

梨园间作绿肥作物对主要害虫及天敌种群动态的影响*

冉红凡^{1**} 牛一平¹ 马爱红^{1***} 李建成¹ 刘忠宽² 冯伟^{2***}

(1. 河北省农林科学院植物保护研究所, 农业农村部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 河北省农业有害生物综合防治技术创新中心, 河北省作物有害生物综合防治国际科技联合研究中心, 保定 071000;

2. 河北省农林科学院资源环境研究所, 河北省肥料技术创新中心, 石家庄 050051)

摘要 【目的】明确种植不同绿肥作物种类对华北平原梨园害虫梨小食心虫 *Grophalita molesta*、苹小卷叶蛾 *Adoxophyes orana*、绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 以及天敌昆虫食蚜蝇、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、草蛉和姬蜂等的消长动态影响。【方法】2019-2020 年对河北省晋州市梨园二月兰、披碱草、毛叶苕子、自然生草和清耕 5 种处理模式下主要害虫及天敌消长动态进行调查研究。【结果】梨树行间种植绿肥时梨小食心虫和苹小卷叶蛾的发生量大小分别为披碱草<毛叶苕子<自然生草<二月兰<清耕及披碱草<二月兰<自然生草<毛叶苕子<清耕, 2 种害虫在清耕园发生数量最多。与清耕园相比, 绿肥园 2 种害虫平均发生量分别降低 52.41% 和 33.86%。毛叶苕子处理中绿盲蝽发生量较多。种植绿肥后梨园的食蚜蝇类、瓢虫类、草蛉和寄生蜂类等天敌昆虫数量高于清耕园, 尤其是豆科毛叶苕子诱集食蚜蝇、龟纹瓢虫和姬蜂数量最多, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。【结论】华北平原梨园行间种植绿肥后能够显著减低梨树冠层梨小食心虫和苹小卷叶蛾的数量, 但毛叶苕子处理绿盲蝽发生量较大, 生产上应在绿盲蝽防治关键期提前防治; 绿肥果园食蚜蝇、异色瓢虫、龟纹瓢虫、草蛉和姬蜂等天敌昆虫的数量明显增加, 为生态果园绿色果品生产提供了理论依据。

关键词 梨园; 绿肥; 果园害虫; 天敌; 消长动态

The effects of growing green manure crops on the population dynamics of the main pests and their natural enemies in pear orchards

RAN Hong-Fan^{1**} NIU Yi-Ping¹ MA Ai-Hong^{1***} LI Jian-Cheng¹ LIU Zhong-Kuan² FENG Wei^{2***}

(1. Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China, IPM Innovation Center of Hebei Province, International Science and Technology Joint Research Center on IPM of Hebei Province, Baoding 071000, China;

2. Institute of Agricultural Resource and Environment, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Hebei Fertilizer Technology Innovation Center, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract [Aim] To determine the effects of different green manure crops on the population dynamics of the main pests (*Grophalita molesta*, *Adoxophyes orana* and *Apolygus lucorum*), and their natural enemies (syrphid flies, *Harmonia axyridis*, *Propylaea japonica*, lacewing and ichneumon wasp), in pear orchards on the North China Plain. [Methods] The dynamics of the main pests and their natural enemies on *Orychophragmus violaceus*, *Elymus dahuricus*, *Vicia villosa*, natural grass and

*资助项目 Supported projects: 河北省农林科学院科技创新专项课题资助 (2022KJCXZX-ZBS-9); 河北省现代农业产业技术体系水果创新团队 (HBCT2023120307; HBCT2023120208); 国家现代农业产业技术体系项目 (绿肥 CARS-22); 河北省重点研发计划专项 (20326511D)

**第一作者 First author, E-mail: ranhongfan@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: maaiahong2013@163.com; fwnpw@163.com

收稿日期 Received: 2023-11-13; 接受日期 Accepted: 2024-06-14

clean tillage, were investigated over 2 years in pear orchards in Leichen, Jinzhou, Shijiazhuang. **[Results]** The relative abundance of *G. molesta* on different green manure crops was as follows: *E. dahuricus* < *V. villosa* < natural growing grass < *O. violaceus* < clean tillage, and the relative abundance of *A. orana* on these was: *E. dahuricus* < *O. violaceus* < natural growing grass < *V. villosa* < clean tillage. These two pest species were most common in pear orchards with clean tillage. Compared to the latter, the average abundance of these pests in orchards with green manure crops was 52.41% and 33.86% lower, respectively. *A. lucorum* was most common in *V. villosa* in pear orchards. Numbers of syrphid flies, ladybirds, Chrysopidae, and parasitic wasps were higher in orchards with green manure crops than in those with clean tillage; especially those with legumes, grass and *V. villosa*, which attracted the most syrphid flies, *P. japonica* and Ichneumonidae, but the difference was not significant ($P > 0.05$). **[Conclusion]** Sowing green manure crops between rows of trees in pear orchards on the North China Plain can significantly decrease the abundance of *G. molesta* and *A. orana*. *A. lucorum* was most common in orchards with *V. villosa*. In such orchards *A. lucorum* should be controlled during key production periods. In addition to having fewer pests, orchards with green manure crops also had significantly more of the natural enemies of these pests, such as, syrphid flies, *H. axyridis*, *P. japonica*, Chrysopidae, Ichneumonidae.

Key words pear orchard; green manure; orchard pest; natural enemy; dynamics

梨 *Pyrus* spp. 作为一种重要的木本经济果树, 在我国水果产量中, 仅次于苹果和柑橘, 居第三位。我国是世界上梨树栽培面积最大, 产量最多的国家 (赵明新, 2010)。尤其在河北省, 梨的种植面积和产量均居全国第一位 (冉红凡等, 2022)。

果园生草是由美国和加拿大等发达国家成功开发并广泛应用的一项现代化、标准化果园管理技术, 是一种在果树行间或全园种植植物覆盖土壤的果园地面管理方式, 具有稳定土壤温度和水分含量、提高土壤有机质和养分含量、改善果园生态环境、改善果品质量和增加果园产量等重要作用 (赵明新, 2010; 秦文利等, 2011)。

前期研究多聚焦于不同草种对果园生态环境的效应分析, 包括对土壤结构和肥力、果园小气候、生物多样性以及果实品质和产量的影响 (张先来, 2005; 闫芳芳, 2007; 李会科, 2008; 俞立恒, 2009; 吴玉森, 2013; 薛晓敏等, 2017; 霍姗姗, 2018)。此外, 也有学者从功能植物角度研究梨园生草, 包括抗虫植物、诱集植物和趋避植物等 (许向利等, 2005; 肖英方等, 2013; 罗璇和曾东强, 2014; 梁齐等, 2015; 胡增丽等, 2019)。然而, 关于在梨园行间种植不同绿肥作物对害虫及天敌发生动态的影响研究较少。本研究以清耕梨园为对照, 调查了间作不同绿肥作物

梨园主要害虫及天敌的种群动态, 以期为梨园害虫的综合防控与生态调控提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验园区概况

试验于 2019-2020 年在河北省晋州市晋州镇雷陈村北密植梨园进行 (38°4'34.565" N, 115°1'58.015" E)。该区属太行山山前洪积冲积平原, 暖温带大陆性季风气候, 年平均降水量 455.8 mm, 年平均气温 13.3 °C, 年平均日照时数 2 397.2 h, 无霜期约 236 d。梨树品种为黄冠, 树龄 5 年生, 株行距 2 m × 4 m, 梨树行左右各 0.75 m 为施肥和灌溉区, 行间剩余 2.5 m 为绿肥作物种植区。梨树采用树下撒施后大水漫灌的方式施肥, 施肥时间为果树萌芽期 (3 月中下旬)、果实膨大期 (5 月中下旬) 和采收后 (9 月上中旬)。采收前视土壤墒情适时补灌, 确保挂果期果树的水分需求。梨园设 5 种绿肥种植模式: 十字花科二月兰、豆科毛叶苕子、禾本科披碱草、自然生草和清耕, 每种模式果园面积 1.33 hm²。

1.2 试验方法

1.2.1 梨园主要害虫总量及发生动态调查 分别于 2019 和 2020 年 3 月底开始设置实施, 利用性信息素诱芯和三角型诱捕器定期调查; 所用

梨小食心虫 *Grapholita molesta*、苹小卷叶蛾 *Adoxophyes orana* 和绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 诱芯、三角型诱捕器及粘虫板均购自北京中捷四方生物科技有限公司。在不同绿肥作物梨园, 分别悬挂梨小食心虫、苹小卷叶蛾和绿盲蝽性信息素诱捕器, 每个梨园每种害虫诱捕器悬挂 3 个, 诱捕器悬挂在距离地面 1.5 m 枝条处。每周调查一次诱捕器的诱虫量, 计算出 3 个诱捕器的平均诱虫量, 并将每次调查的平均诱虫量相加, 即为每个梨园每种害虫的总平均诱虫量。诱芯每月更换一次, 并及时更换粘虫板。

1.2.2 梨园天敌数量调查 使用马来氏网调查梨园内天敌种类和数量。马来氏网及配套收集瓶均购自中国科学院动物研究所。在不同绿肥作物梨园, 分别布置一套马来氏网, 定期更换收集瓶。收回的收集瓶在室内进行样本的种类鉴定, 并统计瓶内天敌的种类和数量。

1.3 数据分析

数据平均值以及作图采用 Excel 2010 进行; 数据差异显著性分析采用 SPSS 19.0 软件中的单因素 ANOVA 检验进行。

2 结果与分析

2.1 种植不同绿肥梨园主要害虫发生数量

2019-2020 年, 对种植不同绿肥作物梨园内的主要害虫梨小食心虫、苹小卷叶蛾和绿盲蝽进行调查发现, 梨小食心虫的诱集平均总量依次为: 披碱草<毛叶苕子<自然生草<二月兰<清耕 (图 1), 在披碱草和毛叶苕子梨园内发生量较少, 分别为 941.0 和 992.0 头, 自然生草园和二月兰梨园内发生量较多, 分别为 1 231.01 和 1 287.00 头, 在清耕梨园发生最重, 高达 2 338.0 头。梨小食心虫在清耕梨园的发生量在 0.05 和 0.01 水平上, 均显著高于在各生草梨园发生量。种植绿肥梨园梨小食心虫平均发生量较清耕园降低 52.41%。

苹小卷叶蛾在不同绿肥梨园内诱集量依次为: 披碱草<二月兰<自然生草<毛叶苕子<清耕, 在披碱草和二月兰梨园发生量较少, 分别为

221.7 和 271.3 头; 在自然生草梨园、毛叶苕子和清耕梨园内发生较重, 分别为 330.7、483.3 和 494.0 头, 在种植绿肥梨园苹小卷叶蛾平均发生量较清耕园降低 33.86%。披碱草梨园发生量在 0.05 水平上显著低于毛叶苕子和清耕梨园 (图 2)。

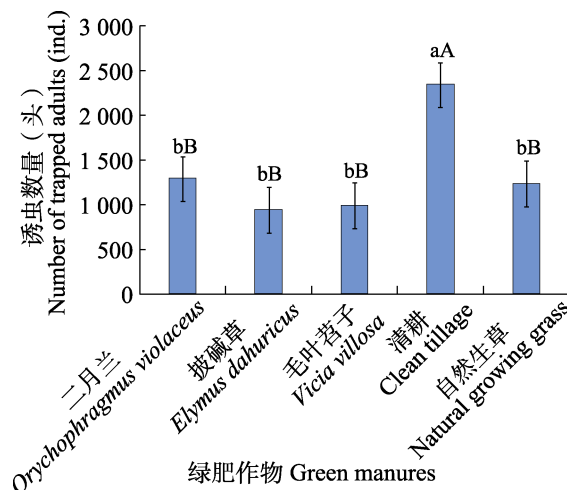


图 1 种植不同绿肥梨园梨小食心虫成虫的诱集数量
Fig. 1 The occurrence amount of *Grapholita molesta* adults in different green manure pear orchards

图中数据为平均值±标准误。柱上不同小写字母和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著 (单因素 ANOVA 检验)。下同。

Data in the figure are mean±SE. Different lowercase and uppercase letters above bars indicate significant difference at 0.05 and 0.01 level by one-way ANOVA, respectively. The same below.

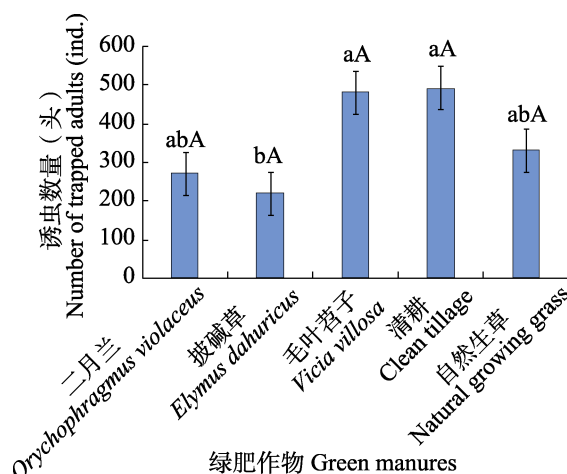


图 2 种植不同绿肥梨园苹小卷叶蛾诱集量
Fig. 2 The occurrence amount of *Adoxophyes orana* in different green manure pear orchard

绿盲蝽在不同绿肥作物梨园内诱集量较大(图 3), 其中毛叶苕子梨园在 0.05 水平上显著高于其他梨园, 在 0.01 水平上显著高于二月兰、披碱草和清耕梨园; 从少到多依次为二月兰<披碱草<清耕<自然生草<毛叶苕子, 在种植毛叶苕子梨园内发生最重。

2.2 种植不同绿肥梨园主要害虫发生动态

2.2.1 梨小食心虫在不同绿肥梨园发生动态 梨小食心虫在各梨园的发生动态基本一致, 越冬代成虫发生量较小, 仅有 2 个小高峰; 4 月底到 7 月中旬发生量一直保持较低水平, 高峰期不明显; 8 月中旬后, 出现明显高峰, 发生量也较越冬代大, 自然生草梨园和清耕梨园发生量增多。2020 年, 梨小食心虫越冬代发生量较 2019 年增加; 5 月底出现一小高峰, 6 月底有一明显高峰;

此后 7 月底和 8 月底又各有一次高峰; 清耕梨园发生量高于其余处理梨园(图 4: A, B)。

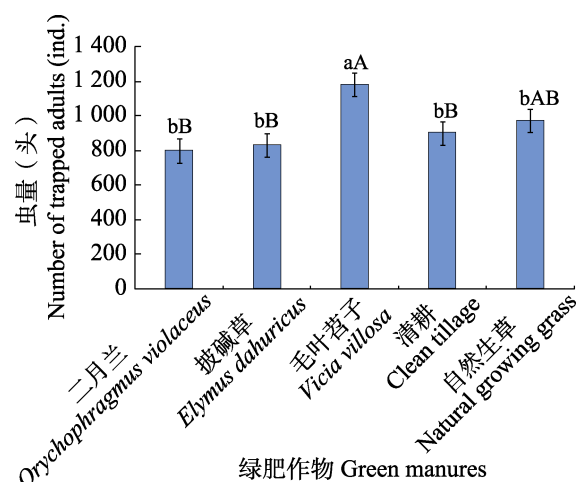


图 3 种植不同绿肥梨园绿盲蝽诱集量

Fig. 3 The occurrence amount of *Apolygus lucorum* in different green manure pear orchard

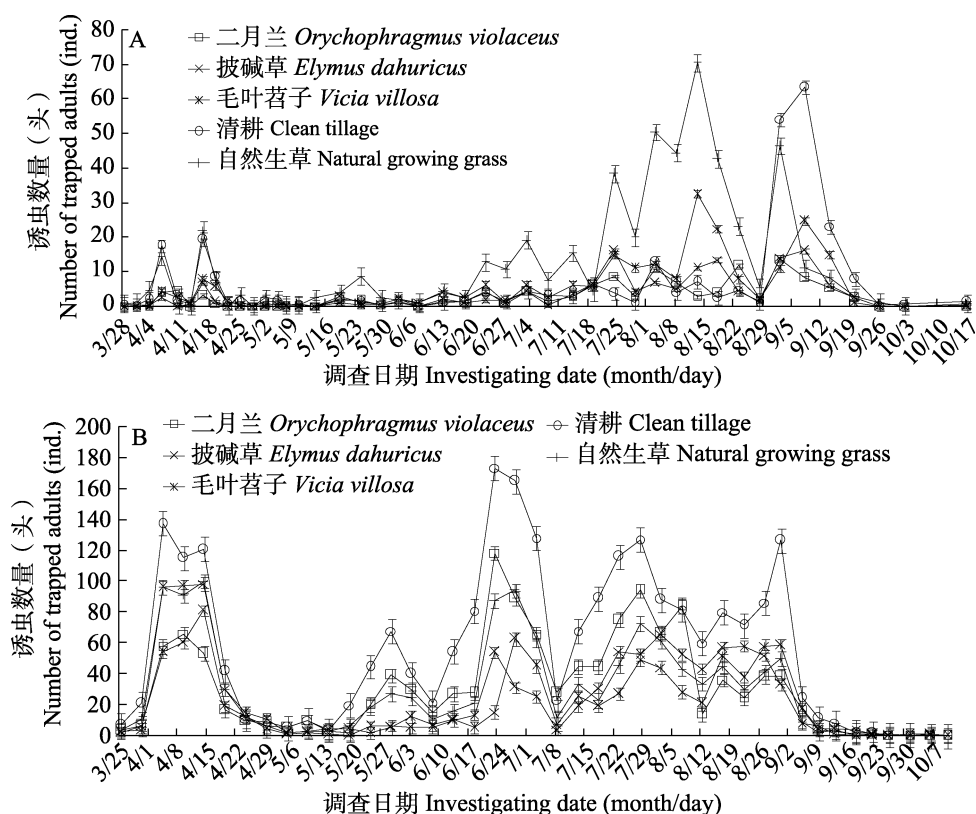


图 4 不同绿肥梨园梨小食心虫成虫 2019 (A) 和 2020 年 (B) 发生动态

Fig. 4 The occurrence dynamics of *Grapholita molesta* adults in different green manure pear orchards in 2019 (A) and 2020 (B)

2.2.2 苹小卷叶蛾在不同绿肥梨园发生动态 梨小食心虫在各梨园的发生动态基本一致, 越

冬代成虫发生量较小, 仅有 2 个小高峰; 4 月底到 7 月中旬发生量一直保持较低水平, 高峰期

不明显; 8 月中旬后, 出现明显高峰, 发生量也较越冬代大, 自然生草梨园和清耕梨园发生量增多。2020 年, 梨小食心虫越冬代发生量较 2019 年增加; 5 月底出现一小高峰, 6 月底有一明显高峰; 此后 7 月底和 8 月底又各有一次高峰; 清耕梨园发生量高于其余处理梨园

(图 5: A, B)。

2.2.3 绿盲蝽在不同绿肥梨园发生动态 不同绿肥作物梨园内, 绿盲蝽发生趋势相似, 自 5 月中下旬发生后, 其发生量一直维持在较为稳定的水平, 在 7 月底至 8 月初略有波动, 总体上保持平稳(图 6: A, B)。

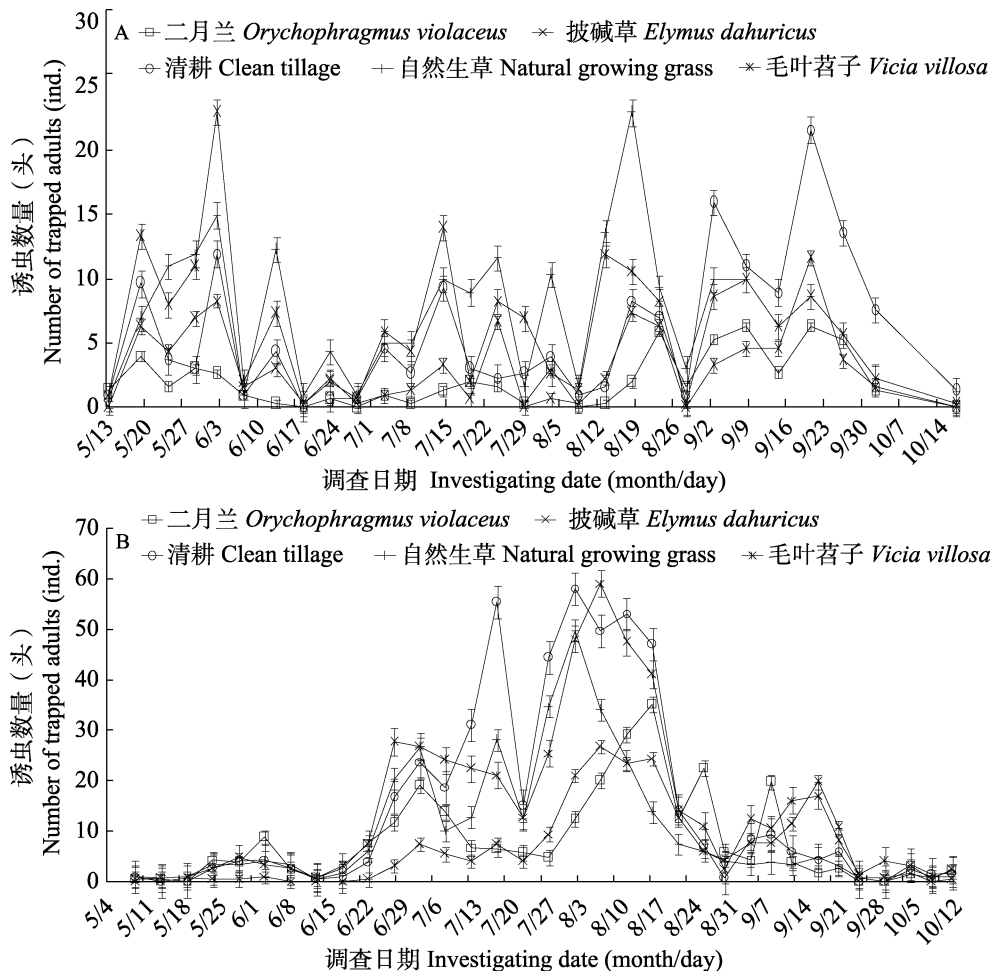


图 5 不同绿肥梨园苹小卷叶蛾 2019 (A) 和 2020 年 (B) 发生动态

Fig. 5 The occurrence dynamics of *Adoxophyes orana* in different green manure pear orchard in 2019 (A) and 2020 (B)

2020 年绿盲蝽发生动态, 前期有较明显的高峰, 后期保持较平稳的状态。诱集量略少于 2019 年。种植毛叶苕子梨园内自 5 月初至 7 月中旬, 绿盲蝽发生量高于其它梨园(图 6: A, B)。

2.3 种植不同绿肥梨园主要天敌数量

绿肥梨园内食蚜蝇类、瓢虫类、草蛉和寄生蜂类等天敌昆虫数量高于清耕梨园, 尤其是种植毛叶苕子的园内食蚜蝇和姬蜂数量最多, 但差异不显著 ($P < 0.05$) (图 7)。

3 讨论

果园生草除了可以改善果园小气候、增高土壤肥力、改善土壤理化性质和影响果品品质外, 对果园生态系统中的害虫和天敌也有重要影响。果园生态系统与其他作物生态系统相比, 表现为单一果树的生长期长, 园内科学种植非果树类植物则更利于天敌昆虫的繁殖(时敏等, 2020)。通过合理搭配功能植物, 发挥其涵养天敌和传粉昆虫、保护天敌和传粉昆虫同时又不成为靶标害

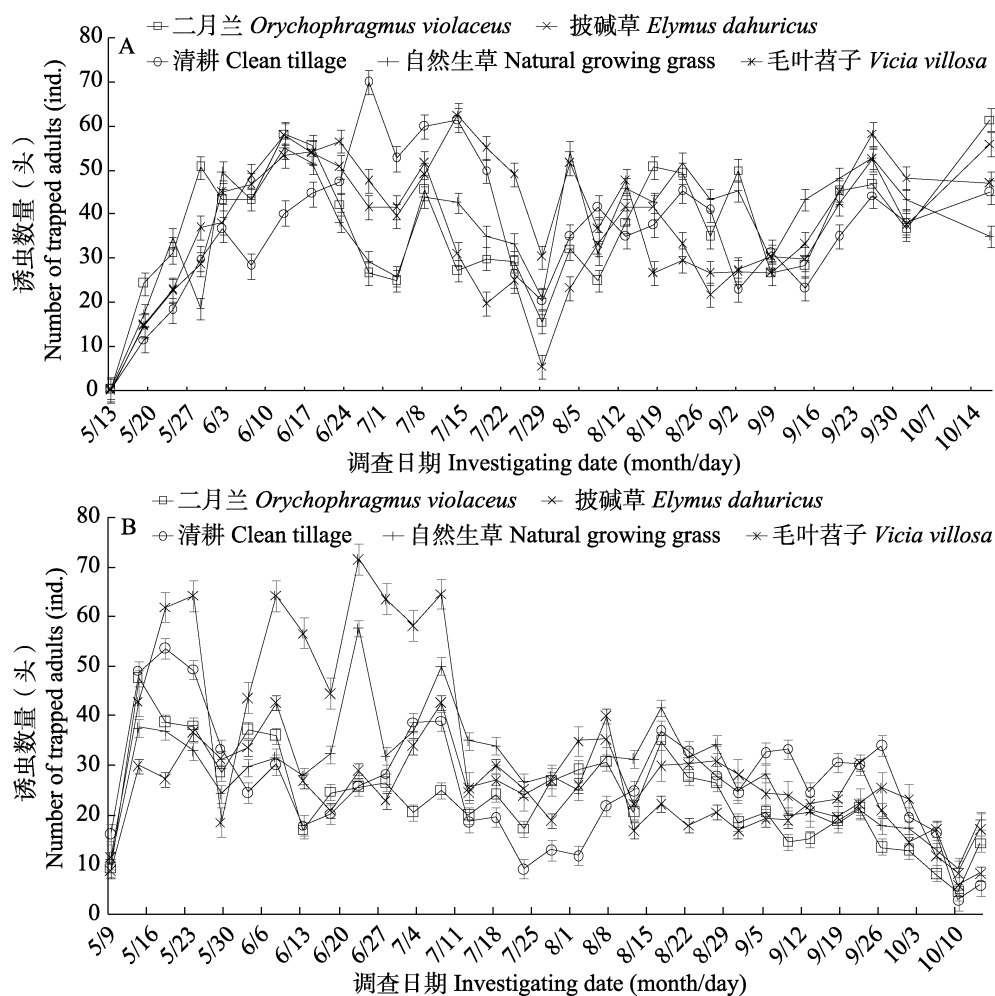


图 6 不同绿肥梨园绿盲蝽 2019 (A) 和 2020 年 (B) 发生动态

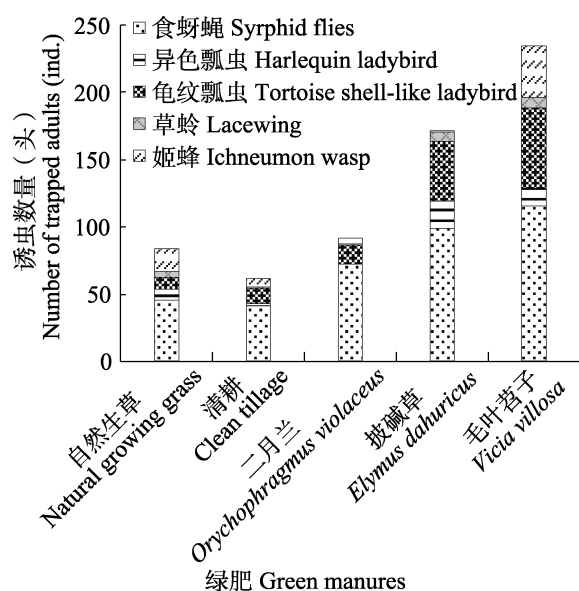
Fig. 6 The occurrence dynamics of *Apolygus lucorum* in different green manure pear orchard 2019 (A) and 2020 (B)

图 7 不同绿肥梨园天敌发生数量

Fig. 7 The occurrence dynamics of natural enemies in different green manure pear orchard

虫食物链的功能 (戈峰, 2020), 起到增加果园昆虫多样性, 控制害虫的目的。梨园间作黑麦草可以显著降低梨木虱 *Psylla chinensis* 若虫和成虫高峰值, 推迟其发生高峰期 (王洁雯等, 2013)。伊兴凯等 (2010) 研究表明, 梨园生草有利于保护果园生物多样性, 对保护害虫天敌作用明显, 其中以种植三叶草效果最好。

本研究表明, 梨园行间种植不同绿肥作物对不同害虫的影响不同。梨小食心虫以清耕梨园诱集量最多, 其次是二月兰和自然生草果园, 其余人工生草梨园相对较少, 说明梨园生草后, 可以降低梨小食心虫的发生量。苹小卷叶蛾在毛叶苕子、清耕和自然生草梨园诱集量较多, 在二月兰和披碱草梨园诱集量较少, 说明除毛叶苕子外, 在梨园中种植其他草种可以降低苹小卷叶蛾发生量。绿盲蝽在毛叶苕子、披碱草和自然生草梨

园发生较多,其次是清耕梨园和二月兰梨园,但不同处理梨园的绿盲蝽发生量差异不显著,表明梨园生草后,对绿盲蝽的影响与梨小食心虫和苹小卷叶蛾不同,反而增加了绿盲蝽的发生量。

3 种主要害虫梨小食心虫、苹小卷叶蛾、绿盲蝽在种植不同绿肥作物模式梨园的发生动态大体一致,主要表现为发生量不同。梨小食心虫 2 年发生动态大体相同,2019 年发生量较少,且越冬代高峰不明显;2020 年发生量大,越冬代有明显的高峰期,且后续几个世代的高峰期也较为明显。8 月中旬以后,在自然生草园和清耕梨园发生量明显增多。梨小食心虫在清耕梨园发生最重,推测原因为果园生草后,对天敌形成保护作用,为天敌提供了栖息场所,田间用药时还能为天敌提供避难所,提高了天敌的数量;天敌数量的提高又进一步导致梨小食心虫数量降低。清耕梨园天敌昆虫数量没有生草园多,因而梨小食心虫数量最高。苹小卷叶蛾在不同生草模式梨园发生动态基本一致,在清耕梨园自 7 月中旬开始,发生量高于其它绿肥作物梨园。苹小卷叶蛾在毛叶苕子和清耕梨园发生最多,清耕梨园苹小卷叶蛾数量较多的原因与梨小食心虫相同,而其在毛叶苕子上发生量也多,可能因为毛叶苕子对其有一定的引诱作用。绿盲蝽在不同生草梨园内发生趋势相似,2019 年自 5 月中下旬后,其发生量一直维持在较为稳定的水平,在 7 月底至 8 月初略有波动,总体上保持平稳。2020 年绿盲蝽发生动态,前期有较明显的高峰,后期较平稳,诱集量略少。种植毛叶苕子梨园内自 5 月初至 7 月中旬,绿盲蝽发生量明显高于其它梨园,可能是由于毛叶苕子对其有一定的引诱作用,同时可能绿盲蝽田间天敌较少,果园生草吸引的天敌不足以导致其种群数量降低。

果园生草可以增强龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* 和蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis* 等优势天敌种群对农药的耐受性,扩大生态容量,增加天敌数量,使种群更稳定,优化农业生态系统(李建瑛等,2020b)。梨园生草后,天敌昆虫数量较清耕区明显增加,其中种植三叶草对天敌的增加效果不如紫花苜

蓿(刁芬兰等,2006;明广增等,2006)。此外,在梨园种植长柔毛野豌豆,可减少化学药剂的使用量和梨园害虫种群数量,且天敌种群数量、稳定性和益害比增加,达到持续有效控制害虫的目的(李建瑛等,2020a)。本研究表明,梨园生草后,食蚜蝇类、瓢虫类、草蛉和寄生蜂类等天敌数量明显高于清耕梨园,尤其是豆科食蚜蝇和姬蜂数量最多。说明果园生草后,显著增加了梨园内天敌的数量。生草梨园天敌昆虫数量增加的原因可能为果园生草后,地面覆盖物为天敌昆虫提供了保护所和活动空间,害虫数量不多时,能够依靠生草植物存活;果园用药时,天敌昆虫可以躲藏在草丛中,避免药害;同时地面植物开花也能为其提供一定的营养;地面植被上的一些害虫也能吸引一定数量的天敌,导致果园天敌数量增多,但其具体原因尚需进一步研究。

参考文献 (References)

- Diao FL, Zhang CY, Sun XM, Ming GZ, Shi XQ, 2006. Preliminary report on the effects of grass on soil nutrients and the number of natural enemies in pear orchard. *Deciduous Fruits*, 38(4): 18–19. [刁芬兰, 张承印, 孙雪梅, 明广增, 史学勤, 2006. 梨园生草对土壤养分及天敌数量的影响初报. *落叶果树*, 38(4): 18–19.]
- Ge F, 2020. The ecological regulation and management of pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(1): 10–19. [戈峰, 2020. 论害虫生态调控策略与技术. *应用昆虫学报*, 57(1): 10–19.]
- Hu ZL, Zhang WZ, Li QL, Zhao LL, Li J, Zhou XL, Liu CH, Han F, 2019. Effects of different plants in apple orchard on host selection behavior of *Serica orientalis* Motschulsky. *Journal of Agriculture*, 9(9): 23–27. [胡增丽, 张未仲, 李庆亮, 赵龙龙, 李捷, 周旭凌, 刘朝红, 韩凤, 2019. 苹果园间作不同植物对黑绒鳃金龟寄主选择行为的影响. *农学学报*, 9(9): 23–27.]
- Huo SS, 2018. Effects of raw grass on ecological environment and fruit quality of pear orchard. Master dissertation. Handan: Hebei University of Engineering. [霍姗姗, 2018. 生草对梨园生态环境及果实品质的影响. 硕士学位论文. 邯郸: 河北工程大学.]
- Li HK, 2008. Eco-environmental effect and integrated technical system of green cover in apple orchard in Weibei dryland farming areas. Doctor dissertation. Yangling: Northwest A & F University. [李会科, 2008. 渭北旱地苹果园生草的生态环境效应及综合技术体系构建. 博士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Li JY, Chen P, Sun B, Guo YR, Liu J, Chi BJ, Liu YJ, 2020a. Effects

- of artificially planted *Vicia villosa* Roth in pear orchard on pests and natural enemies. *Shandong Agricultural Sciences*, 52(9): 124–127. [李建瑛, 陈鹏, 孙冰, 郭翊蓉, 刘锦, 迟宝杰, 刘永杰, 2020a. 人工种植长柔毛野豌豆对梨园害虫及天敌的影响. 山东农业科学, 52(9): 124–127.]
- Li JY, Sun B, Guo YR, Liu J, Chi BJ, Kong FL, Liu YJ, 2020b. Effects of different grass-growing patterns on the main pests and their natural enemies in pear orchards. *Journal of Fruit Science*, 37(10): 1545–1554. [李建瑛, 孙冰, 郭翊蓉, 刘锦, 迟宝杰, 孔凡来, 刘永杰, 2020b. 不同生草模式对梨园主要害虫及其天敌的影响. 果树学报, 37(10): 1545–1554.]
- Liang Q, Lu YH, He XC, Zheng XS, Xu HX, Yang YJ, Tian JC, Lü ZX, 2015. Mini review of the significance of trap crop in insect pest management. *Journal of Biosafety*, 24(3): 184–193. [梁齐, 鲁艳辉, 何晓婵, 郑许松, 徐红星, 杨亚军, 田俊策, 吕仲贤, 2015. 诱集植物在害虫治理中的最新研究进展. 生物安全学报, 24(3): 184–193.]
- Luo X, Zeng DQ, 2014. Research progress on the application of attractant plants to the control of different pests. *Guangxi Plant Protection*, 27(4): 28–32. [罗璇, 曾东强, 2014. 诱集植物在不同有害生物的防治应用研究进展. 广西植保, 27(4): 28–32.]
- Ming GZ, Tian GL, Yin YC, Shi XQ, 2006. Effects of grass on soil fertility and the number of natural enemies of pest in pear orchard. *Fruit Growers' Friend*, 2006(12): 7, 16. [明广增, 田桂莲, 尹义臣, 史学勤, 2006. 梨园生草对土壤肥力及害虫天敌数量的影响. 果农之友, 2006(12): 7, 16.]
- Qin WL, Liu ZK, Cao WD, Zhi JF, Liu ZY, Liu Y, 2011. Reflection on the development of sod cultivation in orchard in Hebei Province. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 15(8): 69–71, 103. [秦文利, 刘忠宽, 曹卫东, 智建飞, 刘振宇, 刘祎, 2011. 对河北省发展果园生草的思考. 河北农业科学, 15(8): 69–71, 103.]
- Ran HF, Ma AH, Yang XF, Lu ZY, Liu WX, Li JC, 2022. Effects of grass growing in pear orchard on occurrence dynamics and quantity of *Psylla chinensis* and *Aphanoaigma jakuuiense*. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 26(3): 47–52. [冉红凡, 马爱红, 杨小凡, 路子云, 刘文旭, 李建成, 2022. 梨园生草对梨木虱和梨黄粉蚜发生动态及发生量的影响. 河北农业科学, 26(3): 47–52.]
- Shi M, Tang P, Wang ZZ, Huang JH, Chen XX, 2020. Review of research on parasitoids and their use in biological control in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(3): 491–548. [时敏, 唐璞, 王知知, 黄健华, 陈学新, 2020. 中国寄生蜂研究及其在害虫生物防治中的应用. 应用昆虫学报, 57(3): 491–548.]
- Wang JW, Guo HP, Liu QZ, Shi WP, Hao GW, Liu ZL, Zhou HY, 2013. The primary research of effect of *Lolium perenne* L. on *Psylla chinensis* population quantity in pear orchard. *China Fruits*, 2013(4): 54–56. [王洁雯, 郭黄萍, 刘奇志, 石旺鹏, 郝国伟, 刘志龙, 周海鹰, 2013. 黑麦草对梨园梨木虱种群数量影响初探. 中国果树, 2013(4): 54–56.]
- Wu YS, 2013. Effects of natural grass on soil physicochemical properties and fruit quality of pear orchard in Yellow River Delta. Master dissertation. Tai'an: Shandong Agricultural University. [吴玉森, 2013. 自然生草对黄河三角洲梨园土壤理化特性及果实品质的影响. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]
- Xiao YF, Mao RQ, Wan FH, 2013. New concept of biological control: Bio-control plants used for management of arthropod pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(1): 1–10. [肖英方, 毛润乾, 万方浩, 2013. 害虫生物防治新概念——生物防治植物及创新研究. 中国生物防治学报, 29(1): 1–10.]
- Xu XL, Hua BZ, Zhang SZ, 2005. Application of trap crop to IPM of agro-ecosystems. *Plant Protection*, 31(6): 7–10. [许向利, 花保祯, 张世泽, 2005. 诱集植物在农业害虫综合治理中的应用. 植物保护, 31(6): 7–10.]
- Xue XM, Han XP, Chen R, Wang JZ, 2017. The research progress of the ecological and environmental effects of grass growing in orchards. *Yantai Fruits*, 2017(2): 1–5. [薛晓敏, 韩雪平, 陈汝, 王金政, 2017. 果园生草的生态环境效应研究进展. 烟台果树, 2017(2): 1–5.]
- Yan FF, 2007. Study on the ecological impacts and allelopathy of interplanting grass in hilly orchards. Master dissertation. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University. [闫芳芳, 2007. 果园生草的生态效益及化感作用研究. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学.]
- Yi XK, Gao ZH, Xu YL, Chen JH, 2010. Effect of interplanting of herbage on the natural enemies of fruit tree in pear orchard. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 26(13): 289–293. [伊兴凯, 高正辉, 徐义流, 陈加红, 2010. 梨园生草对果树部分害虫天敌的影响. 中国农学通报, 26(13): 289–293.]
- Yu LH, 2009. The sod-culture and its effect on ecological environment of orchard. Master dissertation. Lanzhou: Gansu Agricultural University. [俞立恒, 2009. 果园生草栽培及其对园区生态环境的影响. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学.]
- Zhang XL, 2005. Study on the eco-environmental impacts of interplanting grass in apple orchards. Master dissertation. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University. [张先来, 2005. 果园生草的生态环境效应研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Zhao MX, 2010. Study on growing green covers in pear orchard. Master dissertation. Baoding: Hebei Agricultural University. [赵明新, 2010. 梨园生草效应研究. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学.]