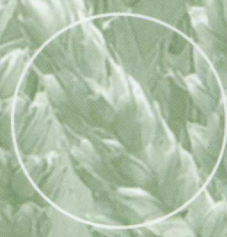


RESEARCH AND CONTROL OF
ORANGE WHEAT BLOSSOM MIDGE

麦红吸浆虫的 研究与防治

武予清/等 编著



科学出版社

5435.122
5

麦红吸浆虫的研究与防治

武予清 等 编著

国家现代农业产业技术体系(CARS-03)资助
农业部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室支持
河南省农作物病虫害防治重点实验室支持



科学出版社



GD 01595972

内 容 简 介

麦红吸浆虫是我国北方麦区的主要害虫,自 2002 年以来在我国常年发生面积为 200 万 hm^2 以上,严重威胁我国小麦生产。自 2008 年以来,本书作者在国家现代农业产业技术体系(CARS—03)资助下,开展了麦红吸浆虫的寄主植物、区域分布、种群随气流的扩散、种群的空间动态、生产品种对麦红吸浆虫的抗性、黄色黏板监测成虫和穗期保护的防控技术体系新模式的研究与示范工作,在吸取前人研究经验的基础上编写而成此书。

全书分为 9 章,介绍了麦红吸浆虫的发生分布和形态特征、生活史和生物学特性、寄主植物和为害特征、发生的环境和天敌因素、空间分布格局和扩散、小麦对麦红吸浆虫的抗性、化学生态学研究进展、分子生物学研究进展、预测预报和防控技术等内容和图片,是反映麦红吸浆虫研究和防治重要进展的专著。

本书可供从事植物保护及昆虫学研究、教学和技术推广的工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

麦红吸浆虫的研究与防治/武予清等编著. —北京:科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-032197-8

I. ①麦… II. ①武… III. ①麦红吸浆虫-防治 IV. ①S435.122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 174707 号

责任编辑:李 悦/责任校对:郑金红

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 9 月第一次印刷 印张:10 1/4 插页:4

印数:1—1 300 字数:231 000

定价:56.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编著者介绍

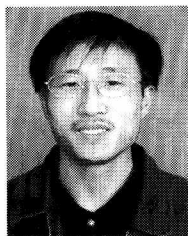
武予清



1965 年出生于河南新乡, 河南省农业科学院植物保护研究所研究员, 国家小麦产业技术体系岗位专家。1984 年毕业于河南农学院植保系, 1995 年获得华中农业大学硕士学位, 1998 年获得中国农业科学院博士学位, 2002~2004 年在日本名古屋大学从事博士后研究, 专长农业害虫防控技术和昆虫生态学。

主要编写第一章、第二章、第六章和第三章、第九章的部分内容。

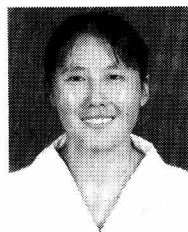
苗 进



1977 年出生于河北迁安, 2008 年获得中国农业科学院博士学位, 2009 年进入河南省农业科学院植物保护研究所从事农业害虫防控技术研究工作, 专长昆虫生态学。

主要编写第五章和第四章部分内容。

段 云



1981 年出生于安徽涡阳, 2005 年获得华南农业大学硕士学位, 2006 年进入河南省农业科学院植物保护研究所从事农业害虫防治研究, 专长昆虫分子生物学。2010 年起于中国农业科学院攻读在职博士学位。

主要编写第八章和第三章部分内容。

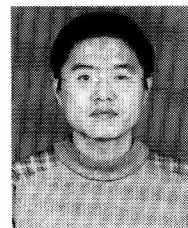
蒋月丽



1982 年出生于河南杞县, 2007 年获西北农林科技大学硕士学位, 同年进入河南省农业科学院植物保护研究所从事农业害虫防治研究, 专长昆虫生态学。2010 年起于西北农林科技大学攻读在职博士学位。

主要编写第七章和第九章部分内容。

巩中军



1978 年出生于河南范县, 2009 年获得浙江大学博士学位, 同年在浙江大学从事博士后研究, 2010 年进入河南省农业科学院植物保护研究所从事农业害虫防治研究。

主要负责编写第四章的吸浆虫天敌内容和稿件校对工作。

前 言

麦红吸浆虫是我国冬麦区的主要害虫,自 2002 年以来在我国黄淮海平原麦区大面积发生,每年发生面积在 200 万 hm^2 以上。由于黄淮海平原麦区冬小麦播种面积占全国的 2/3 左右,该区域的小麦生产在我国夏粮生产中占有举足轻重的地位,因此麦红吸浆虫的防控已成为我国粮食安全生产的重要工作。为此,2007 年由财政部和农业部启动的国家现代农业产业技术体系,设立了小麦吸浆虫防控岗位。

麦红吸浆虫在我国 20 世纪 50 年代是小麦产区的主要害虫,在新中国成立初期曾动用大量人力、物力对小麦吸浆虫进行全面的防控和研究工作,并取得一系列成就,在 60 年代到 80 年代中期基本上控制了吸浆虫的为害。在研究方面,以中国科学院的杨平澜先生、西北农学院的周尧先生和朱象三教授、中国农业科学院的曾省先生、中南农业科学研究所刘家仁先生等为代表的老一代科学家作出了重大贡献,其中曾省先生于 1965 年由农业出版社出版的《小麦吸浆虫》一书,是对新中国成立以来小麦吸浆虫研究的全面总结。

20 世纪 80 年代中期,麦红吸浆虫在我国黄淮平原和西北麦区再次大面积发生,国家组织的小麦吸浆虫防治科技攻关队伍在中国农业科学院郭予元院士和倪汉祥研究员的带领下,对小麦吸浆虫开展了全面的防控攻关研究,并创造性地提出以小麦穗期保护为核心的小麦吸浆虫防控技术体系,该成果获得 1998 年国家科学技术进步三等奖。西北农林科技大学袁锋教授团队在陕西关中地区小麦吸浆虫成灾规律与控制、滞育生理、地理种群分化研究等方面也颇有成就,提出了陕西关中可能存在的 30 年为周期的小麦吸浆虫成灾规律,并于 2004 年由科学出版社出版了《小麦吸浆虫成灾规律与控制》一书。

进入 21 世纪以来,小麦吸浆虫的防控面临着新的挑战,该虫害在黄淮海平原大面积发生,毁产现象连年出现,对小麦生产全局造成重要的影响。用以往的研究结论来面对我国小麦主产区,特别是黄淮海地区小麦吸浆虫的发生和防控有许多不适应的地方,如水流、跨区作业不能解释小麦吸浆虫“东扩北移”的现象,淘土监测及土壤毒土处理费工费时,不适应大面积“统防统治”的需要等。针对这些问题,国家小麦产业技术体系自建立以来开展了麦红吸浆虫发生和防控技术方面的研究,应用吸浆虫发生的地理和环境数据分析了小麦吸浆虫的适生区,测定不同地区种群的过冷却点来勾画麦红吸浆虫的分布北界,通过高空系留气球捕获获得小麦吸浆虫的气流传播证据并模拟了气流传播的途径,利用 GIS 和地学统计学技术进行了麦红吸浆虫“岛屿状”分布特征的分析,在麦红吸浆虫的常

发区发现了多种禾本科寄主,对全国主要小麦生产品种进行抗吸浆虫的鉴定以期找出吸浆虫发生和品种布局的关系,在河南省麦红吸浆虫重发区开展“黏板成虫监测和穗期保护”的轻简化防控技术示范,效果十分显著,深受农民群众的欢迎。

本书试图总结国内外近 30 年来麦红吸浆虫研究的重点进展,特别是我国“七五”以来开展的小麦吸浆虫防治攻关研究和国家小麦产业技术体系成立以来的进展。本书出版得到国家小麦产业技术体系首席科学家肖世和博士、病虫害防控研究室主任康振生教授,以及岗位专家陈万权研究员、程登发研究员、陈剑平研究员、喻大昭研究员、马忠华教授、陈怀谷研究员、许为钢研究员、沈阿林研究员等专家的支持和帮助。河南省洛阳市农业科学研究院刘顺通研究团队、河南省植保植检站赵文新研究员、天津市植物保护研究所谷希树研究员、河北农业大学何运转教授、西北农林科技大学仵均祥教授、河南农业大学汤清波博士、河南辉县市植保站李迎刚研究员、河南省新乡市农业科学院赵宗武研究员对本团队的研究示范做了大量的工作,在本实验室进行课题研究的西北农林科技大学 2007 级研究生夏鹏亮、华中农业大学 2008 级研究生陈华爽、河南农业大学 2008 级研究生郁振兴均是研究成果的重要提供者。

本书由武予清组织编写,并负责编写第一章、第二章、第六章和第三章、第九章部分内容;苗进负责编写第五章和第四章部分内容;段云负责编写第八章和第三章部分内容;蒋月丽负责编写第七章和第九章部分内容;巩中军负责编写第四章麦红吸浆虫天敌方面的内容。

本书起草初期征求了中国农业科学院倪汉祥研究员和河南省农业科学院植物保护研究所鲁传涛研究员的许多建议,中国工程院院士、中国农业科学院植保所研究员郭予元先生对本书进行了全面审校,并提出了许多宝贵建议,在此一并致谢。

由于作者水平有限,本书失误与缺陷在所难免,希望读者批评指正。

武予清

2011 年 4 月 5 日

目 录

前言

第一章 麦红吸浆虫的发生分布和形态特征	1
第一节 麦红吸浆虫的发生概况	1
第二节 我国麦红吸浆虫生态地理分布的评价	5
第三节 麦红吸浆虫的形态特征	10
参考文献	16
第二章 麦红吸浆虫的生活史和生物学特性	19
第一节 麦红吸浆虫的生活史	19
第二节 麦红吸浆虫的主要生物学特性	20
第三节 成虫的趋光性	24
第四节 麦红吸浆虫的滞育	26
第五节 麦红吸浆虫地理种群的耐寒性	34
参考文献	40
第三章 麦红吸浆虫的寄主和为害特征	44
第一节 麦红吸浆虫对不同寄主的侵染水平	44
第二节 麦红吸浆虫自然寄主植物的生物学	46
第三节 麦红吸浆虫对小麦的为害特征	50
参考文献	53
第四章 麦红吸浆虫发生的环境和天敌因素	56
第一节 麦红吸浆虫的发生与环境的关系	56
第二节 麦红吸浆虫的天敌	60
参考文献	68
第五章 麦红吸浆虫的空间分布格局和扩散	70
第一节 麦红吸浆虫幼虫/圆茧空间格局的分布型拟合分析	70
第二节 麦红吸浆虫田间空间格局的地学统计学分析	73
第三节 麦红吸浆虫大尺度空间格局的地学统计学分析	81
第四节 麦红吸浆虫空间分布的地理信息系统(GIS)分析	82

第五节 麦红吸浆虫种群扩散	85
参考文献	92
第六章 小麦对麦红吸浆虫的抗性	95
第一节 小麦品种的选育及其对麦红吸浆虫敏感性的发展	95
第二节 小麦品种的抗吸浆虫鉴定	99
第三节 小麦品种对吸浆虫的抗虫机制	102
第四节 抗性品种的利用	104
参考文献	107
第七章 麦红吸浆虫化学生态学研究进展与展望	111
第一节 麦红吸浆虫性信息素的研究	111
第二节 麦红吸浆虫对小麦挥发物气味的反应	113
第三节 麦红吸浆虫化学生态学研究展望	115
参考文献	116
第八章 麦红吸浆虫分子生物学研究进展	119
第一节 麦红吸浆虫蛋白酶的研究	119
第二节 麦红吸浆虫转座子的研究	123
第三节 分子标记技术在麦红吸浆虫研究中的应用	125
第四节 麦红吸浆虫滞育的分子生物学研究	125
第五节 麦红吸浆虫种群遗传结构的研究	128
第六节 麦红吸浆虫唾腺 EST 序列的生物信息学分析	133
第七节 问题与展望	137
参考文献	137
第九章 麦红吸浆虫预测预报和防控技术	142
第一节 麦红吸浆虫的预测预报	142
第二节 麦红吸浆虫的防控技术	147
参考文献	153

第一章 麦红吸浆虫的发生分布和形态特征

第一节 麦红吸浆虫的发生概况

一、国内发生概况

小麦吸浆虫是以幼虫潜伏在颖壳内来吸食麦粒正在灌浆的汁液，因此造成麦穗秕瘪、空壳或霉烂而减产，具有很大的危害性。一般减产 10%~20%，重者减产 30%~50%，严重的乃至颗粒无收。

小麦吸浆虫有两种，即红吸浆虫 (*Sitodiplosis mosellana* Gehin) 和黄吸浆虫 (*Contarinia tritici* Kirby)，属双翅目瘿蚊科。

我国小麦吸浆虫主要分布在北纬 43°以南及 27°以北，由东经 100°至东海沿岸范围的渭河、淮河、黄河、海河、卫河、白河、伊洛沁河、沙河、汉水、长江流域。麦红吸浆虫主要发生在北方麦区 (图 1.1)。

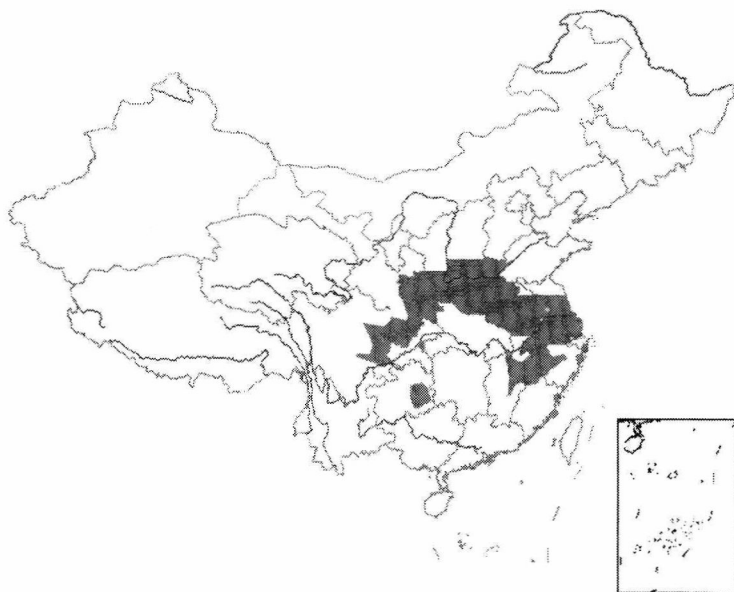


图 1.1 20 世纪 50 年代我国小麦红吸浆虫实际发生区 (仿杨平澜, 1959)

在我国发生小麦吸浆虫危害已有悠久的历史,早在 1314 年鲁明善著的《农桑衣食撮要》中就曾记载 14 世纪 10 年代曾一度发生小麦吸浆虫的严重危害;清代张宗法撰《三农记》(公元 1760)载:“凡麦吐穗收浆时,劈开麦实,有红虫如虬者在稞磁间,过三日不见矣。”又清道光十五年(公元 1835 年)《吴县志》,第 55 卷祥异考载:“四月初二日下午大雨雹……越三日复降红沙,着麦变小红虫,垂成菽麦,几至颗粒无收。”清代河南省《内乡县志》载:“清光绪九年(公元 1884 年),麦收小红虫,歉收甚。”1936 年蔡邦、华曾做较详细的科学记载小麦吸浆虫在江苏扬州大暴发。1950 年在河南、陕西、安徽、江苏、湖北等省共 80 余县发生小麦吸浆虫害,1951 年危害地区发展到 11 省、139 县(市)。根据 1954 年的调查则有 18 个省、260 余县(曾省,1965)发生小麦吸浆虫害。1955 年河南省普查,有 88 个县发生吸浆虫危害小麦,面积 2700 多万亩^①,当年吸浆虫危害损失小麦 14.2 亿 kg,占全省小麦总产 42.4 亿 kg 的 33.5%。经过近 10 年的连续防治后,到 60 年代中期已基本控制了危害,全省小麦吸浆虫害发生区缩小到 13 个县 310 多万亩(孙天文,1994)。

1980 年,麦红吸浆虫发生区在我国大面积回升并扩大蔓延,至 1985 年暴发成灾。据 1982 年调查,河南省有 5 个地(市)、30 余县发现吸浆虫危害,发生面积 420 多万亩。1985 年在陕西、安徽、河南、甘肃、宁夏、青海、河北、山西等省(自治区)发生面积达 120 余万公顷,损失粮食 1~2 成。1986 年扩展到 245 万 hm^2 ,到 1988 年全国发生面积达 300 余万公顷,再度对小麦生产造成威胁(丁红建和郭予元,1992)。

20 世纪 80 年代同 50 年代相比,麦红吸浆虫华北平原发生区域向北扩展了 3 个纬度。例如,河北省 50 年代虫害仅发生在邯郸的磁县,1995 年已扩展到河北省 12 个地(市)、68 个县,北限已移到廊坊、唐山一带。山东省过去一直未见吸浆虫危害的记录和报道,而 1990 年在鲁西南的鱼台、金乡等地暴发,至 1993 年春调查,全省 5 个地(市)、33 个县(市)发现有麦红吸浆虫(陈巨莲和倪汉祥,1998)。1993 年河南全省已发展到 97 个县 2640 多万亩,90 年代小麦损失在 1000 万~1500 万 kg 的县有 16 个,小麦损失 500 万 kg 的县 20 多个,漯河市 190 万亩小麦损失 5000 万 kg,全省小麦共损失 8 亿 kg。安阳、商丘、鹤壁等地(市)的 20 余县,在 50 年代吸浆虫发生高峰期均未发现吸浆虫对这些地区的危害,而 80 年代后这些地区已成重发区(吕印谱等,2006)。90 年代在湖北孝感地区也出现吸浆虫导致的小麦毁产现象。

进入 21 世纪以来,沿燕山山脉的北京、天津、河北唐山,山东鲁南地区的临沂、新泰成为小麦吸浆虫新发生区,河南、河北小麦主产区均遭到吸浆虫的严重危害,常年

^① 1 亩 $\approx$ 666.67 m^2

发生面积在 200 万 hm^2 以上（图 1.2 和图 1.3）。

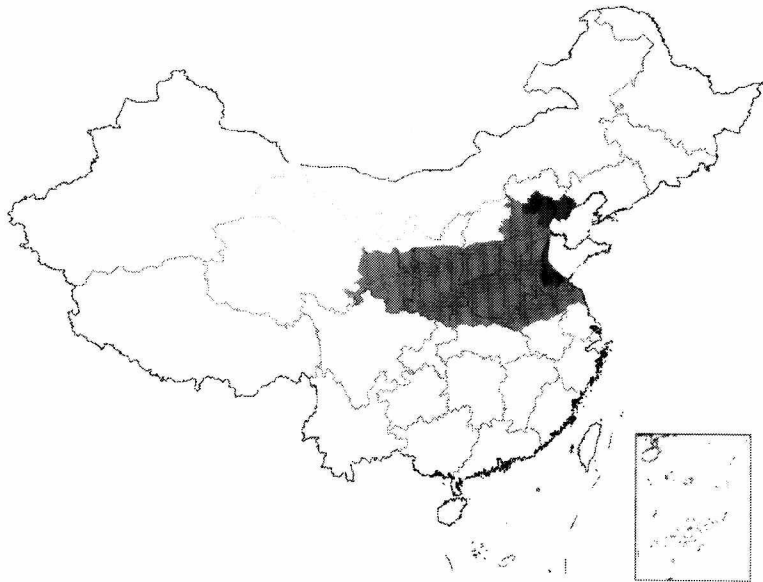


图 1.2 1985 年以后我国麦红吸浆虫实际发生区域
(其中深色代表 2000 年以后新增加的发生区域)

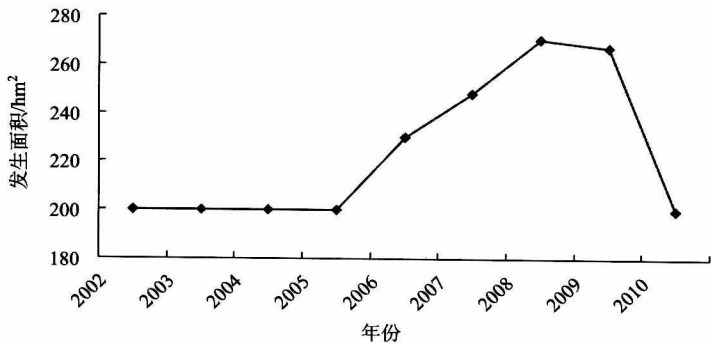


图 1.3 2002 年以来我国北方麦区小麦吸浆虫发生面积

二、国外发生和分布

1741 年在英格兰第一次提及小麦吸浆虫幼虫 (Webster, 1891)，虽然吸浆虫的种类还没被详细说明 (可能是麦红吸浆虫，或是麦黄吸浆虫)。在北美部分地区 (Olfert et al., 1985; Lamb et al., 1999)、欧洲 (Oakley et al., 1998)，麦红吸浆虫是重要的

小麦害虫。在北美地区，小麦吸浆虫主要寄生在春小麦上（春天播种，夏末收获），但是在欧洲和中国部分地区，冬小麦（夏末播种，第二年夏天收获）是它的主要寄主。魁北克省是北美地区最早发现麦红吸浆虫的，时间是 1828 年。目前麦红吸浆虫在北美很多地方都是严重的小麦害虫，尤其是在加拿大西部（Olfert et al., 1985; Lamb et al., 1999, 2000）。1983 年在加拿大萨斯卡切温省东北为害春小麦导致平均减产 30%，损失 3000 万加元。进入 20 世纪 90 年代，曼尼托巴省也开始严重发生此虫害，导致杀虫剂的广泛应用（Elliott, 1988a, 1988b）。

到 1997 年，麦红吸浆虫在加拿大的阿尔波特、不列颠哥伦比亚、曼尼托巴、诺瓦斯蒂亚、安大略、爱德华王子岛、萨斯卡切温，美国印第安纳、密歇根、明尼苏达、纽约、北达科他、俄亥俄等地区均有发生。

麦红吸浆虫可能是由欧洲被带到北美，它们通过种子被带到新的小麦产区。幼虫可能随着储备的种子移动，因为它们不可能在收获之前从穗上掉下来。发育成熟的幼虫有时候会在通过联合收割机收割的种子褶皱处出现，因此，早采种技术也可能导致储藏种子污染。麦红吸浆虫在欧洲殖民者于北美定居不久后在北美发生（Barnes, 1956），早期报道此害虫出现在东海岸（Felt, 1920）和西海岸（Reechar, 1945）。在 19 世纪和 20 世纪之交，小麦吸浆虫随着小麦种植很快也开始在北美大陆中部普遍发生（Fletcher, 1902）。1925 年以后，在北美东部小麦吸浆虫不再是毁灭性的害虫，但其原因不明。同



图 1.4 麦红吸浆虫在北美地区的分布

[Distribution Maps of Plant Pests (3rd revision), 1997, Map 183]

样地,麦红吸浆虫种群在北美大平原北部上升的原因也是个谜。从1993年开始,麦红吸浆虫发生遍及曼尼托巴省、萨斯卡切温省大部分地区,北达科他州北部和明尼苏达州西部,一直持续到现在(图1.4)。麦红吸浆虫在春小麦上的暴发期和盛夏降水期相一致,这个降水时期可能是麦红吸浆虫发生的重要条件(Berzonsky et al., 2003)。

欧洲是麦红吸浆虫和麦黄吸浆虫的混发区。其中麦红吸浆虫主要发生在奥地利、比利时、保加利亚、捷克、丹麦、芬兰、法国、德国、爱尔兰、意大利、卢森堡、荷兰、挪威、波兰、罗马尼亚、俄罗斯中部和西西伯利亚、瑞典、英国的英格兰和威尔士。亚洲除中国外,麦红吸浆虫主要分布在以色列、日本的九州岛和本州岛。在非洲阿尔及利亚有麦红吸浆虫的发生。在南半球还没有麦红吸浆虫发生的报道。虽然在新西兰、澳大利亚部分地区及南美洲的小麦生产区有麦红吸浆虫存在的适宜条件,但还没有出现此害虫危害的报道。

第二节 我国麦红吸浆虫生态地理分布的评价

麦红吸浆虫不断北扩东移,给我国小麦生产带来严重威胁。如何评估我国适宜发生小麦红吸浆虫的地区,特别是目前麦红吸浆虫尚未发生的小麦产区是否会成为新的发生区,是当前我国麦红吸浆虫治理的重要课题。

根据前人研究,寄主植物、温度、降雨(土壤湿度)是影响麦红吸浆虫分布的主要因素(曾省,1965)。其中,温度决定该虫在纬度(海拔)上的分布,麦红吸浆虫圆茧在冬季需要感受 10°C 以下120天才能打破滞育开始发育(仵均祥等,2004),低于麦黄吸浆虫可以忍受的极端温度则不能存活(曾省,1962;刘家仁,1964)。在降雨方面,圆茧越冬后,随温度升高幼虫感受相应的土壤湿度上升,于是到土壤表层化蛹,土壤含水量低于17%则不能化蛹(刘家仁,1958),且在土壤含水量为20%~25%的化蛹率最高(尹楚道等,1989),因此我国冬小麦产区特别是雨养区,3~4月的降雨量成为麦红吸浆虫化蛹出土的关键因素,也是限制雨养区冬小麦麦红吸浆虫发生的主要因素。在小麦吸浆虫的耐寒性方面,麦黄吸浆虫结茧幼虫在 -26°C 下经过6天后开始死亡(刘家仁,1964),耐寒性指标作为麦红吸浆虫分布的主要因素还未见报道。

近年来,随着3S技术[遥感技术(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)的统称]的发展,从大尺度开展生物入侵和物种生境研究成为新的热点,并在物种生境评价、生境保护等方面的研究取得了一定进展。MAXENT模型是一种基于生态位原理的生境适宜性模型,应用物种出现点数据(以经纬度的形式)和目标地区环境变量数据(气候数据、植被覆盖和地形地貌等)对物种生境适宜性进行评价,具有较高的

精度(孙文涛和刘雅婷, 2010; 徐卫华和罗翀, 2010; 曾辉等, 2008)。本节应用 MAX-ENT 模型和生态学数据结合麦红吸浆虫的耐寒性, 对我国麦红吸浆虫的生境适宜性进行评价, 明确其生境分布及主要影响因子, 以期为我国麦红吸浆虫的治理提供科学依据。

一、分析工具及数据

本研究主要应用的软件工具及数据分别如下: MaxEnt 软件, 从 www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent 免费下载, 版本 3.0; DIVA-GIS 软件, 从 <http://www.diva-gis.org/> 免费下载, 版本 5.4。

我国麦红吸浆虫的地理分布数据, 主要来自杨平澜(1959)、曾省(1965)报道的我国 20 世纪 50 年代麦红吸浆虫分布的县市地理信息。根据 MaxEnt 软件要求, 将麦红吸浆虫实际分布点按物种名、分布点经度和分布纬度顺序储存成后缀名为 .csv 格式的文件。

环境变量数据是采用几个主要影响麦红吸浆虫分布的气候因子作为环境变量, 分别为 11 月、12 月、1 月和 2 月的平均温度、最低温度和最高温度, 3 月和 4 月降雨总量(曾省, 1965; 尹楚道等, 1989; 张爱民, 1996)。本次研究采集的是 1950~2000 年的气候数据, 从 <http://www.diva-gis.org/climate.htm> 免费下载, 并转成 MaxEnt 软件所要求的后缀名为 .asc 格式的文件。

将分布数据和环境数据导入 MaxEnt, 根据实际分布点数量进行调试, 将 80% 的分布数据用于建立预测模型, 20% 用于验证模型, 其余参数全部设定为软件默认, 运行得出我国及全球气候条件适宜麦红吸浆虫的存活区。利用 DIVA-GIS 显示结果图, 最后结合小麦生产情况预测该虫的分布。利用 ROC 曲线(受试者工作特征曲线)对模型预测结果进行评价, 其曲线下面积(AUC)的大小作为模型预测效果的衡量指标, 取值范围为 0~1, 值越大表示模型预测效果越好(王运生等, 2007)。

二、结果分析

(一) ROC 曲线的验证结果

ROC 曲线的验证结果表明, 训练集和验证集的 AUC 值分别为 0.991 和 0.992, 表明模型预测结果好。环境因素重要性分析结果显示, 11 月、12 月、1 月和 2 月的最高温度和最低温度对模型的贡献率超过 0.90, 3 月和 4 月的降雨量贡献率分别为 0.82 和 0.67。

本研究选择的主要自然环境因子反映了麦红吸浆虫生境对自然环境的需求。11~2

月整个冬季和初春的温度影响麦红吸浆虫的生存, 首先幼虫需要感受 10°C 以下的低温并持续一定的天数, 而极端低温又不能低于麦红吸浆虫的耐寒极限。3~4 月的降雨量影响着土壤湿度, 而土壤湿度直接影响麦红吸浆虫的化蛹羽化。

(二) MAXENT 评价麦红吸浆虫分布的结果

MAXENT 预测我国气候条件适宜麦红吸浆虫存活区域与程度如图 1.5 所示, 适宜值为 0~100, 值越高代表气候条件越适宜此虫存活。该虫在目前分布地的适宜值都在 20 以上, 且麦红吸浆虫高发地的适宜值在 20 以上。所以将适宜值划分为三个等级: 适宜值 <20 , 适宜度为低, 不适宜该虫存活; $20 \leq \text{适宜值} < 40$, 适宜度为中, 比较适宜该虫存活; 适宜值 ≥ 40 , 适宜度为高, 非常适宜该虫存活。仅考虑气候因素和当前分布情况, 适宜值 ≥ 20 的区域可以认为是该虫适宜的地理分布区。

1) 黄淮海冬麦区。这一地区是我国冬小麦的主产区, 常年播种面积占全国播种面积的 60% 以上。以 20 世纪 50 年代的地理数据预测结果显示, 北起燕山山麓, 南抵大别山、桐柏山和江淮分水岭, 东起太行山东麓, 直至东海、黄海广大地区均适合麦红吸浆虫的生存, 适宜值为 20~100。在 1950 年河北仅磁县发现麦红吸浆虫, 到 1990 年前后河北中部、山东西部大面积发生此虫害, 2000 年以后北京、天津、河北廊坊地区麦红吸浆虫毁产地块不断出现, MAXENT 均做出了较为准确的预测 (图 1.5 和图 1.6)。

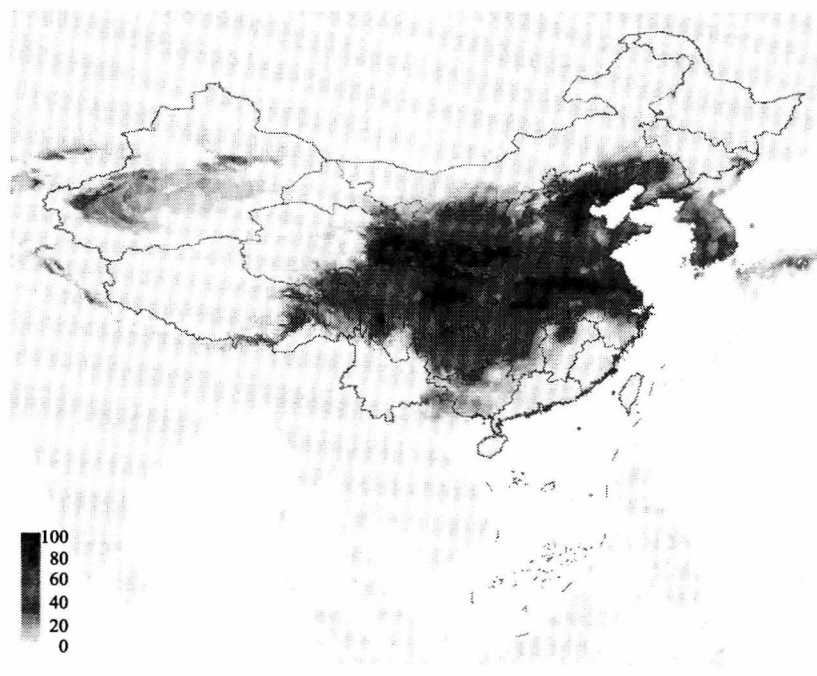


图 1.5 MAXENT 模型预测我国麦红吸浆虫的分布

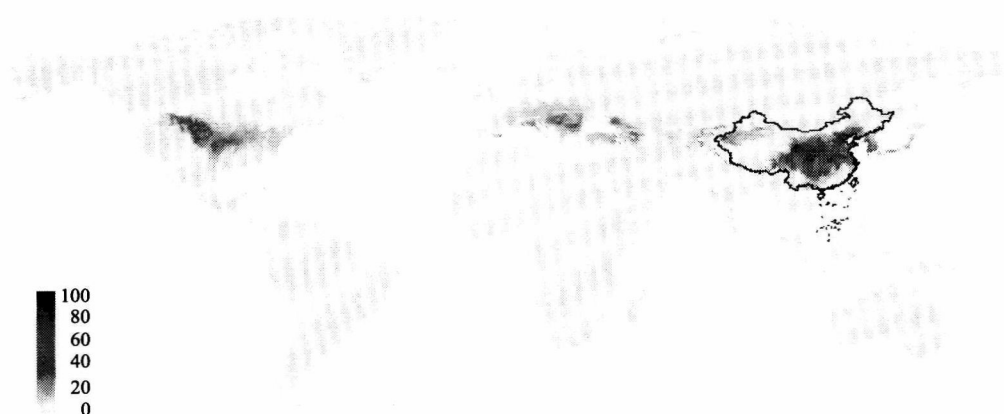


图 1.6 MAXENT 模型预测世界麦红吸浆虫的适生区域

2) 长江中下游冬麦区。MAXENT 预测该地区是适宜麦红吸浆虫发生区, 适宜值为 20~80。该地区在 20 世纪 50 年代发生麦红吸浆虫以南阳盆地、长江三角洲为主, 钱塘江和赣江流域在新中国成立前后亦有麦红吸浆虫零星分布, 特别是南阳盆地和苏南地区历史上多次发生此虫灾。但是自 1985 年以来, 除南阳盆地持续发生以外, 其他地区很少发生此虫害, 这与这一区域作物种植方式有关。水稻种植以及稻麦轮作使麦红吸浆虫在秋季失去生存环境, 同时以水稻生产为主, 使它的发生失去了经济意义。

3) 黄河中上游冬麦区。MAXENT 预测该地区是适宜发生区, 适宜值为 80 左右。在 20 世纪 50 年代, 渭河平原、临汾盆地、秦岭山地、河西走廊、宁夏平原和青海东部川水地区一直是麦红吸浆虫的重发区, 1985~1987 年渭河平原再次暴发成灾 (陈巨莲和倪汉祥, 1998)。

4) 西南冬麦区。用 MAXENT 评价我国 1950 年数据, 显示适宜值为 60 左右。四川盆地、巴山山地和贵州铜仁地区在 20 世纪 50 年代均有发生麦红吸浆虫的虫害。自 20 世纪 60 年代以后, 该地区鲜有麦红吸浆虫成灾的报道, 这与稻麦轮作和油菜等非寄主作物种植面积扩大有关。

5) 东北春麦区。MAXENT 预测麦红吸浆虫在沈阳 (不包括沈阳) 以北的黑龙江和松花江流域春小麦主产区不适宜生存, 适宜值为 0。

陈华爽等 2010 年对来自全国 5 个地区的麦红吸浆虫幼虫圆茧的过冷却点测定表明 (见第二章表 2.4), 纬度最高的天津武清过冷却点的平均值为 $-(25.34 \pm 2.65)^{\circ}\text{C}$, 最低值为 -28.50°C , 最高值 -16.80°C 。尽管东北春麦区在小麦拔节到抽穗期间的降雨量适合小麦吸浆虫的发生, 但沈阳以北极端最低气温在 $-47 \sim -33^{\circ}\text{C}$, 不仅比世界各个小麦吸浆虫分布区的冬季温度都要低 (刘家仁, 1964), 而且远远低于麦红吸浆虫圆茧的

过冷却点, 因此东北春麦区沈阳以北麦红吸浆虫很难越冬和生存。

6) 北美、欧洲、亚洲小麦产区。用 1950 年我国麦红吸浆虫地理数据, MAXENT 预测在北美中西部、欧洲、俄罗斯南部、日本、朝鲜半岛都为麦红吸浆虫适宜发生区, 适宜值大于 20, 与 1997 年报道已有的麦红吸浆虫分布一致 (朝鲜半岛除外)。特别是在 1983 年北美中西部加拿大的萨斯卡切温省东北部麦红吸浆虫发生成灾, 小麦减产 30%, 损失 3000 万加元 (Olfert et al., 1985); 在 20 世纪 90 年代中期曼尼托巴省小麦也遭受到麦红吸浆虫的严重侵害 (Lamb et al., 1999), 适宜发生区预测是准确的, 表明这一模型应用的可行性。

三、结 论

东北春麦区包括黑龙江省、吉林省, 辽宁省地区, 以及内蒙古自治区东北部, 该区是否存在麦红吸浆虫分布存在争议。汤博文在 1954 年第一次报道了麦红和麦黄吸浆虫在黑龙江和松花江的分布, 并指出麦红吸浆虫占绝对优势, 近期的一些报道也引用了类似的结论。杨平澜 (1959) 在研究我国小麦吸浆虫分布时, 出于对生产、调查质量问题和经济重要性诸多原因的考虑, 没有将东北分布区列入; 曾省在 1962~1963 年检查沈阳等地当年留下的样本, 以及对当年采样地区调查, 不能确定吸浆虫存在。从 MAX-ENT 模型预测适生区、吸浆虫圆茧的耐寒性方面测定的结果表明, 麦红吸浆虫在辽西辽南春麦区可以生存, 热河省、辽西省也报道过吸浆虫的发生 (周尧, 1956), 而东北黑龙江和松江平原春麦区由于极端低温, 麦红吸浆虫 (圆茧过冷却点在一 30°C 以上) 很难在冬季生存, 该麦区麦红吸浆虫将不应该再作为一个生产问题 (陈华爽, 2011)。

20 世纪 50 年代河北省仅仅在靠近河南省的磁县有麦红吸浆虫的发生, 1985 年以来成为重发区 (高军等, 2009), 用 MAXENT 模型预测我国 1950 年地理数据显示这个地区适生指数很高。新中国成立以来河北省小麦面积发展迅速, 1952 年仅 $1.5864 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 1960 年增至 $2.5483 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 至 1980 年以来一直保持在 $2.4 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 以上, 单产大幅度增加 (吴凯等, 2003), 为小麦吸浆虫发生发展提供了充足的寄主承载体。同时, 虽然 3~4 月降雨量和黄淮流域相比较低, 但河北省灌溉面积从新中国成立初期的 1154 万亩增加到 1975~1986 年的 5400 万亩 (吴凯等, 2006), 特别是小麦春灌有效地保证了吸浆虫化蛹羽化所需要的土壤水分。山东省作为麦红吸浆虫新发区是基于同样的原因。

20 世纪 50 年代, 杨平澜将我国小麦吸浆虫发生区分为以下三个: ①麦红吸浆虫主发区, 集中在北纬 $32^{\circ} \sim 36^{\circ}$ 平原地区; ②红黄吸浆虫并发区, 包括川贵青甘宁山区河谷地带; ③麦黄吸浆虫发生区, 为甘青宁高山多湿地带。贺春贵根据麦红吸浆虫种群遗传