题、新的可能性，从新的角度去看旧的问题，需要创造性的想象力，标志着科学的真正进步。”（To raise new questions, new possibilities, to regard old questions from a new angle, requires creative imagination and marks real advances in science）。科学研究往往始于科学问题，提出好的科学问题意味着成功的开始。最近 *Journal of Pollination Ecology* 杂志编委会通过广泛征求专家意见，结合编委会成员的意见提出了二十一世纪传粉生态学中的关键科学问题。作为参加者之一，我乐意与国内学者讨论国际同行提出的近百个科学问题，以促进我国在传粉生态学又快又好地发展。介绍将从植物有性生殖、花粉和柱头生物学、非生物传粉、动物传粉的进化、“植物、传粉者与食花者”三维相互作用、传粉者行为、传粉者种类及组成变异、传粉者多样性的地理格局、传粉者丢失、生态系统中的传粉功能、传粉服务的管理与保护等方面展开。

# 欺骗性传粉系统中传粉者代价研究进展及展望

罗毅波<sup>1</sup>, 马晓开<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 中科院植物所系统与进化植物学国家重点实验室, 北京 100093

<sup>2</sup> 中国科学院研究生院, 北京 100049

欺骗性传粉系统的研究中, 人们更多地从植物的角度来探讨传粉者对植物的影响, 很少有从传粉者角度考虑植物对传粉者的作用。这种不对称的研究格局, 无疑不利于全面认识植物与传粉者之间的相互作用关系, 也不利于深入探讨欺骗性传粉的进化。从传粉者角度来看, 至少在性欺骗和产卵地欺骗传粉系统中植物可能对传粉者适合度造成不同程度的影响。而后者较前者更容易确定并定量评估传粉者的代价。在已报道的 2 种胡蜂性欺骗传粉系统中一种雄性胡蜂不直接在花上射精, 一种则直接在花上射精。在前一种情况下, 性欺骗传粉兰科植物对雌雄胡蜂都有负面影响。尽管兰科植物对雌雄胡蜂的影响模式有所不同, 但这种影响都是间接的影响, 是对交配机会的影响。虽然雄性胡蜂无法区分雌性胡蜂和性欺骗传粉兰科植物, 但在受骗后能学会避开性欺骗传粉兰科植物所在的斑块, 从而有可能降低该斑块中其它性欺骗传粉兰科植物个体的传粉成功。而在后一种直接射精的情况下, 性欺骗系统对胡蜂的影响却出乎意料地弱, 几乎没有影响。雄性胡蜂在性欺骗传粉兰科植物花上直接射精的代价是直接的, 因此选择会使传粉者避开兰花。但由于这种胡蜂是一种单倍二倍体(haplodiploid)物种, 其雌性个体在没有受精的情况下也能产生后代, 并且产生更多的雄性后代, 从而保证性欺骗传粉兰科植物在未来开花季节有足够的雄性个体(传粉者)为兰花传粉。在上诉 2 个案例研究中, 性欺骗传粉兰科植物对传粉者的影响主要是对其雄性功能的影响, 或对交配机会的影响。

在产卵地欺骗性传粉系统中, 雌性传粉者付出的代价是受精后的卵, 受精卵的损失对传粉者的适合度来说是一种直接的代价。受精卵的形成需要雌性传粉者投入时间和精力来完成卵形成, 与雄性交配受精以及产卵等各种行为。有研究表明蚜虫发出的警报性激素被一种火烧兰属 *Epipactis* 植物所模拟, 从而吸引一种食蚜蝇在其花上产卵并完成传粉过程。此外, 兰科植物中另一个具典型噬蚜虫食蚜蝇产卵地欺骗性传粉系统的植物是杓兰亚科 *Cypripedioideae* 兜兰属 *Paphiopedilum* 植物的一些种类。该属包括近 60 余种, 多数种类是由食蚜蝇类进行传粉。至少在 4 种兜兰属植物花的各种部位发现有雌性噬蚜虫食蚜蝇产的卵, 包括 *P. rothschidianum*、带叶兜兰 *P. hirsutissimum*、长瓣兜兰 *P. dianthum*

和紫纹兜兰 *P. purpuratum*。兜兰属植物唇瓣特化成囊状结构。囊状唇瓣上面或前面有一入口，传粉者或其它访问者由此进入唇瓣内腔。入口边缘表面十分光滑或有较宽的内折片使落入囊内的昆虫很难按原路逃逸，只能从唇瓣基部、退化雄蕊、雄蕊和柱头等部分组成的 2 条通道逃逸出来。理论上这种复杂的花部结构使得活动能力有限的食蚜蝇幼虫生存的可能性更小。根据目前的报道，Atwood(1984)在 *P. rothschildianum* 的一个假雄蕊上最多发现有 72 粒噬蚜虫食蚜蝇的卵；而根据我们在 2010 年的初步观测，在紫纹兜兰的花上，噬蚜虫食蚜蝇卵的数目从 1-30 粒不等(马晓开等，未发表数据)。一般来说，雌性噬蚜虫食蚜蝇可以在蚜虫克隆附近或其中一次产一粒卵，也可以产多粒卵。在前一种情况，噬蚜虫食蚜蝇的后代(幼虫)就只能依靠蚜虫克隆为食物来源；而在后一种情况，噬蚜虫食蚜蝇的幼虫可以取食同类的卵而生存。这就意味着在噬蚜虫食蚜蝇幼虫的个体水平，传粉者食蚜蝇付出的代价就有 2 种不同的结果，一种是雌性噬蚜虫食蚜蝇在一朵兜兰属植物的花上只产一粒卵，卵孵化后由于缺乏食物而死亡；另一种则是每朵花上产多粒卵，最先孵化出来的幼虫则可以取食同类的卵而存活。另一方面，雌性噬蚜虫食蚜蝇一般具有较强的飞行能力，可以在较大的范围产卵。如果在有产卵地欺骗性传粉系统的兜兰属植物存在的斑块或区域，传粉者后代由于被产在不合适地方而数量变少后，其他区域的雌性噬蚜虫食蚜蝇很容易迁飞进入该区域。而前面提到的单倍二倍体物种的繁殖系统机制在理论上很难在雌性噬蚜虫食蚜蝇传粉者和具产卵地欺骗性传粉系统的兜兰属植物之间存在，因为产在兜兰属植物的食蚜蝇传粉者后代是直接致死的。

目前有关欺骗性兰科植物传粉的研究结果表明，在欺骗性传粉兰科植物与传粉者相互作用过程中，既存在欺骗性兰科植物完全倚赖传粉者来完成自己的有性生殖，但传粉者本身并没有从欺骗性兰科植物得到任何益处，即欺骗性传粉兰科植物对传粉者适合度没有影响的一种极端情况，也存在欺骗性兰科植物对传粉者的精子有致死或部分致死的另一种极端情况。更为复杂的是，由于欺骗性兰科植物结实率受到花粉限制的严重影响，也就是受到传粉者访问频率严重限制，在这种情况下如果欺骗性兰科植物造成对传粉者致死的后果，那么反过来就有可能由于传粉者数量的减少而导致兰科植物本身有性生殖成功的潜在机会受到负面影响。但可以预测在欺骗性兰科植物传粉系统中，传粉者会采取某种策略来弥补为欺骗性兰科植物传粉付出的代价，使得两者之间保持稳定进化的关系。

**关键词：**性欺骗传粉系统；产卵地欺骗传粉系统；兜兰属；传粉者限制；稳定进化；



# 我国研究榕树与榕小蜂协同进化的进展

杨大荣

中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明, 650223

榕树 (figs) 是对榕属 (*Ficus*) 植物的总称, 隶属于荨麻目 (Urticales)、桑科 (Moraceae), 该属具特有的隐头花序 (syconium)。全世界现有 750 多种, 主要分布在热带和亚热带地区, 有部分种类可以延伸至温带地区。我国已报道 125 种和亚种, 占全世界榕树种类的 12.5%, 其中云南分布最多, 有 97 种, 占全国榕树种类的 76.3%。西双版纳热带地区是中国榕树种类最丰富的地区, 有 79 种及亚种和变种, 约占中国榕树总种数 2/3。榕树与传粉者 (属榕小蜂科 Agaonidae, 简称榕小蜂) 互惠共生体系是目前已知植物与昆虫协同进化研究的典型模式之一。它们的互惠共生关系始建于白垩纪早期, 经过了 8 千多万年的协同进化, 两者在形态特征、生理、发育节律等方面已经高度协调, 发展成一对一的关系。在漫长的协同进化史中, 二者在形态、生理、遗传、生态、物候及行为特征上发生了复杂的相互作用和进化适应。这种种间的相互作用已发展成了十分特殊的、一种榕树对一种榕小蜂的互惠共生高级阶段。榕—蜂共生体系已被公认为是研究种间关系、性比、亲缘选择、病毒进化、种群遗传等的良好模型。

国内外自 20 世纪 60 年代以来已经开展了大量的相关研究, 从不同方面探讨了在榕树-传粉者的专性互惠共生关系中所蕴含的各种与协同进化相关的科学问题。我国虽然是最早记载榕树和榕小蜂的两个国家之一 (埃及和中国), 早在 1500 多年前唐代的贾思勰著的《齐民要术·交州记》上就有记载和描述, 但研究它们之间相互关系则起步较晚。1989 年才出现零星的研究报道, 2000 年以后研究榕树与榕小蜂协同进化的报道开始逐年增多, 目前, 全国有 10 多个研究单位和学校对榕树和榕小蜂开展了研究及报道, 近十年先后在国内外发表学术论文 200 多篇; 已经收集了 80 多种榕树、80 多种传粉榕小蜂, 200 多种非传粉榕小蜂; 对 20 多种榕树和传粉榕小蜂开展了生物学、生态学、行为学、遗传学和榕树与榕小蜂化学信息交流机制等方面的综合研究; 已经对 10 多种榕树上的传粉和非传粉榕小蜂开展了行为学观察和实验; 特别是榕树传粉榕小蜂和欺骗性小蜂之间综合研究、非传粉小蜂向传粉榕小蜂进化机制研究、雌雄性榕树互相转化、榕果与传粉榕小蜂互相适应机制、非传粉榕小蜂与传粉榕小蜂生态位竞争、等等研究方面,

处在世界领先的水平。

**关键词：**榕树，榕小蜂，协同进化

## 薜荔物候与传粉小蜂隐存种分化

陈艳、赵睿、刘敏、陈小勇

华东师范大学资源与环境科学学院，上海 200062

榕及其传粉小蜂共生关系是专一性最强的种间关系之一，榕树只能依靠体型很小的榕小蜂进入其隐头花序(俗称榕果)为之传粉，产生种子；而传粉榕小蜂也只能在隐头花序的雌花中产卵，形成虫瘿，并以瘿花为其幼体唯一的栖息场所和食物来源。早期观点认为一种榕属植物一般只有一种对应的传粉小蜂，即“一对一规律”，近年来，分子标记揭示出榕属植物普遍存在隐存种现象。薜荔(*Ficus pumila*)是我国分布最北的榕属植物，广泛分布于我国亚热带地区。本文利用 mtDNA 和 nDNA 序列鉴别我国东部 40 余个地点薜荔传粉小蜂种类及其关系，定位研究了我国东部 4 个地点薜荔的繁殖物候，分析了传粉小蜂分化与物候的关系。

# 榕果雌花期榕小蜂传粉及繁殖的特征

彭艳琼<sup>1</sup>, 张媛<sup>1,2</sup>, 刘聪<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223

<sup>2</sup>中国科学院研究生院, 北京 100049

雌花期榕果和传粉榕小蜂成功相遇是保证它们成功繁殖的先决条件, 榕果发育到雌花期, 开放的雌花将释放出专一性的化学信息, 吸引其传粉榕小蜂前来传粉, 如缺乏传粉者, 榕果吸引、接收传粉榕小蜂的时间能延长几天或数周。在西双版纳热带植物园里, 我们在鸡嗉果和对叶榕上开展了控制性引入传粉榕小蜂的实验, 结果表明: 在引入传粉榕小蜂的情况下, 雌花期 1-4 天便结束, 而且引入单果的蜂越多, 雌花期结束越快; 在缺乏传粉榕小蜂时, 榕果的雌花期可延长 5 天至 2 个星期, 但随着榕果雌花期的延长, 榕果落果率增加, 着陆榕果表面的传粉榕小蜂搜寻和进入苞片通道的时间变长。在榕小蜂传粉或产卵的果里, 随雌花期延长, 榕小蜂发育死亡率增加, 最终繁殖的种子和榕小蜂数量也随雌花期延长而减少。在此基础上, 我们进一步研究随雌花期延长, 榕树种子及传粉榕小蜂繁殖成功减少的机制, 通过测量雌花期榕果苞片通道的厚度以及夹死在苞片中和进入果腔内的传粉榕小蜂个体大小, 我们发现: 随雌花期延长, 苞片通道逐渐变紧, 个体较大的榕小蜂被夹死在苞片中的几率增加, 而进入果腔内的传粉榕小蜂个体逐渐减小。我们也测量了不同大小传粉榕小蜂的个体大小与孕卵量之间的关系, 结果显示: 个体大的传粉榕小蜂孕育着更多的卵, 可繁殖更多的后代。这从传粉榕小蜂的角度解释了为什么随雌花期延长, 榕果繁殖的后代数量呈减少趋势, 对于为什么种子的繁殖量也逐渐减少? 我们将比较是否个体较小的传粉榕小蜂携带着较少的花粉量, 以及测验是否随雌花期延长, 雌花柱头的接受性减弱, 花粉管萌发不良。最后揭示榕树和传粉榕小蜂繁殖成功随雌花期变化的规律和机制。

# 芸香 (*Ruta graveolens* L.) 雄蕊级联运动的传粉适应意义

唐静宇, 任明迅\*

中国科学院武汉植物园, 武汉 430074

花内雄蕊逐一、依次进行自主运动的现象在芸香科、梅花草科、旱金莲科、刺莲花科等植物中被发现。我们在芸香科的芸香 (*Ruta graveolens* L.) 中对这种雄蕊级联运动现象的传粉适应过程开展了实验研究。

芸香每个聚伞花序的顶生花较大, 为花瓣 5、雄蕊 10 的五数花, 其余花较小, 是花瓣 4、雄蕊 8 的四数花。开花初期, 每朵花的雄蕊花丝呈水平或反折, 将花药藏于凹折的花瓣内。其中一枚对萼雄蕊率先运动, 其花丝逐渐挺直, 带动花药慢慢到达花中间 (约 15 min); 花药在花中央散粉约持续 150-200 min, 之后再缓慢返回到花外侧 (约 10-40 min)。其间, 下一个雄蕊 (通常是对萼和对瓣雄蕊交错运动) 将开始类似的运动 (开始运动的时间大约是前一个雄蕊到达花中央 20 min 左右)。各个雄蕊如此逐一依次运动、散粉、返回运动之后, 在最后一个雄蕊运动到花中央时, 雌蕊开始伸长, 并慢慢分泌粘液、柱头分叉。在中国北京和武汉等地, 芸香的传粉昆虫主要是蜜蜂、遂蜂、食蚜蝇以及胡蜂类。

我们用与花瓣同色的细绳系住花丝, 使雄蕊不能运动到花中央, 比较这种状态下散粉情况与正常的运动到花中央的花散粉情况的异同。结果发现, 这种固定花丝、使花药一直处于花外的处理使该雄蕊的花药散粉量明显下降。这可能是由于雄蕊花药停留在花外围, 难以接触到传粉者造成的。这说明, 雄蕊运动到花中央散粉是适应传粉昆虫行为的一种适应。

我们还固定了已运动到花中央散粉完毕的雄蕊, 使之不能返回到花外围, 然后研究后一个运动到花中央的雄蕊散粉情况。结果发现, 前一个雄蕊停留在花中央, 干扰了传粉昆虫的运动和花粉采集, 造成了后一个雄蕊散粉量的显著下降。这说明, 雄蕊依次运动、前一个返回后下一个雄蕊才运动到花中央的现象是分发花粉提高传粉效率、降低雄蕊与雄蕊之间干扰 (尤其是已散粉雄蕊对即将散粉雄蕊的干扰) 的一种适应。

芸香的五数花和四数花不仅在花序上的位置不同、雄蕊数量不同, 而且在胚珠数量、花粉散布与花粉接受等方面也有不同。自然条件下, 五数花开花最早, 结实率高达 90% 左右; 而四数花开花较晚, 且结实率较低, 不到 60%。而在花粉散布方面, 四数花 95%

的花粉均能被传粉昆虫移走，而在五数花中仅为 77%。这些结果表明，同一花序上的这两种花，在雌雄功能上有可能发生了分化：先开的五数花更多地行使雌性功能——种子生产；而后开的四数花主要进行散粉，以实现两性花的雄性功能。这与前人理论模型研究结果相一致。

**关键词：**雄蕊运动，传粉，花基数，进化适应

## 次级花粉展示植物——长柱山丹（茜草科）的繁殖生态学研究

林华<sup>1</sup>，范旭丽<sup>1</sup>，陈玲玲<sup>1,2</sup>，高江云<sup>1</sup>，周翔<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园，云南 666303

<sup>2</sup> 中科院研究生院，北京 100049

茜草科长柱山丹属植物仅两种，分布在我国南部、印度和中南半岛。我国仅长柱山丹 (*Duperrea pavettifolia*) 一种，分布于云南、海南和广西，是一味常用的傣药。长柱山丹具有典型的龙船花式次级花粉展示特征。本研究结果表明：长柱山丹为聚伞花序，小花数从 10 到 80 朵不等。花白色，具香气和花蜜，花序内小花的开花时间没有规律。单花花期为 5-6 天，花序花期为 8-9 天。雄性先熟，花开放 24 小时后花粉活力显著下降，柱头缝合线逐渐裂开，此处的乳突细胞开始成熟。柱头的可授区仅限于柱头顶部和缝合线。自花花粉管萌发与异花花粉管萌发速率没有显著差异，但是自交结果率显著低于异交结果率，存在严重的自交衰退。观察到的有效传粉者为一种无刺蜂，访花昆虫为蝇类、蚂蚁，偶见蝴蝶。虽然长柱山丹的这种繁殖特性能增大花粉展示面积，减少自花受精，但是却很难避免同株异花授粉。由于存在自交衰退，也很容易造成胚珠贴现。因此，长柱山丹次级花粉展示的适应意义还有待进一步研究。

# 性多态物种色木槭的性别表达和交配模式

商辉, 孙阳纳, 罗毅波, 白伟宁

中国科学院植物研究所系统与进化植物学重点实验室, 北京 100093

多样化的性系统的起源与维持一直是植物进化生物学中最迷人的问题之一。在性多态物种中, 如二型花柱和雌雄异型异熟, 交配型的维持被认为是通过非选型交配的负频率依赖选择来实现的。我们采用微卫星分子标记为基础的亲本分析方法, 同时结合野外物候和传粉观察, 对性多态物种色木槭的性系统进行研究, 推测其可能的进化途径和维持机制。初步结果为: 1) 表型上, 种群内个体可分为二重雌雄异型异熟(duodichogamy)、雌性先熟、雄性先熟和雄株。除雌性先熟的性别较为稳定外, 其他三种类型在年际间可发生转换。2) 开花物候上, 与雌雄异型异熟物种不同, 色木槭种群水平共有三个明显的开花高峰。3) 没有表现明显的非选型交配模式(disassortative mating), 型间交配比例(37.1%)远低于型内交配比例(62.9%), 存在一定比例的自交(8.7%), 并且交配模式主要受空间距离的影响。4) 四个交配型的相对雄性适合度没有显著性差异, 但雌性先熟个体的果实重量显著高于另外两个交配型。色木槭的性系统不属于典型的雌雄异型异熟, 其性多态系统的维持, 也不是由非选型交配的负频率依赖选择来实现的, 而可能是多变的开花物候和部分个体的性别表型可塑性共同作用的结果。

**关键词:** 色木槭; 性多态; 交配模式; 非选型交配; 性别转换

## 克隆植物草乌侧生花序结实的花粉和资源限制

戈星月, 卢函姝, 徐冰, 廖万金, 张大勇

生物多样性与生态工程教育部重点实验室, 北京师范大学生命科学学院 100875

花粉和资源限制是导致开花植物种子产量低的两个主要原因, 并与植物的雌性和雄性适合度紧密相关。先前的研究很少涉及克隆植物的花粉和资源限制, 没有将克隆生长习性和花粉以及资源限制结合起来探讨克隆植物的适合度。本文拟探究密集型克隆植物草乌 (*Aconitum kusnezoffii*) 侧生花序很少结实的原因。我们在自然生长的草乌种群中, 进行了侧生花序人工授粉, 去除顶生花序, 去除顶生及其它侧生花序以及交叉处理实验。与对照组相比, 人工去雄授异交花粉的处理组坐果率 (fruit set) 有所增加 ( $p = 0.011$ ), 结籽率 (seed set) 没有变化 ( $p = 0.923$ ), 每朵花的结籽率 (seed set per flower) 也没有变化 ( $p = 0.051$ )。去除顶生花序处理组虽然侧生花序坐果率没有变化 ( $p = 0.110$ ), 但每朵花的结籽率显著提高 ( $p=0.009$ ) 去除顶生及其余侧生花序结籽率提高最为显著 ( $p = 0.000$ ), 其每朵花的结籽率也显著提高 ( $p = 0.000$ )。并且与对照组相比, 去除顶生花序后, 侧生花大小显著增加, 在此基础上去除其余侧生花序增加更加显著。这说明草乌侧生花序结实较少并不是由花粉限制造成的, 而是受到了资源水平的限制。原本用于顶生花序结实的资源节省下来, 能转移到侧生花序上, 供其结实所用。有限的资源供给顶生花序结实, 而侧生花序很可能更倾向于行使雄性功能, 即花粉的输出, 而非产生种子, 从而造成草乌侧生花序很少结实或不结实。

# 兰科槽舌兰属传粉系统变化

金效华

中国科学院植物研究所，北京 100093

槽舌兰属(*Holcoglossum* Schltr)为兰科树兰亚科万代兰族，为附生兰科植物，13种，主要分布在亚洲热带和横断山地区。通过野外观察，结合分子系统学研究，我们发现槽舌兰属的原始传粉系统为蜜蜂传粉系统（图1），这与花的传粉综合特征相符合，从蜜蜂传粉系统演化出两种不同传粉系统：自花传粉系统和甲虫传粉系统。自花传粉系统在槽舌兰属植物单独演化2次，而且自花传粉机制非常相似；甲虫传粉系统演化出了一次（滇西槽舌兰，*H. rupestre*）。

The strict consensus tree of 2054 most parsimonious trees (Length = 897, CI = 0.816, and RI = 0.814) based on the analysis of combined datasets of ITS, trnL-F and matK. Posterior probabilities > 50% are above branches, and bootstrap proportions > 50% are below branches.

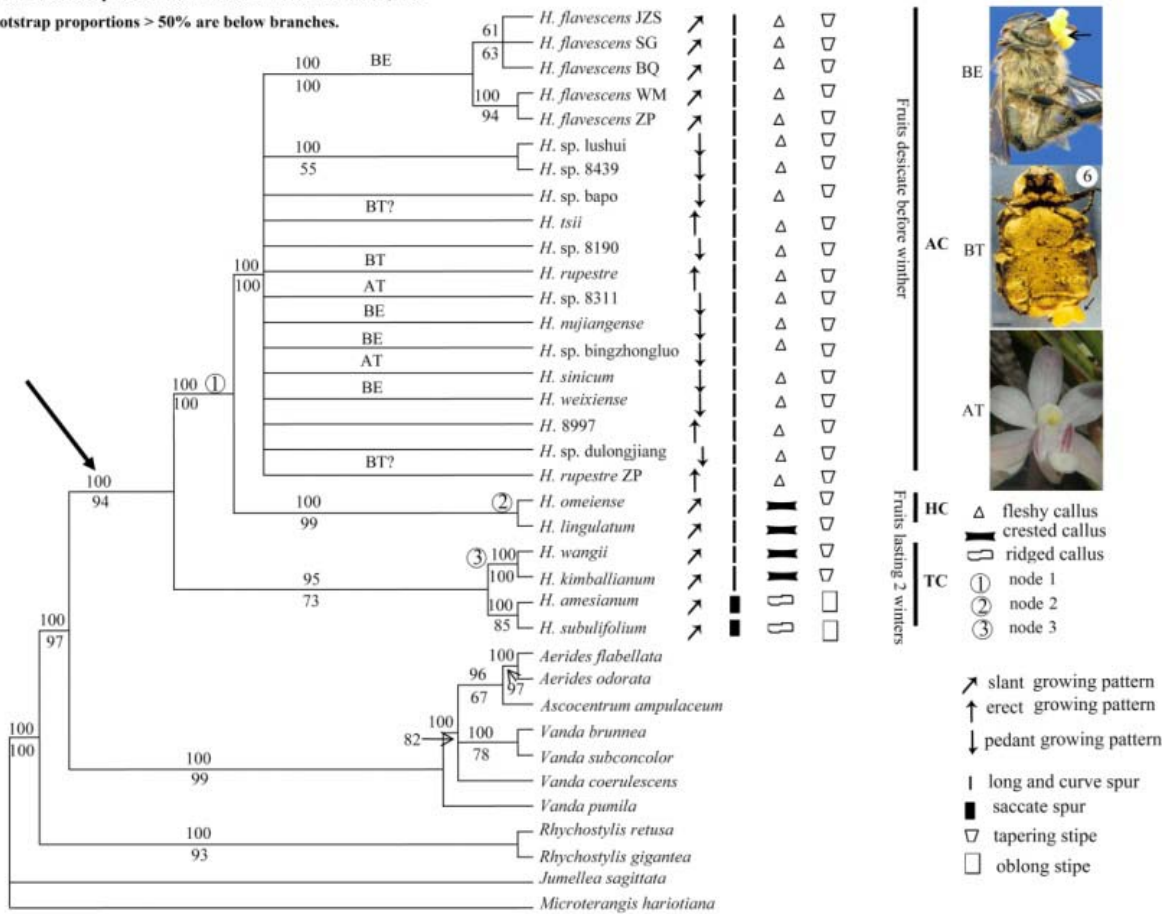


Figure 1. Pollination systems of *Holcoglossum*



## Reproductive isolation of two sympatric orchids

孙海芹

中国科学院植物研究所, 北京 100093

**Abstract:** Increasing evidence challenges the conventional perception that orchids are the most distinct example of floral diversification due to floral or prezygotic isolation. Here, floral isolation between the rewarding orchid *Galearis diantha* and the non-rewarding orchid *Ponerorchis chusua* were investigated. The results showed that the species had overlapping peak flowering periods. Pollinators of both species displayed a certain degree of constancy in visiting each species, but they also visited other flowers before landing on the focal orchids. A substantial difference in spur size between the species resulted in the deposition of pollen on different regions of the body of the shared pollinator. Hand-pollination experiments revealed that fruit set was strongly pollinator-limited in both species. We concluded that a combination of mechanical isolation and incomplete ethological isolation eliminates the possibility of pollen transfer between the species.

## 雨媒：一种真实存在的传粉方式吗？

高江云

中国科学院西双版纳热带植物园，云南勐腊 666303

对于有花植物来说，花粉在花药和柱头之间的成功传递是有性繁殖过程中最重要的环节。传递花粉的媒介可以是无生命的如风或水，也可以是有生命的各种动物。在无生命的媒介中，风媒（*anemophily*）非常普遍，大约在 18% 的被子植物科中都有发现；水媒（*hydrophily*）指通过水流（潮汐）来传递花粉，主要见于一些水生植物中。在早先的文献中，Hagerup（1950）报道了在法罗群岛雨水作为传粉媒介对几种典型的虫媒植物传粉的观察，包括毛茛科毛茛属（*Ranunculus*）几种植物、驴蹄草（*Caltha palustris*）和 1 种百合科植物 *Narthecium ossifragum*，这些植物的花杯状、直立，下雨时保持开放的花内能够蓄积一定量的雨水，花粉被雨水冲刷到水面，漂浮到达位于水面的柱头而实现自花传粉。由此，“雨媒（*ombrophily, pollination by rain splash*）”也作为一种传粉方式被记录和广泛的提及，并被认为是由于传粉昆虫缺乏而产生的一种繁殖保障机制。

然而，普遍的观点认为，雨水对于虫媒植物的传粉是非常不利的，这不仅仅表现在雨水能冲走花粉，稀释花蜜，减少传粉者的访花，同时，雨水可能对花瓣、雌蕊、雄蕊等花部器官造成破坏，妨碍花粉在柱头上的萌发，更致命的危害则是很多被子植物的花粉在开花后需要经历一个脱水（*dehydration*）和再水合（*rehydration*）的过程，以应对传粉过程中的不利环境，对于花粉不耐水的植物，雨水会让花粉发生致命的爆裂。Darwin（1876）认为花的结构具有保护花粉不被雨水破坏的功能。Mao & Huang（2009）在对 80 种随机选择的被子植物的调查中发现，水对大多数种类的花粉具有破坏作用，仅有不足 1/4 的种类其花粉具有相对较高的耐水性，而花部结构对花粉是否具有保护和花粉的耐水性密切相关，这也验证了花结构具有保护花粉不被雨水破坏的功能，雨作为重要的进化选择力量使大多数物进化出了防止花粉接触雨水的花部结构。

一些学者对“雨媒”这一传粉形式的真实性也提出了质疑。相关于 Hagerup（1950）所报道的几种“雨媒”植物，此后对毛茛属植物不同种类的大量研究并没有任何关于雨水传粉的报道，驴蹄草为自交不亲和植物，雨水自花传粉产生繁殖保障也就无从谈起；而对 *Narthecium ossifragum* 的研究更是得出了与 Hagerup 完全相反的结论，其为自动自交传粉，雨水对其花粉有很大的破坏作用，60-70% 的花粉在水中爆裂，雨水传粉并不存在。

黑胡椒 (*Piper nigrum*) 是最早被认为雨水对其有传粉作用的植物, 然而, 对其重新的研究发现雨水对黑胡椒并没有实质性的传粉作用, 其具有自交和无融合生殖 (apomixis) 的繁育系统; 对同属其他植物的大量研究也没有发现雨水传粉的现象。自然界是否存在真正意义上的雨媒植物? 雨媒传粉有着怎样的适应性和进化意义?

## 多花脆兰雨水自交传粉机制的研究

范旭丽<sup>1</sup>, 林华<sup>1</sup>, 周翔<sup>1</sup>, 陈玲玲<sup>1,2</sup>, 高江云<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 666303

<sup>2</sup> 中科院研究生院, 北京 100049

多花脆兰 (*Acampe rigida*) 具有典型的虫媒欺骗传粉的花部特征, 如花瓣黄色具艳丽的紫褐色条纹, 有香味, 但没有花蜜或其他回报物等。研究表明, 其野外昆虫的访花频率极低, 但不同地点的自然结果率都很高, 可达 66%。我们通过摄像记录了雨滴为其传粉的奇特过程: 其花序直立, 所有花都向上开放, 雨滴打击使药帽弹开, 暴露出花粉块, 其粘盘卡在蕊喙下方, 粘盘柄具有伸缩性, 这样使得粘盘、粘盘柄和花粉团就组成了类似链球一样的结构, 在雨滴的再次打击下, 花粉团向上弹起, 由于粘盘固定, 粘盘柄的伸缩作用使花粉团翻绕 270 度, 越过蕊喙, 直接落入柱头窝, 完成了自花传粉。雨后的调查发现花粉块的移除率和沉降率分别高达 72% 和 60% ( $N=101$ ); 对野外 17 个不同地点 95 个花序人工遮雨处理, 平均结果率仅为  $3.47 \pm 0.78\%$  ( $\text{mean} \pm \text{SE}, N=95$ ), 极显著低于同期对照的自然结果率  $24.88 \pm 1.37\%$  ( $N=141$ ), 这表明雨水传粉对多花脆兰的结实起着重要的作用。这种雨水传粉机制不同于兰科植物中其他已知的自交机制, 多花脆兰是真正意义上的雨媒植物。

# Effects of Nectar Production and Pollinator Assembly on Mating Patterns in Orchids

Pengjuan Zu

Uppsala University, Sweden

Pollinator visitation patterns should affect pollination success and mating patterns in flowering species. In the orchid family, about one third of the species do not provide any reward for their pollinators. Pollination by deceit is typically associated with low fruit set but may increase the chance of cross-pollination since the pollinator should soon leave the individual plant when there is no reward in the flowers. This may be beneficial if self-fertilisation results in inbreeding depression. I studied the mating patterns of one rewarding and one deceptive orchid in two closely related genera by tracking the fate of stained pollinia. The results show that the deceptive orchid *Dactylorhiza lapponica* has lower pollination success, but higher cross-pollination rate (ca. 90%) than the nectariferous orchid *Gymnadenia conopsea* (ca. 18% outcross-pollination). The results further suggest that in *G. conopsea*, nocturnal visitors mediate a higher geitonogamous pollination rate (ca. 100%) than diurnal visitors (ca. 60%). In both study species, fruits produced from cross-pollination were heavier than fruits produced from selfing. Inbreeding depression for fruit mass did not differ significantly between the two species ( $\delta = 0.21$  in *D. lapponica* and  $\delta = 0.29$  in *G. conopsea*). A literature review with available data suggests that deceptive orchids show neither significantly higher cross-pollination rate nor greater inbreeding depression compared with rewarding ones in general.

# 小叶兜兰和紫纹兜兰欺骗性传粉机制的初步研究

马晓开<sup>1,2</sup>，罗毅波<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中科院植物所系统与进化植物学国家重点实验室，北京 100093；

<sup>2</sup> 中国科学院研究生院，北京 100049

约三分之一的兰科植物在实现其有性繁殖成功 (sexual reproductive success) 过程中并不为传粉者提供任何形式的报酬 (reward)，而是通过欺骗 (deception) 的手段来吸引传粉者。主要包括性欺骗 (sexual deception)、产卵地欺骗 (brood-site mimicry)、食源性欺骗 (food deception) 及猎物欺骗 (prey mimicry) 等四类。欺骗性传粉兰科植物在进化过程中由于丧失了真正报酬物 (reward) (如，花粉、花蜜) 对传粉者的吸引作用，而又发展出各种特化的非报酬机制来吸引传粉者，这种非报酬吸引机制的有效性就成为欺骗性传粉兰科植物繁殖成功的先决条件。而花颜色 (color) 和气味 (odor) 对传粉者的特化吸引作用就是实现这种有效性的必然途径。兜兰属 (*Paphiopedilum*) 近 60 余种植物中，大多数种类是由食蚜蝇类进行传粉，食蚜蝇类传粉的兜兰有食源性欺骗和产卵地欺骗两类，且主要集中于兜兰亚属 (Subgenus *Paphiopedilum*)，从整个兜兰亚属的系统发育上来看，处于兜兰亚属基部类群的种类多以食源性欺骗为主要方式，而较进化类群的种类多以产卵地欺骗为主要方式。对这两类传粉机制，特别是花气味和颜色吸引传粉者机制的深入研究，对整个兜兰亚属乃至整个兜兰属植物特化传粉机制的进化的探讨意义重大。

小叶兜兰 (*Paphiopedilum barbigerum*) 和紫纹兜兰 (*P. purpuratum*) 都隶属兰科 (Orchidaceae)，杓兰亚科 (Cypripedioideae Lindl.)，兜兰属，兜兰亚属。前人研究表明小叶兜兰的主要传粉者为雌性黑带食蚜蝇 (*Epistrophe balteatus*)，紫纹兜兰的主要传粉者为雌性和雄性短刺刺腿食蚜蝇 (*Ischiodon scutellaris*)。为了深入探讨其特化传粉系统的差异，在 2010 年 9 月和 12 月分别对贵州茂兰地区的小叶兜兰居群和广东惠州地区的紫纹兜兰居群的花气味和花颜色反射率进行了收集分析，并对紫纹兜兰居群花上传粉者产卵数目进行统计。

花气味 GC-MS 分析表明小叶兜兰花气味成分主要为醛类、烷烃类及苯类等 8 种化合物；紫纹兜兰花气味成分主要有包括醛酮类、烷烃类、烯醇类、苯类等 50 多种化合物。紫纹兜兰与蚜虫群落的共同气味成分有 4 种，与雌性食蚜蝇的共同气味成分有 13

种。花部反射率测量表明，小叶兜兰主要反射 560nm 波长范围左右的黄绿光和 360nm 波长范围左右的 UV 光。其花朵中央部位的假雄蕊及唇瓣外围边缘和蕊柱组成的圆形区域的反射率最强（对 UV 的反射率可达 60%，对可见光的反射率可达 80%），小叶兜兰此部位在可见光区的反射率曲线与其同域分布的其他 6 种植物的花中部区域的雌雄蕊群部位的反射率曲线吻合，而此部位在紫外区反射率则大大高于其他 6 种植物的花中部区域的雌雄蕊群部位的反射率。紫纹兜兰的唇瓣和花瓣的瘤点区域的反射率曲线和同域分布的蚜虫斑块的反射率曲线较吻合；其蕊柱的斑纹配合了蕊柱的立体结构，形成了类似雌性食蚜蝇的触角、头、胸、腹以及翅膀的整体雌性食蚜蝇形象。反射率测量表明，蕊柱柄两侧的黄色花粉块与雌性食蚜蝇胸部两侧的黄斑的反射率曲线相吻合，假雄蕊基部中央和雌蝇腹背斑块的反射率曲线较吻合。对于紫纹兜兰的居群中花上食蚜蝇产卵数目进行统计表明，在所统计的 7 个种群斑块的 18 朵花中总的虫卵数目达到 66 枚，平均每朵花  $3.67 \pm 6.91$  枚。其中唇瓣内部落置的食蚜蝇卵的数目最多 ( $2 \pm 4.59$  枚)，其次是唇瓣外部 ( $1 \pm 1.64$  枚)，再者是花瓣 ( $0.33 \pm 0.59$  枚)，假雄蕊 ( $0.06 \pm 0.24$  枚)，还有其他部位 ( $0.28 \pm 0.96$  枚)。随着种群斑块中花朵数目的增加，其花上落置的食蚜蝇卵的平均数目也成增加趋势 ( $y = 3.107\ln(x) + 1.409$ ,  $R^2 = 0.687$ ,  $P < 0.05$ )。

以上结果表明小叶兜兰可能通过香甜的花气味吸引食蚜蝇，要具体确定哪种成分起作用尚需进一步的 GC-EAD 反应实验及花气味成分的野外验证实验。而其假雄蕊与唇瓣外围边缘和蕊柱组成的圆形区域与同域分布的六种植物的花中部区域的雌雄蕊群的反射率只在可见光区域都反射波长 560nm 左右的黄绿光，但圆形区域又例外的反射波长在 360nm 左右的 UV 光，这是一种颜色的食源性模拟还是小叶兜兰利用食蚜蝇对颜色的天生喜好来欺骗并吸引食蚜蝇尚无法得出定论。对于紫纹兜兰，其花气味与蚜虫具有共同成分，与雌性食蚜蝇亦具有共同成分，但要确定是否食蚜蝇对其共同成分起反应还需进一步的 GC-EAD 反应实验及花气味成分的野外验证实验。花各部颜色与蚜虫斑块及雌性食蚜蝇体表反射率的相似，暗示紫纹兜兰可能模拟蚜虫斑块和雌性食蚜蝇特征来吸引雌性及雄性短刺刺腿食蚜蝇来访。紫纹兜兰花上有传粉者产卵，并且卵会因为孵出后不能获得寄主食物而死亡，说明紫纹兜兰的繁殖成功是要传粉者付出一定代价（即繁殖代价 reproductive cost）的，居群中不同斑块中兜兰花上卵数目的统计初步表明随着紫纹兜兰种群斑块增大其繁殖代价（传粉者卵的死亡数目）也增大。有观点认为植物对其传粉者有害被认为是一种进化的不稳定现象，这是否成为限制紫纹兜兰种群扩大的一种原因，以及紫纹兜兰是怎样实现其繁殖保障（reproductive assurance）等问题，还有待以后

的人工实验及进一步的野外统计工作。

**关键词：**小叶兜兰，紫纹兜兰，欺骗性传粉，食源性欺骗，产卵地欺骗，花气味，花颜色，花部反射率，GC-MS，GC-EAD，繁殖代价，繁殖保障

# 啮齿类动物埋藏种子行为研究新进展： 种子性状影响、分层决策和模型解释

王博、陈进、叶成曦

中国科学院西双版纳热带植物园，云南省勐腊县，666303

本报告将报道我们在云南滇西北过去 5 年研究啮齿类动物埋藏种子行为的进展。我们发明了一种人工种子研究系统，利用该系统我们可以清晰地了解种子性状（种子大小、营养和单宁含量）对啮齿类动物埋藏行为的影响，该部分研究结果已经公开发表。同时，我们假设，啮齿类动物埋藏种子的过程是一个主要包括四个步骤的多步骤过程，不同的种子性状对不同步骤影响可能不同。我们用三种模型：线性模型、折线模型和抛物线模型去检验上述三个性状对不同步骤的适合度。结果表明，啮齿类动物埋藏种子行为确实是一个分层决策的过程，不同种子性状对各步骤的影响不同；不同模型对各个步骤解释的适合度不同。研究结果有助于人们更好理解啮齿类动物埋藏种子这一重要的生态过程。



# 中国喜马拉雅地区两种高山姜科植物的繁殖生物学研究：

## 传粉综合症和花部补偿机制

张志强

中国科学院昆明植物研究所，

生物多样性和生物地理学重点实验室，昆明 650204

日趋剧烈的全球变化，威胁着植物的生存环境和传粉昆虫，因此对生物多样性热点特区的特有植物进行繁殖生物学研究非常迫切和必要。象牙参是喜马拉雅地区——全球生物多样性热点地区之一——特有的高山姜科植物。该属植物花形态与兰花相似，并且具有长度花冠管，表明它们可能由长喙昆虫进行传粉。然而，我们对该属植物的繁殖生物学知识知之甚少。我们在中国西南横断山区对两种象牙参植物的繁殖生物学进行了详细研究。实验结果表明，该两种植物的花都为自交亲合，结实依赖传粉者进化授粉。四年的野外观察并没有发现与花形态匹配的长喙传粉昆虫，主要观察到的传粉者是采集花粉的短喙蜜蜂。姜科植物花特性之一是花寿命短，而象牙参单花寿命为一周左右。通过操控实验我们发现长度花寿命有助于它们的提高结实率。我们推测，象牙参原始传粉昆虫可能在中国喜马拉雅地区消失了，导致它们之间的互利共生关系崩溃了。然而，长的花寿命、自交亲合的交配系统等花部特征和泛化传粉者的存在使的该属植物仍然可以取得一定程度的繁殖成功，保证了它们得以在中国喜马拉雅地区继续生存。

**关键词：**生物多样性热点地区；花部特征；保护；喜马拉雅；植物与传粉者相互关系

# 高山植物小丛红景天交配系统和传粉生物学研究

朱琳

北京师范大学生命科学学院，北京 100875

小丛红景天 (*Rhodiola dumulosa* (Crassulaceae)) 是一种多年生的，生境天然片段化的高山草本植物。采用野外传粉观察、等位酶电泳检测和花粉管萌发实验的方法，对不同海拔和种群大小的 8 个小丛红景天种群交配系统和传粉生物学之间的关系以及各种环境因子的影响作用进行了研究。结果表明：(1) 小丛红景天以异交为主、自交亲和的交配系统类型，多位点异交率  $t_m$  为  $0.589 \pm 0.078 \sim 0.846 \pm 0.077$ ，近交系数 (F) 为 0，说明小丛红景天种群存在着严重的近交衰退；(2) 主要的有效传粉者为火红熊蜂 (*Bombus pyrosoma*) 和长尾管蚜蝇 (*Eristalis tenax*)，光照强度和温度影响着传粉者访花频率；(3) 种群大小对小丛红景天的交配系统和传粉生物学都有影响。传粉在一定程度上影响着交配系统。保持大种群来防止进一步的近交、为传粉者提供良好的传粉条件对延续小丛红景天种群来说非常重要。

# 中国西南横断山区冰缘带植物繁殖特征初探

彭德力<sup>1,2</sup>，张志强<sup>2</sup>，徐波<sup>2</sup>，李志敏<sup>1</sup>，孙航<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 云南师范大学生命科学学院，云南 昆明 650092；

<sup>2</sup> 中国科学院昆明植物研究所生物多样性与生物地理学重点实验室，  
云南 昆明 650204

高山流石滩或冰缘带植物区系是（同一区域）海拔最高的陆地生态系统。该植被带所处的气候条件极端恶劣（低的大气压强、低温、强风、强紫外线和较短的生长季），然而分布在中国西南横断山区的高山流石滩植物是世界上同类生境中最为丰富的，特别是拥有非常丰富的特化类群。植物在极端环境下的核心适应机制是繁育系统，但是，到目前为止，对高山冰缘带植物繁殖特征的研究基本上处于空白。该论文统计分析了分布在高山冰缘带的 41 科，133 属，823 种被子植物的繁殖结构和生活型特征，结果表明：

（1）在生活型上：草本占 91%，灌木占 9%，而且草本植物中绝大部分是多年生；（2）在果实的类型上：干果的比例高达 98.5%（蒴果占的比例高达 50.3%），而肉果仅占 1.5%；（3）在花和花序结构特征上：拥有花序的植物占 65%，不具有花序的植物占 35%；大花植物占 43.9%，中花植物占 24.7%，小花植物占 31.4%；紫色-蓝色花的植物占 42.6%，黄色花的植物占 29.9%，白色花的植物占 18.1%，粉色-红色花的植物占 9.4%；中期开花的植物占 75.8%，早花植物占 22.9%，晚花植物占 1.3%；具辐射对称花的植物占 77.8%，两侧对称花的植物占 22.2%；开放花的植物占 58.6%，筒状花的植物占 41.4%；花朝上的植物占 78.7%，水平的占 9.2%，朝下的占 12.1%；（4）在性系统上：雌雄同体植物占 88.5%，雌雄异株植物占 5.5%，雌雄同株异花植物占 6.0%，雌雄同体植物的比例显著高于森林和草原等生态系统，而且三种性系统与植物繁殖和生态特征联系紧密。我们的结果揭示了冰缘带植物区系或生态系统的繁殖结构特征，为深入研究该区域植物适应恶劣的生存环境的繁殖机制和生态学特性提供了基础资料。

# 准噶尔鸢尾蒜花柱长度连续变化及其生态适应意义

贾 静, 谭敦炎 \*

新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆草地资源与生态重点实验室及西部干旱荒漠区草地资源与生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830052

准噶尔鸢尾蒜 (*Ixiolirion songaricum*) 是生长在新疆北部荒漠和荒漠草原的石蒜科鸢尾蒜属多年生早春短命植物。本研究结合野外调查和控制性试验, 对该物种自然居群植株间花柱长度的变化及其柱头-花药分离对繁殖特性的影响进行了研究。在所调查的准噶尔鸢尾蒜 18 个自然居群中, 植株上所有花的花柱长度在长、短雄蕊间是一定的, 不存在柱头探出式或柱头缩入式雌雄异位, 但植株间花柱长度不同且呈连续变化, 并且不同植株的花柱长度不受资源限制的影响。根据不同植株上花中柱头的空间位置不同, 可将居群中的植株分为具分别与长、短雄蕊花药近等高的柱头的花、柱头与长/短雄蕊花药的距离近相等的花以及柱头与长/短雄蕊花药的距离介于上述二者之间的花三类, 其在居群中所占比例分别为  $12.95 \pm 5.82\%$ 、 $51.33 \pm 8.52\%$  和  $35.72 \pm 4.24\%$ , 说明居群中柱头分别与长、短雄蕊花药分离越小的植株所占比例越小, 分离越大的植株所占比例越大。准噶尔鸢尾蒜具有自动自交能力, 且具兼性异交繁育系统, 柱头-花药分离越小的花自交干扰越大, 异交机会越少, 而柱头-花药分离越大的花的自交干扰越小, 异交机会越多。准噶尔鸢尾蒜花柱长度连续变化是对其开花季节不可预测荒漠环境的适应: 在传粉者稀少的不利天气里, 柱头-花药分离较小的花可通过自动自交为其提供繁殖保障, 而在传粉者较多的良好天气里, 柱头-花药分离较大的花有利于异交的进行。由于柱头-花药分离较大的植株在自然居群中所占比例较大, 因此, 整个居群倾向于异交。

**关键词:** Amaryllidaceae, *Ixiolirion songaricum*, 雌雄异位, 花柱长度连续变化, 柱头-花药分离, 自交, 异交, 繁殖保障, 生态适应

# 入侵植物黄花刺茄在新疆不同生境中的传粉和结实特性

地里努尔·沙里木, 谭敦炎 \*

新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆草地资源与生态重点实验室及西部干旱荒漠区草地资源与生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830052

外来植物的入侵能力与其繁殖生物学特性间的关系是入侵生态学中的基本问题之一。黄花刺茄(*Solanum rostratum* Dunal.)原产新热带区和美国西南部,是一种已在全球许多国家蔓延的茄科一年生恶性入侵杂草,在我国吉林、辽宁、北京、河北、山西和新疆等省区已成功入侵。在新疆,该物种已在乌鲁木齐、昌吉、石河子、吐鲁番和托克逊等地出现,对绿洲生态系统构成了严重威胁。本文采用野外观测和统计分析相结合的方法,对生长于新疆绿洲、荒漠和草原环境中的黄花刺茄居群的开花特性、传粉昆虫种类和行为、访花频率与环境温湿度及结实结籽特性进行了比较研究,并分析了这些特性与其入侵力之间的关系。结果表明:(1)相同年份内不同居群开花数/株表现为  $SGA > BTY > LHG$ ,彼此间均存在极显著差异( $p < 0.01$ );不同年份间  $BTY$  居群内的开花数/株存在极显著差异( $p < 0.01$ ),  $SGA$  居群内的开花数/株存在显著差异( $p < 0.05$ ),而  $LHG$  居群内则无显著差异( $p > 0.05$ )。相同年份不同居群的植株中花序上每天开放的左、右旋花数比均接近 1:1,彼此间均无显著差异( $p > 0.05$ )。(2)3个居群中主要的传粉昆虫均为四条遂蜂(*Halictus quadricinctus*)和遂蜂(*Halictus sp.*),二者在左、右旋花上的访花行为相似,均属于蜂振传粉。(3)相同年份的不同居群间传粉昆虫的总访花频率存在显著差异( $p < 0.05$ ),但在同一居群的不同年份间无显著差异( $p > 0.05$ ),说明传粉者活动与不同居群的环境温、湿度密切相关。低温高湿有利于四条遂蜂的活动,而高温低湿有利于遂蜂活动,说明遂蜂耐高温能力较四条遂蜂强。(4)3个居群中结实数/株与开花数/株及访花频率间均呈极显著正相关( $p < 0.01$ ),结籽数/株和结籽数/果实与其访花频率间均呈显著正相关( $p < 0.05$ )。这些结果说明,黄花刺茄在新疆绿洲、荒漠和草原环境中的传粉和结实特性存在一定差异,但均具有很强的结实结籽能力,可为其成功入侵提供保障。

**关键词:** 入侵植物; 黄花刺茄; 传粉特性; 结实; 生长环境; 入侵力

# 对抗性种间关系的生态与进化后果：微生物实验进化研究

张全国

北京师范大学，北京 100875

使用微生物进行实验进化研究为进化生物学理论提供实验证据的做法越来越受到重视。我们将汇报在对抗性种间关系方面完成的一些工作。猎物和捕食者（或者宿主和寄生者）之间可以存在紧密的协同进化关系：前者不断进化出新的抵抗策略，后者不停进化出新的反制行为。人们对于这种关系在长期时间尺度上的生态与进化后果很感兴趣，但是实验研究并不充分。我们研究了这种种间关系如何影响生物对环境变化的进化适应。我们使用荧光假单胞菌（*Pseudomonas fluorescens*）及其特异性的裂解性噬菌体进行进化实验，在温度升高的情形下（温度升高对噬菌体造成胁迫，但不影响细菌），噬菌体对高温的进化适应受到细菌-噬菌体协同进化的影响：如果我们总为噬菌体提供未与噬菌体协同进化的细菌（对祖先型噬菌体就敏感），噬菌体往往可以进化出对高温的适应，而如果噬菌体与细菌共同进化，噬菌体无法进化出对高温的适应。进一步的实验证实了两个起作用的机制：（1）细菌抗性进化导致噬菌体有效种群更小，进而使得噬菌体的适应性进化受限；（2）细菌抗性进化使得噬菌体需要进化出更强的侵染性，而更强的侵染性具有适合度代价——这种代价在高温环境下更严重。这样的现象意味着研究物种对全球气候变化进化适应需要考虑种间关系的进化。另外，我们将介绍在噬菌体疗法控制细菌抗性进化方面即将完成的工作。

# 加拿大一枝黄花的繁殖生态与快速进化研究

孙士国

上海师范大学生命与环境科学学院，上海 200235

加拿大一枝黄花原产于北美，现在欧洲和中国都是最为重要的入侵杂草之一。它不仅能通过种子进行有性繁殖，也能通过根状茎进行无性繁殖。在一个生长季节内，一株新生的种子苗或克隆苗的根状茎能向四周延伸近 1 米，开花后产生的种子可达 20,000 个。虽然它现在在中国呈疯狂蔓延之势，但我们对其生物特性的了解却很少，而这部分的知识却有助于我们加深对其入侵性的了解。在大尺度空间扩散时，本地昆虫能快速适应它的花部结构并为其传粉吗？如果能为其传粉，那么会不会影响本地原有物种经过长期协同演化而形成的植物—昆虫关系？沿着环境梯度，部分自然种群会演化成具有遗传基础的生态渐变群吗？

我们对加拿大一枝黄花的交配系统和传粉系统进行了检测。结果表明其为自交不亲和，专性异交，依靠昆虫授粉结实。有超过 20 种以上的昆虫为其传粉，是典型的普适性传粉系统。各地昆虫多度变化较大，与当地昆虫区系相适应；各昆虫之间的传粉效率相差极大，蜜蜂、熊蜂和黄蜂的传粉效率最高，蝴蝶、甲虫和蝇类访花时间最长，传粉效率最低。

我们还对加拿大一枝黄花对两种本土物种的传粉干扰进行了定点研究，结果显示两种截然不同的效应。对中华苦苣菜有消极的影响，加拿大一枝黄花的入侵严重干扰了昆虫的访问频率并导致结实率大大降低。而对苦苣菜的影响为正效应，加拿大一枝黄花的入侵增加了群落的开放式样(floral display)，吸引了更多的传粉者。苦苣菜也从这种正效应中受益，即它的昆虫访问次数也不同程度地提高，结实率也相应地大幅度提高。

我们最后还对中国境内分布的加拿大一枝黄花进行了大量的野外观测，寻找其形态变异规律，用自然种群的根状茎片断在崇明建立同质种植园，检测这些自然变异是一种适应性进化还是一种可塑性适应。结果显示无论同质园种群还是野生种群均表现出相似的沿纬度梯度变化的形态变异。这些结果表明加拿大一枝黄花在短短的 70 年间发生了快速的适应性进化。

**关键词：**加拿大一枝黄花，传粉，繁殖成功，根状茎，进化，纬度梯度，渐变群

# 颜色与气味模仿：嗜蘑菇昆虫的粪便与真菌孢子传播的关系

陈高

中国科学院昆明植物研究所，昆明 650204

自然生态系统中，真菌和昆虫的关系是群落构建的一个重要组成部分，真菌作为昆虫的食物及昆虫被真菌寄生是典型的拮抗关系。昆虫转移真菌孢子或促进真菌间进行交叉“传粉”是典型的互惠关系。然而，昆虫通过取食部分真菌果实体，但又借助消化道帮助其传播孢子目前仅在苍蝇类群中有所报道，这个现象是否存在于其他的嗜菌昆虫（特别是一些夜间活动的鞘翅目或革翅目类群）中还有待于进一步的研究。

自然界中被子植物花模仿传粉昆虫的形态和气味是一种特殊的繁殖策略，植物花的颜色和气味多样性与其传粉昆虫的多样性具有密切的联系。花通过释放尸体腐烂或粪的气味模仿昆虫的产卵或取食场所吸引逐臭的昆虫帮助其传播花粉是气味模仿中较为特殊的例子。但这种现象是否也在真菌中存在还缺乏研究。

本研究通过调查五棱散尾鬼笔的气味组成及变化情况、颜色模仿、访问昆虫类型和传播孢子的行为、粪便中孢子的数量及萌发特征与自然孢子的差异等。希望在五棱散尾鬼笔的种群内/间弄清：1) 是否五棱散尾鬼笔呈现出与被子植物腐尸花或粪臭花相类似的气味组成？2) 是否嗜蘑菇的昆虫在真菌孢子传播过程中扮演重要角色，特别是考虑到真菌的孢子果实体具有较强的粘稠度？3) 真菌孢子传播是否和动物帮助被子植物传播种子具有相似性，粪便中的孢子数量是如何变化的，孢子是否具有更好的萌发活力？4) 五棱散尾鬼笔的访“花”者的组成和行为是如何的？以期阐明真菌繁殖策略与其气味、颜色和形态特征与它的孢子传播者的协同进化关系。最后，由于我国是菌类出口的第一大国，我们也希望该研究能为中国菌类种植产业中病虫害的生物控制提供基础的科学数据。



# 马先蒿属种子大小的地理变化：海拔、个体大小和种子数的影响

郭辉

复旦大学，上海 400233

我们研究了 9 个马先蒿物种的 38 个种群间的平均种子大小随海拔的地理变化，并测定外界环境因子（海拔）和两个内在因子（个体大小和每个果实的种子数）各自对种子变化的影响大小。我们的结果显示，平均种子大小和海拔负相关；8 个物种内的种群间也有同样的变化趋势。然而，当我们控制个体大小和每个果实的种子数之后，海拔和种子大小之间的关系不再显著。高海拔种群的个体较小，但每个果实的种子数比低海拔种群要多。种群间，种子大小和每个果实的种子数之间具有显著的权衡关系，并且这种权衡不依赖个体大小和海拔。不同的是，平均种子大小和个体种子数之间的权衡只有在个体大小被控制后才得以发现。去除个体大小的影响后，小种子种群并没有相应的生产较小的繁殖力（个体种子数  $\times$  平均种子大小）。也就是说，高海拔种群既没有表现出较低的繁殖力也没有生产相对较小的种子。总之，海拔、个体大小和每个果实的种子数之间均存在相关关系。而在诸多因子中，海拔对影响平均种子大小是最不重要的因子。我们的结果对以往没有控制内在因子的关于种子大小随环境变化的研究提出了挑战。

# **Fragmentation, plant and bee diversity in relation to pollination**

## **–the case study of *Iris atropurpurea***

Amots Dafni, Achik Dorchin, Stella Watts, Bosmat Segal and Yuval Shimrat  
Laboratory of Pollination Ecology, Dept. of Evolutionary & Environmental Biology,  
Haifa University, Haifa 31905, ISRAEL.

*Iris atropurpurea* is an endemic and threaten species in shrinking habitats, at the coastal plain of Israel, which are exposed to a high risk of urbanization. The highly fragmented populations are of different sizes. The pollination is carried out by shelter seeking male solitary bees which are sleeping in the flowers. The flowers have no edible reward; other rewarding species have to subsidize the energetic needs of the pollinators as well as the female bees. Thus the females of the pollinators of *Iris* are essential part of the local pollination web. Intra and Inter population complementary pollination show: 1. All the populations of *I. atropurpurea* suffer for low reproductive success and lack of pollinators. 2. There are no genetic barriers among the populations regardless the physical distance between the fragments.

We studied the pollination web when *I. atropurpurea* is the focal plant in one cite and the bee's composition in twelve fragments of various sizes. The main pollinators of the habitat's core plants are large, long 'tongue' bees, generalists (*Eucera*/*Anthophora* spp.) which are also the pollinators of *Iris atropurpurea*. Habitat fragmentation adversely affects plant species diversity. Plant diversity is in a direct correlation to the main bee pollinator diversity and therefore fragmentation may indirectly affect also pollinator diversity. Each fragment has a unique composition of bee diversity and different, thus different pollinators are present at different fragments. In purpose to conserve *Iris atropurpurea* there is a need to protect all the fragments and all the components of the pollination web: Rewarding plants as well as bees regardless the size of the fragment.

# **The chemical ecology and evolutionary biology of intimate relations based on deceit**

Nicolas J. Vereecken

Chargé de Recherches FNRS, Evolutionary Biology & Ecology

Free University of Brussels (Belgium)

Mimicry theory is arguably one of the most illustrative applications of natural selection that has been formulated after Darwin's publication of the *Origin of species*. Numerous examples of mimicry among unrelated animals have been documented, whereas floral mimicry, despite its frequent occurrence and popularity to the general public, has received comparatively less attention and remains poorly understood. A textbook case of mimicry in plants is pollination by sexual deception in orchids that mimic the female mating signals (sex pheromones) of one or a few insect taxa, resulting in highly specific pollination by males attempting copulation with the flowers. During this talk, I will present the results of our studies on different case studies involving insect-plant interactions based on sexual deception. Our investigations on these mimicry systems in a multidisciplinary approach, by combining field work with modern analytical techniques, has allowed us to identify the signals mediating these interactions and to characterise their evolution and the selection pressures at play at different levels, from populations to species.

# 闭花受精植物的繁育系统、居群遗传结构以及闭锁花的起源

罗艳<sup>1</sup>, 卞福花<sup>2</sup>, 罗毅波<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 中国海洋大学海洋生命学院, 山东青岛, 266003

<sup>2</sup> 烟台大学化学及生物技术学院, 山东烟台, 264005

<sup>3</sup> 中国科学院植物研究所, 系统与进化植物学国家重点实验室, 北京, 100093

闭花受精植物是指同时具有开放花和闭锁花的植物。目前已经有 600 多种被子植物报道属于闭花受精植物。闭花受精植物的闭锁花通过自交的方式结实, 开放花则通过异花受精的方式结实。但也有研究表明闭花受精植物的开放花并不完全杂交, 有的植物的开放花还可以进行延迟自交和同株异花受精。闭花受精植物繁殖策略具有多重性: 在许多闭花受精植物中, 闭锁花的结实率往往高于开放花, 说明了闭花受精是闭花受精植物较为成功的繁殖策略; 而开放花的杂交率并不表现很高, 亦可说明开放花可进行杂交也可进行自交。闭花受精植物的繁育系统以自交为主, 这与其遗传分化的表现相一致。一些闭花受精物种的等位酶、RAPD 和 ISSR 数据表明, 闭花受精植物的居群内的遗传多样性很低, 居群间则表现较高的遗传多样性水平。遗传漂变和自交在闭花受精植物的遗传结构中占主导地位。与开放花相比, 闭锁花的外形通常表现为花冠、雄蕊和雌蕊等各部分的尺寸变小及数目减少。在花发育的早期, 一些闭花受精植物开放花与闭锁花没有明显的区别, 人们通常用雄蕊及雌蕊的早熟理论来解释闭锁花的形成。但是在其他一些闭花受精植物中, 闭锁花与开放花的早期发育与成熟期的形态均表现不同。这些植物的闭锁花起源的研究还未深入开展。闭花受精植物的闭锁花是如何发生的, 闭花受精植物如何产生两种类型的花, 这还需要在更多的闭花受精植物中进行讨论。

# 引种规模和性比配置对雌雄异株沉水植物海菜花 迁地保护居群生殖适合度的影响

夏靖

武汉植物园，武汉 430074

迁地保护是当前生物多样性保护的重要手段。然而，受各种条件制约，植物园迁地保护居群通常较小；阿利效应——小居群中个体适合度降低的现象——将直接影响到迁地保护居群的维持。雌雄异株植物的结实完全依赖花粉在雄株和雌株之间的传递，因而对阿利效应更加敏感；性比配置则直接影响到交配机会进而限制雌雄异株植物的生殖成功。本研究以中国二级保护雌雄异株沉水植物海菜花作为研究对象，人工构建不同大小（S2、S4、S10、S20）和性比（雄株比例分别为 10%、30%、50%、70%、90%）的实验居群，探讨植物园迁地保护环境下的传粉障碍和阿利效应，揭示引种规模以及性比设置对海菜花迁地保护居群生殖适合度的影响机制。结果表明小居群（S2 和 S4）坐果率和结实率显著低于较大居群，这说明迁地保护居群存在阿利效应。与 S10 和 S20 居群相比，S2 和 S4 居群的单位时间内来访传粉者数目、单雌株和单雌花的受访频率都显著降低。此外，S2 和 S4 居群结实受花粉限制程度也显著高于 S10 和 S20 居群。小居群对传粉者有效性降低以及花粉限制程度的增加是阿利效应发生的主要原因。性比配置同样显著影响传粉有效性、花粉限制程度以及最终的生殖成功。雄株不足时（R10%），居群对传粉者的吸引力显著降低。居群大小一致的情况下，雄株比例为 50% 时的传粉者对雌株和雌花的访问频率最高。雄株比例高于 50% 时，雌花结实受花粉限制的程度显著低于雄株不足的居群（R10%、R30%）。综合上述研究，我们认为在海菜花迁地保护居群的最小合理配置是 10 株 50% 雄株。

## 后蕊苣苔属（苦苣苔科）繁育系统的研究

郭艳峰<sup>1,2</sup>, 王英强<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> 华南师范大学生命科学学院, 广州 510631;

<sup>2</sup> 广东省植物发育生物工程重点实验室, 广州 510631

本研究以后蕊苣苔属 4 组植物代表种为研究对象, 对其进行系统的传粉生物学及繁育系统研究, 结果发现后蕊苣苔属植物具有非常复杂的传粉机制和繁育系统。

按后蕊苣苔属植物的花生物学特性, 该属植物花部机制主要分为 3 种类型: 一类是雌性先熟, 柱头探出式雌雄异位, 该种只有小花后蕊苣苔 (*O. acaulis*) 1 种; 第二种类型是雄性先熟, 雌蕊开始低于雄蕊位于花冠筒内, 而后不断伸长最后超过花药。这一类型种类最多, 以鼎湖后蕊苣苔 (*O. dinghushanensis*) 和裂檐苣苔 (*O. pumila*) 为代表; 第三类是雄蕊先熟, 雌蕊开始低于花药, 后来伸长至花药, 这一类型仅有龙南后蕊苣苔 (*O. burttii*) 1 种。

访花昆虫观察发现彩带蜂 *Nomia* sp. 是龙南后蕊苣苔主要的访花者, 以取食花粉为主, 且对雄花的访花频率高于雌花。龙南后蕊苣苔是该属唯一能够发生主动自交的种, 我们推测访花者区别性访雄花是主动自交进化的主要选择压力。小花后蕊苣苔的访花昆虫是大熊蜂 *Bombus* sp., 采取“倒挂式”访花, 恰使探出的柱头接触到它的腹部。访花时, 它用前足抓住花冠管, 头伸进花冠吃花粉, 导致花粉散落在昆虫腹部。等访下一朵花时, 腹部的花粉会粘在探出的柱头上从而实现传粉。小花后蕊苣苔柱头探出式雌性先熟提供了一段严格的雌性阶段, 同时保证昆虫访花时首先接触柱头, 是避免自交促进异交的一种策略。蜜蜂 *Apidae* sp. 是鼎湖后蕊苣苔 (汕头后蕊苣苔组) 主要的传粉者, 以取食花蜜和花粉为主。鼎湖后蕊苣苔雄性先熟和异位的存在, 提供了严格的雄性阶段, 保证花粉散布不受雌蕊的干扰。同时雌蕊从花药背后穿过起到了避免花内自交的作用。裂檐苣苔 (裂檐苣苔组) 的雌雄蕊位置关系与鼎湖后蕊苣苔相似, 二者最大的区别是裂檐苣苔花冠管中部明显弯曲。彩带蜂 *Nomia* sp. 是裂檐苣苔主要的访花者。彩带蜂访花时, 先沿着花冠筒到弯曲处后翻身, 再到花药处取花粉。因此弯曲的花冠管保证访花者进入花冠时, 首先接触到柱头。人工去花冠管实验表明, 弯曲的花冠管能有效地提高柱头授粉量, 推测是对山顶传粉昆虫缺乏的适应。

后蕊苣苔属不同组植物的开花生物学特性存在较大差异，甚至同组不同种间也存在差异，导致其传粉机制的多样性与繁育系统的复杂性。龙南后蕊苣苔通过柱头与花药接触实现自交，是雌性阶段长期缺乏传粉昆虫的结果。该种花色鲜艳，花冠大，具花蜜，花粉脂质等都是虫媒传粉的特征，因此推测龙南后蕊苣苔的繁育系统是从异交向自交进化。小花后蕊苣苔通过柱头在花蕾期伸出花冠来延长雌性阶段，有利于提高雌性适合度；同时，通过花药联合与花柱的巧妙结构，有效地促进了花粉散布，表明该种是后蕊苣苔属中比较进化的类群。鼎湖后蕊苣苔雄性先熟和异位联合，能有效地避免自交，但是宽大的花冠管影响了传粉的精确性。相反，裂檐苣苔通过狭窄弯曲的花冠管，有效地促进传粉者与繁殖器官接触，起到增加柱头授粉量的效果。因此，不同的花部机制是植物长期对不同传粉环境适应的结果，该研究对我们进一步探讨后蕊苣苔属的系统演化有非常重要的科学意义。

**关键词：**后蕊苣苔属 传粉生物学 繁育系统 雌雄异熟 雌雄异位

## 普通豚草在入侵地中国的高异交率和高遗传多样性

李小蒙, 徐丽红, 廖万金, 张大勇

生物多样性与生态工程教育部重点实验室,  
北京师范大学生态学研究所, 北京 100875

入侵植物的成功拓殖受到多方面因素的影响。奠基种群容易遭受遗传多样性的降低和个体数量的减少。繁殖性状的快速进化是入侵个体成功建群的重要方式, 单亲繁殖由于能够提供繁殖保障更容易受到入侵种群的亲睐。奠基种群还可能会通过大的繁殖体压力和多入侵来源的混合来避免遗传多样性的降低, 从而达到成功建群的目的。我们利用微卫星标记研究了 5 个中国入侵普通豚草 (*Ambrosia artemisiifolia* L.) 种群的交配系统, 利用 AFLP 标记研究了原产地和入侵地豚草种群的遗传多样性水平。实验中所估算的 5 个普通豚草种群的异交率分别为  $0.942 \pm 0.036$  (mean  $\pm$  S.D.),  $1.000 \pm 0.000$ ,  $0.979 \pm 0.018$ ,  $0.928 \pm 0.042$ , 和  $0.982 \pm 0.013$ , 均不显著偏离于 1.0。对遗传多样性的研究结果表明, 美国和中国豚草总的 Nei's 遗传多样性水平分别为 0.2946 和 0.3115, 并且各有 94.03% 和 87.29 % 的遗传多样性分布在种群内。综上所述, 中国普通豚草种群具有高异交率和高遗传多样性, 豚草入侵中国的过程中并没有经历交配系统由完全异交向自交的进化性变化。由此推测豚草入侵可能是通过大的繁殖体压力来实现的, 奠基种群可能并没有经历严重的瓶颈效应。



第三届全国植物繁殖生态学学术研讨会  
暨

"Plant-animal interrelationships" 培训班

# 通 讯 录

姓名	职称	研究领域	工作单位	邮箱
Nicolas J. Vereecken	博后	传粉生物学	Free University of Brussels	nicolas.vereecken@ulb.ac.be
Amots Dafni	教授	传粉生物学	University of Haifa	adafni@research.haifa.ac.il
郝祎祺	本科生	繁殖生态学	北京师范大学	haoyi qi@yahoo.cn
赵佳丽	硕士生	繁殖生态学	北京师范大学	zhaojiali@mail.bnu.edu.cn
娄安如	教授	植被生态学、种群生态学、生态系统生态学	北京师范大学	louanru@bnu.edu.cn
李臻	硕士生	生物信息	北京师范大学	liz@mail.bnu.edu.cn
杨丽媛	硕士生	繁殖生态学	北京师范大学	yangliyuan67@126.com
闫鹏程	硕士生	生物信息	北京师范大学	pency.sido@gmail.com
林魁	教授	理论生态学、基因组学	北京师范大学	linkui@bnu.edu.cn
李丽娜	硕士生	植物繁殖生态	北京师范大学	yutai04221066@126.com
张丽娟			北京师范大学	dragon_zlj@163.com
喻伶	硕士生	植物生态学	北京师范大学	yuling19880217@mail.bnu.edu.cn
张大勇	教授	生物多样性、植物繁殖生态学、理论生态学	北京师范大学	zhangdy@bnu.edu.cn
廖万金	副教授	植物繁殖生态与进化	北京师范大学	liaowj@bnu.edu.cn
张全国	讲师	生物多样性	北京师范大学	zhangqg@bnu.edu.cn
朱琳	博士生	繁殖生态学	北京师范大学	zhulin0811@yeah.net
戈星月	本科生	繁殖生态学	北京师范大学	jiali880427@yahoo.com.cn
李小蒙	硕士生	进化生物学	北京师范大学	xiaomengli@mail.bnu.edu.cn
郭辉			复旦大学	hui.guo325@gmail.com
张勃	讲师	植物繁殖生态	甘肃农业大学	zbsonny@163.com

武华周	研究生		海南大学	wuhuazhouaa@126.com
张哲	研究生		海南大学	107189517@qq.com
王慧中	教授		杭州师范大学	whz62@163.com
陈小勇	教授	生物多样性与保护	华东师范大学	xychen@des.ecnu.edu.cn
骈瑞琪	研究生		华南农业大学	rqpian2003@126.com
郭艳峰			华南师范大学	guoyanfeng1984@sina.com
杨雪	副教授		昆明学院	xyang_herb@163.com
赵志刚	副教授	进化生态学	兰州大学	zhaozhg@lzu.edu.cn
李金花	副教授	植物生态学	兰州大学	jinhuali@lzu.edu.cn
周淑荣	教授	理论生态学	兰州大学	zhshrong@lzu.edu.cn
刘左军	教授	繁殖与恢复生态	兰州理工大学	
祖鹏娟			瑞典乌普萨拉大学	Ripple.zu@gmail.com
孙士国			上海师范大学	sgsun@shnu.edu.cn
殷鸽			华东师范大学	10081900223@ecnu.cn
赵延会	研究生	蜜蜂分类与行为	首都师范大学	Zhaoyh44@gmail.com
黄双全	教授	传粉生物学	武汉大学	sqhuang@whu.edu.cn
陈颖卓	研究生	传粉生物学	武汉大学	wedgwoodcy@yahoo.com.cn
熊英泽	研究生	传粉生物学	武汉大学	jayfan88@yahoo.com.cn
刘淑娟	研究生	传粉生物学	武汉大学	443722910@qq.com
高杰	研究生	传粉生物学	武汉大学	517533254@qq.com
黄至欢	研究生	传粉生物学	武汉大学	flowers1986@163.com
艾沙江	博士生	繁殖生态学	新疆农业大学	

谭敦炎	教授	繁殖生物学、 植物资源学、园 林植物学	新疆农业大学	tandunyan@163.com
彭德力	硕士生	繁殖生态学	云南师范大学	Pengdeli09@163.com
罗艳			中国海洋大学	luoyan@ouc.edu.cn
顾垒	助研	系统演化、传粉 生态学	中科院成都生 物研究所	gulei@cib.ac.cn
彭幼红			中科院成都生 物研究所	pengyh@cib.ac.cn
陈湜			中国科学院华 南植物园	csalanine@163.com
牛洋	博士生	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	newyoungs@126.com
段元文	助研	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	duanyw@mail.kib.ac.cn
孙杉	助研	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	sunshan@mail.kib.ac.cn
宋波	研究 实习员	植物繁殖生态 学	中科院昆明植 物研究所	songbo@mail.kib.ac.cn
张凤萍	博后	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	zhangfengping@mail.kib.ac.c n
王赟	研究 实习员	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	wangyun@mail.kib.ac.cn
张婵	助研	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	zhangchan@mail.kib.ac.cn
任宗昕	助研	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	renzongxin@mail.kib.ac.cn
查宏光	助研	植物系统与繁 殖生态学	中科院昆明植 物研究所	arctos725@gmail.com
陈高	助研	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	Chen_gao@mail.kib.ac.cn
张志强	博后	繁殖生态学	中科院昆明植 物研究所	zhangzhiqiang@mail.kib.ac.c n
张育林			中科院水生生 物研究所	zhangxl@ihb.ac.cn
叶忠铭	研究生	传粉生物学	中国科学院武 汉植物园	piaoyeshuo@yahoo.com.cn
代文魁	研究生	传粉生物学	中国科学院武 汉植物园	wenkui321@163.com
任明迅	副研	植物繁殖与进 化生态学、	中国科学院武 汉植物园	renmingxun@yahoo.com.cn

		分子生态与谱系地理学		
夏婧	助研	繁殖生态学、保护生物学	中国科学院武汉植物园	meir_xj@wbpcas.cn
夏永梅	副研	植物繁殖生物学	中科院西双版纳热带植物园	xiaym@xtbg.ac.cn
刘聪	硕士生	进化生态学	中科院西双版纳热带植物园	liuc198@sina.com
张媛	博士生	进化生态学	中科院西双版纳热带植物园	Zhangyuan@xtbg.ac.cn
武士波	硕士生	进化生态学	中科院西双版纳热带植物园	wushibo@xtbg.org.cn
王刚	博士生	协同进化	中科院西双版纳热带植物园	hi.gangw@gmail.com
盛春玲	硕士生	保护生物学	中科院西双版纳热带植物园	scl320@163.com
肖龙骞	副研	植物系统发育	中科院西双版纳热带植物园	xlq@xtbg.ac.cn
周翔	助研	植物繁殖生态学、分子生物学	中科院西双版纳热带植物园	zhouxiang0405@126.com
张玲	副研	植物繁殖生态学	中科院西双版纳热带植物园	zhangl@xtbg.ac.cn
林华	助研	植物繁殖生态、保护生物学、能量生态学	中科院西双版纳热带植物园	lh@xtbg.ac.cn
李庆军	研究员	植物繁殖生态	中科院西双版纳热带植物园	lqj@xtbg.org.cn
陈玲玲	硕士生	植物繁殖生态	中科院西双版纳热带植物园	chenlingling441@163.com
彭艳琼	副研	协同进化	中科院西双版纳热带植物园	pengyq@xtbg.ac.cn
杨大荣	研究员	协同进化	中科院西双版纳热带植物园	yangdr@xtbg.ac.cn
高江云	研究员	兰科植物繁殖生态学与保育	中科院西双版纳热带植物园	gjy@xtbg.org.cn
范旭丽	研究实习员	兰科植物繁殖生态学与保育	中科院西双版纳热带植物园	fxl@xtbg.org.cn
陈进	研究员	动植物关系	中科院西双版纳热带植物园	cj@xtbg.org.cn
李振良			中国科学院植物研究所	
孙海芹	助研	植物进化生物学	中国科学院植物研究所	hqsun@ibcas.ac.cn

罗毅波	研究员	兰科保育/传粉生态学	中国科学院植物研究所	luoyb@ibcas.ac.cn
金效华	副研	植物分类	中国科学院植物研究所	xiaohuajin@ibcas.ac.cn
马晓开	硕士生	传粉生物学与繁殖生态	中国科学院植物研究所	maequus@ibcas.ac.cn
白伟宁	助研	植物繁殖生态学	中国科学院植物研究所	baiwn@ibcas.ac.cn
牛泽清			中科院动物研究所	niuzq@ioz.ac.cn