环境昆虫学报 2020，42（3）：695－700
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2020. 03. 19

谢正华，蔡学勇，王有琼，王健敏. 浅议景观管理对云南阳春砂仁药物成份形成的重要性［J］. 环境昆虫学报，2020，42（3）：695－700.

# 浅议景观管理对云南阳春砂仁药物成份形成的重要性

谢正华[1*]，蔡学勇[2]，王有琼[1]，王健敏[3*]
（1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所，昆明 650224；2. 南华县天子庙坡国有林场，南华 675202；
3. 云南省农村科技服务中心，昆明 650021）

**摘要：** 阳春砂仁是我国四大南药之一，也是主要的调味品。阳春砂仁于1960年由广东引入云南西双版纳，现广泛种植于云南省热带区域。阳春砂仁含有以乙酸龙脑酯和樟脑为主的40～50种化学物质，具有提高胃酸分泌、促进胃肠动力、止泻利胆和镇痛抗炎等功效。在云南热带区域，砂仁主要传粉者为大蜜蜂和中华蜜蜂，传粉蜂的传粉行为可提高砂仁的结果和结实。在云南热带区域，大量热带雨林转换成橡胶树和耕地等非自然生境，引起生态系统景观结构变化。大蜜蜂和中华蜜蜂为社会性传粉昆虫，其种群数量易受环境干扰而变化。因此，云南热带砂仁种植区景观变化可能引起砂仁传粉蜂多样性和多度变化，从而影响砂仁药效成份的形成和含量。从理论上来看，目前并不清楚景观动态对砂仁药效的作用；在生产实践中，砂仁种植者并未考虑景观变化对砂仁药效形成的影响。本文总结已有的研究结论，在理论上提出云南砂仁种植区应综合考虑砂仁种植环境的景观调节因素，以保障昆虫传粉需求，促进砂仁药效成份的形成。

**关键词：** 土地类型变化；大蜜蜂；中华蜜蜂；景观变化；乙酸龙脑酯；橡胶
**中图分类号：** Q968.1；S489　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1674－0858（2020）03－695－06

## The importance of landscape managements on development of chemical components of *Amomum villosum* Lour. cultivated in Yunnan Province: A management perspective

XIE Zheng-Hua[1*]，CAI Xue-Yong[2]，WANG You-Qiong[1]，WANG Jian-Min[3*]（1. Chinese Academy of Forestry，Research Institute of Insect Resources，Kunming 650224，China；2. Tianzimiaopo State-owned Forest Farm of Nanhua County，Nanhua 675202，China；3. Yunnan Rural Science and Technology Service Centre，Kunming 650021，China）

**Abstract:** *Amomum villosum* Lour.，also called Sharen in Chinese，is used as traditional Chinese medicine and as spice in China. The evergreen herb was introduced from Guangzhou Province into Xishuangbanna，Yunnan Province in 1960. Nowadays，it is widely cultivated in the tropical zone in Yunnan. The fruits of *A. villosum* contain 40～50 chemical components，including bornyl acetate and camphor，which can enhance gastric secretion，increase the gastrointestinal motility，reduce the diarrhea，exhibit anti－inflammatory and analgesic. In Yunnan，*Apis dorsata* F. and *Apis cerana* F. are two main pollinators and their visitations to flowers enhance cross pollination，improving fruits in quantity and quality. Current evidences show that social pollinators，like *A. dorsata* and *A. cerana*，are negatively

**基金项目：** 云南省应用基础研究计划面上项目（2018FB041）；国家自然科学基金（31971559）
**作者简介：** 谢正华，男，1977年生，四川资阳人，博士，副研究员，研究方向为传粉昆虫多样性和传粉服务，E－mail：cnbees@gmail.com
* **通讯作者** Author for correspondence：E－mail：cnbees@gmail.com；jmwang21@foxmail.com
**收稿日期** Received：2020－02－02；**接受日期** Accepted：2020－03－20

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

impacted by habitat degradation. The conversation of rainforests to rubbers during the last several decades in Yunnan altered the surrounding landscapes, potentially reducing pollinator diversity and abundance. Nevertheless, we do not know the effects of surrounding landscapes on pollinator diversity and abundance of *A. villosum* in Yunnan. Practically, landscape managements of pollinators and pollination services were not considered in this growing region either. Therefore, based on current knowledge, we suggest that the cultivation of *A. villosum* in Yunnan need to consider the surrounding landscapes to ensure that the chemical components of fruits are developed.

**Key words:** Land use change; *Apis dorsata*; *Apis cerana*; landscape change; bornyl acetate; rubber

砂仁是我国著名的四大南药之一，具有提高胃肠激素、促进胃肠动力、止泻利胆和镇痛抗炎等功效（杨彩霞，2017）。同时，砂仁也是我国常见的食材调味品。因而，砂仁在中国具有广泛的市场需求。阳春砂仁原产于广州阳春，于 60 年代左右在云南省西双版纳等地引种，后种植区域向北扩展，现广泛分布于云南哀牢山以南的热带区域。云南省已成是我国砂仁最大人工种植区，其产量占到我国产量的一半（杨彩霞，2017；高伟，2011）。

阳春砂仁具兼性自交繁育系统，但昆虫传粉下的异交能显著提高砂仁结实（高伟，2011）。砂仁道地产区（广东）记载多种传粉者（冯明开，1981；张文庆等，2006）。从地理区域来看，云南热区虽然气候条件与原产区相似，但传粉昆虫种库（species pool）并不一致。因此，砂仁在新产区传粉媒介可能成为阳春砂仁结果结实的限制因子，生产上需要考虑其传粉媒介。同时，云南阳春砂仁种植区近年来土地类型发生较大变化，大量热带雨林被转换成橡胶林、香蕉林和农田。土地类型的转换可能影响传粉昆虫多样性，从而影响授粉服务，干扰砂仁的产量以及药效成份的形成。目前，传粉昆虫对农林植物结实和产量的重要性已有普遍的认识，但传粉昆虫对中药材的药效成份的影响作用还未受到足够重视。由于我国云南热带区域砂仁种植区景观动态同砂仁药效形成的关系并不清楚，本文在总结已有的研究结论上，提出砂仁种植区景观管理的重要性，为保障云南砂仁科学种植提供思路。

## 1 云南砂仁传粉者

阳春砂仁道地产区的广州传粉昆虫以黄绿彩带蜂 *Nomia strigata* Fabrioius 和中华蜜蜂 *Apis cerena* Fabricius 为主，也包含黄胸彩带蜂 *Nomia thoracica* Smith、弯足彩带蜂 *Nomia curvipes* Fabricius、木蜂 *Xylocopa* spp.、拟小突切叶蜂 *Megachile disjunctiformis* Cockerell、海南回条蜂 *Habropoda hainanensis* Wu、绿条无垫蜂 *Amegilla zonata*（L.）、褐胸无垫蜂 *Amegilla mesopyrrha*（Cockerell）、中国四条蜂 *Tetralonia chinensis* Smith 等其它十余种野生蜂（冯明开，1981；张文庆等，2006；高伟，2011）。但在云南哀牢山以南的种植区，砂仁传粉者主要是大蜜蜂 *Apis dorsata* Fabricius 和中华蜜蜂，偶见其它访花者（朱涛等，1989；彭建明等，2012；郭岩伟等，2018）。由此可见，原产区和新种植区传粉昆虫类群发生较大变化，砂仁能否在新种植区成功授粉受精是种植者和政策制定者们需要关注的问题。

### 1.1 大蜜蜂

大蜜蜂分布区包括我国云南、广西和广东以及东南亚若干国家，喜在高大树木和岩壁中筑巢，偶见于建筑物体中（杨培等，2018；Misra *et al.*，2017）。大蜜蜂食性广，蜜粉源搜索时间长，农林生态系统中包括砂仁在内的多种开花植物可为其提供蜜粉源（匡邦郁，1988）。大蜜蜂单个蜂群数量可达数十万，同时容易发生群聚现象（aggregation），因而对环境中食物资源具较高需求。当食物资源匮乏时，迁飞性较强的大蜜蜂可在生态系统中多次迁移（匡邦郁，1988；曹联飞，2012）。由此可见，大蜜蜂种群数量与环境变化紧密相关。

景观变化可以通过改变大蜜蜂蜜粉源资源和筑巢资源调节大蜜蜂种群数量。热带雨林转变为纯橡胶林和香蕉林后，开花野生植物多样性下降，大蜜蜂可利用的野生蜜源植物资源下降。但是，在另一方面，橡胶树叶分泌蜜液，花朵提供花粉，可能为大蜜蜂提供食源（董霞和解培惠，1995）。因此，就食物资源来说，单一种植橡胶林对大蜜蜂的影响可能十分复杂。同时，热带雨林向纯橡

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

胶林和香蕉林转变，也可能降低大蜜蜂筑巢资源。由于大蜜蜂偏好高大乔木筑巢（Thomas *et al.*，2009），香蕉林不能为大蜜蜂提供筑巢环境，橡胶林受割胶等人为活动的干扰而难于提供大蜜蜂的筑巢环境。因此，香蕉林和橡胶林的扩张可能降低大蜜蜂食物资源和筑巢资源（Pavageau *et al.*，2017；Matias *et al.*，2018）。此外，农业耕作活动，尤其是化学农药和化肥的施用，同样对大蜜蜂种群数量产生影响。伴随高强度农业耕作，化学农药和除草剂广泛施用，对直接接触这些有机物的大蜜蜂可能具有毒杀作用。研究表明，胸背板接触化学农药的大蜜蜂在 1 h 内红血细胞数量显著下降（Perveen and Ahmad，2016）。由此推测，频繁接触这些化学物质对访花的大蜜蜂有致死作用。虽然土地类型变化将对云南砂仁种植区大蜜蜂种群数量可能产生较大影响，但是目前我们仍然缺乏研究来证实这种影响是否存在。

### 1.2　中华蜜蜂

中华蜜蜂广泛分布于亚洲的温带和热带区域（丁桂玲和安建东，2018）。云南阳春砂仁种植区位于中华蜜蜂分布范围之内，中华蜜蜂可为阳春砂仁传粉（冯明开，1981；彭建明等，2012）。中华蜜蜂为多食性昆虫，访问包括砂仁在内的多种植物的花朵。在自然界中，中华蜜蜂喜在岩缝和树枝中筑巢。目前，中华蜜蜂已能人工饲养，被蜂农和当地居民用于收割蜂蜜等蜂产品。在生态系统中，人工饲养蜜蜂和野生蜜蜂可能同时存在。

中华蜜蜂对土地类型的转变表现出多样的响应规律，部分生态系统中中华蜜蜂访花频率随自然半自然环境的变化而减少，而部分生态系统中中华蜜蜂访花频率并不受自然半自然生境的影响，甚至同一地点的不同时间尺度上也可能存在差异（Xie and An，2014；Xie *et al.*，2019）。这种差异源于生态系统中中华蜜蜂来源的多样性。田间观察到的中华蜜蜂即可能来源于野生中华蜜蜂，也可能来源于人工饲养蜂。人工饲养蜂增加生态系统中中华蜜蜂数量，干扰了野生中华蜜蜂对自然半自然生境的响应（Xie *et al.*，2019）。从结果上来看，部分生态系统中中华蜜蜂多度（或访花频率）并不随土地类型变化而变化。

虽然人工饲养的中华蜜蜂受景观变化的影响较少，但土地类型变化对野生中华蜜蜂却可能存在重要作用。例如，在椰子林中筑巢的中华蜜蜂生长受到拟制，导致子代生长达不到预期尺寸（Oldroyd and Nanork，2009）。理论模型表明，当景观中自然半自然生境下降时，野生蜜蜂数量和传粉服务可能减少（Joseph *et al.*，2019）。基于西方蜜蜂和东方蜜蜂存在相似的生活史和栖境，可以推测中华蜜蜂对自然半自然生境的变化存在类似的规律。研究已证实，西方蜜蜂引入我国后，东方蜜蜂在同西方蜜蜂竞争过程中逐渐失去生态优势，原地理分布范围收缩了 2/3，间接表明中华蜜蜂对入侵竞争者（如比西方蜜蜂）仍处于劣势，东方蜜蜂易于受到环境变化的干扰（杨冠煌，2005）。就云南砂仁种植区来说，橡胶林和香蕉林引起的景观变化对中华蜜蜂的蜜粉源和筑巢资源产生的影响目前还不清楚，需要更多野外实验来揭示这些变化。

### 1.3　其它传粉蜂

大蜜蜂和中华蜜蜂是云南砂仁主要传粉者，但在该区域也报道其它访花者（郭岩伟，2018）。比如，在云南猛崙蓝彩带蜂和绿条无垫蜂也访问砂仁；但从访花频率来看，这些访花者可能并不是云南砂仁优势传粉者（郭本森等，1980）。笔者前期野外调查表明，部分生态系统中小蜜蜂偶尔访问砂仁花朵。就目前研究来看，我们对这些传粉者的生活史以及它们在景观中的变化规律知之甚少。

## 2　砂仁的药效成份

砂仁果实中化学成份可简单划分为挥发物和非挥发物，两者对大鼠肠胃病具有治疗作用（杨彩霞，2017；陈珠，2017）。砂仁的挥发油由乙酸龙脑酯、樟脑、龙脑、D-柠檬烯、异蒲勒醇、β-松油烯、莰烯、β-侧柏烯、β-月桂烯、α-水芹烯、1-甲基-4，4-环己二烯等化学物质组成，其中乙酸龙脑酯和樟脑占比超过 70%（杨彩霞，2017）。非挥发油成份十分复杂，组份可达 30～40 种（杨彩霞，2017）。

研究表明，用砂仁挥发油和乙酸龙脑脂处理感病的大鼠和小鼠，均能治疗醋酸性胃溃疡和腹泻等疾病，调节肠道微生物群落（李晓光等，2001；闫瑶等，2013；邓海丹等，2019）。因此，部分学者认为乙酸龙脑酯和樟脑是砂仁果实最重要的药效成份，其中乙酸龙脑酯含量可用于量化砂仁品质（吴晓松等，2004；李晓光等，2001；邓海丹等，2019；Ao *et al.*，2019）。《中国药典》

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(2015 年版) 对砂仁中乙酸龙脑脂的含量做出明确规定，按干品算其含量不得低于 0.90%。由此可见，通过测定乙酸龙脑脂的含量可以评价砂仁产品质量 (Ao *et al.*，2019)。

在云南，大蜜蜂和中华蜜蜂林间访花行为增加不同植株的花粉传播机会，提高砂仁异花授粉概率。花粉在柱头萌发，子房随后膨大，果实形成并逐渐长大，期间砂仁挥发物和非挥发物成份逐渐形成 (张振珏，1985)。研究表明，阻碍昆虫传粉后，砂仁结实率显著下降 (郭岩伟等，2018；彭建明等，2012)。由此可推测，昆虫授粉可能在“质”和“量”两方面影响砂仁药效成份。就“质”而言，昆虫传粉可能提升砂仁果实单位重量中乙酸龙脑脂和樟脑等药效成份的含量；反之，缺失昆虫传粉砂仁药效成份不能生长发育，或者果实中单位重量的药效成份含量降低。对其它植物的研究表明，昆虫传粉可以提高果实中维生素 C 等微量元素含量，提升果实的市场价格，影响果实的品质 (Eilers *et al.*，2011；Klatt *et al.*，2014)。就“量”而言，药效成份含量同砂仁重量可能存在正相关关系，授粉条件下砂仁果实重量提升，单果的药效成份含量相应提高 (Klien *et al.*，2007)。因此，异花传粉过程是砂仁药效成份形成的重要影响因素。从砂仁高效生产的重要性来看，需要管理生态系统中砂仁花粉传播的载体。

## 3 云南砂仁种植区景观变化

云南砂仁种植区位于云南热带区域，该区域同时是我国生物多样性丰富区域。砂仁种植区气候类型属于热带雨林或常绿阔叶林，气候湿润、高温多雨，森林覆盖率高。但近几十年来，随着人口增长，人类活动加剧，该区域热带雨林和常绿阔叶林面积发生较大变化，大量热带雨林转换为橡胶林、耕地以及其它非森林植被，引起该区域景观变化。其中，单一种植的橡胶林取代热带森林，降低野生蜂自然半自然生境的数量 (Beckschäfer，2017)。比如，2015 年西双版纳橡胶林达到 43 万 ha，约占该区域土地面积的 23% (高书鹏，2018；Beckschäfer，2017)。土地类型变化对热带雨林传粉昆虫多样性产生重要影响，成熟橡胶林 (大于 8 龄) 引起传粉昆虫多样性下降 (Liu *et al.*，2017)。

在生态系统内，砂仁多栽种于农耕区内，或者位于农耕区与森林植被的交界处。研究表明，社会性传粉蜂多筑巢于自然半自然生境 (如树林)，自然半自然生境的消失容易引起社会性传粉蜂多样性和多度的下降 (Winfree *et al.*，2009；William *et al.*，2010)。景观变化 (如自然生境降低) 可能降低砂仁传粉昆虫多度和传粉服务功能，不仅降低砂仁果实的结实率和重量，而且还可能影响砂仁的药效成份和含量的形成。因此，云南砂仁产区的景观变化可能通过调节传粉昆虫多样性或多度途径影响砂仁的产量和品质。在果实形成过程中，如不能保障授粉需求，砂仁主要药效成份 (如乙酸龙脑酯、樟脑和龙脑等) 的形成和含量可能受到影响。

## 4 建议

具体到特定的砂仁样地，砂仁药效成份的形成和含量不仅同砂仁是否充分受粉授精相关，还受砂仁立地条件和砂仁品种的影响。其它经济作物模型的研究结论也支持农作物产量受昆虫授粉、立地条件和品种多种因素影响的观点 (Klein *et al.*，2015)。普遍的观点认为，昆虫授粉是激发植物结实的必要过程，授粉过程发生后，其它因子 (如立地条件和品种差异) 才影响结实发育。由此可见，通过实验设计和田间控制，可以排除或降低其它因子对药效成份形成的干扰，有效揭示出昆虫授粉过程对砂仁药效成份的影响。为揭示昆虫传粉对砂仁药效成份的影响，需要综合考虑其它环境因子的作用。

基于已有的研究结论，从砂仁授粉需求的角度来看，本研究提出景观动态对云南砂仁药物成份形成的重要性。虽然理论上提出景观变化对砂仁药效成份影响的理论假设，但还不清楚不同环境下砂仁药效成份的形成情况，这些科学问题需要更多田间研究工作加以验证。在生产应用中，为保障砂仁的结实，应重视生态系统景观动态和砂仁传粉需求。更多的研究有助于我们深入了解景观变化同砂仁药效成份的内在关系。

### 参考文献 (References)

Ao H，Wang j，Chen L，*et al.* Comparison of volatile oil between the fruits of *Amomum villosum* Lour. and *Amomum villosum* Lour. var. *xanthioides* T. L. Wu et Senjen based on GC – MS and chemometric techniques [J]. *Molecules*，2019，24：1663.

Beckschäfer P. Obtaining rubber plantation age information fromvery

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

dense Landsat TM & ETM + time series data and pixel – based image compositing [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 196: 89 – 100.

Cao LF. Phylogenetic Analysis of Honeybees and Genetic Differentiation of Chinese *Apis dorsata* Fabricius [D]. Hangzhou: Zhejiang University Ph. D Thesis, 2012. [曹联飞. 蜜蜂属系统发育及中国大蜜蜂遗传分化研究 [D]. 杭州: 浙江大学博士论文, 2012]

Chen Z. Therapentic Effect and Mechanism of *Amomum villosum* on Inflammatory Bowel Disease in Rats [D]. Kunming: Yunnan University of Traditional Chinese Medicine Master Thesis, 2017. [陈珠. 砂仁对炎症性肠病大鼠的治疗作用及其初步机理研究 [D]. 昆明: 云南省中医药大学硕士论文, 2017]

Deng HD, Zhang DW, Zhu H, *et al*. Protective effects of *Amomum longiligulare* on acetic – acid induced gastric ulcer in rats and its mechanisms [J]. *Hainan Medical Journal*, 2019, 30 (12): 1497 – 1500. [邓海丹, 张大维, 朱虹, 等. 海南砂仁对醋酸致大鼠胃溃疡的保护作用及机制研究 [J]. 海南医学, 2019, 30 (12): 1497 – 1500]

Ding GL, An JD. Invasive population establishment of Asian honeybee *Apis cerana* [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 30 (2): 703 – 710. [丁桂玲, 安建东. 东方蜜蜂入侵群体的建立机制 [J]. 应用生态学报, 2018, 30 (2): 703 – 710]

Dong X, Xie PH. Research and exploitation on rubber tree bee plants in Yunnan Province [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 1995, 10 (1): 52 – 56. [董霞, 解培惠. 云南的橡胶树蜜源及其开发利用研究初报 [J]. 云南农业大学学报, 1995, 10 (1): 52 – 56]

Eiler EJ, Kremen C, Greenleaf SS, *et al*. Contribution of pollinator – mediated crops to nutrients in the human food supply [J]. *PLoS ONE*, 2011, 6 (6): e21363.

Feng KM. A preliminary study on fruit development of *Amomum villosum* Lour in mountainous region [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 1981, 1 (2): 6 – 8. [冯明开, 1981. 提高山区春砂仁结果问题的初步研究 [J]. 中药材科技, 1 (2): 6 – 8]

Gao SP. Research on Identification Method of Rubber Plantations in Yunnan Province Based on Spatio – temporal Data Fusion Technique [D]. Kunming: Yunnan Normal University Master Thesis, 2018. [高书鹏. 2018. 基于时空数据融合技术的云南省橡胶林识别方法研究 [D]. 昆明: 云南师范大学硕士论文, 2018]

Gao W. A Preliminary Study on the Characteristics of Reproductive Biology of *Amomum villosum* Lour [D]. Guangzhou: Guangzhou University of Chinese Medicine, Master Thesis, 2011. [高伟, 药用植物阳春砂生殖生物学特性初步研究 [D]. 广州: 广州中医药大学硕士论文, 2011]

Guo BS, Chen YW, Wang WF. Preliminary study on the flowering habit and fruit setting of *Amomum villosum* var. *xanthioides* and *A. villosum* [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 1980, 2 (4): 459 – 467. [郭本森, 陈银武, 汪婉芳. 绿壳砂仁和阳春砂仁开花结实生物学特性的初步研究 [J]. 云南植物研究, 1980, 2 (4): 459 – 467]

Guo YW. Study on Flowering Characteristic and Pollinating Insects of *Amomum villosum* in Jinping County of Yunnan [D]. Kunming: Yunnan University of Traditional Chinese Medicine Master Thesis, 2018. [郭岩伟. 云南金平阳春砂仁开花特性与授粉昆虫的研究 [D]. 昆明: 云南省中医药大学硕士论文, 2018]

Guo YW, Peng YQ, Yang P, *et al*. Pollinators of *Amomum villosum* and their pollination efficiency in Jinping County, Yunnan [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2018, 41 (9): 2048 – 2052. [郭岩伟, 彭艳琼, 杨培, 等. 云南金平县阳春砂仁传粉昆虫与传粉效率研究 [J]. 中药材, 2018, 41 (9): 2048 – 2052]

Joseph J, Santibáñez F, Lagunab MF, *et al*. The role of landscape structure on the pollination service of *Apis mellifera* [J]. *arXiv*, 2019, DOI: arXiv: 1907. 08481.

Klatt AK, Holzschuh A, Westphal C, *et al*. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2014, 281: 20132440.

Klein AK, Hendrix SD, Clough Y, *et al*. Interacting effects of pollination, water and nutrients on fruit tree performance [J]. *Plant Biology*, 2015, 17 (1): 201 – 208.

Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, *et al*. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2007, 274: 303 – 313.

Kuang BY, Li YQ. Comparison of the biology of six honeybee species [J]. *Apicultural Science and Technology*, 1988, 1: 12 – 14. [匡邦郁, 李有泉. 六种蜜蜂的生物学比较研究 [J]. 养蜂科技, 1988, 1: 12 – 14]

Li XG, Ye FQ, Xu HH. Study on pharmacological effects on bornyl acetate in volatile oil of *Amomum villosum* [J]. *West China Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2001, 16 (5): 356 – 358. [李晓光, 叶富强, 徐鸿华. 砂仁挥发油中乙酸龙脑酯的药理作用研究 [J]. 华西药学杂志, 2001, 16 (5): 356 – 358]

Liu XW, Chesters D, Dai QY, *et al*. Integrative profiling of bee communities from habitats of tropical southern Yunnan (China) [J]. *Scientific Reports*, 2017, 7: 5336.

Matias DM, Borgemeister C, Wehrden HV. Ecological changes and local knowledge in a giant honey bee (*Apis dorsata* F.) hunting community in Palawan, Philippines [J]. *Ambio*, 2018, 47 (8): 924 – 934.

Misra TK, Pahari S, Murmu S, *et al*. Nesting behavior of the giant honeybees *Apis dorsata* occurring in Jhargram, west Bengal, India [J]. *Proceedings of the Zoological Society*, 2017, 70 (2): 194 – 200.

Oldroyd BP, Nanork P. Conservation of Asian honey bees [J]. *Apidologie*, 2009, 40 (3): 296 – 312.

Pavageau C, Gaucherel C, Garcia C, *et al*. Nesting sites of giant honeybees modulated by landscape patterns [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2018, 55 (3): 1230 – 1240.

Peng JM, Li RY, Li Y, *et al*. Study on pollination characteristics and pollinating insects of *Amomum villosum* [J]. *Journal of Yunnan University of Traditional Chinese Medicine*, 2012, 35 (4): 51 – 55. [彭建明, 李荣英, 李戈, 等. 阳春砂仁授粉特性与传粉昆虫的研究 [J]. 云南中医学院学报, 2012, 35 (4): 51 – 55]

Perveen N, Ahmad M. Toxicity of some insecticides to the haemocytes of

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

giant honeybee, *Apis dorsata* F. under laboratory conditions [J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2017, 24: 1016 – 1022.

Thomas SG, Verghese A, Roy P, *et al.* Characteristics of trees used as nest sites by *Apis dorsata* (Hymenoptera, Apidae) in the Nilgiri Biosphere Reserve, India [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 2009, 25 (5): 559 – 562.

Williams NM, Crone EE, Roulston TH, *et al.* Ecological and life – history traits predict bee species responses to environmental disturbances [J]. *Biological Conservation*, 2010, 143: 2280 – 2291.

Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP, *et al.* A meta – analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance [J]. *Ecology*, 2009, 90 (8): 2068 – 2076.

Wu XS, Xiao F, Zhang ZD, *et al.* Research on the Analgesic effect and mechanism of bornyl acetate in volatile oil from *Amomum villosum* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2005, 28 (6): 505 – 507. [吴晓松, 肖飞, 张志东, 等. 砂仁挥发油中乙酸龙脑酯的镇痛作用及其机制研究 [J]. 中药材, 2005, 28 (6): 505 – 507]

Xie Z, An J. The effects of landscape on bumblebees to ensure crop pollination in the highland agricultural ecosystems in China [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2014, 138 (8): 555 – 565.

Xie ZH, Wang JM, Pan DD, *et al.* Landscape – modified concentration effect and waylaying effect of bees and their consequences on pollination of mass – flowering plants in agricultural ecosystems [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2019, 280 (1): 24 – 34.

Yang CX, A Comparative Study on the Chemical Composition and Main Pharmacodynamics of *Amomum villosum* Lour. Planted in Yunnan Province and *Fructus Amomi* Planted in Myanma [D]. Kunming: Yunnan University of Traditional Chinese Medicine Master Thesis, 2017. [杨彩霞. 云南产阳春砂仁与进口砂仁化学成分及主要药效学的比较研究 [D]. 昆明: 云南省中医药大学硕士论文, 2017]

Yang GH. Harm of introducing the western honeybee *Apis mellifera* L. to the Chinese honeybee *Apis cerana* F. and its ecological impact [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48 (3): 401 – 406. [杨冠煌. 引入西方蜜蜂对中蜂的危害及生态影响 [J]. 昆虫学报, 2005, 48 (3): 401 – 406]

Yang P, Peng YQ, Zhao RH, *et al.* Biological characteristics, threat factors and conservation strategies for the giant honey bee *Apis dorsata* [J]. *Biodiversity Science*, 2018, 26 (5): 476 – 485. [杨培, 彭艳琼, 赵荣华, 等. 大蜜蜂的生物学特性、面临威胁与保护策略 [J]. 生物多样性, 2018, 26 (5): 476 – 485]

Yao Y, Jin ML, Zhou L, *et al.* Regulatory effect of herbal medicine *Fructus Amomi* on antibiotic – induced intestinal flora imbalance in mice [J]. Chinese *Journal of Microecology*, 2013, 25 (9): 1040 – 1043. [闫瑶, 金美兰, 周磊, 等. 砂仁对抗生素所致肠道菌群失调小鼠调节作用的探讨 [J]. 中国微生态学杂志, 2013, 25 (9): 1040 – 1043]

Zhang WQ, Yang P, Chen D, *et al.* Flower visiting insects of *Amomum villosum* and their flower visiting and nesting behavior [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43 (3): 678 – 680. [张文庆, 杨沛, 陈东, 等. 春砂仁的访花昆虫种类及其访花和筑巢行为 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (5): 678 – 680]

Zhang ZY. Biology of hand pollination for *Amomum villosum* Lour [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 1985, 3 (1): 43 – 44. [张振珏. 阳春砂仁人工授粉的生物学基础 [J]. 植物学通报, 1985, 3 (1): 43 – 44]

Zhu T, Zhu C, Jiang KJ, *et al.* Study on A pollinator of *Amomum villosum* Lour-Eastern honeybees [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 1989, 43 (3), 678 – 680. [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): 678 – 680]

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net