

菜豆田叶螨及天敌复合生态系统群落组成及其主成分分析*

蔡仁莲** 金道超*** 郭建军 乙天慈 王佳琳

(贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要 【目的】叶螨对贵州省菜豆 *Phaseolus vulgaris* 的危害日趋严重, 为明确菜豆田叶螨及其天敌群落结构特征, 对菜豆田叶螨防治提供依据。【方法】于 2013 年 5 月至 8 月对菜豆田叶螨及其天敌进行系统调查, 应用群落特征参数、主成分分析法及评价函数对其群落特征、时间格局及群落稳定性进行了研究。

【结果】菜豆田叶螨及天敌共有 7 目 11 科 21 种, 其中: 叶螨 4 种, 优势种为二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch; 捕食性天敌 17 种, 优势种为南方小花蝽 *Orius similis* Zheng。菜豆叶螨及天敌复合系统群落的多样性和均匀度随着植株的生长不断增加, 但在植株生长盛期随着二斑叶螨个体数的剧增而下降, 在菜豆生育中后期, 由于复合生态系统中物种丰富、个体数发生量大, 多样性指数和均匀度指数又呈上升趋势。对各时期复合程度的评价表明, 中后期复合程度高, 初期和末期复合程度低。【结论】复合系统中捕食性天敌对叶螨的控制作用大, 优势种天敌表现出一定的跟随效应。

关键词 菜豆, 叶螨, 天敌, 复合生态系统, 主成分分析

Community component and principal component analysis of the complex ecosystem of spider mites and their natural enemies in bean fields

CAI Ren-Lian** JIN Dao-Chao*** GUO Jian-Jun YI Tian-Ci WANG Jia-Lin

(Guizhou Key Laboratory for Insect Pest of Mountainous Agriculture, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract 【Objectives】To understand the community component and structure of spider mites, important pests of the bean *Phaseolus vulgaris*, and their natural enemies in *Phaseolus vulgaris* fields, and to improve methods for controlling spider mites. 【Methods】From May to August 2013, systematic investigations were conducted in bean fields. Community character index and principal components were analyzed, and evaluation functions established to study the characters, temporal pattern, and stability of the insect community. 【Results】21 species, from 11 families and 7 orders, were identified in bean fields, of which *Tetranychus urticae* Koch and *Orius similis* Zheng were the dominant species. Species diversity and evenness increased gradually with crop age, but declined following an increase in the number of *T. urticae* which was much higher in the middle and later periods of bean crop development than in the early and last periods. Complexity was higher in the middle and later growth period than in the early and late stages. 【Conclusion】Natural enemies have a great influence on this complex ecosystem. Population increases of natural enemies lagged behind those of *T. urticae*.

* 资助项目 Supported projects: 国家公益性行业(农业)科研专项“作物叶螨综合防控技术研究与示范推广”(201103020); 系统与应用螨学创新团队([2014]33)

**第一作者 First author, E-mail: Cairenlian@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: daochaolin@126.com

收稿日期 Received: 2014-02-27, 接受日期 Accepted: 2014-04-25

Key words *Phaseolus vulgaris*, spider mite, natural enemy, complex ecosystem, principal component analysis

蔬菜害虫及其天敌群落是菜田生态系统的重要组成部分,群落的组成随着作物的生长有所变化 (Heong *et al.*, 1991), 自然天敌是影响害虫种群动态的最重要生物因子 (张文庆等, 1996), 在研究害虫与天敌种群动态时应充分考虑种群的结构特征 (Evila *et al.*, 2012), 生态系统中害虫及天敌群落的结构及其动态, 以及害虫各种群作为一个整体与天敌各种群作为另一个整体相互间的内在联系, 是进行害虫综合治理的基础, 近年来也逐渐成为评价害虫综合治理效果的指标之一 (邓欣和谭济才, 2002)。不同品种、耕作制度和害虫防治方法等都会对害虫及其天敌复合生态系统有直接的影响, 掌握其生态系统结构和动态, 对于最大限度地发挥天敌的控制作用至关重要 (万方浩和陈常铭, 1986; 金翠霞等, 1990; 张文庆等, 1996; 邹运鼎, 2002)。目前, 应用主成分分析法对昆虫群落结构进行研究已有不少报道, 例如, 陈文龙等 (2009) 应用主成分分析法对斑潜蝇及天敌复合生态系统研究; 张晓明等 (2009) 应用主分量分析法对不同种植模式花椒园昆虫群落特征及其稳定性进行了研究; 韩争伟等 (2013) 应用主分量分析法分析了昆虫群落的主导因素; 郑方强等 (2009) 应用主分量分析法分析不同时期起主要作用的害虫及其天敌种类; 仲雨霞和付必谦 (2013) 对北京白河湿地夏季昆虫群落的多样性研究; 董振隆等 (2013) 对花椒园昆虫群落结构及稳定性的研究; 王云龙等 (2008) 对陕西吴起县生态恢复区各生境植被因素和直翅目昆虫群落的研究。

菜豆作为贵州省重要的经济作物之一, 近年来, 由于在害虫防治措施上注重对目标害虫直接且快速的控制作用, 忽视了菜田环境和天敌的作用, 而频繁使用农药, 形成防治上的恶性循环, 致使菜田害虫-天敌生态系统遭到严重破坏, 使得叶螨的危害日趋严重。所以, 本研究以菜豆叶螨与天敌群落作为一个生态系统, 通过系统调查菜豆整个生长期叶螨及天敌生态系统群落的结构

和动态, 应用多样性指数和均匀度研究叶螨及其天敌之间的相互作用和关系, 采用主成分分析法初步探讨田间自然状态下叶螨及其天敌类群的田间数量变动关系, 建立评价函数来表达不同时间序列或层次上复合生态系统中叶螨与天敌数量消长的相关关系及控制因素, 以考察各时期复合程度的高低, 研究结果可直接用于指导生产实践, 为有效保护和可持续利用优势种天敌及叶螨综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及调查方法

试验田设置在贵阳市花溪区贵州大学农场 (北纬 26°24', 东经 106°40', 海拔 1 131 m)。菜豆 *Phaseolus vulgaris* Linnaeus 品种为金黔白棒豆, 来源于贵阳金黔农业科技有限公司。试验地在生长期均不施用任何农药, 肥水管理按常规操作。

调查时间为 2013 年 5 月至 8 月, 即在菜豆幼苗期至生长末期进行系统调查。采用 5 点取样, 每点调查 5 株, 每 7 d 调查一次, 共计调查 13 次。将植株上的螨类用毛笔轻轻挑入盛有适量 75% 酒精的离心管中保存, 带回实验室鉴定种类和计数; 其他昆虫和蜘蛛种类采用扣捕法结合网捕法调查, 对植株上停息、行动慢、体型小的种类直接用离心管扣捕, 同时每点扫网 5 次 (每来回扫网算一次), 共 25 次, 采集的标本带回实验室记录种类及数量。

1.2 数据分析

1.2.1 菜豆田叶螨及天敌复合生态系统群落组成及优势种确定 统计群落中各物种的个体数量、出现频次 (Frequency)。根据各物种的重要值来确定优势种群 (张孝羲, 2000)。

重要值=相对密度+相对频率,

相对密度=某物种个体数/全部物种的个体数×100%,

相对频率=某物种出现频率/全部物种出现频率 $\times 100\%$ 。

1.2.2 复合生态系统优势种群的消长规律 采用 Microsoft Excel 2003 作图分析比较各优势种群的发生趋势。结合蔬菜生育期、种间关系等因数了解优势种群的消长规律。

1.2.3 复合生态系统的多样性和均匀度 以 Shannon-Wiener 信息多样性指数 (H') 计算复合生态系统各时期及总体的信息多样性, 其计算公式为: $H' = -\sum P_i \ln P_i (P_i = N_i/N)$ 。以 Pielou 均匀度指数 (E) 来计算复合生态系统各时期及总体的均匀度, 其公式为: $E = H'/H'_{\max} = H'/\ln S$ 。Pielou 把均匀度定义为实测多样性 (H') 与最大多样性 ($H'_{\max}$, 即在给定物种数 S 下完全均匀的多样性) 之比率。上式中的 N_i 为复合系统内 i 物种的个体数; N 为复合系统内物种的个体总数; P_i 为第 i 物种个体数占复合系统个体数量的比例; H' 为实测信息多样性指数; $H'_{\max}$ 为最大信息多样性指数; S 为物种数 (赵志模和郭依泉, 1990; 丁岩钦, 1993)。

1.2.4 复合生态系统的主成分分析 采用 SPSS17.0 软件进行分析。以物种个体数为变量,

进行主分量分析, 并且计算各因子的特征向量和负荷量值 (高宝嘉等, 1998; 刘云慧等, 2004; 张承祚等, 2006)。同时建立评价函数, 对复合系统各时期的复合程度进行综合评价并排序 (裴鑫德, 1991; 陈文龙等, 2009)。

2 结果与分析

2.1 菜豆田叶螨及其天敌群落组成及优势种

根据 2013 年 5 月 24 日至 8 月 16 日系统调查鉴定, 查得菜豆田间叶螨及其天敌群落成分 21 种 (表 1), 分属于 7 目 11 科。其中: 叶螨 4 种, 隶属于 1 目、1 科 3 属; 主要天敌有 17 种, 属昆虫纲的有 3 目 5 科 10 种, 属蛛形纲、蜱螨亚纲的捕食螨类有 2 目 3 科 3 种, 蛛形亚纲有 1 目 2 科 4 种。

21 个种的出现频次、个体数、相对频率、相对密度、重要值及其排序详见表 1。结果表明: 复合生态系统中叶螨优势种为二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch, 天敌中的优势种为南方小花蝽 *Orius similis* Zheng, 其次是圆果大赤螨 *Anystis baccarum* Linnaeus, 再次是异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas)。

表 1 复合生态系统中各物种重要值及排序
Table 1 The important values and ordination of the complex ecosystem

种名 Species	频次 Frequency	个体数 (N) Individual number	相对频率 Relative frequency	相对密度 Relative density	重要值 Important values	排序 Ordination
二斑叶螨 <i>Tetranychus urticae</i> Koch	13	7 597	0.0802	0.8153	0.8956	1
南方小花蝽 <i>Orius similis</i> Zheng	11	866	0.0679	0.0929	0.1608	2
圆果大赤螨 <i>Anystis baccarum</i> Linnaeus	12	165	0.0741	0.0177	0.0918	3
异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	12	113	0.0741	0.0121	0.0862	4
尼氏真绥螨 <i>Euseius nicholsi</i> Ehara et Lee	10	105	0.0617	0.0113	0.0730	5
草间钻头蛛 <i>Hylyphantes graminicola</i> (Sundevall)	10	81	0.0617	0.0050	0.0668	6
六斑月瓢虫 <i>Cheilomenes sexmaculata</i> (Fabricius)	9	60	0.0556	0.0064	0.0620	7

续表 1 (Table 1 continued)

种名 Species	频次 Frequency	个体数 (N) Individual number	相对频率 Relative frequency	相对密度 Relative density	重要值 Important values	排序 Ordination
苹果全爪螨 <i>Panonychus ulmi</i> Koch	8	59	0.0494	0.0087	0.0581	8
七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus	8	47	0.0494	0.0047	0.0541	9
深点食螨瓢虫 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	8	44	0.0494	0.0024	0.0517	10
华姬猎蝽 <i>Nabis sinoferus</i> Hsiao	8	32	0.0494	0.0021	0.0515	11
菜叶螨 <i>Tetranychus neocaledonicus</i> André	7	22	0.0432	0.0063	0.0495	12
八斑丽蛛 <i>Chrysso octomaculatum</i> (Bösenberg <i>et</i> Strand)	7	22	0.0432	0.0024	0.0456	13
黑肩绿盲蝽 <i>Cyrtorhinus lividipennis</i> Reuter	6	20	0.0370	0.0020	0.0391	14
中华草蛉 <i>Chrysopa sinica</i> Tjeder	6	19	0.0370	0.0018	0.0389	15
史氏始叶螨 <i>Eotetranychus smithi</i> Pritchard <i>et</i> Baker	5	17	0.0309	0.0034	0.0343	16
华美赤螨属 <i>Abrolophus</i> sp.	5	15	0.0309	0.0016	0.0325	17
带斑额角蛛 <i>Gnathonarium exsiccatum</i> (Bösenberg & Strand)	5	13	0.0309	0.0014	0.0323	18
大草蛉 <i>Chrysopa septempunctata</i> Wesmael	4	7	0.0247	0.0008	0.0254	19
丽草蛉 <i>Chrysopa formosa</i> Brauer	4	7	0.0247	0.0008	0.0254	20
长插蛛 <i>Silometopus</i> sp.	4	7	0.0247	0.0008	0.0254	21

2.2 复合生态系统中二斑叶螨及其优势种天敌的消长规律

由系统调查数据所得二斑叶螨及其优势种天敌的消长动态(图 1)可见,菜豆田内优势种天敌数量消长随着二斑叶螨数量消长呈相应的变化。二斑叶螨在菜豆生长发育中期(7月5日)达到一个高峰,其优势种天敌南方小花蝽、圆果

大赤螨和异色瓢虫则分别在此后 1 至 3 周达到一个高峰,发生高峰期相对较叶螨迟,说明优势种天敌有一定的追随效应,尤其是南方小花蝽在数量上占很大优势。以后随着二斑叶螨的数量下降,其优势种天敌也呈下降趋势。表明优势种天敌对二斑叶螨有很好的控制作用,这与田间调查实际情况相符。

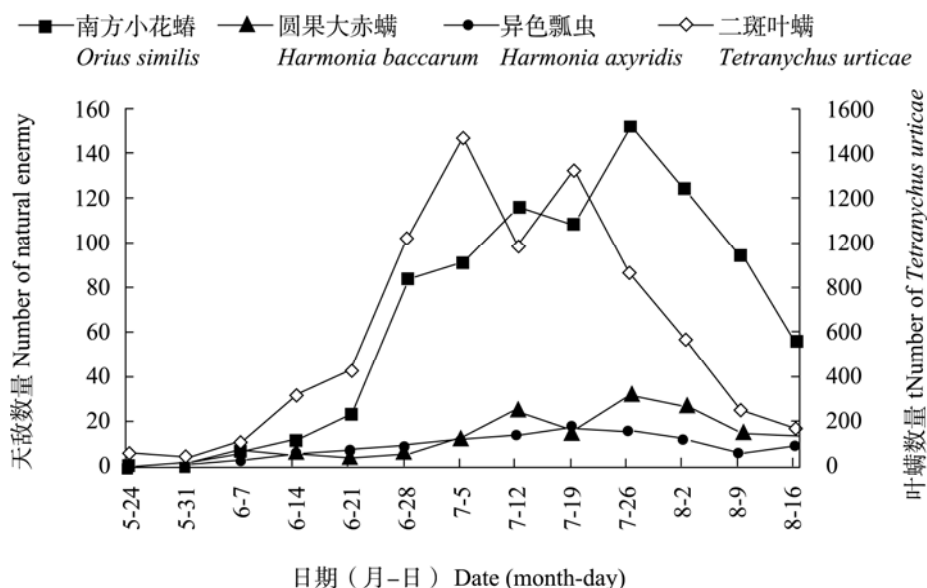


图 1 蔬菜田叶螨及天敌复合生态系统优势种群消长动态

Fig. 1 The dominant species population fluctuation of the complex ecosystem of spider mites and natural enemies in the field

2.3 叶螨及天敌复合生态系统的多样性和均匀度

菜豆各生育期复合生态系统的物种数、个体数、Shannon Wiener 信息多样性指数 (H') 和 Pielou 群落均匀度 (E) 见表 2, 各指数随时间的变化趋势如图 2。

结果表明, 在菜豆生长初期及早期 (5 月下旬), 叶螨、天敌数量较少, 多样性、均匀度较差, 然后随着叶螨和天敌种类、个体数量的增加逐渐增加; 在早期 (6 月中旬至 7 月上旬) 复合系统多样性和均匀度的总体情况是较低; 在菜豆生育中期, 由于二斑叶螨种群数量剧增, 复合系统的多样性、均匀度又呈下降趋势; 在菜豆生育中后期 (7 月中旬至 8 月上旬), 复合生态系统中天敌的种类逐渐增多, 群落个体数增加, 多样性指数和均匀度也呈上升趋势; 末期 (8 月下旬及以后) 由于植株老化, 叶螨、天敌数量减少, 多样性和均匀度逐渐下降。

2.4 菜豆叶螨与天敌复合生态系统的主成分及相关性分析

为了能够分析影响群落的内部机制和主导因素, 分析过程中以二斑叶螨个体数为 X_1 , 以

非优势叶螨种群合并为其他螨类为 X_2 , 以南方小花蝽为 X_3 , 非优势蝽类合并为其他蝽类为 X_4 , 以圆果大赤螨为 X_5 , 非优势捕食螨种类合并为其他捕食螨类为 X_6 , 以异色瓢虫为 X_7 , 以非优势瓢虫种类合并为其他瓢虫为 X_8 , 蜘蛛类为 X_9 , 草蛉类 X_{10} 。基于分析结果探讨田间自然状态下叶螨及天敌复合生态系统中的主导因数和相关性。

2.4.1 主成分分析 主成分分析结果见表 3 和表 4, 由表 3 看出: 群落中前 2 个主分量的累计贡献率超过了 80%, 即可代表绝大部分信息, 具有显著代表性, 所以, 取前两个分别作为第一主成分 Y_1 和第二主成分 Y_2 。根据表 4 特征向量值建立主分量方程:

$$Y_1 = 0.0017X_1 + 0.0563X_2 + 0.0179X_3 + 0.2940X_4 + 0.1706X_5 + 0.1135X_6 + 0.0813X_7 + 0.1612X_8 - 0.0078X_9 + 0.2725X_{10} - 9.5200$$

$$Y_2 = 0.0008X_1 - 0.0567X_2 + 0.0023X_3 + 0.1888X_4 - 0.0096X_5 + 0.0284X_6 + 0.0382X_7 - 0.0442X_8 + 0.1786X_9 - 0.0116X_{10} - 0.9742$$

从第一主分量 Y_1 可知, X_4 、 X_5 、 X_8 和 X_{10} 绝对值较大, 表明群落中其他蝽类、异色瓢虫、其他捕食螨和草蛉类个体数是影响群落的主要因子。由第二主分量 Y_2 可知, X_4 和 X_9 绝对值较大, 表明第二主分量主要代表了其他蝽类和蜘蛛

表 2 菜豆叶螨及天敌复合生态系统群落结构参数
Table 2 Indexes of spider mite and its natural enemies community

日期 (月-日) Date (month-day)	物种数 (S) Species number	个体数 (N) Individual number	多样性指数 H' Diversity index	均匀度 E Evenness
5-24	2	63	0.2365	0.3412
5-31	6	50	0.8118	0.4531
6-7	11	141	1.1714	0.4885
6-14	10	371	0.7241	0.3145
6-21	12	498	0.6887	0.2772
6-28	13	1 191	0.6514	0.2540
7-5	16	1 657	0.5716	0.2062
7-12	17	1 222	0.8631	0.3046
7-19	16	1 528	0.6349	0.2290
7-26	15	1121	0.8892	0.3284
8-2	16	788	1.0542	0.3802
8-9	16	412	1.3553	0.4888
8-16	12	276	1.3287	0.5347

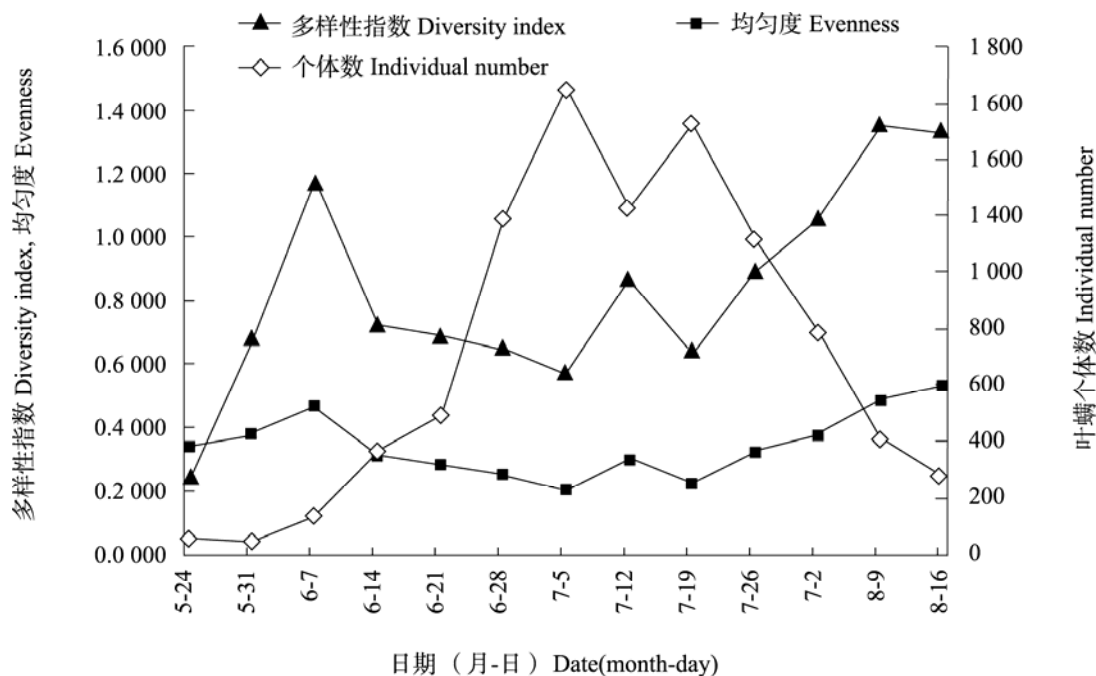


图 2 菜豆田叶螨及其天敌群落个体数、多样性指数、均匀度指数的时间动态

Fig. 2 Dynamics of individual number (N), diversity index (H') and evenness (E) of spider mites and their natural enemies community in bean fields

表 3 各主分量的特征根及贡献率
Table 3 Latent root and contribute rate of main single number apiece

主成分 Principal component	特征根 Latent root	贡献率 Contribute rate	累计贡献率 Accumulative total loadings
1	6.527	65.271	65.271
2	1.571	15.705	80.976
3	0.789	7.888	88.865
4	0.467	4.668	93.532
5	0.311	3.111	96.643
6	0.145	1.447	98.090
7	0.103	1.033	99.123
8	0.049	0.487	99.610
9	0.025	0.252	99.862
10	0.014	0.138	100.000

表 4 特征向量
Table 4 Eigenvector

种 类 Species	主分量 Main single number	
	1	2
二斑叶螨 <i>T. urticae</i>	0.853	- 0.388
其他螨类 Other mites	0.603	- 0.607
南方小花蝽 <i>O. similis</i>	0.950	0.121
其他蝽类 Other stinks bugs	0.796	0.511
异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	0.943	- 0.053
其他瓢虫类 Other ladybirds	0.876	0.219
圆果大赤螨 <i>A. baccarum</i>	0.824	0.387
其他捕食螨类 Other predatory mites	0.922	- 0.253
蜘蛛类 Spiders	- 0.031	0.714
草蛉类 Lacewings	0.844	- 0.036

类个体数。第一主分量的贡献率 (65.271%) 远远高于第二主分量 (15.705%)。

上述 2 个主分量表达和描述了不同层次、不同时间序列上叶螨-天敌类群复合系统中各主要捕食性天敌对叶螨的控制作用及其相互间的动态关系。可以看出, 群落中捕食性天敌类群的重要性要比植食性和寄生性类群高。所以, 在田间应注重保护捕食性天敌类群。

利用主成分分析结果构建评价函数为:

$$F=0.6527Y_1+0.1571Y_2$$

$$=0.0012X_1+0.0278X_2+0.0120X_3+0.2216X_4+0.1098X_5+0.0785X_6+0.0591X_7+0.0983X_8+0.0230X_9+0.1760X_{10}-6.3668$$

用评价函数对菜豆复合系统各时期进行评价并排序, 由表 5 可知, 菜豆田间叶螨及天敌复合生态系统的复合程度在中后期呈上升趋势, 而初期和末期的复合程度较小。可将群落的发展从时间上分为三个阶段, 5—6 月是发展的初级阶段, 7 月是发展的高峰阶段, 8 月以后是发展的末期, 说明菜豆叶螨及天敌的发展有一定的规律性。

2.4.2 相关性分析 对群落中各分量作简单相关和偏相关性分析结果见表 6, 可以看出, 简单相关系数和偏相关系数相比有较大的差异。在多元相关分析中, 由于两两变量间的变化同时也受其

他变量的影响, 因此, 偏相关系数更能真实地反映各指标间的关系。偏相关系数表明各分量均未达到显著相关, 说明菜豆叶螨与天敌复合生态系统中各种群个体数量的变化无明显相关性。

表 5 各时期的综合评价结果及排序

Table 5 The results and ordination of comprehensive assessment in varied time

日期 (月-日) Date (month-day)	综合得分 Comprehensive scores	综合排序 Comprehensive ordination
5-24	6.5315	13
5-31	7.0029	12
6-7	8.5163	11
6-14	9.1219	10
6-21	9.9617	9
6-28	13.8275	7
7-5	16.7732	4
7-12	19.6586	1
7-19	17.5744	3
7-26	18.8353	2
8-2	16.4205	5
8-9	14.2516	6
8-16	11.6434	8

表 6 各主成分间的相关系数

Table 6 Correlation coefficients of the principal component

主成分 Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
X_1	1.000	0.074	0.168	- 0.183	- 0.390	0.293	0.469	0.240	0.119	0.234
X_2	0.744**	1.000	0.358	0.351	- 0.705	0.762	0.407	- 0.662	0.289	- 0.565
X_3	0.695**	0.491	1.000	0.415	0.610	- 0.038	- 0.081	0.120	- 0.577	0.140
X_4	0.443	0.207	0.851**	1.000	0.240	- 0.504	- 0.220	0.682	0.321	0.309
X_5	0.459	0.211	0.907**	0.838**	1.000	0.639	0.625	- 0.475	0.434	- 0.404
X_6	0.879**	0.764**	0.834**	0.576*	0.670*	1.000	- 0.465	0.617	- 0.146	0.430
X_7	0.823**	0.533	0.883**	0.685**	0.795**	0.833**	1.000	0.218	- 0.279	0.509
X_8	0.702**	0.368	0.824**	0.837**	0.712**	0.759**	0.761**	1.000	0.137	- 0.443
X_9	- 0.163	- 0.207	- 0.064	0.254	0.093	- 0.126	- 0.108	0.104	1.000	0.262
X_{10}	0.791**	0.424	0.726**	0.586*	0.615*	0.743**	0.845**	0.675*	0.005	1.000

(1) *和**分别表示 0.05 和 0.01 的显著水平; (2) 主对角线上为偏相关系数, 主对角线下方为简单相关系数。(3) X_1 代表二斑叶螨个体数, X_2 代表其他螨类个体数, X_3 代表南方小花蝽个体数, X_4 代表其他蝽类个体数, X_5 代表圆果大赤螨个体数, X_6 代表其他捕食螨类个体数, X_7 代表异色瓢虫个体数, X_8 代表其他瓢虫个体数, X_9 代表蜘蛛类个体数, X_{10} 代表草蛉类个体数。

(1) *and**means significant difference at 0.05 and 0.01 levels, respectively; (2) On the main diagonal of the biased correlation coefficient, under the main diagonal of the simple correlation coefficient. (3) X_1 : Individual number of *T. urticae*, X_2 : Individual number of other mites, X_3 : Individual number of *O. similis*, X_4 : Individual number of other stinks bugs, X_5 : Individual number of *A. baccarum*, X_6 : Individual number of other predatory mites, X_7 : Individual number of *H. axyridis*, X_8 : Individual number of other ladybirds, X_9 : Individual number of spiders, X_{10} : Individual number of lacewings.

3 结论与讨论

3.1 菜豆田叶螨及其天敌群落组成及动态

通过对菜豆田系统调查,基本明确了菜豆田叶螨-天敌复合生态系统的群落组成及动态。菜豆田叶螨优势种为二斑叶螨,主要天敌为南方小花蝽、异色瓢虫和圆果大赤螨。优势种天敌表现出一定的追随效应。随着菜豆植株的生长,群落的组成、个体数量、群落特征和系统复合程度均表现出不断的变化趋势,这与 Heong 等(1991)对粮食作物生态系统节肢动物群落的研究相一致。在菜豆生长前期,叶螨及天敌的种类和数量少,在中后期优势种二斑叶螨个体数增加,此时期是二斑叶螨发育的最好时期(唐斌等, 2005);菜豆生长中期(6月中旬),二斑叶螨数量剧增,天敌的追随作用较慢,是引入天敌等生物防治或采取合理化学防治等措施控制其危害的关键时期。

3.2 菜豆田叶螨及其天敌群落的多样性和均匀度变化趋势

叶螨及其天敌种群个体数(N)、Shannon Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 群落均匀度(E)在菜豆田中动态表现为低→高→低→高→低的变化趋势。在菜豆幼苗期叶螨、天敌种类少,多样性、均匀度较低,随后逐渐迁入各种叶螨及其天敌,多样性、均匀度增高,此时期是种群的初建期。此后由于优势种二斑叶螨数量的剧增,多样性降低,尔后随着天敌种类及数量增加,多样性度又呈上升趋势。在菜豆生长末期,随着植株的老化,叶螨及其天敌数量减少,多样性逐渐降低,群落的均匀度表现出和群落多样性相同的变化趋势。因此,菜豆田间叶螨防治应在早期进行,在中后期要注意保护天敌种群,为下一季蔬菜复合生态系统建立良好的天敌种库。

3.3 菜豆田叶螨及其天敌群落的主成分分析

本文应用主成分分析原理,以少数的综合变量取代原有的多维变量,使数据结构简化,把原关系复杂的各指标综合成 2 个主成分,再以这 2

个主成分的贡献率为权数进行加权平均,构造出一个综合评价函数,结果表明:菜豆整个生育期内捕食性天敌是整个生态系统最主要的影响因子,对二斑叶螨有一定的控制效能。已有研究表明保护和利用天敌昆虫对害螨有显著的控制作用(邓小华等, 2010),利用天敌来防治二斑叶螨已成为将来发展的方向(胡展育和郅军锐, 2004)。菜豆叶螨及天敌生态系统变化有一定规律性,在菜豆生长初期和末期复合程度较小,初期与种群的初建有关,末期与植株的老化有关,中后期复合程度高,生态系统较稳定,提高菜田的生物多样性和生态环境的稳定性,能为天敌提供栖息场所,成为害螨的天敌库(郅军锐, 2004)。这与田间调查实际情况相一致,表明应用主成分分析法研究叶螨-天敌复合生态系统中物种间的数量动态关系和相互作用是可行的。

所以,在菜豆叶螨防治中应根据复合生态系统各个时期的群落特点采取相应的综合治理措施,改善菜田生态环境,加强菜田管理,减少化学农药的使用。在特定蔬菜生产地区,通过系统调查分析弄清叶螨及天敌群落数量动态的发展规律,了解叶螨与天敌间的相互关系,对于制定特定地区基于菜田复合生态系统的,以天敌保护利用等生态防控为中心的叶螨综合治理策略及措施具有重要参考价值。

致谢:感谢贵州科学院生物所陈会明研究员鉴定蜘蛛种类!

参考文献 (References)

- Chen WL, Gu D, Liu QY, Li ZZ, 2009. Main factor analysis of complex ecosystem of Leafminers *liriomyza* and natural enemies. *Journal of Biomathematics*, 24(1): 157–165. [陈文龙, 顾丁, 柳琼友, 2009. 斑潜蝇及天敌复合生态系统的主成份分析方法. 生物数学学报, 24(1): 157–165.]
- Deng X, Tan JC, 2002. The seasonal dynamics of species and quantities of insect pests and natural enemies in tea plantations under ecological control. *Acta Ecologica Sinica*, 22(7): 1166–1172. [邓欣, 谭济才, 2002. 生态控制茶园内害虫、天敌种类及数量的季节变化规律. 生态学报, 22(7): 1166–1172.]
- Deng XH, Guo JJ, Yi TC, 2010. An investigation control suggestion

- for pest mites of fruit trees and vegetables in Guiyang. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 29(1): 81–84. [邓小华, 郭建军, 乙天慈, 2010. 贵阳地区果蔬害螨调查及其防护对策. 山地农业生物学报, 29(1): 81–84.]
- Ding YQ, 1994. *Insects Mathematical Ecology*. Beijing: Science Press. 252–316. [丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社. 252–316.]
- Dong ZL, Yin SS, Wen YJ, Ma L, Song JX, Shi AX, Gao X, Li Q, 2013. The Influence of corn intercropping on the structure and stability of insect community in *Zanthoxylum Bungeanum* garden. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 28(5): 647–653. [董振隆, 殷山山, 文易进, 2013. 间作玉米对花椒园昆虫群落结构及稳定性的影响. 云南农业大学学报, 28(5): 647–653.]
- Evila CC, Adenir VT, Adriano SR, 2012. Population structure and dynamics of the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) and the predator *Euseius ho* (DeLeon) (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Arthropods*, 1(2): 55–62.
- Han ZW, Ma L, Cao CW, Zhang J, Wang BY, 2013. The structure and diversity of insect community in Taihu Wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 33(14): 4387–4397. [韩争伟, 马玲, 曹传旺, 张静, 王步勇, 2013. 太湖湿地昆虫群落结构及多样性. 生态学报, 33(14): 4387–4397.]
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT, 1991. Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines. *Bulletin of Entomological Research*, 81(4): 407–416.
- HU ZY, Zhi JR, 2004. Review of the researches on *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 23(5): 442–447. [胡展育, 鄧军锐, 2004. 二斑叶螨的研究进展. 山地农业生物学报, 23(5): 442–447.]
- Jin CX, Wu Y, Wang DL, 1990. Diversity of arthropod communities in paddy fields. *Acta Entomologica Sinica*, 33(3): 287–295. [金翠霞, 吴亚, 王冬兰, 1990. 稻田节肢动物群落的多样性. 昆虫学报, 33(3): 287–295.]
- Li YH, Yu ZR, Li Y, 2004. Temporal and spatial structure of Carabid community in agricultural landscape of Dongbeiwang, Beijing. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 15(1): 85–90. [刘云慧, 宁振荣, 刘云, 2004. 北京东北旺农田景观步甲群落结构的时空动态比较. 应用生态学报, 15(1): 85–90.]
- Pei XD, 1991. *Multivariate Statistical Analysis and Its Applications*. Beijing: Beijing Agriculture University Press. 196–248. [裴鑫德, 1991. 多元统计分析及其应用. 北京: 北京农业大学出版社. 196–248.]
- Shen SG, Wang ZW, Zhang YH, 1998. Studies on the temporal structure and dynamis of the insect communities in gardens. *Acta Ecologica Sinica*, 18(2): 193–197. [高宝嘉, 申曙光, 王正文, 张玉会, 1998. 园林昆虫群落时间结构及动态研究. 生态学报, 18(2): 193–197.]
- Tang B, Zhang F, Hu ZY, Xiong JW, Geng XL, 2005. The comparison of development and life table of population between *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) and *T. urticae* (Koch). *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 24(1): 42–47. [唐斌, 张帆, 胡展育, 熊继文, 耿小丽, 2005. 朱砂叶螨与二斑叶螨生长发育及实验种群生命表的比较. 山地农业生物学报, 24(1): 42–47.]
- Wan FH, Chen CM, 1986. Studies on the structure of the rice pest-natural enemy community and diversity under IPM area and chemical control area. *Acta Ecologica Sinica*, 6(4): 347–355. [万方浩, 陈常铭, 1986. 综防区和化防区稻田害虫-天敌群落组成及多样性的研究. 生态学报, 6(4): 347–355.]
- Wang YL, Liu H, Lian ZM, 2008. Orthopteran diversity in ecologically restored area in Wuqi County, Shanxi. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(4): 629–634. [王云龙, 刘慧, 廉振民, 2008. 陕西吴起县生态恢复区直翅目昆虫的多样性. 昆虫知识, 45(4): 629–634.]
- Zhang CZ, Yao LZ, Li Q, Li ZY, Song JX, Ruan YZ, 2006. Insect community structure and its dynamics in Chinese prickly ash plantations at different altitudes in Yunnan Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 17(5): 915–919. [张承祚, 姚利忠, 李强, 李正跃, 宋家雄, 阮应珍, 2006. 云南不同海拔花椒园昆虫群落结构及动态. 应用生态学报, 17(5): 915–919.]
- Zhang WQ, Zhang GR, Gu DX, 1996. On some aspects of community ecology associated with the preservation and utilization of farmland natural enemies. *Acta Phytophylacica Sinica*, 23(4): 363–368. [张文庆, 张古忍, 古德祥, 1996. 保护利用农田天敌的群落问题探讨. 植物保护学报, 23(4): 363–368.]
- Zhang XM, Li Q, Chen GH, Yang J, Gao X, Song JX, 2009. Insect community structure and its stability in a *Zanthoxylum Bungeanum* garden with different planting pattern. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(8): 1986–1991. [张晓明, 李强, 陈国华, 2009. 不同种植模式花椒园昆虫群落的结构及稳定性. 应用生态学报, 20(8): 1986–1991.]
- Zhang XX, 2000. *Insect Ecology and Forecast*. Beijing: China Agriculture University Press. 126–127. [张孝羲, 2000. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 126–127.]
- Zhao ZM, Guo YQ, 1990. *The Community Ecological Principle and Method*. Chongqing: Science and Technology Press of Chongqing Branch. 147–246. [赵志模, 郭依泉, 1990. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术出版社重庆分社. 147–246.]
- Zheng FQ, Zhang XH, Qu CH, Liu XQ, Qu SJ, 2009. Quantitative analysis of insect pest and natural enemy communities in Red

- Fuji apple. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(4): 851–856.
- [郑方强, 张晓华, 曲诚怀, 2009. 红富士苹果园害虫与天敌群落的定量分析. *应用生态学报*, 20(4): 851–856.]
- Zhi JR, 2004. Ecological control of agricultural spider mite. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 23(3): 260–265. [鄧军锐, 2004. 农业害螨的生态控制研究进展. *山地农业生物学报*, 23(3): 260–265.]
- Zhong YX, Fu BQ, 2013. Diversity and spatial pattern of insect community in Baihe River Wetland, Beijing in summer. *Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition)*, 34(5): 18–26. [仲雨霞, 付必谦, 2013. 北京白河湿地夏季昆虫群落的多样性及空间分布格局. *首都师范大学学报(自然科学版)*, 34(5): 18–26.]
- Zou YD, Meng QL, Gen JG, Ma F, Chen GG, Wang GM, 2002. Effects of different levels on the biodiversity of wheat aphid and its natural enemies population and their space patterns. *Journal of Anhui Agricultural University*, 29(3): 213–216. [邹运鼎, 孟庆雷, 耿继先, 马飞, 陈高潮, 王公明, 2002. 不同氮肥水平对麦蚜天敌群落的生物多样性及空间格局动态的影响. *安徽农业大学学报*, 29(3): 213–216.]