

不同播期辣椒和番茄上烟粉虱成虫与捕食性天敌之间的关系

赵 鹏¹, 付文锋¹, 赵燕红¹, 徐增恩¹, 邹运鼎^{1,*}, 耿继光², 毕守东¹, 巫厚长¹

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 安徽省植保总站, 合肥 230001)

摘要: 为了科学施药, 合理利用和保护自然天敌进行烟粉虱的综合防治, 用灰色系统分析方法、生态位分析方法和空间格局聚集强度指标分析方法, 对春、秋两季辣椒和番茄田烟粉虱成虫及其主要捕食性天敌在数量、时间、空间格局等方面进行分析, 结果表明: 辣椒和番茄田烟粉虱成虫的捕食性天敌依次是棕管巢蛛、八斑球腹蛛、草间小黑蛛和小花蝽, 两季辣椒田烟粉虱成虫的种群数量差异极显著 ($t = 7.9063, t > t_{0.01}$)。两季辣椒田中, 八斑球腹蛛、异色瓢虫、棕管巢蛛、草间小黑蛛和龟纹瓢虫差异极显著 ($t > t_{0.01}$), 锥腹肖蛸差异显著 ($t > t_{0.05}$)。棚内天敌种类和数量较少。秋、冬季番茄田烟粉虱成虫数量显著高于辣椒田 ($t = 2.4564, t > t_{0.01}$), 而春、夏季两种作物上烟粉虱成虫种群数量没有明显差异, $t = 1.4628, t < t_{0.05}$ 。

关键词: 辣椒; 番茄; 烟粉虱成虫; 捕食性天敌; 种群动态; 数学分析

文章编号: 1000-0933(2009)10-5455-08 中图分类号: Q143, Q18, Q968.1 文献标识码: A

Relationships among *Bemisia tabaci* adults and its predatory natural enemies between pepper and tomato in different seasons

ZHAO Peng¹, FU Wen-Feng¹, ZHAO Yan-Hong¹, XU Zeng-En¹, ZOU Yun-Ding^{1,*}, GENG Ji-Guang², BI Shou-Dong¹, WU Hou-Zhang¹

1 Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China

2 General Station of Plant Protection of Anhui Province, Hefei 230001, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(10): 5455 ~ 5462.

Abstract: To use and conserve reasonably natural enemies for comprehensive control of *Bemisia tabaci*, in this present work, the quality, time and spatial framework of *Bemisia tabaci* and its predatory natural enemies was further studied using grey system analysis, ecological niche analysis and aggregated-intensity index analysis of spatial patterns. The synthetic ranking result indicated that the order of main natural enemies of *Bemisia tabaci* adults was *Clubiona japonicola*, *Therdiong octomaculatum*, *Erigonidium graminicola* and *Orius minutes*. The numbers of *Bemisia tabaci* adults during spring-summer and autumn-winter season in pepper fields was compared using *T*-test ($T = 7.9063, t > t_{0.01} = 2.85$), which showed a highly significant difference. In addition, there were also highly significant differences in the numbers of predatory natural enemies, i. e. *Therdiong octomaculatum* ($T = 4.8553, t > t_{0.01} = 2.85$), *Harmonia axyridis* ($T = 3.1780, t > t_{0.01} = 2.85$), *Clubiona japonicola* ($T = 3.6550, t > t_{0.01} = 2.85$), *Erigonidium graminicola* ($T = 4.7893, t > t_{0.01} = 2.85$), *Propylaea japonica* ($T = 3.2325, t > t_{0.01} = 2.85$), and *Tetragnatha maxillosa* ($T = 2.1009, t > t_{0.05} = 2.09$) between the two seasons in pepper fields. The further *T* test showed that the numbers of *Bemisia tabaci* adults population in autumn-winter season existed significant difference ($T = 2.4564, t > t_{0.05} = 2.09$), while no significant difference was found in spring-summer season ($T = 1.4628, t < t_{0.05} = 2.09$) between pepper and tomato fields. The results indicated the amounts

基金项目: 安徽省省长专项基金资助项目(y47)

收稿日期: 2008-11-28; 修订日期: 2009-02-04

致谢: 本试验得到南京师范大学马飞教授、县农技推广中心沈维冰主任和县植保站任翠龙站长大力支持, 特此致谢。

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

of *Bemisia tabaci* adults in tomato fields were apparently higher than that in pepper fields. Above results may provide clues for protecting natural enemies and optimizing control strategies of *Bemisia tabaci* adults.

Key Words: pepper; tomato; *Bemisia tabaci* adults; predatory natural enemies; dynamics of population; mathematic analysis

烟粉虱(*Bemisia tabaci*)是热带和亚热带地区的重要害虫之一,广泛分布于南美洲、非洲、大洋洲和亚洲的56个国家和地区,寄主植物达74科500多种^[1,2],20世纪90年代以来,烟粉虱相继成为我国蔬菜、花卉、棉花等作物的重要害虫^[3,4]。安徽省2002年以来辣椒和番茄上烟粉虱的危害逐年加重,已成为辣椒和番茄上的重要害虫,严重影响辣椒和番茄的产量和品质。烟粉虱的种群消长、发生规律的研究已有大量报道,张丽萍等^[5]和张慧杰等^[6]分别报道了不同寄主植物上烟粉虱的时空日节律的变化。烟粉虱的天敌种类繁多^[7-9],仅捕食性天敌就有17种^[10]。吕志创等^[11]用SCAR标记法研究捕食性天敌种类,明确了草间小黑蛛(*Erigonidium graminicola*)、黄褐新园蛛(*Neoscona doenizi*)、东亚小花蛛(*Orius sauteri*)、龟纹瓢虫(*Propylaea japonica*)、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)、黑襟毛瓢虫(*Scymnus hoffmanni*)、大草蛉(*Chrysopa septempunctata*)和丽草蛉(*Chrysopa formosa*)为烟粉虱的捕食性天敌。为了在合适的时间有选择地施用化学农药,合理利用和保护主要天敌,首先必须明确目标害虫的主要天敌发生规律。为了比较辣椒和番茄上的烟粉虱及其天敌的种群动态,以及判别辣椒烟粉虱的主要天敌种类,特开展了辣椒和番茄烟粉虱成虫及其捕食性天敌种群动态及辣椒烟粉虱与其天敌之间在数量、时间、空间上关系的研究,以期掌握两种蔬菜上烟粉虱的发生规律和评价辣椒田烟粉虱的优势种天敌,合理保护和利用自然天敌,进行辣椒和番茄田烟粉虱的生物防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地的基本情况

本试验在安徽省和县蔬菜科技示范园中进行,试验分别为春-夏和秋-冬两季辣椒和番茄。供试番茄品种均为红国王合作903,供试辣椒品种春-夏季为红国王青椒,秋-冬季为杭椒2号,春-夏季辣椒和番茄均为露地栽培,面积分别为0.1 hm²;秋-冬季辣椒和番茄为大棚栽培,面积分别为0.1 hm²;辣椒和番茄的行距均为0.4 m,株距均为0.4 m。春-夏季辣椒和番茄均是2月25日育苗,4月15日移栽;秋-冬季的均是7月25日育苗,8月20日移栽。两季的辣椒和番茄田均按常规措施管理,但一直不施用化学杀虫剂。

1.2 调查方法

两季辣椒和番茄烟粉虱成虫及其捕食性天敌的调查均采用平行跳跃法,随机取4行(即4个样点),每行25株,共100株。调查时间分别为2007年4月30日~7月10日和2007年8月30日~11月8日,均是每7d调查一次,共调查11次。全株调查,记载烟粉虱成虫及其天敌种数和个体数。

1.3 数学分析方法

1.3.1 烟粉虱与天敌在数量上关联度的灰色系统分析^[14],将烟粉虱及其主要天敌看作一个本征性系统,烟粉虱数量(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。不同时间点上的烟粉虱和理想优势种天敌数量作为 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:

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

Y_i 与 X_j 在第 k 点上的关联系数:

$r_{ij}(k) = [\min \min |y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|] / [y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max \max |y_i(k) - x_j(k)|], k = 1, 2, \dots, n$ 式中, ρ 为分辨系数,取值区间 $[0-1]$,一般取 $\rho = 0.5$,为了扩大几种天敌与烟粉虱之间关联系数的差距,便于进行分析,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)与烟粉虱数量(Y_1)或“理想优势种”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。

1.3.2 时间生态位分析

用 Levins^[13] 的生态位宽度指数:

$$B = \frac{1}{S \sum P_i^2}$$

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^[14]:

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

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^[13] 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。

1.3.3 空间格局分析^[15]

采用聚集强度指标测定烟粉虱及其天敌的空间分布格局,分别采用 Poisson 扩散系数 C 、负二项分布的 K 指数、David 等提出的丛生指数 I 、聚块性指数 I_w 和久野指数 C_A 5 种聚集强度指数综合分析测定烟粉虱与其天敌的空间格局。

为了判断烟粉虱及其天敌空间聚集程度的差异,用 David 和 Moore^[16] 提出的公式, $w = -\frac{1}{2} \ln \left(\frac{S_1^2/x_1}{S_2^2/x_2} \right)$, $S_1^2, S_2^2, \bar{x}_1, \bar{x}_2$ 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^[17] 提出的种群聚集均数公式 $\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v$,分析烟粉虱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 $\chi_{0.50}^2$ 值。

2 结果与分析

2.1 不同播期辣椒和番茄田之间烟粉虱及其天敌的差异

将春-夏季和秋-冬季辣椒及番茄烟粉虱及其天敌数量动态分别列于表 1 和表 2,不同播种期的两种寄主作物上烟粉虱的种群数量不同,春-夏季辣椒与番茄上烟粉虱之间的差异不显著($t = 1.4628, t < t_{0.05}, df = 20$),而秋-冬季番茄上烟粉虱的数量大于辣椒($t = 2.4564, t > t_{0.05}$),两者之间差异显著;不同播种期的辣椒上,烟粉虱的种群数量也存在明显的差异,秋-冬季辣椒上烟粉虱的数量显著的高于春夏季($t = 7.9063, df = 20$ 时, $t > t_{0.01}$)(表 1、表 2)。

从表 3 可看出,不论是辣椒还是番茄,秋-冬季的天敌数量均极少,而春-夏季的天敌数量均较多。将春-夏季番茄和辣椒上烟粉虱的天敌草间小黑蛛、锥腹肖蛸、八斑球腹蛛、三突花蟹蛛、棕管巢蛛和小花蝽数量之间进行 t 检验,其 t 值依次为 0.7752、2.3318、0.7161、0.8288、3.1645 和 0.9031, $df = 20$ 时, $t_{0.05} = 2.09$,

表 1 春-夏季辣椒和番茄田烟粉虱种群及其天敌数量动态(头/100 株)

Table 1 Dynamics of the amounts of *B. tabaci* population and its natural enemies in pepper and tomato fields in spring-summer season(unit/100 plants)

物种 Species	类型 Type	4.30	5.7	5.14	5.21	5.28	6.4	6.11	6.18	6.25	7.2	7.10	Nb
X_1	A	60	38	38	25	8	7	12	12	7	4	0	0.54160
	B	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	
X_2	A	4	7	16	14	25	6	15	47	44	32	24	0.6660
	B	0	1	0	2	0	15	29	43	39	29	0	
X_3	A	1	0	1	0	2	0	1	0	1	8	2	0.3947
	B	0	0	0	0	0	12	15	14	12	19	0	
X_4	A	1	2	44	55	93	194	143	91	162	157	166	0.6749
	B	0	0	0	0	3	57	60	169	220	238	0	
X_5	A	54	1	4	7	23	11	34	18	9	15	8	0.5176
	B	0	0	0	0	0	2	8	2	0	0	0	
X_6	A	0	4	0	0	0	4	0	5	12	26	5	0.4953
	B	0	0	0	0	1	2	6	1	6	12	0	
X_7	A	0	1	3	9	19	54	64	45	79	102	63	0.6002
	B	0	0	0	0	0	1	5	8	3	15	0	
X_8	A	0	8	22	24	0	0	1	54	30	1	0	0.4943
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
X_9	A	0	0	5	2	1	0	19	6	29	24	36	0.5343
	B	0	0	0	0	0	1	11	4	21	27	0	
X_{10}	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	B	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	
Y_1	A	0	26	12	86	384	452	1411	1105	841	1263	173	0.5117
	B	0	0	59	381	326	933	2885	2925	1575	1775	0	
Y_2	A	60	38	44	55	93	194	143	91	162	157	166	
	B	0	1	0	2	3	57	60	169	220	238	0	

X_1 异色瓢虫 *H. axyridis*; X_2 草间小黑蛛 *E. graminicola*; X_3 锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*; X_4 八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*; X_5 龟纹瓢虫 *P. japonica*; X_6 三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*; X_7 棕管巢蛛 *Clubionidae japonicola*; X_8 大草蛉 *Chrysopa septempunctata*; X_9 小花蝽 *Orius minutus*; X_{10} 棒跳蛛 *Sitticus clarator*; Y_1 烟粉虱 *B. tabaci*; Y_2 理想优势种天敌 Superior natural enemies. A 辣椒田 B 番茄田 Nb 生态位宽度 A Pepper field B Tomato field Nb Time niche breadth; 下同 the same below

表 2 秋-冬季辣椒和番茄田烟粉虱种群及其天敌数量动态(头/100 株)

Table 2 Dynamics of the amounts of *B. tabaci* population and its natural enemies in pepper and tomato fields in autumn-winter season(unit/100 plants)

物种 Species	类型 Type	8.30	9.6	9.13	9.20	9.27	10.4	10.11	10.18	10.25	11.1	11.8
X_1	A	0	0	4	5	1	0	2	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_2	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
X_4	A	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0
	B	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
X_5	A	0	0	2	4	2	1	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_6	A	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
	B	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0
X_8	A	0	0	12	4	0	2	45	31	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_9	A	2	1	1	12	10	4	13	35	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_{10}	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_1	A	1587	3170	7035	5670	4525	3530	7240	5455	4160	6290	4370
	B	1390	3266	7553	7949	7592	7035	27120	40455	36850	10740	14395
Y_2	A	2	2	12	12	10	4	45	35	0	0	0
	B	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0

$t_{0.01} = 2.85$, 可看出, 辣椒和番茄上草间小黑蛛、八斑球腹蛛、三突花蟹蛛和小花蝽数量两蔬菜品种间差异均不显著, 异色瓢虫、锥腹肖蛸、龟纹瓢虫、棕管巢蛛和大草蛉两蔬菜品种间差异显著, 且这几种天敌辣椒上显著高于番茄, 可能是造成辣椒上烟粉虱比番茄上数量稍少的原因之一。

表 3 辣椒和番茄之间烟粉虱及天敌的 t 值

Table 3 T values of <i>B. babaci</i> and its natural enemies between pepper and tomato fields										
类型 Type	Y_1	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
I	1.4628	3.1494 **	0.7552	2.3318 *	0.7161	3.1226 **	0.8288	3.1645 **	2.3745 **	0.9031
II	2.4564 *	1.9943	1.0000	—	1.6058	2.0435	0.2169	—	1.8510	2.2327 *
III	7.9063 **	3.1780 **	4.7893 **	2.1009 *	4.8553 **	3.2325 **	1.9825	3.6550 **	0.5910	0.7799

I 春-夏季辣椒和番茄之间; II 秋-冬季辣椒和番茄之间; III 春-夏季和秋-冬季辣椒之间; “—”: 两者虫口数量均为 0 I Comparision between pepper and tomato field in spring-summer season; II Comparision between pepper and tomato fields in autumn-winter season; III Comparision between spring-summer and autumn-winter season in pepper field; ‘—’: Popution quantities are zero

2.2 春-夏季辣椒田烟粉虱与其天敌之间的数量关系

由 DPS 软件计算出天敌数量与烟粉虱种群数量之间关系, 即关联度 $R(Y_i, X_j)$ 和天敌的数量同理想优势种天敌数量的关联度 $R(Y_2, X_j)$, 结果列于表 4, 与烟粉虱数量关联度较高的天敌依次为棕管巢蛛(0.8746)、八斑球腹蛛(0.8292)、草间小黑蛛(0.8186)、小花蝽(0.8026)、龟纹瓢虫(0.7993)和三突花蟹蛛(0.7915)。与理想优势种天敌数量关联度较高的天敌依次为八斑球腹蛛(0.9553)、棕管巢蛛(0.8912)、草间小黑蛛(0.8738)、龟纹瓢虫(0.8307)、小花蝽(0.8300)和三突花蟹蛛(0.8034)。

表 4 春-夏季辣椒烟粉虱与天敌之间的关联度

Table 4 correlation degree of <i>B. babaci</i> and its natural enemies in pepper fields in spring-summer season									
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
Y_1	0.6642	0.8186	0.7340	0.8292	0.7993	0.7915	0.8746	0.7071	0.8026
Y_2	0.7453	0.8738	0.8180	0.9553	0.8307	0.8034	0.8912	0.7288	0.8300

2.3 春-夏季辣椒烟粉虱及其天敌种群时间生态位

2.3.1 烟粉虱与其天敌之间的时间生态位重叠

从表 1 中烟粉虱及其天敌的时间生态位宽度可看出, 烟粉虱利用了时间资源序列中的较多等级, 但在各个时间段的数量分布不均匀, 其生态位宽度为 0.5117。八斑球腹蛛、草间小黑蛛、棕管巢蛛均利用了时间资源序列较多等级, 且分布较为均匀, 生态位宽度值分别为 0.6749、0.6660 和 0.6002, 表明 3 种天敌种群数量在各时间等级上分布均匀, 并且发生时间长, 可对烟粉虱种群进行持续控制。

表 5 烟粉虱及其天敌的时间生态位重叠

Table 5 Time niche overlaps of <i>B. babaci</i> and its natural enemies									
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
S_1		0.2409	0.8205	0.6364	0.8213	0.6128	0.7020	0.8983	0.5275
S_2			0.3921	0.2174	0.2844	0.7157	0.1637	0.2103	0.4271
S_3				0.5875	0.8183	0.5511	0.6959	0.8390	0.7822
S_4					0.6121	0.4384	0.8785	0.7444	0.0995
S_5						0.5609	0.6772	0.9468	0.4424
S_6							0.3040	0.5323	0.2988
S_7								0.8367	0.3259
S_8									0.4309
S_9									
S_{10}									

S_1 : 烟粉虱 *B. babaci*; S_2 : 异色瓢虫 *H. axyridis*; S_3 : 草间小黑蛛 *E. graminicola*; S_4 : 锥腹肖蛸 *T. maxillosa*; S_5 : 八斑球腹蛛 *T. octomaculatum*; S_6 : 龟纹瓢虫 *P. japonica*; S_7 : 三突花蟹蛛 *M. tricuspidatus*; S_8 : 棕管巢蛛 *C. japonicola*; S_9 : 大草蛉 *C. septempunctata*; S_{10} : 小花蝽 *O. minutus*; 下同 the same below

烟粉虱与棕管巢蛛、八斑球腹蛛、草间小黑蛛、三突花蟹蛛和小花蝽时间生态位重叠指数由大到小依次为 0.8983、0.8213、0.8205、0.7020 和 0.6976,表明它们发生时间较吻合,同步性程度高。天敌棕管巢蛛、八斑球腹蛛和草间小黑蛛两两之间相互重叠度较高,表明它们种群消长时间上的同步性,对烟粉虱的种群数量进行同步控制。

2.3.2 烟粉虱与其天敌之间的时间生态位相似性

棕管巢蛛与烟粉虱时间生态位相似性系数最高(表 6),为 0.9019,其次是草间小黑蛛(0.8309)、八斑球腹蛛(0.8131)和小花蝽(0.7073),表明 4 种天敌发生时间和烟粉虱发生时间的同步性。

表 6 烟粉虱及其天敌的时间生态位相似性比例

Table 6 Time niche Proportional similarity of *B. tabaci* and its natural enemies

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
S_1		0.2437	0.8209	0.6840	0.8131	0.6207	0.7022	0.9019	0.5265	0.7073
S_2			0.3989	0.2348	0.2862	0.7343	0.1643	0.2139	0.4285	0.1775
S_3				0.6138	0.8328	0.5640	0.6717	0.8524	0.7597	0.7631
S_4					0.6335	0.4720	0.9785	0.7931	0.1096	0.7192
S_5						0.5678	0.6476	0.9516	0.4256	0.8042
S_6							0.3037	0.5433	0.2988	0.4236
S_7								0.8269	0.3366	0.7222
S_8									0.4265	0.8895
S_9										0.3620
S_{10}										

2.4 烟粉虱与其天敌空间分布格局的关系

为了分析烟粉虱与其天敌的分布格局及其聚集程度差异,将烟粉虱的几种天敌都出现的 6 月 25 日和 7 月 2 日的聚集强度指数列于表 7。可看出烟粉虱和棕管巢蛛两次都是聚集格局,其余的天敌都是一次聚集格

表 7 烟粉虱与其天敌的聚集强度指数

Table 7 Aggregation intensity indices of *B. tabaci* and its natural enemies

日期 Date	物种 Species	I	Iw	Ca	K	C	$ w $	$\bar{x}$	λ	分布类型 Pistribution types
06-25	S_1	0.8979	1.1068	0.1068	9.3635	1.8979	—	8.41	3.7454	A
	S_2	-0.0600	0.1429	-0.8571	-1.1667	0.9400	0.3513	0.07	0.0416	B
	S_3	-0.0211	0.9520	-0.0480	-20.8333	0.9789	0.3310	0.44	0.3098	B
	S_4	0.0000	1.0000	0.0000	—	1.0000	0.3204	0.01	—	B
	S_5	8.8489	6.4623	5.4623	0.1831	9.8489	0.8233	1.62	2.0128	A
	S_6	-0.0811	0.0988	-0.9012	-1.1096	0.9189	0.3627	0.09	0.0564	B
	S_7	0.0575	1.4792	0.4792	0.8681	1.0575	0.2924	0.12	0.096	A
	S_8	0.4141	1.5241	0.5241	1.9000	1.4141	0.1471	0.79	0.6979	A
	S_9	5.5657	19.5522	18.5522	0.0539	6.5657	0.6206	0.30	1.2662	A
	S_{10}	0.3441	2.1867	1.1867	0.8427	1.3441	0.1725	0.29	0.2385	A
07-02	S_1	0.7637	1.0605	0.0605	16.5289	1.7637	—	12.63	11.1829	A
	S_2	-0.0300	0.2500	-0.7500	-1.3333	0.9700	0.2989	0.04	0.0355	B
	S_3	0.0656	1.2051	0.2051	4.8756	1.0656	0.2519	0.32	0.3065	A
	S_4	-0.0712	0.1094	-0.8906	-1.1228	0.9288	0.3206	0.08	0.0493	B
	S_5	-0.0317	0.9798	-0.0202	-49.5047	0.9683	0.2998	1.57	0.4652	B
	S_6	0.5320	4.5467	3.5467	0.2800	1.5320	0.0704	0.15	0.3713	A
	S_7	-0.0973	0.6257	-0.3743	-2.6716	0.9027	0.3349	0.26	0.2117	B
	S_8	0.3464	1.3396	0.3396	2.9446	1.3464	0.1350	1.02	0.9266	A
	S_9	0.0000	1.0000	0.0000	—	1.0000	0.3837	0.01	—	B
	S_{10}	-0.1483	0.3819	-0.6181	-1.6179	0.8517	0.3640	0.24	0.1755	B

A 聚集分布 Aggregated distribution; B 随机分布 Random distribution

局和一次近似随机格局,烟粉虱与聚集格局的几种天敌用 $|w|$ 比较,求得的 $|w|$ 均小于24.87,表明烟粉虱与几种聚集分布的天敌空间聚集程度差异不显著。Blachith^[18]曾提出用种群聚集均数 λ 的大小可判断分析聚集的原因, 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。6月25日和7月2日烟粉虱的种群聚集均数 λ 值均大于2,表明其聚集是烟粉虱自身原因形成的。6月25日八斑球腹蛛的 λ 值也大于2,表明其聚集是本身原因引起的。从烟粉虱和八斑球腹蛛可看出其种群密度大时, λ 值大,6月25日八斑球腹蛛的种群密度为1.62头/株, λ 值为2.0128,7月2日八斑球腹蛛的种群密度为0.15头/株, λ 值为0.3713。而其余天敌的 λ 值均小于2,表明其聚集是由于环境因素(包括烟粉虱因子)任一因子引起的。

3 结论与讨论

(1) 对辣椒田烟粉虱及其天敌种群之间的关系用灰色系统分析法、生态位分析法和聚集强度分析法进行分析,最后从种群数量、发生时间、空间格局3个方面综合排序,辣椒田烟粉虱的主要天敌是棕管巢蛛、八斑球腹蛛、草间小黑蛛和小花蝽。

(2) 对辣椒上和番茄上烟粉虱与其天敌种群之间的差异进行 t 检验,两季辣椒田之间除小花蝽外,烟粉虱和天敌数量差异均显著,秋-冬季大棚辣椒烟粉虱数量多,但天敌种类和数量极少。春-夏季番茄和辣椒田之间烟粉虱数量差异不显著,秋-冬季辣椒田和番茄田之间烟粉虱差异极显著,番茄田烟粉虱数量显著高于辣椒田。

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^[19],有分别用灰色系统分析方法、空间格局分析方法和生态位分析等方法评价天敌作用的报道^[20~23],但实际上评价工作比较复杂,涉及到天敌的数量和虫态,即对害虫的控制作用,特别是对目标害虫的日捕食量及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烟粉虱的主要天敌,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。

再者,本文中与露地栽培辣椒相比,大棚辣椒上烟粉虱的天敌种类和数量均极少,可能由于大棚的阻隔,天敌不易从外面向棚内扩散有关,秋-冬季大棚辣椒烟粉虱数量多,可能与天敌种类和个体数量少有一定关系。这给大棚内烟粉虱的防治提出了一个新问题,此时不能依靠自然天敌控制烟粉虱,必须用其它方法进行防治。大棚内番茄比辣椒上烟粉虱数量多,徐维红等^[5]报道番茄上烟粉虱实验种群净增殖率为82.88,内禀增长率为0.3424,辣椒上烟粉虱净增殖率为52.78,内禀增长率为0.2923,两个指标前者都大于后者,因此认为寄主植物是影响烟粉虱数量的主要原因之一,在防治上要引起注意。

References:

- [1] Secker A, Bedford I, Markham P. Squash, a reliable field indicator for the presence of B biotype of tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* // Gerling D. Crop Protection Conference: Pest and Diseases. London: British Crop Protection Council, 1998. 837—842.
- [2] Luo C, Zhang Z L. Summary on research of *Bemisia tabaci*. Beijing Agricultural Sciences, 2000, 18(Supplement): 4—13.
- [3] Lin K J, Wu K M, Wang H Y, et al. Population dynamics of *Bemisia tabaci* on different host plants and its chemical control. Entomological Knowledge, 2002, 39(4): 284—288.
- [4] Zhang Z L, Luo C. Occurrence and control strategies of *Bemisia tabaci* in China. Plant Protection, 2001, 27(2): 25—26.
- [5] Xu W H, Zhu G R, Zhang Y J, et al. An analysis of the life table parameters of *Bemisia tabaci* feeding on seven species of plants. Entomological Knowledge, 2003, 40(5): 453—455.
- [6] Zhang H J, Duan G Q, Zhang Z B, et al. Temporal and spatial niche dynamics in diurnal cycle of *Bemisia tabaci* adult and its spatial pattern. Chin. J. Appl. Environ. Biol., 2005, 11(1): 55—58.
- [7] Nordlund D A, Legaspi J C. Whitefly predators and their potential for use in biological control. In: Gerling D, Mayer R T eds. *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage and management. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, 1996. 499—513.

- [8] Hoddle M S, Van Driesche R G, Sanderson J P. Biology and utilization of *Encarsia formosa*. Annual Review of Entomology, 1998, 43:645—669.
- [9] Gerling D, Alomar O, Amo J. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. Crop Protection, 2001, 20:779—799.
- [10] Ren S X, Wang Z Z, Qiu B L, Xiao Y. The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. Entomologica Sinica, 2001, 18(3):279—288.
- [11] Lǚ Z C, Zhang G F, Wang F H, et al. Detection of predation on *Bemisia tabaci* by using SCAR marks. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(6):1167—1173.
- [12] Deng J L. A Course in Grey System Theory. Wuhan: Huazhong Science and Engineering University Press, 1990, 33—84.
- [13] Levins R. Evolution in changing environments. Princeton New Jersey: Princeton University Press, 1968.
- [14] Zhang J T. Methods of Quantitative Vegetation Ecology. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1995.
- [15] Zou Y D, Wang H F. Insect Ecology of Agriculture and Forestry. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 1989. 311—327.
- [16] David F N, Moore P G. Notes on contagious distributions in plant populations. Ann. Bot., 1954, 18:47—53.
- [17] Arbous A G, Kerrich J E. Accident statistics and the concept of accident-proneness. Biometrics, 1951, 7:340—432.
- [18] Blackith R E. Nearest-neighbour distance measurements for the estimation of animal populations. Ecology, 1958, 39, 147—150.
- [19] Zou Y D. Theory and Application of Evaluating Natural Enemy in Management of Pest. Beijing: China Forestry Press, 1997. 127—157.
- [20] 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.
- [21] Bi S D, Zou Y D, Chen G C, et al. Grey system analysis on dominant natural enemies influencing *Aphis gossypii* population. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(3):417—420.
- [22] Zou Y D, Li L, Bi S D, et al. Relationships between *Aphis gossypii* and its natural enemies in megranate field. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(12):2325—2329.
- [23] Zou Y D, Li C G, Zhou X Z, et al. Spatial construction and relationship between *Halicta chalybea* and its predatory natural enemy, *Erigonidium graminicola*. Acta Phytophylacica Sinica, 2007, 34(3):241—246.

参考文献:

- [2] 罗晨, 张芝利. 烟粉虱研究概述. 北京农业科学, 2000, 18(增刊):4—13.
- [3] 林克剑, 吴孔明, 魏洪义, 等. 烟粉虱在不同寄主作物上的种群动态及化学防治. 昆虫知识, 2002, 39(4):284—288.
- [4] 张芝利, 罗晨. 我国烟粉虱的发生危害和防治对策. 植物保护, 2001, 27(2):25—26.
- [5] 徐维红, 朱国仁, 张友军, 等. 烟粉虱在七种寄主植物上的生命表参数分析. 昆虫知识, 2003, 40(5):453—455.
- [6] 张慧杰, 段国琪, 张战备, 等. 烟粉虱成虫的昼夜时空动态及空间格局. 应用与环境生物学报, 2005, 11(1):55—58.
- [11] 吕志创, 张桂芳, 万方浩, 等. 天敌对烟粉虱捕食作用的 SCAR 标记检测. 中国农业科学, 2005, 38(6):1167—1173.
- [12] 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.
- [14] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 科学技术出版社, 1995.
- [15] 邹运鼎, 王弘法. 农林昆虫生态学. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989. 311—327.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 毕守东, 邹运鼎, 陈高潮, 等. 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.
- [22] 邹运鼎, 李磊, 毕守东, 等. 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.
- [23] 邹运鼎, 李昌根, 周夏芝, 等. 葡萄园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.