

梨园作物间作与生物药剂对梨木虱及其捕食性天敌种群数量动态的协同调控作用

何 凯¹, 高晓阳¹, 赵印勇², 张建设², 花日茂¹, 巫厚长^{1*}

(1.安徽农业大学资源与环境学院 农业部合肥农业环境科学观测实验站, 安徽 合肥 230036; 2.砀山县酥梨种质资源省级自然保护区办公室, 安徽 砀山 235300)

摘 要:中国梨木虱(*Psylla chinensis*)遍布全国猖獗为害,对梨产量和品质造成极大威胁。梨木虱若虫在其分泌物的保护下生活、为害,药剂很难触及虫体杀死若虫,且对各类农药品种均可产生抗药性。为了减少化学农药用量,本研究定量评价了间作作物与生物药剂相结合生态控制梨木虱的效果。2013年和2014年采用梨园控制实验,系统研究了梨园间作白三叶草、桔梗与生物药剂结合对梨木虱及其捕食性天敌种群数量动态的协同调控作用。2年的实验结果表明:白三叶草、桔梗作物间作区捕食性天敌总数显著高于清耕裸地区。2013年白三叶草间作区优势种捕食性天敌为微小花蝽 *Orius minutus*,桔梗间作区优势种捕食性天敌为梭形毒隐翅甲 *Paederus fuscipes*。2014年三叶草间作区优势种捕食性天敌为草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*、中华小步甲 *Tachys chinensis*,桔梗间作区优势种捕食性天敌为异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteata* 和草间小黑蛛 *E.graminicolum*。2013年,2种作物间作+生物药剂区梨树上梨木虱若虫种群数量除6月18日显著高于裸地常规施药区外,其余时期与裸地常规施药区均无显著差异。2014年,在梨木虱为害的各个时期2种作物间作+生物药剂区梨树上梨木虱成虫、若虫种群数量均显著低于裸地常规施药区。研究表明梨园间作多年生白三叶草、桔梗一年后与生物药剂 SAVONA 结合可替代50%化学农药施用量,对全年各代梨木虱成虫、若虫的控制效果显著高于清耕裸地常规施药。

关键词:白三叶草;桔梗;梨树;间作;SAVONA;梨木虱;捕食性天敌

中图分类号:S181

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2015)03-0289-07

doi: 10.13254/j.jare.2015.0047

Synergistic Manipulation of Intercrop Combining Biological Medicaments on the Population Dynamics of *Psylla Chinensis* and Predators in Pear Orchard

HE Kai¹, GAO Xiao-yang¹, ZHAO Yin-yong², ZHANG Jian-she², HUA Ri-mao¹, WU Hou-zhang^{1*}

(1.School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei Scientific Observing and Experimental Station of Agro-Environment, Ministry of Agriculture, Hefei 230036, China; 2.Dangshan County Provincial Natural Reserve Office of Germplasm Resources of Suli Pear, Dangshan 235300, China)

Abstract: *P. chinensis* is one of the most harmful pests all over the country which has a serious threat to the production and quality of pears. Nymphae of *P. chinensis* can live under the protection of its own secretion, pesticide is hard to reach and kill them. Furthermore, nymphae can make resistance to any kinds of pesticides. This research is to estimate quantitatively the effect of intercrop combining with biological medicament controlling the *Psylla chinensis* ecologically. In 2013 and 2014, the manipulating experiment was established in pear orchard. The synergistic manipulation of pear intercropping *Trifolium repens* and *Platycodon grandiflorum* combining with the biological agent on the population dynamics of *P. chinensis* and their predators were determined systematically. The results showed that the total population size of predators in the areas of intercropping *T. repens* and *P. grandiflorum* were higher than that in the bare area by artificial weeding. In 2013, the predator of dominant species was *O. minutes* in the area of intercropping *T. repens* and *P. fuscipes* was in the area of intercropping *P. grandiflorum*. In 2014, *E. graminicolum* and *T. chinensis* dominated in the area of intercropping *T. repens*; *H. axyridis*, *P. japonica*, *E. balteata* and *E. graminicolum* dominated in the area of intercropping *P. grandiflorum*. In 2013, the nymphae populations of *P. chinensi* in the areas of both intercropping *T. repens* and *P. grandiflorum* combining with the biological agent on June 18 were significantly higher and on other dates were

收稿日期:2015-03-02

基金项目:安徽省省级环保课题(2013-006);国家科技支撑计划项目(2012BAK17B12);安徽农业大学学科提升项目(XKTS2013004)

作者简介:何 凯(1989—),男,硕士,主要研究方向为群落生态学和生态工程。E-mail: hekai1110@163.com

*通信作者:巫厚长 E-mail: houzhangw@ahau.edu.cn

not significant difference compared with the bare area with conventional pesticide application. In 2014, the population densities of both adults and nymphs of *P. chinensis* were significantly lower in the areas of both intercropping *T. repens* and *P. grandiflorum* combining with the biological agent than that in the bare area with conventional pesticide application during all the period of *P. chinensis* occurrence. This research demonstrated that the measure of intercropping perennial *T. repens* and *P. grandiflorum* in pear orchard one year later combining with application of the biological agent SOVONA could substitute half amount of chemical pesticide usage. The synergistic manipulation effect of this measure was significantly higher relative to conventional pesticide application in the bare area of artificial weeding.

Keywords: *T. Repens*; *P. grandiflorum*; pear tree; intercrop; SAVONA; *P. chinensis*; predators

一个健康稳定的果园生态系统是果树正常生长发育的必要基础,传统的农业生产是基于高剂量的杀虫剂和化学肥料的输入。杀虫剂的施用与很多环境风险都相关,例如,土壤和水体的污染,直接或间接负面影响着农田、水域动物群落结构和功能,威胁人类健康^[1]。大量的研究检测了一年生作物系统中害虫及其天敌对生境多样性的响应。在这些研究中,植物多样性的增加导致了害虫种群数量的下降,其机理包括减少害虫产卵、定居或者滞留期,增加自然天敌活动强度^[2-8]。农田间作作物广泛用于改善土水关系,但用作控制害虫的工具尚未引起人们的普遍重视^[9-10]。果园是较为持久的生态系统,不像小麦、玉米等大田作物因季节性收获而使生态系统功能中断,因此为各种害虫和天敌提供了良好的生境连续性,是各种昆虫种群波幅相对稳定,对害虫最易实行生态调控的地方^[11]。果园间作植物通过物理屏障、视觉伪装、气味隐蔽以及化学物质驱避干扰目标害虫识别和定居果树,也为自然天敌提供栖息场所等机制。例如:梨园间作芳香性植物对金龟子具有显著性的驱除作用,果园地面种植牧草或花生、油菜等覆盖作物,改善了生态环境,为天敌种群提供了良好的栖息条件和充足猎物,促进了天敌群落的早期发展,在 4—6 月份使树上天敌总量增加了 60%,地面捕食性天敌增加了 20 倍以上,不仅使苹果树蚜、螨高峰期推迟,并使高峰值分别降低 39 倍和 1 倍以上,使前中期害虫得到很好控制^[11-13]。梨树抗风沙、耐盐碱、耐瘠薄、耐涝渍,能有效地锁住黄沙,防止水土流失,净化空气^[14]。梨木虱(*P. chinensis*)是梨树上的一种重要害虫,它不但通过取食芽、叶及嫩梢汁液进行危害,而且若虫分泌粘液滋生黑霉污染果实、枝条、叶片,使叶片造成穿透性病斑,引起早期落叶,使受污染果实商品价值降低^[15-16]。防治梨木虱目前主要依靠药剂防治,随着药剂的长期施用,梨木虱对控制它的特效药毒死蜱、吡虫啉、齐螨素的抗药性逐年增加。梨园间作作物与生物药剂结合,对梨木虱种群数量的调控作用尚无报道。笔者通过 2 年的系统研究,检测梨园间作作物与生物药剂结合对梨木虱及其

捕食性天敌的协同调控作用,为构建健康梨园生态系统,生态控制梨木虱等害虫提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地点与设计

供试梨园为砀山酥梨种质资源省级自然保护区,梨树 50 年树龄,株行距为 4 m×8 m,树体生长健壮。试验在早熟皇冠梨设置 3 个处理:(1)间作白三叶草+0.3% SAVONA1200X 替代常规施药区化学杀虫剂用量的 50%;(2)间作桔梗+0.3% SAVONA1200X 替代常规施药区化学杀虫剂用量的 50%;(3)清耕裸地区+常规施用化学杀虫剂。晚熟酥梨品种区设置 2 个处理(处理(1)和(3)),每个处理重复 3 次,各处理面积均为 3×666.7 m²。间作作物于 2013 年 4 月上旬播种。SAVONA(科伯特(北京)农业有限公司生产)是一种源自天然钾盐,经特别组配而成的生物杀虫剂,水剂,有效成分为 0.3%的苦参碱。

1.2 各处理施药方案

2013 年 3 月 17 日:间作作物区和常规施药区均为 5 波美度石硫合剂喷雾;2013 年 4 月 19 日:间作作物区为 10%吡虫啉 4 000 倍+0.3%苦参碱 1 200 倍喷雾,常规施药区为 10%吡虫啉 2 000 倍喷雾;2013 年 5 月 6 日:间作作物区为 0.3%苦参碱 1 200 倍+48%毒死蜱 2 400 倍喷雾,常规施药区为 48%毒死蜱 1 200 倍喷雾;2013 年 5 月 11 日:间作作物区为 0.3%苦参碱 1 200 倍+4.5%高效氯氰菊酯 2 400 倍+亩旺特 240SC 8 000 倍喷雾,常规施药区为 4.5%高效氯氰菊酯 1 200 倍+亩旺特 240SC 4 000 倍喷雾;2013 年 5 月 29 日:间作作物区为 0.3%苦参碱 1 200 倍+48%毒死蜱 2 400 倍喷雾,常规施药区为 48%毒死蜱 1 200 倍喷雾;2013 年 6 月 18 日:间作作物区为 0.3%苦参碱 1 200 倍+4.5%高效氯氰菊酯 2 400 倍喷雾,常规施药区为 4.5%高效氯氰菊酯 1 200 倍喷雾;2013 年 7 月 18 日:间作作物区为 0.3%苦参碱 1 200 倍+3.2%甲维盐 2 000 倍+2.5%功夫菊酯 4 000 倍喷雾,常规施药区为 3.2%甲维盐 1 000 倍+2.5%功夫菊酯 2 000

倍喷雾。

1.3 节肢动物种群数量取样调查

(1)间作作物节肢动物种群数量取样调查采用样方-五点取样法,分别在3个处理区每个重复覆盖作物上按五点取样,每个样方0.25 m²,2013年7月3日至8月18日,每15 d左右调查1次,2014年4月26日至8月6日,每30 d左右取样1次,目测调查每个样方所有节肢动物种类和种群数量。

(2)梨木虱种群数量取样调查分别在3个处理区每个重复中选择1株梨树,按东、南、西、北、中选取5根1年生的枝条,且挂牌标记。2013年3月16日至8月18日,即梨木虱越冬代成虫出蛰至第4代成虫、第5代若虫发生期,每15 d目测调查1次;2014年4月26日至8月6日,即第1代成虫、若虫发生危害期至第4代成虫、若虫发生危害期,每30 d左右目测调查枝端50 cm长所有节肢动物种类、数量和叶片总数量、受害叶片数。叶片受害率=(受害叶片数/总叶片数)×100。

1.4 数据处理和分析^[17]

采用Excel 计算软件处理数据,不同处理的多重分析采用Duncan 新复极差法检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理区间作作物捕食性天敌种群数量动态

2013年7月3日至8月8日4次调查数据均显

示白三叶草和桔梗作物间作区捕食性天敌总数显著高于清耕裸地区(表1)。白三叶草间作区优势种捕食性天敌为微小花蝽 *O. minutus*,4次调查数据均显著高于清耕裸地区,3次显著高于桔梗间作区。桔梗间作优势种捕食性天敌为梭形毒隐翅甲 *P. fuscipes*,4次调查数据3次显著高于白三叶草间作区和清耕裸地区。

2014年4月26日至8月6日白三叶草间作区5次调查的捕食类天敌总数均显著高于清耕裸地区(表2),桔梗间作区在6月6日、7月6日和8月6日显著高于清耕裸地区,表明三叶草间作适宜捕食性天敌早春建立种群,有利于控制越冬代、第一代梨木虱种群数量的增长;桔梗间作在6月份后,桔梗开花吸引天敌栖息,特别是瓢虫类天敌栖息,有利于控制第2至第4代梨木虱种群数量的增长。三叶草间作区优势种捕食性天敌为草间小黑蛛 *E. graminicolum*、中华小步甲 *T. chinensis*。桔梗间作区优势种捕食性天敌为异色瓢虫 *H. axyridis*、龟纹瓢虫 *P. japonica*、黑带食蚜蝇 *E. balteata* 和草间小黑蛛 *E. graminicolum*。

2.2 不同处理区梨树梨木虱种群数量动态

2.2.1 2013 年不同处理区梨树梨木虱种群数量动态

2013年3月16日至8月18日9次调查数据显示(表3):在早熟品种皇冠梨树上,不同处理区梨木虱成虫种群数量无显著差异,6月18日梨木虱第3代若虫种群数量白三叶草间作+生物药剂区、桔梗间作+

表 1 2013 年不同处理区间作作物捕食性天敌种群数量动态(头·0.25 m⁻²)

Table 1 Population dynamics of predators on cover crops in different treatments in 2013 (capta·0.25 m⁻²)

日期(月/日) Date(month/day)	处理 Treatment	捕食性天敌种群密度 Population densities of predators					
		捕食类 Predators	微小花蝽 <i>O. minutus</i>	梭形毒隐翅甲 <i>P. fuscipes</i>	黑肩绿盲蝽 <i>Cyrtorrhinus lividipennis</i>	草间小黑蛛 <i>E. graminicolum</i>	微菱头蛛 <i>Bianor aenescens</i>
7/3	白三叶草	11.80±2.16a	11.00±1.48a	0.60±0.34b		0.20±0.45a	
	桔梗	6.80±1.45b	2.60±0.82b	3.60±1.22a		0.60±0.89a	
	裸地	0.00c	0.00c	0.00c		0.00a	
7/17	白三叶草	5.60±2.51a	4.80±1.37a	0.00b	0.20±0.45a	0.40±0.89a	0.20±0.45a
	桔梗	2.60±1.88a	0.60±0.89b	2.00±1.35a	0.00a	0.00a	0.00a
	裸地	0.20±0.25b	0.00b	0.00b	0.00a	0.20±0.45a	0.00a
8/2	白三叶草	11.60±2.79a	6.60±2.30a	4.40±1.36b		0.40±0.89a	0.20±0.45a
	桔梗	12.20±3.96a	1.40±0.89b	10.80±3.19a		0.00a	0.00a
	裸地	1.20±2.17b	0.00c	1.20±1.17c		0.00a	0.00a
8/8	白三叶草	3.60±2.41a	2.60±1.52a	0.00a		0.80±2.24a	
	桔梗	4.00±2.65a	3.00±1.58a	1.00±1.73a		0.00a	
	裸地	0.00b	0.00b	0.00a		0.00a	

注:表中同列数据后不同小写字母表示同一日期不同处理间差异显著(P<0.05)。下同。

Note: The different small letters in the same column at the same day represent significant difference (P<0.05) in different treatments. The same below.

表 2 2014 年不同处理区间作物捕食性天敌种群数量动态(头·0.25 m⁻²)Table 2 Population dynamics of predators on cover crops in different treatments in 2014 (capta·0.25 m⁻²)

日期(月/日) Date (month/day)	处理 Treatment	捕食性天敌种群密度 Population densities of predators										
		捕食类 Predators	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	梭形毒 隐翅甲 <i>P. fuscipes</i>	中华小 步甲 <i>T.</i> <i>chinensis</i>	黑带食 蚜蝇 <i>E.</i> <i>balteata</i>	大眼长春 <i>Geocoris</i> <i>punctipes</i>	草间小 黑蛛 <i>E.</i> <i>gramini-</i> <i>colum</i>	星豹蛛 <i>Pardosa</i> <i>astrigera</i>	拟青新 圆珠 <i>Neoscona</i> <i>scylloides</i>	三突花蛛 <i>Misumen-</i> <i>ops tricus-</i> <i>pidatus</i>
4/26	白三叶草	6.33±2.52a					0.33±0.41a		4.67±2.67a	1.33±0.63a		
	桔梗	0.00b					0.00a		0.00b	0.00b		
	裸地	0.00b					0.00a		0.00b	0.00b		
5/10	白三叶草	8.40±2.97a				4.20±3.77a	0.40±0.55a		3.8±0.84a			
	桔梗	0.00b				0.00b	0.00a		0.00b			
	裸地	0.00b				0.00b	0.00a		0.00b			
6/6	白三叶草	4.60±1.67a	0.00b	0.20±0.45a		4.20±1.79a	0.00b			0.20±0.45a		
	桔梗	5.00±2.12a	1.20±0.84a	0.40±0.58a		0.00b	3.40±2.07a			0.00a		
	裸地	0.00b	0.00b	0.00a		0.00b	0.00b			0.00a		
7/6	白三叶草	15.80±7.03a				1.60±1.14a		0.00b	13.60±7.23a	0.20±0.45a	0.40±0.89a	
	桔梗	2.80±1.92b				0.00b		1.40±0.67a	1.00±1.73b	0.00a	0.40±0.55a	
	裸地	0.00c				0.00b		0.00b	0.00b	0.00a	0.00a	
8/6	白三叶草	8.40±0.95a			0.20±0.45a	5.00±0.00a		0.00a	3.20±1.10a			0.00a
	桔梗	5.20±1.64b			0.00a	1.20±0.79b		0.20±0.45a	3.80±1.10a			0.20±0.45a
	裸地	0.00c			0.00a	0.00c		0.00a	0.00b			0.00a

生物药剂区均显著高于裸地清耕常规施药区;在晚熟酥梨品种上,6月18日白三叶草间作+生物药剂区梨木虱第2代成虫和第3代若虫种群数量都显著高于裸地清耕常规施药区,表明在间作作物的生长初期,间作作物生物量过低,对梨木虱种群数量的调控作用尚弱,施用生物药剂替代50%的化学药剂用量控制不了梨木虱第2代成虫、第3代若虫种群数量的增长。

2.2.2 2014年不同处理区的梨树梨木虱种群数量动态

2014年梨木虱出蛰越冬成虫和若虫数量少(表4),4月26日在不同处理区早熟皇冠梨和晚熟酥梨梨树上均未调查到梨木虱成虫和若虫。5月10日第1代成虫种群数量,在早熟皇冠梨上桔梗间作+生物药剂区显著低于清耕裸地常规施药区,白三叶草+生物药剂区与清耕裸地常规施药区无显著差异;在晚熟酥梨梨树上白三叶草间作+生物药剂区显著低于清耕裸地常规施药区。6月6日第2代成虫种群数量、第3代若虫种群数量和叶片被害率,在早熟皇冠梨上桔梗间作+生物药剂区、白三叶草间作+生物药剂区均显著低于清耕裸地常规施药区;在晚熟酥梨梨树上白三叶草间作+生物药剂区显著低于清耕裸地常规施药区。7月6日第3代成虫、第4代若虫种群数量和叶片被害率,在早熟皇冠梨上桔梗间作+生物药剂区、白

三叶草间作+生物药剂区均显著低于清耕裸地常规施药区;在晚熟酥梨梨树上白三叶草间作+生物药剂区均显著低于清耕裸地常规施药区。8月6日在早熟皇冠梨和晚熟酥梨上各个处理区均未调查到第4代成虫;第5代若虫种群数量和叶片被害率,在早熟皇冠梨上桔梗间作+生物药剂区、白三叶草间作+生物药剂区均显著低于清耕裸地常规施药区;在晚熟酥梨上白三叶草间作+生物药剂区显著低于清耕裸地常规施药区。2014年实验结果表明,梨园间作多年生白三叶草、桔梗一年后与生物药剂 SAVONA 结合可替代50%化学农药施用量,对全年各代梨木虱成虫、若虫的控制效果显著高于清耕裸地常规施药。

3 讨论

我国是个农业大国,农业是国民经济的基础,保障国家粮食安全和重要农产品的有效供给是建设现代农业的首要任务。然而,过量和不能合理、适时、对症用药,带来了农药残留毒性、病虫抗(耐)药性上升、害虫再生猖獗、次要害虫大发生、环境污染和生态平衡破坏等一系列问题,严重威胁着我国农产品质量和农业生态环境安全。20世纪80年代以来,梨园中大量使用菊酯类等广谱性杀虫剂,虽然有效控制了梨小食心虫 *Grapholitha molesta* 的危害,但同时杀灭

表 3 2013 年不同处理区梨树梨木虱种群数量动态
Table 3 Population dynamics of *P. chinensis* on the pears plant in different treatments in 2013

日期(月/日) Date(month/day)	早熟皇冠梨 the early-maturing variety of Huangguan pear			晚熟酥梨 the late-maturing variety of Suli pear		
	处理 Treatment	成虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Adult/capta· 50 cm ⁻¹ length	若虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Nymph/capta· 50 cm ⁻¹ length	处理 Treatment	成虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Adult/capta· 50 cm ⁻¹ length	若虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Nymph/capta· 50 cm ⁻¹ length
3/16	白三叶草+生物药剂	9.33±1.53a	8.67±8.02a	白三叶草+生物药剂	9.67±3.51a	0.00a
	桔梗+生物药剂	9.33±4.73a	1.00±1.73a	—	—	—
	裸地+常规施药	11.67±7.09a	1.00±1.00a	裸地+常规施药	9.33±4.51a	0.00a
4/13	白三叶草+生物药剂	1.00±1.00a	6.00±2.00a	白三叶草+生物药剂	0.33±0.58a	1.33±1.53b
	桔梗+生物药剂	0.00a	17.00±15.10a	—	—	—
	裸地+常规施药	0.33±0.58a	21.33±14.57a	裸地+常规施药	0.33±0.58a	4.33±0.58a
5/4	白三叶草+生物药剂	2.00±1.00a	0.67±0.58a	白三叶草+生物药剂	1.33±1.53a	1.00±1.73a
	桔梗+生物药剂	2.00±0.00a	2.00±1.73a	—	—	—
	裸地+常规施药	3.67±1.53a	0.33±0.58a	裸地+常规施药	1.67±1.53a	0.00a
6/4	白三叶草+生物药剂	4.33±1.15a	28.00±4.04a	白三叶草+生物药剂	7.67±2.08a	174.00±98.88a
	桔梗+生物药剂	6.00±7.81a	46.67±15.10a	—	—	—
	裸地+常规施药	9.00±6.31a	41.00±11.05a	裸地+常规施药	5.00±1.75a	221.67±110.50a
6/18	白三叶草+生物药剂	15.00±0.00a	188.67±46.00a	白三叶草+生物药剂	53.00±13.11a	395.33±97.17a
	桔梗+生物药剂	14.00±5.29a	130.67±35.95a	—	—	—
	裸地+常规施药	6.00±3.52a	45.00±10.50b	裸地+常规施药	16.00±4.08b	90.00±20.22b
7/3	白三叶草+生物药剂	12.33±6.81a	86.67±23.09a	白三叶草+生物药剂	7.67±2.52a	100.00±22.91a
	桔梗+生物药剂	9.33±2.52a	126.00±3.61a	—	—	—
	裸地+常规施药	13.00±3.61a	123.33±22.55a	裸地+常规施药	6.67±5.51a	104.00±18.52a
7/17	白三叶草+生物药剂	3.67±3.79a	56.67±25.17a	白三叶草+生物药剂	0.67±0.58a	93.33±8.66a
	桔梗+生物药剂	1.67±2.08a	76.67±14.43a	—	—	—
	裸地+常规施药	2.00±1.73a	88.63±7.64a	裸地+常规施药	0.67±1.15a	70.33±8.66a
8/2	白三叶草+生物药剂	0.33±0.58a	70.00±12.33a	白三叶草+生物药剂	1.00±1.00a	73.33±40.72a
	桔梗+生物药剂	0.00a	76.67±16.07a	—	—	—
	裸地+常规施药	1.00±1.73a	96.67±20.82a	裸地+常规施药	0.67±1.15a	51.67±5.77a
8/18	白三叶草+生物药剂	0.00a	63.33±10.41a	白三叶草+生物药剂	1.00±1.00a	0.00b
	桔梗+生物药剂	0.33±0.58a	71.67±2.89a	—	—	—
	裸地+常规施药	0.33±0.58a	78.33±27.54a	裸地+常规施药	0.67±0.58a	50±10.00a

了中国梨木虱的自然天敌花螬、蜘蛛、草蛉、寄生蜂等,使中国梨木虱失去了天敌的有效控制,从而爆发成灾。梨木虱分泌液的 pH 值为 5,呈弱酸性^[15-16],梨木虱若虫在其分泌物的保护下生活、为害,药剂很难触及虫体杀死若虫,药剂防治较为困难。白三叶草(*T. repens*)为多年生牧草,繁殖能力极强,茎匍匐生长,长 30~60 cm,主根短,侧根发达,根瘤固氮,春播的当年和秋播的次年就能形成密集草层,花期 5—10 月,招引多种自然天敌定居^[18]。桔梗(*P. grandiflorum*)为多年生草本药用植物,6—9 月开花^[19]。本研究针对梨木虱成灾的原因、药剂防治技术瓶颈,通过间作白三叶草和桔梗 2 种多年生植物,提高植物多样性,干扰梨木虱在梨树上定居,保护和助迁自然天敌,建立健康

梨园生态系统,结合喷施富含钾盐的生物药剂 SAVONA 破除梨木虱若虫分泌物,2 年的系统实验结果显示梨园的自然天敌优势种种群数量显著增加,梨木虱种群数量显著低于对照,且减少了化学杀虫剂的 50%施用量,如果长期坚持下去,将会逐步改变目前果园梨木虱防治的被动局面。因此,本研究改变了梨树害虫防治对化学农药过分依赖的传统方式,逐步构建了健康的梨园生态系统,充分发挥了梨园自然天敌对目标害虫的可持续控制,促进传统化学防治向现代绿色防控的转变,减少生产中化学农药的投入使用,实现农产品产量与质量安全、农业生态环境保护相协调的可持续发展,同时降低农业生产成本,促进农民节本增效。

表 4 2014 年不同处理区梨树梨木虱种群数量变化

Table 4 Population dynamics of *P. chinensis* on the pears plant in different treatments in 2014

日期 (月/日) Date (month/day)	处理 Treatment	早熟皇冠梨 the early-maturing variety of Huangguan pear			晚熟酥梨 the late-maturing variety of Suli pear		
		成虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Adult/capta· 50 cm ⁻¹ length	若虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Nymph/capta· 50 cm ⁻¹ length	危害率/% Hazard ratio/%	成虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Adult/capta· 50 cm ⁻¹ length	若虫/头·50 cm ⁻¹ 长枝条 Nymph/capta· 50 cm ⁻¹ length	危害率/% Hazard ratio/%
4/26	白三叶草+生物药剂	0	0	0	0	0	0
	桔梗+生物药剂	0	0	0	—	—	—
	裸地+常规施药	0	0	0	0	0	0
5/10	白三叶草+生物药剂	0.67±0.06a	0	0	0.67±1.15b	0	0
	桔梗+生物药剂	0.00b	0	0	—	—	—
	裸地+常规施药	1.33±1.15a	0	0	3.33±1.15a	0	0
6/6	白三叶草+生物药剂	0.00b	19.44±6.41b	2±3b	0.00b	152.60±50.02b	18±7b
	桔梗+生物药剂	0.00b	15.33±5.32b	2±3b	—	—	—
	裸地+常规施药	2.00±1.00a	222.00±70.01a	33±4a	3.67±2.51a	310.22±89.21a	52±9a
7/6	白三叶草+生物药剂	0.00b	45.00±32.29b	11±7b	0.33±0.58b	288.33±72.81b	42±2b
	桔梗+生物药剂	0.00b	30.00±10.00b	8±2b	—	—	—
	裸地+常规施药	3.33±2.52a	331.67±93.85a	48±2a	4.33±3.21a	500.00±115.72a	49±3a
8/6	白三叶草+生物药剂	0	57.67±25.81b	23±4b	0	348.33±108.23b	0.47±4b
	桔梗+生物药剂	0	38.33±32.15b	9±6c	—	—	—
	裸地+常规施药	0	425.00±151.74a	47±9a	0	846.67±275.81a	0.63±8a

4 结论

(1)2 年的实验结果表明:白三叶草、桔梗作物间作区捕食性天敌总数显著高于清耕裸地地区。2013 年白三叶草间作区捕食性优势种天敌为微小花蝽 *O. minutus*, 桔梗间作区捕食性优势种天敌为梭形毒隐翅甲 *P. fuscipes*。2014 年三叶草间作区优势种捕食性天敌为草间小黑蛛 *E. graminicolum*、中华小步甲 *T. Chinensis*, 桔梗间作区优势种捕食性天敌为异色瓢虫 *H. axyridis*、龟纹瓢虫 *P. japonica*、黑带食蚜蝇 *E. balteata* 和草间小黑蛛 *E. graminicolum*。

(2)2013 年,作物间作与生物农药 SAVONA 组合替代 50%化学农药用量对梨木虱的控制效果除 6 月 18 日显著低于裸地常规施药外, 其余时期与裸地常规施药相比均无显著差异。2014 年,在梨木虱为害的各个时期作物间作与生物农药 SAVONA 组合替代 50%化学农药用量对梨木虱的控制效果均显著高于裸地常规施药。

参考文献:

- [1] Simon S, Bouvier J C, Debras J F, et al. Biodiversity and pest management in orchard systems[J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2010, 30: 139-152.
- [2] Tillman G, Schomberg H, Phatak S, et al. Influence of cover crops on in-

sect pests and predators in conservation tillage cotton[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2004, 97(4): 1217-1232.

- [3] Hooks C R R, Johnson M W. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops[J]. *Crop Protection*, 2003, 22: 223-238.
- [4] Hooks C R R, Hinds J, Zobel E, et al. Impact of crimson clover dying mulch on two eggplant insect herbivores[J]. *Journal of Applied Entomology*, 2013, 137: 170-180.
- [5] Blaauw B, Ufusi R. Larger wildflower plantings increase natural enemy density, diversity, and biological control of sentinel prey, without increasing herbivore density[J]. *Ecological Entomology*, 2012, 37: 386-394.
- [6] Bianchi F J J A, Booij C J H, Tscharntke T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control[J]. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 2006, 273: 1715-1727.
- [7] Bezemer T M, Harvey J A, Kamp A F D, et al. Behaviour of male and female parasitoids in the field: influence of patch size, host density, and habitat complexity[J]. *Ecological Entomology*, 2010, 35: 341-351.
- [8] Brosius T R, Higley L G, Hunt T E. Population dynamics of soybean aphid and biotic mortality at the edge of its range[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2007, 100: 1268-1275.
- [9] Frank D L, Liburd O E. Effects of living and synthetic mulch on the population dynamics of whiteflies and aphids, their associated natural enemies, and insect transmitted plant diseases in zucchini[J]. *Environmental Entomology*, 2005, 34: 857-865.
- [10] 谷艳蓉, 张海伶, 胡艳红. 果园自然生草覆盖对土壤理化性状及大桃产量和品质的影响[J]. *草业学科*, 2009, 26(12): 103-107.

GU Yan -rong, ZHANG Hai -ling, HU Yan -hong. Effect of natural

- grasses cover on soil properties and yield and quality of peach[J]. *Pratacultural Science*, 2009, 26(12): 103–107.(in Chinese)
- [11] 魏 巍, 孔 云, 张玉萍, 等. 梨园芳香植物间作区中国梨木虱与其天敌类群的相互作用[J]. 生态学报, 2010, 30(8): 2063–2074.
WEI Wei, KONG Yun, ZHANG Yu-ping, et al. The interaction among *Psylla chinensis* and natural enemies in the different aromatic plants intercropping plots of pear orchard[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(8): 2063–2074.(in Chinese)
- [12] 孔 建, 王海燕, 赵白鸽, 等. 苹果园主要害虫生态调控体系的研究[J]. 生态学报, 2001, 21(5): 789–794.
KONG Jian, WANG Hai-yan, ZHAO Bai-ge, et al. Study on ecological regulation system of the pest control in apple orchard[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(5): 789–794.(in Chinese)
- [13] Tang G B, Song B Z, Zhao L L, et al. Repellent and attractive effects of herbs on insects in pear orchards intercropped with aromatic plants[J]. *Agroforest System*, 2013, 87: 273–285.
- [14] 徐义流. 砀山酥梨[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
XU Yi-liu. Dangshan Pear[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009.(in Chinese)
- [15] 岳兰菊, 纵 玲, 岳兰凡. 梨木虱的发生规律及防治技术研究[J]. 安徽农业科学, 2001, 29(3): 357–369.
YUE Lan-ju, ZONG Ling, YUE Lan-fan. Studies for outbreak regularity and control method of *Psylla chinensis*[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2001, 29(3): 357–369.(in Chinese)
- [16] 张翠瞳, 徐国良, 王 鹏, 等. 中国梨木虱危害规律的研究[J]. 华北农学报, 2002, 17: 17–22.
ZHANG Cui-tuan, XU Guo-liang, WANG Peng, et al. Study on the rule of the damage of *Psylla chinensis*[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2002, 17: 17–22.(in Chinese)
- [17] 李喜春, 邵 云, 姜丽娜. 生物统计学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
LI Xi-chun, SHAO Yun, JIANG Li-na. Biostatistics[M]. Beijing: Science Press, 2012.(in Chinese)
- [18] 向佐湘, 肖润林, 王久荣, 等. 间种白三叶草对亚热带茶园土壤生态系统的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(1): 29–35.
XIANG Zuo-xiang, XIAO Run-lin, WANG Jiu-rong, et al. Effects of interplanting *Trifolium repens* in tea plantation on soil ecology in subtropical hilly region[J]. *Acta Pratacultural Sinica*, 2008, 17(1): 29–35.(in Chinese)
- [19] 李美善, 严一字, 朴 锦, 等. 不同土壤条件下桔梗种质资源的比较试验[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 7988–7990.
LI Mei-shan, YAN Yi-zi, PU Jin, et al. Comparative trial on the germplasm resources of *Platycodon grandiflorum* in different soils[J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2009, 37(17): 7988–7990.(in Chinese)