



赵秀梅,宋显东,王春荣,等.我国草地螟绿色防控技术研究与应用进展[J].黑龙江农业科学,2024(9):97-102.

我国草地螟绿色防控技术研究与应用进展

赵秀梅¹,宋显东²,王春荣²,司兆胜²,兰英¹,刘悦¹,李青超¹,刘洋¹

(1.黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院,黑龙江齐齐哈尔161006;2.黑龙江省植植保站,黑龙江哈尔滨150090)

摘要:草地螟是我国农牧业生产上间歇性暴发的重大迁飞性害虫,位列我国一类农作物害虫第三位。随着我国农作物结构调整以及境外虫源迁入等因素的影响,2018年以后草地螟种群数量正逐渐上升,草地螟已进入第4个发生周期,将会给国家粮食、油料和牧草等作物生产安全造成严重威胁。本文从秋翻春耙、压低越冬虫口基数,中耕除草、灭卵除虫等农业防治手段;种植诱集带,阻止幼虫迁移等生态调控方式;灯光及性诱剂等理化诱控方式;应用天敌与生物农药等生物防治方法;以及化学防治这5种防治方法进行综述。并对构建自动化、智能化空地一体化监测预警体系,科学确定草地螟防治指标,构建基于生态治理的区域化草地螟可持续治理模式等草地螟绿色防控策略进行展望,以期草地螟绿色防控提供技术参考。

关键词:草地螟;绿色防控;监测预警体系

草地螟(*Loxostege sticticatis* Linnaeus)又名网锥额野螟、黄绿条螟、甜菜网螟等,属鳞翅目(Lepidoptera)螟蛾科(Pyrilidae),是我国农牧业生产上间歇性暴发的重大迁飞性害虫,具有突发性、迁移性、暴食性、毁灭性的特点,草地螟大发生年份可造成局部作物产量损失达到60%,甚至会为害严重的地区作物绝产绝收^[1-3]。2023年3月7日中华人民共和国农业农村部公布的《一类农作物病虫害名录(2023年)》10种害虫中,草地螟仅次于草地贪夜蛾和飞蝗,位列第三位^[4]。草地螟发生具有周期性,1949—2010年,在我国草地螟已发生3次周期性为害^[5]。2010—2017年是草地螟第3个暴发周期后的间歇期,一直处于总体轻发生状态^[6-7],但随着草地螟种群的自我调节与恢复,以及受农作物结构调整和境外虫源迁入等因素的影响,2018年以后草地螟的数量正逐步增加,草地螟已进入第4个发生周期^[5-6]。在继续秉承植保方针基础上,“公共植保、绿色植保”的理念开启了草地螟绿色防控的新阶段。草地螟绿色防控是集成农业防治、理化诱控、生物防治及科学用药等环境友好型措施控制其为害的植物保护措施;是持续控制其发生为害,保障农牧业生产及农产品质量安全的重要手段;同时也是降低农药使用风险,保护生态环境的有效途径^[8-10]。为进一步科学、高效、精准、绿色防控草地螟,本文概述了

我国草地螟绿色防控技术研究进展,并对现阶段绿色防控草地螟提出相应策略,以期草地螟绿色防控提供技术参考。

1 农业防治

1.1 秋翻春耙,压低越冬虫口基数

草地螟以老熟幼虫入土结茧在1~5 cm表土中越冬,秋季耕翻及春季耙地可使草地螟越冬场所受到严重破坏,越冬虫茧暴露于地表被鸟类等天敌取食或干瘪死亡,深埋于土中的虫茧不能正常化蛹、羽化和出土,可有效降低草地螟越冬虫源基数。调查显示,深耕春耙土壤,对草地螟虫茧(蛹)的防效可达70%~80%以上,其中黏土地、土壤湿度大的地块草地螟的死亡率更高^[11-12]。河北张家口市早秋(春)深耕灭虫、灭蛹,防效达86%以上^[13]。

1.2 中耕除草,灭卵除虫

草地螟成虫产卵对植物有很强的选择性,首选寄主藜科、菊科、蓼科、豆科、十字花科、伞型科、葫芦科和禾本科杂草进行产卵^[14-16]。草地螟成虫产卵寄主主要也是当地农田杂草的优势种群,及早、适时清除杂草、进行中耕,清除其产卵寄主杂草,能起到较好的避卵和灭卵作用,可有效降低虫口密度,减少化学农药施用量,保护天敌及生态环境。康爱国等^[15,17]调查发现,种植同一种作物

收稿日期:2024-03-26

基金项目:国家重点研发计划课题(2022YFD1400605);黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2023-1-A002)。

第一作者:赵秀梅(1970—),女,硕士,研究员,从事农作物病虫害绿色防控技术研究。E-mail:zxm0452@126.com。

的相邻两块地,杂草密度大的地块与杂草密度小的地块相比,草地螟卵平均减退率为96.4%;早中耕除草比迟中耕除草单位样点内着卵量减少83.9%~89.8%;卵孵化期中耕除草后拾草带出田外的比中耕除草后不拾草的虫口减退率高出24.8%;适时开展中耕对主要分布在垄间土茧内的幼虫和蛹的防效在66.7%以上。因此,对于草地螟非喜食作物,如禾本科及马铃薯等,可及时清除田间杂草;对于草地螟喜食作物,如豆类、向日葵、麻类等,应在其产卵盛期及时进行除草和中耕,但藜科和蓼科等着卵量大的杂草需要带出田进行集中处理灭卵;已进入卵孵化高峰期和低龄幼虫期的高密度田块,避免幼虫集中转移为害农作物,应采取先药剂后中耕除草的顺序进行防治。

1.3 阻止幼虫迁移

草地螟大发生年份,为防止草地螟幼虫从草原、荒地、林带等交界处向农田迁移,可采取在农田周围挖防虫沟、立膜阻隔等方法,防止幼虫迁移为害^[18-19]。

2 生态调控

草地螟成虫产卵不仅对寄主植物有明显的选择性,通常产卵前还需采集植物花蜜补充营养,因此,种(留)植其喜食寄主作为诱集带,使草地螟在诱集带进行取食和产卵,在卵孵化期或低龄幼虫期处理诱集带,能够保护作物不受危害,生态控制草地螟的效果显著。山西在寄主作物田边种植苜蓿,草地螟产卵后及时处理苜蓿,对防控草地螟为害作物田具有事半功倍的效果^[20]。黑龙江省研究表明,在作物田周围留出除草区域,或在非喜食作物田种植一些草地螟喜食作物,诱集草地螟产卵并集中处理,也具有较好的防控效果^[20]。

3 理化诱控

3.1 灯光诱控

草地螟成虫具有很强的趋光性,应用诱虫灯能够准确监测草地螟种群发生动态,还能诱杀大量成虫,减少成虫基数,降低虫口密度。我国20世纪70年代开始广泛应用黑光灯进行草地螟监测与防治,目前,越来越多的自动虫情测报灯、频振式杀虫灯、双光灯、高压汞灯和荧光灯应用到害虫监测与防控中^[21]。康爱国等^[17]研究表明,黑光灯诱杀草地螟虫口减退率大于85%,一盏黑光灯可有效防控6.7 hm²农作物田的草地螟。张跃进等^[12]

研究表明,每盏频振式杀虫灯可覆盖的高秆作物面积约为3.0 hm²,矮秆作物约为4.0 hm²。宫瑞杰等^[22]在内蒙克旗草地螟发生危害区安装频振式杀虫灯,对草地螟成虫起到很好的诱杀效果,灯控区农田基本不用杀虫剂草地螟就能得到较好的控制。张跃进等^[12,20]报道,频振式杀虫灯诱杀草地螟的效果、经济和生态效益最好;山西阳高县2007年应用杀虫灯诱杀草地螟,从田间落卵量和幼虫量来看,普通频振式杀虫灯分别减少97.6%和97.9%,黑光灯均减少94.7%,太阳能频振式杀虫灯分别减少90.7%和91.7%^[20];2006—2007年,黑龙江省富裕县试验表明,普通频振式杀虫灯、高压汞灯诱杀草地螟成虫效果分别为74.1%和65.6%^[20]。江幸福等^[21]研究得出,自动虫情测报灯对高密度草地螟种群诱杀效果显著,普通黑光灯对低密度种群诱杀较为有效。灯光诱杀草地螟的同时,也会误诱有趋光性的天敌昆虫。因此,根据草地螟的生物学特性,研发草地螟敏感而非天敌敏感波谱的光源,利用杀虫灯结合草地螟性外激素诱芯或天敌驱避剂进行草地螟精准诱杀,有效保护天敌是未来发展的方向。

3.2 性诱剂诱控

人工合成昆虫性信息素制成的性诱剂诱芯与适宜的诱捕器配套使用,可用于昆虫种群监测、干扰交配和诱控害虫等^[23]。性诱剂诱控具有专一性强、不误伤天敌、使用量低、避免害虫产生抗药性、操作简便等特点,已广泛用于害虫监测预警和绿色防控^[24-25]。康爱国等^[26]研究表明,草地螟性诱剂与黑光灯和自动虫情测报灯对比,诱蛾曲线峰型基本一致,但性诱剂诱蛾量低、诱测日数少,诱控效果不理想,可作为一种辅助和补充监测手段。吴风云等^[27]研究表明,夜蛾通用型诱捕器诱不到草地螟成虫,PP纸粘胶诱捕器虽能诱到草地螟成虫,但不抗风刮,诱测效果不如佳多虫情测报灯。目前,草地螟性诱剂的诱集效果还不理想,研发高效、环保的性诱剂及配套诱捕器,对草地螟监测及绿色防控具有重要意义。

4 生物防治

4.1 应用天敌

应用天敌防控草地螟具有安全、无毒、环保、简便等优点,是生物防治的重要典范。我国草地螟的天敌种类主要有四大类,包括捕食性天敌,寄

生性天敌,病原微生物和鸟类,其中捕食性天敌主要有步甲、蚂蚁、蜘蛛、金针虫等,寄生性天敌包括寄生蜂、寄生蝇,病原微生物主要有细菌、真菌、病毒和微孢子等^[28-29]。康爱国等^[17]和田晓霞^[29]通过田间调查发现,草地螟天敌优势种为步甲、蜘蛛、蚂蚁、金针虫、寄生蝇、寄生蜂、病原微生物和鸟类等,这些天敌对草地螟均有较强的控制作用。

目前已报道的草地螟寄生蝇优势种主要有4种,分别为伞裙追寄蝇(*Exorista civilis*)、黑袍卷须寄蝇(*Clemelis pullata*)、双斑截尾寄蝇(*Nemorilla maculosa* Meigen)和草地追寄蝇(*Exorista pratensis* Robincau)^[30-31]。寄生蝇对草地螟高龄幼虫的寄生率较高,尤其对5龄草地螟幼虫的寄生率最高,寄生率可达53.9%,但其对低龄幼虫寄生率较低,寄生蝇对当代草地螟的防控作用较小,主要作用是调控下代草地螟的种群数量^[31-33]。康爱国等^[34-35]分析,寄生蝇在草地螟周期性暴发期间比寄生蜂对压低草地螟种群数量效果明显,特别是到每次暴发周期快要结束的前1~2年更加突出。李红等^[31]提出,为减少对天敌的杀伤,在草地螟幼虫密度较低时避免使用化学农药进行防治;在农田边创造温湿度适宜、利于寄生蝇生长繁殖的环境条件,可种植一些保护林、绿肥或牧草等,为寄生蝇提供营养和庇护。目前,通过人工繁殖寄生蝇来防治草地螟的研究尚未见报道,但草地螟优势寄生蝇伞裙追寄蝇在其他害虫的人工繁殖和应用上已见报道^[36-37],陈海霞等^[38]报道了双斑截尾寄蝇人工饲养技术,为今后规模化生产和利用寄生蝇防控草地螟提供技术参考。

寄生蜂是一种重要的寄生性天敌昆虫,目前我国草地螟寄生蜂已发现4科16种,优势种为茧蜂和姬蜂,如瘦怒茧蜂(*Orgilus ischnus*)、草地螟巨胸小蜂(*Perilampus nola*)、弯尾姬蜂(*Diadegma*)、草地螟阿格姬蜂(*Agrypon flexorius*)和绿眼赛茧蜂(*Zelex chlorophthalmus*)等幼虫期寄生蜂,主要分布在我国黑龙江、山西、内蒙古、辽宁或河北五省^[28-29,39]。寄生蜂寄生率主要与寄主的密度相关,此外,开花植物还可提高草地螟发生区的寄生蜂寄生率^[28]。通过调查显示,2005年河北康保县高、低密度草地螟幼虫发生区寄生蜂寄生率分别为19.2%和17.1%^[28,40]。高龄草地螟幼虫主要被姬蜂科寄生蜂寄生,被寄生的草地螟幼虫均

能够发育至蛹期;低龄草地螟幼虫主要被茧蜂科寄生蜂寄生,其寄生率随草地螟幼虫虫龄增长而降低,茧蜂对2龄草地螟幼虫的寄生率可以达到53.2%,但对5龄幼虫的寄生率仅为5.4%;草地螟巨胸小蜂主要重寄生3龄和4龄草地螟幼虫^[28,32]。田晓霞等^[41]在河北省康保县首次实地发现了草地螟自然卵寄生蜂-暗黑赤眼蜂(*Trichogramma pintoi* Voegelé),其初步调查结果显示暗黑赤眼蜂对草地螟卵的自然寄生率仅为1%,但为利用卵寄生蜂防治草地螟提供了重要的科学依据。

草地螟的病原微生物天敌包括白僵菌、红僵菌和杆状细菌等,但病原微生物对地上的草地螟幼虫寄生率普遍较低,平均仅有2%左右,而对地下做茧后的草地螟幼虫寄生率明显提高,可达8%左右^[32]。我国草地螟主要发生在常年干旱少雨的“三北”地区,环境湿度是导致病原微生物对草地螟的寄生率较低,防控效果不明显的主要原因。李朔涵^[42]筛选出对草地螟幼虫致病力较强的昆虫病原线虫品系 *Steinernema carpocapsae* SFSN 和 *S. carpocapsae* ScALL,对草地螟3龄幼虫的致死率可达90%以上。草地螟的捕食性天敌主要为步甲、蜘蛛、蚂蚁等,其中蜘蛛、蚂蚁对草地螟低龄幼虫的捕食量较大,步甲、金针虫、鸟类对入土作茧的草地螟幼虫捕食量较大。李红等^[31]报道,步甲对草地螟虫茧的捕食率平均为9.4%左右,优势种为中华广肩步甲(*Calosama chinense* Kirby)。病原微生物、捕食性天敌、鸟类天敌等对草地螟的控制作用不容忽视,保护自然界中的这些天敌和创造有利天敌种群增长的田间环境条件非常重要。

4.2 应用生物农药

尹姣等^[43]和李克斌等^[44]研究表明,阿维菌素和苦内酯对草地螟低龄幼虫的防效达80%以上,灭幼脲、除虫菊素、苏云金杆菌、苦参碱、楝素的防效在70%左右;在草地螟卵盛期至3龄前幼虫高峰期可使用药效快、持效期长的阿维菌素和苦内酯;在3龄前幼虫高峰期还可使用药效较快的除虫菊素;在卵盛期可使用药效相对较慢的苏云金杆菌、楝素和苦参碱。张飞鹏等^[45]对田间2~3龄草地螟幼虫防治试验中,阿维菌素的防治效果达90%以上,并且持效期长。郭军等^[46]研究结果表明,0.3%印楝素乳油、5%阿维菌素乳油和1%苦

参碱可溶液剂对草地螟3龄幼虫都具有一定防治效果。生物农药药效较慢、成本偏高,但持效期长,对环境生物较为安全,因此,在草地螟幼虫密度低及虫龄小时,建议选用生物农药进行绿色防控,但要注意生物农药的轮换或交替使用,以延缓抗药性的产生。

5 化学防治

化学防治具有见效快、应急效果好、不受地区和环境条件限制、便于大面积机械化防控等优点,目前化学防治仍然是应急防控突发性和暴发性害虫的重要措施。草地螟绿色防控可以使用化学农药,但前提是科学用药,应选用低毒、低残留、环境友好型农药。中华人民共和国农业行业标准(NY/T 393—2020)规定了绿色食品生产中可用农药,其中的杀虫剂符合绿色防控用药。中国农业科学院植物保护研究所研究了菊酯类、酰基脲类、苯基甲酰基脲和苯基吡啶类杀虫剂对草地螟幼虫的防治效果^[20,43],结果表明,菊酯类杀虫剂中4.5%高效氯氟菊酯 EC 1 500~4 500 倍液,施药后1~7 d,对草地螟低龄幼虫的防效大于99%;酰基脲类、苯基甲酰基脲和苯基吡啶类杀虫剂对草地螟低龄幼虫的防效表现为,氟虫脲为87%~96%(施药后1~7 d),氟铃脲为88%~100%(施药后1~3 d),灭幼脲为41%~81%(施药后1~7 d),最低用量为5%氟虫脲 EC 2 000 倍液,10%氟铃脲 OL 100 g·(667 m²)⁻¹,25%灭幼脲 SC 1 000倍液。郭军等^[46]在新疆和田地区试验,25%甲维·灭幼脲 SC 30~50 mL·(667 m²)⁻¹、5%氯虫苯甲酰胺 SC 45~60 mL·(667 m²)⁻¹、2.2%甲维·氟铃脲 SC 22~30 mL·(667 m²)⁻¹对草地螟3龄幼虫均表现出较好的防效,施药后7 d虫口减退率和防效均达到90%以上,速效性和持效性均较好。菊酯类杀虫剂低毒、成本相对较低,对草螟幼虫防效高、速效性强、持效期长,可在防控上重点推荐使用,但应与其他类型杀虫剂配合使用,避免草地螟产生抗性;邻甲酰氨基苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺具有胃毒和触杀作用,速效性好、持效期长、对环境生物安全等优点,并且与多种其他杀虫剂有良好的适配性^[47];酰基脲类、苯基甲酰基脲和苯基吡啶类杀虫剂鉴于其广谱性和对水生动物的影响,可作为防治草地螟的备选农药品种,但一般不推荐在生产上广泛使用^[20]。

化学杀虫剂的过度过量使用会引发一系列问题,如人畜中毒、杀伤天敌、环境污染、生物多样性降低、害虫抗药性增强等^[48-49],因此,草地螟化学防治应选用高效、低毒、低残留、对环境友好的杀虫剂,合理搭配速效性好与持效性长的杀虫剂、化学杀虫剂与生物杀虫剂,注意药剂的轮换使用、交替使用、精准使用和科学使用,安全高效防治草地螟,延缓草地螟抗药性的产生。

6 草地螟绿色防控策略

草地螟是我国重点防控的重大突发性迁飞害虫,为确保国家粮食、油料、牧草、经济作物等农牧业生产安全,应强化“公共植保,绿色植保”理念,构建自动化、智能化空地一体化草地螟监测预警体系;科学确定防治指标,明确应防地块和防治适期,加强卵、幼虫和成虫全程防控,集成多种绿色防控技术,优化适宜草地螟不同发生区绿色可持续防控技术模式;应用先进的施药器械,做好专业化统防统治和联防联控,及时有效、绿色防控草地螟危害,保障国家农牧业生产及粮食安全。

6.1 构建自动化、智能化空地一体化监测预警体系

迁飞性害虫草地螟的及时、精准监测预警是绿色防控的基础。对于越冬代虫源,首先需要加强我国草地螟主要越冬区虫源调查与监测;同时,为建立境内外草地螟联合监测、虫情信息共享的合作机制,境外蒙古、俄罗斯、哈萨克斯坦等地区草地螟越冬虫源基数也需准确掌握。对于草地螟一、二代成虫,根据迁飞通道,密切监测境内境外虫源的种群动态监测,并结合迁出、迁入地气象因素和环境条件等,适时做出本地和异地预测预报^[5,50]。监测上要将传统的与新的监测手段结合应用,充分利用雷达、遥感、高空灯、地面灯、性诱剂、食诱剂等,构建草地螟空、天、地一体化监测预警体系,实现虫源地、迁飞路径和降落危害地的自动化、智能化预警^[50-51]。同时,要加强5G大数据、物联网、在线监测预警平台建设,为各发生区域早期监测预警、掌握异地测报信息及绿色联防联控提供支持。

6.2 科学确定草地螟防治指标

防治指标又称经济阈值,是指有害生物种群增加到造成农作物经济损失而必须防治时的种群密度临界值^[52]。草地螟是杂食性害虫,杂草、粮

食作物、油料作物、蔬菜、糖料作物、中药材、果树、林木和灌木等 48 科 259 种寄主植物都能被它取食为害^[14]。由于我国农牧业区域广,耕作制度、种植结构以及生态条件的不同,使草地螟为害程度、经济损失、防治成本差异较大。因此,为了科学确定相应的草地螟防治指标,区域内作物的目标效益和需要被重点参考的内容。科学确定草地螟防治指标既要及时适期防治,避免造成严重的经济损失,也要做到达标防治;另外切实减少用药次数增多、用药量增加等过度防控造成的不必要的环境污染。

6.3 构建基于生态治理的区域化草地螟可持续治理模式

2020 年 5 月实施的《农作物病虫害防治条例》鼓励和支持使用绿色防控技术。草地螟绿色防控应集成农业防治、生态调控、理化诱控、生物防治和应急高效低毒化学防治等多种绿色防控技术,优化适宜草地螟重发区、常发区和偶发区的区域化草地螟绿色可持续治理模式。越冬虫源区要充分利用农业防治措施及草地螟天敌资源,采取秋耕、春耙、调整种植业结构等措施压低草地螟越冬基数,保护、规模化繁育优势天敌,研发天敌释放控害技术。为有效减少田间落卵量与幼虫发生量,可通过建立高效灯光拦截带降低越冬区、迁飞通道和边境地区的空中成虫数量。迁入区要综合应用绿色防控和现代植保机械相结合的技术来加强草地螟的联防联控,从而更绿色有效地防控本轮周期草地螟发生危害,为保障国家农牧业生产及粮食安全提供植保技术支持。

参考文献:

[1] 孙雅杰,陈瑞鹿.草地螟迁飞、发生区与生活史的研究[J].华北农学报,1995,10(4):86-91.

[2] 王晓鸣,王振营.中国玉米病虫害草害图鉴[M].北京:中国农业出版社,2018:285-286.

[3] 罗礼智,李光博,曹雅忠.草地螟第 3 个猖獗为害周期已经来临[J].植物保护,1996,22(5):50-51.

[4] 中华人民共和国农业农村部.中华人民共和国农业农村部公告第 333 号:一类农作物病虫害名录[EB/OL].(2020-09-05)[2024-01-12].https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-09/17/content_5544165.htm.

[5] 江幸福,张蕾,程云霞,等.草地螟第 4 个发生周期或将来临[J].植物保护,2019,45(4):79-81.

[6] 刘杰,姜玉英,曾娟,等.2018 年我国东北局部草地螟重发[J].中国植保导刊,2019,39(5):36-41.

[7] 曾娟,姜玉英,刘杰.我国草地螟发生间歇期的区域格局变

化[J].生态学报,2018,38(5):1832-1840.

[8] 农业部办公厅.《关于推进农作物病虫害绿色防控的意见》[J].农业技术与装备,2011(14):4-5.

[9] 刘万才,朱景全,赵中华,等.我国农作物病虫害绿色防控的研究进展[J].植物医生,2021,34(5):5-12.

[10] 宋莹,胡宝贵.中国农业绿色防控技术推广研究进展[J].中国农学通报,2020,36(35):150-155.

[11] 康爱国,樊荣贤,张玉慧,等.康保县 2001 年防治草地螟技术经验[J].植保技术与推广,2002,22(6):35.

[12] 张跃进,姜玉英,杨宝胜,等.草地螟监控技术研究示范推广[J].中国植保导刊,2009,29(1):36-38.

[13] 张利增,张莉萍,沈成,等.张家口市 2008 年二代草地螟幼虫大发生原因分析及防控措施[J].河北北方学院学报(自然科学版),2009,25(4):26-29.

[14] 姜玉英,康爱国,王春荣,等.草地螟产卵和取食寄主种类初报[J].中国农学通报,2011,27(7):266-278.

[15] 康爱国,张跃进,姜玉英,等.草地螟成虫产卵行为及中耕除草灭卵控害作用研究[J].中国植保导刊,2007,27(11):5-7.

[16] 徐林波,刘爱萍,王慧.草地螟的生物学特性及室内毒力测定研究[J].草业科学,2007,24(9):83-85.

[17] 康爱国,樊荣贤,张玉慧,等.草地螟第三个暴发周期的发生特点、成因及防治对策[J].昆虫知识,2003,40(1):75-79.

[18] 王健.草地螟监测与防治[J].新疆畜牧业,2021(2):42-43,46.

[19] 刘广雷,梁玉红.草地螟的生态防治方法:以河北省张家口草地螟防治为例[J].农民科技培训,2011(5):21.

[20] 张跃进,姜玉英,江幸福.我国草地螟关键控制技术研究进展[J].中国植保导刊,2008,28(5):15-19.

[21] 江幸福,罗礼智,张蕾,等.佳多虫情测报灯和普通黑光灯对草地螟种群监测与防治效果比较[J].植物保护,2009,35(2):109-113.

[22] 宫瑞杰,王利民,于风玲,等.频振式杀虫灯诱杀草地螟成虫应用效果试验[J].内蒙古农业科技,2008,36(5):64.

[23] 韩海亮,陈斌,郑许松,等.不同性诱剂对鲜食玉米田草地螟贪夜蛾的诱捕效果及影响因子研究[J].农药学报,2021,23(5):930-937.

[24] 黄源,林君,税静,等.性信息素技术在高粱鳞翅目害虫发生动态监测中的应用[J].中国农学通报,2022,38(13):135-140.

[25] 韩海亮,章金明,包斐,等.不同性诱剂对亚洲玉米螟的诱捕效率及在种群监测中的应用[J].植物保护,2021,47(5):310-313,319.

[26] 康爱国,曾娟,刘栋军,等.草地螟性诱试验及其应用效果评价[J].中国植保导刊,2013,33(7):44-48.

[27] 吴风云,吕智华.草地螟不同性诱监测工具的筛选[J].农技服务,2010,27(2):225-226.

[28] 李红.草地螟幼虫寄生天敌种类、寄生率及其影响因子的研究[D].北京:中国农业科学院,2008.

[29] 田晓霞.草地螟寄生蜂及其对寄主种群的控制作用[D].北京:中国农业科学院,2010.

[30] 李倩.绿眼茧蓟蜂生物学特性及其对草地螟的控制作用[D].武汉:华中农业大学,2017.

[31] 李红,罗礼智.草地螟的寄生蝇种类、寄生方式及其对寄主

- 种群的调控作用[J]. 昆虫学报, 2007, 50(8): 840-849.
- [32] 成卓敏. 植物保护与现代农业: 中国植物保护学会 2007 年学术年会论文集[C]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 905.
- [33] 李红, 罗礼智, 胡毅, 等. 伞裙追寄蝇和双斑截尾寄蝇对草地螟的寄生特性[J]. 昆虫学报, 2008, 51(10): 1089-1093.
- [34] 康爱国, 张莉萍, 沈成, 等. 草地螟寄生蝇与寄主间的关系及控害作用[J]. 昆虫知识, 2006, 43(5): 709-712.
- [35] 康爱国, 张莉萍, 沈成, 等. 草地螟寄生蝇寄生规律及控害作用研究[J]. 中国植保导刊, 2006, 26(8): 8-10.
- [36] 卢川川. 伞裙追寄蝇的初步研究[J]. 昆虫知识, 1976, 13(1): 19-20.
- [37] 周庆南. 大袋蛾寄生天敌: 伞裙追寄蝇人工饲养初探[J]. 昆虫天敌, 1981, 3(S1): 32-33.
- [38] 陈海霞, 罗礼智, 李桂亨. 双斑截尾寄蝇对草地螟寄生的主要生物学特征及饲养技术[J]. 植物保护, 2007, 33(3): 122-124.
- [39] 杜芹, 程云霞, 罗礼智, 等. 瘦怒茧蜂的发育与生殖及对草地螟的控制作用[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(4): 421-427.
- [40] 康爱国, 张莉萍, 沈成, 等. 草地螟寄生蝇与寄主间的关系及控害作用[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2005, 21(6): 28-31.
- [41] 田晓霞, 罗礼智, 胡毅, 等. 我国首次发现草地螟卵寄生蜂: 暗黑赤眼蜂[J]. 植物保护, 2010, 36(3): 152-154.
- [42] 李朔涵. 草地螟高致病力昆虫病原线虫品系筛选及施用条件研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2023.
- [43] 尹姣, 曹煜, 李克斌, 等. 不同药剂对草地螟控制效果的研究[J]. 中国植保导刊, 2005, 25(9): 39-41.
- [44] 李克斌, 尹姣, 滑海涛, 等. 5 种生物农药对草地螟幼虫的防效试验[C]//成卓敏. 科技创新与绿色植保: 中国植物保护学会 2006 学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 490-493.
- [45] 张飞鹏, 韩珊珊, 南山. 阿维菌素等 4 种药剂对草地螟的田间防治效果研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2008, 20(1): 5-7.
- [46] 郭军, 邓生荣, 譙华彬, 等. 6 种药剂对草地螟幼虫的田间防治效果[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(5): 74-76.
- [47] 何小强, 陈志忠, 张黎, 等. 氯虫苯甲酰胺的合成[J]. 农药, 2023, 62(4): 240-243.
- [48] 崔丽, 芮昌辉, 李永平, 等. 国外草地贪夜蛾化学防治技术的研究与应用[J]. 植物保护, 2019, 45(4): 7-13.
- [49] 赵秀梅, 刘悦, 郑旭, 等. 我国玉米害虫防控现状与对策建议[J]. 现代农药, 2022, 21(6): 6-14.
- [50] 张蕾, 江幸福. 我国草地螟发生趋势与防控策略[J]. 植物保护, 2022, 48(4): 68-72.
- [51] 陈智勇, 张智, 张云慧. 草地螟的发生为害与监测预警技术研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(3): 552-564.
- [52] 李妍颖. 玉米螟危害损失与防治指标研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.

Research and Application Progress on Green Control of Meadow Moth (*Loxostege sticticalis*) in China

ZHAO Xiumei¹, SONG Xiandong², WANG Chunrong², SI Zhaosheng², LAN Ying¹, LIU Yue¹, LI Qingchao¹, LIU Yang¹

(1. Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China; 2. Plant Protection and Quarantine Station of Heilongjiang Province, Harbin 150090, China)

Abstract: *Loxostege sticticalis* is a major migratory pest that breaks out intermittently in agricultural and animal husbandry production in China, and it ranks third in the List of Pests and Diseases of Class I Crops in China. With the adjustment of China's crop structure and the migration of overseas insect sources, the population of *L. sticticalis* has gradually increased after 2018, and *L. sticticalis* has entered the fourth cycle of occurrence, which will pose a serious threat to the national grain, oil and forage crop production security. In this paper, agricultural control measures such as autumn and spring harrowing, reducing the base number of overwintering insects, ploughing and weeding, killing eggs and insects are adopted. Ecological control methods such as planting attractant belts and preventing larval migration, physical and chemical inducements such as light and sex attractants, biological control such as natural enemies and biological pesticides, five control methods of chemical control were reviewed. In addition, the green prevention and control strategies of *L. sticticalis* were prospected, such as the construction of an automated and intelligent air-space integrated monitoring and early warning system, the scientific determination of *L. sticticalis* control indicators, and the construction of a regional sustainable management model based on ecological governance. In order to provide technical reference for green control of *L. sticticalis*.

Keywords: *Loxostege sticticalis*; green control; monitoring and early warning system