

冀中农林复合环境瓢虫资源及优势种群动态

刘 星¹, 闫国增², 胡德夫¹, 魏东臣³, 李 凯^{1,*}

(1. 北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083; 2. 北京市林业局森防总站, 北京 100029;
3. 河北省廊坊市林业局森防站, 河北 065000)

摘要:瓢虫科(Coccinellidae)昆虫大多为捕食性种类,其中一些种类是农区重要的天敌昆虫。针对华北冀中农林复合环境瓢虫种群在作物生长期的分布动态与空间格局、以及瓢虫优势种群对栖息地的选择趋向进行了研究,结果表明:(1)林带在作物生长早期是瓢虫赖以生存的主要生境,是后继作物环境瓢虫种群建立的“种库”;(2)冀中农区瓢虫的优势种为龟纹瓢虫(*Propylea japonica*);(3)瓢虫种群随季节变化在各生境斑块间有明显的移动现象;(4)龟纹瓢虫种群在作物生长早期呈均匀或随机分布,在作物生长中后期呈密度依赖型聚集分布;(5)间作田成为作物生长后期瓢虫主要的聚集地显示在生境趋向不利时复杂的环境是理想的栖息场所。

关键词:瓢虫;种群;优势种;栖息地选择;空间格局

文章编号:1000-0933(2009)10-5463-08 中图分类号:Q145, Q968, S718.5 文献标识码:A

Resource and dominant population dynamics of coccinellids in agro forestry farmland in Central Hebei Province

LIU Xing¹, YAN Guo-Zeng², HU De-Fu¹, WEI Dong-Chen³, LI Kai^{1,*}

¹ Biological Science and Technology College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

² Beijing Municipal Forestry Protection Station, Beijing Forestry Bureau 100029, China

³ Forest Prevention Department, Hebei Province Forestry Bureau, Langfang 065000, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(10): 5463 ~ 5470.

Abstract: Most coccinellids are predators, some of which are main natural enemies in farmland. The study is on the distribution dynamics, spatial pattern and habitat selection of coccinellids in crop growing period in the agro forestry system, in central Hebei province of North China. The results show that: firstly, the forest belt, which is the main habitat of coccinellids in the early period of crop growth, is a species pool for coccinellids in crop fields; secondly, *Propylea japonica* is the dominant species of coccinellids in the field; thirdly, coccinellids have apparent movement among the habitats when the season changes; fourthly, the distribution of coccinellids in the early period of crop growth is uniform or random pattern, and the distribution during the middle and late periods belongs to the pattern of aggregation that is density-dependent; fifthly, coccinellids are inclined to intercrop fields in the late period of crop growth, indicating that complex habitat will be better placed in adverse conditions.

Key Words: Coccinellidae; population; dominant species; habitat selection; spatial pattern

由于近年来诸如“毒韭菜”、出口农产品被退回等事件^[1,2]的增多,食品安全所暴露出的问题引起了社会对农作物无害化生产和管理的广泛关注^[3,4]。利用天敌控制害虫从而有效解决因过多使用化学产品导致的食品安全问题再次成为业内研究的热点,此方面工作在历史上不乏成功的事例^[5]。近代和现代相继开展的

基金项目:国家科技支撑计划课题资助项目(2008BADA5B05)

收稿日期:2009-04-20; 修订日期:2009-06-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: likai_sino@sina.com

实践研究和相关理论探讨推动了这一工作的深化^[6,7],调整作物结构、改善生态环境对于提高生物防治效果的积极作用逐渐被重视^[8-10],其中国内针对棉花与小麦的多项研究表明,营造有利于天敌栖息、繁衍的环境,是发挥天敌效能实现可持续控制作物虫害的重要举措^[11-14]。

瓢虫(Coccinellidae)是生物防治中的重要天敌资源,在控害方面具有明显抑制害虫密度增长的作用^[15]。然而,当今多数农区粗放的种植管理模式以及化肥、农药的广泛应用致使田间生态链简单化并且更加脆弱^[16],瓢虫的种群数量很难保持在一个能够控制虫害的水平上,导致生防效果不稳定甚至昙花一现、功亏一篑^[17]。围绕瓢虫种群在作物生长期的动态分布及其与生境间的关系,本文在冀中农区对优势瓢虫种群进行了系列调查,探讨了农林复合环境几个优势瓢虫种群的季节动态以及分布格局与环境的相关性,为有效保护和利用瓢虫天敌资源,构建适宜瓢虫繁衍栖息的环境提供了科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于河北固安县,主要栽培作物为小麦、玉米、棉花、花生等粮食作物和经济作物,很多地区还栽有杨(*Populus* spp.)、柳(*Salix* spp.)、榆(*Ulmus pumila* L.)等林木,为典型的林带、作物复合环境。

本研究选取了具有代表性的两块农田以及周边林带作为样地。I号农田总面积约20000 m²,栽种作物有大豆、玉米等,其中大豆的种植面积占农田总面积的50%,玉米田占总面积的25%,白薯和花生田占25%;II号农田总面积约15000 m²,栽种作物有甜瓜、辣椒、玉米、杨树、桃树以及蔬菜等,其中甜瓜与辣椒组成甜瓜-辣椒套作田,面积约5000 m²,玉米与杨树苗组成玉米-杨树间作田,面积约5000 m²,杨树与玉米呈多行间隔种植模式,桃树栽种面积约3000 m²,其他作物栽种总面积约2000 m²。田间作物呈斑块状分布。

上述样地周边配置林木,包括杨树萌条林、次生杨树林带以及位于杨树萌条林中的李子园。杨树萌条林总面积约5000 m²,系头年砍伐树桩萌条构成,每排40~50棵,共20排,枝叶茂盛,高度在1~2m左右;李子园面积约1500 m²;次生杨树林带位于杨树萌条林与I号农田样地之间,总长度近200m,为狭长林带。

1.2 调查时间与方法

调查时间为2007年和2008年的3~8月份,每10d调查1次,每次调查4~5d。

针对不同生境内瓢虫的调查采用了不同的方法:①I、II号样地的样方数量根据作物种类及面积确定,不同作物生境样方约为样地内该作物面积的20%,样方随机布置,每个样方内按“Z”字布5个样点,每种作物生境最低样点数不少于20个,样点面积为2m×2m;②林带内瓢虫调查采用样线-样方法,每条样线随机调查20棵树以及以树为中心的1m×1m林下样方,其中萌条林取6条样线,李子园取2条样线,次生林取1条样线;③玉米-杨树间作田采用样带法,选取3条样带,每条样带包括1排杨树苗+2排玉米,每排树苗平均90棵,逐棵调查并记录瓢虫种类与数量。瓢虫调查采用扫网法与搜索法。

1.3 数据分析方法

优势度指数采取 Simpson 的优势度公式: $C = \sum \left(\frac{N_i}{N} \right)$; 优势种群为优势度大于0.1的种群;均匀度指数采取 Pielou 的均匀度公式: $J = - \sum \frac{(P_i \ln P_i)}{\ln S}$ (N_i 为群落中第 i 个物种的个体数, N 为群落中物种总个体数, S 为样方中观察的物种数, $P_i = \frac{N_i}{N}$); 瓢虫物种丰富度为瓢虫种类数量。

多度统计指标分为4个等级:多(个体数占总个体数>10%)、中(1%≤个体数占总个体数≤10%)、少(0.1%≤个体数占总个体数<1%)、极少(个体数占总个体数<0.1%)。

数据处理采用统计软件 SPSS13.0 与 DPS3.0,分析方法为可重复、无交互作用的双因素方差分析,多重比较采用 LSD 法,聚集度计算采用 Iwao 法(M^*-M 回归分析)与 Taylor 幂法。

2 结果与分析

2.1 种类组成与优势种

2.1.1 瓢虫种类与多度

对样地调查发现,本地瓢虫资源主要由龟纹瓢虫(*Propylea japonica*)、七星瓢虫(*Coccinella septempuncta*-

ta)、异色瓢虫(*Leis axyridis*)、多异瓢虫(*Hippodamia variegata*)和奇变瓢虫(*Aiolocaria mirabilis*)等种类组成。根据德鲁捷(Drudo)简化型多度等级标准^[18],得到不同时期瓢虫相对多度统计表(表1):从发生时间长短分析,龟纹瓢虫发生的时间最长,异色瓢虫仅次之;从种类发生时序分析,首先出现的种类为龟纹瓢虫,其后1个月各类瓢虫开始集中出现,持续期约为1.5个月,进入6月份后基本以龟纹瓢虫和异色瓢虫为主,七星瓢虫只有零星分布。

表1 不同时期瓢虫相对多度

Table 1 Relative abundance of species of Coccinellidae in main Month

种类 Species	3月 March		4月 April		5月 May		6月 June		7月 July		8月 August	
	01~15	16~31	01~15	16~30	01~15	16~31	01~15	16~30	01~15	16~31	01~15	16~31
七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>	-	-	-	++	+	++	-	-	-	-	+	-
异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>	-	-	++	++++	+++	+++	++	++	++	++	++	++
龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	-	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
多异瓢虫 <i>H. variegata</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
奇变瓢虫 <i>A. mirabilis</i>	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-

+++ 多, ++ 中, + 少, - 极少, — 为未发现 +++ Excessive, ++ Medium, + Modicum, - Little, — not been observed

2.1.2 不同生境与时间的优势种

农田生态系统就其生境而言,包括作物生境和周围的非作物生境两部分^[19]。通过对该地区不同作物和非作物生境中瓢虫种类及数量的调查,得出该地区作物环境和林带的瓢虫种类,以及各类生境中瓢虫物种丰富度、优势种、优势度、相关群落均匀度等见表2,对同时期的优势种的统计分析见表3,结果表明:从春末至作物成熟期,不论是作物环境或是林带,龟纹瓢虫(*P. japonica*)对比其他瓢虫种群均显示出明显优势。

表2 不同生境中瓢虫的种群特征

Table 2 Community characters and dominant species in three types of habitats

生境 Habitat	样地名称 Name	优势种类 Dominant	优势度 Dominance	均匀度 Equitability	瓢虫物种丰富度 Species richness	
林带 Forest belt	次生林	七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>	0.55	0.35	4	
	Secondary poplar forest belt	异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>	0.44			
	萌条林	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.73	0.65		
	Coppice shoot poplar forest belt	异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>	0.17			
	李子园 Plum orchard		龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.74		0.57
			异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>	0.22		
作物 Crop Land	小麦 Wheat	异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>	0.58	0.48	3	
		七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>	0.33			
	大豆 Soybean	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.68	0.76		
		七星瓢虫 <i>C. septempunctata</i>	0.19			
	花生 Peanut	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.50	0.76		
	玉米 Corn	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.91	0.29		
	甜瓜-辣椒 Muskmelon-pepper	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.64	0.85		
		异色瓢虫 <i>L. axyridis</i>	0.28			
间作田 Intercrop	玉米-杨树 Corn-poplar	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.92	0.90	4	

2.2 种群密度时空动态

针对林带与作物两种典型生境,对七星瓢虫(*C. septempunctata*)、异色瓢虫(*L. axyridis*)和龟纹瓢虫(*P. japonica*)3种主要瓢虫种群密度进行了调查,得到种群密度在时间序列上的动态变化过程(图1)。

结果如图所示:在作物耕种前与生长早期的4~5月份,瓢虫种群基本集中于林带,5月下旬开始,龟纹

瓢虫种群密度迅速上升,其发生面积和数量均高于七星瓢虫与异色瓢虫;6月中上旬作物田中的龟纹瓢虫密度可达到七星瓢虫的10倍左右;6、7月份进入作物生长期后,七星瓢虫及异色瓢虫的密度降低,其中七星瓢虫的种群密度逐渐趋于零,而龟纹瓢虫一直保持着数量优势,即使在7月下旬龟纹瓢虫的种群密度降至最小值时,也高于其它两种瓢虫;8月中上旬龟纹瓢虫与异色瓢虫的种群密度开始回升,龟纹瓢虫的回升密度达到异色瓢虫的2倍左右。

对I号样地及周边林带龟纹瓢虫种群密度(表4)的生境、时间双因素方差分析表明,不同生境中龟纹瓢虫种群密度差异显著($P=0.01$),萌条林的瓢虫密度高于同期其它生境,而两侧均与萌条林相邻的李子园的瓢虫密度显著低于萌条林,表明瓢虫对生境的选择具有趋向性;不同月份间瓢虫密度差异显著($P=0.03$),其中6月中上旬的龟纹瓢虫密度显著高于其它时段。

表3 不同时期瓢虫的优势种

月份 Month	优势种类 Dominant	优势度 Dominance
4	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.56
5	异色瓢虫 <i>L. Axyridis</i>	0.50
6	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.81
	异色瓢虫 <i>L. Axyridis</i>	0.19
7	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.84
	异色瓢虫 <i>L. Axyridis</i>	0.15
8	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	0.82
	异色瓢虫 <i>L. Axyridis</i>	0.15

优势度小于0.1的种类未列于表中 The species, whose dominance is less than 0.1, is not filled in the table

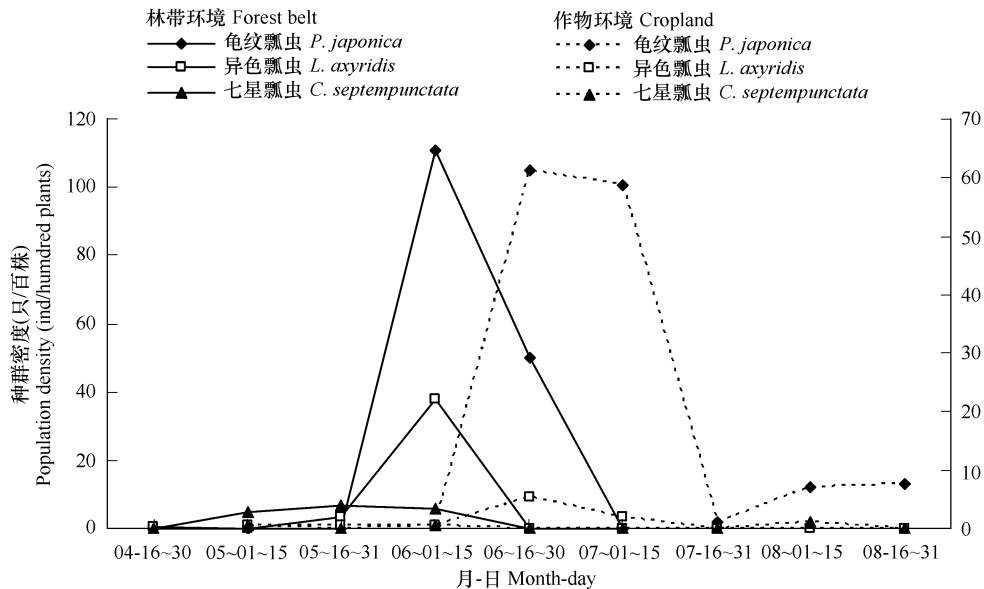


图1 不同生境瓢虫种群季节动态

Fig. 1 Dynamics of population density in different habitats

表4 样地I和林带环境中各生境龟纹瓢虫平均密度(只/m²)

Table 4 Mean ± SE of *P. japonica* in Sample plot I and Forest Belt (ind/m²)

日期 Date	样地I+林带 Habitat I + Forest Belt				
	次生林 Secondary poplar forest belt	小麦 Wheat field	萌条林 Coppice shoot poplar forest belt	李子园 Plum orchard field	大豆 Soybean field
05-01~15	1.33 ± 3.4	0.6 ± 0.5	0	0	-
05-16~31	0	1.2 ± 0.4	0	0	-
06-01~15	0	0	2.4 ± 1.3	0.17 ± 0.17	0
06-16~30	0	-	0	0	1.2 ± 1.1
07-01~15	0	-	0	0	0.4 ± 0.4
07-16~31	0	-	0	0	0.4 ± 0.4

同样对 II 号样地龟纹瓢虫种群密度进行生境、时间双因素方差分析(表 5),结果表明龟纹瓢虫的种群密度在不同作物生境之间也存在显著差异($P=0.047$),多重比较结果得出与样地 I 相类似的结果:瓢虫对不同的作物生境也表现出了选择趋向性,并且瓢虫对间作田的趋向性较其他各种单一作物斑块更为明显;不同月份间瓢虫密度差异也较显著($P=0.05$),6 月中下旬至 7 月中上旬瓢虫密度明显高于其它时间段。

表 5 样地 II 各生境下的龟纹瓢虫平均密度(只/m²)

Table 5 Mean \pm SE of *P. japonica* in Sample plot II (ind/m²)

日期 Date	样地 II Habitat II				
	桃园 Peach orchard	花生 Peanut field	甜瓜-辣椒 Muskmelon-pepper field	玉米 Corn field	玉米-杨树间作田 Corn-poplar intercrop field
05-16 ~ 31	0.5 \pm 0.5	0	0	0	0
06-01 ~ 15	3.0 \pm 1.4	0	0	2.2 \pm 1.7	0
06-16 ~ 30	0.1 \pm 0.1	0.4 \pm 0.4	0.2 \pm 0.2	5.6 \pm 4.2	4.75 \pm 4.5
07-01 ~ 15	0.4 \pm 0.4	0.2 \pm 0.2	0	2.8 \pm 1.9	1.0 \pm 0.1
07-16 ~ 31	0	0	0	0.2 \pm 0.2	2.4 \pm 1.9
08-01 ~ 15	0	-	-	0	1.2 \pm 1.0
08-16 ~ 31	0	-	-	0	0.1 \pm 0.1

“—”表示该作物尚未耕种或已收割 means the crop has been reaped or not been cultured

龟纹瓢虫在时间序列和不同生境中的种群密度变化三维柱状图(图 2)显示,龟纹瓢虫在不同时期内对不同的生境是有趋向性的,在各生境斑块间存在着移动现象。其移动规律大致可以归纳为:作物生长前与生长早期,龟纹瓢虫趋向于林带环境或果园,而作物进入生长期至生长后期时,龟纹瓢虫迁入作物生境。

由图所示,左图为样地 I 以及周边林带几种不同生境中,龟纹瓢虫从林带环境逐步迁移到大豆田中的动态变化,6 月中上旬龟纹瓢虫大多分布于林带,至 6 月底林带种群密度趋近于零,同期大豆田中龟纹瓢虫激增,可见随着作物生长,龟纹瓢虫从林带向作物田斑块移动;右图显示龟纹瓢虫在样地 II 中不同作物斑块间

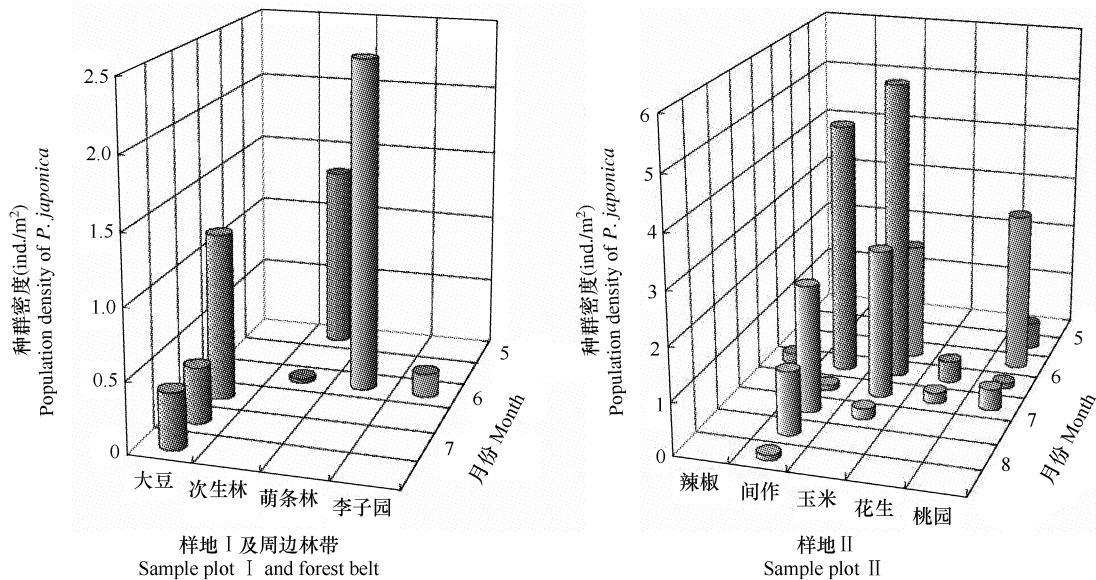


图 2 龟纹瓢虫在样地 I 和样地 II 中种群密度动态

Fig. 2 Dynamics of *P. japonica* population density

图中纵坐标表示种群密度(只/平方米) The longitudinal coordinates in figure means population density of *P. japonica* (ind/m²)

大豆 Soybean field;次生林 Secondary poplar forest belt;萌条林 Coppice shoot poplar forest belt;李子园 Plum orchard field;辣椒(甜瓜-辣椒套作) Muskmelon-pepper field;间作(玉米-杨树间作田) Corn-poplar intercrop field;玉米 Corn field;花生 Peanut field;桃园 Peach orchard

的移动现象,作物生长前及生长早期的5、6月份龟纹瓢虫分布于桃园,随着作物生长进入中后期,瓢虫种群向不同作物斑块间移动,且其对于作物玉米田与玉米-杨树间作田的趋向性最为显著,进入收获期前后,龟纹瓢虫大多集中于玉米-杨树间作田。

2.3 龟纹瓢虫空间格局

针对龟纹瓢虫种群密度较高的6、7月份进行聚集度测定,结果见表6。应用Taylor幂法检验($\lg v = \lg a + b \lg m$, a, b 为常数)得出回归方程,6月上半月的回归方程为 $\lg v = -0.099 + 0.977 \lg m$ ($R = 0.995$),其中 $\lg a < 0, b < 1$,说明是均匀分布, $m^* - m$ 回归分析(Iwao法, $m^* = \alpha + \beta m$)方程为 $m^* = 0.172 + 1.011m$ ($R = 0.99$),其中 $\alpha < 0$,表明种群基本成分为个体;6月下半月的Taylor幂回归方程为 $\lg v = 0.0256 + 1.4311 \lg m$ ($R = 0.953$), $\lg a > 0, b > 1, m^* - m$ 回归方程 $m^* = -0.201 + 1.280m$ ($R = 0.959$) $\alpha > 0, \beta > 1$,显示6月下半月的龟纹瓢虫为聚集分布,基本成分是个体群,且空间分布型依赖于种群密度,即种群密度越高越聚集;7月上半月的Taylor幂回归方程为 $\lg v = 0.0246 + 1.0945 \lg m$ ($R = 0.996$), $\lg a > 0, b > 1, m^* - m$ 回归方程为 $m^* = -0.122 + 1.131m$ ($R = 0.997$), $\alpha > 0, \beta > 1$,格局与与6月下半月一致;7月下半月的Taylor幂回归方程为 $\lg v = -0.213 + 0.7541 \lg m$ ($R = 0.971$), $\lg a < 0, b < 1, m^* - m$ 回归方程为 $m^* = -0.0752 + 0.811m$ ($R = 0.99$), $\alpha < 0, \beta < 1$,显示龟纹瓢虫在7月下半月呈均匀分布,基本成分为个体。

表6 龟纹瓢虫6、7月份不同生境的聚集度测定结果

Table 6 Aggregation of *P. japonica* in different type of habitats in June and July

生境 Habitats	m^*	I	m^* / m	Ca	C	K	空间分布类型 Spatial distribution pattern
06-01 ~ 15							
玉米	2.107	-0.142	0.960	-0.065	0.875	-17.731	均匀分布
次生林	0.031	0	1.074	0	1.021	∞	随机分布
李子园	-0.187	-0.358	-1.122	-2.230	0.657	-0.526	均匀分布
06-16 ~ 30							
辣椒	-0.618	-0.824	-3.147	-4.120	0.213	-0.266	均匀分布
大豆	1.093	-0.175	0.904	-0.146	0.882	-7.430	均匀分布
玉米	6.812	1.032	1.192	0.190	2.116	5.882	聚集分布
花生	0	-0.416	0	-1.030	0.618	-1.030	均匀分布
间作	3.715	1.913	2.195	1.114	2.889	1.004	聚集分布
桃园	0	-0.106	0	-1.058	0.944	-1.040	均匀分布
07-01 ~ 15							
大豆	0.262	-0.156	0.638	-0.393	0.884	-2.880	均匀分布
玉米	3.340	0.270	1.156	0.091	1.360	12.080	聚集分布
花生	0	-0.212	0	-1.061	0.849	-1.100	均匀分布
间作	0.107	0	1.04	0	1.088	∞	随机分布
桃园	0.418	0	1.088	0	1.040	∞	随机分布
07-16 ~ 31							
大豆	0.428	0	1.039	0	1.000	∞	随机分布
玉米	-0.05	-0.267	-0.260	-1.336	0.750	-0.800	均匀分布
间作	1.858	-0.542	0.789	-0.230	0.495	-4.431	均匀分布

均匀分布 Uniform distribution; 聚集分布 Aggregated distribution; 随机分布 Random distribution

由此可见,在时间序列上龟纹瓢虫的种群空间分布型非从一而终,在作物生长中期的6、7月份中,6月下半月和7月上半月呈明显聚集分布,在玉米-杨树间作田与玉米田中为显著聚集,而从7月下半月开始在玉米田与玉米-杨树间作田中呈均匀分布。

3 结论与讨论

瓢虫是华北农区重要的天敌昆虫。依据瓢虫发生时间及种群密度,冀中农区瓢虫的主要优势种为龟纹瓢

虫,其种群数量在作物不同生长期都占明显优势;异色瓢虫为次优势种类,其发生时段基本同于龟纹瓢虫,但种群密度低于前者;七星瓢虫等其他瓢虫种类在分布范围及数量水平上均不及此两优势种。

呈波动状起伏的瓢虫种群密度其波峰随时间的推移在不同生境间交替出现,最早的波峰始于作物生长早期的林带,之后发生于第一茬作物生长中、后期的农田生境;瓢虫种群从林带迁移到农田的过程发生在6月份,在这个阶段,非作物环境的林带中瓢虫密度明显下降,而作物环境中的瓢虫密度大幅升高。该研究结果与张文庆等提出的“节肢动物群落的发展阶段在作物生长中后期”的结论^[20-22]相吻合。优势种类龟纹瓢虫的空间分布型在作物耕种前及早期阶段呈随机与均匀分布,在进入作物生长中期后基本呈聚集分布,其聚集程度与种群密度呈正相关,这种特性使其作为捕食性天敌可以在生物防治中起到积极作用^[23]。

在由多种生境组成的农林复合环境中,瓢虫对各生境表现出了不同的选择趋向性,本研究认为此种趋向性与作物的生长进程相关,随作物生长状态与环境的改变瓢虫种群迁移于不同生境斑块间。在本地作物生长发育的早期,林带及果园是瓢虫赖以生存的、甚至是唯一的生境,这类生境由此成为后继作物环境瓢虫的“种库(species pool)”。随着作物的生长,瓢虫从林带、果园转而趋向于作物生境,在此形成规模更大的种群。在作物进入成熟期后,瓢虫对生态结构与多样性相对复杂的间作田表现出更为明显的趋向性;作物收获后,仅间作田可以观察到瓢虫活动,说明当生境趋于不利时,瓢虫选择较为复杂的环境作为其栖息场所。

基于瓢虫种群密度与空间分布型变化规律、及种群在各生境斑块间迁移、对复杂生境的趋向表现,本研究认为:合理的作物结构以及适宜的作物品种,对于瓢虫的保护和效能发挥具有重要意义。张润志、张广学^[24]等曾提出的“相生植物”以及 Tahvanainen、Root 等^[25]提出的“天敌假说”亦显示,增加植物多样性,合理搭配群落结构等措施可以为保护天敌栖息场所起到积极作用。因此,以复合农林体系建设为背景,通过对林带和作物的合理布局与科学经营,构建一个适宜天敌繁衍生息的环境,是农产品绿色生产的重要举措。

References:

- [1] Chen J S. Food safety: benefits are important, life is more important. *Global Food Industry Information*, 2002, (9):29.
- [2] Liu A H, Zhang L. Pesticide Residues and Food Safety. *Journal of Anhui Sci*, 2007, 35(13):4017-4018.
- [3] Shi H P, Qu S L, Ye J R. Control of disease and insect for safe rice production. *China Rice*, 2003, (5):24-25.
- [4] Xu Q Y, Zhen Z S. Discuss the question and countermeasure among the control technique which is harmless about diseases-ests-grass in rice. *Reclaiming and Rice Cultivation*, 2006, (1):41-43.
- [5] Wan F H, Ye Z C, Guo J Y, Xie M. Biological control in China: Achievements, status and prospects. *Entomological Knowledge*, 2000, 37(2):65-73.
- [6] Chen K W, Huang S S, He Y Y. Control effect of natural enemies on *Plutella xylostella* under ecological restoration condition. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(10):1933-1936.
- [7] Liu W X, Wan F H, Guo J Y, Zhang F, Sun G Z, Meng Z J. Control of *Helicoverpa armigera* and related ecological effects following mass-release of *Trichogramma chilonis* in transgenic Bt and routine cotton fields. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(3):344-317.
- [8] Lu B R. Exploring sustainable production model of Jiaobai (*Zizania caduciflora* L.) through strategic biodiversity deployments. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2003, 15(3):118-123.
- [9] Shi G L, Wang Y N, Miao Z W, et al. Community structure and its dynamics of predatory arthropod in jujube orchards intercropped with different herbage species. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(11):2088-2092.
- [10] Guo J Y, Wan F H, Hu Y H, Yan Y. Effects of crop arrangement patterns on arthropod community structure in transgenic boll-worm-resistant cotton fields. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(9):2061-2068.
- [11] Lin R H, Zhang R Z, Tian C Y, Feng L Y. Community structure of predatory arthropods in agricultural landscape of Southern Xinjiang. *Chinese Journal of Biological Control*, 2003, 19(1):1-5.
- [12] Wang C Y, Xia J Y, Cui J J, Luo J Y. Community structure and diversity of arthropod in different cotton fields in North Xinjiang. *Cotton Science*, 2004, 16(2):112-116.
- [13] Wen S G, Cui J J, Wang C Y. Effects of planting patterns on population dynamics of pests and natural enemies in cotton fields. *Acta Gossypii Sinica*, 1995, 7(4):252-256.
- [14] Zhang G X, Liu D M, Zhao J Q, Zhu S F, Li B Z, Yang X F. The constitution and application of population control index. *Journal of Plant*

- Protection, 1990, 17(1):1-4.
- [15] Jing Y, Huang J, Huang P Y. Progress on the Utilization of Biological Control of Beneficial Coccinellids. *Journal of Shanxi Agriculture University*, 2002, 4(5):299-303.
- [16] Chen J, Zhou Q. The degrading characteristics of the agro-ecosystem in China. *Biology Teaching*, 2007, 32(10):4-6.
- [17] Xia B C. A new idea about the theoretical foundation of utilizing natural enemies of insect pests. *Natural Enemies of Insect*, 1992, 14(1):1-5.
- [18] Yin X Q. Community. In: Yin X Q. *Biogeography*. Beijing: High Education Press, 2004. 55-69.
- [19] You M S, Hou Y M, Liu Y F. Non-crop habitat manipulation and integrated pest management in agro ecosystems. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47(2):260-268.
- [20] Zhang W Q, GU D X, Zhang G R. The reestablishment of the arthropod community in short-term crop fields I. Concept and characteristics of the community reestablishment. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(6):1107-1112.
- [21] Zhang WQ, Gu DX, Zhang GR. The reestablishment of the arthropod community in short-term crop fields II. Analysis and manipulation of the community reestablishment. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(6):1020-1024.
- [22] Zhang W Q, Zhang G R, Gu D X. The reestablishment of the arthropod community in short-term crop fields III. Community reestablishment and conservation and utilization of natural enemies. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11):1927-1931.
- [23] Huang B H, Wang B, Shen G B, Chen C Q. Trends of Biological Population and Community Structure in Corn Field. *Journal of Anhui Agrotechnical Teachers College*, 1999, 13(2):33-37.
- [24] Zhang R Z, Zhang G X. The importance of mutual plants in Biological control of pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 1998, 14(4):176-180.
- [25] Tahvanainen J, Root R B. The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore *Phyllotreta cruciferae*. *Oecologia*, 1972, 10:321-346.

参考文献:

- [1] 陈君石. 食品安全:效益重要,生命更重要. *中外食品*, 2002(9):29
- [2] 刘爱红, 张琳. 农药残留与食品安全. *安徽农业科学*, 2007, 35(13):4017-4018
- [3] 施海萍, 瞿素莲, 叶建人. 推行病虫无害化管理, 确保农产品安全生产. *中国稻米*, 2003(5):24-25
- [4] 徐清云, 甄占胜. 水稻病虫草“无害化”防治技术的问题与对策. *垦殖与稻作*, 2006(1):41-43
- [5] 万方浩, 叶正楚, 郭建英, 谢明. 我国生物防治研究的进展与展望. *昆虫知识*, 2000, 37(2):65-73
- [6] 陈科伟, 黄寿山, 何余容. 生态恢复状态下天敌对小菜蛾的自然控制作用. *应用生态学报*, 2006, 17(10):1933-1936
- [7] 刘万学, 万方浩, 郭建英, 张帆, 孙光芝, 孟昭军. 人工释放赤眼蜂对棉铃虫的防治作用及相关生态效应. *昆虫学报*, 2003, 46(3):344-317
- [8] 卢宝荣. 利用生物多样性合理布局探索茭白的可持续生产模式. *浙江农业科学*, 2003, 15(3):118-123.
- [9] 师光禄, 王有年, 苗振旺, 李登科, 张铁强, 于同泉, 姬谦龙, 董会. 间种牧草枣林捕食性节肢动物群落结构的动态. *应用生态学报*, 2006, 17(11):2088-2092.
- [10] 郭建英, 万方浩, 胡雅辉, 严盈. 不同作物布局方式对转基因抗虫棉田节肢动物群落结构的影响. *应用生态学报*, 2007, 18(9):2061-2068.
- [11] 林荣华, 张润志, 田长彦, 冯丽红. 新疆棉田生态系统中捕食性节肢动物类天敌亚群落结构. *中国生物防治*, 2003, 19(1):1-5.
- [12] 王春义, 夏敬源, 崔金杰, 雒珺瑜. 北疆不同类型棉田节肢动物群落结构与多样性. *棉花学报*, 2004, 16(2):112-116.
- [14] 张广学, 刘德明, 赵季秋, 朱淑范, 李本珍, 杨秀芬. 东北早熟棉区组建自控棉田生态系的研究. *植物保护学报*, 1990, 17(1):1-4.
- [15] 荆英, 黄建, 黄蓬英. 有益瓢虫的生防利用研究概述. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2002, 4(5):299-303.
- [16] 陈军, 周青. 我国农业生态系统退化概况. *生物学教学*, 2007, 32(10):4-6.
- [17] 夏北成. 关于利用害虫天敌之理论基础的思考. *昆虫天敌*, 1992, 14(1):1-5.
- [18] 殷秀琴. 生物群落. 见:殷秀琴主编. *生物地理学*. 北京:高等教育出版, 2004. 55-69.
- [19] 尤民生, 侯有明, 刘雨芳. 农田非作物生境调控与害虫综合治理. *昆虫学报*, 2004, 47(2):260-268.
- [20] 张文庆, 古德祥, 张古忍. 论短期农作物生境中节肢动物群落的重建 I. 群落重建的概念及特性. *生态学报*, 2000, 20(6):1107-1112.
- [21] 张文庆, 古德祥, 张古忍. 论短期农作物生境中节肢动物群落的重建 II. 群落重建的分析和调控. *生态学报*, 2001, 21(6):1020-1024.
- [22] 张文庆, 张古忍, 古德祥. 论短期农作物生境中节肢动物群落的重建 III. 群落重建与天敌保护利用. *生态学报*, 2001, 21(11):1927-1931.
- [23] 黄保宏, 王波, 沈光斌, 陈从权. 玉米田生物种群动态与群落结构研究. *安徽农业技术师范学院学报*, 1999. 13(2):33-37.
- [24] 张润志, 张广学. 相生植物在生物防治中的作用. *中国生物防治*, 1998, 14(4):176-180.