



主持人: 缪卫国, 吴少英

## 天敌保护利用对海南玉米害虫的防治效果

杨德雁<sup>1,2#</sup>, 卢辉<sup>2\*</sup>, 吕宝乾<sup>2\*</sup>, 陈斌<sup>1</sup>, 唐继洪<sup>2</sup>, 张起恺<sup>2</sup>, 焦斌<sup>2</sup>

(1. 云南农业大学植物保护学院, 云南昆明 650201 中国; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所/农业农村部热带作物有害生物综合治理重点实验室, 海南海口 571101 中国)

**摘要:** 海南鲜食玉米(*Zea mays*)虫害发生严重, 严重威胁生产安全, 为研制出适用于海南玉米绿色生产的技术模式, 于2019—2023年, 调查了玉米害虫主要危害种群、天敌发生情况, 完成了防控试验示范。结果表明: 草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)在玉米整个生育期内均有显著危害, 其种群数量占比超过40%, 被害株率为25%~43%。亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)作为次要害虫, 种群数量占比超过25%, 被害株率为5%~17%。随着草地贪夜蛾的入侵, 导致2020年单个玉米生育期内化学农药施用次数显著增加, 从2019年的4.27~5.47次增加至7.73~8.77次, 这可能对环境造成潜在的负面影响。天敌昆虫在玉米害虫的生物控制中发挥了重要作用, 其中, 寄生性天敌占主导地位, 种群数量占比达到75.89%, 赤眼蜂(*Trichogramma* sp.)和夜蛾黑卵蜂(*Telenomus remus*)的寄生率分别为23.22%和7.91%。2023年, 通过应用天敌昆虫和病原微生物的联合防治策略, 草地贪夜蛾和亚洲玉米螟的防治效果分别达到了81.41%和78.77%, 与化学防治效果相当。寄生蜂和绿僵菌(*Metarhizium* sp.)联合防控模式对害虫效果显著, 减少了化学农药使用, 对玉米生产安全, 可应用于海南鲜食玉米害虫防治。

**关键词:** 鲜食玉米; 绿色防控; 生物防治; 天敌昆虫; 草地贪夜蛾

**中图分类号:** S435.132 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-7054(2025)03-0400-06

杨德雁, 卢辉, 吕宝乾, 等. 天敌保护利用对海南玉米害虫的防治效果[J]. 热带生物学报, 2025, 16(3): 400-405.  
doi: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20240108

海南鲜食玉米(*Zea mays*)在生产和育种制种过程中面临诸多挑战, 虫害是其中之一, 主要有亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)、粘虫(*Mythimna separata*)、棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)、条螟(*Proceras venosatum*)、斜纹夜蛾(*Spodoptera litura*)、玉米蚜虫(*Rhopalosiphum maidis*)、小地老虎(*Agrotis ypsilon*)、东方蝼蛄(*Gryllotalpa orientalis*)等<sup>[1]</sup>。亚洲玉米螟常年发生<sup>[1]</sup>, 幼虫会蛀食玉米茎秆和果穗, 降低玉米产量和品质<sup>[2]</sup>; 草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)入侵海南后<sup>[3]</sup>, 对玉米生产构成了巨大威胁, 其幼虫对玉米的嫩叶和心叶造成严重损害, 迅速削弱植株的生长潜力, 并严重影响了玉米的产量和品质, 防控形势十分严

峻。目前, 海南玉米种植过程中, 大部分农民缺乏绿色防控意识, 为达到快速显著的效果, 化学防治仍是海南玉米虫害的主要措施<sup>[4-5]</sup>, 尤其是草地贪夜蛾在海南成功定殖后, 玉米生产者在不同生长阶段, 包括苗期、喇叭口期和抽雄期, 采取了更为频繁的化学防治措施。虽然短期内增加施药次数有助于控制草地贪夜蛾的危害, 但这种做法也带来了一系列新的问题, 包括农药使用成本的增加、害虫抗药性的增强、农药残留超标。同时, 长期使用农药会杀死有益微生物与昆虫天敌, 导致生态系统中害虫的天敌数量减少, 从而影响自然控制害虫的效果。因此, 制定有效的害虫综合管理(IPM)策略变得尤为关键, 这包括采用轮作制度、

收稿日期: 2024-06-22

修回日期: 2024-12-27

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1400705); 海南省重点研发项目(ZDYF2024XDNY270)

\*第一作者: 杨德雁(1998—), 女, 云南农业大学植物保护学院2023级硕士研究生。E-mail: 210989874@qq.com

\*通信作者: 卢辉(1978—), 男, 研究员。研究方向: 害虫入侵和生物防治。E-mail: aaluhui@163.com;

吕宝乾(1977—), 男, 研究员。研究方向: 害虫入侵和生物防治。E-mail: lvbaoqian@hotmail.com

物理防治和生物防治方法,以减少对化学农药的依赖,并促进可持续农业的发展。通过深入的调查数据和现场实践经验,农业管理部门和农业科研人员正在不断优化防治策略,以应对草地贪夜蛾带来的持续威胁,确保玉米的稳定和高效生产。此外,田间应用天敌寄生蜂或微生物杀虫剂防治玉米害虫报道较多<sup>[6-8]</sup>。例如,利用螟黄赤眼蜂(*Trichogramma chilonis*)防治草地贪夜蛾田间卵块寄生率可达64.44%<sup>[9]</sup>;利用松毛虫赤眼蜂防治亚洲玉米螟,防治效果可达到79.32%<sup>[10]</sup>;绿僵菌防治草地贪夜蛾田间速效性虽低于化学农药,但持效性防控具有优势,联合使用后25 d时可减少50%的化学农药使用量<sup>[11]</sup>;将球孢白僵菌直接用于防治草地贪夜蛾,或与夜蛾黑卵蜂和亚洲玉米螟赤眼蜂联合,进行草地贪夜蛾的生物防治取得较好的田间防治效果<sup>[12]</sup>。

田间调查发现,海南玉米虫害防控中,单项绿色防控技术应用存在一定局限性。特别是在玉米种植季节,由于玉米的生育期不一致,多种害虫重叠发生,单一生物防治技术的防效并不理想。因此,结合2019—2023年的害虫和天敌调查及实验数据,开展防治技术试验示范,探索鲜食玉米害虫的生物防治模式,旨在减少化学农药的使用量及次数,符合绿色防控的发展趋势,为利用天敌持续防控玉米害虫提供数据支撑。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

防控中用到的生物农药为金龟子绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)油悬浮剂(重庆重大生物技术有限公司,每mL含100亿孢子);使用的螟黄赤眼蜂(*Trichogramma chilonis*)、夜蛾黑卵蜂(*Telenomus remus*)和淡足侧沟茧蜂(*Microplitis pallidipes*)收集于海南省儋州市那大镇宝岛新村六坡试验基地,在实验室继代饲养,室内扩繁后用于田间试验;化学农药选用甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)微乳剂(山东省青岛润生农化有限公司,有效成分5%)。

### 1.2 害虫种类、天敌和病原微生物种类调查

2020和2021年的1—4月,对东方市感城镇不磨村和儋州市那大镇宝岛新村六坡进行定点调查。每田块5点取样,每个点调查玉米20株,每隔

10 d调查1次。1)玉米生育期害虫调查:记录害虫种类、数量和危害部位,统计被害株率;2)玉米生长期天敌调查:寄生性天敌采集到室内饲养识别,记录种类及被寄生率;捕食性天敌直接观察记录相关信息;3)病原微生物调查:记录采集到的数量,将感染害虫带回室内鉴定。

### 1.3 防控次数调查

2019和2020年的1—4月,在东方市感城镇、儋州市那大镇、三亚市天涯区和海口市秀英区石山镇,每个点选取10块具有代表性的玉米田,记录施药时间和施药次数等信息。

### 1.4 防控效果评价

2022和2023年1月,在东方市感城镇不磨村进行防控效果田间示范,设4个处理,每个处理选取666.7 m<sup>2</sup>进行示范。处理1:单独释放寄生蜂(螟黄赤眼蜂30 000头·hm<sup>-2</sup>+夜蛾黑卵蜂45 000头·hm<sup>-2</sup>+淡足侧沟茧蜂9 000头·hm<sup>-2</sup>,室内扩繁);处理2:先释放上述寄生蜂(螟黄赤眼蜂15 000头·hm<sup>-2</sup>+夜蛾黑卵蜂22 500头·hm<sup>-2</sup>+淡足侧沟茧蜂4 500头·hm<sup>-2</sup>,室内扩繁)1次,24 h后喷洒100亿孢子mL<sup>-1</sup>金龟子绿僵菌油悬浮剂(施药量按推荐浓度减半);处理3:5.7%甲维盐微乳剂喷施(施药量按推荐浓度减半);处理4:对照组,不防治虫害。

处理后进行调查,每个处理调查5个点。在处理后的1、3、5、7 d各调查1次,调查施药前的虫口基数的减退率和防治效果。

$$\text{被害率}(\%) = (\text{受害株数} / \text{总株数}) \times 100; \quad (1)$$

$$\text{虫口减退率}(\%) = (\text{施药前活虫数} - \text{施药后活虫数}) / \text{施药前活虫数} \times 100; \quad (2)$$

$$\text{防治效果}(\%) = (\text{处理区虫口减退率} - \text{空白对照区虫口减退率}) / (100 - \text{空白对照区虫口减退率}) \times 100. \quad (3)$$

### 1.5 数据统计分析

采用DPS统计软件对数据进行方差分析,数据结果以平均值±标准误表示,显著性水平为0.05,差异显著性比较采用Turkey测验。

## 2 结果与分析

### 2.1 鲜食玉米虫害危害情况及种群数量

#### 2.1.1 玉米不同生育期虫害危害程度

东方和儋州2个区域的调查结果表明,苗期害虫主要有草地贪夜蛾、甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)和斜纹夜

蛾;喇叭口期有草地贪夜蛾、亚洲玉米螟、斜纹夜蛾、劳氏粘虫(*Leucania loreyi*);抽雄期后主要有草地贪夜蛾、亚洲玉米螟、斜纹夜蛾、劳氏粘虫和玉米蚜虫。其中,草地贪夜蛾在玉米整个生育期都有危害,对茎、叶和穗的生长点危害严重,被害株率 25% ~ 43%;亚洲玉米螟危害部位为植株心

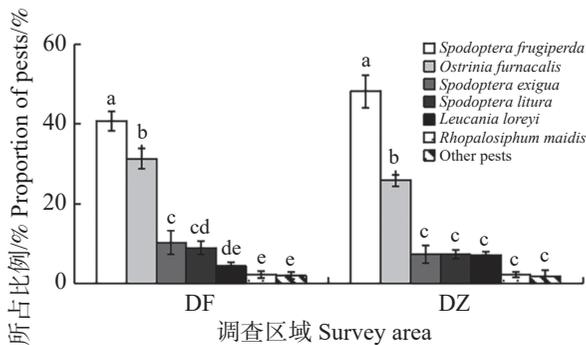
叶、雄蕊、雌蕊、茎秆、果实,被害株率 5% ~ 17%;甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和劳氏粘虫幼虫主要蛀茎和取食玉米雌雄蕊,被害株率为 2% ~ 13%;海南玉米蚜虫发生生育期较晚,在抽雄期后,尤其在干旱气候条件下玉米蚜虫较为严重,被害株率 2% ~ 16%(表 1)。

表 1 海南鲜食玉米主要害虫种类

Tab. 1 Main pest species of corn in Hainan

虫害种类 Types of pests	危害部位 Infesting site	被害株率/% Percentage of infested plants/%	主要发生时期 Main occurrence period
草地贪夜蛾 <i>Spodoptera frugiperda</i>	嫩叶、心叶	25 ~ 43	苗期、喇叭口期、抽雄期后
亚洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i>	心叶、雄蕊、雌蕊、茎秆、果实	5 ~ 17	喇叭口期、抽雄期后
甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exigua</i>	嫩叶	3 ~ 12	苗期
斜纹夜蛾 <i>Spodoptera litura</i>	嫩叶、雄蕊	2 ~ 9	苗期、喇叭口期、抽雄期
劳氏粘虫 <i>Leucania loreyi</i>	心叶、雌蕊	4 ~ 13	喇叭口期、抽雄期后
蚜虫 <i>Rhopalosiphum maidis</i>	叶片、茎秆	2 ~ 16	抽雄期后

2.1.2 不同区域玉米害虫种群数量 图 1 可知,草地贪夜蛾是鲜食玉米的优势种,数量占比显著高于其他害虫,超过 40%,东方和儋州分别为 40.77% 和 48.17%;其次为亚洲玉米螟,种群占比超过 25%,东方和儋州分别为 31.33% 和 25.87%,显著高于其他害虫;剩余为甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、劳氏粘虫、玉米蚜虫等,种群占比均小于 10%。



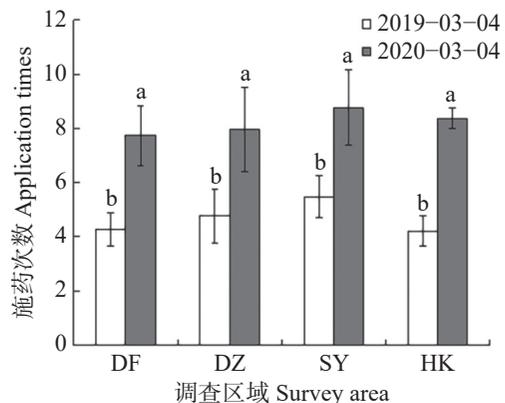
DF: 东方, DZ: 儋州; 图柱上不同小写字母表示差异显著(Turkey,  $P < 0.05$ ), 下同。

DF: Dongfang; DZ: Danzhou; Different lowercase letters on the chart column in the same survey area indicate significant differences (Turkey,  $P < 0.05$ ). Similarly hereinafter.

图 1 不同区域的 6 种玉米害虫数量占比

Fig. 1 The proportion of 6 species of maize pests in different regions

2.2 玉米害虫防控次数调查 结果表明(图 2), 2019 年东方、儋州、三亚和海口玉米田的主要害虫防治施药次数 4.27 ~ 5.47 次,自草地贪夜蛾入侵海南后,2020 年防治次数达到了 7.73 ~ 8.77 次,2020 年的施药次数显著高于 2019 年。由于草地贪夜蛾繁殖速度快、危害重,农民不得不增加施药次数以有效控制其扩散,但防治次数增加会增加成本,长期使用单一药剂也会造成防治效果欠佳。



DF: 东方, DZ: 儋州; SY: 三亚, HK: 海口。

DF: Dongfang; DZ: Danzhou; SY: Sanya; HK: Haikou.

图 2 不同区域玉米害虫施药次数

Fig. 2 Frequency of pesticide application against corn pests in different regions

### 2.3 实施绿色防控技术防控效果分析

**2.3.1 天敌和病原微生物种类调查** 通过调查发现(图3),玉米田害虫的天敌种类主要以寄生性天敌为主,采集到数量占比75.89%,其中卵寄生蜂为赤眼蜂(*Trichogramma* sp.)和夜蛾黑卵蜂(*Telenomus remus*),田间自然寄生率分别为23.22%和7.91%,主要寄生草地贪夜蛾和亚洲玉米螟,幼虫寄生蜂为茧蜂(*Braconidae* sp.),寄生率为13.11%和6.3%,蛹寄生蜂为啮小蜂(*Tetrastichus* sp.),寄生率为6.88%,寄生蝇类较少,寄生率仅为0.12%;捕食性天敌占比10.61%,包括瓢虫(*Coccinellidae* sp.)、草蛉(*Chrysopidae* sp.)、叉角厉蝽(*Eocanthecona furcellata*)和蠊蝽(*Arma chinensis*);昆虫病原微生物占比11.11%,包括绿僵菌(*Metarrhizium* sp.)和白僵菌(*Beauveria* sp.);其他天敌还有细菌、病毒和线虫,占比1.59%。

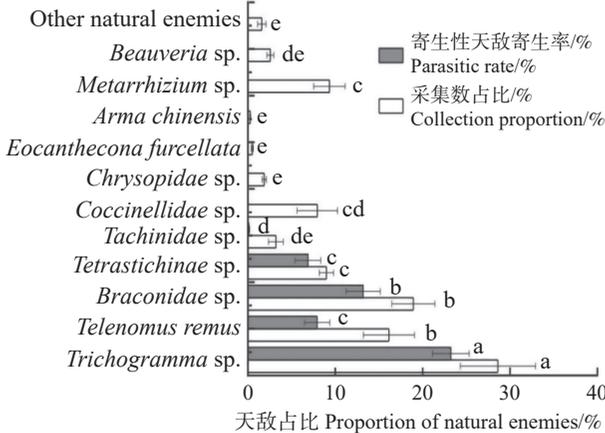


图3 玉米天敌占比和寄生比例

Fig. 3 Collection proportion and parasitism rate of natural enemies in corn

**2.3.2 寄生蜂和金龟子绿僵菌联用防控效果评价调查** 2年大田示范的试验结果表明(图4),单独释放寄生蜂(螟黄赤眼蜂+夜蛾黑卵蜂+淡足侧沟茧蜂)、寄生蜂(螟黄赤眼蜂+夜蛾黑卵蜂+淡足侧沟茧蜂)+金龟子绿僵菌联合使用、施用化学农药(甲氨基阿维菌素苯甲酸盐)1、3、5 d后各处理组对玉米害虫的防治效果均高于对照组,但处理组之间没有显著性差异。处理后第7天,2022年,使用化学农药的处理(草地贪夜蛾89.50%,亚洲玉米螟85.91%)防治效果显著高于寄生蜂+绿僵菌(草地贪夜蛾74.35%,亚洲玉米螟73.23%),寄生蜂+绿僵菌高于单独释放寄生蜂处理(草地贪夜蛾48.39%,亚洲玉米螟47.10%);2023年,使用化学

农药的处理(草地贪夜蛾88.43%,亚洲玉米螟85.20%)防治效果和寄生蜂+绿僵菌(草地贪夜蛾81.41%,亚洲玉米螟78.77%)差异不显著,2个处理显著高于单独释放寄生蜂处理(草地贪夜蛾59.17%,亚洲玉米螟53.41%)。

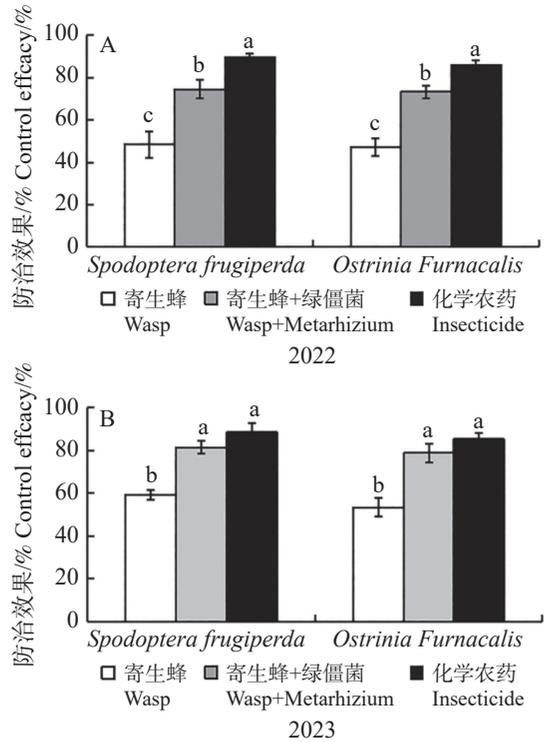


图4 利用天敌防控玉米害虫效果对比

Fig. 4 Comparison of the control effect between natural enemies and insecticides against corn pests

### 3 讨论

本研究对海南地区玉米田中的主要害虫及其自然天敌进行了深入的调查与分析,结果表明,草地贪夜蛾和亚洲玉米螟是海南玉米田中最为重要的害虫种类,其种群数量占比分别超过40%和20%。针对这2种害虫,采取有效的防控措施显得尤为关键。

在海南玉米田的天敌资源调查中发现,本地天敌种类丰富,包括多种寄生蜂(如赤眼蜂、夜蛾黑卵蜂、茧蜂和啮小蜂)、寄生蝇、病原微生物(如绿僵菌和白僵菌)以及捕食性天敌(如瓢虫、益蝽和草蛉)。此外,还发现了细菌、病毒和线虫等其他生物控制因子,但寄生性天敌和病原微生物在数量上占据主导地位,分别占比75.89%和11.11%。本团队先前的研究也证实了利用寄生蜂对草地贪夜蛾进行生物防控的重要性<sup>[13-15]</sup>。因

此,海南玉米绿色防控技术模式应充分利用这些本地天敌资源。

海南玉米喇叭口期,通过先释放寄生蜂(螟黄赤眼蜂 15 000 头·hm<sup>-2</sup>、夜蛾黑卵蜂 22 500 头·hm<sup>-2</sup>、淡足侧沟茧蜂 1 500 头·hm<sup>-2</sup>),随后喷施金龟子绿僵菌,取得了良好的防治效果。2 年的示范数据表明,第 2 年的防治效果与化学防治相比无显著差异。虽然天敌昆虫单独使用具有一定的防治效果<sup>[16]</sup>,但昆虫病原真菌和天敌昆虫联合使用可以更有效地控制害虫。例如,边强等<sup>[17]</sup>使用金龟子绿僵菌小孢变种与椰甲截脉姬小蜂(*Asecodes hispinarum*)联合控制椰心叶甲(*Brontispa longissima*),防治效果达到了 100%,上述研究与本研究有相似之处,表明寄生蜂和生物农药的联合使用在害虫控制中具有巨大的潜力。

本研究还发现,不同天敌和生物农药的联合防控模式不仅可以降低单一使用天敌的成本,还能提高对玉米害虫的控制效果。田间示范结果表明,在玉米害虫低发生时,该技术模式可将百株虫量控制在 5 头以下。与完全依赖化学防治相比,该模式在产量和防治成本上相当,同时减少了 20% 以上的化学农药使用。未来,将进一步研究该模式在防控成本和对生物多样性方面的影响。

## 参考文献:

- [1] 林珠凤,王运勤,谢圣华,等.海南鲜食玉米蛀果性害虫种类与发生为害调查[J].热带生物学报,2010,1(2): 130-133.
- [2] 史子涵,王玉生,李靖,等. MbMNPV 对不同群体草地贪夜蛾的毒力差异分析[J]. 中国生物防治学报,2023,39(6): 1309-1317.
- [3] 卢辉,张浩文,吕宝乾,等. 2019 年海南省草地贪夜蛾迁入路径及虫源分析初探[J]. 应用昆虫学报,2023,60(4): 1062-1069
- [4] 姜军. 南繁玉米的病虫害危害及防治对策[J]. 玉米科学,2004(S1): 106-107.
- [5] 王凯. 东方市甜玉米种植技术及病虫害防治[J]. 特种经济动植物,2023,26(7): 125-127.
- [6] TORRES-MORENO R, MOYA-RAYGOZA G. Diversity and parasitism by parasitic wasps that attack *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) on year-round and seasonal maize agroecosystems[J]. *Environmental Entomology*, 2021, 50(5): 1088-1094.
- [7] LIU Y, YANG Y, WANG B. Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* play roles of maize (*Zea mays*) growth promoter[J]. *Scientific Reports*, 2022, 12: 15706.
- [8] HARUSH A, QUINN E, TROSTANETSKY A, et al. Integrated pest management for stored grain: potential natural biological control by a parasitoid wasp community [J]. *Insects*, 2021, 12(11): 1038.
- [9] 袁曦,邓伟丽,郭义,等. 螟黄赤眼蜂对草地贪夜蛾卵寄生效果评价[J]. 环境昆虫学报,2022,44(2): 290-296.
- [10] 徐翔,杨淞杰,李维强,等. 绿僵菌油悬浮剂与减量化学农药联用对冬玉米草地贪夜蛾的防控效果[J]. 中国生物防治学报,2020,36(4): 530-533.
- [11] 杜文梅,庞佳瑶,王琳,等. 松毛虫赤眼蜂田间放蜂方法对亚洲玉米螟防治效果的影响[J]. 中国生物防治学报,2023,39(6): 1275-1281.
- [12] 郭井菲,苟雪莲,涂雄兵,等. 白僵菌、白僵菌与草地贪夜蛾的卵寄生蜂联合及其应用: CN115197855A [P]. 2022-10-18.
- [13] 苏豪,吕宝乾,张宝琴,等. 12 种杀虫剂对草地贪夜蛾和霍氏啮小蜂的选择毒力[J]. 南方农业学报,2021,52(3): 570-577.
- [14] 卢辉,唐继洪,吕宝乾,等. 草地贪夜蛾的生物防治及潜在入侵风险[J]. 热带作物学报,2019,40(6): 1237-1244.
- [15] 唐继洪,吕宝乾,卢辉,等. 海南草地贪夜蛾寄生蜂调查与基础生物学观察[J]. 热带作物学报,2020,41(6): 1189-1195.
- [16] 陈俊华,尤伟晨,徐孟飞,等. 叉角厉螞对棉铃虫幼虫的捕食能力及捕食效率分析[J]. 南方农业学报,2024,55(12): 3507-3516.
- [17] 边强,王广君,农向群,等. 绿僵菌与椰甲截脉姬小蜂对椰心叶甲的协同控制作用[J]. 中国生物防治,2010,26(1): 30-34.

## Effect of natural enemy protection and utilization on maize pest control in Hainan Province

YANG Deyan<sup>1,2#</sup>, LU Hui<sup>2\*</sup>, LYU Baoqian<sup>2\*</sup>, CHEN Bin<sup>1</sup>, TANG Jihong<sup>2</sup>, ZHANG Qikai<sup>2</sup>, JIAO Bin<sup>2</sup>

(1. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China; 2. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Haikou, Hainan 571101, China)

**Abstract:** The occurrence of fresh corn pests is serious in Hainan, which seriously threatens the safety of fresh corn production. In order to develop a technical model suitable for the green production of corn in Hainan, a survey was made of the occurrence of the main harmful populations and natural enemies of corn pests from 2019–2023, and the prevention and control experiments and demonstrations were also completed. The results showed that *Spodoptera frugiperda* infested corn during the whole growth period of corn and accounted for more than 40% of the pest population, which results in an infestation percentage of 25% to 43%. As a secondary pest, *Ostrinia furnacalis* accounted for more than 25% of the pest population, and the percentage of infestation caused thereby was 5% to 17%. With the invasion of *S. frugiperda*, the application frequency of chemical pesticides in a single corn growth period increased significantly in 2020, from 4.27 ~ 5.47 times in 2019 to 7.73 ~ 8.77 times in 2020, which may have a potential negative impact on the environment. Natural enemy insects play an important role in the biological control of corn pests, among which parasitic natural enemies are dominant and account for 75.89% of the population. The parasitism rates of *Trichogramma* sp. and *Telenomus remus* were 23.22% and 7.91%, respectively. In 2023, by applying the combined control strategy of natural enemy insects and pathogenic microorganisms, the control effect of *S. frugiperda* and *O. furnacalis* reached 81.41% and 78.77%, respectively, which were equivalent to the chemical control effect. The combined control mode of parasitic wasps and *Metarhizium* sp. has a significant effect on pest control, reduces the use of chemical pesticides, is safe for corn production, and can be applied to the pest control of fresh corn in Hainan.

**Keywords:** fresh corn; green pest control; biological control; natural enemy insect; *Spodoptera frugiperda*

(责任编辑:潘学峰)