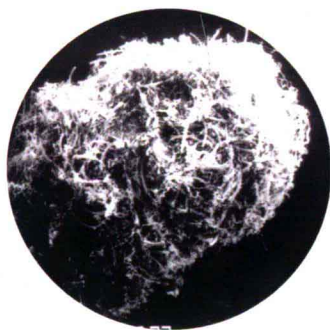


张艳峰 / 著

# 蛴虫泌蜡机制与应用外源信号分子 进行生物防治的研究



中国林业出版社

# 蚱虫泌蜡机制与应用外源信号分子 进行生物防治的研究

张艳峰 著

中国林业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

蛴虫泌蜡机制与应用外源信号分子进行生物防治的研究 / 张艳峰著. —北京: 中国林业出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-5038-6679-1

I. ①蛴… II. ①张… III. ①生物防治—研究 IV. ①S476

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 157722 号

**出版** 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

**网址** [lycb. forestry. gov. cn](http://lycb.forestry.gov.cn)

**E-mail** [forestbook@163.com](mailto:forestbook@163.com) **电话** 010-83222880

**发行** 中国林业出版社

**印刷** 北京北林印刷厂

**版次** 2012 年 7 月第 1 版

**印次** 2012 年 7 月第 1 次

**开本** 880mm × 1230mm 1/32

**印张** 5.5

**字数** 170 千字

**印数** 1 ~ 1000 册

**定价** 40.00 元

蚧虫是蚧总科 Coccoidea 昆虫的总称,全世界记录 7355 种,在分类上属昆虫纲 Insecta 半翅目 Hemiptera,分属于 25 科。除了白蜡虫(蚧科)和紫胶虫(胶蚧科)的蜡分泌物作为生物资源外,其余大多数种类是农林、果树和花卉业的重大害虫。蚧虫是昆虫纲中最特殊的一类昆虫,它们的虫体具有多种泌蜡腺体,能分泌蜡质,形成保护性的蜡壳。蚧虫一生大部分时间都隐藏在蜡壳下生活,防治十分困难。深入研究蚧虫的泌蜡腺体和蜡分泌物的超微结构和泌蜡机制,不仅对蚧虫的正确分类十分重要,而且对认识蚧虫的生理代谢、生化反应、生长发育、细胞遗传、系统发育与进化、科学防治诸方面都有重要的理论意义和应用价值。但是,这方面的研究十分缺乏。目前在世界范围内关于蚧虫蜡分泌物的研究只涉及 18 科 49 属 66 种,我国的研究报道只有 2 科 18 种,这在世界蚧虫 7000 余种中还不到 1%。

以往对蚧虫防治主要采用喷洒化学杀虫剂的方法,由于杀虫剂不能渗入蜡壳,防治难以奏效,反而污染环境,杀伤天敌昆虫,导致蚧虫再猖獗。利用捕食性和寄生性的天敌昆虫对蚧虫进行生物防治是很好的选择。但是,在蚧虫发生的林地中天敌昆虫往往有跟踪滞后和种群不稳定的问题,使蚧虫失去控制。近年来,一些研究发现外源信号物质如茉莉酸(JA)类处理植物,可以诱导植物产生对天敌昆虫具有引诱作用的挥发性化合物,增加对害虫的捕食和寄生效果,促进生物防治。然而,利用外源激素作为信号物质,诱导蚧虫寄主植物产生挥发物,引诱天敌昆虫对蚧虫进行生物防治的研究还没有报道。因此,开展这方面的研究对开辟人工调控的高效生物防治新途径将具有重要意义。

研究内容包括以下两个方面:

一方面是蚧虫泌蜡腺体的发育和蜡分泌物的超微结构与功能研究,通

过大范围采集蚧虫和定点连续多次采样、显微观察、光学显微制片、石蜡切片、显微拍照、扫描电镜技术等，详细研究了5科10属11种蚧虫的蜡分泌物和泌蜡腺体的超微结构特征及体壁构造和蜡腺细胞。

另一方面是外源信号分子诱导柿树对红点唇瓢虫的招引作用与挥发物化学成分变化的关系研究，在2007~2008年5月、7月和9月，以山西省临猗县日本龟蜡蚧 *Ceroplaste japonicus* Green 发生的柿树林作为试验点，采用“Y”型嗅觉仪、顶空收集气体装置、溶剂洗脱 GC/MS 和热脱附 GC/MS 两种分析方法研究茉莉酸甲酯 (MeJA) 处理后，柿树挥发物对红点唇瓢虫 *Chilocorus kuwanae* Silvestri 引诱效应的变化及其与挥发物化学成分变化之间的关系。分析筛选出挥发物中对红点唇瓢虫具有吸引力的有效组分，并通过单组分物质进行验证。

综上所述，通过外源信号分子的诱导，可以促进柿树释放对天敌具有引诱作用的挥发物，增加林地内化学信息素的浓度，在蚧虫发生初期就能将天敌昆虫引入林地，不断感受化学信号的刺激，使其招得来，留得住，提高捕食和寄生的效果，实现蚧虫的可持续控制。

张艳峰

2012年4月

# PREFACE

The scale insects belong to Coccoidea of Hemiptera in Insecta, and 7355 species in 25 families was recorded in the world. The majority of them are considered as pests in agricultural crops, forests, fruit trees and ornamental plants, except *Ericerus pela* and *Laccifer lacca* as beneficial resource insects for their useful wax secretions. Scale insects are some of the most unusual insects known, they possess various wax-secreting glands in the integument through which mass wax substances were secreted and formed wax covering or wax test on the surface of body. The scale insects concealed themselves in the wax covering and were protected so well that it is difficult to control them by chemical pesticides. Therefore, it is of great significance to investigate the fine structure of the wax glands and the waxy secretions as well as the wax-secreting mechanism not only for correct classification but also for deeply understanding their characteristics in biology, physiology, phylogeny and evolution and integrated control of the scale insects. Unfortunately, only 66 species in 18 families were studied on their wax secretion in the world and 18 species in 2 families in China.

In general, many insecticides were usually used to control the scale insects but the effect was not satisfying, due to the hinder of the waxes. Contrarily, insecticides brought in the environment pollution and the natural enemies death. So the biological control by applying some parasitoids and predators of the scale insects was a favourable choice. However, there are two main constraints factors in biological control. The first is the population establishment of the natural enemies usually later in the forest or orchard where the scale insects have infested for a long time. The second is the population fluctuation of

the natural enemies in the field environment.

Recent years, it was discovered that some exogenous materials such as Jasmonic acid (JA) was able to induce plants changing their volatile compositions so that natural enemies were attracted and recruited. However, few scale insects were involved in these studies on semiochemicals existing in the tritrophic levels of the scale insects-host plants-natural enemies. Therefore, it is significant to do some research in this field to develop biology control of scale insects.

In this study, we investigated in the two aspects on the control of the scale insects. Firstly, 11 species of 5 families were studied on their wax-secreting glands in integument and the wax secretions including their biodiversity, fine- and ultra-structure, development process and function by using microscopy, standard histological examination and scanning electron microscopy.

Secondly, the induced effect of the host plant persimmon trees, *Diospyros kaki* L. was studied based on both the infestation of Japanese wax scale, *Ceroplastes japonicus* Green (Hemiptera: Coccidae), a pest and the treatment of methyl jasmonate (MeJA), an exogenous signal material, to investigate whether *Chilocorus kuwanae* Silvestri (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of the wax scale response and aggregate to the induced persimmon trees and the relationship with the volatile emission of persimmon trees.

The experiments were conducted during May, July and September in 2007 and 2008 in the two persimmon orchards located at Linyi County of Shanxi Province in China. The change of tropism response of *C. kuwanae* and the relation with the variety of chemical compositions of the volatile samples were studied by using Y-tube olfactometer, the headspace volatile trapping instrument, Gas Chromatograph/Mass Spectrometry (GC/MS) and by Thermal-Desorption Cold Trap-Gas Chromatograph/Mass Spectrometry (TCT-GC/MS).

In summary, application of exogenous signal molecule could induce the persimmon trees to emit more volatiles that attract the natural enemies, en-

hance the quantities of semichemicals. Based on that, the natural enemies could be attracted into the orchards in the early time of scale insects infestation where the natural enemies accepted the stimulation from the semichemicals. Consequently, the natural enemies not only could be attracted but also be kept there and biological control of the scale insects would be accomplished.

Zhang Yanfeng

April, 2012



前 言

PREFACE

第 1 篇 概 述

- 一、蚧虫及它的经济价值 ..... (1)
- 二、蚧虫泌蜡腺体和蜡分泌物超微结构的研究 ..... (4)
- 三、外源信号分子在蚧虫生物防治上的应用 ..... (6)
- 四、本研究的内容、目的和意义 ..... (10)

第 2 篇 蚧虫泌蜡腺体的发育和蜡分泌物的超微结构与功能

- I 材料与方法 ..... (13)
  - 一、蚧虫的采集 ..... (13)
  - 二、玻片标本的制备和虫种鉴定 ..... (13)
  - 三、蜡腺和蜡分泌物超微结构的扫描电镜(SEM)观察 ..... (14)
  - 四、体壁组织石蜡切片的制备与观察 ..... (14)
  - 五、试验用蚧虫种类 ..... (15)
- II 研究结果 ..... (17)
  - 一、蚧科昆虫的蜡腺及蜡分泌物 ..... (17)
    - (一)日本龟蜡蚧 *Ceroplastes japonicus* Green ..... (17)
    - (二)褐软蚧 *Coccus hesperidum* L. .... (24)
    - (三)柑橘盔蚧 *Parasaissetia citricola* (Kuwana) ..... (29)
    - (四)日本纽棉蚧 *Takahashia japonica* Cockerell ..... (31)
    - (五)锡金伪棉蚧 *Pseudopulvinaria sikkimensis* Atkinson ... (34)

二、粉蚧科昆虫的蜡腺及蜡分泌物 .....	(36)
(一)白蜡绵粉蚧 <i>Phenacoccus fraxinus</i> Tang .....	(36)
(二)康氏粉蚧 <i>Pseudococcus comstocki</i> (Kuwana) .....	(52)
三、珠蚧科昆虫的蜡腺及蜡分泌物 .....	(57)
(一)澳洲吹绵蚧 <i>Icerya purchasi</i> Maskell .....	(58)
(二)埃及吹绵蚧 <i>Icerya aegyptiaca</i> (Douglas) .....	(61)
四、毡蚧科及胭脂蚧科昆虫的蜡腺及蜡分泌物 .....	(66)
(一)柿白毡蚧 <i>Asiacornococcus kaki</i> (Kuwana) .....	(66)
(二)胭脂蚧 <i>Dactylopius confusus</i> (Cockerell) .....	(72)
III 讨 论 .....	(77)
IV 本篇总结 .....	(80)
一、结 论 .....	(80)
二、创新点 .....	(83)

### 第3篇 应用外源信号分子在蚧虫 生物防治上的研究

I 材料和方法 .....	(86)
一、红点唇瓢虫对柿树不同味源的趋性反应 .....	(86)
(一)林地条件 .....	(86)
(二)试验时间 .....	(86)
(三)样树的 MeJA 处理和枝叶的采集 .....	(87)
(四)红点唇瓢虫的采集 .....	(87)
(五)红点唇瓢虫对柿树新鲜枝叶的趋性试验方法 .....	(87)
(六)红点唇瓢虫对柿叶粗提物的趋性试验方法 .....	(88)
(七)应用 MeJA 增加红点唇瓢虫在林间的种群密度的 方法 .....	(88)
二、外源信号 MeJA 诱导的柿树挥发物化学成分变化 .....	(89)
(一)柿树挥发物成分的季节、昼夜、剂量变化和持续 效应的试验设计 .....	(89)
(二)柿树挥发性气体的收集方法 .....	(90)
(三)挥发物化学组分分析的两种方法 .....	(90)

(四)红点唇瓢虫对单组分味源的趋性试验方法 .....	(92)
<b>II 研究结果</b> .....	(92)
一、红点唇瓢虫对不同味源的趋性反应结果 .....	(92)
(一)7月份红点唇瓢虫的趋性反应结果 .....	(92)
(二)9月份红点唇瓢虫的趋性试验结果 .....	(96)
(三)红点唇瓢虫对柿树挥发物粗提物的趋性反应 .....	(100)
(四)应用 MeJA 处理柿树提高红点唇瓢虫在林间的种群 密度 .....	(100)
二、MeJA 诱导柿树挥发物成分的变化与红点唇瓢虫趋性 之间的关系 .....	(101)
(一)不同季节的影响 .....	(101)
(二)昼夜变化的影响 .....	(118)
(三)不同剂量的影响 .....	(126)
(四)持续时间的影响 .....	(129)
(五)红点唇瓢虫对单组分味源的趋性试验 .....	(138)
<b>III 讨 论</b> .....	(139)
<b>IV 本篇总结</b> .....	(144)
一、结 论 .....	(144)
二、创新点 .....	(146)
<b>参考文献</b> .....	(149)

# 第 1 篇

## 概 述

### 一、蚧虫及它的经济价值

蚧虫，又称介壳虫，在分类上属昆虫纲 Insecta、半翅目 Hemiptera，蚧总科 Coccoidea，据 Ben-Dov 和 Miller (2008) 统计全世界记录 25 科 7355 种<sup>[1]</sup>，据汤枋德(1991)统计我国蚧虫已知有 20 科 700 余种<sup>[2]</sup>，除了我国著名的白蜡虫(属蚧科 Coccidae)和紫胶虫(属蚧胶科 Lacciferidae)作为资源昆虫早在 13 世纪就被人工开发开始应用外<sup>[3]</sup>，其余大多数种类是世界性农林、果树、花卉和观赏植物的重要害虫<sup>[4-6]</sup>。

在同翅类中与蚧虫亲缘关系最近缘的昆虫类群是蚜虫(蚜虫总科 Aphidoidea)、粉虱(粉虱总科 Aleyrodoidea)和木虱(木虱总科 Psylloidea)(图 1-1)<sup>[7]</sup>。这 3 个类群除了在形态学、生物学及生态学特性上与蚧虫有很多相同或相近的特点外，在虫体分泌蜡质方面也有很多相似之处，都可以在虫体表面分泌蜡质<sup>[8]</sup>。比较而言，蚧虫是泌蜡量最多，泌蜡腺体和蜡分泌物的多样性最为丰富的一类<sup>[15]</sup>。在蚧总科，根据虫体结构的进化程度分为古蚧类 Palacocomorpha 和新蚧类 Neococomorpha 两大群。其中盾蚧科 Diaspididae、粉蚧科 Pseudococcidae 和蚧科 Coccidae 为虫种最多的三大科<sup>[9]</sup>。

蚧虫是昆虫纲中最特殊的一类昆虫，它们的特殊性表现在以下几个方面<sup>[5]</sup>：

(1)雌雄二型，雌成虫和雄成虫在形态学上有很大的差异。从卵孵化出的若虫，一般体为扁平的椭圆形和近圆形，体分节明显。进入 2 龄或 2 龄后期，雌雄分化，雌虫发育形状基本保持若虫的体型，只是更

大、更鼓起，无翅。到了成虫期这种雌雄异型的特化达到顶点。雄性由若虫发育为预蛹、蛹、成虫。雄成虫体型小而状如蚊，具前翅一对，后翅退化为平衡棒。

(2)泌蜡腺体与蜡壳的多样性，蛭虫体壁分布有多种腺体，数量很多，在发育过程中分泌大量蜡质，在虫体表面形成不同形状的蜡壳和蜡被。盾形介壳，主要由盾蛭科 *Diaspididae* 等类群的虫体分泌形成，质地薄而硬化，它是蛭虫蜡壳中最特化的一种，由虫体表面的泌蜡和各个龄期的蜕皮共同形成；固定形状的厚蜡壳，主要有蛭科 *Coccidae* 的蜡蛭类、胶蛭科 *Lacciferidae* 和壶蛭科 *Cerococcidae* 等类群的虫体分泌形成，此类蜡壳是蛭总科虫体中分泌蜡质最多的类型，蜡分泌物可占到虫体总重量的 58% ~ 98%；薄层半透明蜡壳，这种蜡壳主要由蛭科的软蛭类和其他类群幼期的虫体分泌形成；厚的粉状蜡被，在粉蛭科 *Pseudococcidae* 最为典型，虫体分泌出的蜡质为粉末状，在虫体表面堆积形成一定形状的蜡被层，此类蜡壳与蛭科的蜡蛭类相比，泌蜡量相对较少；毡囊状蜡壳，此类蜡壳主要由毡蛭科 *Eriococcidae* 虫体分泌产生，状如毡片，常为圆球形，虫体包裹其中；卵囊，在珠蛭科 *Margarodidae*、蛭科 *Coccidae* 和粉蛭科 *Pseudococcidae* 等类群，蛭虫产卵期由雌成虫分泌大量细蜡丝和蜡粉，黏连成长条形的袋状蜡囊，雌成虫将卵产于囊中，起到保护卵粒的作用。如此大量的蜡分泌物和多变的表现形式，足以说明它们在蛭虫的整个生命过程中具有重要意义，已远远超过次生代谢物的概念，成为蛭虫身体一个不可缺少的组成部分。

(3)两种变态类型，蛭虫变态属于不完全变态类型 (*Incomplete metamorphosis*)，雌虫发育经卵期、若虫期、成虫期 3 个阶段，属不完全变态的渐变态 (*Paurometabola*)；而雄虫则经卵期、若虫期、预蛹-蛹期、成虫期，完成一个世代，其变态过程有一个蛹期，幼期翅在体外发生，为过渐变态 (*hyperpaurometamorphosis*)。

(4)生物学特殊性，蛭虫营有性生殖和孤雌生殖两种生殖，孤雌生殖方式就存在 7 种现象，生殖方式的多样性是蛭虫为了适应自然恶劣环境和扩大分布的一种本能反应；蛭虫雌成虫产卵繁殖，孵化后为 1 龄若虫，而有些种类如褐软蛭是以卵胎生方式生殖，卵在母体内发育完成，产出时即为若虫；生殖力强，1 个雌成虫产卵量常在数十粒到数千粒不

等,日本龟蜡蚧平均产卵量为1200粒。

(5)刺吸取食与固定危害,蚧虫一生大部分虫态和虫期都是营固定寄生,只有初孵若虫爬行扩散到寄生部位上去,一旦口器刺入寄主组织内,大多数雌蚧虫终生不动,危害期较长,直到产卵完毕死去。雄虫则在羽化后靠飞行寻雌交配,寿命仅1~2d。由蚧虫排泄的蜜露还可导致霉污严重,阻碍树体的光合作用和呼吸作用。

蚧虫的这些特点导致了其对外界不利条件的干扰具有很强的抵御能力,使天敌捕食和病原物入侵受到障碍。由于化学药剂不能渗透蜡壳,使防治很难奏效。特别在现代,随着全球气候反常,生态恶化,环境污染加剧,蚧虫的抗逆性强、繁殖力大,成活率高的生存优势表现的更加突出,它们的入侵和泛滥,常会对相关产业造成毁灭性的灾难。如澳洲吹绵蚧 *Icerya purchasi* Maskell 于19世纪后期侵入美国加利福尼亚州后,给该州柑橘业带来毁灭性的灾难,造成巨大的经济损失<sup>[10]</sup>;松突圆盾蚧 *Hemiberlesia pitysofila* Takagi 近十几年在我国广东省大面积毁灭马尾松林<sup>[11]</sup>;日本龟蜡蚧 *Ceroplastes japonicus* Green 严重危害我国北方重要的经济果树,特别在枣林和柿树林发生严重,造成经济损失巨大。在山西的中南部,如临汾、闻喜、运城、临猗、万荣等地,大面积的柿林受害严重,林内虫枝累累,树势衰弱,果实减产近7成,很多果树甚至不结果,濒临死亡<sup>[12]</sup>。

根据蚧虫向新栖息地扩散的途径是随寄主由人为传带方式为主,到新生地适应力强,能很快形成种群优势,造成严重危害,并且防治困难的特点,国际贸易中各国都以法规的方式将蚧虫列入检疫对象,严格控制其传播。各国根据本国的农林业的生产和蚧虫的发生,对不同进出口的农林产品都有专门的蚧虫检疫对象。我国森林植物检疫对象(1996年修订版)有35种森林植物病虫害,其中包括4种蚧虫<sup>[13]</sup>。随着经济全球化,国际的农林苗木、花卉,水果的贸易量越来越大,为蚧虫传播提供了机会,使蚧虫检疫和控制的更加艰巨。

## 二、蚧虫泌蜡腺体和蜡分泌物超微结构的研究

基于蚧虫蜡分泌物的特殊性, 科学界很早就对此予以关注, 并在 20 世纪前期作了不少观察和研究工作, 其中 Chibnall 等<sup>[14]</sup>对蜡蚧的蜡分泌物的化学研究是比较好的代表。但对蜡分泌物的超微结构和化学成分研究是从 20 世纪中叶以后, 随着电子显微镜和现代化学分析仪器的出现才真正开始。为了观察蚧虫身体上的细微结构, 对虫体材料处理过程是先挑选适合的标本, 用戊二醛浸泡固定, 再用二甲苯洗去虫体表面的蜡质, 为了将蜡质清洗干净, 可以将二甲苯加热, 反复漂洗虫体, 直到清洗干净后, 在真空干燥器内干燥标本, 最后将标本固定在样品台上喷金, 然后通过扫描电子显微镜观察拍照。值得注意的是, 观察虫体表面细微结构的标本处理方法对观察虫体表面蜡分泌物的结构却不能应用。前者是希望将蜡质处理清洗干净, 将虫体的腺体和毛刺等暴露出来, 后者是要保持蜡质的原始形态, 尽量不能损坏。据统计, 蚧虫虫体表面超微结构和蜡分泌物的电子显微镜 (SEM) 观察的研究报道全世界已涉及种类 18 科 49 属 66 种, 其中以虫体表面超微结构研究为主。通过这些研究, 获得了许多关于蜡分泌物及泌蜡腺体的形态结构在光学显微镜下难以观察到的新知识。主要工作有: 日本的昆虫学家 Kawai 和 Tamaki<sup>[15-18]</sup>对分布于日本的蜡蚧如伪角蜡蚧 *Ceroplastes pseudocerferus*, 日本龟蜡蚧 *C. japonicus* 和红蜡蚧 *C. rubens* 的系列研究和 20 世纪 80 年代 Hashimoto<sup>[19-20]</sup>对珠蚧科草履蚧 *Drosicha corpulenta* Kuwana 和其他几种蚧虫的研究; 法国的 Foldi<sup>[21-27]</sup>对褐软蚧 *Coccus hesperidum* L. 等、珠蚧科 Margarodida 地下类群 Porphyrophora 等 3 属 6 种的研究; 对壶蚧科 Cerococcidae 的 *Cerococcus* 等 3 属 3 种 (Foldi, 1995) 的研究; 对蚧总科 13 个科的蜡腺比较 (Foldi, 1985) 一系列工作。Hartley<sup>[28]</sup>对南非胭脂蚧科的 *Dactylopius opuntiae* 和 *D. austrinus* 的比较; Kumar, et al.<sup>[29]</sup>对粉蚧科的 *Maconellicoccus hirsutus* 研究; 毡蚧科 Eriococcidae 方面有 Waku, et al.<sup>[30]</sup>对 *Eriococcus lagerstaemiae* Kuwana 的研究; 澳大利亚的 Gullan<sup>[31-32]</sup>对澳毡蚧属 *Apiomorpha* 6 个种的比较和 Bielenin, et al.<sup>[33-34]</sup>对毡蚧科 *Gossyparia spuria* 的观察; 菲律宾的 Lit<sup>[35]</sup>对胶蚧科 Kerriidae 4 属 4 种的蜡腺的

比较(2002); Takagi<sup>[36]</sup>对旌蚱科 Ortheziidea 的观察等。

在我国关于蚱虫的早期研究主要集中在区系调查和分类,有一系列代表性专著出版,如1982年杨平澜<sup>[4]</sup>出版《中国蚱虫分类概要》;王子清<sup>[37-40]</sup>在1980、1982、1994年先后出版《常见蚱虫分类手册》、《中国农区的介壳虫》、《中国经济昆虫志》(第24册同翅目粉蚱科)、《中国经济昆虫志》(第43册同翅目蜡蚱科、链蚱科、盘蚱科、壶蚱科、仁蚱科);周尧<sup>[3,41]</sup>出版《中国盾蚱志》(第一、二、三卷)《中国昆虫学史》;1983年陈方洁<sup>[42]</sup>出版《中国雪盾蚱族》;汤枋德<sup>[2,43-48]</sup>先后出版《中国园林主要蚱虫》(第一、二、三卷)、《内蒙古蚱害考察》、《中国蚱科》、《中国粉蚱科》、《中国珠蚱科及其他》。这些著作基本上属于蚱虫基础分类,没有涉及蜡分泌物及其腺体的超微结构研究。除了陈晓鸣<sup>[49]</sup>、吴次彬<sup>[50]</sup>和 Li. C.<sup>[51]</sup>对我国白蜡虫和紫胶虫有较充分的研究之外,本研究文献查阅中仅见2000年以前的一篇,为杨平澜等<sup>[52]</sup>关于松干蚱 *Matsucoccus matsumuræ* (Kuwana) 蜡腺扫描电镜观察的报道,其他蚱虫蜡分泌物研究几乎尚属空白。谢映平<sup>[53]</sup>于2001年完成其博士论文《中国蚱科昆虫蜡分泌物及其系统学意义研究》,采用扫描电镜(SEM)、红外光谱(IR)和气质联用(GC/MS)技术,系统地研究了蚱科(Coccidae)昆虫蜡分泌物的超微结构和化学成分,在昆虫学报等刊物上先后发表了多篇论文<sup>[54-60]</sup>,并于2006年出版专著《蚱科昆虫的蜡分泌物超微结构和化学成分》<sup>[61]</sup>,该著作中报道了关于我国蚱科的15属17种蚱虫的蜡分泌物超微结构、红外光谱特征和化学成分,这项研究填补了我国在这一领域的空白,也是目前世界上对蚱虫蜡分泌物较系统研究的唯一专著。

然而综观国内外研究现状,目前存在如下问题,首先是涉及的虫种数量很少,截至目前仅涉及蚱虫昆虫66种,与蚱总科7000余种相比,还不到1%。研究虫种零散而没有规律,缺乏系统性。很难全面地了解掌握蚱虫蜡分泌物的总体特征以及在系统发生研究中的应用。其次是大多数的研究只选择雌成虫一个虫态作为材料,而蜡分泌物的超微形态不仅在不同的属种之间具有明显不同,在同种的雌雄性别之间和不同的发育龄期之间也有差别。因此,开展蚱虫泌蜡腺体、蜡分泌物的结构和泌蜡过程的研究不仅对蚱虫的正确分类,而且对认识蚱虫的生理代谢、生化反应、生长发育、生物生态、细胞遗传、系统进化、科学防治诸方面都有



重要的理论意义和应用价值。

### 三、外源信号分子在蚧虫生物防治上的应用

通常对蚧虫的防治主要采用化学杀虫剂的方法，如内吸性杀虫剂久效磷、氧化乐果，触杀性菊酯杀虫剂速灭杀丁、氯氰菊酯和乐斯本等。化学杀虫剂对蚧虫的防治效果并不理想，且使用后大量的蚧虫天敌被杀灭，还会严重污染水体、大气和土壤，并通过食物链进入人体，危害人类健康。利用生物防治虫害，就能有效地避免上述缺点，因而具有广阔的发展前途。生物防治具有不污染环境、对人和其他生物安全、防治作用比较持久、易于同其他植物保护措施协调配合并能节约能源等优点，已成为植物病虫害综合治理中的一项重要措施。利用天敌防治害虫在中国由来已久。晋代《南方草木状》中，已有利用黄猄蚁防治柑橘害虫并将蚁巢作为商品出售的记载。早期以利用捕食性天敌居多。到19世纪，利用对象逐渐扩大到寄生性天敌，并从以虫治虫扩大到以菌治虫。国际间的天敌引种较早的是1874年新西兰从英国引进十一星瓢虫以防治蚜虫；1882年加拿大从美国引进一种赤眼蜂以防治锯蜂等，都取得一定的效果。特别是1888年，美国从澳大利亚引进澳洲瓢虫防治加利福尼亚州柑橘上的吹绵蚧获得成功，挽救了濒临毁灭的柑橘种植业。这一事实不仅为生物防治赢得了空前的声誉，也为有计划地大规模开展生防工作奠定了基础。此后许多国家天敌引种成功的实例不断增加。1945年以后，由于合成有机杀虫剂的广泛使用，生物防治工作一度削弱。但随着人们对有害生物综合治理认识的提高，生物防治工作重新受到了重视，并有了进一步的发展<sup>[62]</sup>。在蚧虫的生物防治中还有很多成功的例子，如利用蚧虫的寄生蜂对其进行防治，20世纪40年代末，红蜡蚧扁角跳小蜂由于偶然引进日本，使得当时柑橘生产的主要害虫红蜡蚧受到控制，降为次要害虫而不再需要药剂防治。其他蚧虫如柑橘粉蚧和盾蚧上也都有利用寄生蜂来对其控制的相关报道<sup>[63]</sup>。

寄主植物—植食性昆虫—天敌昆虫三营养层次的互作关系及其化学信息素联系是近年来昆虫化学生态学和害虫综合防治研究的前沿领域，也是当前国际昆虫学界最活跃的研究领域之一。植物在与昆虫长期相互