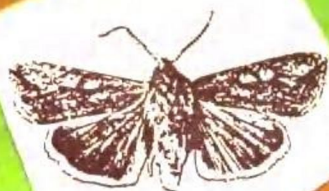


粘虫生理生态学

林昌善 主编
北京大学出版社



粘虫生理生态学

李国昌 王明
主编



内 容 简 介

本书是研究粘虫生理生态学的学术专著,汇集了北京大学生物系生态学专业 30 多年粘虫研究的成果。全书共分四篇,分别阐述了粘虫的个体生理生态学、种群生态学、粘虫的迁飞以及粘虫的系统生态学,介绍了雷达在防治粘虫中的应用以及应用计算机对粘虫进行最优管理的麦田系统工程。

本书可供昆虫学、生态学、生物学、植保工作者及农林院校有关师生参考。

粘虫生理生态学

林昌善 主编

责任编辑:李宝屏

*

北京大学出版社出版

(北京大学校内)

北京大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

850×1168 毫米 32 开本 16.875 印张 430 千字

1990 年 10 月第一版 1990 年 10 月第一次印刷

印数:0001—1,000 册

ISBN 7-301-01213-6/Q·34

定价:14.80 元

三十年粘虫研究的回顾

《粘虫生理生态学》在庆祝中华人民共和国 40 周年之际问世了,值得庆贺。她是北京大学生物学系昆虫教研室的同仁们献给共和国的一份礼物,也是我们辛勤劳动的结晶。

早在 50 年代,我们就有感于国家贫穷,深感知识分子的重任。1958 年在北京香山举行的全国植保植检会议上提出要完成消灭农业十一大病虫害为害的任务。粘虫是我国农业生产上的大害虫,是一种毁灭性害虫。在我国南方和北方,每年都有不同程度的发生,尤以东北三省为重。解放前,在山西忻县,每当这些来无影、去无踪的“神虫”猖獗之时,束手无策的穷苦农民便从四面八方来到蚰蜒庙(见图 1)烧香拜佛,祈求神灵保佑。50 年代末,由于农业耕作制的改革,粘虫为害日益猖獗,许多地方对粘虫的为害仍束手无策。我们急人民大众之所急,决心向这个千百年来无法对付的“神虫”挑战。

在北京大学昆虫学教研室自感力量不足和财力不足时,中国科学院动物研究所(前昆虫研究所)伸出了友谊之手。于是北京大学昆虫学教研室、中国科学院动物研究所和吉林省农科院植物保护研究所(前东北农业科学研究所)共同组成“粘虫攻关组”(1959—1960),举林昌善教授为组长。

防治与研究相结合 粘虫组一成立,大家确定研究的课题是:粘虫越冬问题和大面积防治。这体现了长远与当前、基础与实用相结合的指导思想。

1958 年末,一支 4 人的自行车小分队从沈阳出发,冒着 5 至 6 级寒风,沿着辽河大堤行进。这里的村干部和老农虽然能告诉我们许多生动事例,但不能作为粘虫研究的观测站。林昌善教授一行在

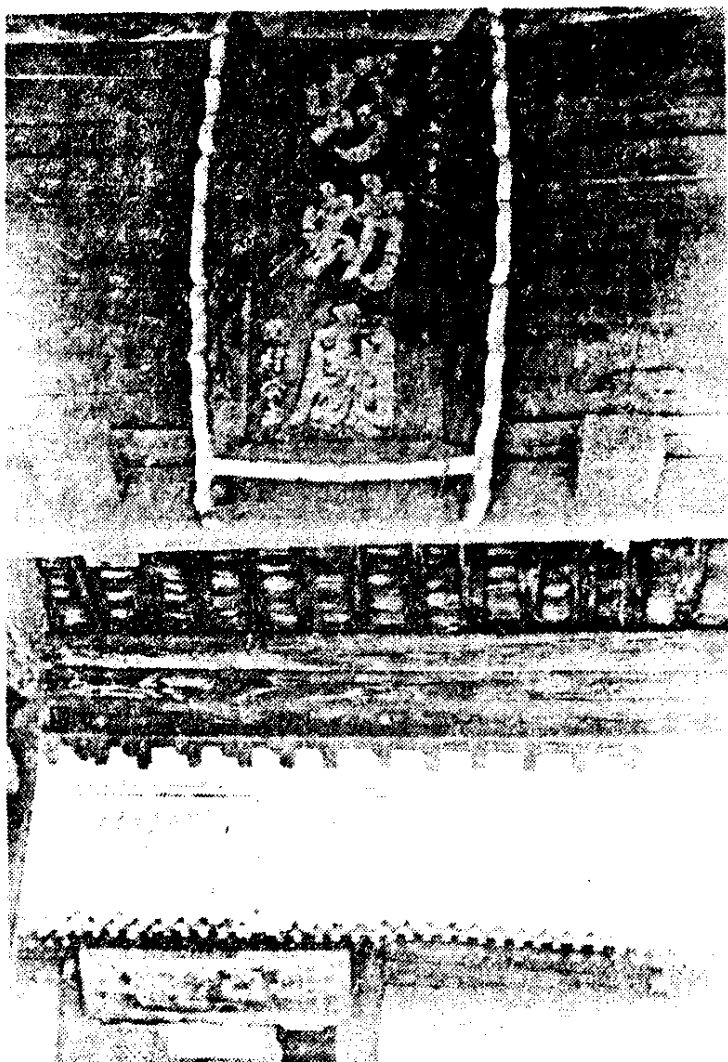


图1 位于山西省忻县的鼋蚌庙(1964年,陈永林摄)。

宋县长陪同下,选定以黑龙江阿城县作为我们工作的基点,开展大面积防治粘虫的工作。那是1959年5月上旬,全县许多公社相继出现粘虫蛾的高峰,玉台岳吉管理区一台测蛾器5天诱蛾465头,超过了大发生的1953年的诱蛾量,雌蛾率高、抱卵量多。根据测报和粘虫组建议,县委治虫指挥部决定在全县普遍动员,开展防治。一个诱蛾、采卵的群众性运动迅速开展起来。据不完全统计,诱蛾

采卵面积达到 41539 公顷,消灭粘虫蛾 16 385 000 余头,压低和控制了粘虫的危害。

然而,粘虫越冬问题是个十分艰巨的难题。首先还是从调查入手。在东北地区许多科研单位的协作下,粘虫组兵分三路,分别在小兴安岭-长白山、公主岭和辽西山区、西南地区粘虫常发区的四川峨眉山区进行野外越冬调查。起初,认为粘虫似乎不会在一般环境越冬,于是想了各种各样的办法,到水井、树洞、高山岩缝、原始森林和广阔草甸等一些特殊生境中寻找粘虫,但所得到的只是零星蛹皮、烂蛹和死虫。在小兴安岭山谷溪流边找到 20 多头夜蛾科幼虫,有的与粘虫几乎毫无区别,等到一羽化才发现不一样。……虽然积累了不少资料,也扩大了一些线索,但野外越冬调查仍无定性结论。

就在粘虫越冬调查工作快要结束之时,东北三省的粘虫又像往年那样大量地、普遍地出现了。

迁飞假说 东北三省的粘虫究竟是从哪里来的?有人认为,粘虫似乎不在东北越冬,是从外地迁飞来的。也有人认为,东北地区粘虫越冬调查早在日本统治时期就开始了,断断续续直到今天,时间是够长了。但是调查、观察的面积与东北整个面积之比,毕竟太小了,因此并不能排斥在东北越冬的可能性。孰是孰非?为了贯彻百家争鸣的方针,广开思路,深入探索粘虫越冬之谜,粘虫组决定于 1959 年 6 月 13 至 14 日在哈尔滨黑龙江省农科院召开粘虫越冬问题学术讨论会。除黑龙江省农科院成员和该省一位副厅长到会外,余者都是粘虫组人员。会上,经过充分分析和交换意见,粘虫组第一次明确地提出粘虫远距离迁飞的假说(张宗炳,1959,会议发言),认为东北粘虫不是在东北越冬的,而是每年春季成虫由外地随风迁飞而来的。会上,林昌善教授进行总结和全面部署。从此粘虫组即围绕粘虫迁飞的假说开展工作。

第一次南方调查 根据粘虫迁飞假说,东北粘虫的越冬是在南方。1959 年冬季,北京大学昆虫学教研室集合了东北、山西等省

代表组成调研队开赴南方调查。他们在长沙市郊草丛中第一次找到了越冬幼虫。连续几年的调查表明,粘虫越冬的北限大约在北纬 $32-34^{\circ}$ 之间,大致相当于一月平均温度为 0°C 的等温线。

首次海面观察 根据迁飞假说,在粘虫发生季节从南到北会有一条粘虫迁飞的“空中走廊”(一般在渤海湾上空)。1960年,中科院动物所派来学员、徒工6人。此时粘虫组人员大增,有条件开展多项工作。该年6月,在旅大市农科所的合作下,在海面进行了粘虫蛾迁飞行踪的侦察工作,多次实地观察到了粘虫迁飞蛾群,数量在千头以上。据分析这些蛾群是从外地迁飞来的。

标志释放初试 为了解粘虫迁飞的活动习性,1959年9月2日至14日在辽宁省熊岳农科所进行了人工饲养幼虫、使其羽化为成虫、喷上标志颜色、释放、再回收成虫的工作。选用了桃红、赭红、墨绿等18种标志颜色,释放后于9月26日离释放点15余华里收回一头标志完整的死蛾。这为我国以后的标志释放打下了基础。

首创粘虫飞行磨 80年代以后,在开展迁飞行为的研究中进行了粘虫吊飞装置和飞翔自动记录试验。探明了粘虫飞翔的速度、时间和距离等,以及飞翔与温度、湿度、光照等生态因素的关系,为揭示粘虫迁飞规律作出了新的探索。

麦田生态系统工程 经过20多年的粘虫研究,我们认识到,要对粘虫进行最优管理,仅就粘虫本身而论是不行的,必须把它置于它所处的生态系统中,对整个生态系统进行系统分析和管理。因此,自1980年以来,我们开展了麦田生态系统工程的研究。把粘虫作为麦田生态系统中的一个亚系统,同时考虑其它亚系统如小麦、其它病虫害等的作用和相互关系。以小麦生长为主线,病虫害作为小麦生长的逆境因子,同时还考虑土壤、施肥、灌溉、气象等因素的影响,对麦田生态系统进行调控和管理。通过几年的努力,已取得了可喜的成果。

我们的感谢 本书脱稿之际,我们要深深感谢中国科学院、吉林农科院的共同合作,感谢他们的支持、鼓励和热情帮助。我们还

要感谢东北三省和四川省有关领导的关怀以及全国有关粘虫工作者的无私援助。没有来自各方面的支持和帮助,恐怕我们要在困难面前退却了。

深切的怀念 我们深切的怀念逝世的张宗炳教授、夏曾铎副教授和郑臻良讲师。张先生博学多才,他除了负责粘虫化学防治方面的工作外,还关心粘虫发生规律方面的研究,出主意,想办法,提出粘虫迁飞假说,对粘虫的研究作出了积极的贡献。夏曾铎踏实肯干,在粘虫越冬调查和发生规律的研究中,作出了积极的贡献。郑臻良在进行数据分析中作了大量工作。

参加本书编写的有(以姓氏笔划为序)马桂春、刘复生、许崇仁、孙金如、李松岗、苏祥瑶、宗志祥、林昌善、胡伯海、杨俭美、陈瑞鹿、夏乃斌、夏北成和蔡晓明。由于本书是集体创作,从思想、内容到文字的表达上会有不协调之处,甚至会出现某些错误,欢迎读者批评、指正。

蔡晓明

1989年9月25日,于北京大学

目 录

第一篇 粘虫个体生理生态学.....	1
第一章 分类与地理分布.....	1
第一节 分类	1
第二节 不同地理种群同工酶的变异	4
第三节 地理分布.....	14
第二章 生殖生物学	16
第一节 雌蛾生殖系统的发育与解剖学.....	16
第二节 成虫的交配生物学.....	28
第三节 雌蛾的产卵生物学.....	31
第三章 行为生态学	37
第一节 幼虫的行为生态学.....	37
第二节 成虫的行为生态学.....	41
第四章 粘虫蛾活动的时辰节律(生物钟)	53
第一节 生物钟的概念.....	53
第二节 粘虫蛾活动节律的测定方法.....	55
第三节 粘虫活动时辰节律和光周期的关系.....	57
第四节 低温对粘虫活动时辰节律的影响.....	76
第五节 粘虫蛾活动时辰节律的生物学及生态学意义.....	79
第五章 有效温度法则在我国粘虫发生地理学上的应用 ...	86
第一节 有效温度法则的研究方法.....	88
第二节 粘虫的有效温积数与发生地理学的关系.....	91
第三节 有效温积法则的应用范围	101
第四节 几点结论	105
第二篇 粘虫种群生态学.....	110
第六章 种群生命表.....	110
第一节 实验种群生殖力表的研究	111

第二节	自然种群生命表	130
第七章	种群动态及动态模拟	145
第一节	种群动态与环境因素的关系	145
第二节	空间分布型	153
第三节	种群动态模拟	157
第三篇	粘虫的迁飞	167
第八章	越冬的野外调查研究	167
第九章	迁飞与气象条件的关系	173
第一节	昆虫迁飞的定义	173
第二节	粘虫迁飞假说的提出	174
第三节	东北春季粘虫发生与风的关系	176
第四节	中国渤海和黄海海面粘虫迁飞的观察	196
第五节	粘虫蛾迁飞与气流场的关系及其运行的可能形式	210
第六节	与粘虫蛾远距离迁飞降落过程有关的气象物理因素	234
第十章	迁飞与生理	253
第一节	迁飞与卵巢发育和交配的关系	253
第二节	迁飞与内分泌的关系	257
第三节	迁飞与营养的关系	259
第四节	迁飞与温度及光照的关系	261
第十一章	迁飞与能量	264
第十二章	迁飞飞行的研究	274
第一节	迁飞飞行的研究	274
第二节	飞行的室内研究方法	275
第三节	迁飞飞行磨的研究	281
第十三章	雷达在粘虫迁飞研究中的应用	293
第一节	雷达用于昆虫迁飞的创始	294
第二节	昆虫雷达的基本设计和观测分析方法	297
第三节	中国昆虫雷达的创建及应用	305
第十四章	粘虫迁飞的模式	322
第一节	昆虫迁飞的各种类型	323

第二节 粘虫迁飞的模式	327
第三节 迁飞模式的进一步分析	331
第四篇 粘虫系统生态学与科学管理	336
第十五章 害虫管理的系统分析与粘虫管理	336
第一节 害虫管理的系统分析与模拟	337
第二节 麦田生态系统与粘虫管理	349
第十六章 预测预报技术	365
第一节 发生期与发生量的预测预报	365
第二节 发生历期的电子计算机作图	398
第三节 预测预报组织的建立	408
第四节 测报系统工程雏形	415
第十七章 粘虫的化学防治及抗药性	437
第一节 粘虫的防治历史	437
第二节 粘虫的化学防治	438
第三节 粘虫的抗药性	454
第十八章 生物防治	457
第一节 天敌及其对粘虫的控制作用	457
第二节 线虫对粘虫的控制作用	470
第十九章 麦田生态系统工程	494
第一节 害虫综合治理与生态系统工程	495
第二节 实施农田系统工程的几个原则	499
第三节 麦田生态系统工程初探	504
附录 粘虫天敌总目录	518

第一篇 粘虫个体生理生态学

第一章 分类与地理分布

第一节 分 类

粘虫(*Mythimna separata* Walker)又叫剃枝虫,俗称蚜蚋、五色虫等,是鳞翅目(Lepidoptera),夜蛾科(Noctuidae)的害虫,其主要特征及检索表如下。

一、主要特征

(1) 成虫 体长 17—20mm;翅展 35—43mm;头部复眼较大,触角丝状,下唇须密被丛毛;头部和胸部灰褐色;翅基片基部一半灰色,有一暗色分界线;腹部暗褐色,臀毛簇及腹面灰褐色。

前翅黄褐色,有时黄色或橙色。其前缘和外缘部分通常色较深,内线不明显,往往有数个黑点;环纹圆形,黄褐色,分界线不明显,肾纹及亚肾纹黄褐色,分界线不显著;在中室下角处有一灰白色很明显的小点,其两侧各一小黑点;外线仅是不很连续的若干小黑点;亚端线从翅尖处向内斜伸,在翅尖后方和外缘附近成一灰褐色的三角形暗影;端线由一系列黑色小点组成。

后翅暗褐色,翅基部渐浅,缘毛黄白色;翅反面灰白褐色,前外缘色较深;前缘基部有针刺状的翅僵与前翅相连;雌蛾翅僵 3 根,较尖细;雄蛾 1 根,较粗短。

雄蛾外生殖器的抱器背向内卷,抱器腹很大,鳃盖形;抱器、抱器内突和抱器背均小;抱器冠具一大刺。

(2) 卵 馒头形,稍带光泽,直径约 0.5mm。表面具六角形有

规则的网状纹。刚产下时为白色,随发育变成黄色至褐色,近孵化时黑色。成虫产卵时分泌胶质将卵粘结在作物上,排成 2—4 行或重叠起来,形成卵块。

(3) 幼虫 幼虫共有 6 个龄期。体色随龄期、密度和所取食等因子而变化。初孵时呈灰褐色。2—3 龄幼虫取食嫩叶时,身体前半部呈绿色或灰褐色。在幼虫密度较大的情况下,4 龄以上的幼虫呈黑色或灰黑色。老熟幼虫密度小时,体色变浅,呈黄褐或黄绿色。

老熟幼虫头部呈黄褐至淡红褐色,有暗褐色网状花纹。沿蜕裂线有条黑褐色纵纹,略似八字形。上唇呈长方形,前缘中央凹陷。胴部圆筒形。密度大时呈黑色或灰黑色,中线白色,边缘环绕黑色线纹;亚背线蓝色,边缘环绕白色线纹。密度小时,体色变浅,呈淡黄褐或淡黄绿色。背线黑褐成双,亚背线黑褐色;气门线为黑褐色宽带,气门线下灰白色。胸部背面及侧面均有不规则的黑色花纹。气门椭圆形,气门盖呈黑色。

幼虫的头宽和体长随龄期而增长(见表 1-1),当食料或其他环境因子不适宜时,幼虫有增加蜕皮次数的现象。

表 1-1 粘虫幼虫体长和头宽与龄期的关系*

龄期	1	2	3	4	5	6	7	资 料 来 源
体长	3.40	6.40	9.40	13.90	23.80	38.00	—	吉林省农科院植保所
(mm)	3.40	7.40	9.40	16.50	23.00	38.00	—	前山东省农科院
	3.20	5.40	8.05	11.65	15.90	24.05	37.03	广东省韶关地区农科所
头宽	0.35	0.57	0.95	1.46	2.36	3.44	—	吉林省农科院植保所
(mm)	0.32	0.53	0.82	1.30	2.40	3.50	—	前山东省农科院
	0.34	0.52	0.74	1.19	1.55	2.17	3.08	广东省韶关地区农科所

*《农作物病虫害防治》编写组,1984。

(4) 蛹 蛹长 19—23mm,平均 20mm,宽约 7mm。初化时乳白色,渐变为黄褐至红褐色。胸部背面有数条横皱纹。腹部第 5 至第

7 节背面靠近前缘处有横脊状隆起,上具刻点横列成线,两端分别伸至两侧气门附近。刻点后缘如具锯齿,则齿牙朝向尾部,以腹背中央的齿牙最为明显。腹部末端有尾刺 3 对,中间一对粗直,两侧细小而略弯曲。

二、种、属检索表

据陈永林(1963)研究,已知分布于我国的粘虫属、寡粘虫属及光腹粘虫属中的种类约 63 种。为使用方便,将其属、种的特征编于检索表中。

1. 粘虫类的属检索表(成虫)

- 1(4) 喙发达;下唇须第 2 节边缘被毛,第 3 节短小。
- 2(3) 头、胸两部被毛间有鳞片,胸部有或无毛簇;胫节边缘微有毛;腹基部有粗毛,有或无毛簇 I. 粘虫属 *Leuconia* Ochsenheimer①
- 3(2) 头、胸部仅被毛且前胸具扩展毛簇;胫节饰毛;腹背仅第 1 节有毛簇 II. 寡粘虫属 *Sideridis* Hübner
- 4(1) 喙发达;下唇须第 2 节前方饰毛,第 3 节一般或稍长;胸部毛鳞混杂无明显毛簇;腹部无毛簇 III. 光腹粘虫属 *Eriopyga* Guenée

2. 粘虫属种的检索表(成虫)

- 1(4) 后翅大部分白色。
- 2(3) 剪翅中室下方(即第二肘脉基部下方便)有一黑点,中室基部下方便无黑色纵条纹 3. 白脉粘虫 *L. venalba* Moore
- 3(2) 前翅中室下方无黑点,中室基部下方便有一黑色纵条纹 2. 劳氏粘虫 *L. loreyi* (Dup.)
- 4(1) 后翅大部分暗褐色。
- 5(6) 前翅正面色泽灰黄且浅于反面(暗褐色),肾纹与亚肾纹相连且色浅,内有黑褐色小点 2—3 个;体型较大 4. 柔色粘虫 *L. placida* Butler
- 6(5) 前翅正面色泽黄褐且深于反面(浅黄褐或灰白色)。
- 7(10) 前翅环纹、肾纹及亚肾纹一般可见。
- 8(9) 前翅及后翅正面微现金色光泽,反面则现银色光辉,雄蛾腹基腹面两侧具黑色长毛簇 6. 雀斑粘虫 *L. flavostigma singularis* Butler

① 目前粘虫的学名仍有争议,在此沿用旧名。

- 9(8) 前、后翅正面及反面皆无金属光泽,雄蛾腹基腹面两侧不具黑色长毛簇
 1. 粘虫 *L. separata* Walker①
- 10(7) 前翅不见环纹及肾纹,翅脉白色,中室下方有一白色纵条。
- 11(12) 前翅中室下缘白色纵条较长,其上侧与一小白点相连;前、后翅反面具
 显著银色光辉,前翅反面亚端线不见,仅前缘脉下有一明显黑点
 5. 皮氏粘虫 *L. pygeri* Leech
- 12(11) 前翅中室下缘白色纵条较短,其上侧亦与一小白点相连;前、后翅反面
 不具银色光辉,前、后翅反面亚端线可见
 7. 白纹粘虫 *L. salebrosa* Butler

第二节 不同地理种群同工酶的变异

一、同工酶和基因

酶是有催化功能的蛋白质。不同的酶有不同的生物催化功能。同工酶(isozyme)是指有相同的或相似的催化功能而酶蛋白结构不同的一组酶。同工酶是由染色体上不同的基因、或同一基因的不同等位基因编码的酶,后者又称为等位基因酶(allozyme)。决定蛋白质特性的基本因素是组成它的多肽链的氨基酸顺序。已经证明,每一种结构的肽链都有一个基因负责编码它。基因(又称为座位)就是染色体上一段 DNA 顺序,它带有足以决定一个蛋白质结构的全部信息。若同源染色体的同一基因不发生变化,它们就编码出同样的蛋白质;若任一个同源染色体的某一基因发生了突变,即这一段核苷酸顺序发生了改变,这个改变后的基因就叫作等位基因,它就编码出结构不同的蛋白质。由等位基因编码的同工酶又叫等位基因酶,它在种群中是分离的,其分离方式遵从孟德尔遗传定律。

凝胶电泳方法能简单而有效地分辨出蛋白质结构的差异,因而,这种方法是当前研究同工酶的主要方法。那些已有合适的测定活性方法的酶,都可用来进行同工酶的研究。

① 目前粘虫的学名仍有争议,在此沿用旧名。

把待研究的样品溶液加进凝胶板的样品槽内,在电场中蛋白质就向一定的方向移动,其移动速率和其所带的净电荷以及分子的大小和形状有关。经过一段时间,样品中不同的蛋白质就被分开了。停止电泳,用特殊的溶液处理凝胶板。溶液中含有要测定的酶的特异性底物以及能和酶促反应的产物产生颜色反应的物质。处理过程中,在凝胶板上有待测酶的地方,发生的反应如下:



在电场中迁移速率不同的酶蛋白有不同的结构,即有不同的氨基酸顺序。而氨基酸顺序是由编码该酶基因的核苷酸顺序决定的。因此,可由电泳酶谱上酶带的位置和数目来确定所测个体这种同工酶的基因型,并可判定它们是由不同基因编码的,还是由同一基因的等位基因编码的。由许多个体基因型的差别就能分析种群之间的遗传变异程度和各属种之间的亲缘关系(Avise, 1974; Nevo, 1978; Berlocher, 1984)。近 20 多年来,同工酶方法已成为分子分类学研究的一种主要方法。

二、粘虫几种同工酶的特征和基因频率

60 年代就已证明,在我国粘虫是一个远距离迁飞的害虫(林昌善、张宗炳,1964;李光博,1964)。但不同地区的粘虫种群是否有种以下的分化,如果有,它们之间的分化程度有多大等,仍是个不清楚的问题。近年作者用聚丙烯酰胺凝胶电泳测定了五个地区粘虫种群的同工酶差异,通过同工酶的变异分析了不同地区粘虫种群之间的遗传分化程度,并对粘虫是否存在种以下的分化问题作了初步探讨。

五个地区种群的粘虫样品分别采自福建省蒲田县、安徽省颖上县、北京市通县、吉林省公主岭和贵州省清镇。采集时间是 1988 年 2 月至 6 月。田间采集的卵块或幼虫经室内饲养化蛹,羽化后立即放入低温冰箱(-65°C)保存备用。

共测定了 11 种同工酶:醇脱氢酶(ADH)、醛氧化酶(AO)、酯

酶(EST)、谷草转氨酶(GOT)、磷酸甘油脱氢酶(α -GPDH)、己糖激酶(HK)、亮氨酸酶(LAP)、乳酸脱氢酶(LDH)、苹果酸脱氢酶(MDH)、苹果酸酶(ME)和酪氨酸酶(TYR)。在测定的 11 种同工酶中,EST 虽然在个体和各种群之间有相当大的遗传变异,但判读有困难,难以作进一步分析。能作出满意的遗传学判读的有 14 个座位,它们分属于 10 种同工酶。其中 6 个座位在一个或几个种群中是多型座位,即该座位是由等位基因编码的。多型座位指有两个或两个以上的不同的等位基因的座位,其最常见的等位基因频率等于或小于 0.99。8 个座位在五个种群中都是单型座位。各同工酶简单描述如下:

ADH 大多数个体有迁移率相同的一条带。仅在安徽地区种群中发现有两个个体是三条带,说明该座位有两个不同的等位基因。该酶是二聚体酶,所以,杂合子是三条带。未发现另一种纯合子类型,故在图 1-1 中用虚线表示。

AO 该座位有三个等位基因,杂合子有两条带,是个单体酶。

GOT 酶谱染色清晰,易于判读。在北京地区种群中它是多型座位,有两个不同的等位基因。杂合子有三条带,是个二聚体酶。在其余的四个种群中均为一条带。

α -GPDH 在所测个体中都有迁移率相同的两条带,是两个单型座位: α -GPDH-1 和 α -GPDH-2(图 1-2)。

HK 在所测样品中,仅雄性个体 HK 有活性带,说明编码该酶的基因在性染色体上,是性连锁基因。该座位有三个不同的等位基因,杂合子有两条带,是个单体酶。应有三种杂合子类型,但有一种尚未观察到,在图 1-1 中也以虚线表示。

LAP 在所测的各群体中,均为迁移率相同的一条带,表明它是个单型座位。

LDH 靠近电泳起点的一组酶带模糊不清,无法判读。在它的下面,在所测个体中均有一条清晰的带,但在不同个体中迁移速率不同,表现为两种电泳表型,表明它是由两个不同的等位基因编码