

小麦-玉米周年秸秆还田对玉米害虫及天敌的影响

李文静, 吕亮, 杨立军, 夏贤格, 许敏, 万鹏*

(农业部华中作物有害生物综合治理重点实验室, 农作物病虫害防控湖北省重点实验室, 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 湖北武汉 430064)

摘要 [目的]明确秸秆周年还田、耕作深度与施用腐熟剂对玉米害虫及天敌发生的影响, 确定适宜的还田耕作深度和秸秆腐熟剂施用。[方法]在大田条件下分析了秸秆不还田+浅耕、秸秆还田+浅耕、秸秆还田+深耕、秸秆还田+深耕+腐熟剂处理对玉米害虫、天敌发生的影响。[结果]玉米田内害虫种群数量以秸秆还田+深耕+腐熟剂处理最低, 秸秆还田+浅耕、秸秆还田+深耕处理次之, 秸秆不还田+浅耕最高。蜘蛛类和天敌总量在4种秸秆还田模式中无显著差异。天敌与害虫的益害比受不同秸秆还田处理的影响; 与秸秆不还田+浅耕对照相比, 秸秆还田+深耕+腐熟剂、秸秆还田+浅耕、秸秆还田+深耕处理的益害比分别是对照的1.68、1.63和1.45倍。秸秆还田不同处理下亚洲玉米螟的发生量以秸秆还田+深耕+腐熟剂处理最低, 与秸秆不还田+浅耕相比发生量下降(29.17±9.36)%。[结论]在推广秸秆还田模式中, 可考虑秸秆还田结合深耕且施用腐熟剂的耕作方式, 既能降低玉米田害虫的发生, 又能提高天敌的控害能力。

关键词 秸秆还田; 耕作深度; 秸秆腐熟剂; 玉米害虫; 天敌

中图分类号 S435.132 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)20-0166-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.20.042



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Annual Straw Returning Mode of Wheat and Maize on the Occurrence of Maize Pests and Natural Enemies

LI Wen-jing, LÜ Liang, YANG Li-jun et al (Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Central China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hubei Key Laboratory of Crop Diseases Insect Pests and Weeds Control, Institute of Plant Protection and Soil Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, Hebei 430064)

Abstract [Objective] To determine the effects of annual straw returning, tillage depth and straw-decomposing inoculants on the occurrence of maize pests and natural enemies, and select straw returning manner that were suitable for controlling main pests in maize field. [Method] This study evaluated the effects of four straw returning manner (shallow tillage but not add straw returning, shallow tillage with straw returning, deep ploughing with straw returning, and deep ploughing with straw returning added straw-decomposing inoculants) on occurrence of pests, natural enemies and *Ostrinia furnacalis* under field conditions. [Result] The results indicated that within the investigation period, the number of pests was lowest in deep ploughing with straw returning added straw-decomposing inoculants, followed by shallow tillage with straw returning and deep ploughing with straw returning, the highest in shallow tillage but not add straw returning. However, the number of spiders and natural enemies of these pests were no significant difference among the four treatments. Ratio of natural enemy to insect pests was also different among the four straw returning manners. Ratio in deep ploughing with straw returning added straw-decomposing inoculants, shallow tillage with straw returning, deep ploughing with straw returning were 1.68, 1.63 and 1.45 times as shallow tillage but not add straw returning, respectively. The number of *O. furnacalis* was lowest in deep ploughing with straw returning added straw-decomposing inoculants, decreased by (29.17±9.36) percent as shallow tillage but not add straw returning. [Conclusion] All the above results indicated that deep ploughing with straw returning added straw-decomposing inoculants could be used in straw returning technology popularizing, since it not only had significant control efficacy to pests, but also could increase the natural enemy activities of pest control.

Key words Straw returning; Tillage depth; Straw-decomposing inoculants; Maize pest; Natural enemy

农作物秸秆是农业生产过程中必然产生的副产品, 富含作物生长所需的营养物质, 同时是土壤有机物质的重要来源^[1]。秸秆还田是循环利用秸秆资源而促进农业持续发展的重要方式, 对维护和改良农业生态系统、可持续化农业生产具有重要意义^[2]。近年来, 随着农村劳动力的锐减以及农民生活方式的转变, 秸秆还田种植模式发展迅速, 因势利导地顺应形势发展, 加强秸秆还田方式研究, 是当前生产的一个重要任务。耕作深度在农业生产中具有重要作用, 不同耕作深度影响作物生长发育、产量及虫害发生^[3-4]。单一秸秆还田如覆盖免耕会出现作物播种质量及植株性状差、病虫害增加等问题^[5-8], 而秸秆还田同时深耕对作物播种影响较小, 且能减少虫害发生^[6]。秸秆腐熟剂是一种含有多种微生物菌群的有机物料, 能够促进秸秆快速降解^[9], 提高秸秆利用率, 增加土壤肥力, 促进作物生长^[10-11]。

目前, 秸秆还田研究已在缓解土壤退化^[12]、提高土壤肥力^[13]、改善土壤理化性状^[14]、提高作物产量^[15]、影响作物病害发生^[16]等方面有较多报道, 而有关秸秆还田对玉米害虫及天敌的影响研究较少。探究秸秆还田条件下, 不同耕作深度结合施用腐熟剂对农作物虫害及天敌发生的影响, 确定合理的还田耕作深度和腐熟剂施用, 对探讨适宜的秸秆还田耕作栽培方式具有重要的实际应用价值。为此, 笔者以湖北襄阳麦玉轮作系统为研究对象, 采用秸秆还田、耕作深度与施用腐熟剂相结合的模式, 分析“小麦-玉米”轮作模式下秸秆周年还田对玉米田害虫及天敌发生的影响, 以期为今后秸秆还田技术的优化和进一步推广提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料 选用“郑单 958”为种植品种, 播种行距约 60 cm, 株距 25~30 cm。玉米整个生育期不施农药, 其他田间管理同一般农田。

1.2 试验设计 试验于 2018—2019 年在湖北省襄阳市襄州区张罗岗原种场(112.22°E, 32.30°N)进行。试验设 4 个处理: 秸秆不还田+浅耕 10 cm, 秸秆还田+浅耕 10 cm, 秸秆还

基金项目 湖北省农业科学院重大研发成果培育项目(2017CGPY01); 湖北省自然科学基金项目(2018CFB335)。

作者简介 李文静(1985—), 女, 河南平舆人, 副研究员, 博士, 从事玉米害虫防治研究。*通信作者, 研究员, 博士, 从事旱地作物害虫防治研究。

收稿日期 2021-02-03

田+深耕 30 cm, 秸秆还田+深耕 30 cm+腐熟剂; 其中秸秆不还田+浅耕 10 cm 是当地常规耕作模式, 以此种植模式为对照。每处理小区重复 3 次, 每重复小区面积 200 m²。秸秆腐熟剂主要由枯草芽孢杆菌、热带假丝酵母和米曲霉等组成, 有效活菌数为 0.50 亿/g, 施用 30 kg/hm²。

玉米前茬种植小麦, 5 月下旬收获小麦, 之后将秸秆全生物量还田。人工收割小麦脱粒后将秸秆称重, 均匀分配到每个小区, 粉碎后抛撒到相应处理小区, 保证每小区秸秆总量一致, 按方案要求在相应小区施用秸秆腐熟剂, 最后浅耕/深耕、播种。

1.3 调查方法 分别于 2018 年和 2019 年夏玉米生长季开展不同小区玉米上的虫害调查。待玉米出苗后, 于玉米苗期、喇叭口期、穗期和成熟期分别展开调查。参照玉米害虫及天敌^[17-18]的调查方法, 在每个小区采取对角线 5 点取样, 每点调查 10 株。目测全株, 记录全株调查到的害虫及天敌的种类和数量。比较秸秆还田不同处理玉米整个生育期的害虫及天敌发生量差异。

1.4 数据处理 益害比: 从个体数量分析天敌的生态控害效能。其中 $N_{pi} = N_p/N_i$, N_p 与 N_i 分别代表天敌与害虫的个体数量^[19]。

试验数据采用 Excel 2013 进行统计, 运用 SPSS Statistics 25.0 软件进行方差分析和多重比较 (Duncan's 新复极差法,

$P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆还田种植模式下玉米害虫和天敌种群数量变化 综合 2 年的调查结果, 比较 4 种秸秆还田种植模式下玉米苗期、喇叭口期、抽穗期、乳熟期和完熟期害虫和天敌种群数量结果 (表 1) 发现, 秸秆不还田+浅耕对照玉米田内玉米害虫 (亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*、黏虫 *Mythimna separata*、蚜虫类、飞虱类、叶甲类、叶蝉类) 种群数量最高, 秸秆还田+浅耕、秸秆还田+深耕处理次之, 秸秆还田+深耕+腐熟剂处理最低。蜘蛛类天敌是 4 种秸秆还田种植模式下玉米田的主要天敌, 以秸秆还田+浅耕处理蜘蛛类天敌略高, 但 4 种秸秆还田处理间差异不显著 ($P > 0.05$)。在玉米不同生育期调查时发现, 玉米田内天敌 (蜘蛛类、瓢虫类、草蛉类、食蚜蝇类、捕食蝽类、寄生蜂类) 总数以秸秆不还田+浅耕对照与秸秆还田+浅耕处理略高, 其次为秸秆还田+深耕处理, 秸秆还田+深耕+腐熟剂较低, 但 4 种秸秆还田处理间差异不显著 ($P > 0.05$)。分析天敌总数与玉米害虫的益害比发现, 与秸秆不还田+浅耕的对照处理相比, 秸秆还田+深耕+腐熟剂、秸秆还田+浅耕、秸秆还田+深耕处理的益害比显著增加 ($P < 0.05$), 分别增加至对照的 1.68、1.63 和 1.45 倍。

表 1 不同秸秆还田处理下玉米害虫天敌的种群数量及益害比

Table 1 Population dynamics of maize pests, natural enemies (number/100 plants) and ratio of natural enemy to insect pests under different straw returning manners

秸秆还田处理 Straw returning manners	玉米害虫 Maize pests 头/百株	蜘蛛类 Spiders 头/百株	天敌总数 Natural enemies 头/百株	益害比 Ratio of natural enemy to insect pests // %
秸秆不还田+浅耕 Shallow tillage but not add straw returning	695.96±147.58 a	22.97±1.85 a	41.55±0.41 a	6.43±1.08 b
秸秆还田+浅耕 Shallow tillage with straw returning	390.11±4.93 ab	24.07±2.46 a	40.89±3.57 a	10.46±0.78 a
秸秆还田+深耕 Deep ploughing with straw returning	368.66±12.09 ab	23.39±2.38 a	34.56±3.76 a	9.34±0.83 a
秸秆还田+深耕+腐熟剂 Deep ploughing with straw returning added straw-decomposing inoculants	301.53±28.93 b	19.89±3.36 a	32.41±2.65 a	10.81±0.53 a

注: 同列不同小写字母表示不同秸秆还田处理间差异显著 ($P < 0.05$)

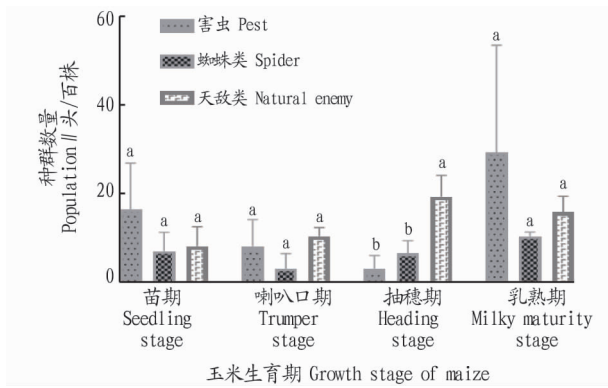
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level between different farming technologies

2.2 秸秆不还田且浅耕玉米田内害虫和天敌种群动态变化 在襄阳张罗岗原种场试验田对秸秆不还田+浅耕玉米植株上害虫及天敌的调查结果见图 1。由图 1 可知, 玉米不同生育期调查过程中, 秸秆不还田+浅耕玉米田内玉米螟、棉铃虫、蚜虫类等害虫种群数量从苗期至抽穗期呈下降趋势, 而在乳熟期害虫种群数量升高。蜘蛛类种群数量从苗期至乳熟期呈先降低后升高趋势。玉米田天敌类 (蜘蛛类、瓢虫类、草蛉类等) 种群数量从苗期至抽穗期呈一直上升趋势, 在乳熟期略有下降; 比较抽穗期调查结果发现, 玉米田天敌总数最高, 显著高于田间害虫数量 ($P < 0.05$)。

2.3 秸秆还田且浅耕玉米田内害虫和天敌种群动态变化 从图 2 可以看出, 玉米不同生育期内秸秆还田+浅耕玉米田内玉米螟、棉铃虫、蚜虫类等害虫种群数量在乳熟期较高, 在抽穗期较低。蜘蛛类天敌和田间天敌 (蜘蛛类、瓢虫类、草蛉类等) 种群数量从苗期至乳熟期呈一直上升趋势, 在

乳熟期均达到最高。玉米苗期和乳熟期调查发现, 玉米田内玉米螟、棉铃虫、蚜虫类等害虫种群总数量显著高于蜘蛛类 ($P < 0.05$)。玉米喇叭口期调查发现, 天敌总数高于害虫总数, 但未达显著差异 ($P > 0.05$)。玉米抽穗期调查发现, 玉米田内天敌总数显著高于害虫总数 ($P < 0.05$)。

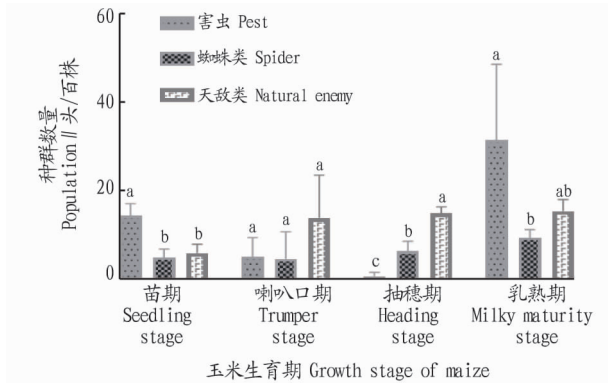
2.4 秸秆还田且深耕玉米田内害虫和天敌种群动态变化 秸秆还田且深耕处理不同玉米生育期的害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量见图 3。由图 3 可知, 秸秆还田且深耕玉米田内玉米螟、棉铃虫、蚜虫类等害虫种群数量在乳熟期最高, 其次为喇叭口期、苗期, 在抽穗期种群数量最低, 且差异显著 ($P < 0.05$)。蜘蛛类种群数量随玉米生长发育呈先上升后下降趋势, 但未达显著差异 ($P > 0.05$)。田间天敌 (蜘蛛类、瓢虫类、草蛉类等) 种群数量在抽穗期最高, 其次为喇叭口期、乳熟期, 在苗期最低 ($P < 0.05$)。玉米苗期害虫、蜘蛛与天敌类种群数量无显著差异 ($P > 0.05$); 玉米乳熟期害虫种群数量高



注:不同小写字母表示玉米同一生育期害虫、蜘蛛、天敌数量差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference within pests, spiders and natural enemies at same survey times ($P<0.05$)

图1 秸秆不还田且浅耕玉米田害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量
Fig.1 Numbers of pests, spiders and natural enemies in shallow tillage but not add straw returning maize field



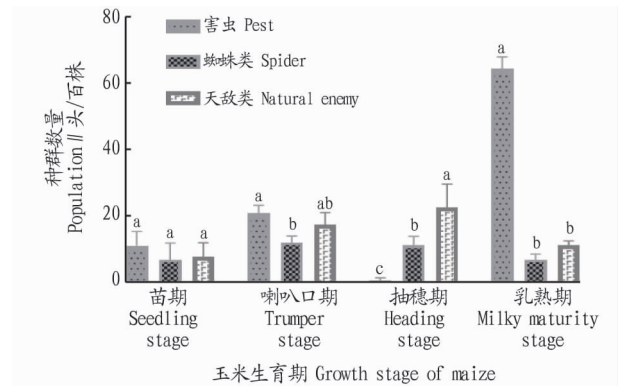
注:不同小写字母表示玉米同一生育期害虫、蜘蛛、天敌数量差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference within pests, spiders and natural enemies at same survey times ($P<0.05$)

图2 秸秆还田且浅耕玉米田害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量
Fig.2 Numbers of pests, spiders and natural enemies in shallow tillage with straw returning maize field

于蜘蛛和天敌类种群数量($P<0.05$);但在抽穗期,玉米害虫种群数量最低,显著低于蜘蛛和天敌类种群数量($P<0.05$)。

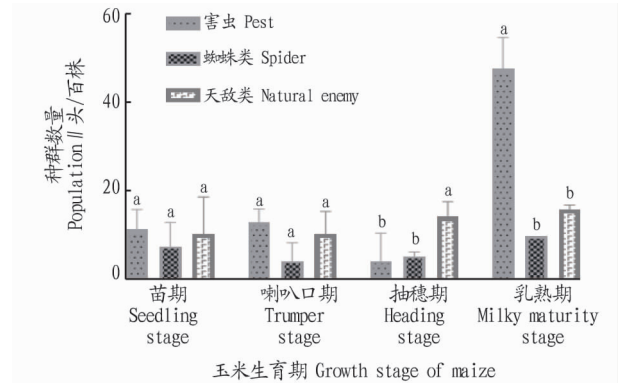
2.5 秸秆还田+深耕+施用腐熟剂玉米田内害虫和天敌种群动态变化 秸秆还田且深耕并添加腐熟剂处理玉米田调查结果见图4。由图4可知,玉米螟、棉铃虫、蚜虫类等害虫种群数量在乳熟期最高,显著高于苗期、喇叭口期和抽穗期($P<0.05$)。蜘蛛类种群数量从苗期至乳熟期呈先下降后上升趋势,但未达显著差异($P>0.05$)。田间天敌(蜘蛛类、瓢虫类、草蛉类等)种群数量从苗期至乳熟期呈上升趋势,但未达显著差异($P>0.05$)。秸秆还田且深耕并添加腐熟剂玉米田内苗期与喇叭口期害虫、蜘蛛与天敌类种群数量无显著差异($P>0.05$);在抽穗期,玉米田天敌总数显著高于害虫总数($P<0.05$);在乳熟期,玉米田害虫总数显著高于天敌种群数量($P<0.05$)。



注:不同小写字母表示玉米同一生育期害虫、蜘蛛、天敌数量差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference within pests, spiders and natural enemies at same survey times ($P<0.05$)

图3 秸秆还田且深耕玉米田害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量
Fig.3 Numbers of pests, spiders and natural enemies in deep ploughing with straw returning maize field



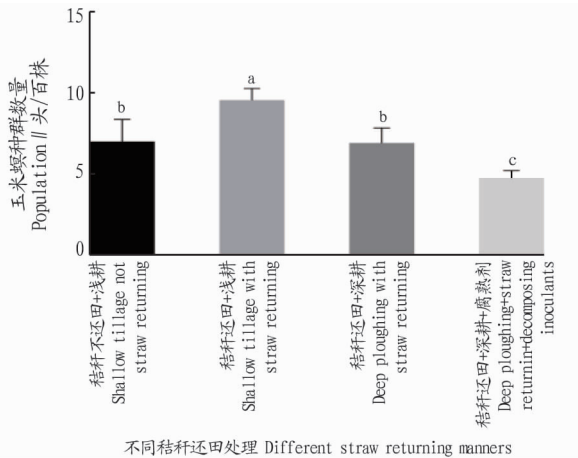
注:不同小写字母表示玉米同一生育期害虫、蜘蛛、天敌数量差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference within pests, spiders and natural enemies at same survey times ($P<0.05$)

图4 秸秆还田+深耕+腐熟剂处理玉米田害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量
Fig.4 Numbers of pests, spiders and natural enemies in deep ploughing with straw returning added straw-decomposing inoculants maize field

2.6 不同秸秆还田种植模式对玉米螟发生的影响 对不同秸秆还田处理玉米植株上玉米螟的调查结果见图5。由图5可知,不同秸秆还田种植模式下玉米螟数量差异显著($P<0.05$);以秸秆还田+深耕+腐熟剂处理玉米螟发生量最低,秸秆还田+深耕处理、秸秆不还田+浅耕处理次之,秸秆还田+浅耕处理玉米螟发生量最高。与当地常规耕作模式秸秆不还田+浅耕的对照区相比,单纯秸秆还田+浅耕模式下玉米螟发生量增加($38.73\pm 14.15\%$);而在秸秆还田同时进行深耕处理的玉米田玉米螟发生量(7.01 ± 0.92)头/百株比秸秆不还田+浅耕区(7.09 ± 1.35)头/百株略有下降;秸秆还田同时深耕且添加腐熟剂的处理与对照相比,玉米螟发生量下降

(29.17±9.36)%。这说明与秸秆不还田相比,单纯秸秆还田且浅耕会增加玉米螟的发生量,但在秸秆还田同时进行深耕可使玉米螟发生量降低至不还田的对照水平,而秸秆还田同时深耕且添加腐熟剂可使玉米螟发生量进一步降低。



注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters showed significant difference at 0.05 level

图 5 不同秸秆还田处理玉米螟发生量

Fig.5 Population of *O. furnacalis* in different straw returning treatments

3 讨论

随着气候和能源问题的加重,农业资源可持续利用已成为农业研究的重点;秸秆作为重要的农业可循环资源,对其利用的研究已受到多国专家的关注^[20]。秸秆还田是秸秆利用的主要方式,具有增加土壤中的营养元素、改善土壤肥力和理化性质、降低土壤水分蒸发等功能^[21-22]。然而传统秸秆还田方式下秸秆腐烂缓慢,且增加作物病虫害的发生^[23-25]。因此,秸秆还田应结合适宜的耕作深度、粉碎程度、秸秆腐熟剂施用等进行,以达到减少病虫害发生的目的。

目前秸秆还田结合耕作深度与施用腐熟剂对玉米田害虫及天敌发生的影响未见报道。该研究发现,秸秆还田、耕作深度与施用秸秆腐熟剂均影响害虫和天敌的发生。与秸秆不还田+浅耕对照相比,秸秆还田+浅耕、深耕、深耕且施用腐熟剂的还田模式均降低了玉米田害虫的种群数量。天敌与害虫的益害比也受秸秆还田模式的影响,与不还田对照相比,秸秆还田+浅耕、深耕、深耕且施用腐熟剂的还田模式均提高了天敌与害虫的益害比。这说明秸秆还田增加了玉米田天敌对害虫的控制能力。

秸秆还田不同处理下玉米螟的发生量以秸秆还田+深耕+腐熟剂处理最低,秸秆还田+浅耕最高。说明秸秆还田结合常规耕作使得玉米螟的发生量增加。此结果与其他秸秆还田研究结果一致,即秸秆还田可增加玉米田二点委夜蛾的发生量^[26];玉米苗期的食叶害虫发生以秸秆还田且浅耕的种植模式最高^[6]。在秸秆还田条件下,深耕比浅耕处理玉米螟发生量降低,而在深耕基础上添加腐熟剂处理更进一步降低了玉米螟的发生量。玉米螟越冬和化蛹均在作物秸秆内进

行,深耕相对于浅耕处理把秸秆翻入较深的土层,此处理可降低秸秆还田后残留在秸秆中的玉米螟活虫量,进而减少发生量;而在秸秆中添加腐熟剂处理使得秸秆的腐解速度和程度加快^[27-28],秸秆快速腐解使得秸秆中的玉米螟存活数减少,从而减少玉米出苗后的玉米螟发生量。

综合以上结果,秸秆还田结合深耕且施用腐熟剂的还田模式较适合夏玉米的种植,既降低了玉米田害虫的发生程度,又增加天敌的控害能力。耕作方式与腐熟剂影响害虫数量的原因推测:长期浅耕使得害虫基数累积,发生程度加重;且浅耕易造成土壤板结,作物生长不良,抗性下降。深耕对害虫发生的影响或由于深耕对土壤中的害虫卵、幼虫和蛹的破坏程度较大^[3],或通过调节作物生长^[28-29]间接影响害虫的发生数量。秸秆腐熟剂对害虫发生的影响可能是由于提高了秸秆的腐解速度和程度^[9,27],从而减少秸秆中存活的害虫卵、幼虫和蛹;也可能与耕作深度类似,通过调节作物生长^[30]间接影响害虫的发生数量。因此建议推广秸秆还田结合深耕且施用腐熟剂的耕作方式,既能合理利用作物秸秆,增加土壤肥力,又能有效减少玉米害虫的发生。

参考文献

- [1] ZHU H H, WU J S, HUANG D Y, et al. Improving fertility and productivity of a highly-weathered upland soil in subtropical China by incorporating rice straw [J]. Plant and soil, 2010, 331(1/2): 427-437.
- [2] 石祖梁, 邵宇航, 王飞, 等. 我国秸秆综合利用面临形势与对策研究[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(10): 30-36.
- [3] 万年峰, 季香云, 张永兴, 等. 麦秸秆还田和翻耕深度对稻飞虱和蜘蛛群落数量影响[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(4): 1052-1059.
- [4] 郑祥耕. 耕作深度与秸秆还田对土壤性状及作物生长的影响[D]. 昆明: 云南农业大学, 2017.
- [5] ARVIDSSON J, ETANA A, RYDBERG T. Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983-2012 [J]. European journal of agronomy, 2014, 52: 307-315.
- [6] 宋鹏飞, 毛培, 李鸿萍, 等. 秸秆还田对夏玉米主要害虫发生程度的影响[J]. 河南农业大学学报, 2014, 48(3): 334-338, 347.
- [7] 洪德峰, 陈红, 唐振海, 等. 不同深耕方式和秸秆还田对夏玉米植株性状及籽粒产量的影响[J]. 山东农业科学, 2015, 47(1): 26-28.
- [8] 郭静, 周可金. 麦秸还田量和还田方式对砂姜黑土地玉米播种出苗质量及光合的影响[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(5): 717-721.
- [9] 李春杰, 孙涛, 张兴义. 秸秆腐熟剂对寒地玉米秸秆降解率和土壤理化性状影响[J]. 华北农学报, 2015, 30(S1): 507-510.
- [10] 蔡立群, 牛怡, 罗珠珠, 等. 秸秆促腐还田土壤养分及微生物量的动态变化[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(9): 1047-1056.
- [11] 耿丽平, 薛培英, 刘会玲, 等. 促腐菌剂对还田小麦秸秆腐解及土壤生物学性状的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(4): 305-310.
- [12] YUAN Q, PUMP J, CONRAD R. Straw application in paddy soil enhances methane production also from other carbon sources [J]. Biogeochemistry, 2014, 11(2): 237-246.
- [13] 侯贤清, 李荣, 吴鹏年, 等. 秸秆还田配施氮肥对土壤碳氮含量与玉米生长的影响[J]. 农业机械学报, 2018, 49(9): 238-246.
- [14] 吴鹏年, 王艳丽, 侯贤清, 等. 秸秆还田配施氮肥对宁夏扬黄灌区滴灌玉米产量及土壤理化性状的影响[J]. 土壤, 2020, 52(3): 470-475.
- [15] 白伟, 安景文, 张立祯, 等. 秸秆还田配施氮肥改善土壤理化性状提高春玉米产量[J]. 农业工程学报, 2017, 33(15): 168-176.
- [16] 李洪林, 刘凤艳, 龚振平, 等. 稻秆还田对水稻主要病害发生的影响[J]. 作物研究, 2012, 26(1): 7-10.
- [17] 李敦松, 张宝鑫, 黄少华, 等. 广东省甜玉米虫害发生危害规律[J]. 植物保护学报, 2004, 31(1): 6-12.
- [18] 鲁新, 周淑香, 李丽娟, 等. 吉林省不同地区亚洲玉米螟发生世代的变化[J]. 植物保护学报, 2015, 42(6): 978-984.
- [19] 刘雨芳, 杨尚, 阳菲, 等. 生境异质度对稻田捕食性天敌及水稻害虫的生态调节有效性[J]. 昆虫学报, 2019, 62(7): 857-867.

处理; A、C 2 个处理小区产量分别为 68.25、68.12 kg, 差异不显著, 显著高于 B 处理, 极显著高于 F、CK 2 个处理; B 处理小区产量为 66.26 kg, 显著高于 F 处理, 极显著高于 CK 处理; F 处理小区产量 64.25 kg, 极显著高于 CK 处理。各处理折合产量及增产率表现为 D 处理(36 016.80 kg/hm², 增产 23.47%)>E 处理(35 096.70 kg/hm², 增产 20.31%)>A 处理(34 126.65 kg/hm², 增产 16.99%)>C 处理(34 061.70 kg/hm², 增产 16.76%)>B 处理(33 131.70 kg/hm², 增产 13.58%)>F 处理(32 126.55 kg/hm², 增产 10.13%)>CK 处理(2 9171.40 kg/hm²)。

3 结论与讨论

5 种生物杀虫剂出苗率均极显著高于 F 处理和 CK 处理, 说明施药后至出苗时, 5 种生物杀虫剂均对马铃薯金针虫有极显著的防效, 200 亿孢子/g 白僵菌微粒剂和 16 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂防效最佳, 极显著高于 0.5% 阿维菌素颗粒剂、2 亿孢子/g 金龟子绿僵菌颗粒剂、100 亿孢子/g 绿僵菌微粒剂。F 处理和 CK 处理出苗率差异不显著, 说明施药后至出苗时, 对照药剂 3% 辛硫磷颗粒剂对马铃薯金针虫无明显防效。

虽然 5 种生物杀虫剂块茎受害率均极显著低于 F 处理和 CK 处理, 保薯效果均极显著高于 F 处理和 CK 处理; 但块茎受害率均在 58% 以上, 保薯效果最高仅为 30.07%, 说明马铃薯成熟时, 5 种生物杀虫剂对金针虫的保薯效果均不理想。

5 种生物杀虫剂在施药后至出苗时对马铃薯金针虫均有良好的防效, 说明 5 种生物杀虫剂防治马铃薯金针虫见效都较快。E 处理对马铃薯金针虫的相对防效最高(44.06%), 说明马铃薯成熟时, 16 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂对马铃薯金针虫仍有较好的防效, 持效期最长; 其次是 B、C、D 3 个处理对马铃薯金针虫的相对防效均在 30% 以上, 显著高于 0.5% 阿维菌素颗粒剂(20.60%), 说明 2 亿孢子/g 金龟子绿僵菌颗粒剂、100 亿孢子/g 绿僵菌微粒剂、200 亿孢子/g 白僵菌微粒剂 3 个药剂防治马铃薯金针虫的持效期较长。

5 种生物杀虫剂小区均产均极显著高于 CK 处理, 显著高于 F 处理; 说明 5 种生物杀虫剂均有极显著的增产(保产)效果, 增产效果显著高于对照药剂 3% 辛硫磷颗粒剂。200 亿孢子/g 白僵菌微粒剂增产效果最好, 增产率 23.47%,

比对照药剂高 13.34 百分点; 其次是 16 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂, 增产率 20.31%, 比对照药剂高 10.18 百分点; 0.5% 阿维菌素颗粒剂增产率 16.99%, 比对照药剂高 6.86 百分点; 100 亿孢子/g 绿僵菌微粒剂增产率 16.76%, 比对照药剂高 6.63 百分点; 2 亿孢子/g 金龟子绿僵菌颗粒剂增产率 13.58%, 比对照药剂高 3.45 百分点。

综上所述, 该试验中, 防治马铃薯金针虫综合效果最好的是 16 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂, 见效快且持效期长, 最适合马铃薯金针虫生物防治; 其次是 200 亿孢子/g 白僵菌微粒剂, 保薯效果 20% 以上, 相对防效 30% 以上; 再次是 2 亿孢子/g 金龟子绿僵菌颗粒剂、100 亿孢子/g 绿僵菌微粒剂, 保薯效果 12% 以上, 相对防效 30% 以上。5 种生物杀虫剂在前期对马铃薯金针虫均有极显著的防效, 但马铃薯成熟时, 保薯效果最高仅为 30.07%, 相对防效除 16 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂超过 40% 外, 其余 4 个处理相对防效均不理想, 增加施药次数能否提高保薯效果和对金针虫的相对防效值得进一步研究。

参考文献

- [1] 潘毅斌, 周平. 丽江市古城区马铃薯生产现状与发展对策[J]. 河南农业, 2017(8): 18, 25.
- [2] 王勇, 王元中, 李玉英, 等. 玉龙县马铃薯绿色增产技术研究[J]. 云南农业科技, 2020(3): 11-12.
- [3] 谢秋兰, 马卫霞. 丽江市绿色高质高效创建及发展建议[J]. 云南农业, 2020(5): 24-25.
- [4] 徐进, 朱杰华, 杨艳丽, 等. 中国马铃薯病虫害发生情况与农药使用现状[J]. 中国农业科学, 2019, 52(16): 2800-2808.
- [5] 马中正, 任彬元, 赵中华, 等. 近年我国马铃薯四大产区病虫害发生及防控情况的比较分析[J]. 植物保护学报, 2020, 47(3): 463-470.
- [6] 韩冰, 王宏栋, 韩双, 等. 4 种药剂防治马铃薯地下害虫田间药效试验[J]. 河北农业科学, 2020, 24(4): 40-42, 66.
- [7] 张微微. 不同药剂对马铃薯主要病害及地下害虫的防治效果研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018.
- [8] 张华普, 张丽荣, 郭成瑾, 等. 马铃薯地下害虫研究现状[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(2): 595-596, 651.
- [9] 闫贵欣. 对金龟甲科、叶甲科害虫高毒力苏云金芽胞杆菌杀虫基因及工程菌的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [10] 谢宁, 王中康, 张建伟, 等. 绿僵菌 CQMa128 乳粉剂对蚜蟥时间-剂量-死亡率模型分析[J]. 中国生物防治, 2010, 26(4): 436-441.
- [11] 刘思雨, 卢艳霞, 王新中, 等. 金龟子绿僵菌 MAE921 与 Bt 配伍对铜绿丽金龟幼虫侵染致病效应研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(2): 226-232.
- [12] 蒲蛰龙, 李增智. 昆虫真菌学[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1996.
- [13] 徐四琼, 孙倩, 曾德亮. 白僵菌研究与应用的现状及展望[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(S1): 71-72.
- [14] 玉米纹枯病的影响[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 160-164, 169.
- [15] 陈立涛, 李秀芹, 曹烁, 等. 播种行旋耕播种对玉米二点委夜蛾的控制效果[J]. 河北农业科学, 2016, 20(5): 18-20.
- [16] 李丽莉, 赵楠, 石洁, 等. 秸秆还田与药剂处理对夏玉米二点委夜蛾发生数量的影响[J]. 山东农业科学, 2012, 44(9): 95-97.
- [17] 胡诚, 陈云峰, 乔艳, 等. 秸秆还田配施腐熟剂对低产黄泥田的改良作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1): 59-66.
- [18] 蒋亚琴, 司学刚, 张运栋, 等. 3 种秸秆腐熟剂的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(16): 90-92.
- [19] 隋凯强, 付丽亚, 韩伟, 等. 不同耕作深度下调控水肥对玉米生长状况的影响[J]. 华北农学报, 2018, 33(6): 212-218.
- [20] 冷麟良. 秸秆喷施快速腐熟剂后还田对玉米生长及产量的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2012.
- [21] TIAN Y Q, WANG Q, ZHANG W H, et al. Reducing environmental risk of excessively fertilized soils and improving cucumber growth by Caragana microphylla-straw compost application in long-term continuous cropping systems[J]. Science of the total environment, 2016, 544: 251-261.
- [22] ZHANG P, CHEN X, WEI T, et al. Effects of straw incorporation on the soil nutrient contents, enzyme activities, and crop yield in a semiarid region of China[J]. Soil and tillage research, 2016, 160: 65-72.
- [23] 邹文秀, 陆欣春, 韩晓增, 等. 耕作深度及秸秆还田对农田黑土土壤供水能力及作物产量的影响[J]. 土壤与作物, 2016, 5(3): 141-149.
- [24] 罗冰, 罗川霞, 刘赤萍. 秸秆还田对水稻病虫害及产量影响分析[J]. 种子科技, 2019, 37(14): 17-18.
- [25] 王汉朋, 景殿玺, 周如军, 等. 玉米秸秆还田量对土壤性质、秸秆腐解及

(上接第 169 页)