

麦蚜寄生蜂和捕食性天敌种群对景观复杂性的响应^{*}

刘军和^{**} 禹明甫

(黄淮学院生物工程系 驻马店 463000)

摘要 农业景观结构影响昆虫的物种组成与多样性,本文选择复杂景观和简单景观的麦田景观为研究对象,研究了不同麦田景观结构对麦蚜天敌种群的影响。在简单与复杂两种景观下,分析了麦蚜寄生蜂和捕食性天敌的迁入时间、迁入量、种群增长率及种群密度之间的差异。结果表明:复杂景观中麦蚜寄生蜂和捕食性天敌的物种多样性较高,复杂景观下寄生蜂的迁入量高于简单景观下寄生蜂的迁入量。景观复杂性同样影响捕食性天敌的迁入时间,且捕食性天敌在复杂景观下迁入量均高于简单景观,而且存在显著性差异。两种景观中寄生蜂和捕食性天敌种群增长速率与最大种群密度均存在显著性差异。

关键词 景观复杂性,麦蚜,天敌,种群动态

Response of parasitoids and predators of cereal aphids to landscape complexity

LIU Jun-He^{**} YU Ming-Fu

(Department of Biological Engineering of Huanghuai University, Zhumadian 463000, China)

Abstract The agricultural landscape greatly affects insect species composition and diversity. In this study, two agricultural landscapes, one complex and the other simple, were selected to analyze the effects of landscape complexity on the species diversity and dynamics of natural enemies of the cereal aphid. Immigration periods, the number of immigrants, population growth rate, and maximum population density were analyzed in the simple and complex agricultural landscapes. Species diversity of natural enemies was found to be greater in the complex landscape than that in the simple landscape. Natural enemies in the complex landscape exerted effective control on cereal aphids. The numbers of immigrating parasitoids in the complex landscape were higher than those in the simple landscape. Predators of cereal aphids displayed similar trends and the differences between landscapes were significant. Population growth rates and the maximum population densities of parasitoids and predators were significantly different between simple and complex landscapes.

Key words landscape complexity, cereal aphid, natural enemy, dynamics

农业生态系统中作物的集约化生产导致农业景观发生了巨大的改变,尤其是土地覆盖和生境类型的变化,这种大尺度上的景观变化可能改变了昆虫间的相互关系,从而对害虫以及天敌种群产生了巨大的影响 (Bianchi *et al.*, 2006; Tschamtk *et al.*, 2008; 赵紫华等, 2012c)。这种大尺度上的害虫种群控制研究近年来引起了国内外

学者的广泛关注,目前已成为害虫种群控制的重要研究方向 (戈峰, 2011; Tschamtk *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2012)。近 10 年来,随着研究手段和观测技术的提高与改进,以及天敌迁飞行为特征研究的深入,逐渐发现天敌通常在不同的生境中频繁的迁入迁出,天敌在农业景观中的不同生境转移成为多种天敌的重要特征 (Chaplin-Kramer

^{*} 资助项目:河南省自然科学基金 (132102110021); 河南省科技攻关项目 (122102110171) 和河南省高等学校青年骨干教师资助计划 (2012GGJS-219)。

^{**} E-mail: liujunhe_79@126.com

收稿日期: 2012-09-09, 接受日期: 2012-11-20

et al., 2011; Thies *et al.*, 2011)。大量实验也表明,农业景观对害虫发生以及天敌控害有重要的影响作用,农业景观的设计以及布局是实现控害保益功能的有效途径(Pluess *et al.*, 2010; Holland *et al.*, 2012; 赵紫华等, 2012b)。

农业景观组成能够影响天敌种群动态,复杂景观能够为天敌提供更多的转移寄主以及食物等,因此能够维持更高的天敌种群(Thies *et al.*, 2005; Woltz *et al.*, 2012)。简单景观正好相反,天敌种群无法在多种生境中相互扩散,很多天敌转移过程中死亡率较高(Batary *et al.*, 2012)。然而,也有不少学者发现景观结构的复杂性对天敌物种组成以及丰度并没有明显的影响(Menalled *et al.*, 1999; Vollhardt *et al.*, 2008; 赵紫华等, 2011)。为研究天敌与景观结构之间的关系,探索景观复杂性对天敌种群特征的影响,本文以银川平原麦蚜寄生蜂与捕食性天敌为研究对象,研究麦蚜寄生蜂与捕食性天敌在不同农业景观格局下的分布特征。本文利用并设置了不同的农业景观复杂性,研究麦蚜天敌物种组成及多样性与景观复杂性的关系。根据经典的理论与证据,提出了以下假说: 1) 景观复杂性与麦田天敌的多样性呈正相关关系,景观复杂性越高,麦蚜天敌的多样性越高; 2) 复杂景观下麦蚜天敌的捕食率与寄生率更高。本文探讨景观复杂性对麦蚜寄生蜂和捕食性天敌的影响,研究麦蚜天敌在农业景观中的种群动态变化,对揭示麦蚜天敌活动规律、蚜虫生物防治及预测预报具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究区域设为(1)复杂的景观或高度异质化的景观;(2)简单的景观结构或高度同质化的景观(赵紫华等, 2010; 赵紫华等, 2012c)。复杂景观设在宁夏银川市西夏区军马场,这里是温室大棚设施农业集中区,有着大片的设施温室大棚,土地面积较少,居民区较多,农田、道路、林地、杂粮与荒地交错纵横,形成了复杂的农业景观格局,主要种植小麦、玉米和蔬菜为主,小麦斑块面积较小,选择棚间空地小麦斑块 27 块(GPS, eXplorist 500 LE, MAGELLAN),平均面积 85.19 m^2 ;简单景观设在兴庆区掌政乡,这里为银川平原的小麦主产区,土地面积广阔,小麦种植广泛,作物品种单一,仅有部分

水稻种植,随逐年降水减少,水稻产区逐步衰退,小麦面积逐年扩大,选择简单景观中小麦斑块 22 块,平均面积 $4\,356.88 \text{ m}^2$ 。所有的调查区都为春麦区。试验调查研究为 2009、2010 及 2011 年,每年 4—7 月进行麦蚜寄生蜂以及捕食性天敌调查。

1.2 研究方法

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 株小麦上的僵蚜数,将每块样地采集到的所有僵蚜分别装入指形瓶,带回实验室放入培养皿,放入光照培养箱中饲养,饲养条件(L:D = 16:8, $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH = $65\% \pm 3\%$),共饲养 40 d 以上,每天 17:00 观察羽化的情况,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,观察没有羽化的原因,蚜尸放入 90% 酒精,以待鉴定(赵紫华等, 2012a)。

捕食性天敌调查分为网捕法和陷阱法。网捕法:进行捕食性天敌的调查,根据地形特点,同样采用棋盘式 5 点随机取样法,每点 10 复网,每 10 复网采集到的昆虫成虫连同碎屑一块装入毒瓶,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,幼虫采集放入养虫瓶,带回室内饲养至成虫后鉴定,鉴定并记录昆虫种类和数量(赵紫华等, 2012b)。陷阱法:调查麦田地表甲虫及蜘蛛。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,每块样地同样选取 5 个取样点,每个小取样点放置 5 个诱杯,每块样地放置 25 个诱杯,引诱剂为醋、糖、医用酒精和水的混合物,重量比为 2:1:1:20,每个诱杯内放引诱剂 40 ~ 60 mL。放置诱杯时间为 6 d,每隔 6 d 收集一次,同时更换诱液,收集诱杯内所有节肢动物带回实验室并鉴定,记录每次调查的种类与数量(赵紫华等, 2012b)。

调查时间每年从 4 月 10 日开始,到 6 月 30 日结束,每 10 d 调查一次,寄生蜂与捕食性天敌同时共调查 8 次,全部记录各种天敌的种类与数量。麦蚜种群不同时期划分:根据麦蚜种群变化,同样把天敌种群动态划分为迁入期,麦蚜增长期,麦蚜稳定期。分别进行迁入期种群,种群增长速度以

et al., 2011; Thies *et al.*, 2011)。大量实验也表明,农业景观对害虫发生以及天敌控害有重要的影响作用,农业景观的设计以及布局是实现控害保益功能的有效途径(Pluess *et al.*, 2010; Holland *et al.*, 2012; 赵紫华等, 2012b)。

农业景观组成能够影响天敌种群动态,复杂景观能够为天敌提供更多的转移寄主以及食物等,因此能够维持更高的天敌种群(Thies *et al.*, 2005; Woltz *et al.*, 2012)。简单景观正好相反,天敌种群无法在多种生境中相互扩散,很多天敌转移过程中死亡率较高(Batary *et al.*, 2012)。然而,也有不少学者发现景观结构的复杂性对天敌物种组成以及丰度并没有明显的影响(Menalled *et al.*, 1999; Vollhardt *et al.*, 2008; 赵紫华等, 2011)。为研究天敌与景观结构之间的关系,探索景观复杂性对天敌种群特征的影响,本文以银川平原麦蚜寄生蜂与捕食性天敌为研究对象,研究麦蚜寄生蜂与捕食性天敌在不同农业景观格局下的分布特征。本文利用并设置了不同的农业景观复杂性,研究麦蚜天敌物种组成及多样性与景观复杂性的关系。根据经典的理论与证据,提出了以下假说: 1) 景观复杂性与麦田天敌的多样性呈正相关关系,景观复杂性越高,麦蚜天敌的多样性越高; 2) 复杂景观下麦蚜天敌的捕食率与寄生率更高。本文探讨景观复杂性对麦蚜寄生蜂和捕食性天敌的影响,研究麦蚜天敌在农业景观中的种群动态变化,对揭示麦蚜天敌活动规律、蚜虫生物防治及预测预报具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究区域设为(1)复杂的景观或高度异质化的景观;(2)简单的景观结构或高度同质化的景观(赵紫华等, 2010; 赵紫华等, 2012c)。复杂景观设在宁夏银川市西夏区军马场,这里是温室大棚设施农业集中区,有着大片的设施温室大棚,土地面积较少,居民区较多,农田、道路、林地、杂粮与荒地交错纵横,形成了复杂的农业景观格局,主要种植小麦、玉米和蔬菜为主,小麦斑块面积较小,选择棚间空地小麦斑块 27 块(GPS, eXplorist 500 LE, MAGELLAN),平均面积 85.19 m^2 ;简单景观设在兴庆区掌政乡,这里为银川平原的小麦主产区,土地面积广阔,小麦种植广泛,作物品种单一,仅有部分

水稻种植,随逐年降水减少,水稻产区逐步衰退,小麦面积逐年扩大,选择简单景观中小麦斑块 22 块,平均面积 $4\,356.88 \text{ m}^2$ 。所有的调查区都为春麦区。试验调查研究为 2009、2010 及 2011 年,每年 4—7 月进行麦蚜寄生蜂以及捕食性天敌调查。

1.2 研究方法

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 株小麦上的僵蚜数,将每块样地采集到的所有僵蚜分别装入指形瓶,带回实验室放入培养皿,放入光照培养箱中饲养,饲养条件(L:D = 16:8, $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH = $65\% \pm 3\%$),共饲养 40 d 以上,每天 17:00 观察羽化的情况,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,观察没有羽化的原因,蚜尸放入 90% 酒精,以待鉴定(赵紫华等, 2012a)。

捕食性天敌调查分为网捕法和陷阱法。网捕法:进行捕食性天敌的调查,根据地形特点,同样采用棋盘式 5 点随机取样法,每点 10 复网,每 10 复网采集到的昆虫成虫连同碎屑一块装入毒瓶,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,幼虫采集放入养虫瓶,带回室内饲养至成虫后鉴定,鉴定并记录昆虫种类和数量(赵紫华等, 2012b)。陷阱法:调查麦田地表甲虫及蜘蛛。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,每块样地同样选取 5 个取样点,每个小取样点放置 5 个诱杯,每块样地放置 25 个诱杯,引诱剂为醋、糖、医用酒精和水的混合物,重量比为 2:1:1:20,每个诱杯内放引诱剂 40 ~ 60 mL。放置诱杯时间为 6 d,每隔 6 d 收集一次,同时更换诱液,收集诱杯内所有节肢动物带回实验室并鉴定,记录每次调查的种类与数量(赵紫华等, 2012b)。

调查时间每年从 4 月 10 日开始,到 6 月 30 日结束,每 10 d 调查一次,寄生蜂与捕食性天敌同时共调查 8 次,全部记录各种天敌的种类与数量。麦蚜种群不同时期划分:根据麦蚜种群变化,同样把天敌种群动态划分为迁入期,麦蚜增长期,麦蚜稳定期。分别进行迁入期种群,种群增长速度以

及最大种群密度分析(赵紫华等,2010)。

1.3 分析方法

方差分析(ANOVA)使用 Duncan's 法对不同样本(简单农业景观与复杂农业景观)的结果进行多重比较,并进行 Turkey 显著性检验。以上数据处理分析及作图均采用 Microsoft Office Excel 与 SAS 8.2 (Statistics Analysis System 8.2, SAS Institute Inc.) 数据处理系统进行。

2 结果与分析

2.1 迁入期农业景观对麦蚜及天敌种群的影响

2.1.1 迁入期景观复杂性对麦蚜寄生性天敌迁入的影响 燕麦蚜茧蜂在复杂景观下麦田的最早发生时间为4月26日,而落后于简单景观下10 d左右,其余4种初寄生蜂也表现出相似的规律,烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis*、四川蚜茧蜂 *A. sichuanensis*、混合柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus confusus* 与翼蚜外茧蜂 *Praon volucre* 在复杂景观下的最早发生时间分别为5月10日、5月13日、4月30日与5月13日(表1),比简单景观下4种寄生蜂分别晚5、3、9与5 d。不同寄生蜂种类的迁入量差异较大,烟蚜茧蜂迁入量最大,在复杂景观下为(0.56 ± 0.27)头/百株,高于简单景观下烟蚜茧蜂的迁入量(0.36 ± 0.18)头/百株,有显著性差异,燕麦蚜茧蜂,四川蚜茧蜂与翼蚜外茧蜂在复杂景观下的迁入量均高于简单景观下的迁入量,只有混合柄瘤蚜茧蜂正好相反,在复杂景观与简单景观下的迁入量分别为(0.08 ± 0.05)头/百株与(0.11 ± 0.08)头/百株(表1)。复杂景观下总初寄生蜂的迁入量(1.47 ± 0.53)头/百株高于简单景观下寄生蜂的迁入量(1.07 ± 0.42)头/百株,差异显著(表1)。

2.1.2 迁入期景观复杂性对麦蚜捕食性天敌迁入的影响 不同景观复杂性下捕食性天敌迁入时间的影响差异较大。2种农业景观格局下十三星瓢虫 *Hippodamia tredecimpunctata* 最早发生时间分别为4月26日与4月16日,十三星瓢虫在简单景观中迁入时间早于复杂景观中10 d,毛青步甲 *Chlaenius pallipes* 与星豹蛛 *Pardosa astrigera* 在第1次调查取样时就存在,发生时间最早(4月10日),可能是麦田中长期存在的天敌种类。多异瓢虫 *Hippodamia variegata*、凹带食蚜蝇 *Metasyrphus*

corollae、中华草蛉 *Chrysopa intima* 与黑点食蚜盲蝽 *Deraeocoris punctulatus* 种群在复杂景观下发生时间均早于简单景观下的发生时间(表2)。

不同捕食性天敌在2种景观中的迁入量也存在较大的差异(表2)。所有的捕食性天敌在复杂景观下迁入量均高于简单景观下的迁入量,其中十三星瓢虫、凹带食蚜蝇、毛青步甲与星豹蛛在2种复杂性的景观中迁入量差异显著,在复杂景观下的迁入量分别为(0.93 ± 0.41)、(0.79 ± 0.26)、(5.62 ± 3.19)与(3.18 ± 0.93)头/10复网,在简单景观下的迁入量分别为(0.41 ± 0.26)、(0.31 ± 0.14)、(1.62 ± 1.27)与(1.86 ± 0.53)头/10复网。多异瓢虫、中华草蛉与黑点食蚜盲蝽在2种不同的景观下迁入量差异不显著,在复杂景观下的迁入量为(0.41 ± 0.19)、(0.52 ± 0.37)与(1.09 ± 0.61)头/10复网,在简单景观下的迁入量分别为(0.33 ± 0.19)、(0.23 ± 0.12)与(0.88 ± 0.37)头/10复网。2种不同景观下捕食性天敌的总量也存在显著性差异,捕食性天敌总量分别为(11.54 ± 3.62)头/10复网与(5.64 ± 1.21)头/10复网。

2.2 景观复杂性对麦蚜天敌增长速率与最大种群密度的影响

2.2.1 不同景观结构对初寄生蜂种群增长速率与最大种群密度的影响 复杂景观与简单景观中不同种类初寄生蜂种群增长速率与最大种群密度差异较大(表3)。共列出了5种寄生蜂优势种,其中4种在复杂景观中分布较多(表3),分别为燕麦蚜茧蜂 *Aphidius avenae*、烟蚜茧蜂 *A. gifuensis*、四川蚜茧蜂 *A. sichuanensis* 与混合柄瘤蚜茧蜂 *Lysiphlebus confusus*,只有翼蚜外茧蜂 *Praon volucre* 在简单景观中分布较多。其中燕麦蚜茧蜂在不同景观中的种群分布差异显著($F = 36.26, df = 14, P = 0.0001$),其余差异不显著。其中4种寄生蜂在简单景观下种群增长速率较快(表3),分别为燕麦蚜茧蜂,烟蚜茧蜂,混合柄瘤蚜茧蜂与翼蚜外茧蜂,只有翼蚜外茧蜂差异显著($F = 28.86, df = 14, P = 0.0001$,表3)。只有四川蚜茧蜂在复杂景观下种群增长速率高于简单景观下的种群增长速率,差异不显著($F = 3.26, df = 14, P = 0.089$)。总初寄生蜂在不同景观下种群增长速率差异不显著,最大种群密度差异显著($F = 18.62, df = 14, P = 0.026$,表3)。

表 1 不同景观结构对麦蚜寄生蜂种群发生时间与迁入量的影响

Table 1 Effects of different agricultural landscape structure for immigration time and numbers of parasitoids

迁入期 Immigration periods		复杂景观 Complex landscape	简单景观 Simple landscape
燕麦蚜茧蜂 <i>Aphidius avenae</i>	最早发生时间 Immigration time	4 月 26 日	4 月 16 日
	迁入量(头/百株) Immigration numbers	0.46 ± 0.28a	0.32 ± 0.22b
烟蚜茧蜂 <i>A. gifuensis</i>	最早发生时间 Immigration time	5 月 10 日	5 月 5 日
	迁入量(头/百株) Immigration numbers	0.56 ± 0.27a	0.36 ± 0.18b
四川蚜茧蜂 <i>A. sichuanensis</i>	最早发生时间 Immigration time	5 月 13 日	5 月 10 日
	迁入量(头/百株) Immigration numbers	0.23 ± 0.11a	0.16 ± 0.17b
混合柄瘤蚜茧蜂 <i>Lysiphlebus confusus</i>	最早发生时间 Immigration time	4 月 30 日	5 月 8 日
	迁入量(头/百株) Immigration numbers	0.08 ± 0.05a	0.11 ± 0.08b
翼蚜外茧蜂 <i>Praon volucre</i>	最早发生时间 Immigration time	5 月 13 日	5 月 8 日
	迁入量(头/百株) Immigration numbers	0.14 ± 0.07a	0.12 ± 0.14b
总初寄生蜂 Total parasitoids	最早发生时间 Immigration time	4 月 26 日	4 月 16 日
	迁入量(头/百株) Immigration numbers	1.47 ± 0.53a	1.07 ± 0.42b

注:表中数据后标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),采用 Duncan's 差异显著性方法。下表同。
Data followed by different small letters indicate significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

2.2.2 不同景观结构对麦蚜捕食性天敌种群增长速率与最大种群密度的影响 不同捕食性天敌在不同景观中种群增长速率与最大种群密度差异较大(表 4)。本文共计算了 7 种优势捕食性天敌的种群增长速率与最大种群密度,其中 6 种,十三星瓢虫,多异瓢虫,凹带食蚜蝇,毛青步甲,中华草蛉与黑点食蚜盲蝽在复杂景观下种群增长速率与最大种群密度均高于简单景观,其中不同景观下凹带食蚜蝇($F = 19.69, 23.92, df = 14, P = 0.029$,

0.021 ,表 4),毛青步甲($F = 16.82, 39.95, df = 14, P = 0.034, 0.001$,表 4)与中华草蛉($F = 13.62, 12.66, df = 14, P = 0.038, 0.041$,表 4)的种群增长速率与最大种群密度差异显著。只有星豹蛛在简单景观下种群增长速率与最大种群密度较高,但差异不显著($F = 5.26, 4.15, df = 14, P = 0.069, 0.078$,表 4)。总捕食性天敌在不同农业景观下种群增长速率与最大种群密度差异显著($F = 22.69, 28.91, df = 14, P = 0.023, 0.018$,表 4)。

表 2 不同景观结构对捕食性天敌种群发生时间与迁入量的影响

Table 2 Effects of different agricultural landscape structure for immigration time and numbers of predators

迁入期 Immigration periods		复杂景观 Complex agricultural landscape	简单景观 Simple agricultural landscape
十三星瓢虫 <i>Hippodamia tredecimpunctata</i>	最早发生时间 Immigration time	4 月 26 日	4 月 16 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	0.93 ± 0.41 a	0.41 ± 0.26 b
多异瓢虫 <i>Hippodamia variegata</i>	最早发生时间 Immigration time	5 月 2 日	5 月 10 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	0.41 ± 0.19 a	0.33 ± 0.19 a
凹带食蚜蝇 <i>Metasyrphus corollae</i>	最早发生时间 Immigration time	5 月 2 日	5 月 10 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	0.79 ± 0.26 a	0.31 ± 0.14 b
毛青步甲 <i>Chlaenius pallipes</i>	最早发生时间 Immigration time	4 月 10 日	4 月 10 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	5.62 ± 3.19 a	1.62 ± 1.27 b
中华草蛉 <i>Chrysopa intima</i>	最早发生时间 Immigration time	4 月 30 日	5 月 8 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	0.52 ± 0.37 a	0.23 ± 0.12 a
星豹蛛 <i>Pardosa astrigera</i>	最早发生时间 Immigration time	4 月 10 日	4 月 10 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	3.18 ± 0.93 a	1.86 ± 0.53 b
黑点食蚜盲蝽 <i>Deraeocoris punctulatus</i>	最早发生时间 Immigration time	4 月 26 日	5 月 5 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	1.09 ± 0.61 a	0.88 ± 0.37 a
总捕食性天敌 Total predators	最早发生时间 Immigration time	4 月 10 日	4 月 10 日
	迁入量(头/10 复网) Immigration numbers	11.54 ± 3.62 a	5.64 ± 1.21 b

表 3 不同景观结构对初寄生蜂种群增长速率与种群密度的影响

Table 3 Effects of different agricultural landscape for growth rate and max population density of parasitoids

增长期与稳定期 Immigration periods		复杂景观 Complex agricultural landscape	简单景观 Simple agricultural landscape
燕麦蚜茧蜂 <i>Aphidius avenae</i>	增长速率(%) Growth rate	18.63 ± 3.62	21.65 ± 6.93
	最大种群密度(头/百株) Max population density	139.62 ± 32.63a	96.83 ± 21.83b
烟蚜茧蜂 <i>A. gifuensis</i>	增长速率(%) Growth rate	11.26 ± 2.93	13.52 ± 4.83
	最大种群密度(头/百株) Max population density	62.53 ± 18.63	46.83 ± 15.81
四川蚜茧蜂 <i>A. sichuanensis</i>	增长速率(%) Growth rate	9.63 ± 2.83	7.82 ± 1.99
	最大种群密度(头/百株) Max population density	1.26 ± 0.28	1.13 ± 0.19
混合柄瘤蚜茧蜂 <i>Lysiphlebus confusus</i>	增长速率(%) Growth rate	7.26 ± 2.92	9.36 ± 3.62
	最大种群密度(头/百株) Max population density	0.92 ± 0.19	0.83 ± 0.21
翼蚜外茧蜂 <i>Praon volucre</i>	增长速率(%) Growth rate	3.25 ± 1.16	5.36 ± 1.83
	最大种群密度(头/百株) Max population density	1.08 ± 0.31	1.24 ± 0.418
总初寄生蜂 Total parasitoids	增长速率(%) Growth rate	10.01 ± 3.63	11.71 ± 4.82
	最大种群密度(头/百株) Max population density	205.41 ± 43.26	146.86 ± 31.63

3 讨论

非作物生境比例较高的复杂景观中,麦田天敌多样性通常较高,很多学者认为复杂景观能够维持更高的天敌多样性,更有利于发挥生物控害功能,因此复杂景观中大量天敌可以有效的控制了害虫种群 (Bianchi *et al.* , 2006; Tscharntke *et al.* ,2012)。但本文的研究中发现复杂景观中寄生蜂的寄生率高于简单景观中的寄生率,但这种差异并不显著。对于这种不显著性可能包括下面 3 点原因:(1)景观复杂性能够影响寄生蜂的丰富度与多样性,但本文采取了单尺度研究,这种影响可能并不在我们研究的尺度上。(2)在试验中复

杂景观中的非作物生境不能给天敌提供很多的转移寄主和猎物,这种复杂景观中非作物生境存在特异性,只有特定的非作物生境才能够提高有效的生物防治服务功能,而在本文的研究中复杂景观中这种特异的非作物生境很少。(3)生境复杂性存在阈值效应,而本文选取的复杂景观中非作物生境的比例仍然较低,并不能为寄生蜂提供长期稳定的环境来维持稳定的种群。不同景观类型中寄生蜂与转移寄主的种群动态不同,寄生蜂能够改变寄主行为,例如趋光性、聚集性、取食行为、交配行为、繁殖后代与大量的社会性行为活动。寄生率在不同的景观类型中差异不显著,但寄主密度通常也是影响寄生蜂寄生率的主要因素之一

表 4 不同景观结构对捕食性天敌种群增长速率与最大种群密度的影响

Table 4 Effects of different agricultural landscape for growth rate and max population density of predators

增长期与稳定期 Immigration periods		复杂景观 Complex agricultural landscape	简单景观 Simple agricultural landscape
十三星瓢虫 <i>Hippodamia tredecimpunctata</i>	增长速率(%) Growth rate	7.26 ± 2.39	5.36 ± 2.03
	最大种群密度(头/百株) Max population density	10.67 ± 3.60	6.91 ± 2.38
多异瓢虫 <i>Hippodamia variegata</i>	增长速率(%) Growth rate	6.45 ± 2.31	5.26 ± 1.96
	最大种群密度(头/百株) Max population density	13.83 ± 3.66	11.22 ± 4.06
凹带食蚜蝇 <i>Metasyrphus corollae</i>	增长速率(%) Growth rate	8.63 ± 4.26	3.19 ± 1.01
	最大种群密度(头/百株) Max population density	1.31 ± 0.34	0.68 ± 0.14
毛青步甲 <i>Chlaenius pallipes</i>	增长速率(%) Growth rate	0.87 ± 0.22	0.43 ± 0.11
	最大种群密度(头/百株) Max population density	4.38 ± 1.09	1.01 ± 0.16
中华草蛉 <i>Chrysopa intima</i>	增长速率(%) Growth rate	14.09 ± 5.21a	8.67 ± 2.34b
	最大种群密度(头/百株) Max population density	7.63 ± 2.26	5.29 ± 3.01
星豹蛛 <i>Pardosa astrigera</i>	增长速率(%) Growth rate	1.26 ± 0.41	1.52 ± 0.71
	最大种群密度(头/百株) Max population density	5.66 ± 2.36	6.29 ± 3.21
黑点食蚜盲蝽 <i>Deraeocoris punctulatus</i>	增长速率(%) Growth rate	3.62 ± 1.21	2.38 ± 0.92
	最大种群密度(头/百株) Max population density	2.69 ± 0.88	2.37 ± 0.79
总捕食性天敌 Total predators	增长速率(%) Growth rate	5.88 ± 1.88	3.83 ± 1.36
	最大种群密度(头/百株) Max population density	46.17 ± 15.26	33.77 ± 10.89

(Zhao *et al.* ,2012)。寄生蜂的丰富度与多样性随着寄主密度的增加而增加,因此在简单景观中也能表现出高的多样性。

农业景观中高比例的非作物生境能够增加捕食性天敌的种群数量,提高捕食性天敌对麦蚜种

群的控制作用 (Schmidt-Entling and Dobeli ,2009; Thies *et al.* ,2011)。而且景观复杂性同样能够增加捕食性天敌的多样性,因此农业景观设计中应该考虑景观复杂性对天敌物种多样性维持的功能。通过保护性生物防治进行景观镶嵌体的设计

来合理的分配资源,这些在生物防治上还没有得到足够的关注 (Tscharnkte *et al.*, 2007; Pluess *et al.*, 2010)。这种景观镶嵌体的发展能够使资源更合理的分配,促进天敌的捕食效率,切断害虫的迁移路线,最大程度的提高生物防治效果。镶嵌体景观包括农业中草地、林地、湿地、建筑、田埂与道路等,应该充分利用这些资源来加强生物防治,而最大程度的获取生态服务价值 (Tscharnkte *et al.*, 2008; Chaplin-Kramer *et al.*, 2011)。

综上所述,景观复杂性能够影响麦蚜天敌群落的物种组成和分布,尤其非作物生境在天敌种群的维持中发挥着重要的功能,但这种功能的发挥还需要更多景观复杂性研究 (Gardiner *et al.*, 2009)。因此为进一步研究景观结构对麦蚜天敌种群结构及动态的影响,我们还应在以下几方面深入研究调查:(1)景观结构复杂性与天敌寻找寄主及种群增长率之间的数量关系?(2)复杂景观结构下生境破碎化是否影响捕食性天敌及寄生性天敌对猎物的寻找效应?(3)何种程度的复杂景观影响捕食性天敌及寄生性天敌对猎物的寻找效应?

参考文献 (References)

Batary P, Holzschuh A, Orsi KM, Samu F, Tscharnkte T, 2012. Responses of plant insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 146(1): 130–136.

Bianchi FJJA, Booij CJH, Tscharnkte T, 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition biodiversity and natural pest control. *Proc. Roy. Soc. B-Biol. Sci.*, 273(1595):1715–1727.

Chaplin-Kramer R, O'Rourke ME, Blitzer EJ, Kremen C, 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecol. Lett.*, 14(9):922–932.

Gardiner MM, Landis DA, Gratton C, DiFonzo CD, O'Neal M, Chacon JM, Wayo MT, Schmidt NP, Mueller EE, Heimpel GE, 2009. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central. *Ecol. Appl.*, 19(1):143–154.

Holland JM, Oaten H, Moreby S, Birkett T, Simper J, Southway S, Smith BM, 2012. Agri-environment scheme enhancing ecosystem services: A demonstration of improved

biological control in cereal crops. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 155:147–152.

Menalled FD, Marino PC, Gage SH, Landis DA, 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecol. Appl.*, 9(2):634–641.

Pluess T, Opatovsky I, Gavish-Regev E, Lubin Y, Schmidt-Entling MH, 2010. Non-crop habitats in the landscape enhance spider diversity in wheat fields of a desert agroecosystem. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 137(1/2):68–74.

Schmidt-Entling MH, Dobeli J, 2009. Sown wildflower areas to enhance spiders in arable fields. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 133(1/2):19–22.

Thies C, Haenke S, Scherber C, Bengtsson J, Bommarco R, Clement LW, Ceryngier P, Dennis C, Emmerson M, Gagic V, Hawro V, Liira J, Weisser WW, Winqvist C, Tscharnkte T, 2011. The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across. *Europe Ecol. Appl.*, 21(6):2187–2196.

Thies C, Roschewitz I, Tscharnkte T, 2005. The landscape context of cereal aphid-parasitoid interactions. *Proc. Roy. Soc. B-Biol. Sci.*, 272(1559):203–210.

Tscharnkte T, Bommarco R, Clough Y, Crist TO, Kleijn D, Rand TA, Tylianakis JM, van Nouhuys S, Vidal S, 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biol. Control*, 43(3):294–309.

Tscharnkte T, Bommarco R, Clough Y, Crist TO, Kleijn D, Rand TA, Tylianakis JM, van Nouhuys S, Vidal S, 2008. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. (Reprinted from *Biol Control* vol 43 pg 294–309, 2007). *Biol. Control*, 45(2):238–253.

Tscharnkte T, Tylianakis JM, Rand TA, Didham RK, Fahrig L, Batary P, Bengtsson J, Clough Y, Crist TO, Dormann CF, Ewers RM, Frund J, Holt RD, Holzschuh A, Klein AM, Kleijn D, Kremen C, Landis DA, Laurance W, Lindenmayer D, Scherber C, Sodhi N, Steffan-Dewenter I, Thies C, van der Putten WH, Westphal C, 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biol. Rev.*, 87(3):661–685.

Vollhardt IMG, Tscharnkte T, Wackers FL, Bianchi FJJA, Thies C, 2008. Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 126(3/4):289–292.

Woltz JM, Isaacs R, Landis DA, 2012. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 152:40–49.

- Zhao ZH, He DH, Hui C, 2012. From the inverse density-area relationship to the minimum patch size of a host-parasitoid system. *Ecol. Res.*, 27(2):303–309.
- 戈峰, 2011. 应对全球气候变化的昆虫学研究. 应用昆虫学报, 48(5):1117–1122.
- 赵紫华, 石云, 贺达汉, 杭佳, 赵映书, 王颖, 2010. 不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响. 生态学报, 20(23):6380–6388.
- 赵紫华, 王颖, 贺达汉, 张蓉, 朱猛蒙, 董风林, 2011. 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, 19(4):453–500.
- 赵紫华, 关晓庆, 贺达汉, 2012a. 农业景观结构对麦蚜寄生蜂群落组成的影响. 应用昆虫学报, 49(1):220–228.
- 赵紫华, 欧阳芳, 贺达汉, 2012b. 农业景观中不同生境界面麦蚜天敌的边缘效应与溢出效应. 中国科学:生命科学, 42(10):825–840.
- 赵紫华, 王颖, 贺达汉, 关晓庆, 辛明, 2012c. 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, 22(2):472–482.