

文章编号: 1003-8701(2015)05-0079-06

我国稻水象甲研究进展与展望

朱晓敏¹, 骆家玉², 田志来^{1*}

(1. 吉林省农业科学院植物保护研究所/农业部东北作物有害生物综合治理重点实验室, 吉林 公主岭 136100;
2. 安徽省国营沙河集林业总场白米山林场, 安徽 滁州 239060)

摘 要: 稻水象甲是我国水稻重要入侵害虫, 严重影响水稻的产量和质量。本文对国内稻水象甲近年来的研究进行了综述, 重点介绍了稻水象甲的分布、迁飞和滞育、预测预报技术、种群分布的空间格局及田间抽样技术、危害损失及防治指标、综合防治技术方面研究现状和取得的进展, 并对今后的研究方向进行了展望。

关键词: 入侵害虫; 稻水象甲; 预测预报; 防治

中图分类号: S435.112*.6

文献标识码: A

Progress and Prospect of Researches on Invasive Pest Rice Water Weevil in China

ZHU Xiao-min¹, LUO Jia-yu², TIAN Zhi-lai^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences /Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast, Ministry of Agriculture, Gongzhuling 136100; 2. Baimishan Forest Farm, State-Owned Shaheji Forestry General Station of Anhui Province, Chuzhou 239060, China)

Abstract: Rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, an important invasive pest of rice in China, seriously affects yield and quality of rice. Status and advance of domestic researches on rice water weevil in recent years were reviewed in the paper, which focused on its distribution, migration and diapause, forecasting techniques, spatial pattern of population distribution, field sampling techniques, molecular biology, damage and integrated control method. The directions of research in the future were also prospected.

Key words: Invasive pest; *Lissorhoptrus oryzophilus*; Forecast; Biological control

稻水象甲 (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) 又名稻水象、稻根象、稻象甲等。属鞘翅目(Coleoptera), 象虫科(Curculionidae), 沼泽象亚科(Erihniinae), 稻水象属(*Lissorhoptrus*), 主要为害水稻等禾本科农作物, 是一种世界性检疫害虫^[1]。我国从20世纪80年代开始开展稻水象甲的研究工作, 对稻水象甲的行为学、生态学、生理生化及发生、防治方面进行了大量研究, 解决了许多关键问题, 现将20多年的研究进展概述如下。

收稿日期: 2015-03-20

基金项目: 吉林省科技支撑计划重点科技攻关项目(20130206020NY); 农业部公益性行业(农业)科研专项经费项目(201103002)

作者简介: 朱晓敏(1987-), 女, 研究实习员, 硕士, 主要从事微生物农药及害虫生物防治研究工作。

通讯作者: 田志来, 男, 在读博士, 研究员, E-mail: gzlzt@126.com

1 稻水象甲的分布

20世纪70年代初, 发现孤雌生殖型稻水象甲已传入亚洲。1988年稻水象甲在我国河北省唐海县首次发现, 此后稻水象甲的研究工作在我国陆续展开, 根据资料和文献记载, 到2013年止, 在国内稻水象甲已扩延到北部黑龙江、辽宁、吉林、内蒙、北京、天津、河北、山东; 南部浙江、安徽、福建、台湾、江西、湖南、湖北、山西、陕西; 西部云南、贵州、新疆、四川等多个省市^[1]。此外据文献报道江苏、广东、广西也有此虫的分布^[2], 2012年, 张雪丽通过对稻水象甲传入广西稻区的风险分析, 初步认定稻水象甲入侵、定殖、扩散于广西稻区的可能性极大^[3]。目前形势来看, 稻水象甲还不断继续蔓延, 对作物危害十分严重, 发生面积也逐渐增多。

具体入侵时间、地点及其发生区域见表1。

表1 国内稻水象甲入侵时间及地点

入侵时间	入侵地点	稻水象甲发生区域
1988.6	河北	唐海县、秦皇岛、抚宁县、承德稻区(滦平县)
1990.3	台湾	桃园、新竹、苗栗
1990.6	天津	汉沽区、宁河
1990.8	北京	清河
1991.7	辽宁	辽阳市、海城市、鞍山市、丹东、盘锦、沈阳、抚顺、铁岭
1992.6	山东	东营市河口区
1993.5	浙江	乐清、温州、玉环县
1993.7	吉林	集安市、东丰县、辽源市、通化市、伊通满族自治县、舒兰市、公主岭市
1996.4	福建	福鼎、邵武市、宁德市
2001.5	安徽	桐城、安庆市、太湖
2001	湖南	长沙市、湘乡市、湘阴县、株洲县
2003	山西	原平市、忻州市、代县
2003	陕西	汉中市、安康市宁陕、石泉市
2005	内蒙古	通辽市
2007.5	江西	乐平市、江西东乡、临川、金溪、瑞昌、九江、余江等诸多地区
2007.6	黑龙江	牡丹江市、东宁县
2007	云南	嵩明
2008	湖北	当阳市、十堰市、鄂州市、房县、城关、红塔、军店、化龙、窑淮、青峰
2010	新疆	乌鲁木齐、伊犁州察布尔斯县等
2010	贵州	贵阳、安顺、遵义、福泉市、黔南州、修文县首侵、黔南遵义县乌江镇、息烽
2011	四川	内江市龙城县、乐山市井研县、渠县等

2 稻水象甲的迁飞和滞育

在昆虫生活史的进化中,迁飞和滞育具有共同的生理基础和生态功能,尤其是出入蛰伏场所的迁飞更与滞育有着密切的联系^[4]。关于稻水象甲迁飞及滞育的研究,国内学者翟保平、张孝羲等做了大量工作,研究表明:稻水象甲的迁飞伴随着飞行肌的发育和消解,发育完全的飞行肌使得稻水象甲迁离恶劣条件的稻田进入山中夏蛰或越冬,并迁入晚稻田或新插秧稻田本取食^[5]。由于稻水象甲受外部条件的影响,温度和风力对其迁飞有一定限制,其迁移时间、速度和方向,在不同的区域亦有所不同^[2]。不同的滞育强度、积温的快慢、有效的食物来源、适合傍晚起飞的微风及气温等是影响稻水象甲春季潜入稻田早晚的因素;飞行肌的发育同样受到食料条件的影响,取食高质量食料使稻水象甲的飞行肌发育迅速,脂肪体更加丰富,为迁飞做好了充足的准备,稻水象甲的飞行肌和卵巢发育根据生活史的季节性变化出现兴衰交替^[6]。稻水象甲滞育越夏的形成需要光周期、高温、食物等,光照和食物是滞育越夏的主要因素^[7]。稻水象甲成虫的越冬状态是一般性休眠或生殖滞育,而不是生物学上的深度滞

育,解除休眠状态后即开始取食和生殖发育^[8]。

3 稻水象甲的预测预报技术

病虫测报工作是病虫害防治的重中之重,由于稻水象甲防治难度较大,探索一套简便易行的方法,来预测预报稻水象甲的迁入高峰期则显得尤为重要。稻水象甲的飞行行为、扩散能力直接关系到植检措施和防治策略的制定^[4]。顾云琴等通过多年的实践与研究,证明有效积温决定了稻水象甲飞行肌的发育程度进而决定了迁入峰期的早晚,并进一步推测稻水象甲越冬代成虫迁入峰期用积温结合天气情况预测是完全可行的;从而明确了稻水象甲的发生动态与当地的气温变化有直接关系,从而建立积温预测法,其最大优点就是快捷、简便、准确而高效,为稻水象甲的预测预报增添科学依据^[9]。

赵文生等利用越冬基数数量、本田成虫数量、卵的数量动态等因子对稻水象甲发生期及发生量进行预测,但对发生量的预测相对较困难,这时的预测结果只能用于短期决策^[10]。黄超等根据成虫发生期和发生量预测发生面积,并结合当地栽培制度、品种布局 and 苗情、长势及气象因素(温度)综合分析做出预报,从而证实此法是一套简便有

效的监测预报方法^[11]。确定稻水象甲越冬成虫出土高峰期及迁移稻田高峰期,对于稻水象甲各虫态发生高峰期进行预测与防控是十分有益的^[12]。

除了通过监测稻水象甲的发生期和发生量建立稻水象甲的预测预报方法外,我国学者周乐峰等开展对稻水象甲卵巢、飞行肌及消长动态进行研究,试图构建一套新的预测预报方法。研究结果表明:卵巢解剖法可作为一种稻水象甲预测预报方法,飞行肌宽度可作为监测依据,而长度则不宜采用^[13]。稻水象甲卵巢发育程度的分级标准结合飞行肌和脂肪体的发育程度,也可作为常规监测中确定稻水象甲种群性质的指标^[14]。稻水象甲卵巢发育程度分级标准作为稻水象甲的常规监测手段,也给国内外稻水象甲大发生区域进行监测与预报工作带来了方便,为及时防控防治提供依据。

随着时代的发展,预测预报技术也进入了电子信息化,在国内也有人利用数据分析对稻水象甲在全国扩散入侵进行预测分析。毛志农等利用CLIMEX预测了稻水象甲在中国的连续分布区域及其北界和西界^[15]。对稻水象甲在中国的适生分布范围进行了预测分析,但随着该虫的进一步扩散,之前的预测范围与实际分布有所差异^[16]。对于稻水象甲的分布数据及其主要寄主水稻的分布,利用MAXENT生态位模型和ArcGIS对其在中国的入侵扩散动态及适生性进行了再分析和预测并进行总结,为相关部门的预测监测提供支持^[17]。

4 稻水象甲种群分布的空间格局及田间抽样技术

昆虫种群空间分布型常因其种类、发育阶段、寄主及栽培方式、种群密度、地形、土壤和气候等的差异而不同,稻水象甲在不同地区的种群分布格局也均有一定的差异。田春晖等为明确稻水象甲种群的分布规律和空间格局,对不同地区的稻水象甲进行了系统调查和比较分析,采用Taylor幂法和Iwao方法进行模型参数拟合,所得的分布格局模型较符合实际情况,种群呈聚集分布较多,且聚集度与密度相关^[18-19];何永福首次采用全田调查和平行跳跃式取样法,并运用Iwao回归模型和Taylor幂法则,研究了稻水象甲幼虫在水稻根部空间的分布型,结果表明:幼虫在秧田返栽田和移栽田水稻植株根部均呈聚集分布,聚集原因与稻水象甲幼虫的生活习性和环境因素有关^[20]。巍薇等为弄清秧田期稻水象甲卵的田间分

布情况,采用6种聚集度指标法、Taylor幂法则和Iwao回归模型法,对稻水象甲卵在秧田期的空间分布型进行了研究。结果表明:稻水象甲卵在秧田期的空间分布型属于聚集型的负二项分布,聚集程度随密度增加而增加^[21]。

以上研究结果表明:在稻水象甲迁入水稻移栽田时,无论稻水象甲成虫、幼虫还是卵均呈聚集分布。由于稻水象甲的种群密度不断增加,危害程度不断加重,研究稻水象甲种群的空间格局对其调查抽样、防治密度、防治技术指标的确定等都具有重要的指导意义。目前,对于稻水象甲种群分布空间格局及田间抽样技术实践研究中,采用了新的模拟分析法,又结合当前的现代技术,同时也对理论抽样数及序贯抽样技术等进行规范,进而调查稻水象甲的种群密度及为害程度,为该虫的监测、预报和防控提供理论及实践依据。

5 稻水象甲为害损失及防治指标

国外学者对稻水象甲为害损失研究较多,国内学者对有关其经济损失水平及防治指标的具体研究却很少。美国学者研究表明:稻水象甲发生一般田块减产为28.8%,严重地块减产为37.9%;日本报道为15%~22%;韩国报道为4%~22%^[22]。国内稻水象甲发生田块,一般减产10%~20%,受灾严重田块减产50%~60%^[23]。我国学者刘雅坤等研究表明:稻水象甲每平方米增加一头成虫,产量损失增加0.91%^[24],可见稻水象甲严重影响我国水稻的产量。

近年来,我国学者关于稻水象甲的防治指标方面做了大量工作,也取得了重要进展。1997年赵成德等根据不同成虫密度系统为害下水稻产量及产量损失并依据损失模型结合防治经济效益确定该害虫的防治指标为成虫密度0.3头/穴(6月上旬)^[25]。这是我国学者首次明确稻水象甲的防治指标,该指标也于2005年被辽宁省确定为该省稻水象甲的防治指标^[2]。汪志和等通过扣笼接虫试验,明确不同虫口密度下稻水象甲对水稻生育及产量的影响情况,得出了稻水象甲的防治指标为30头/m²,经田间试验验证,取得了良好的效果,与实际高度吻合^[26]。汤德祥等在当地生产条件下测算出稻水象甲的防治指标为百丛虫量280头,但该结论只针对越冬代成虫在早稻大田中的防治指标,不适用于幼虫的防治指标^[27]。张西健根据当地的地理情况及生产水平,确定了当地稻水象甲

的防治指标为每百墩越冬成虫 30 头^[28]。

关于稻水象甲的防治指标方面,国内学者做了大量卓有成效的工作,但笔者认为,还缺乏系统性、连贯性。防治指标应结合当地的耕作栽培条件、气象条件等因素因地制宜确定动态防治指标。因此,需要更科学更合理规范稻水象甲的防治指标,为稻水象甲大面积田间防治提供理论依据。

6 稻水象甲综合防治

目前,针对稻水象甲的综合防治措施主要有农业防治、化学防治、生物防治和物理防治 4 种防治方法。

6.1 农业防治

农业防治是防治技术中的重要环节,将整个农田生态系统多因素综合协调管理,调控作物、害虫和环境因素,创造一个有利于作物生长而恶化稻水象甲生存的农田生态环境。如培育抗性品种、调整耕作制度、处理越冬寄主、稻田排水灌溉管理等措施。

(1) 培育抗性品种

利用水稻品种的抗性防治稻水象甲正被人们逐渐应用。研究表明:水稻品种对稻水象甲的抗性由单基因或寡基因控制,并具有显性遗传特性^[29];品种对各虫态存活率无显著性影响,但能显著影响幼虫、蛹和成虫的龄期,同时对稻水象甲成虫产卵期和产量影响差异显著^[30]。

(2) 稻田排水灌溉管理

通过推迟稻田持续灌溉的开始时间及进行浅水管理或干湿交替管理,创造不利于成虫排卵的环境条件,致使稻水象甲成虫或幼虫数量减少,从而达到控制害虫发生的目的。

(3) 秋后稻草处理

水稻秋天收割后,所有稻草应实行灭虫处理或者焚烧,尤其是靠在公路和交通枢纽的田块,稻田周边杂草应全部焚烧或药剂进行喷施处理,压低秧田和稻田的越冬代种群数量^[31]。

(4) 调整耕作制度

调整播种期,培育壮秧,适当推迟移栽时间等可避开稻水象甲发生高峰期。孙富余等研究发现晚插秧的幼虫数量较少,也将成虫为害盛期和产卵盛期错开,推迟了水稻受害敏感期^[32]。

6.2 化学防治

化学防治方法是目前稻水象甲防治效果最好、见效最快、生产上最常用的防治措施。化学

农药防治的作用方式有两种:一种是直接作用于虫体;一种是作用于水稻本身诱导水稻产生抗性。如 Hamm J C 等报导茉莉酸(jasmonic acid, JA)和茉莉酸甲酯(methyl jasmonate, MJA)都能诱导水稻对稻水象甲产生抗性,减少象甲成虫的取食,降低幼虫数量^[33]。有些药物虽然效果较好,但对水生生物杀伤性强,易造成环境污染或农产品残留超标,因此选用化学防治还需慎重考虑。

6.3 生物防治

针对稻水象甲的生物防治措施,主要是选择可以降低田间成虫或者幼虫数量的天敌性生物,这些生物包括两类,一类是动物,一类是菌物。美国研究表明:用线虫对稻水象甲幼虫进行防治,防治效果可以达到 40%^[34]。在国内研究发现,昆虫病原线虫的寄住范围广泛,对稻水象甲的群体数量有极大的抑制作用且作用效果较为明显^[35-37]。昆虫病原线虫作为一种生防措施,尽管它对稻水象甲的防治起到了一定的作用,但如果进行田间大面积推广应用,还需进一步加大研究力度。

应用虫生真菌防治稻水象甲是目前生物防治的热点。日本人 Yozhizawa 从稻水象甲的成虫虫体上成功分离出了具有生防能力的白僵菌(*Beauveria bassiana*)和绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*),从此拉开了利用虫生真菌防治稻水象甲的序幕^[38];我国柴一秋等研究表明:37 株绿僵菌其中有 6 株的致病力可以达到 90% 以上,绿僵菌对稻水象甲有明显的防治作用。陈祝安等采取菌剂和化学农药配合使用,效果则更佳^[39-40]。于凤泉等利用绿僵菌 MaL03 (3.5×10^{13} 孢子/ hm^2 、 5.0×10^{13} 孢子/ hm^2 、 7.5×10^{13} 孢子/ hm^2)、MaJ01 (5.0×10^{13} 孢子/ hm^2) 不同剂量在水稻移栽 5 ~ 7 d 在田间进行喷雾处理,对幼虫、成虫的防效均能达到 60% ~ 80%^[41]。而白僵菌防治稻水象甲国内研究很少,利用球孢白僵菌菌剂进行田间防治稻水象甲试验,其效果不是十分显著^[42-43]。2013 年徐进等利用不同来源的 4 株球孢白僵菌菌株对稻水象甲成虫进行室内生物测定,各菌株的时间效应与浓度效应呈负相关趋势,并筛选出对稻水象甲成虫毒力最强的 YS03 菌株,供试成虫平均校正死亡率达 96.55%,显示出对靶标害虫具有较好的毒力,综合 4 株球孢白僵菌菌株对稻水象甲的校正死亡率、半致死时间、半致死浓度和 90% 致死浓度各值,可以得出从原寄主上分离获得的球孢白僵菌菌株对稻水象甲成虫具有较强的致病力^[44]。这也进一步说明白僵菌防治稻水象甲有一定的致死作用,是生物防治的一

种手段,但筛选出高毒力专化性的白僵菌菌株显得尤为重要。因此在白僵菌菌株筛选、剂型的研制与开发、防治技术等方面还需要开展深入研究。

6.4 物理防治

稻水象甲具有趋光性,设置诱杀田,通过黑光诱虫灯集中诱杀成虫达到消灭稻水象甲的目的。但物理防治只能作为一个辅助手段,其效果要低于其他几种防治措施。

7 我国稻水象甲研究展望

目前,稻水象甲仍然是我国对外重要性检疫害虫,但随着稻水象甲疫情的逐渐扩散蔓延,全国已有20多个省区有稻水象甲发生,严重威胁我国水稻产量。由于稻水象甲大面积传播与扩延,新疫情的不断出现,对其综合防控仍是一项艰巨而漫长的任务。对于稻水象甲的监测及防控工作,笔者认为应从以下几方面开展工作。首先,检疫部门必须高度重视,加强植物检疫,防止稻水象甲进一步人为扩散、传播;其次,应贯彻“预防为主、综合防治”的植保方针,进一步建立和完善稻水象甲的监测预警技术,使疫情及早发现,及早控制,达到封锁疫情、降低损失的目的;再次,深入、系统地开展稻水象甲入侵生物学、生态学和综合防控技术研究与应用,为稻水象甲的综合防治提供充足的理论与实践依据。

参考文献:

- [1] 郭文超,李晶,魏振兴,等.新疆首次发现水稻重大外来有害生物稻水象甲[J].新疆农业科学,2011,48(1):70-74.
- [2] 邓根生,张先平,孙敏,等.国内外稻水象甲研究现状[J].陕西农业科学,2005(2):55-56.
- [3] 张雪丽,王凯学,张清泉,等.稻水象甲入侵广西稻区的风险分析[J].中国植物导刊,2012,32(11):55-56.
- [4] 翟保平,郑雪浩,商晗武,等.稻水象甲(*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel)滞育征候群中的飞行行为[J].生态学报,1999,19(4):453-457.
- [5] 翟保平.稻水象甲卵巢和飞行肌发育程度的分级[J].植物检疫,1998,12(2):141-144.
- [6] 翟保平,商晗武.浙江省双季稻区稻水象甲的发生动态[J].中国农业科学,1997,30(6):23-29.
- [7] 张孝羲,程遐年,耿济国.害虫测报原理与方法[M].北京:农业出版社,1979:19-32.
- [8] 田春晖,孙富余,白雪婧,等.人为解除稻水象甲越冬成虫的休眠状态[J].辽宁农业科学,1999,28(3):45-46.
- [9] 顾云琴,陈小慧,余继华.稻水象甲发生动态积温预测及应用前景[A].加入WTO与防治有害生物入侵研讨会论文集[C].2002:99-101.
- [10] 赵文生,田春晖,孙富余,等.稻水象甲的发生规律与防治研究Ⅳ.稻水象甲的种群动态研究[J].辽宁农业科学,1997(2):17-21.
- [11] 黄超,刘海燕,方海维.安徽省稻水象甲预测预报方法[J].安徽农学通报,2006,12(5):203-204.
- [12] 周颖,黄建.稻水象甲预警技术[J].植物医院,2008(11):48-49.
- [13] 周乐峰,兰亦全,林时迟.稻水象甲(*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel)卵巢、飞行肌及消长动态研究[J].华东昆虫学报,1999,8(2):4-5.
- [14] 翟保平,商晗武,程家安.稻水象甲卵巢发育程度的分级及其应用[J].中国水稻科学,1999,13(2):109-113.
- [15] 毛志农,孙汝川,窦学芝,等.低湿和低温对稻水象甲死亡率的影响及稻水象甲在我国分布范围的初探[J].植物检疫,1997,11(增刊):26-29.
- [16] 龚伟荣,杜予州,戴霖,等.稻水象甲在中国适生性分布的研究[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2007,28(1):79-82.
- [17] 齐国君,高燕,黄德超,等.基于MAXENT的稻水象甲在中国的入侵扩散动态及适生性分析[J].植物保护学报,2012,39(2):129-136.
- [18] 田春晖,赵文生,赵承德,等.稻水象甲的发生规律与防治研究Ⅱ.稻水象甲种群分布的空间格局及田间抽样技术[J].辽宁农业科学,1996(6):22-26.
- [19] 吕旭健,方勇军,夏万青.稻水象甲种群的分布规律及空间格局和抽样技术研究[J].温州农业科技,1999(4):22-25.
- [20] 何永福,廖国会,金剑雪,等.稻水象甲幼虫在水稻根部的空间分布型研究[J].西南农业学报,2013,26(3):1006-1008.
- [21] 嵇薇,杨茂发,彭炳富,等.贵州水稻秧田期稻水象甲卵的空间分布型及抽样技术[J].贵州农业科学,2013,41(4):76-79.
- [22] 勾建军,郭云书,汪志和,等.稻水象甲发生程度分级标准的研究[J].植物保护,1998(6):27-28.
- [23] 丁玉芝.稻水象甲的发生与防治[J].植物保护,2002(2):57.
- [24] 刘雅坤,康尔艳,赵小龙.稻水象甲的为害习性及对产量的影响[J].植物保护技术与推广,1998,18(5):36-37.
- [25] 赵成德,孙富余,赵文生,等.稻水象甲的发生规律与防治研究Ⅶ.稻水象甲为害损失估计及防治指标的确定[J].辽宁农业科学,1997(5):12-16.
- [26] 汪志和,杨占起,陈国民,等.稻水象甲对水稻危害损失及防治指标的探讨[J].河北农业大学学报,1998,21(3):61-64.
- [27] 汤德祥,徐卫忠,朱红军.稻水象甲防治指标试验[J].植物检疫,1996(5):8-11.
- [28] 张西建.稻水象甲为害损失及防治指标初步研究[J].中国植保导刊,2004(6):10-11.
- [29] 李志强,于凤泉,田春晖,等.水稻品种T03对稻水象甲的抗性遗传分析[J].辽宁农业科学,2011(5):25-28.
- [30] 马明勇,彭兆普,易光辉,等.不同水稻品种对稻水象甲生长和繁殖的影响[A].第三届全国生物入侵大会论文摘要集—“全球变化与生物入侵”[C].2010:220-221.
- [31] 黄澍,胡美英,官珊.检疫害虫稻水象甲的控制技术

- 研究进展[J]. 2004, 26(2): 87-90.
- [32] 孙富余, 赵成德, 田春晖, 等. 稻水象甲的发生规律与防治研究 VIII. 稻水象甲综合防治技术[J]. 辽宁农业科学, 1997(6): 7-10.
- [33] Hamm J C, Stout M J, Riggio R M. Herbivore and Elicitor Induced Resistance in Rice to the Rice Water Weevil(*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) in the Laboratory and Field[J]. J Chem Ecol, 2010, 36(2): 192-199.
- [34] 凌云, 肖铁光, 周社文, 等. 稻水象甲生物学及药剂防治初步研究[J]. 作物研究, 2009(23): 81-83.
- [35] 李晶津. 昆虫病原线虫防治稻水象甲成虫的室内测定[J]. 中国生物防治, 2007, 23(2): 188-190.
- [36] 韩日畴. 昆虫病原斯氏和异小杆线虫人工大量培养的研究概况[J]. 昆虫天敌, 1993, 15(4): 183-193.
- [37] 孙文鹏, 丛 斌, 董 辉, 等. 昆虫病原线虫防治稻水象甲幼虫的研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(8): 1620-1621.
- [38] Yozhizawa E. Microbial control of the rice water weevil with entomogenous fungi[A]. In: Establishment, spread and Management of the Rice Water Weevil and aliratory Rice Pests in East Asia[C]. Nare, Tsukuba, 1993: 265-274.
- [39] 柴一秋, 陈祝安, 冯惠英, 等. 金龟子绿僵菌对稻水象甲的致病性[J]. 中国生物防治, 2000, 16(1): 22-25.
- [40] 陈祝安, 冯惠英, 施立聪, 等. 田间施放绿僵菌防治稻水象甲效果评价[J]. 中国生物防治, 2000, 16(2): 53-55.
- [41] 于凤泉, 田春晖, 李志强, 等. 绿僵菌对稻水象甲的田间防治效果研究[J]. 辽宁农业科学, 2008(6): 5-8.
- [42] 张玉江, 张汉友. 白僵菌防治稻水象甲田间试验[J]. 河北农垦科技, 1997(4): 25-44.
- [43] 蒋明星, 高哈武, 程家安. 球孢白僵菌对稻水象甲成虫的毒力测定[J]. 植物保护学报, 2002, 29(3): 287-288.
- [44] 徐 进, 杨茂发, 杨大星, 等. 不同球孢白僵菌对稻水象甲成虫的致病力测定[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(3): 69-72.
- (责任编辑: 姜晓莉)

(上接第 74 页)

- [4] 凤 桐, 高华援, 赵叶明, 等. 吉林省花生生产现状与发展优势[J]. 吉林农业科学, 2010, 35(1): 23-25, 27.
- [5] 孙 峥, 周紫阳, 陈永年, 等. 吉林省花生生产存在的问题与发展对策[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(5): 15-17, 28.
- [6] 陈 凯, 谢宏峰, 樊堂群, 等. 80%代森锌可湿性粉剂防治花生叶斑病的效果[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(18): 10932-10933.
- [7] 王才斌, 郑亚萍, 成 波, 等. 花生超高产群体特征和光能利用研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(2): 40-43.
- [8] 王才斌, 孙彦浩, 陶寿祥, 等. 高产花生叶面积消长规律及其与荚果产量的关系研究[J]. 花生科技, 1992(3): 8-12.
- [9] 郑亚萍, 田云云, 沙继锋, 等. 花生生产潜力与高产途径[J]. 花生学报, 2002, 31(1): 26-29.
- [10] 杨富军, 王铭伦, 赵长星, 等. 栽培方式对夏直播花生叶片光合特性及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(3): 747-752.
- [11] 杨富军, 高华援, 赵叶明, 等. 地膜覆盖栽培对花生生殖生长及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(26): 10643-10645.
- [12] 赵叶明, 王庆峰, 高华援, 等. 吉林省花生不同种植方式评价分析[J]. 吉林农业科学, 2011, 36(2): 11-12.
- (责任编辑: 王 昱)

(上接第 78 页)

- [10] 王拱辰, 郑 重, 叶琪明, 等. 常见镰刀菌鉴定指南[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996: 12-21.
- [11] 陈鸿逵. 浙江镰刀菌志[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1992: 8-41.
- [12] 张艳菊, 陈 霞, 刘 东, 等. 黄瓜枯萎病菌遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 植物病理学报, 2011, 41(3): 301-304.
- [13] 王国珍, 蒋细良, 沙月霞, 等. 宁夏水稻旱育秧立枯病原菌的初步研究[J]. 西北农业学报, 2009, 18(1): 184-187.
- [14] 林佩力, 李 涌, 李 静, 等. 恶菌灵防治水稻立枯病研究[J]. 黑龙江农业科学, 1991(2): 1-5.
- [15] 华致甫, 丁晓民, 李 真, 等. 土菌消防治水稻立枯病[J]. 吉林农业大学学报, 1989, 11(3): 19-23.
- (责任编辑: 姜晓莉)