

阳春砂仁授粉特性与传粉昆虫的研究*

彭建明, 李荣英, 李 戈, 王艳芳

(中国医学科学院中国协和医科大学药用植物研究所云南分所, 云南景洪 666100)

〔摘 要〕目的: 对阳春砂仁的授粉特性及传粉昆虫进行观测。方法: 调查自然传粉及不同人工辅助授粉, 通过阳春砂仁结实率, 研究阳春砂仁的授粉特性; 连续 2 年对西双版纳州景洪市基诺族乡、景哈哈尼族乡人工种植阳春砂仁的访花昆虫进行了观察。结果: 阳春砂仁自然套袋完全不结实; 自然传粉条件下阳春砂仁结实率低; 人工辅助授粉可提高结实率, 异花授粉结实率高于自花授粉。野生中蜂 (*Apis cerana indica*) 和排蜂 (*Apis dorsata* Fab.) 是阳春砂仁的主要访花昆虫。结论: 阳春砂仁人工异花授粉比自花授粉结实率大大提高, 表明阳春砂仁为异花授粉植物, 但具有一定的自交亲和性。野生中蜂 (*Apis cerana indica*) 和排蜂 (*Apis dorsata* Fab.) 是阳春砂仁的主要访花昆虫。

〔关键词〕阳春砂仁; 授粉特性; 传粉昆虫

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 1000—2723(2012)04—0051—04

阳春砂仁 (*Amomum villosum*) 为姜科多年生常绿草本, 具有化湿开胃、温脾止泻、理气安胎的功效, 种植地包括广东、广西、云南、福建、海南等省区。阳春砂仁花的形态结构较特殊, 雌雄蕊半包于唇瓣内, 花粉囊开裂面与唇瓣相贴, 不易被一般昆虫授粉; 花柱夹在花药之间, 柱头高于花药, 花粉很难落到柱头上; 花粉表面有刺状突起, 彼此容易粘连; 而且由于花着生在近地面阴湿环境, 花粉不易散播。因此, 除某些访花习性与之相适应的昆虫外, 一般昆虫难以传粉, 导致自然结实率低。在传粉昆虫不多的情况下, 自然结实率仅 5% ~ 8%, 产量很低^[1]。在生产上, 采用人工辅助授粉技术, 可提高砂仁产量^[2-5], 但由于劳动强度大、成本高、易伤及匍匐茎, 不利于砂仁的规模化种植。

由于阳春砂仁生长对生态环境有着严格而特殊的要求和选择, 且自然授粉困难, 因此, 长期以来, 广东产区的砂仁种植授粉方式主要以人工为主, 但人工授粉方式使阳春砂因自花授粉导致种质抗病及抗逆性下降, 不利于优良种质繁育, 此外, 人工授粉耗时费力, 种植成本高, 也增加了药农生

产负担, 在很大程度上抑制了药农的生产积极性以及砂仁的种植和产品的生产。

云南为阳春砂引种的最大产区, 因其森林的种植环境提供了昆虫授粉条件, 无需人工授粉使得种植成本大大降低, 故种植面积远大于广东, 药材总产量也处于全国领先地位。

关于 70 年代引种至云南西双版纳的阳春砂仁的研究, 彭建明等^[6]从品质、化学成分、药理及栽培研究现状等进行了分析和总结。但目前有关阳春砂仁的生殖生物学特性、授粉方式及传粉昆虫的研究报道较少。为切实解决砂仁的授粉难题, 本文对阳春砂仁不同套袋方式对结实情况影响和传粉媒介进行研究, 旨在揭示该植物的授粉特性和传粉媒介, 以进一步提高阳春砂仁产量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料及试验地概况

研究地区位于云南南部的西双版纳州 (21°10' ~ 22°40'N, 99°55' ~ 101°50'E), 该地区气候高温多雨、干湿季分明, 四季不明显, 年温差较小, 日温差较大, 兼有大陆性气候和海洋性气候的优点, 年平均温度 18 ~ 22℃, 年降水量 1 200 ~ 1 900 mm

* 基金项目: 中国医科院药用植物所云南分所所长基金资助

收稿日期: 2012—01—30 修回日期: 2012—07—13

作者简介: 彭建明 (1964 ~), 男, 云南景洪人, 副研究员, 主要从事热带药用植物栽培技术研究和推广。

之间。降雨主要集中在 5－10 月（11 月至次年 4 月为干季）。本项研究设在西双版纳州景洪市基诺族乡巴飘村（海拔 870m）、景哈哈尼族乡曼么村（海拔 560m）人工种植的阳春砂仁。

1.2 套袋、人工授粉实验

2011 年 5 月 5－9 日，在基诺族乡巴飘村砂仁地开展人工授粉实验，5 月 19 日统计结果数。试验设 7 个处理：①自然传粉（ T_0 ）：对照，不套袋，自由传粉，用于检测自然条件下的传粉情况；②尼龙网袋套袋（ T_1 ）：开花前套袋，检测是否需要传粉者；③硫酸纸袋套袋（ T_{11} ）：开花前套袋，检测是否需要传粉者；④尼龙网套袋自花授粉（ T_2 ）：套袋、人工自花授粉；⑤硫酸纸套袋自花授粉（ T_{21} ）：套袋、人工自花授粉；⑥尼龙网套袋异花授粉（ T_3 ）：人工异花授粉，套袋、用不同花序的花粉进行异花授粉，检测杂交是否亲和；⑦硫酸纸套袋异花授粉（ T_{31} ）：人工异花授粉，套袋、用不同花序的花粉进行异花授粉，检测杂交是否亲和。

1.3 访花昆虫及其访花频率

连续 2 年（2010、2011 年的 5 月中旬～下旬）观察并记录阳春砂仁的访花者种类和访花行为。随机标记 5～10 个花序进行观察，每天选 10 朵新开的花进行挂牌，连续 3d 进行观察，每天观察时间从 8：00 到 18：00，每 1h 以 15min 为 1 个时间段观察并记录访花昆虫的数量、种类、访问频率、停留时间，对每种昆虫的访花行为进行摄影、描述，并捕捉昆虫制作凭证标本。每天大约观察 10 次，访问频率为每朵花在 15min 内被访问的次数。在基诺族乡巴飘村、景哈乡曼么村阳春砂仁田间试验地中进行。

2 结果与分析

2.1 不同授粉方式阳春砂仁结实率比较

通过人工套袋试验，发现直接套袋不授粉处理的花结实率为 0，表明阳春砂仁自花完全不能授粉（表 1）。不同授粉方式的阳春砂仁结实率差异非常明显，异花方式授粉的阳春砂仁平均结实率分别为 10.6%，33.3%；自花方式授粉的平均结实率分别为 5.8%，7.4%；自由传粉的阳春砂仁结实率较低，为 1.1%；说明提高阳春砂仁结实率需要进行异花授粉，其中异花授粉结实率高于自花授粉。不同套袋方式对阳春砂结实率有影响，尼龙网袋套袋结实率高于硫酸纸套袋。

表 1 不同授粉方式阳春砂仁结实率比较

授粉方式	花序数 /个	总小花朵数 /朵	结果数 /个	结实率 /%
自然传粉（ T_0 ）	10	93	1	1.1
尼龙网袋套袋（ T_1 ）	10	116	0	0
硫酸纸袋套袋（ T_{11} ）	10	101	0	0
尼龙网套袋自花授粉（ T_2 ）	10	68	5	7.4
硫酸纸套袋自花授粉（ T_{21} ）	10	52	3	5.8
尼龙网套袋异花授粉（ T_3 ）	10	63	21	33.3
硫酸纸套袋异花授粉（ T_{31} ）	10	66	7	10.6

2.2 访花昆虫及其访花频率

阳春砂仁的访花昆虫（注：挂牌标记新开的花每 1h 以 15min 为 1 个时间段观察并记录访花昆虫的数量、种类）主要有：中蜂（*Apis cerana indica*）、排蜂（*Apis dorsata* Fab.）、小酸蜂（*Hymenoptera apibae trigona* SP.）、熊蜂（*Bombus* sp.）、彩带蜂（*Nomia* sp.）等（图 1），但稳定的和访花频率较高的传粉者只有中蜂和排蜂，其它访花者少见或偶见。蜂类访花目的主要是采集花粉和吸蜜。中蜂采粉时，①蜂飞落于大唇瓣，骑于雄蕊背面，从正面竖抱雌雄蕊，打开小花用前足采粉，此种采集方式可将花粉抹到柱头，具有良好的传粉作用；②蜂飞落于大唇瓣，于雄蕊背侧用前足采粉，此种采集方式偶可将花粉抹到柱头，有一定的传粉作用。采蜜时，蜂飞落于大唇瓣，然后攀附于花外缘一侧，将喙伸入花管内吸蜜，此过程蜂不触及雌雄蕊，无传粉作用。排蜂访花时飞落在小唇瓣和大唇瓣的交界处，把头伸进花丝中部的弯曲处，翘起柱头，全身在大唇瓣上平转约 90°，然后从已翘起柱头和大唇瓣之间的空隙处进入花内，以吻从蜜管的开口处伸进蜜管内吸蜜，吸毕后，从正面退出。在捕捉的标本上，发现中蜂和排蜂足部附着有一大块花粉团块。



图1 阳春砂仁花及其主要访花昆虫 (左为排蜂、右为野生中蜂)

访花频率是指单位时间内昆虫访问单个花朵或1个花序的次数。景哈乡排蜂和中蜂两种昆虫的访花频率平均为 $1.08\text{次}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{单花}^{-1}$ ，基诺族乡中蜂的访花频率平均为 $0.95\text{次}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{单花}^{-1}$ （2010年），2011年排蜂和中蜂两种昆虫的访花频率平均为 $1.47\text{次}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{单花}^{-1}$ （图2）。

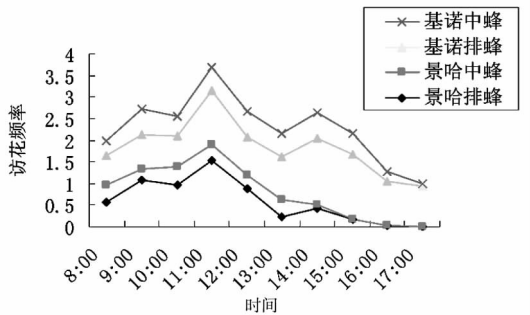


图2 阳春砂两种主要访花昆虫访花频率

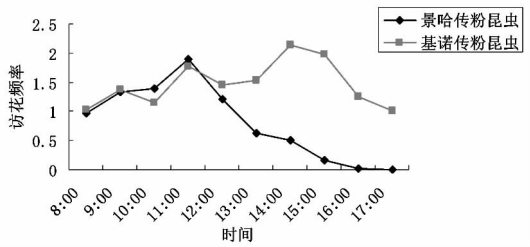


图3 阳春砂两种主要访花昆虫日变化规律

不同传粉昆虫1d内各个不同时段 的访花频率具有各自不同的特点，但总的访花频率上午高于下午（图3）。本试验观察时间在2010年5月22-30日，2011年5月19-21日，观察期间天气晴朗，昆虫访花频率较高。从9:00~11:00期间排蜂的访花频率较高，滞留时间平均为每次4.41s，最长10.66s，最短1.64s。在8:00~13:00期间中蜂访

花频率较高，滞留时间平均为每次5.70s，最长16.66s，最短1.57s。基诺族乡砂仁传粉昆虫主要在8:00~12:00较多，12点以后访花昆虫数量开始锐减。

2.3 传粉昆虫种类及出现时间观察

不同产地阳春砂仁传粉昆虫种类及出现时间见表2。由表2看出，景哈砂仁地中蜂和排蜂出现时间分别比基诺乡要早，连续2年的田间试验，观察到砂仁的主要传粉昆虫是中蜂和排蜂；而在基诺乡2010年未观察到砂仁的主要传粉昆虫排蜂。

表2 不同产地阳春砂仁传粉昆虫出现时间的观察

地点	景哈乡曼么村		基诺乡巴飘村	
昆虫种类	中蜂	排蜂	中蜂	排蜂
2010年	5月22-24日	5月28-30日	—	—
2011年	5月4日	5月11日	5月9日	5月19日

注：基诺乡5月5-8日未见中蜂访花，5月12日未见排蜂。

3 讨论

阳春砂仁果实为著名中药材，产量很低，目前一般每亩不到10kg，采用人工辅助授粉，可提高砂仁产量^[2-5]。人工授粉试验结果显示，阳春砂仁自然套袋完全不结实^[2]。阳春砂自花授粉是亲和的，自交结实率为7.4%，只是在自然条件下，由于特殊花器构造，阻碍了自花授粉。阳春砂人工异花授粉比自花授粉结实率大大提高，表明阳春砂为异花授粉植物，但具有一定的自交亲和性。由此可见，在传粉昆虫不多的情况下，阳春砂结实率较

低,自然结实率仅 5%~8%^[1],本试验中自然结实率为 1.17%。主要原因可能是初花期没有传粉昆虫拜访(2011 年 5 月 5~8 日在基诺乡开展人工辅助授粉期间,7~8 日从上午 9:30 到 15:00,观察到中蜂开始活动于砂仁地中,但不拜访,5 月 9 日中蜂开始拜访)。不同套袋方式对阳春砂结实率有影响,尼龙网袋套袋结实率高于硫酸纸套袋。表明阳春砂仁花需要保持通风、透光的条件,利于授精。

阳春砂仁地下匍匐茎具有克隆习性,不具有花柱卷曲性^[6],稳定的和访花频率较高的传粉者主要是中蜂和排蜂。西双版纳引种栽培阳春砂仁对传粉昆虫进行了研究^[7]。对阳春砂仁一次授粉后平均座果率排蜂为 16.71%,比对照组座果率高 63.42%,比人工授粉组座果率高 38.47%^[8-9];中蜂一次授粉座果率为 14.29%^[10]。本研究在挂牌标记的观察时间段内,基诺族乡中蜂的访花频率平均为 0.95 次·h⁻¹·单花⁻¹,低于景哈乡排蜂和中蜂两种昆虫的访花频率平均为 1.08 次·h⁻¹·单花⁻¹。通常,植物在传粉者稀少或不稳定的环境中可通过延长花期来提高生殖成功率^[11]。从传粉昆虫的种类、数量、访花频率及一次授粉后平均座果率可知,基诺乡砂仁的结实率低于景哈乡(生产中景哈乡砂仁产量高于基诺乡),而花寿命的延长也是对传粉昆虫访花频率低的一种适应。

同一砂仁园,不同年份传粉昆虫出现的种类、数量有变化^[12]。2011 年 5 月 5~9 日,我们在基诺乡于阳春砂仁初花期进行了传粉昆虫观察及人工授粉试验,观察到有排蜂拜访。2010 年却未观察到排蜂,偶尔有彩带蜂拜访(只能拍几张照片)。据报道,上世纪 80 年代,一棵树少则 1~10 窝,多则 200 多窝排蜂^[9]。目前,排蜂等经济昆虫生态环境受到严重破坏,应及时采取措施,保护这些有经济价值的授粉昆虫。

随着气温的不断变暖,阳春砂赖以生存的优良生态环境也在逐渐被改变甚至被破坏,为避免发生广东阳春地区种植砂仁由过去的依靠自然授粉衍变为主要靠人工授粉的被动尴尬状况^[13],建议阳春砂的种植模式和种植规模应适时调整和改变,在保护和充分利用原有的山地资源的基础上,保护原有的砂仁种植区域和种植规模,大力开展植树造林活动,改善森林植被及生态环境。

阳春砂仁的结果率和产量的高低,与花期传粉昆虫的种类和数量密切相关^[14],传粉昆虫是阳春砂仁形成产量的重要因素,但不是唯一条件^[12]。野外观测表明一些阳春砂仁地内有大量的传粉昆虫采蜜传粉,但仍然结实率低,甚至不结果^[12,15]。作者对景洪市基诺族乡、景哈哈尼族乡和药植所云南分所园内种植的阳春砂,检测花粉活力和柱头可授性。结果表明花粉在上午 11:00 以前均保持较高的萌发率,到中午 11:00 以后花粉活力下降,18:00 仍有萌发能力;不同地区阳春砂柱头可授性差异明显,花序上部小花柱头可授性比下部小花的高,不同花期柱头可授性变化不大。认为柱头可授性低是导致阳春砂仁结实率低的主要因素^[16]。提高阳春砂柱头生活力的技术措施,有待进一步研究。目前阳春砂在不缺少传粉昆虫的产区,产量过低的现状,严重影响药农的积极性,寻求高产优质的阳春砂种植技术和措施已成为当前提高阳春砂产量和质量的当务之急。

[参考文献]

- [1] 樊瑛,刘英慧,王成福,等.砂仁传粉蜜蜂的研究[J].热带作物学报,1986,7(1):131-137.
- [2] 李炳怀.春砂仁生态环境与栽培技术[J].热带作物科技,1989,19(5):42-45.
- [3] 陆善旦.砂仁高产的几项重要措施[J].中国中药杂志,1995,20(6):335-337.
- [4] 甘浩光,黄维雄,彭超威.砂仁喷水授粉试验[J].广西农业科学,1989,27(3):20-24.
- [5] 梁红柱,窦德泉,冯玉龙.调控源库关系对砂仁可溶性糖、淀粉含量和果实产量的影响[J].河北大学学报(自然科学版),2004,24(6):632-636.
- [6] 陈绪超,李庆军.3种豆蔻属植物的异交率检测初报[J].云南大学学报(自然科学版),2008,30(5):531-534.
- [7] 彭建明,张丽霞,马洁,等.西双版纳引种栽培阳春砂仁的研究概况[J].中国中药杂志,2006,31(2):97-101.
- [8] 王修竹,陈炎平,高向东,等.排蜂对阳春砂仁授粉的进一步研究[J].蜜蜂杂志,1981,(4):4-7.
- [9] 王修竹,陈炎平,高向东,等.对砂仁理想授粉蜂类昆虫的筛选[J].中药材科技,1983,(2):4-5.
- [10] 朱涛,朱纯,江开交,等.砂仁的一种传粉昆虫——中蜂的研究[J].中药材,1989,12(1):13-15.
- [11] 张金菊,叶其刚,姚小洪,等.片断化生境中濒危

植物黄梅秤锤树的开花生物学、繁育系统与生殖成功的因素 [J]. 植物生态学报, 2008, 32 (4): 743 - 750.

[12] 熊丽, 邢正秀. 云南德宏地区春砂仁传粉蜜蜂的研究 [J]. 热带作物学报, 1988, 9 (2): 75 - 80.

[13] 欧阳霄妮. 阳春砂资源调查与品质评价研究 [D]. 广州: 广州中医药大学 (硕士学位论文), 2010.

[14] 冯志立, 甘建民, 郑征, 等. 西双版纳热带湿性季节雨林和次生林林下砂仁种植的比较研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (8): 1318 - 1322.

[15] 郑征, 甘建民, 冯志立, 等. 热带林下人工种植阳春砂仁的生长与果实产量动态 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (1): 5 - 8.

[16] 彭建明, 李荣英, 李戈, 等. 阳春砂的开花动态及花粉活力和柱头可授性研究 [J]. 云南中医学院学报, 2011, 34 (6): 11 - 14.

(编辑: 迟 越)

Study on Pollination Characteristics and Pollinating Insects of *Amomum villosum*

PENG Jian - ming, LI Rong - ying, LI Ge, WANG Yian - fang

(Yunnan Branch, Institute of Midicinal Plant, Chinese Academy of Medical Sciences, Jinghong Yunnan 666100)

[**ABSTRACT**] Objective: To observe the pollination characteristics and pollinator of *Amomum villosum*. Methods: Studying the pollination characteristics by *Amomum villosum* seed rate of different natural pollination and artificial pollination, Surveying pollinator in Jinghong and Jingha in two consecutive years. Results: There is no fruit by bagging flowers; seed rate is low under natural pollination conditions, artificial pollination can increase seed rate, cross - pollinated seed rate is higher than self - pollinated seed rate. *Apis cerana indica* and ranked *Apis dorsata* Fab. are the main pollinators. Conclusion: Cross - pollinated seed rate is higher than self - pollinated seed rate. That indicates *Amomum villosum* is a cross - pollinated plant, with a certain degree of Self - compatibility. *Apis cerana indica* and *Apis dorsata* Fab. are the main pollinators.

[**KEY WORDS**] *Amomum villosum*; pollination characteristics; pollinator

(原文见第 50 页)

A Study on the Spatial Distribution Pattern of *Aconitum brachypodum* Populations

LI Ya - qiong, LI Bao - jun, WU Kai

(College of TCM, Yunnan University of TCM, Kunming Yunnan 650500)

[**ABSTRACT**] Objective: *Aconitum brachypodum* is an endangered species from the family Ranunculaceae, which only distributes in Yunnan and Sichuan Province. Previous reports showed that there were only few mdividu- als still surviving, So it was defmed as a critically endangered species by IUCN. Methods: Wild investigations and plot analysis were carried to test the status of populations, and using methods such as v/m ratio, negative binomial parameter (K), index of dispersion (I), Cassie index (Ca), index of clumping (m*) and index of patchi- ness (m*/m) to analyze the space distribution pattem of different A. *brachypodum* populations. Results: The result indicated that the distribution patterns of A. *brachypodum* populations were clumped. In the three re- searched populations, the pattern scale is about eight square meters. Conclusion: The evolutionary of A. *brachy- podum* populations are becoming higher in assemble intensity.

[**KEY WORDS**] *Aconitum brachypodum*; spatial distribution pattern; assemble intensity