

三种蔷薇科果树小绿叶蝉及捕食性 天敌种群动态的比较

王晓翠, 徐玉蕊, 李先秀, 林雪飞, 陶金昌, 赵 鹏, 邹运鼎*, 毕守东

(安徽农业大学, 合肥 230036)

摘要:对3种果树小绿叶蝉及其天敌数量进行 t 检验得出, 樱桃园与梨园之间, 小绿叶蝉、异色瓢虫、锥腹肖蛸差异显著、三突花蟹蛛差异极显著, 均是樱桃园多于梨园; 樱桃园与杏园之间, 三突花蟹蛛、草间小黑蛛差异显著, 异色瓢虫、锥腹肖蛸差异基本显著, 均是樱桃园多于杏园, 小绿叶蝉差异基本显著, 杏园多于樱桃园; 梨园与杏园之间, 草间小黑蛛和小绿叶蝉均差异显著, 杏园多于梨园。采用灰色系统分析方法研究樱桃小绿叶蝉数量与其天敌个体数量关联度, 结果是, 关联度较高的天敌依次是锥腹肖蛸、草间小黑蛛、八斑球腹蛛和中华草蛉, 与理想优势种天敌数量关联度较高的天敌依次是三突花蟹蛛、异色瓢虫、草间小黑蛛和中华草蛉; 利用生态位分析方法分析的结果是, 与小绿叶蝉时间生态位和空间生态位重叠指数较大的天敌依次是异色瓢虫、草间小黑蛛、三突花蟹蛛和锥腹肖蛸; 与小绿叶蝉两种生态位相似性比例指数较大的天敌依次是异色瓢虫、三突花蟹蛛、草间小黑蛛和锥腹肖蛸。综合排序分析, 前4位的天敌依次是异色瓢虫、草间小黑蛛、三突花蟹蛛和锥腹肖蛸。

关键词: 樱桃; 梨; 杏; 小绿叶蝉; 天敌; 数学分析

Comparative analysis of population dynamics of *Empoasca flavescens* (Fab.) and its natural enemies in three Rosaceae fruit plants

WANG Xiaocui, XU Yurui, LI Xianxiu, LIN Xuefei, TAO Jinchang, ZHAO Peng, ZOU Yunding*, BI Shoudong
Anhui Agriculture University, Hefei 230036, China

Abstract: The numbers of *Empoasca flavescens* (Fab.) and its natural enemies in three fruit plants were compared using T -test, cherry field and pear field showed a highly significant difference in *Misumenops tricuspidatus* and significant difference in *Empoasca flavescens* (Fab.) *Harmonia axyridis* and *Tetragnatha maxillosa*, the amounts of which in cherry field were apparently higher than that in pear field, cherry field and apricot field showed a significant difference in *Misumenops tricuspidatus* and *Erigonidium graminicola* and a basal significant difference in *Harmonia axyridis* *Tetragnatha maxillosa* and *Empoasca flavescens* (Fab.), the amounts of which in cherry field were apparently higher than the apricot field except the *Empoasca flavescens* (Fab.). Pear field and apricot field showed a significant difference in *Erigonidium graminicola* and *Empoasca flavescens* (Fab.), the amounts of which in the aricot field were apparently higher than the pear field. Relevancy of *Erythroneura sudra* with its natural enemies was studied by using grey systematic analysis. The results showed that As for the quantity of the natural enemies, the major natural enemies of *Empoasca flavescens* (Fab.) was *Tetragnathidae*, *Erigonidium graminicola*, *Therdionoctomaculatum* and *Chrysopa sinica*, while for the quantity of the ideal dominant natural enemies, the natural enemies which highly associated were *Misumenops tricuspidatus*, *Harmonia axyridis*, *Erigonidium graminicola* and *Chrysopa sinica*. As for the ecological niche analysis, both the temporal and horizontal niche overlaps were *Harmonia axyridis*, *Erigonidium graminicola*, *Misumenops tricuspidatus* and *Tetragnatha maxillosa*, while Both the temporal and horizontal niche which highly associated with the *Empoasca flavescens* (Fab.) were *Harmonia axyridis*, *Misumenops tricuspidatus* *Erigonidium?* *graminicola* and *Tetragnathidae*. It can be concluded from the Synthetical ordered analysis that

基金项目: 安徽省省长专项基金资助项目(y47)

收稿日期: 2009-01-07; 修订日期: 2009-02-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yundingzou@tom.com

the main natural enemies were *Harmonia axyridis*, *Erigonidium graminicola*, *Misumenops tricuspidatus* and *Tetragnathidae*.

Key Words: Cherry; pear; Apricot; *Empoasca flavescens* (Fab.); natural enemies; mathematic analysis

昆虫生态学在害虫管理实践中具有非常突出的理论和实践意义。近年来,在害虫综合管理研究过程中,害虫暴发的生态学机理研究始终是一个较为活跃的领域。天敌和寄主植物是影响害虫大发生的主要因子。科技工作者一直探索利用天敌和抗虫作物来有效控制害虫爆发成灾的机理和方法^[1-5]对害虫与天敌之间的关系,一般是采用生态位理论和方法分析害虫与天敌多维资源的关系,运用灰色系统分析方法分析害虫与其天敌之间的数量关系。小绿叶蝉 *Empoasca flavescens* (Fab.) 是蔷薇科多种果树上的主要害虫,刺吸植物汁液,削弱树势,影响水果产量和品质^[6],在樱桃园、杏园和梨园中发生情况的系统研究未见报道。樱桃园小绿叶蝉与其捕食性天敌关系的研究也未见报道,为了利用自然天敌对樱桃园小绿叶蝉进行控制,特对小绿叶蝉与其天敌在数量、时间和空间方面的关系进行研究,以期从中找出优势种天敌,为保护和利用优势种天敌提供科学依据,同时分析樱桃、梨和杏小绿叶蝉与其天敌种群动态之间的差异,为研究小绿叶蝉的综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法

本研究在安徽农业大学科技示范园樱桃园、杏园和梨园中进行,面积均为 0.6hm²,樱桃品种为大鹰嘴,树龄为 6 年生,行距为 3.5m,株距为 3m;梨品种为砀山酥梨,树龄 6 年生,行距 4 m,株距 2.5 m。杏品种为凯特杏,树龄为 6 年生,株距 3m,行距 3.5m。2007 年 4 月 11 日—11 月 21 日每 14d 调查 1 次,共 17 次,3 种果树均用平行跳跃法随机取样树 3 行,每行 10 株共 30 株,在树冠的东、西、南、北 4 个部位选择 1m 长的枝条及主干和支干部位,调查记载小绿叶蝉及其天敌种类和个体数量,部分标本带回鉴定;调查期间样地管理及农事操作按常规方法,但不施用任何化学杀虫剂。

1.2 研究方法

1.2.1 3 种果树小绿叶蝉及其天敌种群动态比较

3 种果树小绿叶蝉及其天敌种群动态的比较采用 *t* 检验法进行。

1.2.2 樱桃园小绿叶蝉与天敌的灰色系统分析^[7]

将小绿叶蝉及其主要天敌看作一个本征性灰系统,樱桃园小绿叶蝉数量(Y_1)以及理想优势种天敌(当日数量最多的天敌, Y_2)作为该系统的参照序列。不同时点上的小绿叶蝉数量作为 Y_i 与 X_j 在第 k 点上的效果白化值,进行双序列关系分析:

$$Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\} i=1, 2; X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\} j=1, 2, \dots, M$$

经数据均值化后得:

$$y_i = \{y_i(1), y_i(2), \dots, y_i(n)\} i=1, 2; x_j = \{x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(n)\} j=1, 2, \dots, M$$

Y_i 与 X_j 在第 k 点上的关联系数:

$$r_{ij}(k) = [\min \min |y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|] / [\min |y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|], k=1, 2, \dots, n$$

式中, ρ 为分辨系数,取值区间 $[0, 1]$,一般取 $\rho=0.5$,为扩大各关联度之间的差异,本文取 $\rho=0.8$ 。

$\Delta_{ij}(k) = y_i(k) - x_j(k)$ 为 y_i 与 x_j 序列在第 k 点上的绝对值差; $\min |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 1 级最小值,表示找出 y_i 与 x_j 序列对应点的差值中的最小差;而 $\min \min |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 2 级最小差,表示在 1 级最小差的基础上再找出其中的最小差。

$\max |y_i(k) - x_j(k)|$ 与 $\max \max |y_i(k) - x_j(k)|$ 分别为 1 级和 2 级最大差,其含义与上述最小差相似。

$R(Y_i, X_j) = 1/n \sum r_{ij}(k)$ 即为第 j 种天敌(X_j)与小绿叶蝉数量(Y_1)或“理想优势种”天敌数量(Y_2)的关联

度,其大小反映 X_j 对 Y_i 的联系或影响程度。

1.2.3 樱桃园小绿叶蝉与其天敌的时间和空间关系用生态位方法分析

生态位宽度用 Levins^[8] 的生态位宽度指数: $B = 1/(S \sum P_i^2)$,

式中, B 为物种的生态位宽度; P_i 为物种利用第 i 等级资源占利用总资源的比例; S 为资源系列的等级数。

生态位相似性比例采用 Morisita 相似性系数^[9]:

$$C_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_{i=1}^n P_{ij} [(n_{ij} - 1)/(N_j - 1)] + \sum_{i=1}^n P_{ik} [(n_{ik} - 1)/(N_k - 1)]}$$

式中, P_{ij} , P_{ik} 分别表示种 j, k 在第 i 个资源等级上可占的比例, n_{ik} 是 K 物种在 i 营养级上的数量, n_{ij} 是 J 物种在 i 营养级上的数量。 N_j , N_k 分别表示 j 物种和 K 物种的个体数量之和。

生态位重叠采用 Levins^[8] 生态位宽度的生态位重叠指数:

$$L_{ij} = B_i \sum_{h=1}^n P_{ih} \cdot P_{jh} \text{ 或 } L_{ji} = B_j \sum_{h=1}^n P_{ih} \cdot P_{jh}$$

式中, L_{ij} 为种 i 对种 j 的生态位重叠, P_{ih} 和 P_{jh} 为每个物种在资源序列的第 h 单位上的比例, B_i 为种 i 的生态位宽度。

1.2.4 空间格局与分析^[1]

采用聚集强度指标测定樱桃小绿叶蝉及其天敌的空间分布格局, 分别采用 Poisson 扩散系数 C 、David 等丛生指标数 I 、聚块性指数 I_w 和久野指数 C_A 4 种聚集强度指数综合分析测定小绿叶蝉与其天敌的空间格局及其关系。

为了判断小绿叶蝉及其天敌空间聚集程度的差异, 用 David 和 Moore^[10] 提出的公式, $w = -\frac{1}{2} \ln \left(\frac{S_1^2/x_1}{S_2^2/x_2} \right)$, S_1^2, S_2^2, x_1, x_2 分别为两种种群的方差和均数, 若 $|w| > 2.5 \sqrt{n-1}$, 则按 5% 水平认为两者显著不同。用 Arbous 和 Kerrich^[11] 提出的种群聚集均数公式 $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$, 分析小绿叶蝉和主要天敌的聚集原因, 式中 $k = \bar{x}^2/(s^2 - \bar{x})$, s^2 为方差, v 为自由度等于 $2k$ 时的 $x_{0.50}^2$ 值。

2 结果与分析

2.1 3 种果树小绿叶蝉及其天敌数量的差异

将樱桃园、杏园和梨园小绿叶蝉及其天敌的种群动态列于表 1, 将它们之间 t 检验结果的差异情况列于表 2。

由表 2 可看出, 樱桃园与梨园相比小绿叶蝉数量差异显著。樱桃园显著多于梨园; 三突花蟹蛛差异极显著; 异色瓢虫和锥腹肖蛸差异显著, 均是樱桃园多于梨园; 樱桃园与杏园相比, 三突花蟹蛛、草间小黑蛛差异显著, 异色瓢虫、锥腹肖蛸差异基本显著, 均是樱桃园多于杏园。小绿叶蝉差异基本显著, 是杏园多于樱桃园, 杏园天敌个体数少似乎是造成小绿叶蝉数量多的原因之一; 梨园与杏园相比, 草间小黑蛛、小绿叶蝉差异显著, 均是杏园多于梨园。

2.2 樱桃园小绿叶蝉与其天敌的关系

2.2.1 小绿叶蝉及其天敌数量之间的关联度

用 DPS 软件计算天敌与小绿叶蝉种群数量之间联系程度, 即关联度 $R(Y_i, X_j)$, 天敌同理想优势种天敌的联系程度即 $R(Y_2, X_j)$, 取分辨系数 ρ 为 0.8, 结果列于表 3, 与小绿叶蝉关联度较高的天敌依次是锥腹肖蛸 (0.8755)、草间小黑蛛 (0.8658)、八斑球腹蛛 (0.8515) 和中华草蛉 (0.8483); 与理想优势种天敌数量关联度较高的天敌依次为三突花蟹蛛 (0.9494)、异色瓢虫 (0.9025) 和八斑球腹蛛 (0.8785) 和中华草蛉 (0.8767)。

表 1 小绿叶蝉种群及其天敌数量动态/(头/30 株)

Table 1 Dynamics of *Empoasca flavescens* (Fab.) population and number of its natural enemies (unit/30plants)

物种 Species	果树 Fruit plants	月-日 Month-day								
		04-11	04-25	05-09	05-23	06-06	06-20	07-04	07-17	08-01
X_1	a	48	21	40	126	114	51	25	2	0
	b	8	3	3	3	15	4	0	2	0
	c	25	15	23	23	7	3	2	6	1
X_2	a	71	82	162	114	61	153	98	7	22
	b	4	4	9	0	12	7	11	5	5
	c	16	54	14	39	8	0	1	0	5
X_3	a	3	2	3	60	26	5	2	17	9
	b	0	1	1	8	20	6	21	12	7
	c	1	3	3	1	9	5	3	1	0
X_4	a	0	0	0	7	5	0	6	1	0
	b	0	0	0	0	2	5	3	1	1
	c	1	0	0	0	0	0	0	0	0
X_5	a	0	1	2	0	3	54	27	7	6
	b	0	0	0	0	1	3	8	6	3
	c	1	0	2	0	2	3	2	0	0
X_6	a	0	9	2	10	4	0	2	4	0
	b	0	3	6	2	4	0	16	0	0
	c	0	19	18	2	3	2	2	0	1
Y_1	a	5	9	9	14	353	169	147	440	683
	b	0	0	4	5	27	3	0	0	5
	c	2	6	9	11	802	1253	13424	4875	3769
Y_2		71	82	162	126	114	153	98	17	22

物种 Species	果树 Fruit plants	月-日 Month-day								
		08-15	08-29	09-12	09-26	10-10	10-24	11-07	11-21	$\bar{x}$
X_1	a	0	1	2	5	3	3	4	2	26.27
	b	8	6	0	1	3	4	4	0	3.76
	c	0	0	0	2	7	5	1	1	7.11
X_2	a	0	0	334	20	3	4	5	0	66.82
	b	0	4	8	3	4	12	6	0	5.53
	c	0	0	1	13	19	9	4	2	10.23
X_3	a	1	31	24	26	48	55	24	1	19.82
	b	46	2	2	9	67	25	5	0	13.65
	c	0	1	1	0	0	2	0	0	1.65
X_4	a	0	2	2	0	4	0	7	36	4.12
	b	0	1	2	0	1	1	12	16	2.64
	c	0	0	46	1	5	5	2	1	3.59
X_5	a	5	28	0	13	0	1	5	30	10.71
	b	0	3	5	5	1	3	6	0	2.59
	c	0	1	2	9	9	9	9	9	3.41
X_6	a	1	0	1	5	6	0	55	8	6.65
	b	0	2	1	4	1	16	11	0	3.88
	c	0	1	0	2	3	23	12	7	5.59
Y_1	a	2319	1135	26	166	161	65	33	18	338.35
	b	28	2	1	3	1	0	1	0	4.71
	c	5307	2946	245	103	23	6	1	1	196.30
Y_2		5	31	334	26	48	55	55	36	

X_1 异色瓢虫 *Harmonia axyridis*; X_2 三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*; X_3 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicola*; X_4 八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*; X_5 锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*; X_6 中华草蛉 *Chrysopa sinica*; Y_1 小绿叶蝉 *Empoasca flavescens* (Fab.); Y_2 理想优势种天敌; a 樱桃, b 梨, c 杏; 下同

表 2 3 种果树小绿叶蝉及其天敌数量之间 t 检验值Table 2 T -test values of numbers of *Empoasca flavescens* (Fab.) and its natural enemies among three fruit plants

类型 Type	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y	备注 Remarks
a-b	2.3500 *	2.8639 **	0.9519	0.6221	2.1691 *	0.8145	2.3219 *	$df = 32$
a-c	1.9618 (*)	2.6066 *	2.3343 *	0.1557	1.9180 (*)	0.2918	1.8556 (*)	$t_{0.10} = 1.69$
b-c	1.4458	1.2161	2.6908 *	0.3249	0.7320	0.7585	2.2772 *	$t_{0.05} = 2.04$ $t_{0.01} = 2.75$

a 樱桃, b 梨, c 杏

表 3 小绿叶蝉与天敌之间的关联度

Table 3 Relational grade of *Empoasca flavescens* (Fab.) and its natural enemies

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Y_1	0.8377	0.8368	0.8658	0.8515	0.8755	0.8483
Y_2	0.9025	0.9494	0.8691	0.8785	0.8465	0.8767

2.2.2 樱桃园小绿叶蝉及其天敌种群的时空生态位

将小绿叶蝉及其天敌在时间、空间的生态位宽度列于表 4, 小绿叶蝉利用了时间资源序列中的所有等级, 但在各个时间段的数量分布极不均匀, 故小绿叶蝉生态位宽度值较小, 只有 0.2300, 而天敌草间小黑蛛、三突花蟹蛛均利用了时间资源序列中较多的等级, 且分布较为均匀, 因此具有较高的生态位宽度值, 分别为 0.5212 和 0.4585, 表明 2 种天敌种群发生稳定, 并且发生时间长, 可对小绿叶蝉种群进行持续控制。小绿叶蝉及天敌异色瓢虫、锥腹肖蛸、八斑球腹蛛、中华草蛉、草间小黑蛛均利用了水平空间生态位上的所有等级 (表 4), 其在水平方向上空间生态位宽度较大, 对小绿叶蝉有较大的控制作用; 小绿叶蝉生态位宽度值较高, 表明其在水平方向各个部位上的数量分布均匀; 草间小黑蛛、八斑球腹蛛和异色瓢虫具有较高的水平空间生态位宽度表明其在水平部位上分布较均匀。

表 4 小绿叶蝉及其天敌类群数量的时间 (A) 和水平空间 (B) 生态位宽度 (N_b)Table 4 Temporal (A) and horizontal space (B) niche breadth (N_b) of *Empoasca flavescens* (Fab.) and its natural enemies

		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
A	N_b	0.2300	0.3219	0.4585	0.5212	0.2822	0.1948	0.1132
B	N_b	0.9948	0.9721	0.8271	0.9384	0.8937	0.9323	0.6990

S_1 : 小绿叶蝉 *Empoasca flavescens* (Fab.); S_2 : 异色瓢虫 *Harmonia axyridis*; S_3 : 三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*; S_4 : 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicola*; S_5 : 锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*; S_6 : 八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*; S_7 : 中华草蛉 *Chrysopa sinica*; N_b : 生态位宽度; 下同

将小绿叶蝉与其天敌空间生态位宽度和时间生态位宽度的重叠指数列于表 5, 小绿叶蝉与三突花蟹蛛、异色瓢虫和草间小黑蛛时间生态位重叠度较高, 表明它们发生时间较吻合, 同步性程度高。另外天敌异色瓢虫与天敌三突花蟹蛛、草间小黑蛛的重叠度较高, 表明他们种群消长时间上的同步性, 对小绿叶蝉的种群数量进行同步控制。

异色瓢虫、八斑球腹蛛、草间小黑蛛、锥腹肖蛸与小绿叶蝉的水平空间生态位重叠度较高, 分别达 0.9866、0.9698、0.9661、0.9199 和 0.9037, 表明其在水平部位上的分布与小绿叶蝉有较强的重叠性, 对小绿叶蝉在空间上联系紧密, 还可看出, 异色瓢虫与草间小黑蛛、八斑球腹蛛、锥腹肖蛸等另外 3 种天敌在水平空间生态位上重叠度指数分别为 0.9932、0.9269 和 0.9173, 表明 3 种天敌较为均匀的发生在樱桃树的东、南、西、北 4 个方位, 同域性程度高, 共同控制小绿叶蝉。

小绿叶蝉与三突花蟹蛛时间生态位相似性系数最高 (表 5), 为 0.9616, 其次是与异色瓢虫和草间小黑蛛生态位相似性系数分别为 0.5635 和 0.5532, 表明小绿叶蝉对时间资源的利用和三突花蟹蛛基本一致。小绿叶蝉与异色瓢虫、八斑球腹蛛、草间小黑蛛、锥腹肖蛸和三突花蟹蛛空间生态位相似性系数分别为 0.9900、

0.9897、0.9700、0.9258 和 0.9011,异色瓢虫与草间小黑蛛、八斑球腹蛛和锥腹肖蛸等另外 3 种天敌之间的空间生态位相似性系数分别是 1.000、0.9488 和 0.9262. 表明 3 种天敌在空间利用上的同域性。

表 5 小绿叶蝉及其天敌的时间(A)和水平空间(B)生态位重叠

Table 5 Temporal(A) and horizontal space(B) niche overlap indexes of <i>Emposaca flavescens</i> (Fab.) and its natural enemies		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
A	S_1		0.5778	0.9720	0.5451	0.2562	0.4094	0.3297
	S_2			0.5146	0.5448	0.2342	0.2829	0.2090
	S_3				0.3866	0.1402	0.3558	0.2063
	S_4					0.2491	0.2349	0.4100
	S_5						0.4687	0.3631
	S_6							0.1574
	S_7							
B	S_1		0.9866	0.9037	0.9661	0.9199	0.9698	0.7972
	S_2			0.8487	0.9932	0.9173	0.9269	0.8223
	S_3				0.8357	0.8938	0.8771	0.7024
	S_4					0.9196	0.8802	0.8293
	S_5						0.8741	0.9446
	S_6							0.7613
	S_7							

表 6 小绿叶蝉及其天敌的时间(A)和水平空间(B)生态位相似性比例

Table 6 Temporal(A) and horizontal space(B) similarity proportions of <i>Emposaca flavescens</i> (Fab.) and its natural enemies		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
A	S_1		0.5635	0.9616	0.5532	0.2320	0.4068	0.3044
	S_2			0.5168	0.5374	0.2328	0.2879	0.2091
	S_3				0.3866	0.1360	0.3613	0.2024
	S_4					0.2287	0.2361	0.3837
	S_5						0.4646	0.3733
	S_6							0.1575
	S_7							
B	S_1		0.9900	0.9011	0.9700	0.9258	0.9897	0.7926
	S_2			0.8494	1.0004	0.9262	0.9488	0.8211
	S_3				0.8382	0.9003	0.8931	0.7067
	S_4					0.9298	0.9018	0.8310
	S_5						0.8978	0.9521
	S_6							0.7737
	S_7							

2.2.3 小绿叶蝉与其天敌之间的空间关系

櫻桃園几种主要天敌出现的 6 月 6 日和 7 月 4 日,其天敌聚集强度指标列于表 7,小绿叶蝉 2 次调查结果空间分布都是聚集格局。三突花蟹蛛 2 次都是聚集格局,其余 4 种天敌均出现一次聚集格局和一次随机格局。

Blachith^[17]曾提出负二项分布的集群平均大小即种群聚集均数(λ)可用 $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$ 公式计算, λ 小于 2,这种聚集是由于某种环境的影响而不是活动过程所造成的, λ 大于 2 或更多,其昆虫的聚集是由昆虫主动聚集或任何一种因素引起。对于小绿叶蝉及其天敌的聚集原因分析,用 Arbous 和 Kerrich 的种群聚集均数 λ 的计算公式,计算结果列于表 7,可看出小绿叶蝉 2 次的 λ 均大于 2,6 月 6 日异色瓢虫和 7 月 4 日的三突花蟹蛛 λ 大于 2,表明其聚集是种群自身原因形成的,而其它几种天敌的聚集均数 λ 均小于 2,表明几种天敌的聚集是

由于环境因子造成的,这其中当然也包括与生物因子小绿叶蝉有关。

虽然几种天敌多数是聚集格局,但是聚集强度指数之间差异过大,其聚集程度也是不同的。为了分析比较小绿叶蝉与其天敌之间的聚集程度差异,将用 David 和 Moore 公式计算的 $|w|$ 值列于表 8,可以看出,6 月 6 日和 7 月 4 日几种空间分布为聚集格局的天敌与小绿叶蝉之间的 $|w|$ 均小于 13.4629,表明小绿叶蝉与几种天敌之间聚集程度差异不显著。从数量、时间、空间格局 3 方面综合排序分析,小绿叶蝉的主要天敌依次为异色瓢虫、草间小黑蛛、三突花蟹蛛和锥腹肖蛸。

表 7 小绿叶蝉与其天敌的聚集强度指数

Table 7 Aggregation intensity indexes of *Empoasca flavescens* (Fab.) and its natural enemies

日期 Date	物种 Species	I	I_w	CA	C	λ	备注 Remark
06-06	X_1	-0.1397	0.9632	-0.0368	-0.0368	2.0962	B
	X_2	6.9205	4.4041	3.4041	7.9205	1.5744	A
	X_3	1.0477	2.2089	1.2089	2.0471	0.7261	A
	X_4	-0.1379	0.1725	-0.8275	0.8621	0.0956	B
	X_5	-0.0690	0.3100	-0.6900	0.9310	0.0806	B
	X_6	-0.1032	0.2233	-0.7744	0.8968	0.0715	B
07-04	Y_1	3.3353	1.2835	0.2835	4.3353	10.5897	A
	X_1	0.4138	1.4966	0.4966	1.4138	0.6946	A
	X_2	3.4110	2.0442	1.0442	4.4110	2.3638	A
	X_3	-0.0345	0.4826	-0.5174	0.9655	0.0572	B
	X_4	0.1724	1.8620	0.8620	1.1724	0.1195	A
	X_5	13.6629	16.1810	15.1810	14.6629	3.1070	A
	X_6	-0.0345	0.4826	-0.5174	0.9655	0.0236	A
	Y_1	0.7361	1.1502	0.1502	1.7361	4.5417	A

* A 聚集分布;B 随机分布

表 8 小绿叶蝉与其主要天敌空间空间分布格局差异

Table 8 Difference of spacial distribution pattern between *Empoasca flavescens* (Fab.) and its main natural enemies

日期 Date	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	备注 Remark
06-06	0.8086	0.3013	0.3752	0.8076	0.7691	0.7879	$2.5 \sqrt{n-1} = 13.4629$ $n = 30$
07-04	0.1027	0.4662	0.5862	0.1963	1.0668	0.5862	

3 小结与讨论

对 3 种果树小绿叶蝉及其天敌数量进行 t 检验得出,小绿叶蝉种群数量由大到小的顺序为樱桃园 > 杏园 > 梨园。3 种果园中主要天敌异色瓢虫、三突花蟹蛛、草间小黑蛛和锥腹肖蛸表现出不同程度的差异性。

用灰色系统关联度分析和生态位分析,从数量、时间、空间三方面用排序法综合评判,前 4 位的优势种天敌依次是异色瓢虫、草间小黑蛛、三突花蟹蛛和锥腹肖蛸。

20 世纪 60 年代末,生态位理论日臻完善^[13],定量描述生态位宽度、生态位重叠和相似性,用以反映群落中各个物种对空间、食物及其它资源的利用程度与关系。若在一个很长的时间范围内系统研究物种多维生态位将有助于进行物种进化及其功能和地位的预测^[14-15]。时空生态位既是多维生态位的重要组分,又是多维生态位的特定反映形式。种群在时间维上的分布比例反映了随着时间变化,其物种和资源多维的动态依存关系^[13-15],种群在空间位置的不同比例反映了空间多维资源的位置异质关系。

害虫的天敌优势种的评价是一项比较复杂而又重要的工作,直接与合理保护和利用自然天敌有关^[2],有分别用灰色系统分析方法和生态位和聚集强度分析方法评价天敌作用的报道^[13-17],但实际上评价工作比较复杂,涉及到天敌的数量,即对害虫的控制作用,特别是在多种害虫共存时对目标害虫的嗜嗜性大小、天敌的繁殖率等;其次是天敌与害虫发生时间的同步性;再者是天敌与害虫发生在作物上及部位上的同域性,也即天敌对害虫场所的搜索和跟随作用,本文是从数量、发生时间、空间格局 3 个方面进行一些探索研究,用综合排

序的方法确定小绿叶蝉的主要天敌,可能与实际情况有一定差距,但在目前情况下仍不失为一种较好的评价方法。

大鹰嘴樱桃、砀山酥梨和凯特杏分属蔷薇科的樱属、梨属和杏属,3种果树上小绿叶蝉数量之间差异显著,3种果园相邻,环境条件应为相同,因此可认为这种差异是小绿叶蝉的寄主造成的。杏树小绿叶蝉的天敌个体数量少,也可能是造成杏树小绿叶蝉数量多的又一个原因。昆虫与植物的相互作用反映出两种不同生命体系的生态关系,植物的生物化学、生物物理方面的因子影响或制约昆虫对寄主植物的利用,进而影响到害虫种群数量^[1],蔷薇科的3种果树上小绿叶蝉种群数量之间的差异显著表明3种果树尽管同属一科,但其生物化学和生物物理方面存在一定差异,3种果树上几种主要天敌种群差异显著,可能与害虫的数量多寡有关,其次与3种果树生物物理或生物化学方面对天敌招引或指示作用大小有关。

致谢:南京师范大学马飞教授对本研究给予帮助,特此致谢。

References:

- [1] Zou Y D, Wang H F. Insect ecology of agriculture and forestry. Heifei: Anhui Science and Technology Press, 1989. 311-327.
- [2] Zou Y D. Theory and application of evaluating natural enemy in management of pests. Beijing: China Forestry Press. 1997. 27-90.
- [3] Pu Z L. Theory and method of biological control in pests. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 1978.
- [4] Ma S J. Discuss on the synthesized control in agricultural pests. Acta Entomologica Sinica, 1976, 19(2): 129-141.
- [5] Yan R H. Broadening the scope of biological control bi alternatiues towaras the sustainable pest management. Acta Entomologica Sinica, 1998, Vol 41 supplement 1-3.
- [6] Lu P K, Pang Zhen, Liu W Z, Gao Z J, Zhao Q H, Zhang B D. Atlas of insect pests and diseases of fruit plants in China. Beijing: 2001 Huaxia Press, 293.
- [7] Deng J L. A course in grey system theory. Wuhan: Huazhong Science and Engineering Unversity Press, 1990: 33-84.
- [8] Levins R. Evolution in changing environments. Princeton New Jersey, Princeton University Press, 1968.
- [9] Zhang J T. Methods of quantitative vegetation ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995.
- [10] David F N, Moore P. G notes on contagious distributions in Plant Populations. Ann. Bot lond. N. S, 1954, 18: 47-53.
- [11] Arbous A G, Kerrich J E. Accident statistics and the concept of accident-proneness. Biometrics, 1951, 7, 340-432.
- [12] Blackith R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimation of animal populations. Ecology, 1958, 39, 147-150.
- [13] Wang K H, Zhou X Y, Li L S. Studies on niches of *Citrus LTetranychus* and its natural enemies. South-west Agriculture Sinica, 1985, (3): 70-84.
- [14] Qin Y C, Cai N H, Huang K X. Studies on niches of *Tetranychus viennensis*, *Panonychus ulmi* and their predatory enemies (I) spatial and temporal niches. Acta Ecologica Sinica, 1991, 11(4): 331-337.
- [15] Bi S D, Zou Y D, Chen G C, Meng Q L. Grey system analysis on dominant natural enemies influencing *aphis gossypii* population. Chinese Journal of Applied Ecology, Jun. 2000, 11(3): 417-420.
- [16] Zou Y D, Li L, Bi S D, Lou Z, Ding C C, Gao C Q, Li C G. Relationships between *aphis gossypii* and its natural enemies in megranate field. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(12): 2325-2329.
- [17] Zou Y D, Li C G, Zhou X Z, Wu H Z, Chen X Y. Spatial construction and relationship between *haltica chalybea* and its predatory natural enemy *Erigonidium graminicola*. Acta Phytophylacica Sinica, 2007, 34(3): 241-246.

参考文献:

- [1] 邹运鼎,王弘法. 农林昆虫生态学. 合肥:安徽省科学技术出版社, 1989. 311-327.
- [2] 邹运鼎. 害虫管理中的天敌评价理论与应用. 北京:中国林业出版社, 1997. 27-90.
- [3] 蒲蛰龙. 害虫生物防治的原理和方法. 北京:科学出版社, 1978.
- [4] 马世骏. 谈农业害虫综合治理. 昆虫学报, 1976, 19(2): 129-141.
- [5] 严毓华, 试论拓宽生物防治范围发展虫害可持续治理. 昆虫学报, 1998, 41 卷增刊 1-3.
- [6] 吕佩珂, 庞震, 刘文珍, 高振江, 赵庆贺, 张宝棣. 中国果树病虫原色图谱. 北京: 华夏出版社, 2001. 293.
- [7] 邓聚龙. 灰色系统理论教程. 武汉: 华中科技大学出版社, 1990: 33-84.
- [9] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 科学技术出版社, 1995.
- [13] 王开洪, 周新远, 李隆术. 柑橘叶螨及其天敌的生态位研究. 西南农学院学报, 1985, (3): 70-84.
- [14] 秦玉川, 蔡宁华. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌生态位的研究-时间与空间生态位. 生态学报, 1991, 11(4): 331-337.
- [15] 毕守东, 邹运鼎, 陈高潮, 孟庆雷. 影响棉蚜种群数量的优势种天敌的灰色系统分析. 应用生态学报, 2000, 11(3): 417-422.
- [16] 邹运鼎, 李磊, 毕守东, 姜志, 丁程成, 高彩球, 李昌根. 石榴园棉蚜及其天敌之间的关系. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2325-2329.
- [17] 邹运鼎, 李昌根, 周夏芝, 巫厚长, 陈向阳. 葡萄跳叶甲和捕食性天敌草间小黑蛛的空间格局及其联系. 植物保护学报, 2007, 34(3): 241-246.