

宁夏麦蚜天敌多样性及种间关系

刘军和¹ 贺达汉² 赵紫华^{3*}

(1. 黄淮学院生物工程系, 河南 驻马店 463000; 2. 宁夏大学农学院, 银川 750021;
3. 中国农业大学昆虫学系, 北京 100193)

摘要: 麦蚜是宁夏小麦的主要害虫, 为了实现自然天敌对麦蚜的有效控制, 采用网捕法和陷阱法等采集手段, 通过3年田间调查, 共鉴定麦蚜天敌97种, 包括寄生性天敌16种和捕食性天敌81种。将麦蚜天敌划分为单食性天敌、寡食性天敌、多食性天敌及杂食性天敌共4类功能团进行分析, 结果表明, 不同天敌功能团对麦蚜种群的影响存在显著的交互作用; 寄生性天敌中蚜茧蜂属的燕麦蚜茧蜂与烟蚜茧蜂是优势种; 捕食性天敌种类较为复杂, 不同地区麦蚜天敌组成存在显著性差异, 复杂的农业景观能够维持更高的天敌多样性。表明在农业生态系统中建立和恢复非作物生境能够明显提高天敌种群数量, 进而提高其生物防治作用。

关键词: 麦蚜; 天敌; 多样性; 种间关系

Diversity and interspecific relationship of wheat aphid and natural enemy system in Ningxia

Liu Junhe¹ He Dahan² Zhao Zihua^{3*}

(1. Department of Biological Engineering, Huanghuai University, Zhumadian 463000, Henan Province, China;
2. College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia Province, China; 3. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Cereal aphids are the most important pests of wheat crop in Ningxia, China. In order to examine the relationship between cereal aphids and their natural enemies, the field investigation were conducted on insect community by combination of net sweeping and pitfall traps from 2009 to 2012. The results showed that 97 species of natural enemies including 16 parasitoid species and 81 predator species were identified. The natural enemies were divided into four kinds of functional modules including primary parasitoid, oligophagous predator, polyphagous predator, and omnivorous predator. All four modules of natural enemy had significant effects on cereal aphid population in wheat crop. Furthermore, the interactions among these four modules on cereal aphids were significant. *Aphidius avenae* Haliday and *Aphidius gifuensis* Ashmaed were the two dominant species of primary parasitoids. In contrast, other three modules had complex species composition and high species diversity. Complex landscapes enhance biocontrol service of cereal aphid through providing abundant food resource and refuge for natural enemies. Additionally, primary parasitism was higher in complex landscape than simple landscape. These results indicated that reconstruction of semi-natural habitat could enhance abundance of natural enemy and further improve biocontrol services in agroecosystem.

Key words: wheat aphid; natural enemy; diversity; interspecific relationship

基金项目: 国家自然科学基金(31260429), 河南省自然科学基金(132102110021, 142300410007)

作者简介: 刘军和, 男, 1979年生, 副教授, 研究方向为昆虫生态学, E-mail: liujunhe79@126.com

* 通讯作者 (Authors for correspondence), E-mail: zhzhao@cau.edu.cn

收稿日期: 2014-10-20

麦蚜属半翅目 Hemiptera 蚜总科 Aphididae, 是世界各小麦产区的常发性害虫, 不仅吸食小麦营养、影响光合作用, 而且传播病毒, 导致小麦减产和品质下降, 严重威胁小麦生产。全世界记载的麦类蚜虫多达 46 种, 地上部为害种类 25 种, 地下部为害种类 21 种^[1]。我国已记载麦蚜 12 种, 齐国俊和仵均祥^[2]曾经对陕西麦田害虫与天敌种类做了细致研究, 西北地区常发生且能够造成较大为害的有 4 种, 分别为麦长管蚜 *Sitobion avenae*、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* 和麦无网长管蚜 *Metopolophium dirhodum*, 这几种麦蚜一般混合发生, 其中前 2 种为主要害虫, 不同地区的麦蚜结构略有差异, 种类也有所差别, 例如麦双尾蚜 *Diuraphids noxia* 在新疆为害严重。麦蚜在我国小麦种植区域均有不同程度的为害, 具有混合种群迅速暴发的特点, 在小麦主产区, 麦蚜是制约小麦生产最重要的害虫^[3-5]。20 世纪 90 年代以来, 麦蚜发生面积迅速扩增, 由 1972 年 342 万 hm^2 上升到 1999 年 1 838 万 hm^2 。

麦蚜是宁夏小麦的主要害虫, 近年来有逐年加重的趋势。根据 1981—1999 年宁夏观测资料, 以高峰期百株蚜量 4 000 头以上计, 大发生的有 11 年, 1996 年高峰期百株蚜量均超过万头^[5-7]。随着全球气候变化, 麦蚜为害仍然逐步加重, 导致此现象的原因是由于宁夏麦蚜天敌的种类与数量极为缺乏, 还是麦田天敌之间存在着很强的竞争而抑制了对麦蚜种群的控制作用? 为揭示这种现象, 本研究将麦蚜天敌划分为单食性天敌、寡食性天敌、多食性天敌及杂食性天敌共 4 类功能团进行分析, 探讨了麦蚜天敌多样性及种间关系, 以期实现自然天敌对麦蚜的有效控制, 达到降低麦蚜虫口基数的目的。

1 材料与方法

1.1 材料

研究区域 I: 设在宁夏银川市兴庆区掌政乡 ($38^{\circ}26'05\text{N}$, $106^{\circ}22'04\text{E}$), 是银川平原的小麦主产地之一。2009 年选择小麦斑块 43 块, 平均面积 1 332.35 m^2 ; 2010 年选择小麦斑块 95 块, 平均面积 676.55 m^2 ; 2011 年选择小麦斑块 60 块, 平均面积 859.23 m^2 , 试验时间为 2009—2011 年, 每年 4—7 月。

研究区域 II: 设在宁夏银川市西夏区军马场 ($38^{\circ}26'11\text{N}$, $106^{\circ}22'56\text{E}$), 2009 年选择小麦斑块 27 块, 平均面积 1 332.35 m^2 ; 2010 年选择小麦斑块 13 块, 平均面积 676.55 m^2 ; 2011 年选择小麦斑块 24

块, 平均面积 745.23 m^2 。试验时间为 2009—2011 年, 每年 4—7 月。

研究区域 III: 设在宁夏贺兰山农牧场 ($38^{\circ}26'23\text{N}$, $106^{\circ}22'31\text{E}$), 2010 年选择小麦—牧草种植区 3 块, 小麦—林地种植区 3 块, 每种类型的种植区超过 15 hm^2 ; 2011 年选择 2 种小麦生境边缘类型 6 块, 平均面积 15 hm^2 。试验时间为 2010—2011 年, 每年 4—7 月。

供试仪器: eXplorist 500 LE、麦哲伦手持 GPS, 北京奥科伟业科技发展有限公司生产。

1.2 方法

1.2.1 麦蚜及其天敌种类调查方法

麦蚜调查方法: 采用棋盘式五点取样法, 根据不同研究区域田块特点分为东、南、西、北、中 5 个方位, 每个方位随机选择长势一致的 100 株小麦, 采取目测和计数相结合的方法, 每 100 株小麦观察并记录 15~20 min, 分别记录小麦上的麦长管蚜、麦二叉蚜、禾缢管蚜有翅蚜与无翅蚜的数量, 每块样地记录 5 组数据。

寄生蜂调查方法: 采用棋盘式五点取样法, 根据田块特点分为东、南、西、北、中 5 个方位, 每个方位随机选择 100 株小麦, 采取目测和计数相结合的方法, 每 100 株小麦观察并记录 15~20 min, 分别记录 100 株小麦上的僵蚜、麦长管蚜、麦二叉蚜有翅蚜与无翅蚜的数量, 将在每块样地采集的僵蚜分别装入指形瓶, 放入培养皿, 用采集日期与样地代号编号, 在条件为 $L:D=16\text{h}:8\text{h}$ 、 $20\pm1^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{RH}(65\pm3)\%$ 的光照培养箱中饲养 40 d 以上, 每天 17 点观察羽化情况, 直至僵蚜中无新的寄生蜂羽化, 将羽化的寄生蜂放入 90% 酒精浸泡, 没有羽化的僵蚜在实验室内解剖, 分析没有羽化的原因, 蚜尸放入 90% 酒精, 以待鉴定。

网捕法: 对捕食性天敌进行调查, 根据地形特点, 采用棋盘式五点取样法, 将田块分为东、南、西、北、中 5 个方位, 每个方位 10 复网, 并将采集到的昆虫成虫连同碎屑装入毒瓶, 共 5 个毒瓶, 每个方位分开装瓶, 所有成虫标本带回实验室鉴定到种, 幼虫采集到养虫瓶, 带回室内饲养至成虫后鉴定, 并记录昆虫种类和数量。

陷阱法: 采用巴氏罐诱集法调查麦田地地表甲虫及蜘蛛。用一次性塑料水杯 (高 9 cm, 口径 7.5 cm) 作为巴氏罐诱法容器, 每块样地采用五点取样法, 每个取样点平均面积为 667 m^2 , 每个取样点放置 5 个诱杯, 每块样地共放置 25 个诱杯, 每个诱杯内放 40~

60 mL 糖醋液(醋:糖:医用酒精:水重量比为2:1:1:20)。放置诱杯时间为6 d,每隔6 d 收集1 次,并更换糖醋液,收集诱杯内所有节肢动物带回实验室制作成标本并鉴定,记录每次调查的种类与数量。

1.2.2 麦蚜天敌功能团的划分及其相关关系

根据天敌在麦田中的猎物种类及取食方式,本研究把麦蚜天敌划分为4 类:单食性天敌、寡食性天敌、多食性天敌及杂食性天敌。单食性天敌包括蚜茧蜂科、蚜小蜂科、姬小蜂科等寄生性天敌,只寄生3 种麦蚜;寡食性天敌包括瓢虫科、草蛉科以及食蚜蝇科的种类,在麦田以捕食麦蚜为主,极少捕食其它小型昆虫;多食性天敌包括食虫虻科、盲蝽科、猎蝽科、隐翅甲科、姬蝽科、长蝽科、花蝽科、虎甲科以及步甲科的天敌种类,在麦田捕食小型昆虫,麦蚜只是其中的一部分,这些天敌对麦蚜的捕食没有偏好性;杂食性天敌包括蛛形纲的所有种类,这些天敌在麦田中几乎没有固定的猎物,任何小型昆虫都有可能成为猎物,取食谱更宽,甚至取食部分寡食性天敌或多食性天敌,植食性昆虫与肉食性昆虫都有可能成为其猎物。

麦蚜天敌功能团的干扰作用和交互作用,即单食性、寡食性、多食性和杂食性4 类天敌分别对麦蚜的抑制作用,以及2 类以上混合发生对麦蚜的抑制作用。干扰作用下,不同天敌功能团间存在集团内竞争捕食,对害虫控制不利;交互作用下,不同天敌功能团间相互配合,共同控制害虫。

分布频度的统计方法:*****:调查样点虫口数量>100;****:100≥调查样点虫口数量>20;***:20≥调查样点虫口数量>10;** :10≥调查样点虫口数量>5;* :5≥调查样点虫口数量>1。

1.2.3 影响麦蚜为害因子分析

调查麦蚜和天敌的同时,记录3 个研究区域小麦种植面积和其它作物、林木、空闲地的生境面积,不同试验区域采用手执GPS 测定其面积。并记录不同研究区域4—7 月小麦的喷药次数、麦蚜密度、瓢虫数量和寄生性天敌的寄生率。

1.3 数据分析

数据采用Excel 2007 与SAS 8.2 软件进行统计分析,Duncan 氏新复极差法对不同试验区域的结果进行多重比较,Tukey 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 麦蚜及天敌的种类

经连续3 年调查取样,共鉴定麦蚜天敌97 种,包括寄生性天敌16 种,其中蚜茧蜂科13 种,姬小蜂科1 种,蚜小蜂科2 种;捕食性天敌81 种,其中瓢虫科11 种,食蚜蝇科7 种,草蛉科4 种,螳螂科1 种,蝽科2 种,蜉蝣科1 种,食虫虻科2 种,姬蝽科2 种,盲蝽科、长蝽科、猎蝽科及花蝽科各1 种,隐翅甲科2 种,步甲科17 种,虎甲科3 种,蛛形纲25 种(表1)。

麦蚜寄生性天敌中蚜茧蜂属的燕麦蚜茧蜂 *Aphidius avenae* 与烟蚜茧蜂 *A. gifuensis* 是麦蚜寄生

表1 宁夏麦蚜天敌的种类及分类地位列表
Table 1 The list of natural enemies collected in wheat field of Ningxia

功能团 Module	科 Family	属 Genus	种 Species	分布频度 Frequency
寄生性天敌 Parasitoids	蚜茧蜂科 Aphidae	蚜茧蜂属 <i>Aphidius</i>	燕麦蚜茧蜂 <i>Aphidius avenae</i>	*****
			烟蚜茧蜂 <i>Aphidius gifuensis</i>	***
			四川蚜茧蜂 <i>Aphidius sichuanensis</i>	**
			阿维蚜茧蜂 <i>Aphidius ervi</i>	*
			菜蚜茧蜂 <i>Aphidius rapae</i>	*
			弓蚜茧蜂 <i>Toxares</i> sp.	*
			桃瘤蚜茧蜂 <i>Ephedrus persicae</i>	*
			混合柄瘤蚜茧蜂 <i>Lysiphlebus confuses</i>	*
			亚洲三叉蚜茧蜂 <i>Trioxys asiaticus</i>	*
			黄色三叉蚜茧蜂 <i>Trioxys pallidus</i>	*
			东方蚜外茧蜂 <i>Praon orientale</i>	*
			翼蚜外茧蜂 <i>Praon volucre</i>	**
			缢管蚜外茧蜂 <i>Praon rhopalosiphum</i>	*
	姬小蜂科 Eulophidae	啮小属蜂 <i>Tetrastichus</i>	啮小蜂 <i>Tetrastichus</i> sp.	**
	蚜小蜂科 Aphelinidae	蚜小蜂属 <i>Aphelinus</i>	白足蚜小蜂 <i>Aphelinus bipodus</i>	*
			蚜小蜂 <i>Aphelinus</i> sp.	*

续表 1

功能团 Module	科 Family	属 Genus	种 Species	分布频度 Frequency
寡食性 天敌 Specialists	瓢虫科 Coccinellidae	长足瓢虫属 <i>Hippodamia</i>	多异瓢虫 <i>Hippodamia variegata</i>	****
			十三星瓢虫 <i>Hippodamia tredecimpunctata</i>	**
		异色瓢虫属 <i>Harmonia</i>	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	****
			七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i>	**
		瓢虫属 <i>Coccinella</i>	横斑瓢虫 <i>Coccinella transversoguttata</i>	*
			横带瓢虫 <i>Coccinella trifasciata</i>	*
		小巧瓢虫属 <i>Oenopia</i>	菱斑巧瓢虫 <i>Oenopia conglobata</i>	*
		长隆瓢虫属 <i>Coccinula</i>	十一星瓢虫 <i>Coccinula undecimpunctata</i>	*
			双七瓢虫 <i>Coccinula quatuordecimpustulata</i>	*
		龟纹瓢虫属 <i>Propylea</i>	龟纹瓢虫 <i>Propylea japonica</i>	**
	食蚜蝇科 Syrphidae	小毛瓢虫属 <i>Scymnus</i>	二星瓢虫 <i>Scymnus bipunctatus</i>	*
		食蚜蝇属 <i>Syphus</i>	大灰食蚜蝇 <i>Syphus corollae</i>	**
			凹带食蚜蝇 <i>Syrphus nitens</i>	**
		黑带食蚜蝇属 <i>Episyrphus</i>	黑带食蚜蝇 <i>Episyrphus balteatus</i>	****
		细腹蚜蝇属 <i>Sphaerphoria</i>	窄腹食蚜蝇 <i>Sphaerphoria cylindrica</i>	****
		墨蚜蝇属 <i>Melanostoma</i>	梯斑食蚜蝇 <i>Melanostoma scalare</i>	**
		鼓额食蚜蝇属 <i>Scaeva</i>	月斑鼓额食蚜蝇 <i>Scaeva selenitica</i>	*
			斜斑鼓额食蚜蝇 <i>Scaeva pyrastris</i>	*
	草蛉科 Chrysopidae	草蛉属 <i>Chrysopa</i>	丽草蛉 <i>Chrysopa formosa</i>	**
			夜色草蛉 <i>Chrysopa phyllochroma</i>	*
			中华草蛉 <i>Chrysopa sinica</i>	*
			大草蛉 <i>Chrysopa pallens</i>	****
多食性 天敌 Generalists	瘿蚊科 Cecidomyiidae	蚜瘿蚊属 <i>Aphidoletes</i>	食蚜瘿蚊 <i>Aphidoletes abietis</i>	*
	蜻科 Libellulidae	黄蜻属 <i>Pantala</i>	黄衣 <i>Pantala flayescenx</i>	**
		赤蜻属 <i>Sympetrum</i>	秋赤蜻 <i>Sympetrum frequens</i>	*
	蜓科 Aeschnidae	丽大蜓属 <i>Epophthaimia</i>	闪蓝丽大蜓 <i>Epophthaimia elegans</i>	*
	食虫虻科 Asilidae	额食虫虻属 <i>Neomochtherus</i>	柯鬃额食虫虻 <i>Neomochtherus kozlovi</i>	*
		蛮食虫虻属 <i>Promachus</i>	大食虫虻 <i>Promachus yesonicus</i>	*
	姬蝽科 Nabidae	姬蝽属 <i>Nabis</i>	小姬蝽 <i>Nabis ferus</i>	*
			华姬蝽 <i>Nabis sinoferus</i>	*
	盲蝽科 Miridae	齿爪盲蝽属 <i>Deraeocoris</i>	食虫齿爪盲蝽 <i>Deraeocoris punctulatus</i>	**
	长蝽科 Lygaeidae	大眼长蝽属 <i>Geocoris</i>	白边大眼长蝽 <i>Geocoris grylloides</i>	*
	猎蝽科 Reduviidae	普猎蝽属 <i>Oncocephalus</i>	斑普猎蝽 <i>Oncocephalus</i> sp.	*
	花蝽科 Anthocoridae	小花蝽属 <i>Orius</i>	东亚小花蝽 <i>Orius sauteri</i>	**

续表 1

功能团 Module	科 Family	属 Genus	种 Species	分布频度 Frequency
杂食性 天敌 Omnivores	隐翅虫科 Staphylinidae	隐翅虫属 <i>Staphylinus</i>	白带大隐翅虫 <i>Staphylinus maxillosus</i>	***
		大眼隐翅虫属 <i>Stenus</i>	二星隐翅虫 <i>Stenus tenuipes</i>	*
	步甲科 Carabidae	星步甲属 <i>Calosma</i>	中华星步甲 <i>Calosma maderae</i>	**
		青步甲属 <i>Chlaenius</i>	毛青步甲 <i>Chlaenius pallipes</i>	****
			金缘步甲 <i>Chlaenius circumdatus</i>	*
		通缘步甲属 <i>Pterostichus</i>	直角通缘步甲 <i>Pterostichus gebleri</i>	*
		蝼步甲属 <i>Scarites</i>	单齿蝼步甲 <i>Scarites terricola</i>	***
			大蝼甲 <i>Scarites sulcatus</i>	*
		蠋步甲属 <i>Dolichus</i>	赤胸长步甲 <i>Dolichus halensis</i>	**
		伪葬步甲属 <i>Pesudotaphoxenus</i>	短翅伪葬步甲 <i>Pesudotaphoxenus brevipennis</i>	*
		皮步甲属 <i>Corsyra</i>	皮步甲 <i>Corsyra fusula</i>	*
		心胸步甲属 <i>Nebria</i>	黄缘心步甲 <i>Nebria livida</i>	**
		步甲属 <i>Carabus</i>	皱纹步甲 <i>Carabus</i> sp.	*
		婪步甲属 <i>Harpalus</i>	强婪步甲 <i>Harpalus crates</i>	***
			谷婪步甲 <i>Harpalus calceatus</i>	*
			径婪步甲 <i>Harpalus salinus</i>	**
			毛婪步甲 <i>Harpalus griseus</i>	**
		猛步甲属 <i>Cymindis</i>	双斑猛步甲 <i>Cymindis binotata</i>	*
			半猛步甲 <i>Cymindis daimio</i>	*
	虎甲科 Cicindelidae	虎甲属 <i>Cicindela</i>	云纹虎甲 <i>Cicindela elidae</i>	*
			月斑虎甲 <i>Cicindela hybrida</i>	**
			星斑虎甲 <i>Cicindela raleea</i>	*
			星豹蛛 <i>Pardosa astrigera</i>	****
	狼蛛科 Lycosidae	豹蛛属 <i>Pardosa</i>	沟渠豹蛛 <i>Pardosa laura</i>	**
			黑腹狼蛛 <i>Lycisa coelestris</i>	***
		狼蛛属 <i>Lycisa</i>	中华狼蛛 <i>Lycisa sinensis</i>	**
			广布狼蛛 <i>Lycisa erudita</i>	*
			拟环纹狼蛛 <i>Lycisa pesudannulata</i>	*
			圆尾肖蛸 <i>Tetragnatha shikokiana</i>	*
	肖蛸科 Tetragnathidae	肖蛸属 <i>Tetragnatha</i>		
	漏斗蛛科 Agelenidae	漏斗蛛属 <i>Agelena</i>	迷宫漏斗蛛 <i>Agelena opulenta</i>	**
	平腹蛛科 Gnaphosidae	平腹蛛属 <i>Gnaphosa</i>	深褐平腹蛛 <i>Gnaphosa kompirensis</i>	*
	球腹蛛科 Theridiidae	巨齿蛛属 <i>Enoplognatha</i>	叉斑巨齿蛛 <i>Enoplognatha japonic</i>	*
		球腹蛛属 <i>Theridionocto</i>	八斑球腹蛛 <i>Theridionocto macutatum</i>	*
	皿蛛科 Linyphiidae	小黑蛛属 <i>Erigonidium</i>	草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>	****
		隆背蛛属 <i>Erigone</i>	隆背微蛛 <i>Erigone prominens</i>	****
	圆蛛科 Araneidae	新圆蛛属 <i>Neoscona</i>	黄褐新圆蛛 <i>Neoscona doenitzi</i>	*
		金蛛属 <i>Argiope</i>	横纹金蛛 <i>Argiope bruennichi</i>	**
		圆蛛属 <i>Araneus</i>	大腹圆蛛 <i>Araneus ventricosus</i>	**
		亮腹蛛属 <i>Singa</i>	四点亮腹蛛 <i>Singa pygmaea</i>	**
			黑斑亮腹蛛 <i>Singa hamata</i>	**
	管巢蛛科 Clubionidae	管巢蛛属 <i>Clubiona</i>	棕管巢蛛 <i>Clubiona japonnicola</i>	*
		管蛛属 <i>Trachelas</i>	日本管蛛 <i>Trachelas japonica</i>	*
	蟹蛛科 Thomisidae	花蛛属 <i>Misumenops</i>	三突花蛛 <i>Misumenops tricuspidatus</i>	***
		逍遥蛛属 <i>Philodromus</i>	草皮逍遥蛛 <i>Philodromus cespitum</i>	**
		花蟹蛛属 <i>Xysticus</i>	鞍形花蟹蛛 <i>Xysticus ephippiatus</i>	***
			条纹花蟹蛛 <i>Xysticus striatipes</i>	*
			蒙古花蟹蛛 <i>Xysticus mongolicus</i>	**

性天敌的优势种,捕食性天敌的种类较为复杂,时空变异较大,不同区域不同时间内天敌种类与数量差异很大,但主要为步甲科、瓢虫科、草蛉科、食蚜蝇科、捕食蝽、虎甲科、隐翅甲科以及蛛形纲的多种类群,其中麦田中天敌种群数量较大的有 22 种(表 1)。

表 2 不同天敌功能团对麦蚜种群的影响及相互关系

变异来源 Varied resource	自由度 Degree of freedom <i>df</i>	均方 Mean square <i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
单食性天敌 Parasitoids	93	639. 73	147. 34	0. 0001
寡食性天敌 Specialists	93	342. 44	134. 35	0. 0001
多食性天敌 Generalists	93	254. 25	6. 45	0. 1094
杂食性天敌 Omnivores	93	618. 43	2. 46	0. 3663
单食性天敌 × 寡食性天敌 Parasitoids × specialists	93	498. 34	198. 34	0. 0001
单食性天敌 × 多食性天敌 Parasitoids × generalists	93	438. 23	164. 23	0. 0001
单食性天敌 × 杂食性天敌 Specialists × generalists	93	624. 92	67. 34	0. 0001
寡食性天敌 × 多食性天敌 Specialists × omnivores	93	298. 34	46. 23	0. 0001
寡食性天敌 × 杂食性天敌 Specialists × omnivores	93	487. 23	28. 34	0. 0001
多食性天敌 × 杂食性天敌 Generalists × omnivores	93	518. 23	3. 23	0. 2415
单食性天敌 × 寡食性天敌 × 多食性天敌 Parasitoids × specialists × generalists	93	428. 23	137. 39	0. 0001
单食性天敌 × 寡食性天敌 × 杂食性天敌 Parasitoids × specialists × omnivores	93	487. 23	93. 23	0. 0001
寡食性天敌 × 多食性天敌 × 杂食性天敌 Specialists × generalists × omnivores	93	397. 34	25. 36	0. 0001

不同麦蚜天敌功能团之间没有相互干扰作用,而是存在明显的交互作用,起着对麦蚜共同控制的作用。单食性天敌(寄生蜂)与其它 3 种天敌功能团都存在着显著的交互影响作用,寡食性天敌与多食性天敌及杂食性天敌也存在着显著的交互影响,多食性天敌与杂食性天敌之间没有明显的交互作用。任意 3 种天敌功能团之间均存在显著交互影响作用。天敌功能团的模型 $R^2 = 0. 7973$,表明 4 种天敌功能团对麦蚜的影响率为 79. 73%,麦蚜天敌功能团的相互作用,共同控制着麦蚜数量的增长。

2.3 不同地区麦蚜发生情况

研究区域 I:银川平原农作物主产区之一,麦蚜最高密度最大,麦蚜为害最严重,最高密度达 1 525 头/百株,瓢虫数量为 7 头/m²,寄生蜂的最高寄生率为 21%,喷药次数最多,每年防治麦蚜 2~3 次,此研究区域非作物生境的比例较低,仅为 19%。

研究区域 II:银川平原新开发的作物产区,麦蚜最高密度也较高,麦蚜为害也较为严重,最高密度多 达 1 392 头/百株,最高瓢虫数量为 9 头/m²,寄生蜂

2.2 不同麦蚜天敌功能团及其相关关系

不同麦蚜天敌功能团之间对麦蚜都是取食关系,但不同天敌功能团对麦蚜种群的影响作用不同。单食性和寡食性天敌种群对麦蚜种群变化影响显著,而多食性天敌与杂食性天敌种群对麦蚜种群动态无显著影响(表 2)。

的最高寄生率为 24%,每年喷药 1~2 次防治麦蚜,此研究区域非作物生境的比例也较低,为 23%。

研究区域 III:典型的旱作农业区,非作物生境占的比例较大,为 73%,但在这种农业景观结构下,麦蚜的最高密度仅为 217 头/百株,最高瓢虫数量为 23 头/m²,寄生蜂的最高寄生率为 39%,全年间不需要喷药防治麦蚜(表 3)。

3 讨论

据报道,北美、欧洲、南美以及俄罗斯普遍种植麦类作物,麦蚜同样都是最主要的害虫之一,这些麦类作物种植区域的麦蚜天敌均非常丰富,不同区域麦蚜天敌的群落结构稍有差异^[1-2]。北美麦田的重要天敌为瓢虫、草蛉以及食蚜蝇等天敌,有报道称北美麦田中麦蚜天敌超过 150 种,而欧洲气候较为湿润,地表甲虫、蜘蛛以及寄生蜂类天敌是优势类群^[1,8]。Bottell 等^[9]和 Bowwei 等^[10]研究表明麦田仅步甲类天敌就超过 100 种,天敌高度多样性是麦田的普遍特征。麦蚜天敌种类在麦田非常丰富,对

表 3 不同研究区域农业景观和农事操作对麦蚜及天敌的影响

Table 3 The effects of agricultural landscape and management on cereal aphids and natural enemies in multiple regions					
研究区域 Study region	麦蚜最高密度（百株蚜量） The abundance of aphid (individuals/100 straws)	最高瓢虫数量（头/m ² ） The abundance of predators	最高寄生率 Parasitism（%）	喷药次数 Pesticide application	非作物生境比例 Percentage of non-crop（%）
研究区域 I Study region I	1 525	7	21	2 ~ 3	19
研究区域 II Study region II	1 392	9	24	1 ~ 2	23
研究区域 III Study region III	217	23	39	0	73

控制麦蚜种群影响显著,不同天敌种群作用亦不相同,蜘蛛类及步甲类天敌种群数量比较稳定,在麦蚜发生前期种群数量稍大,是前期控制麦蚜的重要天敌,寄生蜂类、草蛉类以及食蚜蝇类天敌种群在麦蚜发生中期数量较大,是种群增长期控制麦蚜的重要天敌,而瓢虫类天敌种群在麦蚜发生后期数量较大,是后期控制麦蚜的重要天敌。

麦蚜天敌物种多样性指数非常高,麦蚜是单食性天敌唯一的猎物,这些天敌共同分享着一种猎物。单食性天敌与寡食性天敌对麦蚜种群影响显著,多食性天敌与杂食性天敌对麦蚜种群动态影响不显著,除了多食性天敌与杂食性天敌之间没有明显的交互作用外,其余不同天敌功能团之间均存在着明显的交互作用。虽然大量的麦蚜天敌分享着同一种猎物,但麦田中麦蚜的多种天敌之间并没有存在明显的竞争关系^[10-11]。不同天敌功能团之间并不是相互竞争关系,而大多数存在着明显的交互作用,也就是一种相互补充、相互协作的关系。种的特异性是麦蚜天敌的重要特征之一,不同种类天敌之间的功能与作用互不重叠,相互补充,是一种自然进化的和谐表现,每种天敌占据着自己的生态位与资源,共同对麦蚜起着控制作用^[12-14]。目前德国科学家 Thies 等^[15-17]研究表明农业景观格局的设置与规划可能是生物防治的有效途径,尤其在天敌资源较为丰富的作物中,这些结论也得到了美国学者 Landis 等^[18]的认同。我国宁夏小麦产区麦蚜天敌资源非常丰富,麦蚜为害一般在 5 月底左右,此时是麦蚜种群发生高峰期,大量的天敌资源对麦蚜种群发生有强烈抑制作用。天敌种群均处于一种动态变化,但每个时期麦蚜天敌多样性都较高,尤其是麦田处在非作物生境比例较高的农业景观中,麦田天敌多样性更高,麦蚜几乎不需要防治,这里农业景观中非作物生境比例占 70% 以上。大量的天敌有效控制麦

蚜种群,因此利用麦田中多种天敌的共同作用控制麦蚜是非常有前景的。综上所述,本试验结果表明宁夏小麦产区无论是山区还是灌区,麦蚜天敌的种类极为丰富,多样性较高,与北美及欧洲麦田中的麦蚜天敌多样性较为相似,麦蚜天敌之间是相互协作、互相补充的关系,竞争关系与相互干扰关系并不明显,而是共同起作用控制麦蚜种群,并且对控制麦蚜种群在经济阈值以下具有很大的潜力^[19-20]。

参 考 文 献 (References)

[1] Brewer M J, Elliott N C. Biological control of cereal aphids in North America and mediating effects of host plant and habitat manipulation. *Annual Review of Entomology*, 2004, 49: 219 – 242

[2] 齐国俊, 作均祥. 陕西麦田害虫与天敌彩色图鉴. 西安: 西安地图出版社, 2002

[3] 赵紫华, 石云, 贺达汉, 等. 不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响. *生态学报*, 2010, 30(3): 6380 – 6388

[4] 赵紫华, 贺达汉, 杭佳, 等. 设施农业景观下破碎化麦田麦蚜及寄生蜂种群的最小适生面积. *应用生态学报*, 2011, 22(1): 206 – 214

[5] 赵紫华, 王颖, 贺达汉, 等. 苜蓿草地生境丧失与破碎化对昆虫物种丧失与群落重建的影响. *生物多样性*, 2011, 19(4): 453 – 462

[6] 赵紫华, 王颖, 贺达汉, 等. 麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应及其关键景观因子分析. *生态学报*, 2012, 32(2): 472 – 482

[7] 赵紫华, 关晓庆, 贺达汉. 设施农业中景观结构对麦蚜寄生蜂群落组成的影响. *应用昆虫学报*, 2012, 49(1): 220 – 228

[8] Abate T, van Huis A, Ampofo J K O. Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 631 – 659

[9] Bottell D G, Barbosa P, Gould F. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: a realistic strategy? *Annual Review of Entomology*, 1998, 43: 347 – 367

[10] Bowrie M H, Gurr G M, Hossain Z, et al. Effects of distance from field edge on aphidophagous insects in a wheat crop and

- observations on trap design and placement. *International Journal of Pest Management*, 1999, 45(1): 69 – 73
- [11] Bindra A D, Sharma P K. Production potential and aphid incidence in wheat + *Brassica* intercropping system in mid hills of Himachal Pradesh. *Crop Research (Hisar)*, 2003, 25(3): 555 – 557
- [12] Bianchi F J J A, Booij C J H, Tschamtkke T. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 2006, 273(1595): 1715 – 1727
- [13] Bianchi F J J A, van der Werf W. Model evaluation of the function of prey in non-crop habitats for biological control by ladybeetles in agricultural landscapes. *Ecological Modelling*, 2004, 171(1/2): 177 – 193
- [14] Bianchi F J J A, van Wingerden W K R E, Griffioen A J, et al. Landscape factors affecting the control of *Mamestra brassicae* by natural enemies in Brussels sprout. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2005, 107(2/3): 145 – 150
- [15] Thies C, Roschewitz I, Tschamtkke T. The landscape context of cereal aphid-parasitoid interaction. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 2005, 272: 203 – 210
- [16] Thies C, Steffan-Dewenter I, Tschamtkke T. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 2003, 101(1): 18 – 25
- [17] Thies C, Steffan-Dewenter I, Tschamtkke T. Interannual landscape changes influence plant-herbivore-parasitoid interactions. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2008, 125(1/4): 266 – 268
- [18] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175 – 201
- [19] Finch S, Collier R H. Host plant selection by insects: a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2000, 96(2): 91 – 102
- [20] Jackson R E, Bradley J R, van Duyn J, et al. Regional assessment of *Helicoverpa zea* populations on cotton and non-cotton crop hosts. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2008, 126(2): 89 – 106

(责任编辑:高峰)