

麦秸秆还田和翻耕深度对稻飞虱和蜘蛛群落数量影响*

万年峰** 季香云 张永兴 蒋杰贤***

(上海市农业科学院生态环境保护研究所, 上海 201403)

摘 要 【目的】探讨麦秸秆还田和翻耕深度控制稻飞虱效果及对蜘蛛群落数量的影响。【方法】以“麦秸秆返还稻田+稻田深翻耕 20 cm”、“麦秸秆返还稻田+稻田浅翻耕 10 cm”、“麦秸秆不返还稻田+稻田深翻耕 20 cm”为处理,以种植者常规种植模式“麦秸秆不返还稻田+浅翻耕 10 cm”为对照,对各处理区和对照区稻田稻飞虱成若虫、蜘蛛数量进行系统调查和分析。【结果】在调查期内(7—10月),上述3个处理区稻田百丛稻株稻飞虱数量分别为(17.7±3.5)头、(18.1±3.7)头、(21.0±4.0)头,较对照区分别减少25.6%、24.0%、11.8%;无论麦秸秆是否还田,翻耕深度对稻田蜘蛛及稻飞虱数量均无显著影响;“翻耕 20 cm+麦秸秆还田”和“翻耕 10 cm+麦秸秆还田”处理区稻田蜘蛛数量及其蜘蛛与稻飞虱数量比值均显著高于麦秸秆不还田区。【结论】本文揭示了麦秸秆还田能显著增强蜘蛛控制稻飞虱能力,可为秸秆还田的生态学效应研究提供理论依据。

关键词 麦秸秆还田, 稻飞虱, 蜘蛛, 翻耕

Effects of adding wheat stalks and depth of ploughing on numbers of rice planthoppers and spider communities in rice fields

WAN Nian-Feng** JI Xiang-Yun ZHANG Yong-Xing JIANG Jie-Xian***

(Ecological Environment Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agriculture Sciences, Shanghai 201403, China)

Abstract [Objectives] To determine the effects of adding wheat stalks and depth of ploughing on numbers of rice planthoppers and spiders in rice fields. [Methods] We compared the effect of three treatments; “deep ploughing (20 cm) + wheat stalks”, “shallow ploughing (10 cm) + wheat stalks”, “deep ploughing (20 cm)” plus a control; “shallow ploughing (10 cm)”, on numbers of rice planthopper adults and nymphs as well as the number of spiders. [Results] Within the investigation period (July to October), the numbers of rice planthoppers per 100 rice plants in each of the above three treatments were (17.7±3.5), (18.1±3.7) and (21.0±4.0), respectively, which were 25.6%, 23.95% and 11.76% less than the control, respectively. Adding wheat stalks and depth of ploughing had no significant effect on the number of spiders or the control of rice planthoppers by spiders, but the number of spiders and the ratio of the number of spiders to rice hoppers were both significantly higher in the treatments in which wheat stalks were added to rice fields than in those in which they were not. [Conclusion] Returning wheat stalks to rice fields can significantly enhance the biological control of planthoppers by spiders in rice fields.

Key words returning wheat stalk into rice field, rice planthopper, spider, plough

* 资助项目: 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字(2011)第6-2号、沪农科转字(2012)第1-2号)

**E-mail: nfwan@hotmail.com

***通讯作者, E-mail: jiangjiexian@163.com

收稿日期: 2013-10-20, 接受日期: 2014-03-19

我国秸秆资源丰富, 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, 其对维持农业生态系统平衡具有重要意义。目前, 秸秆还田在改良土壤理化性状(汪金舫等, 2006; Conrad *et al.*, 2012; Yuan *et al.*, 2014)、提高土壤肥力(Han and He, 2006; Huang *et al.*, 2012; 胡宏祥等, 2012)、提升土壤生物活性(Powlson *et al.*, 1987; 胡诚等, 2006; Dunford and Edwards, 2010)、控制土壤污染(叶常明等, 2001; Schnitzler *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2011)、增加作物产量(曾木祥和张玉洁, 1997; Malhi *et al.*, 2011; 胡茂辉和张海清, 2012)、影响农田病虫害(刘凤艳等, 2010; 李洪林等, 2012)等方面均有较详实报道, 而有关秸秆还田对稻田稻飞虱及其主要捕食性天敌蜘蛛的影响鲜见报道。翻耕深度在耕作模式中具有重要作用, 不同耕作深度影响作物生长发育、产量及水分生产效率(祝宗美, 2012), 然而, 有关翻耕深度对稻田害虫及天敌数量的影响鲜见报道。为此, 本研究以上海崇明生态岛稻麦轮作系统为研究对象, 分析“小麦-水稻”轮作模式下麦秸秆还田和翻耕深度控制稻田稻飞虱效果及对稻田捕食性天敌蜘蛛群落数量影响, 以期对秸秆还田控害提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

试验在上海市崇明县三星镇长江农场(31.74°N, 121.29°E)进行。稻田地处长江入海口, 海拔 4.2 m, 属于北亚热带东亚季风盛行地区。水稻品种“花优 14”(上海市农业科学院作物栽培研究所提供)。试验设“麦秸秆返还稻田+稻田深翻耕 20 cm”、“麦秸秆返还稻田+稻田浅翻耕 10 cm”、“麦秸秆不返还稻田+稻田深翻耕 20 cm”3 个处理区, 另设“麦秸秆不返还稻田+浅翻耕 10 cm”为对照区。水稻前茬种植小麦, 6 月上旬收获小麦时将其秸秆全生物量还田, 用收割机将麦秸秆粉碎成约 10 cm 小段均匀抛撒于地表, 随即耕翻入土, 翻耕后使土壤

处于水旱交替状态, 麦秸秆在土壤里发酵至 6 月下旬移栽水稻。浅翻耕用 25 马力拖拉机牵引旋耕机旋耕两遍(生产上常见翻耕模式), 而深翻耕用 75 马力履带式拖拉机牵引五铧犁耕作。处理和对照各重复 4 次, 随机区组排列, 每块田面积约 0.4 hm²。每块稻田农事操作相同, 农药用量、种类及施药时间一致, 杀虫剂主要有氯虫苯甲酰胺悬浮剂、茚虫威乳油、阿维·毒死蜱乳油、吡蚜酮可湿性粉剂、噻嗪酮可湿性粉剂。

1.2 调查方法

参照黄德超等(2005)和钟平生等(2008)的调查方法, 每块稻田采用平行跳跃式取样, 每次选取 10 点, 每点调查稻丛 10 丛。采用目测结合盆拍的方法, 系统调查稻飞虱(灰飞虱 *Laodelphgax striatellus*、白背飞虱 *Sogatella furcifera* 和褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 的成虫和若虫)以及主要捕食性天敌蜘蛛的种类和数量。水稻移栽 10 d 后开始调查, 每 10 d 左右调查 1 次, 调查时间为 2012 年 7 月初至 10 月上旬, 共调查 10 次。每块稻田农事操作相同。

1.3 数据处理

本试验数据用 Microsoft Excel 和 SPSS16.0 软件进行统计分析和 Duncan's 新复极差测验法。

2 结果与分析

2.1 麦秸秆还田和翻耕深度对稻飞虱的控制效果

2.1.1 对稻田稻飞虱数量的影响 由图 1 可知, 麦秸秆还田和翻耕深度对稻田稻飞虱发生数量有显著影响。经统计分析, “翻耕 20 cm+麦秸秆还田”、“翻耕 20 cm+麦秸秆不还田”、“翻耕 10 cm+麦秸秆还田”稻田百丛稻株稻飞虱数量分别为(17.7±3.5)头、(21.0±4.0)头、(18.1±3.7)头, 较对照区(“翻耕 10 cm+麦秸秆不还田”)稻田分别减少了 25.6%、11.8%、24.0%, 表明麦秸秆还田和深翻耕能够较好地控制稻田稻飞虱数量。

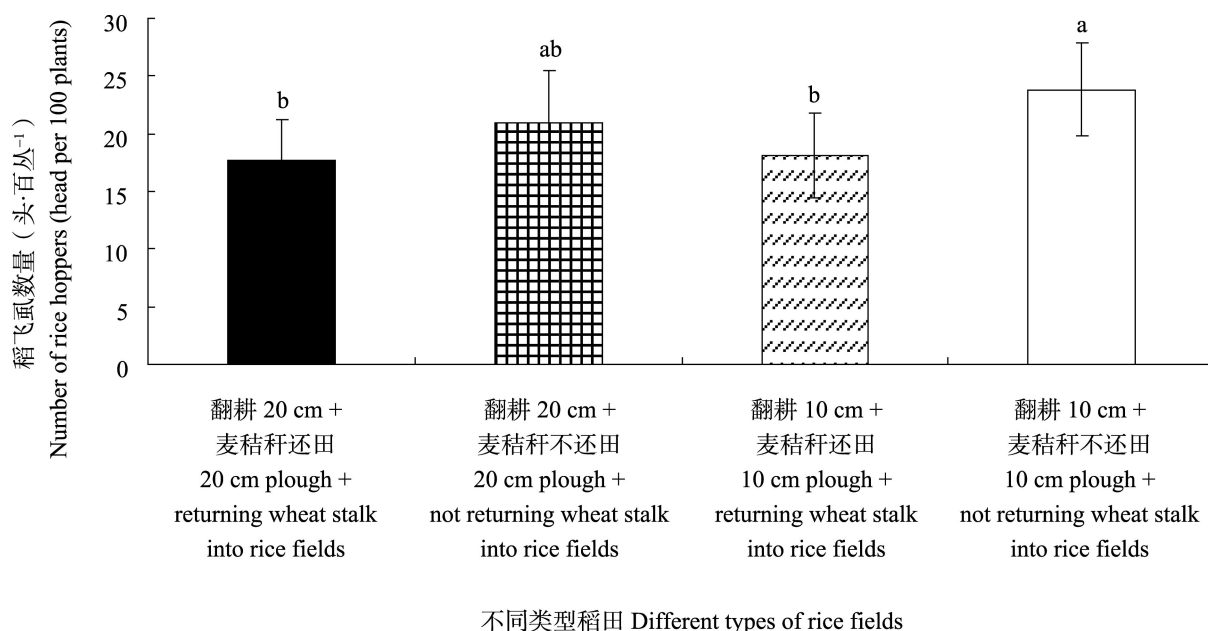


图 1 不同类型稻田稻飞虱数量比较

Fig. 1 Comparison of the number of rice hopper community in different rice fields

图中的数据为 10 次调查数据平均值；柱上标有不同小写字母表示在 5% 水平上差异显著。下图同。

Data in the figure are average values of 10 sampling times; different small letters above the bars indicate the significant difference at 0.05 level. The same below.

2.1.2 对稻田稻飞虱数量动态变化的影响 由图 2 可知，无论在深翻耕还是浅翻耕稻田，麦秸秆还田后稻田稻飞虱数量都始终小于不还田稻田，表明麦秸秆还田有利于持续控制稻飞虱数量。在麦秸秆还田稻田，翻耕 20 cm 处理区稻田稻飞虱数量在 8 月下旬明显低于而在 10 月上旬明显高于翻耕 10 cm 处理区，而在其他时间内无明显差异。在无麦秸秆还田稻田，翻耕 20 cm 处理区稻田稻飞虱数量始终低于翻耕 10 cm 处理区，可见深翻耕有利于持续控制稻飞虱数量。

从图 2 可见，稻田稻飞虱数量均出现 3 个时间序列上同步的高峰。7 月 13 日因白背飞虱迁入高峰和灰飞虱发生高峰，对照区（翻耕 10 cm+麦秸秆不还田）稻田百丛稻株稻飞虱数量最高值为 19 头，而“翻耕 20 cm+麦秸秆还田”、“翻耕 20 cm+麦秸秆不还田”和“翻耕 10 cm+麦秸秆还田”处理区较对照区分别减少了 31.6%、15.8%、21.1%。8 月 27 日因褐飞虱出现高峰，对照区稻田百丛稻株稻飞虱数量最高值为 38 头，而“翻耕 20 cm+麦秸秆还田”、“翻耕 20 cm+

麦秸秆不还田”和“翻耕 10 cm+麦秸秆还田”处理区稻田稻飞虱数量最高值较对照区分别减少了 23.7%、13.2%、5.3%。第 3 次因褐飞虱和灰飞虱出现高峰，10 月 8 日“翻耕 20 cm+麦秸秆还田”、“翻耕 20 cm+麦秸秆不还田”和“翻耕 10 cm+麦秸秆还田”处理区稻田百丛稻株稻飞虱数量分别较对照区减少了 11.1%、6.7%、24.4%。

2.2 麦秸秆还田和翻耕深度对捕食性天敌蜘蛛的影响

2.2.1 对稻田蜘蛛群落数量的影响 由图 3 可知，无论麦秸秆是否还田，翻耕深度对稻田蜘蛛数量均无显著影响。然而，“翻耕 20 cm+麦秸秆还田”和“翻耕 10 cm+麦秸秆还田”处理区稻田蜘蛛群落数量均显著高于两个麦秸秆不还田区，这表明麦秸秆还田能显著增加稻田蜘蛛数量。

2.2.2 对稻田蜘蛛群落数量动态变化的影响 由图 4 可知，7 月初至 10 月上旬，两个麦秸秆还田处理区稻田蜘蛛群落数量一直大于另外两个非秸秆还田稻田，但无论麦秸秆是否还田，深翻

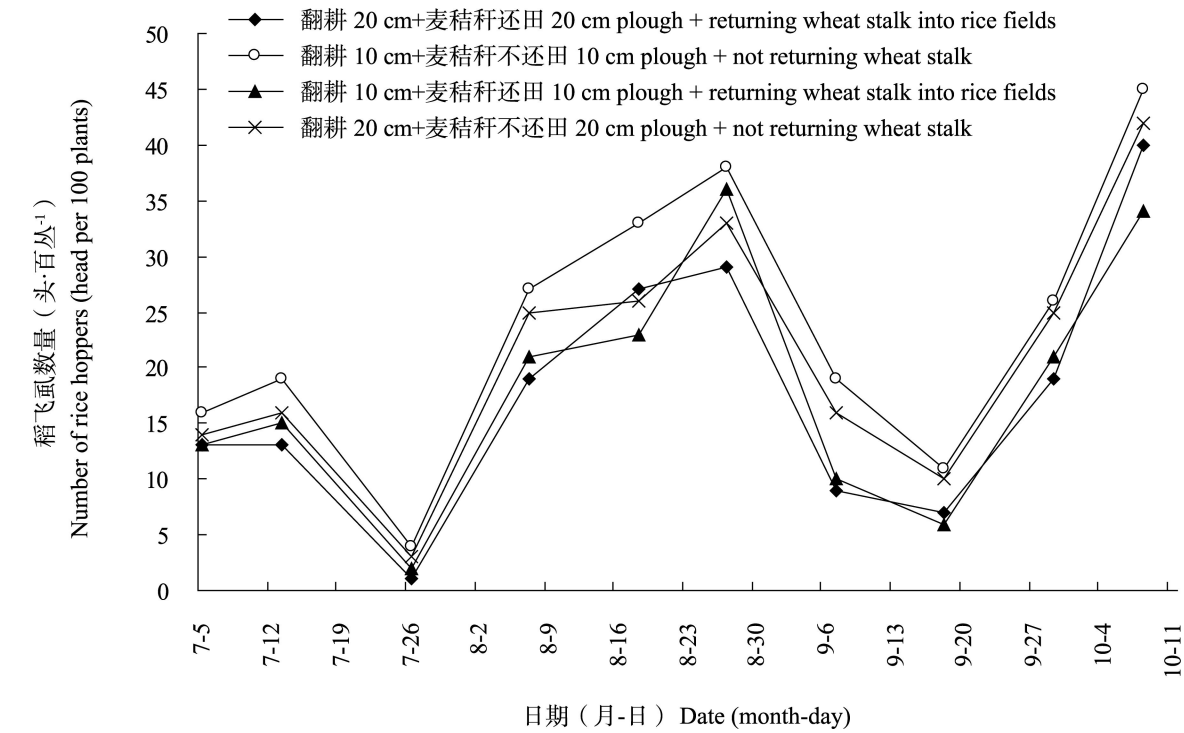


图 2 不同类型稻田稻飞虱数量动态
Fig. 2 Dynamics of number of rice hopper community in different rice fields

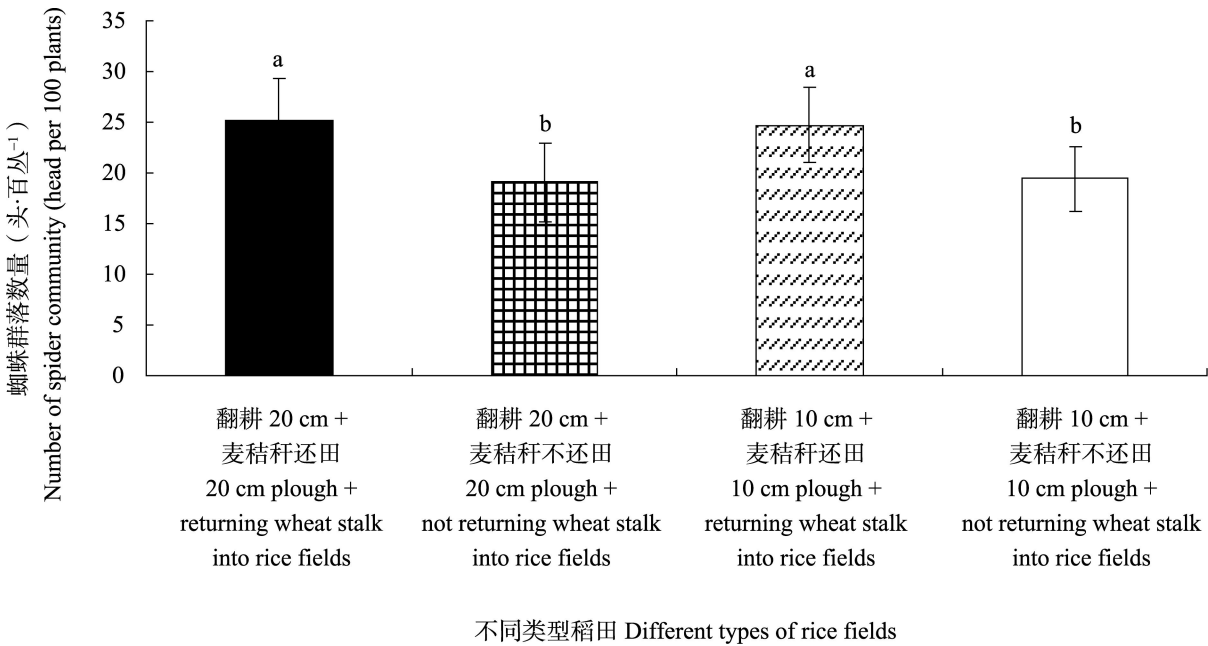


图 3 不同类型稻田蜘蛛群落数量比较
Fig. 3 Comparison of the number of spider community in different rice fields

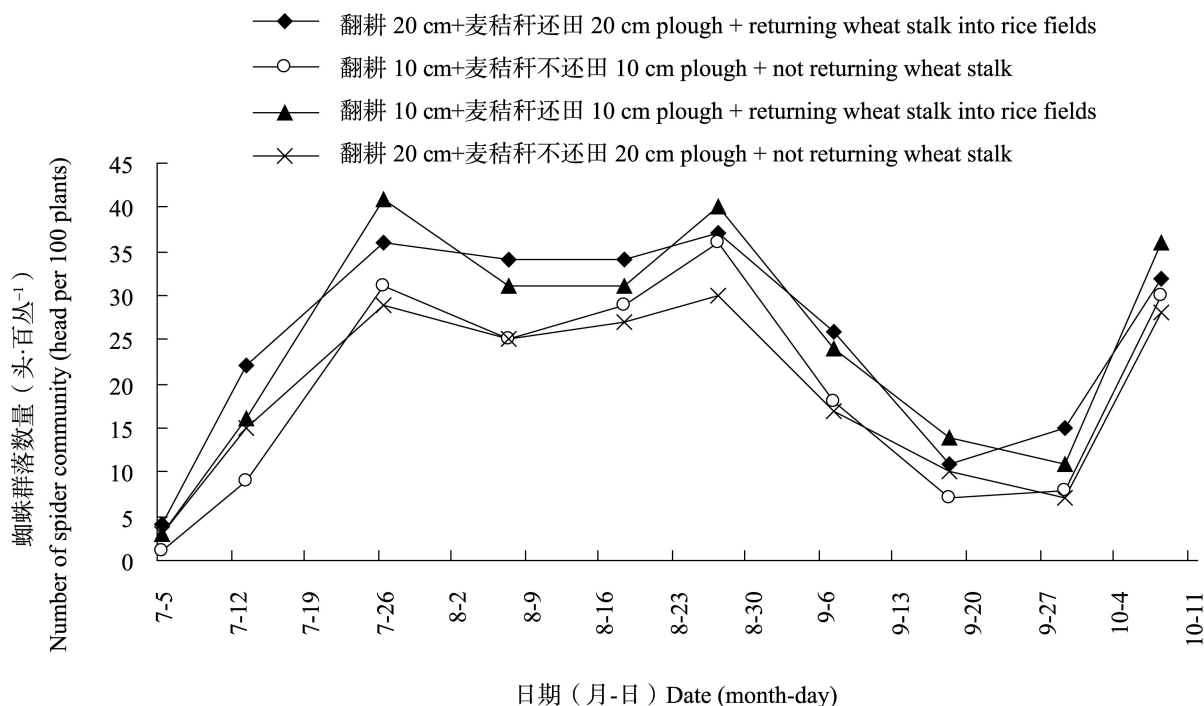


图 4 不同类型稻田蜘蛛群落数量动态
Fig. 4 Dynamics of number of spider community in different rice fields

耕处理区与浅翻耕处理区稻田蜘蛛群落数量始终比较接近。麦秸秆还田后,稻田蜘蛛数量一直比较庞大,3个明显的高峰分别在7月26日、8月27日和10月8日。

4种类型稻田天敌优势功能类群均为狼蛛 Lycosid、微蛛 Micryphantid、肖蛸蛛 Tetragnathid 和球腹蛛 Theridiidae,其对稻飞虱均有较强的捕食作用。水稻秧田期灰飞虱数量比较大,4种类型稻田蜘蛛均以微蛛和狼蛛为主,占蜘蛛总数的70%以上。水稻返青分蘖期,非秸秆还田稻田以狼蛛为主,而秸秆还田稻田狼蛛和肖蛸蛛数量都很庞大。随着水稻生育期推移,狼蛛和微蛛类群在稻田中密度逐渐增大,在水稻生长中后期对稻飞虱的捕食能力更强。

2.3 麦秸秆还田和翻耕深度对蜘蛛控制稻飞虱数量的影响

2.3.1 对蜘蛛与稻飞虱数量比的影响 由图5可知,无论麦秸秆是否还田,翻耕深度对稻田蜘蛛控制稻飞虱数量均无显著影响。然而,麦秸秆还田能显著增强蜘蛛控制稻飞虱能力,“翻耕 20

cm+麦秸秆还田”和“翻耕 10 cm+麦秸秆还田”处理区稻田蜘蛛群落数量比值均显著高于两个麦秸秆不还田区。

2.3.2 对蜘蛛与稻飞虱数量比动态变化的影响 由图6可知,在水稻生育期内,无论麦秸秆是否还田,深翻耕处理区与浅翻耕处理区稻田蜘蛛与稻飞虱数量比值始终比较接近,但两个麦秸秆还田处理区蜘蛛与稻飞虱数量比值一直大于另外两个非秸秆还田区,可见麦秸秆还田后明显增强了蜘蛛控制稻飞虱的效果。7月下旬稻飞虱数量较低,致使蜘蛛与稻飞虱数量比值较高,随着稻田蜘蛛数量逐渐增大,蜘蛛对稻飞虱的控制效果在水稻生长中后期更加明显。

3 讨论

秸秆还田是保护性耕作的主要内容,大量消化秸秆可以避免焚烧造成的环境污染和资源浪费,实现农业可持续发展。刘凤艳等(2010)和李洪林等(2012)认为稻秸秆上残存和越冬菌源致使秸秆还田的老稻田稻瘟病、鞘腐病、纹枯病

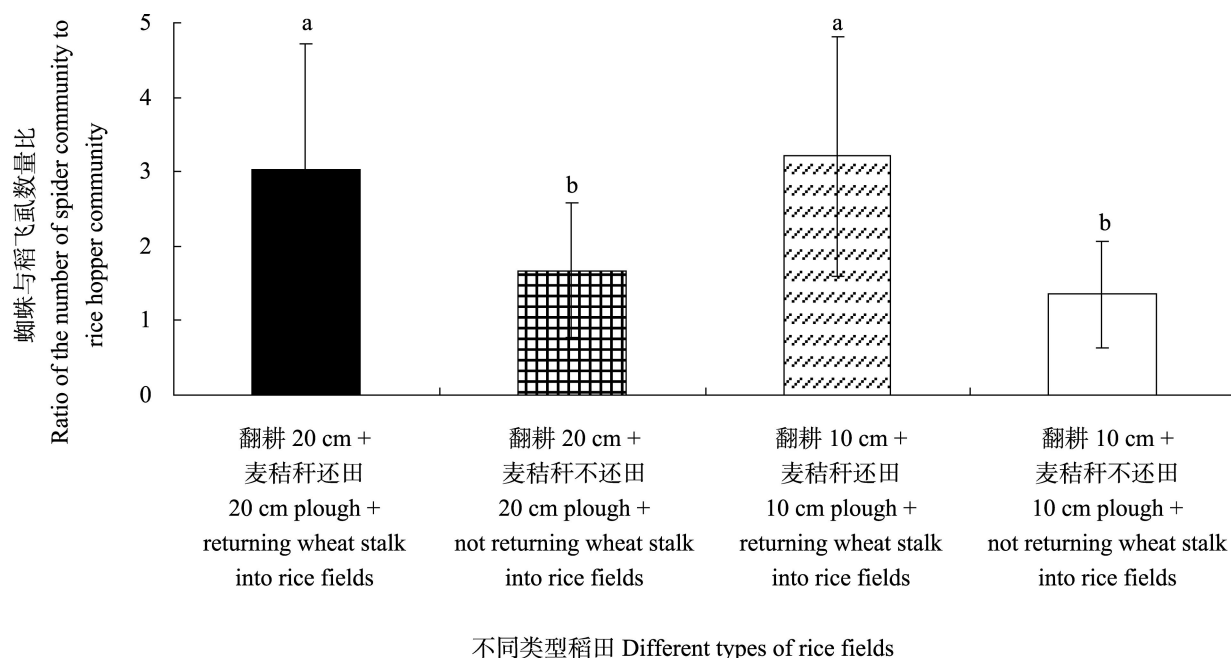


图 5 不同类型稻田蜘蛛与稻飞虱群落数量比值比较

Fig. 5 Comparison of the ratio of the number of spider community to rice hopper community in different rice fields

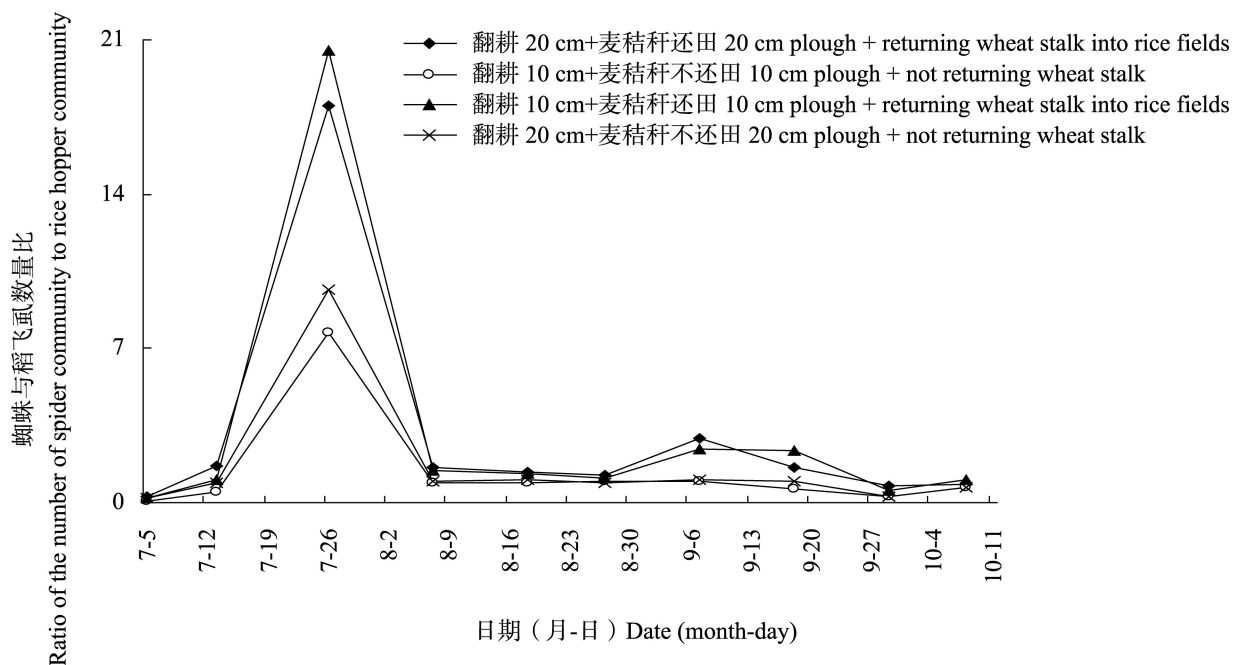


图 6 不同类型稻田蜘蛛与稻飞虱群落数量比值动态

Fig. 6 Dynamics of the ratio of the number of spider community to rice hopper community in different rice fields

的病情指数明显高于非秸秆还田稻田,而毕传跃 (2012) 认为稻秸秆还田对潜叶蝇、负泥虫影响不明显。然而,麦秸秆还田对稻田害虫及天敌群

落的影响未见报道。本研究表明,麦秸秆还田后稻田稻飞虱群落数量明显下降,这可能是由于麦秸秆还田增加了稻田蜘蛛群落数量,进而增强了

其捕食稻飞虱的能力。

已有研究表明,耕作深度影响土壤水分、作物生长状况(孙仕军等, 2010)。然而,其对昆虫的影响机制可能是由于不同的翻耕深度对生活(包括越冬、栖息、繁衍等方式)在土壤中的害虫及天敌(包括卵、幼虫、蛹和成若虫的各种状态)的破坏程度不同。本研究表明,在秸秆还田或不还田一致的条件下,翻耕深度对稻田稻飞虱数量无显著影响,这可能是由于灰飞虱主要在稻田田埂杂草上越冬。同时,翻耕深度对稻田蜘蛛群落数量也无显著影响。

麦秸秆上残存的害虫种类与稻田不同,可能不会加重稻田害虫危害,而麦秸秆还田后显著增加了蜘蛛群落数量,这可能源于两方面原因:一是还田稻田麦秸秆上的蜘蛛在经粉碎干扰时会暂时迁移到田埂周边的杂草上,待还田后再迁回稻田,而麦秸秆不还田稻田的麦秆上的蜘蛛可能随麦秸秆外运而带出稻田;二是麦秸秆还田稻田在水稻移栽前期浮游生物数量庞大,为中性昆虫提供了充足的食饵,而数量扩增的中性昆虫也促进了稻田蜘蛛等捕食性天敌群落的建立及增长。

本研究表明,秸秆还田和深翻耕的联合作用对稻田稻飞虱和蜘蛛的数量也有一定影响,较浅翻耕麦秸秆不还田稻田,深翻耕麦秸秆还田稻田稻飞虱数量下降了 25.6%而蜘蛛数量上升了 21.6%,麦秸秆还田后水稻亩产为 581.8~607.6 kg,较不还田稻田增加 2.9%~4.7%。本文只进行了麦秸秆还田和翻耕深度对稻田稻飞虱和蜘蛛群落数量影响的初步研究,在以后的工作中,还需在长期定位试验的基础上,开展秸秆还田和翻耕深度影响农田生态系统节肢动物群落结构组成、多样性和稳定性的机制研究。

参考文献 (References)

- Conrad R, Klose M, Yuan Q, Lu Y, Chidthaisong A, 2012. Stable carbon isotope fractionation, carbon flux partitioning and priming effects in anoxic soils during methanogenic degradation of straw and soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 49(6): 193–199.
- Dunford NT, Edwards J, 2010. Nutritional bioactive components of wheat straw as affected by genotype and environment. *Bioresource Technol.*, 101(1): 422–425.
- Han W, He M, 2006. The application of exogenous cellulase to improve soil fertility and plant growth due to acceleration of straw decomposition. *Bioresource Technol.*, 101(10): 3724–3731.
- Huang W, Bai Z, Hoefel D, Hu Q, Lv X, Zhuang G, Xu S, Qi H, Zhang H, 2012. Effects of cotton straw amendment on soil fertility and microbial communities. *Front. Environmen. Sci. En.*, 6(3): 336–349.
- Malhi SS, Nyborg M, Solberg ED, Dyck MF, Puurveen D, 2011. Improving crop yield and N uptake with long-term straw retention in two contrasting soil types. *Field Crop. Res.*, 124(3): 378–391.
- Powlson DS, Brookes PC, Christensen BT, 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.*, 19(2): 159–164.
- Schnitzler F, Lavorenti A, Berns AE, Drewes N, Vereecken H, Burauel P, 2007. The influence of maize residues on the mobility and binding of benazolin: investigating physically extracted soil fractions. *Environ. Pollut.*, 147(1): 4–13.
- Yuan Q, Pump J, Conrad R, 2014. Straw application in paddy soil enhances methane production also from other carbon sources. *Biogeosciences*, 11(2): 237–246.
- Zhang T, Huang J, Deng S, Yu G, 2011. Influence of pesticides contamination on the emission of PCDD/PCDF to the land from open burning of corn straws. *Environ. Pollut.*, 159: 1744–1748.
- 毕传跃, 2012. 秸秆还田对水稻病虫害发生影响的研究. 现代化农业, 16(4): 11–12. [Bi CY, 2012. Research on effect of straws back into field on pests and diseases and Yield. *Modern Agriculture*, 16(4): 11–12]
- 胡诚, 曹志平, 叶钟年, 吴文良, 2006. 不同的土壤培肥措施对低肥力农田土壤微生物生物量碳的影响. 生态学报, 26(3): 808–814. [Hu C, Cao ZP, Ye ZN, Wu WL, 2006. Impact of soil fertility maintaining practice on soil microbial biomass carbon in low production agro-ecosystem in northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 26(3): 808–814.]
- 胡宏祥, 程燕, 马友华, 于学胜, 项金霞, 2012. 油菜秸秆还田腐解变化特征及其培肥土壤的作用. 中国生态农业学报, 20(3): 297–302. [Hu HX, Cheng Y, Ma YH, Yu XS, Xiang JX, 2012. Decomposition characteristics of returned rapeseed straw in soil and effects on soil fertility. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 20(3): 297–302.]
- 胡茂辉, 张海清, 2012. 不同种植模式下秸秆还田对水稻生长发

Stable carbon isotope fractionation, carbon flux partitioning and priming effects in anoxic soils during methanogenic degradation of straw and soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 49(6):

- 育和产量的影响. 江西农业学报, 24(3): 61-63. [Hu MH, Zhang HQ, 2012. Effects of straw-returning on growth and yield of rice cultivated by different modes. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 24(3): 61-63.]
- 黄德超, 曾玲, 梁广文, 陈忠南, 2005. 不同耕种稻田害虫及天敌的种群动态. 应用生态学报, 16(11): 2122-2125. [Huang DC, Zeng L, Liang GW, Chen ZN, 2005. Population dynamics of pests and their enemies in different cultivated rice fields. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 16(11): 2122-2125.]
- 李洪林, 刘凤艳, 龚振平, 靳学慧, 黄世文, 2012. 稻秆还田对水稻主要病害发生的影响. 作物研究, 26(1): 7-10. [Li HL, Liu FY, Gong ZP, Jin XH, Huang SW, 2012. Effect of straw return back to paddy field on occurrence of rice major diseases. *Crop Research*, 26(1): 7-10.]
- 刘凤艳, 龚振平, 马先树, 贾乃九, 2010. 秸秆还田对水稻病虫害发生的影响. 黑龙江农业科学, 12(8): 75-78. [Liu FY, Gong ZP, Ma XS, Jia NJ, 2010. Effect of rice stalks back to field on the occurrence of disease. *Heilongjiang Agricultural Science*, 12(8): 75-78.]
- 孙仕军, 闫瀛, 张旭东, 王铁良, 王殿武, 2010. 不同耕作深度对玉米田间土壤水分和生长状况的影响. 沈阳农业大学学报, 41(4): 458-462. [Sun SJ, Yan Y, Zhang XD, Wang TL, Wang DW, 2010. Effect of plowing depth on soil moisture and plant growth status in maize field. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 41(4): 458-462.]
- 汪金舫, 刘月娟, 李本银, 2006. 秸秆还田对砂姜黑土理化性质与锰、锌、铜有效性的影响. 中国生态农业学报, 14(3): 49-51. [Wang JF, Liu YJ, Li BY, 2006. Effects of returning crop straw into vertisol on the physical and chemical properties and availability of manganese, zinc, copper. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 14(3): 49-51.]
- 叶常明, 郑和辉, 王杏君, 雷志芳, 2001. 作物植株残体还田土壤对除草剂的截留作用. 环境科学学报, 21(3): 354-357. [Ye CM, Zheng HH, Wang XJ, Lei ZF, 2001. Interception of herbicides by soil within crop plant residues. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 21(3): 354-357.]
- 曾木祥, 张玉洁, 1997. 秸秆还田对农田生态环境的影响. 农业环境与发展, 1(1): 1-7. [Zeng MX, Zhang YJ, 1997. Effects of returning straws into field on farmland eco-environment. *Agro-environment and development*, 1(1): 1-7]
- 钟平生, 梁广文, 曾玲, 2008. 有机稻田白背飞虱种群动态及其天敌作用. 植物保护学报, 35(4): 351-355. [Zhong PS, Liang GW, Zeng L, 2008. The population dynamics of white back planthopper, *sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera: Delphacidae) and effects of the natural enemies in organic rice fields. *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(4): 351-355.]
- 祝宗美, 2012. 不同耕作深度对小麦生长发育、产量及水分生产效率的影响. 山东农业科学, 44(7): 48-49 [Zhu ZM, 2012. The effects of different depth on development, yield and production rate of wheat. *Shandong Agricultural Sciences*, 44(7): 48-49].