

入侵种烟粉虱及其持续治理

马瑞燕 主编



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

烟粉虱是世界上蔬菜、观赏植物、棉花和烟草等经济作物上的重要害虫,近年来在我国严重爆发。本书是国内第一部系统论述烟粉虱及其持续控制理论与实践的综合性著作。内容包括:烟粉虱的形态学、生物型、生物学、生态学和入侵机理;烟粉虱的农业防治、生物防治、化学防治、物理防治及综合治理对策,其中生物防治为本书的重点。本书以“金字塔”的IPM策略为指导思想,从基本理论、原理到实践与应用实例,系统介绍了国内外该领域丰富的研究成果与最新进展,对烟粉虱的研究和防治工作具有重要意义。每章后附有大量参考文献。

本书可为科技决策与管理部门、科研人员、大专院校师生以及从事农业生产种植者与技术人员、相关产品科技开发公司提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

入侵种烟粉虱及其持续治理 / 马瑞燕主编. —北京: 科学出版社, 2005. 2

ISBN 7-03-015019-8

I. 入... II. 马... III. 粉虱科-植物虫害-防治 IV. S433.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 011422 号

责任编辑: 李 瑾 / 责任校对: 连秉亮
责任印制: 刘 学 / 封面设计: 郭大耀

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

常熟市华通印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2005 年 3 月第一次印刷 印张: 16 1/2 插页 2

印数: 1—1 500

字数: 391 000

定价: 36.00 元

山西省科技攻关项目和山西省青年基金资助

《入侵种烟粉虱及其持续治理》编辑委员会

主 编 马瑞燕

副主编 荆 英 秦 潮 张 纯

编著者 (按姓氏笔画排序)

马瑞燕 肖 春 李 唐 张 纯

荆 英 赵 飞 秦 潮 智海英

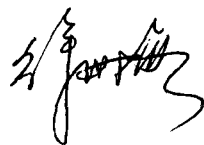
序

烟粉虱是全球农业最为重要的害虫之一。尤其是 B 生物型的烟粉虱具有寄主植物广、传播病毒的能力强、繁殖能力高、抗药性强等特点,对全球棉花及花卉、蔬菜水果的生产造成了巨大的损失。近年来由于世界贸易的快速发展、北方温室生产的大面积扩张,更是加快了烟粉虱的传播和暴发。

我国是植棉大国,保护地的生产也已构成我国农业的重要组成部分,每年又有大量的蔬菜水果和花卉进口,以及从南到北的运输,这就为烟粉虱的扩散、暴发提供了极其有利的条件。

我对烟粉虱危害的认识也是比较晚的。那是 1992 年,应美国昆虫学会之邀去讲我们对温室白粉虱的研究。那时美国刚刚经历了棉粉虱从 A 型到 B 型的突然转化,危害极其严重却束手无策。烟粉虱在全球泛滥。在这种形势下,以色列的 Dan Gerling 教授于 1995 年主持了第一届国际烟粉虱研究会。20 世纪 90 年代初我们也在国内进行了一些普查,并在武汉设点监测烟粉虱的发生和动态。调查显示,在湖北的棉田中 80% 以上的棉株上都有烟粉虱分布,发生的省份从已知的 6 个增加到了 12 个;再统观周边国家烟粉虱发生的态势,从而得出结论:烟粉虱有可能于近期在我国成为造成严重危害的害虫。当时我们很担心,却又因人力及财力限制做不了什么实质性的工作。不幸言中,不久就不断听到烟粉虱在全国一些省份大暴发的信息。

很高兴的是,现在有不少单位和同行正致力于研究烟粉虱的方方面面:生物学、生态学、暴发机制和控制策略等。今天,手中拿到了马瑞燕博士送来的厚厚的一叠书稿,十分高兴,这是我国第一本关于烟粉虱的专著。这本书系统地介绍了烟粉虱的形态学、生物型、寄主植物与危害、生态学、入侵机理、烟粉虱的农业防治、生物防治、化学防治、物理防治以及综合治理对策。本书着重介绍对烟粉虱的防治,尤其侧重于生物防治是有远见的,这也是本书的特点。此书全面地介绍了国内外对烟粉虱研究的优秀成果与最新进展,读之收益甚丰。相信对广大读者,尤其是从事植物保护的众多研究人员和管理人员,有重要参考价值,相信也会对促进烟粉虱的研究和控制做出重要的贡献。



2004 年 11 月 26 日

前 言

1889年,烟粉虱首次在希腊的烟草上发现,被 Gennadius 命名为 *Aleyrodes tabaci* (tobacco whitefly)。早在 1894 年美国就有关于烟粉虱的报道,但当时并非重要害虫,直到 1981 年该虫在美国的亚利桑那州和加利福尼亚州大发生,才引起人们的高度重视。目前烟粉虱已经成为世界农业最重要的害虫之一,其危害主要表现为:吸食植物的汁液,降低植物的活力以致枯死;分泌蜜露诱发煤污病;传播植物病毒病,使植物系统无序衰弱;还可引起一些观赏植物和蔬菜的不正常生长,降低观赏价值或栽培植物的质量。烟粉虱的寄主植物达 74 科 500 多种,繁殖率高,很容易从一种植物扩散到另一种植物而终年取食,而且具多种生物型,抗药性也不断增强,给世界各国的农业生产造成巨大的经济损失。

烟粉虱以前仅仅分布于南北纬 30°地区之间,近 20 年,商业贸易和所有地区的温室生产体系为烟粉虱的发生创造了有利条件,使其在各大洲均有分布。在我国,很长一段时间,烟粉虱还不是主要的经济害虫。但 1997 年烟粉虱在广东发生,并逐年加重;1998、1999 年相继在新疆花卉和棉花上大发生;2000 年,在北京、河北、天津、山东、山西等省市均有较大程度发生。2000 年 9~10 月间,山西省运城、临汾两地区烟粉虱种群密度罕见,无论城区或乡村,空中粉虱弥漫,迎面扑人,单叶虫量棉花为 100~200 头,西葫芦为 200~300 头,向日葵高达 400 余头。烟粉虱的猖獗成灾是我国农业生产上出现的新问题,我国对于这类害虫的防治,无论在理论上还是在实践中都缺乏充足的研究积累与技术储备。根据我国的气候特征与农业产业结构,在未来短期内,烟粉虱成为我国又一种重大害虫已毋庸置疑。

烟粉虱问题使世界农业与环境可持续治理面临着巨大的挑战。从 20 世纪 70 年代开始,一些国际农业研究中心(如 IARCs)就对烟粉虱进行了研究,90 年代美国全国就烟粉虱展开了两个五年行动计划(1991~2001),国际农业研究顾问组织(CGIAR)制定的第一项计划就是对粉虱进行综合治理(the CGIAR Whitefly IPM Project);为此,烟粉虱的讨论也成为第十四、十五届国际植物保护大会唯一单列的害虫专题,全世界科学家进行了多方面的交流。

我们在研究中注意到:国外的研究已涉及到烟粉虱的方方面面,资料相当丰富,内容也极其细致。美国多年的研究成果,已使烟粉虱由发生在南部十几个州的“超级害虫”逐渐变为零星发生和局部发生的较为次要的害虫。烟粉虱在我国已经暴发,而多数研究还主要集中于形态学、生物学及化学防治等方面,因此,国外丰富的研究成果与成功的管理经验将有良好的借鉴意义。目前关于烟粉虱文献每年呈指数级增长,但国内还未见到一本这方面的专著。鉴于全国范围内正在倾资探索治理措施,编著者希望结合我们的研究并整合国内外优秀的成果进行系统整理、编著成册,旨在把国内外优秀的持续控制烟粉虱的基本理论和实践应用介绍给大家。生物防治是持续控制策略的核心,也是本书的重点。一种重要害虫的发生,持续控制是其最终目标,有害生物综合治理计划的实施将为烟粉虱

的持续治理开拓广阔的前景。本书愿为有关科研院所、大专院校从事该领域研究的人员、农业行政决策和管理人员、科技产品开发单位以及广大一线生产者提供参考。在浩如烟海的烟粉虱研究中,我们的科研工作宛如沧海一粟,但我们愿与广大同行和读者朋友共享该领域博大而丰富的成果与快乐!

全书共分8章,图版12张,图51幅,表70个。内容包括:烟粉虱的形态学、生物学、生物型、生态学和入侵机理;烟粉虱的农业防治、生物防治、化学防治、物理防治及综合治理。全书由马瑞燕总体设计,最终统稿;编著者按姓氏笔画依次为马瑞燕、肖春、李唐、张纯、荆英、赵飞、秦潮、智海英;翻译:孔维娜、智海英;校译:肖春、李唐;摄影:荆英。由于作者的水平有限,时间仓促,一些资料还不很完备,书中不可避免地存在疏漏与不足,欢迎批评指正,以便再版臻于完善。

诚挚感谢山西省科技攻关项目(No. 031011 - 2)和山西省青年基金项目(No. 20031045)资助。

本书的完成得益于中国科学院动物研究所著名的科学家陈永林、康乐研究员的支持与鼓励,得益于中国科学院动物研究所和中国科学院科技情报中心快捷、全面的文献资料,得益于“Crop Protection”众多科学家的经典评述,得益于同事、朋友和学生们的鼎力协助与艰苦努力。在本书出版之际,我要感谢整个齐心协力、无私奉献的编辑集体,衷心感谢北京师范大学徐汝梅教授百忙之中审读作序,特别感谢耿青山、徐玉梅、王慧、田晶、康育光、陈琦等同学牺牲节假日协助完成了繁琐的文字和文献等工作。在此衷心感谢所有为本书出版作出贡献的科学家、同事、朋友和亲人们!

马瑞燕

2004年10月于太谷

目 录

序

前言

第一章 烟粉虱研究概述	1
1.1 烟粉虱的起源与分布	1
1.2 烟粉虱的分类概况	2
1.3 烟粉虱的形态特征	6
1.4 烟粉虱的生物型	12
1.5 烟粉虱的寄主植物及危害	17
1.6 烟粉虱的生物学特性	23
1.7 烟粉虱的生态学特性	25
1.8 烟粉虱的入侵机理	37
参考文献	39
第二章 烟粉虱的农业防治	42
2.1 农业防治概述	42
2.2 常用的农业防治方法	42
2.3 烟粉虱的农业防治	43
参考文献	52
第三章 生物防治(一): 寄生性天敌	57
3.1 生物防治概述	57
3.2 烟粉虱的生物防治	59
3.3 寄生性天敌概述	60
3.4 丽蚜小蜂	63
3.5 浆角蚜小蜂	80
3.6 东方蚜小蜂	81
3.7 <i>Amitus</i> 和其他寄生性天敌	82
3.8 寄生性天敌的研究现状	82
参考文献	88
第四章 生物防治(二): 捕食性天敌	94
4.1 烟粉虱捕食性天敌的概述	94
4.2 小黑瓢虫	99
4.3 刀角瓢虫	115
4.4 陡胸瓢虫	130
4.5 淡色斧瓢虫	132

4.6 几种瓢虫形态特征的比较及种间竞争	134
4.7 东亚小花蝽	145
4.8 中华微刺盲蝽	148
4.9 捕食螨	150
4.10 其他捕食性天敌	157
4.11 捕食性天敌的应用	162
参考文献	164
第五章 生物防治(三): 以菌治虫	171
5.1 概述	171
5.2 烟粉虱自然发生的虫生真菌	173
5.3 病原真菌资源	173
5.4 病原真菌的影响因子及作用	188
5.5 真菌在多种防治策略中的应用	191
5.6 商品化真菌杀虫剂的应用	195
5.7 结语	199
参考文献	200
第六章 烟粉虱的化学防治	207
6.1 概述	207
6.2 无公害农药的类型	209
6.3 治理烟粉虱常用无公害农药	211
6.4 烟粉虱的抗药性及其治理	230
参考文献	235
第七章 烟粉虱的物理防治	238
7.1 概述	238
7.2 常用的物理防治方法	238
7.3 烟粉虱的物理防治	238
参考文献	242
第八章 烟粉虱的持续治理策略	243
8.1 影响烟粉虱生物防治的主要因素	243
8.2 生物防治的未来策略	244
8.3 烟粉虱的综合治理	246
参考文献	252

第一章 烟粉虱研究概述

- 1.1 烟粉虱的起源与分布
 - 1.1.1 烟粉虱的起源
 - 1.1.2 烟粉虱的分布
 - 1.2 烟粉虱的分类概况
 - 1.2.1 粉虱分类的特殊性
 - 1.2.2 可用于昆虫分类的非形态特征
 - 1.2.3 烟粉虱的分类概况
 - 1.3 烟粉虱的形态特征
 - 1.3.1 烟粉虱的形态特征
 - 1.3.2 烟粉虱的形态变异
 - 1.3.3 烟粉虱与温室白粉虱及银叶粉虱的区别
 - 1.4 烟粉虱的生物型
 - 1.4.1 我国烟粉虱的生物型
 - 1.4.2 烟粉虱生物型的鉴定
 - 1.4.3 寄主与生物型的关系
 - 1.4.4 传播病毒与生物型的关系
 - 1.4.5 抗药性与生物型的关系
 - 1.5 烟粉虱的寄主植物及危害
 - 1.5.1 烟粉虱的寄主范围
 - 1.5.2 烟粉虱的危害
 - 1.6 烟粉虱的生物学特性
 - 1.7 烟粉虱的生态学特性
 - 1.7.1 湿度对烟粉虱实验种群的影响
 - 1.7.2 温度对烟粉虱发育及繁殖的影响
 - 1.7.3 烟粉虱在不同寄主作物上的种群动态
 - 1.7.4 温度和光周期对烟粉虱成虫羽化的影响
 - 1.7.5 寄主植物对烟粉虱生长发育、存活和增殖的影响
 - 1.7.6 寄主植物与温度的协同作用对烟粉虱幼期发育及存活的影响
 - 1.7.7 烟粉虱对不同寄主植物定向行为选择性
 - 1.8 烟粉虱的入侵机理
 - 1.8.1 烟粉虱在我国及山西省的发生动态
 - 1.8.2 烟粉虱的入侵机理
- 参考文献

1.1 烟粉虱的起源与分布

1.1.1 烟粉虱的起源

烟粉虱(*Bemisia tabaci* Gennadius), 属同翅目(Hemiptera), 粉虱科(Aleyrodidae), *Bemisia* 属, 又名棉粉虱(cotton whitefly)、甘薯粉虱(sweetpotato whitefly)等。关于烟粉虱的起源问题有许多争论。烟粉虱首先报道于 1889 年, 在希腊的烟草上发现, 被命名为烟粉虱(tobacco whitefly, *Aleyrodes tabaci*)。1894 年, 在美国佛罗里达州的甘薯上发现了新北区的第一头烟粉虱, 定名为甘薯粉虱(*Bemisia inconspicua*)。但有证据表明烟粉虱起源于亚洲、非洲或中东, 也有人认为烟粉虱起源于巴基斯坦或印度, 原因是因为与烟粉虱亲缘关系很近的两个种 *B. capitai* 和 *B. graminosus* 是印度的特有种, 而且在巴基斯坦北部和西部地区, 属的寄生蜂种类非常丰富, 所以认为是属的起源(罗晨和张芝利, 2000)。

1.1.2 烟粉虱的分布

烟粉虱主要分布于热带和亚热带地区,近几十年来,由于人类活动的干扰,如花卉和苗木等经济作物的调运,烟粉虱已经广泛扩散到世界各地。在亚洲、非洲、欧洲、美洲、大洋洲的许多国家和地区都有分布,现在烟粉虱的分布与危害已经超过了温室白粉虱(*Trialeurodes vaporariorum*),几乎成为全球性苗木和花卉的主要危险性害虫。

烟粉虱在我国最早记载于1949年(周尧,1949),主要分布在广东、广西、海南、福建、台湾、云南、上海、浙江、江西、四川、湖北、陕西等气候温暖的地区(Xu, 1996),近几年,由于大棚蔬菜和设施园艺作物发展迅速,大棚中温暖的气候条件为烟粉虱的发生提供了有利条件,使我国北方一些地区和城市如北京、天津、河北、山东、山西、新疆也有分布。

1.2 烟粉虱的分类概况

粉虱属同翅目、粉虱科、*Bemisia* 属,是一类体型微小的植食性昆虫。粉虱由于其分布的广泛性、发生危害的严重性而备受世人关注。与其他昆虫类群相比,目前的粉虱分类有许多特殊之处:首先,粉虱的分类系统和种类鉴定,是依据4龄若虫(即蛹壳)特征而非成虫特征;第二,粉虱的一些种类,形态变异很大,造成了许多同物异名;第三,一些近缘种从外部形态上极难区分,必须依靠非形态特征进行鉴别。粉虱科分类目前虽然仍处于种类描述阶段,所用方法基本还是常规方法,但新技术、新方法已开始应用,如利用计算机进行粉虱的数值分类,利用电子显微镜观察细微分类特征,利用遗传学、行为学、分子生物学方法鉴定银叶粉虱(烟粉虱B型)(*Bemisia argenti folii* Bellows & Perring)等。随着科学技术的发展和各学科的交叉,非形态特征将会在昆虫分类中应用得越来越广泛和深入(阎凤鸣,2001)。

1.2.1 粉虱分类的特殊性

1. 依据蛹壳(4龄幼虫)特征

目前粉虱科昆虫的分类,在科和亚科的水平上,依据成虫和4龄若虫的特征,而在族、属和种的水平上,则主要利用4龄若虫(蛹壳)的特征,这是粉虱分类的特殊之处。造成这种现象的原因主要是:①一般情况下,粉虱的蛹壳固定在植物的叶片上不动,一年四季均可见到,采集十分方便,而成虫寿命相对较短,不易采得。②蛹壳阶段的特征分化十分明显,而成虫之间的形态差异不太显著。如粉虱的2个亚科即粉虱亚科(*Aleyrodinae*)和三爪粉虱亚科(*Aleurodicinae*),其蛹壳的血状孔(vasiform orifice)的形态、结构极不相同,但成虫的血状孔形态结构极其一致。

根据“生物重演律”,个体发育是系统发育简单而迅速的重复,粉虱的蛹壳阶段和成虫阶段应当分别反映其系统发育过程中的两个重要阶段,成虫特征应当分化得更充分。粉虱科分类的特殊性的一个重要原因,可能是人们对于成虫的特征研究甚少。目前,我国北

方地区温室白粉虱、烟粉虱大发生,成虫很多,为研究成虫特征提供了方便。相信对成虫仔细研究之后,肯定会发现更多的成虫分类特征以及成虫分类和蛹壳分类的对应关系,那时的粉虱鉴定和分类系统会更符合历史和实际情况(阎凤鸣和李大建,2000)。

2. 粉虱的形态变异

粉虱的一些种类,形态特征变异很大,人们极易把同一种粉虱定名成不同的种,从而产生出许多异名,给分类工作造成很大混乱。如温室白粉虱的异名有11个,烟粉虱的异名多达22个。*Bemisia* 属的两近缘种 *B. tabaci* 和 *B. after* 很少有稳定的特征,不易区分。所以,只有对粉虱的形态变异进行深入的研究和完全的了解,才能准确地进行粉虱分类,从而达到物种学名的稳定性。

粉虱的形态变异,最常见的是寄主相关变异(host-correlated variations),其形态随寄主不同而改变。这种寄主相关变异的一般规律是:在具毛的叶上发育的蛹壳,体型较小,边缘深陷,背面乳突或刚毛较长;而在无毛的叶上,体型较大,边缘整齐,背面乳突或刚毛短。产生这种现象的原因,可能是叶毛的存在改变了蛹壳周围的微环境,形态的改变是粉虱对微环境的一种适应。易产生这种变异的种类,多是多食性、分布广的类群,它们对于环境有较强的适应能力。

鉴于上述粉虱成虫分类的困难和有些种类的形态变异,利用非形态特征对分类上的一些疑难问题进行研究,就显得特别有意义(阎凤鸣,1991;2001)。

1. 2. 2 可用于昆虫分类的非形态特征

昆虫分类最主要的是依据形态特征。根据形态和功能相一致的原则,昆虫的外部形态是长期适应环境的结果,形态特征在很大程度上反映了系统演化关系,然而,由于一些昆虫的一些形态特征不稳定或者多变异性,为准确鉴定造成许多困难,因而非形态特征的应用可以在一定程度上弥补形态分类的不足。特别在近缘种区别、疑难种鉴定和系统树构建等方面,非形态特征有着其特殊的作用。到目前为止,可用于昆虫分类的非形态特征主要包括:同工酶电泳图谱、DNA 序列、性信息素组分及其比例、行为学、寄主范围、地理分布等。

1. 同工酶电泳图谱

生物体内的酶都是蛋白质,其分子量和所带电荷各不相同,等电聚焦电泳(isoelectric focusing electrophoresis, IFE)、垂直板电泳(PAGE)分别利用同工酶不同的电荷性质和分子量,将不同的酶区分开来,然后统计不同生物类群之间的相似度或遗传距离。如Wang等(1995)利用垂直板电泳分析亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)和欧洲玉米螟(*O. nubilalis*)的同工酶差异,Perring等(1993),Bellows等(1994)利用等电聚焦电泳区分烟粉虱的生物型和作为鉴定新种的依据之一。

2. DNA 序列分析

DNA 携带着生物全部的遗传信息,其序列分析可以找出不同生物类群之间根本的遗

传差异。利用 PCR、RAPD 方法对生物的 DNA 片段进行扩增,然后进行序列分析。通过 DNA 图谱,可以很方便地找出生物之间的遗传差异、谱系关系以及起源年代等。

3. 性信息素

生物之间最重要的特征是种间的生殖隔离。昆虫的生殖隔离在形态上表现为外生殖器结构的区别,在雌雄间性信息素交流方面,则表现为种内信息的畅通和种间信息的间断。昆虫性信息素,在化学上包括正确的组分(components)和组分间的精确配比(ratio),在行为上包括性信息素的释放时间、释放速率和雌雄求偶和交配行为的协调配合等。在化学上或行为上的任何差异,都构成了昆虫的生殖隔离。如昆虫的近缘种,信息素的化学组分往往是相同的,所不同的是配比的微小差异。利用性信息素进行昆虫近缘种的鉴别,虽然是一种新的尝试,但已经有了一些成功的例子(特别是在鳞翅目昆虫中),如欧洲玉米螟和亚洲玉米螟的鉴别。

4. 行为学

这里的行为包括通常的行为和性行为,而性行为则是种间生殖隔离的根本体现。在近缘种的区分上,往往利用其种间的杂交成功率来确定是否是同一个种;在确定是同种的不同生物型还是近缘种方面,杂交成功率是很有说服力的证据。昆虫的预交行为(premating behavior)、交配姿势,以及其他的行为,如昼夜节律、取食行为等,也可以用来作为昆虫鉴别的依据。

5. 寄主范围

除少数广食性的种类外,大多数昆虫的食性都是专化的(specialist),即单食性或寡食性的。即使像烟粉虱和温室粉虱这样的多食性种类,也有一定的寄主范围,对寄主(甚至寄主部位)也有选择性或偏好性。这样,某些种类的寄主范围、偏好性的资料,可以作为昆虫分类的旁证。

6. 地理分布

从进化的观点来讲,一个物种都是从一个地区起源,然后向外扩展的。除一些广布种外,昆虫的分布都是有一定区域性的,据此可以作为判断某些类群的一个依据。例如,三爪粉虱亚科(Aleurodicinae)的种类主要分布于南美,我国南方也有极少分布,在我国北方绝对不会发现。但是,随着国际贸易的不断增加,生物在各地区的传播机率也增大了,这就为利用地理分布研究生物起源、进化或物种鉴别增加了难度。更重要的是,生物在各地区间的“交流”影响到生物多样性,增加了害虫大暴发的机会(阎凤鸣, 2001)。

1. 2. 3 烟粉虱的分类概况

自 1889 年希腊最早记载有烟粉虱,并被定名为 *Aleyrodes tabaci* 以来,与之相近似的粉虱新种不断增加,分类地位变得混淆不清。1957 年, Russell 对烟粉虱 *Bemisia*

tabaci 及其近似种重新分类,将 19 个种名作为烟粉虱的同物异名,这一系统至今仍被大多数学者采用。20 世纪 50 年代以来发现来自不同种群的烟粉虱在寄主范围、传播植物病毒的能力以及抗药性方面都有所不同,于是一些学者建议依据这些差异将烟粉虱分为不同的生物型。通常的烟粉虱被称为“棉花品系”(cotton strain)或烟粉虱 A 型(type A),在美国于 1894 年首次在佛罗里达和 1928 年在加利福尼亚记载。1986 年,在美国的温室观赏植物[特别是大戟科(poinsetias)]上发现了与 A 型极其类似的 B 型烟粉虱。目前全世界已经发现烟粉虱有 24 个生物型,A 型和 B 型最为常见,其中 B 型因其广泛的分布和经济地位的重要性而很快成为研究的热点。

目前在全世界为害最严重的是 B 型烟粉虱。尽管 B 型烟粉虱很难通过形态确认,但 B 型与 A 型烟粉虱有以下几点显著不同的生物学特性:① B 型烟粉虱比 A 型烟粉虱的取食量大;② B 型烟粉虱比 A 型烟粉虱的产卵量大;③ B 型烟粉虱比 A 型烟粉虱的寄主植物广,B 型烟粉虱的寄主植物已超过 500 种;④ B 型烟粉虱在西葫芦上为害能引起银叶病(squash silverleaf disorder),而 A 型却不能;⑤ B 型烟粉虱与 A 型烟粉虱相比,对一些杀虫剂如氯氰菊酯等菊酯类农药有更高的抗药性;⑥ B 型烟粉虱可导致植物中毒而失调,而 A 型却不能(罗晨等,2001)。

自 20 世纪 80 年代以来,B 型烟粉虱在世界范围内扩散,在侵入后的前几年即可造成难以控制的危害,在世界各国造成了极大的经济损失,引起了人们的关注。在美国,B 型烟粉虱已经基本上取代了 A 型烟粉虱。1991 年 B 型烟粉虱在美国大发生,当年造成的损失超过了 5 亿美元。而在这以前,A 型烟粉虱已经存在了大约 100 年,从未造成如此巨大的损失。

危害和行为上的区别,使得人们怀疑它们是亲缘关系极其相近的两个种,而不是一个种的两个变型。为了进一步证实这一点,美国科学家做了以下研究。

杂交实验 A 型和 B 型成虫之间完全不能杂交,而 A 型或 B 型内部可以实现完全的交配。A 型与 B 型成虫间虽然有求爱行为,但都没有成功交配。这表明两个生物型实际上是两个种。但是,澳大利亚科学家研究却证明,虽然 A、B 型间不能成功杂交,但 B 型和两个非 B 型进行了成功交配并产生了正常后代,西班牙的 B 型与 Q 型也进行了成功交配。这对美国科学家的研究结果是一个挑战。

性行为观察 B 型烟粉虱的平均交配持续时间为 119.8 s,而 A 型为 135.4 s。

等电点聚焦电泳实验 共统计了 8 种同工酶的 18 个基因座位的距离,A、B 型之间的遗传距离为 0.24,而 A 型内部的遗传距离仅为 0.04,B 型内部为 0.01,即在 A 型或 B 型内部,其遗传相似度高于 99%。

PCR 对 DNA 的分析 利用 7 种引物扩增 DNA,其电泳图谱显示,A 或 B 型种群内部相似度为 80%,而 A、B 型之间仅为 10%(阎凤鸣,2001)。

根据以上结果,Perring 等(1993)建议将 B 型烟粉虱提升为一个新种。Bellows 等(1994)也通过观察统计,找出了 B 型烟粉虱和 A 型烟粉虱在形态上的差异,即 B 型烟粉虱蛹的前亚缘区缺少 A 型烟粉虱蛹所具有的第四刚毛,B 型烟粉虱前蜡缨细窄,在尾刚毛的分隔区中有后蜡缨,但 A 型烟粉虱上蜡缨粗而宽。为此,Bellows 等进一步将 B 型烟粉虱作为新种进行了形态上的描述并将其命名为银叶粉虱(*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)。这些描述和用于区分 A 和 B 生物型异构酶标记以及在某些条件下

生物型不能交配的证据已经被用作新的分类单元。但一些学者尤其是英国的学者多数仍认为 B 型烟粉虱只是烟粉虱的一个生物型。最近,澳大利亚 Paul 等研究了世界烟粉虱种群的系统发育关系,从测定的核糖体 DNA 中 ITS1 区的序列表明,烟粉虱有很强的生物地理模式。来自美国的种群(包括 A 型)与来自北非/地中海地区的银叶型(B 型)形成一个姊妹进化枝。rDNA 的多态性表明银叶型是近期发生,而非银叶型是祖先或者说是相似形态。所以关于 B 型烟粉虱的归属还存在着争议。Ronda 等人将烟粉虱 B 型与 Q 型进行杂交,结果表明,两种生物型可以进行交配,但产雌率却极大程度地下降。无论烟粉虱是种复合体或种团(species-complex or species-group,一群在形态上极为相似的近缘种类)、亲缘种或隐蔽种(sibling species or cryptic species,形态上无法区分但有完善生殖隔离机制的近缘种),还是半种(semispecies,既具有种的特征又具有亚种特征的群体,是由亚种形成种过程中的过渡型),大量的研究资料表明,烟粉虱是一个复杂的、生物学和遗传学上变异很大的类群,由于长期地理隔离和人为干扰的影响,该种的不同地理种群正处于活跃的进化过程中。这个进化过程使得各个生物型开始在形态特征、生理生化和分子等方面都开始发生分歧(罗晨等, 2001)。

1.3 烟粉虱的形态特征

1.3.1 烟粉虱的形态特征(图 1-1)

烟粉虱的生活周期有卵、4 个若虫期和成虫期,通常人们将第 4 龄若虫期称伪蛹。

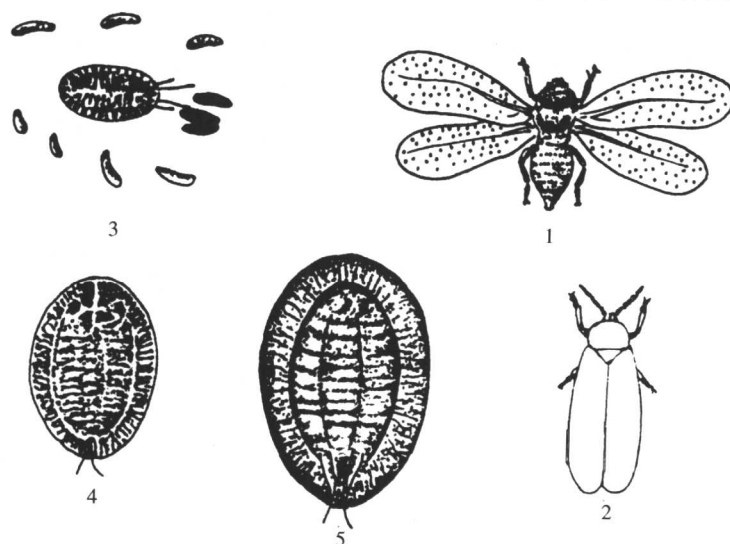


图 1-1 烟粉虱形态特征

1. 成虫 2. 成虫静止状 3. 卵及若虫 4. 蛹 5. 蛹壳

Fig. 1-1 Character of *B. tabaci*

1. adult 2. motionless 3. egg and nymph 4. pupa 5. pupal shell

卵 长约 0.2 mm, 长梨形, 淡黄色, 有光泽, 有一小柄附着在叶背面。

若虫 共 3 龄。初孵若虫椭圆形, 扁平, 灰白色, 稍透明, 有足和触角, 体周围有蜡质短毛, 尾部有 2 长毛。2 龄以后, 触角及足等附肢消失, 仅有口器。

伪蛹 长约 0.7 mm, 椭圆形, 后方稍收缩, 淡黄白色, 有黄褐色斑纹, 背面显著隆起。蛹壳的背面有长刚毛 1~7 对或无毛, 有 1 对尾刚毛, 胸气道口明显下凹, 近蛹壳边缘稍扩大, 具 8~10 个锯齿, 其骨化程度较其他缘齿要强。腹部分节区边缘及中央具 1 列结节, 亚缘区具短毛。管状孔呈三角形, 距蛹壳边缘的距离较管状孔长度稍短, 盖瓣近心脏形, 舌片长形。烟粉虱蛹壳的基本特征, 种间变化较大, 其中最主要的是寄主相关变异。在有毛的植物叶片上, 烟粉虱蛹壳背部有刚毛, 而在光滑的植物叶片上, 蛹壳背部一般无刚毛。另外, 也有体型大小及边缘是否规则等的差异。

成虫 体淡黄色, 翅白色无斑点, 被有白色蜡粉。雄虫体长约 0.85 mm, 雌虫体长约 0.91 mm。触角 7 节。复眼黑红色, 分上下两部。前翅纵脉 2 根, 后翅 1 根。跗节有 2 爪, 中垫狭长如叶片。雌虫尾端尖形, 雄虫呈钳状。

1.3.2 烟粉虱的形态变异

由于烟粉虱形态变异较大, 作为种特征的主要依据是其蛹的管状孔结构。管状孔呈三角形, 盖瓣半圆形, 舌状突端部有 1 对刚毛, 并伸出盖瓣(图 1-2)。

烟粉虱的形态特征可随着寄主植物的不同而发生改变。烟粉虱的形态变异主要发生在 2、3 龄若虫和蛹。其形态变异主要表现为虫体大小、虫体背面的大刚毛数、虫体边缘的整齐度。

烟粉虱若虫和蛹背面均着生两种刚毛, 一种为微刚毛(microsetae), 另一种为大刚毛(elongated dorsal setae), 大刚毛的结构和虫体末尾的 1 对尾须(caudal setae)完全一样, 但尾须不随寄主变化而缺少。微刚毛细而短, 长约 14.85 μm ; 大刚毛粗而长, 长约 60~170 μm , 且基部似有毛突(图 1-2)。

1. 2、3 龄若虫的形态变异

寄主植物为无毛叶片的烟粉虱, 2、3 龄若虫体型较大, 虫体背面没有大刚毛, 虫体边缘光滑; 寄主植物为有毛叶片的烟粉虱, 2、3 龄若虫体型较小, 虫体边缘有时发生凹陷, 虫体背面大多着生 2~3 对大刚毛, 分别位于口器前两侧、后足内侧、管状孔前两侧(图 1-3)。用新复极差测验, 两种寄主上 2、3 龄若虫大小差异极显著(表 1-1)。

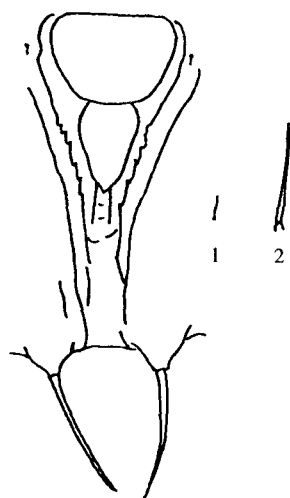


图 1-2 烟粉虱的管状孔
(陈连根, 1997)

1. 微刚毛 2. 大刚毛

Fig. 1-2 Vasiform orifice of *B. tabaci* (Chen, 1997)

1. microsetae

2. elongated dorsal setae

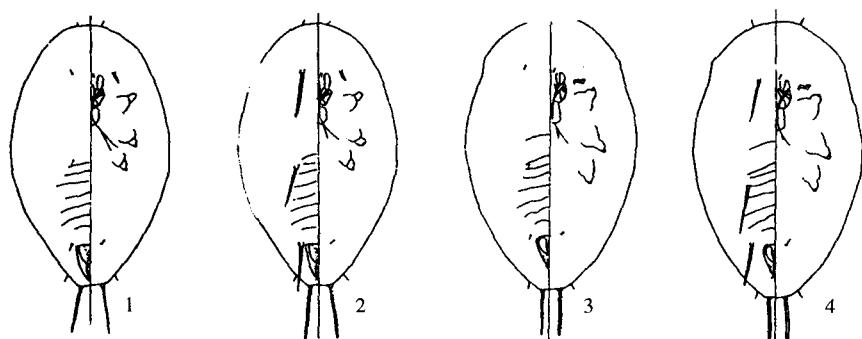


图 1-3 烟粉虱 2、3 龄若虫形态(陈连根, 1997)

1. 寄生于无毛叶片的 2 龄若虫 2. 寄生于有毛叶片的 2 龄若虫
3. 寄生于无毛叶片的 3 龄若虫 4. 寄生于有毛叶片的 3 龄若虫

Fig. 1-3 The morphology of *B. tabaci* in 2nd and 3rd instar (Chen, 1997)

1. 2nd instar on glabrous leaves 2. 2nd instar on hairy leaves
3. 3rd instar on glabrous leaves 4. 3rd instar on hairy leaves

表 1-1 烟粉虱 2、3 龄若虫的形态变异(陈连根, 1997)

Tab. 1-1 The morphological variations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in 2nd, 3rd instar (Chen, 1997)

		叶 背 无 毛	叶 背 有 毛
寄 主 类 型	2 龄 若 虫	体长/ μm	388.58
		体宽/ μm	261.12
		体背大刚毛	无
		尾须长/ μm	64.35
		边 缘	不 凹
		新复极差测验 $\alpha=0.05$	a, A
		$\alpha=0.01$	b, B
寄 主 类 型	3 龄 若 虫	体长/ μm	538.56
		体宽/ μm	379.17
		体背大刚毛	无
		尾须长/ μm	82.50
		边 缘	不 凹
		新复极差测验 $\alpha=0.05$	a, A
		$\alpha=0.01$	b, B

注：叶背有毛的寄主为一品红(*Euphorbia pulcherrima*)、虾衣花(*Callispidia guttata*)。叶背无毛的寄主为鸭跖草(*Tradescantia albiflora*)、扶桑(*Hibiscus rosasinensis*)、假龙头(*Physostegia virginiana*)、红背龟(*Excoecaria cochinchinensis*)、冷水花(*Pilea cadierei*)、金苞花(*Pachystachys lutea*)、夜香树(*Cestrum nocturnum*)、枸杞(*Lycium chinense*)、银心吊兰(*Chlorophytum capense* var. *variegatum*)、一串红(*Salvia splendens*)、冬珊瑚(*Solanum pseudocapsicum*)、卷心菜(*Brassica oleraceae* var. *capitata*)。

2. 蛹的形态变异

蛹的形态变异也是由寄主叶片背面性状决定的。无毛叶片上的蛹明显大于有毛叶片上的蛹。表 1-2 列出了不同寄主植物上烟粉虱蛹的体长、体宽等形态特征指标。寄主植物为无毛叶片的烟粉虱,蛹体边缘光滑,背面大刚毛少或无;当寄植物的叶片有毛时,蛹体边缘大多凹陷,体背大刚毛多达 4~7 对,分别着生于复眼外侧、口器前两侧、中足前外侧、后足前外侧、后足后内侧、第四腹节两侧、管状孔前两侧。虫体边缘有无数的凹陷类型(陈连根, 1997)(图 1-4)。

表 1-2 烟粉虱蛹的形态变异(陈连根, 1997)
Tab. 1-2 The morphological variations of *Bemisia tabaci*
(Gennadius) in pupae (Chen, 1997)

寄主 名称	叶背 性状	雌		雄		背 部 大刚毛	尾须长	虫体 边缘	新复极差测验	
		体长/ μm	体宽/ μm	体长/ μm	体宽/ μm				$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
鸭 跖 草	无毛	848.93	624.53	701.66	507.38	无	88.27	不凹陷	a	A
扶 桑	无毛	847.29	629.20	717.75	529.65	2~4 对	95.70	不凹陷	a	A
假 龙 头	无毛	839.38	627.94	714.45	519.75	无	82.17	不凹陷	ab	AB
红 背 龟	无毛	836.55	628.65	717.75	537.08	无	79.20	不凹陷	ab	AB
冷 水 花	无毛	836.55	634.59	673.20	408.81	无	79.91	不凹陷	ab	AB
金 苞 花	无毛	825.66	632.61	681.47	486.73	无	81.68	不凹陷	bc	BC
夜 香 树	无毛	820.46	611.33	678.15	495.00	无	88.39	不凹陷	cd	BC
枸 杞	无毛	811.80	631.95	693.00	519.75	2~3 对	99.00	不凹陷	cd	CD
银心吊兰	无毛	809.33	594.00	694.24	509.85	无	71.78	不凹陷	d	CD
一 串 红	无毛	795.96	576.18	663.30	485.10	无	79.91	不凹陷	e	D
冬 珊 瑚	无毛	794.48	587.81	702.90	514.80	无	89.10	不凹陷	e	D
卷 心 菜	无毛	790.14	572.34	671.57	490.05	无	79.05	不凹陷	e	D
一 品 红	有毛,密	697.02	524.25	618.75	441.38	4~7 对	86.35	多凹陷	f	E
虾 衣 花	有毛,密	683.10	488.81	579.15	420.75	6~7 对	103.95	多凹陷	g	E

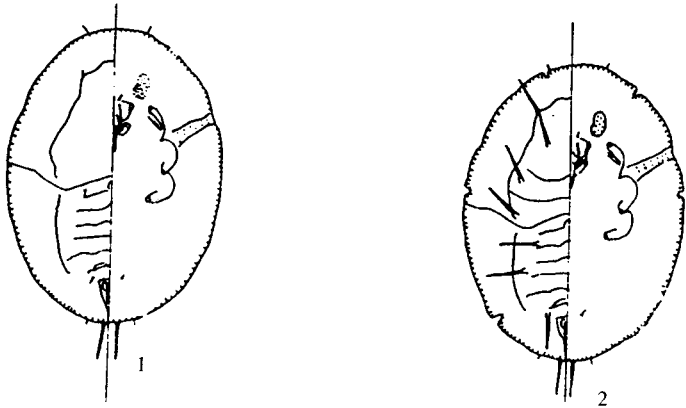


图 1-4 烟粉虱蛹形态(陈连根, 1997)

1. 寄生于无毛叶片的蛹 2. 寄生于有毛叶片的蛹

Fig. 1-4 The morphology of *Bemisia tabaci* in pupae (Chen, 1997)
1. pupae on glabrous leaves 2. pupae on hairy leaves