

李贤嘉, 吴吉英子, 戴修纯, 等. 草地贪夜蛾对不同玉米品种果穗的为害研究 [J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(2): 71-79.
LI Xianjia, WU Jiyingzi, DAI Xiuchun, et al. Study on the damage of *Spodoptera frugiperda* to ears of different maize cultivars[J]. Journal of South China Agricultural University, 2021, 42(2): 71-79.

草地贪夜蛾对不同玉米品种果穗的为害研究

李贤嘉^{1†}, 吴吉英子^{1†}, 戴修纯², 王勇庆¹, 王瑞飞¹, 张志祥¹, 徐汉虹¹

(1 华南农业大学 农学院/天然农药与化学生物学教育部重点实验室, 广东 广州 510642;

2 广州市农业科学院, 广东 广州 510308)

摘要:【目的】调查草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 对广东省广泛种植的 22 个玉米品种果穗的为害情况。【方法】采用“Z”字形五点取样法调查玉米果穗被害情况。记录每株玉米上部和下部果穗被害情况, 包括玉米果穗中的 1~3 龄、4~6 龄幼虫、活虫和蛹的数量, 以及玉米果穗上被幼虫钻蛀的位置。【结果】草地贪夜蛾在不同品种玉米上的为害均较为严重, 所有品种的植株被害率均大于 25%, 但不同品种的被害程度存在明显差异。甜玉米受害最严重, 其中, ‘粤甜 16 号’的被害率高达 99.67%。除 ‘粤农 19 号’、‘广彩糯 19 号’外, 其他品种的玉米上、下部果穗的被害情况差异不显著 ($P>0.05$)。绝大部分玉米果穗中存在草地贪夜蛾幼虫, 含有 1~2 头幼虫的果穗比例为 26%~85%, 含有 3 头幼虫的果穗比例仅为 2%~17%, 未在同一果穗内发现 3 头以上的幼虫。除 ‘广糯 9 号’和 ‘广糯 2005’外, 其他品种的玉米中发现的 4~6 龄幼虫数量均要多于 1~3 龄幼虫。38%~71% 草地贪夜蛾幼虫都是从玉米丝钻入玉米果穗内为害并在果穗内化蛹, 平均每百株果穗的蛹为 9~32 个。【结论】草地贪夜蛾偏爱取食甜玉米和糯玉米并在其果穗内化蛹, 对饲料玉米的为害较轻。1~3 龄和 4~6 龄幼虫在玉米乳熟期的取食行为相同, 都喜爱从玉米丝钻入果穗内为害。研究结果可为选育玉米抗性品种和草地贪夜蛾的精准防控提供参考。

关键词: 草地贪夜蛾; 玉米品种; 果穗; 取食行为

中图分类号: Q968.1; S433.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2021)02-0071-09

Study on the damage of *Spodoptera frugiperda* to ears of different maize cultivars

LI Xianjia^{1†}, WU Jiyingzi^{1†}, DAI Xiuchun², WANG Yongqing¹, WANG Ruifei¹, ZHANG Zhixiang¹, XU Hanhong¹

(1 College of Agriculture/Key Laboratory of Natural Pesticides and Chemical Biology, Ministry of Education,

South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Guangzhou Academy of

Agricultural Sciences, Guangzhou, 510308, China)

Abstract: 【Objective】To investigate the damage of *Spodoptera frugiperda* to ears of 22 maize cultivars widely planted in Guangdong Province. 【Method】The damage of corn ear was investigated by “Z” shaped five-point sampling method. The damage of the upper and lower corn ears of each plant, including the numbers of 1st to 3rd instar larvae, 4th to 6th instar larvae, live insects, live pupae and the damage position drilled by

收稿日期: 2020-06-16 网络首发时间: 2020-07-21 14:32:44

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20200721.1006.002.html>

作者简介: 李贤嘉 (1996—), 男, 硕士研究生, E-mail: 75371787@qq.com; 吴吉英子 (1997—), 女, 硕士研究生, E-mail: wjyzdsys@163.com; †表示同等贡献; 通信作者: 张志祥 (1974—), 男, 教授, 博士, E-mail: zdsys@scau.edu.cn; 徐汉虹 (1961—), 男, 教授, 博士, E-mail: hbxu@scau.edu.cn

基金项目: 广东省重点领域研发计划 (2020B020224002, 2019B020217003)

larvae were recorded. 【Result】 Twenty-two maize cultivars were all damaged seriously by *S. frugiperda* and the ratios of damaged plants were higher than 25% for all cultivars, while there were significant differences in damage degree among different cultivars. The sweet corns suffered the most serious damage compared to other cultivars, especially the ratio of damaged plants of ‘Yuetian 16’ was up to 99.67%. There was no significant difference in damage between the upper and lower corn ears for each cultivar except ‘Yuenong 19’ and ‘Guangcainuo 19’. Majority of corn ears had *S. frugiperda* larvae and the ratio of corn ear containing 1 and 2 larvae was 26% – 85%, the ratio of corn ear containing 3 larvae was 2% – 17%, while no corn ear was found to have more than 3 larvae. The number of 4th to 6th instar larvae was higher than that of 1st to 3rd instar larvae for each cultivar except ‘Guangnuo 9’ and ‘Guangnuo 2005’. Ranging from 38% to 71% *S. frugiperda* larvae entered into corn ear from corn silk and pupated, and the average number of pupae per 100 plants were 9–32. 【Conclusion】 *S. frugiperda* prefer to eat sweet corn and waxy corn and pupate in their ears, while the damage to feed corn is relatively light. The 1st–3rd and 4th–6th instar larvae of *S. frugiperda* have the same feeding behavior during the milky stage of corn and they prefer to enter into corn ear from corn silk and damage corn. The results can provide references for breeding resistant corn cultivars and precise control of *S. frugiperda*.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; corn cultivar; ear; feeding behavior

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*(J.E.Smith), 也称秋黏虫, 属于鳞翅目 *Lepidoptera* 夜蛾科 *Noctuidae* 灰翅夜蛾属 *Spodoptera*, 是原产于美洲热带和亚热带地区的一种杂食性害虫^[1], 幼虫能取食玉米 *Zea mays* L.、甘蔗 *Saccharum officinarum*、高粱 *Sorghum bicolor* (L.) Moench 和谷子 *Setaria italica* 等 76 科 353 种植物, 已在多个国家传播蔓延为害^[2-4]。成虫可随贸易和季风进行远距离传播, 最远传播距离达 1 600 km^[5]。因具有突发性、多产性、暴食性、杂食性、隐蔽性、钻蛀性、钻土性、夜出性、趋嫩性和独占性等特性^[6], 草地贪夜蛾防控比较困难。在巴西, 草地贪夜蛾对玉米的为害使其产量下降了 34%, 造成每年 4 亿美元的损失^[7-8]。2016 年在非洲西部和中部发现草地贪夜蛾为害, 2018 年在乌干达发现草地贪夜蛾为害, 之后草地贪夜蛾在撒哈拉以南几乎所有国家迅速传播蔓延^[9-10]。2019 年 1 月草地贪夜蛾入侵我国云南省^[11], 凭借极强的远距离迁飞能力在全国快速蔓延为害。截至 2019 年 12 月, 我国已有 25 个省份发现草地贪夜蛾, 累计发生为害面积达 108 万 hm²^[12]。2019 年 4 月 23 日在广东省广州市增城区确认该虫入侵, 截至 2020 年 6 月, 全省累计发生为害面积 5.23 万 hm², 涉及 21 个地级市 97 个县(市、区), 主要为害玉米, 同时为危害甘蔗、香蕉和花生^[6]。广东省玉米、甘蔗和香蕉年播种面积超过 46.67 万 hm², 是草地贪夜蛾栖息和繁殖的适合地域, 而且季风气候适合草地贪夜蛾繁殖、迁飞, 该虫将对广东玉米、甘蔗等作物生产造成严重危害^[13]。该虫已在广东定殖, 并成为一 种“北迁南回、

周年循环”的重大害虫。草地贪夜蛾在田间世代重叠严重, 并具有很强的繁殖力、适应性和迁徙能力, 因此, 在条件适宜地区具有暴发为害的特性。现有关于草地贪夜蛾的研究主要集中在转基因技术^[14]、生物防治^[15]、化学防治^[16] 以及细胞水平^[17-20] 等方面, 鲜见草地贪夜蛾为害玉米果穗的研究报道。草地贪夜蛾聚集在玉米果穗上取食为害, 不仅造成直接的产量损失, 而且其颗粒状排泄物混杂于玉米籽粒间, 会加重植株病害, 导致玉米产量和品质的明显下降, 造成更大的经济损失。本研究调查草地贪夜蛾对广东省广泛种植的 22 个玉米品种果穗的为害情况, 明确草地贪夜蛾幼虫的取食喜好及钻蛀果穗的方式, 以期为选育抗性玉米品种和草地贪夜蛾的精准防控提供一定的参考, 为广东省乃至全国草地贪夜蛾的监测预警、防控策略的制定提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点和供试品种

广东省广州市南沙区珠江街道新光队广州市农业科学院南沙基地 (N22°26', E113°57')。选取广东省常种植的 22 个玉米品种, 具体的品种名称见表 1, 均由广州市农业科学院提供并种植管理。每个品种种植面积约 300 m², 随机排列。种植方式为条播, 宽窄行种植, 宽行行距 75 cm, 窄行行距 50 cm, 株距 30 cm, 密度约 45 000 株/hm²。播种时间为 2020 年 3 月 13 日, 田间水肥管理与当地大田玉米相同, 长势良好。

表 1 玉米品种名称
Table 1 Name of corn cultivars

类型 Type	品种 Cultivar	类型 Type	品种 Cultivar
甜玉米 Sweet corn	仲农 Zhongnong	彩糯玉米 Colorful waxy corn	粤彩糯2号 Yuecainuo 2
	粤甜16号 Yuetian 16		广彩糯19号 Guangcainuo 19
	广甜12号 Guangtian 12		广彩糯10号 Guangcainuo 10
	广甜13号 Guangtian 13		广彩糯2006 Guangcainuo 2006
	广甜19号 Guangtian 19	彩甜玉米 Colorful sweet corn	广彩甜10号 Guangcaitian 10
	广甜20号 Guangtian 20		广甜糯2002 Guangtiannuo 2002
糯玉米 Waxy corn	广糯9号 Guangnuo 9	甜糯玉米 Sweet waxy corn	广甜糯2003 Guangtiannuo 2003
	广糯19号 Guangnuo 19		广甜糯2004 Guangtiannuo 2004
	广糯20号 Guangnuo 20	彩甜糯玉米 Colorful sweet waxy corn	广彩甜糯2001 Guangcaitiannuo 2001
	广糯2005 Guangnuo 2005		广黑甜糯1803 Guangheitiannuo 1803
饲料玉米 Forage corn	粤农9号 Yuenong 9		
	粤农19号 Yuenong 19		

1.2 方法

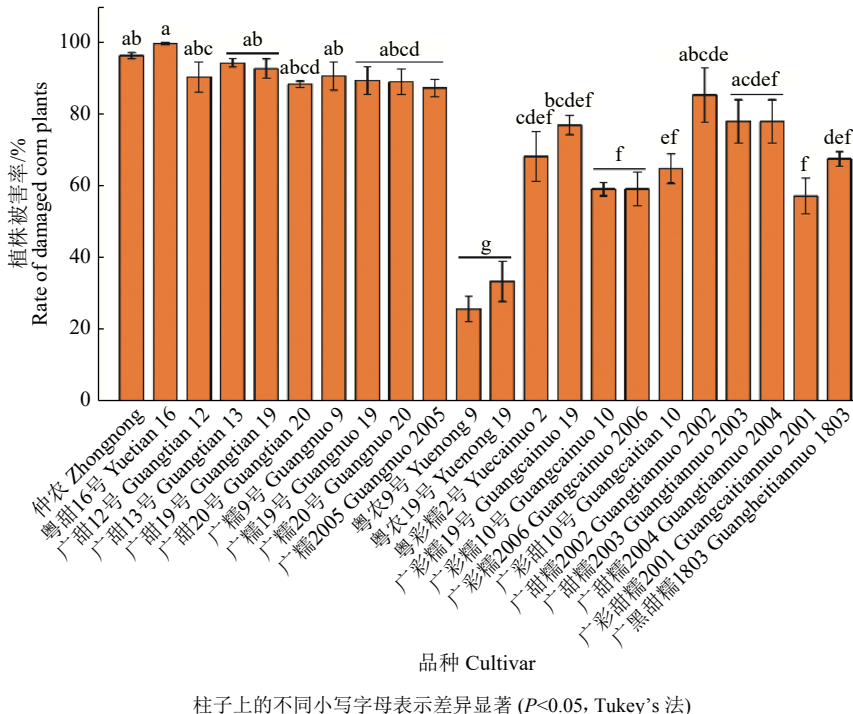
调查时间为 2020 年 6 月 5 日, 此时玉米处于乳熟期。“Z”字形五点取样法调查各点玉米植株的被害情况, 每个品种调查 3 块玉米地, 每点随机调查 20 株玉米, 每块地总计调查 100 株玉米。在玉米上发现草地贪夜蛾活虫, 即为被害玉米植株。记录每块玉米地的被害植株数, 每株玉米上、下部果穗被害数, 记录玉米果穗中的 1~3 龄幼虫、4~6 龄幼虫、蛹和玉米果穗活虫的数是以及玉米果穗上被幼

虫钻蛀的位置。
植株被害率=被害植株数/调查植株数×100%。
所有数据通过 Microsoft Excel 2019 进行统计, SPSS 25.0 进行数据分析, Origin 2017 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 玉米植株草地贪夜蛾发生为害情况

不同品种玉米上草地贪夜蛾发生为害情况见图 1。调查结果 (图 1) 表明, 草地贪夜蛾在不同品



柱子上的不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, Tukey's 法)
Different lowercase letters on columns indicate significant differences ($P<0.05$, Tukey's test)

图 1 玉米植株被害率
Fig. 1 Rate of damaged corn plants

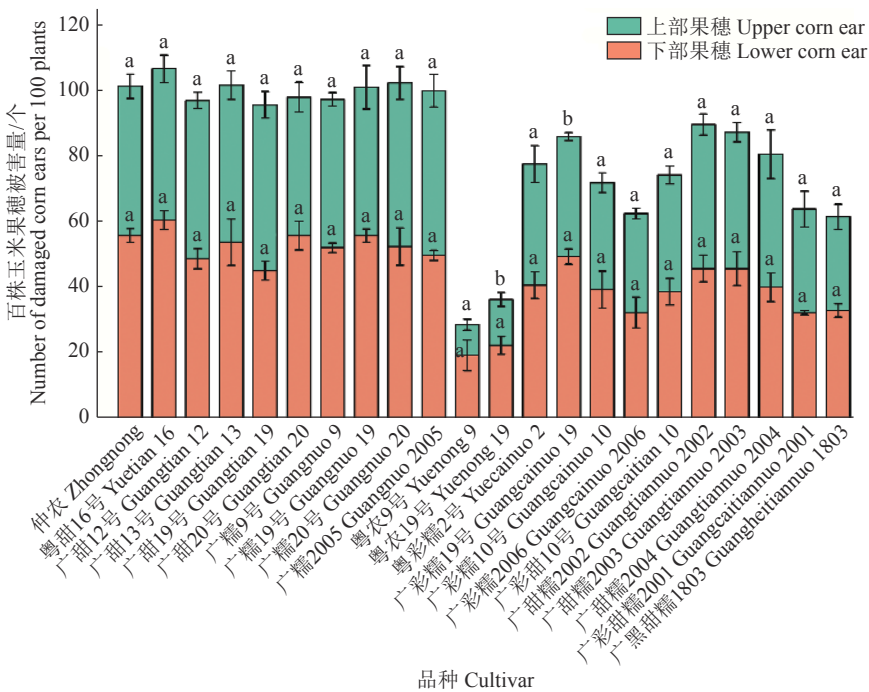
种玉米上的为害均较为严重,所有品种的植株被害率均大于 25%,但不同品种的被害程度存在明显差异。从不同玉米类型看,甜玉米的被害情况最严重,植株被害率为 88.33%~99.67%,其次是糯玉米,饲料玉米被害情况最轻,植株被害率仅为 26%~33.67%。而彩糯、彩甜、彩甜糯玉米的被害情况较甜玉米和糯玉米的要轻。从不同玉米品种看,除‘粤农 9 号’和‘粤农 19 号’外,其他品种玉米的被害率均高于 50%。其中,‘粤甜 16 号’的被害率高达 99.67%,这说明草地贪夜蛾为害后,该品种的玉米几乎绝收。‘粤农 9 号’和‘粤农 19 号’的虫害发生程度明显低于其他品种,被害率均低于 35%。单因素方差分析结果也表明‘粤农 9 号’和‘粤农 19 号’的被害率显著低于其他玉米品种的。可见,草地贪夜蛾偏爱取食甜玉米和糯玉米,对饲料玉米的喜爱程度稍低。

2.2 玉米果穗草地贪夜蛾发生为害情况

为研究草地贪夜蛾幼虫在玉米果穗上的垂直分布规律及为害情况,调查了各品种每株玉米上部与下部果穗的被害情况(图 2、3、4)。以每百株玉米计,玉米上部果穗被害量为 9~50 个,下部果穗被害量为 20~61 个。下部果穗被害情况较上部严重。但是除‘粤农 19 号’、‘广彩糯 19 号’外,其他品

种的玉米上、下部果穗被害情况在统计学上均无显著性差异。其中,以每百株玉米计,‘粤甜 16 号’果穗被害量达 106 个,下部果穗被害量为 60 个。这表明该品种的玉米,每个果穗内都有 1 只或以上的草地贪夜蛾幼虫。彩玉米和黑玉米的被害情况较甜玉米和糯玉米轻,但每百株玉米也有 61 个以上的果穗被害。而饲料玉米的‘粤农 9 号’和‘粤农 19 号’的被害情况最轻,‘粤农 9 号’上、下部果穗的百株玉米草地贪夜蛾幼虫仅为 9 和 20 个(图 2)。

将玉米果穗剥开调查,发现玉米果穗内存在大量草地贪夜蛾幼虫,含有 1~2 头虫的果穗比例为 26%~85%(图 3)。由图 3 可知,在甜玉米中,在 1 个玉米果穗同时有 2 头草地贪夜蛾幼虫的比例达 35%~58%。其中,‘粤甜 16 号’有将近 60% 的玉米果穗中都发现 2 头幼虫,这表明草地贪夜蛾幼虫喜爱取食甜玉米。而彩糯、彩甜糯和黑甜糯玉米的被害情况稍轻,超过 35% 的玉米果穗中没有发现草地贪夜蛾幼虫。其中‘粤农 19 号’,有超过 70% 的玉米果穗均未发现草地贪夜蛾幼虫。糯玉米和甜糯玉米含有 1 头幼虫的果穗比例为 40%~53%,这表示在将近一半的玉米果穗中每个玉米果穗仅有 1 头草地贪夜蛾幼虫。研究发现,在 1 个玉米果穗中同时发现有 3 头草地贪夜蛾幼虫的情况较少,仅为



同一柱子上的不同小写字母表示玉米上部果穗与下部果穗间差异显著 ($P<0.05$, t 检验)
Different lowercase letters on the same column indicate significant difference between the upper and lower parts of the corn ear ($P<0.05$, t test)

图 2 百株玉米果穗被害量
Fig. 2 Number of damaged corn ears per 100 plants

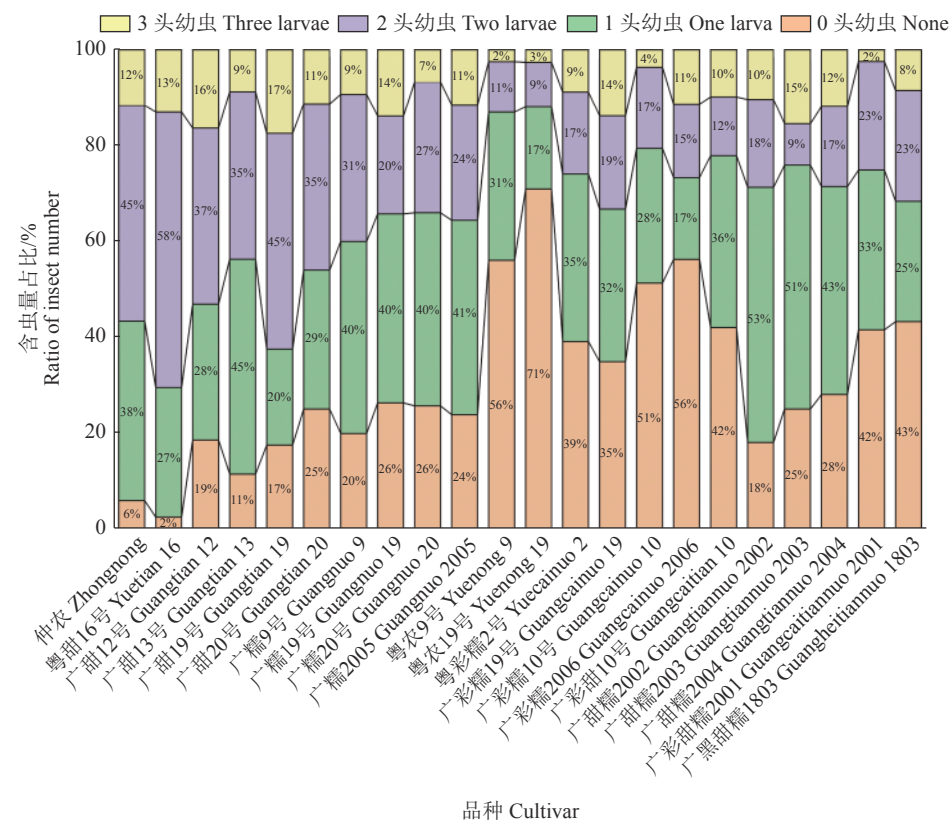
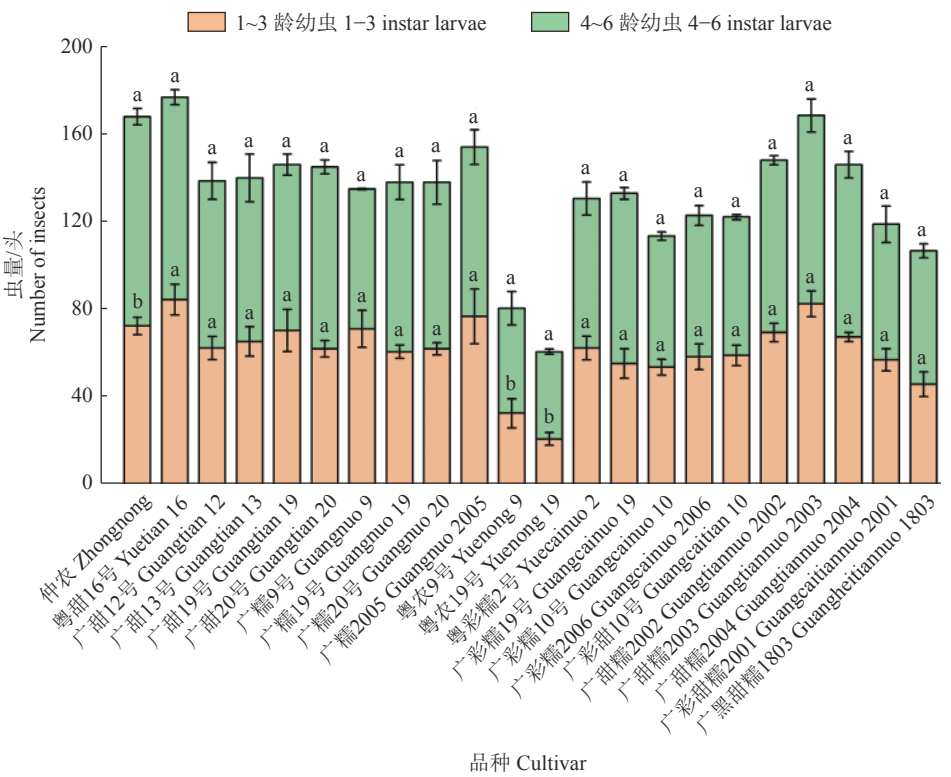


图 3 单个玉米果穗的含虫量
Fig. 3 Insect content per corn ear



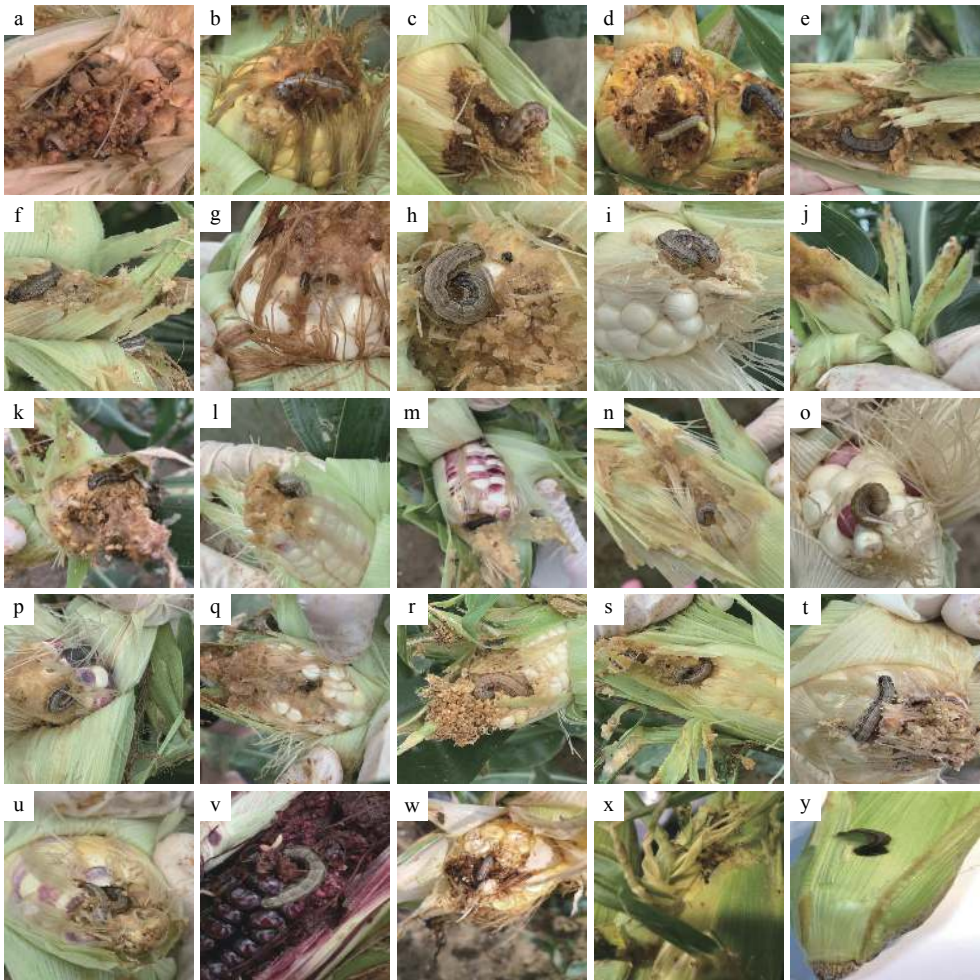
同一柱子上的不同字母表示 1~3 龄、4~6 龄幼虫间差异显著 ($P<0.05$, t 检验)
Different letters on the same column indicate significant differences between larvae of 1~3 instar and 4~6 instar ($P<0.05$, t test)

图 4 每百株玉米果穗中的虫量
Fig. 4 Number of insects in corn ears per 100 plants

2%~17%。图 5 为不同品种玉米果穗田间被害图。

对玉米果穗内草地贪夜蛾高龄 (4~6 龄)、低龄 (1~3 龄) 幼虫进行统计分析, 结果 (图 4) 表明, 所有品种的百株玉米虫量均高于 60 头。除饲料玉米外, 其他品种的百株玉米虫量均高于 110 头。其中, 百株 ‘粤甜 16 号’ 的虫量达到 176 头, 1~3 龄和 4~6

龄幼虫数量分别为 84 和 92 头。在调查的所有品种玉米中, 除 ‘广糯 9 号’ 和 ‘广糯 2005’ 外, 其他品种的玉米中发现的 4~6 龄幼虫均要多于 1~3 龄幼虫。除 ‘仲农’、‘粤农 9 号’ 和 ‘粤农 19 号’ 外, 其他品种玉米果穗内的草地贪夜蛾高、低龄幼虫数量无显著差异。



a: 仲农; b: 粤甜 16 号; c: 广甜 12 号; d: 广甜 19 号; e: 广甜 20 号; f: 广糯 9 号; g: 广糯 19 号; h: 广糯 20 号; i: 广糯 2005; j: 粤农 9 号; k: 粤农 19 号; l: 粤彩糯 2 号; m: 广彩糯 19 号; n: 广彩糯 10 号; o: 广彩糯 2006; p: 广彩甜 10 号; q: 广甜糯 2002; r: 广甜糯 2003; s: 广甜 13 号; t: 广甜糯 2004; u: 广彩甜糯 2001; v: 广黑甜糯 1803; w: 从玉米丝处钻入; x: 从玉米苞叶上部钻入; y: 从玉米苞叶下部钻入

a: Zhongnong; b: Yuetian 16; c: Guangtian 12; d: Guangtian 19; e: Guangtian 20; f: Guangnuo 9; g: Guangnuo 19; h: Guangnuo 20; i: Guangnuo 2005; j: Yuenong 9; k: Yuenong 19; l: Yuecainuo 2; m: Guangcainuo 19; n: Guangcainuo 10; o: Guangcainuo 2006; p: Guangcaitian 10; q: Guangtiannuo 2002; r: Guangtiannuo 2003; s: Guangtian 13; t: Guangtiannuo 2004; u: Guangcaitiannuo 2001; v: Guangheitiannuo 1803; w: Drill into corn ear from the corn silk; x: Drill into corn ear from the upper part of the corn bract; y: Drill into corn ear from the lower part of the corn bract

图 5 不同品种玉米果穗田间被害图

Fig. 5 The damaged corn ears of different corn cultivars in field

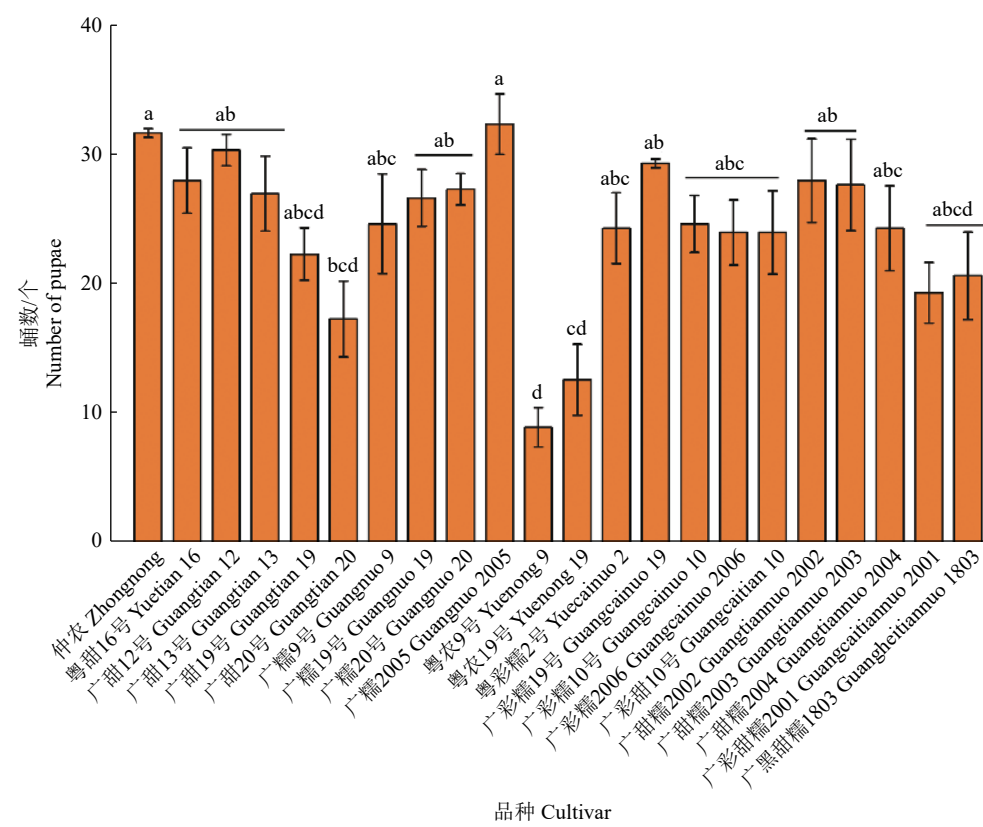
2.3 果穗内草地贪夜蛾化蛹情况

图 6 为不同玉米品种每百株玉米果穗中发现的草地贪夜蛾蛹的数量, 调查结果 (图 6) 表明, 草地贪夜蛾幼虫在玉米果穗内化蛹的情况也较为严重, 每百株玉米果穗平均蛹量为 9~32 个, 这表明草地贪夜蛾可能已经在该地定殖繁衍。不同品种的玉米果穗中的蛹数在统计学上差异不显著。在 ‘广糯 2005’ 中发现的蛹数最多, 百株玉米果穗蛹数

为 32 个。在饲料玉米 ‘粤农 9 号’ 中发现的蛹数最少, 百株玉米果穗蛹数仅为 9 个。

2.4 草地贪夜蛾钻蛀玉米果穗方式

为了更有针对性地防治草地贪夜蛾幼虫对玉米果穗的为害, 调查草地贪夜蛾幼虫钻蛀玉米果穗的方式, 记录每个玉米果穗被草地贪夜蛾幼虫钻蛀的位置 (图 7)。调查的 3 种钻入方式中, 草地贪夜蛾幼虫从玉米丝处钻入的比例最高, 为 38%~71%。



柱子上的不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$, Tukey's 法)
Different lowercase letters on columns indicate significant differences ($P<0.05$, Tukey's test)

图 6 每百株玉米果穗中的蛹数

Fig. 6 Number of pupae in corn ear per 100 plants

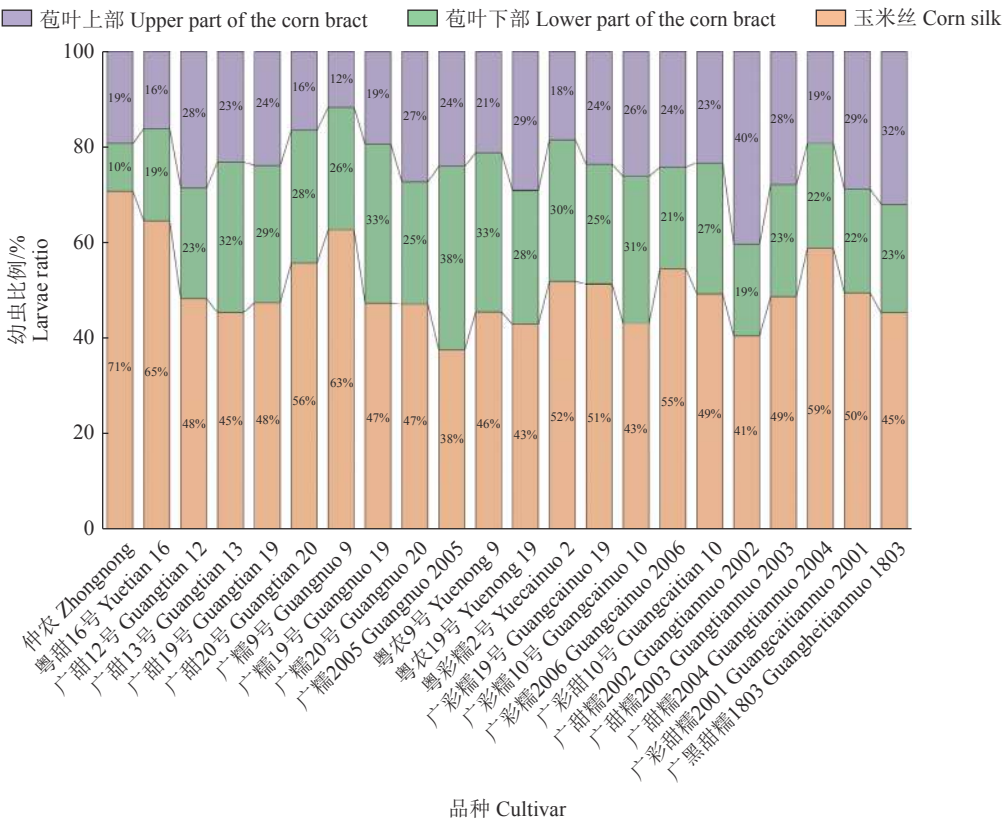


图 7 幼虫钻入玉米果穗的部位

Fig. 7 The part drilled into corn ears by larvae

调查的 22 个玉米品种中, 有 21 个品种的草地贪夜蛾幼虫从玉米丝处钻入果穗的比例高于 40%, 说明草地贪夜蛾幼虫取食从玉米丝处钻入 (图 5w), 并在果穗处为害, 少数幼虫从玉米果穗苞叶的上部 (图 5x) 或下部 (图 5y) 钻蛀进入果穗为害。

3 结论与讨论

由于地理位置和气候条件的优势, 广东省部分地区全年可种植玉米, 作为草地贪夜蛾入侵我国的桥头堡和北迁虫源地之一^[12], 广东省草地贪夜蛾的防治显得尤为重要。研究^[21-22]表明草地贪夜蛾喜爱取食玉米, 但是鲜见草地贪夜蛾对玉米不同品种取食偏好的相关研究。本研究的结果表明, 草地贪夜蛾偏爱取食甜玉米和糯玉米, 其次是彩玉米和黑玉米, 在饲料玉米上的为害较轻。这可能是因为甜玉米的可溶性固形物、可溶性糖含量较高, 支链淀粉的含量较低, 甜而不糯; 糯玉米营养物质含量较高, 并且较为均衡, 较好地解决了甜、糯、韧、滑的口感问题; 而普通玉米直链淀粉的含量最高, 口感不甜、不糯、种皮较硬、适口性差^[23]。相对于饲料用的普通玉米, 甜、糯玉米植株鲜嫩, 汁液甜美, 所以更受到草地贪夜蛾的偏爱。但是当不同品种的玉米一起种植的时候, 草地贪夜蛾也会取食其他品种的玉米, 包括饲料玉米, 这体现了草地贪夜蛾的杂食性和暴食性^[12]。在甜玉米和糯玉米果穗中发现的蛹数量较多, 而在饲料玉米中发现的较少。可见, 草地贪夜蛾老熟幼虫喜爱在甜玉米和糯玉米内化蛹, 这也与草地贪夜蛾的取食偏好一致。

草地贪夜蛾高龄和低龄幼虫具有不同的取食习性, 其中 1~3 龄幼虫常在玉米新叶中为害, 取食玉米生长点、心叶和果穗端部; 4~6 龄幼虫则常啃食叶片和果穗^[24]。对玉米果穗内部为害情况的研究结果表明, 草地贪夜蛾玉米上、下部果穗的被害情况在统计学上无显著性差异。在玉米乳熟期, 1~3 龄幼虫和 4~6 龄幼虫都主要集中在玉米果穗内为害, 在玉米叶片上未发现有草地贪夜蛾幼虫, 并且 4~6 龄幼虫数量多于 1~3 龄幼虫, 这是因为草地贪夜蛾幼虫取食量会随虫龄增加而增大, 前 3 龄幼虫取食量仅占整个幼虫期取食量的 2% 左右, 1~6 龄幼虫取食叶片量分别为 0.1、0.6、1.1、4.7、16.3 和 77.2 mm²^[25]。3 龄以上的幼虫具有钻蛀玉米果穗为害的能力, 而低龄幼虫只能从玉米丝或者沿着高龄幼虫已钻蛀的孔洞钻入果穗内取食^[26], 所以高龄幼虫比低龄幼虫更容易钻入玉米果穗内为害。不同品种的玉米果穗内的草地贪夜蛾幼虫数量呈现出不同

的规律, 大部分玉米果穗内的幼虫数量为 1~2 头, 较少的玉米果穗内发现同时有 3 头草地贪夜蛾幼虫, 未发现果穗内同时存在 3 头以上的幼虫的现象。这是因为草地贪夜蛾幼虫具有自相残杀行为, 特别是高龄草地贪夜蛾幼虫具有很明显的自相残杀行为。低龄和高龄幼虫同时存在时, 低龄幼虫被残杀的比例较高^[27], 因此同 1 个玉米果穗内很少同时存在 3 头以上的草地贪夜蛾幼虫。草地贪夜蛾幼虫的取食量很大, 往往 1 头幼虫就能造成 1 株玉米绝收^[28], 而该地每个玉米果穗内平均有 1~2 头草地贪夜蛾幼虫, 可见该地区的被害情况是十分严重的。

为了精准防控草地贪夜蛾在玉米果穗上的为害, 我们研究了草地贪夜蛾幼虫从果穗外部钻入内部的方式。结果表明, 草地贪夜蛾幼虫最主要是从玉米丝处钻入, 这可能是因为玉米丝较玉米的苞叶更容易进入, 且玉米果穗上部的果粒较嫩, 草地贪夜蛾幼虫具有趋嫩性, 常取食玉米幼嫩的部位^[24], 因此幼虫更喜爱从此处钻蛀进去取食。这些研究结果为从玉米丝处点施药液防控果穗内的草地贪夜蛾为害提供了重要参考。

综上所述, 草地贪夜蛾偏爱取食甜玉米和糯玉米并在其果穗内化蛹, 对饲料玉米的为害较轻。1~3 龄和 4~6 龄幼虫在玉米乳熟期的取食行为相同, 都喜爱从玉米丝处钻入果穗内为害。这些调查结果可为选育抗性玉米品种和草地贪夜蛾精准防控提供重要参考。

参考文献:

[1] TODD E L, POOLE R W. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the western hemisphere[J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1980, 73(6): 722-738.

[2] MONTEZANO D. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas[J]. *African Entomology*, 2018, 26(2): 286-300.

[3] JOHNSON S J. Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in the western hemisphere[J]. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1987, 8(4/5/6): 543-549.

[4] WESTBROOK J K, NAGOSHI R N, MEAGHER R L, et al. Modeling seasonal migration of fall armyworm moths[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2015, 60(2): 255-267.

[5] ROSE A H, SILVERSIDES R H, LINDQUIST O H. Migration flight by an aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera: Aphididae) and a noctuid, *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae)[J]. *Canadian Entomologist*, 1975, 107(6): 567-576.

[6] 南方农村报. 针对草地贪夜蛾十大习性精准防控 广东省召开全省草地贪夜蛾暨农药减量增效现场推进会 [EB/OL]. (2020-06-06)[2020-06-10]. <http://epaper.nfncb.cn/nfnc/content/20200606/ArticleI09002MT.htm>.

[7] LIMA S M, SILVA A, OLIVEIRA O F, et al. Corn yield response to weed and fall armyworm controls[J]. *Planta Daninha*, 2010, 28(1): 103-111.

[8] SENA D G, PINTO F A C, QUEIROZ D M, et al. Fall armyworm damaged maize plant identification using digital images[J]. *Biosystems Engineering*, 2003, 85(4): 449-454.

[9] OTIM M H, TEK T W, WALSH T K, et al. Detection of sister-species in invasive populations of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from Uganda[J]. *PLoS One*, 2018, 13(4): e194571.

[10] GOERGEN G, KUMAR P L, SANKUNG S B, et al. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa[J]. *PLoS One*, 2016, 11(10): e165632.

[11] 姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 等. 2019 年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测[J]. *植物保护*, 2019, 45(6): 10-19.

[12] 齐国君, 黄德超, 王磊, 等. 广东省草地贪夜蛾冬季发生特征及周年繁殖区域研究[J]. *环境昆虫学报*, 2020, 42(3): 573-582.

[13] LI X J, WU M F, MA J, et al. Prediction of migratory routes of the invasive fall armyworm in eastern China using a trajectory analytical approach[J]. *Pest Management Science*, 2019, 76(2): 454-463.

[14] STORER N P, BABCOCK J M, MICHELE S, et al. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2010, 103(4): 1031-1038.

[15] 刘本菊, 秦得强, 周游, 等. 异色瓢虫对草地贪夜蛾的捕食行为观察与评价[J]. *华南农业大学学报*, 2020, 41(1): 28-33.

[16] 闫文娟, 杨帅, 王勇庆, 等. 草地贪夜蛾应急防控药剂田间药效筛选[J]. *应用昆虫学报*, 2019, 56(4): 788-792.

[17] ALINE W G, SIMONE P, RAUL L B S, et al. Insecticidal activity of two proteases against *Spodoptera frugiperda* larvae infected with recombinant baculoviruses[J]. *Virology Journal*, 2010, 7(1): 143.

[18] MARHEINEKE K, GRÜNEWALD S, CHRISTIE W, et al. Lipid composition of *Spodoptera frugiperda* (Sf9) and *Trichoplusia ni* (Tn) insect cells used for baculovirus infection[J]. *FEBS Letters*, 1998, 441(1): 49-52.

[19] MÉNDEZ W A, VALLE J, IBARRA J E, et al. Spinosad and nucleopolyhedrovirus mixtures for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize[J]. *Biological Control*, 2002, 25(2): 195-206.

[20] AHMAD M, SRINIVASULA S M, WANG L, et al. *Spodoptera frugiperda* caspase-1, a novel insect death protease that cleaves the nuclear immunophilin FKBP46, is the target of the baculovirus antiapoptotic protein p35[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1997, 272(3): 1421-1424.

[21] 李定银, 邹军锐, 张涛, 等. 草地贪夜蛾对 4 种寄主植物的偏好性[J]. *植物保护*, 2019, 45(6): 50-54.

[22] 黄芊, 凌炎, 蒋婷, 等. 草地贪夜蛾对三种寄主植物的取食选择性及其适应性研究[J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41(6): 1141-1146.

[23] 孙祎振, 赵淼, 吴洪婕, 等. 不同品种类型玉米口感与营养及风味品质的比较[J]. *作物研究*, 2011, 25(6): 556-558.

[24] 太红坤, 郭井菲, 张峰, 等. 草地贪夜蛾在云南冬季甜玉米上的生物学习性及为害状观察[J]. *植物保护*, 2019, 45(5): 91-95.

[25] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm[J]. *Florida Entomologist*, 1979, 62(2): 82-87.

[26] 张知晓, 户连荣, 刘凌, 等. 草地贪夜蛾的生物学特性及综合防治[J]. *热带农业科学*, 2019, 39(9): 1-18.

[27] 王道通, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾幼虫龄期对自相残杀行为的影响[J]. *植物保护*, 2020, 46(3): 94-98.

[28] 本刊讯. 全国农技中心组织开展草地贪夜蛾监测防范工作[J]. *中国植保导刊*, 2019, 39(1): 83-85.

【责任编辑 霍 欢】