

邢 鲲, 曹俊宇, 王媛媛, 等. 设施蔬菜昆虫群落结构与时序动态[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(3): 564-572.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.03.009

设施蔬菜昆虫群落结构与时序动态

邢 鲲, 曹俊宇, 王媛媛, 赵 飞

(1. 山西省农业科学院植物保护研究所, 农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 山西 太原 030031)

摘要: 通过分析设施蔬菜生态系统中昆虫各群落的组成、特征及时序动态变化, 为设施蔬菜害虫生态调控策略的制定提供科学依据。采用5点取样法, 调查黄板诱集昆虫的种类和数量, 利用群落特征指数进行分析。结果表明, 设施番茄昆虫隶属于7个目16个科, 设施黄瓜昆虫隶属于7个目18个科, 并且设施黄瓜昆虫各群落丰富度指数、多样性指数与均匀度指数均高于设施番茄, 而优势集中性指数、优势度指数则设施番茄高于设施黄瓜。非天敌昆虫亚群落在昆虫总群落的变化中起着主要作用, 天敌昆虫亚群落对于非天敌昆虫群落的变化存在跟随现象。设施蔬菜生态系统昆虫群落特征与农田生态系统相比, 具有一定相似性, 又具有一定特殊性。

关键词: 设施蔬菜; 昆虫群落; 群落结构; 群落特征; 时序动态

中图分类号: S436.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)03-0564-09

The structure and time dynamics of insect community in the protected vegetable

XING Kun, CAO Jun-yu, WANG Yuan-yuan, ZHAO Fei

(1. Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

Abstract: To provide a scientific basis for the ecological regulation of pest in protected vegetable, the composition, characteristics and temporal dynamics of insect communities in the ecosystem of the protected vegetables were analyzed. The five points sampling method was used to investigate species and quantity of insects trapped on yellow template. The basic characteristics of the insect community were analyzed using basic features of the community characteristic index. The results indicated that the insects collected in greenhouse tomato belonged to 16 families, seven orders, and the insects collected in greenhouse cucumber belonged to 18 families, seven orders. In addition, the richness index, diversity index and the evenness index of insect communities in greenhouse cucumber were higher than those in greenhouse of tomato. Nevertheless, the insect communities of protected tomato had higher dominant concentration index and the dominance index. The pests-neutral sub-communities played a major role in the changes of the total community of insects, and the natural enemy sub-communities had obviously follow-up to pests-neutral sub-communities. Compared with those under the farmland ecosystem, the characteristics of insect communities under the protected vegetable ecosystem have certain similarities and particularities.

Key words: protected vegetable; insect community; community structure; community characteristics; temporal dynamics

收稿日期: 2018-09-06

基金项目: 山西省重点研发计划重点项目(201603D21110-2)

作者简介: 邢 鲲(1980-), 男, 山西太原人, 博士研究生, 副研究员, 主要从事昆虫生态研究及害虫综合治理。(E-mail) xingkun1215@126.com

通讯作者: 赵 飞, (E-mail) zhaofei12@126.com

生态环境不仅为昆虫群落提供了稳定的栖息空间, 也会对昆虫群落产生显著的影响^[1]。通过研究不同生态环境下昆虫群落内个体数量和物种数的变化情况、群落特征指数及其时空变化趋势等^[2-3], 可

为昆虫的保护和利用、害虫的预测预报和生态调控奠定理论基础。目前,国内外针对不同生态环境下昆虫群落构成以及时空动态变化规律进行了大量研究,这些研究均围绕不同作物,例如小麦^[4]、玉米^[5]、棉花^[6]、大豆^[7]、蔬菜^[8]、花椒^[9]、苹果树^[10]、桃树^[11]、枣树^[12]、桔树^[13]、柠檬树^[14]、梅子树^[15]、茶树^[16]等,探讨了不同昆虫群落,例如植食性昆虫、捕食性昆虫、寄生性昆虫、中性昆虫群落变化情况以及不同群落之间的相互关系^[17]。但是,这些研究多集中于农田生态系统中的大田作物,而设施环境中的相关研究较为缺乏。

害虫生态治理(Ecological pest management, EPM)在有害生物综合治理中的作用越发重要^[14]。以生态环境为依托,昆虫群落研究为基础,揭示害虫-天敌-生境之间的相互关系,保护生物多样性,才能依靠生态环境的自我调控能力,实施害虫的可持续控制^[18]。目前,昆虫群落结构研究结果在害虫生态治理策略制定中起着主导作用。赵飞等^[13]对日光温室枣树昆虫群落的研究结果表明,在1月下旬至2月中旬、3月中旬至5月初和7月中旬至8月底,昆虫群落多样性与均匀度指数较高,天敌数量较多,对害虫有较好的控制作用。韩宝瑜等^[19]通过调查栗-茶间作、梨-茶间作、3行密植和单行条植茶园的昆虫群落组成,发现与纯茶园相比,间作茶园可以使昆虫群落持续地保持多样性与稳定性,天敌昆虫在稳定的生境中维持自身种群的发展,长期地制约着害虫。董振隆等^[20]通过研究花椒玉米间作园和花椒纯作园中昆虫群落结构变化情况,发现花椒玉米间作园昆虫群落的稳定性更好,害虫大发生的几率相对较小,说明花椒玉米间作模式是控制玉米害虫发生的有效方法。由此可见,明确昆虫及各个亚群落的群落构成及时空变化情况,有利于有效地、持续地控制害虫的发生。

设施农业作为中国农业发展的重要组成部分,分布面积较广,种植面积较大^[21-24],其中番茄和黄瓜是设施农业主要种植作物^[25]。但是,由于近年来设施温室内农药的大量施用与滥用,造成设施温室内昆虫种类与结构变化加剧,害虫越发猖獗且防治难度加大^[26]。而且,目前只有设施蔬菜害虫发生动态的研究结果^[27],尚无设施蔬菜昆虫群落结构与时空动态变化的相关研究结果。因此,阐明设施生态环境中昆虫群落结构特征与时空变化规律,可为实

现设施蔬菜害虫生态调控与科学用药决策奠定理论基础。本研究通过分析不同设施蔬菜昆虫总群落、非天敌昆虫群落、天敌昆虫亚群落的群落结构特征及时间动态变化情况,探讨设施蔬菜昆虫各个亚群落间的相互关系,旨在为设施蔬菜害虫的综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于山西省太原市小店区东浦村设施温室内。设施温室长度70.0 m,净跨度10.0 m,脊高4.5 m,后墙高3.1 m。按照常规设施温室管理方法种植。番茄品种为红金龙,采用宽窄行高低垄定植,宽行90 cm,窄行50 cm,垄高25 cm,株距30 cm,每穴栽1株,3月17日移栽定植;黄瓜品种为青研密刺1号,宽行80 cm,窄行50 cm,垄高15 cm,株距30 cm,每穴栽1株,3月10日移栽定植。

试验期间设施番茄温室内日平均温度为25.10℃,日平均最高气温为28.84℃,日平均最低气温为20.78℃;设施黄瓜温室内日平均温度为24.54℃,日平均最高气温为27.65℃,日平均最低气温为21.25℃。

1.2 调查方法

调查时间2017年6月12日至8月21日,每7 d取样调查1次。调查方法采用黄板诱集法(黄板购自北京中捷四方生物科技有限公司,规格25 cm×30 cm,双面均有黏胶),在设施温室内按照5点取样法,每样点随机选取5株番茄植株悬挂黄板,黄板横置且悬挂高度为上沿距离地面100 cm处,每次调查时用透明保鲜膜将黄板两面密封带回实验室,在体视显微镜(奥林巴斯 SZX7)下镜检,对诱集昆虫种类进行鉴定及计数。调查期间设施番茄按照常规栽培措施管理,且不施用化学农药或生物农药。统计设施番茄温室内5个样点黄板诱集的昆虫种类及平均数量,分析设施番茄昆虫群落结构与时间动态。

1.3 昆虫分类鉴定

根据昆虫分类书籍、检索表等^[28]对设施蔬菜温室内诱集的昆虫进行分类与鉴定。

1.4 数据统计与分析

采用以下生态学参数分析设施蔬菜温室内昆虫群落特征值^[29-32]:物种种类数(S);全部物种总个体

数量(N);丰富度指数(D_{ma}), $D_{\text{ma}} = (S-1)/\ln N$;多样性指数(H'), $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$, p_i 为某一物种 i 的数量占群落个体总数的比例;均匀度指数(J), $J = H'/\ln S$;优势集中性指数(C), $C = \sum_{i=1}^S (\frac{N_i}{N})^2$, N_i 为每一个物种的个体数量;优势度指数(D), $D = N_{\text{max}}/N$, N_{max} 为优势种群数量。

用 EXCEL2007 和 SPSS 20.0 软件进行数据统计与分析。

表 1 设施蔬菜昆虫总群落组成

Table 1 The species composition of total insect community in protected vegetable

目(科)	设施番茄				设施黄瓜			
	物种数量	物种比例 (%)	个体数量	个体比例 (%)	物种数量	物种比例 (%)	个体数量	个体比例 (%)
同翅目(Homoptera)	3	18.75	2 153.1	65.81	3	16.67	1 825.4	50.13
粉虱科(Aleyrodidae)			2 109.2	64.47			344.8	9.47
蚜科(Aphididae)			41.9	1.28			1 474.2	40.48
叶蝉科(Cicadellidae)			2.0	0.06			6.4	0.18
半翅目(Hemiptera)	1	6.25	48.2	1.47	1	5.56	295.2	8.11
盲蝽科(Miridae)			48.2	1.47			295.2	8.11
缨翅目(Thysanoptera)	1	6.25	50.2	1.53	1	5.56	798.2	21.92
蓟马科(Thripidae)			50.2	1.53			798.2	21.92
双翅目(Diptera)	5	31.25	613.9	18.76	6	33.33	450.6	12.58
潜蝇科(Agromyzidae)			465.8	14.24			203.4	5.58
丽蝇科(Calliphoridae)			2.0	0.06			1.2	0.03
食蚜蝇科(Syrphidae)			—	—			24.2	0.66
蝇科(Muscidae)			101.4	3.10			118.6	3.26
蕈蚊科(Mycetophilidae)			35.4	1.08			98.0	2.69
蚊科(Culicidae)			9.3	0.28			5.2	0.14
鞘翅目(Coleoptera)	2	12.50	6.0	0.18	3	16.67	81.6	2.25
叶甲科(Chrysomelinae)			0.8	0.02			48.6	1.33
隐翅甲科(Staphylinidae)			—	—			2.6	0.07
瓢甲科(Coccinellidae)			5.2	0.16			31.0	0.85
脉翅目(Neuroptera)	1	6.25	5.8	0.18	1	5.56	1.6	0.04
草蛉科(Chrysopidae)			5.8	0.18			1.6	0.04
膜翅目(Hymenoptera)	3	18.75	394.4	12.05	3	16.67	188.8	5.18
姬蜂科(Ichneumonidae)			4.0	0.12			21.4	0.59
蚜茧蜂科(Aphidiidae)			60.8	1.86			60.6	1.66
蚜小蜂科(Aphelinidae)			329.6	10.07			106.8	2.93

比较设施番茄与设施黄瓜非天敌昆虫亚群落(表 2),发现两者双翅目(Diptera)昆虫物种比例均

2 结果与分析

2.1 设施蔬菜昆虫群落组成

设施番茄昆虫总群落中昆虫隶属于 7 个目 16 个科,而设施黄瓜昆虫总群落中昆虫隶属于 7 个目 18 个科(表 1)。比较设施番茄与设施黄瓜昆虫总群落发现,设施黄瓜昆虫总群落物种数和个体总数均大于设施番茄,但是两者双翅目(Diptera)昆虫物种比例均为最高,同翅目(Homoptera)昆虫个体数量均最多。

为最高,同翅目(Homoptera)昆虫个体数量均最多,但是设施番茄非天敌昆虫亚群落中优势种为粉虱科

(Aleyrodidae),设施黄瓜则为蚜科(Aphididae)。

表 2 设施蔬菜非天敌昆虫亚群落组成

Table 2 The species composition of pest and neutral insect sub-community in protected vegetable

目(科)	设施番茄				设施黄瓜			
	物种数量	物种比例 (%)	个体数量	个体比例 (%)	物种数量	物种比例 (%)	个体数量	个体比例 (%)
同翅目(Homoptera)	3	27.27	2 153.1	75.12	3	25.00	1 825.4	53.75
粉虱科(Aleyrodidae)			2 109.2	73.59			344.8	10.15
蚜科(Aphididae)			41.9	1.46			1 474.2	43.40
叶蝉科(Cicadellidae)			2.0	0.07			6.4	0.19
半翅目(Hemiptera)	1	9.09	48.2	1.68	1	8.33	295.2	8.69
盲蝽科(Miridae)			48.2	1.68			295.2	8.69
缨翅目(Thysanoptera)	1	9.09	50.2	1.75	1	8.33	798.2	23.50
蓟马科(Thripidae)			50.2	1.75			798.2	23.50
双翅目(Diptera)	5	45.45	613.9	21.42	5	41.67	426.4	12.55
潜蝇科(Agromyzidae)			465.8	16.25			203.4	5.99
丽蝇科(Calliphoridae)			2.0	0.07			1.2	0.04
蝇科(Muscidae)			101.4	3.54			118.6	3.49
蕈蚊科(Mycetophilidae)			35.4	1.24			98.0	2.89
蚊科(Culicidae)			9.3	0.32			5.2	0.15
鞘翅目(Coleoptera)	1	9.09	0.8	0.03	2	16.67	51.2	1.51
叶甲科(Chrysomelinae)			0.8	0.03			48.6	1.43
隐翅甲科(Staphylinidae)			-	-			2.6	0.08

比较设施番茄与设施黄瓜天敌昆虫亚群落(表 3),发现两者膜翅目(Hymenoptera)昆虫物种数与个体数均为最高,且优势种均为蚜小蜂科

(Aphelinidae)昆虫,但是相比于设施番茄,设施黄瓜天敌昆虫亚群落中有食蚜蝇科(Syrphidae)昆虫,且此类昆虫个体数量也较多。

表 3 设施蔬菜天敌昆虫亚群落组成

Table 3 The species composition of natural enemy sub-community in protected vegetable

目(科)	设施番茄				设施黄瓜			
	物种数量	物种比例 (%)	个体数量	个体比例 (%)	物种数量	物种比例 (%)	个体数量	个体比例 (%)
双翅目(Diptera)	-	-	-	-	1	16.67	24.2	9.85
食蚜蝇科(Syrphidae)			-	-			24.2	9.85
鞘翅目(Coleoptera)	1	20.00	5.2	1.28	1	16.67	31.0	12.62
瓢甲科(Coccinellidae)			5.2	1.28			31.0	12.62
脉翅目(Neuroptera)	1	20.00	5.8	1.43	1	16.67	1.6	0.65
草蛉科(Chrysopidae)			5.8	1.43			1.6	0.65
膜翅目(Hymenoptera)	3	60.00	394.4	97.29	3	50.00	188.8	76.87
姬蜂科(Ichneumonidae)			4.0	0.99			21.4	8.71
蚜茧蜂科(Aphidiidae)			60.8	15.00			60.6	24.67
蚜小蜂科(Aphelinidae)			329.6	81.30			106.8	43.49

2.2 设施蔬菜昆虫群落结构特征

设施番茄与设施黄瓜昆虫各群落比较结果(表 4)表明:设施黄瓜昆虫总群落物种数和个体总数均大于设施番茄;非天敌昆虫亚群落中,设施黄瓜比设施番茄多了 1 科(即隐翅甲科)昆虫,个体数量增多了 18.49%;天敌昆虫亚群落中,设施黄瓜比设施番

茄也多了 1 科(即食蚜蝇科)昆虫,但是个体数量减少了 65.07%。设施黄瓜昆虫各群落丰富度指数、多样性指数与均匀度指数均高于设施番茄,而优势集中性指数、优势度指数则设施番茄昆虫各群落高于设施黄瓜。

表 4 设施蔬菜昆虫群落特征

Table 4 Community characteristics of insects in protected vegetable

设施蔬菜	群落	物种种类数 (S)	全部物种总 个体数量(N)	丰富度指数 (D_{ma})	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J)	优势集中性指数 (C)	优势度指数 (D)
番茄	昆虫总群落	3 271.8	16	1.85	1.26	0.46	0.45	0.64
	非天敌昆虫亚群落	2 866.4	11	1.26	0.93	0.39	0.57	0.74
	天敌昆虫亚群落	405.4	5	0.67	0.62	0.38	0.68	0.81
黄瓜	昆虫总群落	3 642.0	18	2.07	1.86	0.63	0.23	0.40
	非天敌昆虫亚群落	3 396.4	12	1.35	1.63	0.55	0.27	0.43
	天敌昆虫亚群落	245.6	6	0.91	1.44	0.49	0.28	0.43

2.3 设施蔬菜昆虫群落特征的时间格局

设施番茄与设施黄瓜昆虫总群落特征时间格局(图 1)表明,设施黄瓜与设施番茄昆虫群落的个体数随时间均呈增加的趋势,但是设施黄瓜昆虫出现高峰的时间(7 月 24 日)要早于设施番茄(8 月 14 日)。两者物种数随时间均呈减小的趋势,且设施番茄的昆虫物种数小于设施黄瓜。两者丰富度指数随时间均呈减小的趋势,且两者之间差异不明显。两者多样性指数与均匀度指数变化趋势基本一致,呈现高-低-高-低-高的变化趋势;在 7 月 3 日之前设施黄瓜与设施番茄的多样性指数与均匀度指数均相对较高,且两者之间的差异不明显;在 7 月 3 日之后,两者的多样性指数与均匀度指数均呈“W”形变化,都在 7 月 24 日降至低点,且设施黄瓜的变化较为平缓。设施黄瓜与设施番茄昆虫群落的优势集中性指数与优势度指数则呈现低-高-低-高-低的趋势,且设施黄瓜总体变化较为平缓。

设施番茄与设施黄瓜非天敌昆虫亚群落特征的时间格局(图 2)表明,设施黄瓜与设施番茄非天敌昆虫亚群落的个体数随时间均呈增加的趋势,两者均有一个高峰与一个次高峰,设施黄瓜非天敌昆虫出现高峰的时间(7 月 24 日)要早于设施番茄(8 月 14 日)。两者的物种数与丰富度指数随时间均呈减小的趋势,且两者之间差异不明显。

两者多样性指数与均匀度指数变化总体呈现降低趋势,但是设施黄瓜表现为缓慢降低趋势,而设施番茄呈现高-低-高-低-高的变化趋势;设施黄瓜非天敌昆虫多样性指数总体上略高于设施番茄。设施黄瓜与设施番茄非天敌昆虫亚群落的优势集中性指数与优势度指数总体呈增高趋势,且设施黄瓜变化较为平缓。

设施番茄与设施黄瓜天敌昆虫亚群落特征时间格局(图 3)表明,设施黄瓜与设施番茄天敌昆虫亚群落的个体数随时间均呈增加的趋势,设施黄瓜天敌昆虫出现高峰的时间(7 月 31 日)要早于设施番茄(8 月 21 日),但设施番茄天敌昆虫增加的数量较多。设施黄瓜与设施番茄天敌昆虫亚群落的物种数随时间变化不明显,而设施番茄天敌昆虫亚群落的丰富度指数随时间变化呈逐渐降低的趋势。设施黄瓜天敌昆虫亚群落多样性指数随时间略有增加,但是设施番茄却逐渐降低。设施黄瓜天敌昆虫亚群落均匀度指数随时间略有增加,但是设施番茄却呈降低趋势,且变化幅度加大。设施黄瓜天敌昆虫亚群落的优势集中性指数与优势度指数呈现降低趋势,且在 7 月 24 日达到最低点,而设施番茄天敌昆虫亚群落的优势集中性指数与优势度指数却呈逐渐增高趋势,且均在 8 月 21 日到达最高峰,7 月 31 日到达次高峰。

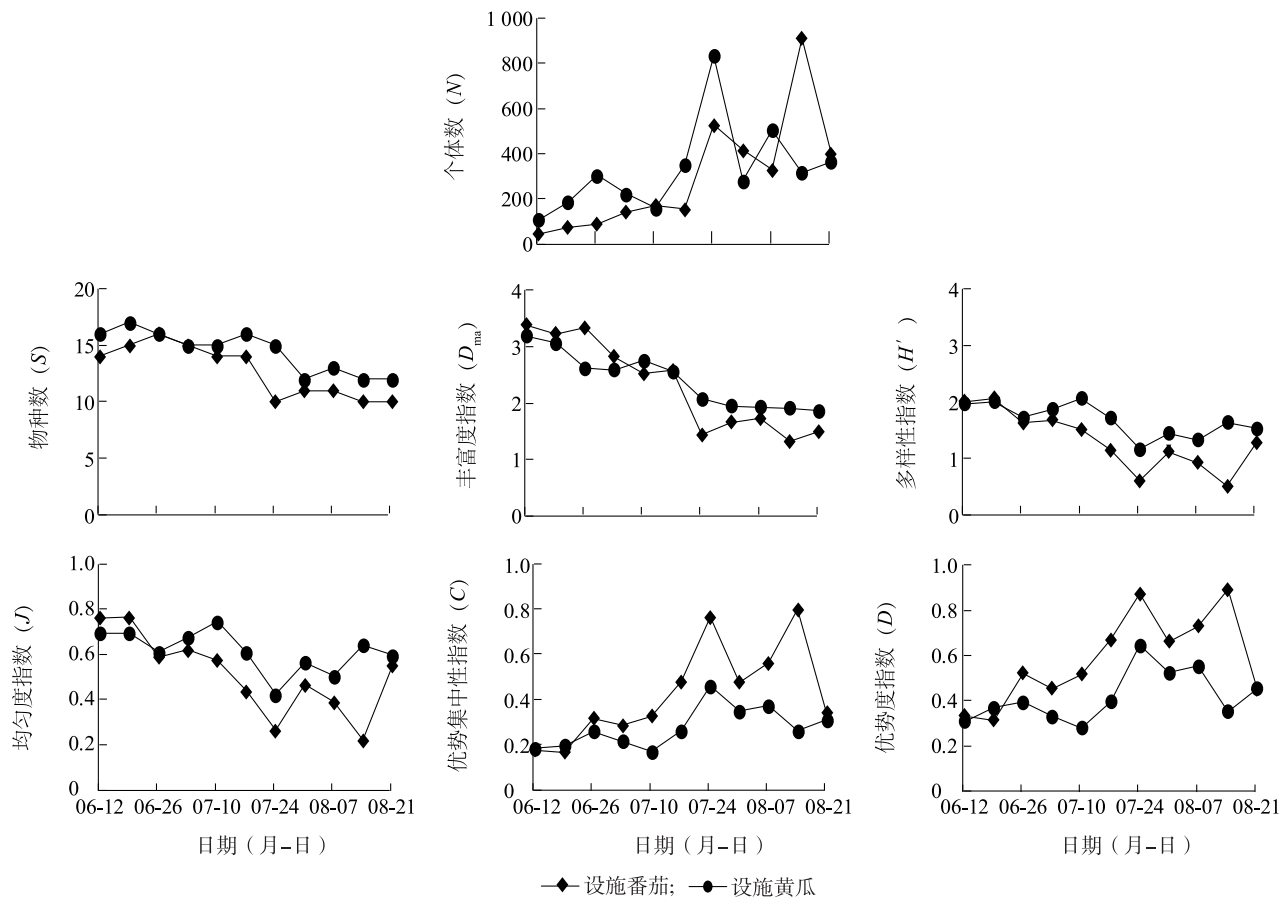


图1 设施蔬菜昆虫总群落特征指数的时间格局

Fig.1 The temporal pattern of total insect community characteristic index in protected vegetable

3 讨论

设施蔬菜昆虫总群落与非天敌昆虫亚群落中同翅目(Homoptera)昆虫个体数量均最多,天敌昆虫亚群落中膜翅目(Hymenoptera)昆虫物种数量与个体数量均最多,这与付文锋^[33]、牛新利^[34]的大田生态系统研究结果基本一致。本试验中还发现,在设施环境下双翅目(Diptera)昆虫的物种比例最高,且个体数量也较多,而在大田中没有相似情况。这可能是由于在适宜的设施环境下,未充分腐熟的农家肥中虫卵大量繁殖后造成的,但是这类昆虫并不影响设施蔬菜的生长,也不会对其他种类昆虫的生存产生显著的影响。

分析设施蔬菜昆虫群落特征,发现非天敌昆虫亚群落主导着整个昆虫群落的变化趋势,天敌昆虫亚群落紧随非天敌昆虫群落变化而改变,且具有时序延迟现象,这与花椒园^[10]、枣园^[13]、桃

园^[35]、柠檬园^[14]、梅园^[15]、荔枝园^[36]等大田生态系统中的研究结果相一致。但是我们还发现,与大田生态系统昆虫群落均匀度变化幅度较大(例如棉田0.081~0.720^[37]、花椒园0.14~1.42^[10]、苹果园0.014~0.780^[38]、柠檬园0.021~0.720^[14]等)相比,设施生态环境是一个比较独立的、封闭的生态系统,设施内适宜的温度为多种昆虫提供了较为稳定的生存环境,所以设施环境昆虫群落均匀度随时间变化幅度较小且较为稳定,例如设施番茄为0.26~0.76,设施黄瓜为0.42~0.74。由此可见,适宜的设施环境为充分发挥天敌昆虫防治作用提供了良好的基础。

设施蔬菜昆虫群落时序动态分析结果表明:在设施蔬菜结果初期,昆虫群落逐步趋于稳定,此时昆虫群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数均较高,天敌昆虫能够较好地控制非天敌昆虫;而在设施蔬菜结果中后期,随着主要害虫数量的剧增,昆虫优

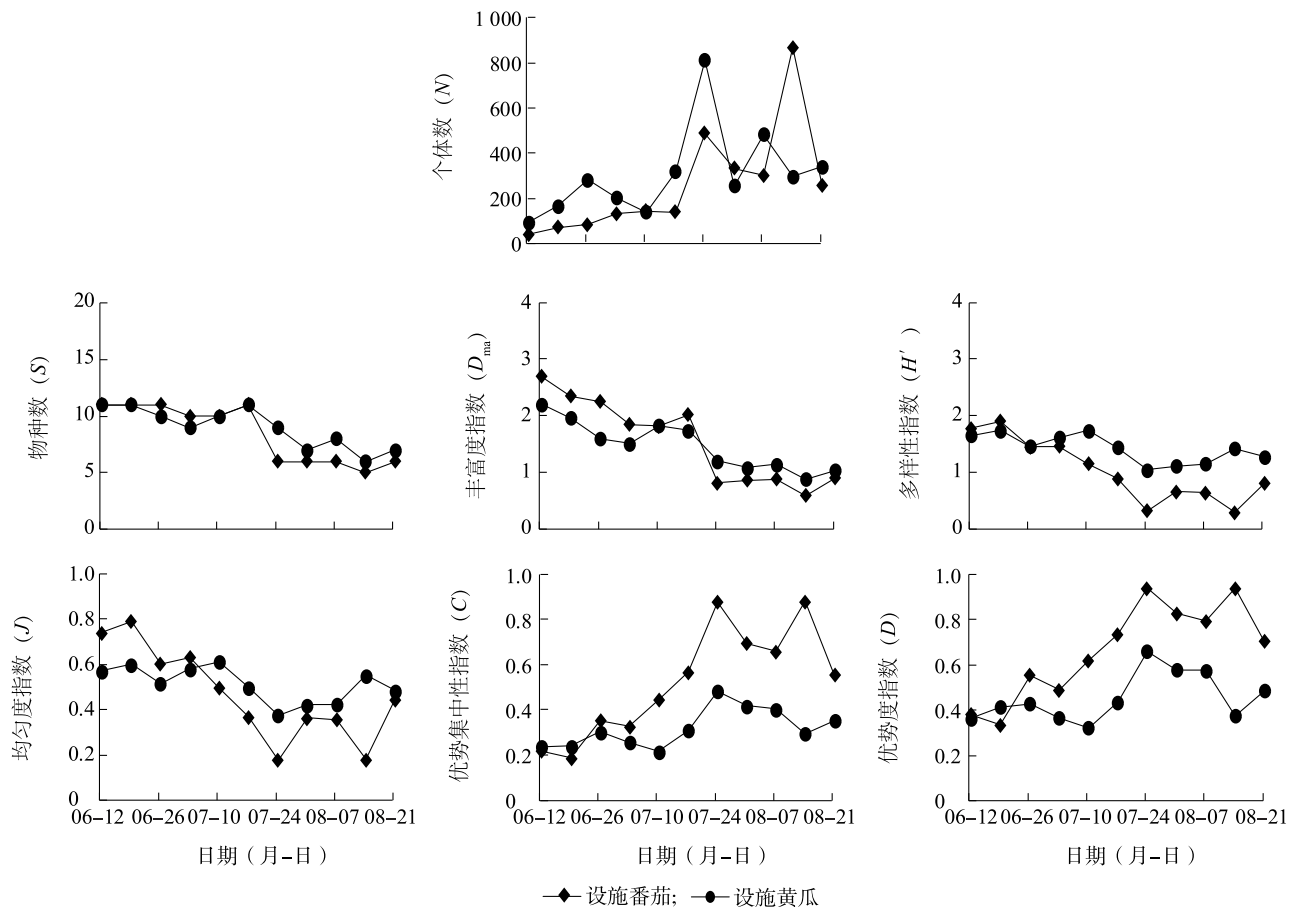


图2 设施蔬菜非天敌昆虫亚群落特征指数的时间格局

Fig.2 The temporal pattern of pest and neutral insect sub-community characteristic index in protected vegetable

势度指数、优势集中性指数增加,天敌昆虫难以控制害虫发生。因此,在结果初期应充分发挥天敌昆虫的生物防治作用,而在结果中后期应采用化学防治为主、生物生态调控为辅的综合防治技术。同时,还发现设施黄瓜昆虫各群落的多样性、丰富度、均匀度均高于设施番茄,而优势集中性与优势度却低于设施番茄。这说明设施黄瓜昆虫群落内各个物种之间处于相对稳定的状态,单一害虫大发生的可能性较小,并且设施黄瓜天敌昆虫亚群落对非天敌昆虫亚群落的控制作用要强于设施番茄。这也充分表明,相比于设施番茄,设施黄瓜的生态系统具有较高的自身稳定性和较强的抵御外界干扰或控制害虫的调控能力。可见,与设施番茄相比,设施黄瓜昆虫群落多样性较高,群落结构复杂,对害虫调控能力较强,因此应充分利用天敌的控制作用,减少农药的使用。

参考文献:

- [1] VOLF M, SEGAR S T, MILLER S E, et al. Community structure of insect herbivores is driven by conservatism, escalation and divergence of defensive traits in *Ficus* [J]. *Ecology Letters*, 2018, 21(1): 58-63. doi: 10.1111/ele.12875.
- [2] MONTAGNAO M, LOZZIA C G, GIORGI A, et al. Insect community structure and insect biodiversity conservation in an Alpine wetland subjected to an intermediate diversified management regime [J]. *Ecological Engineering*, 2012, 47(5): 242-246.
- [3] 张晓明, 李强, 陈国华, 等. 不同种植模式花椒园昆虫群落的结构及稳定性 [J]. *应用生态学报*, 2009, 20(8): 1986-1991.
- [4] 高书晶, 庞保平, 于洋, 等. 麦田昆虫群落的结构与时序动态 [J]. *生态学杂志*, 2004, 23(6): 47-50.
- [5] 杜开书, 柴立英, 赵青席. 玉米田昆虫群落的结构及时序动态研究 [J]. *玉米科学*, 2010, 18(3): 150-154.
- [6] 董文霞, 张钟宁, 李生才, 等. 不同棉田昆虫群落的比较研究 [J]. *应用昆虫学报*, 2001, 38(2): 112-116.
- [7] 侯中一. 大豆田昆虫群落结构及天敌对蚜虫的调控功能 [D].

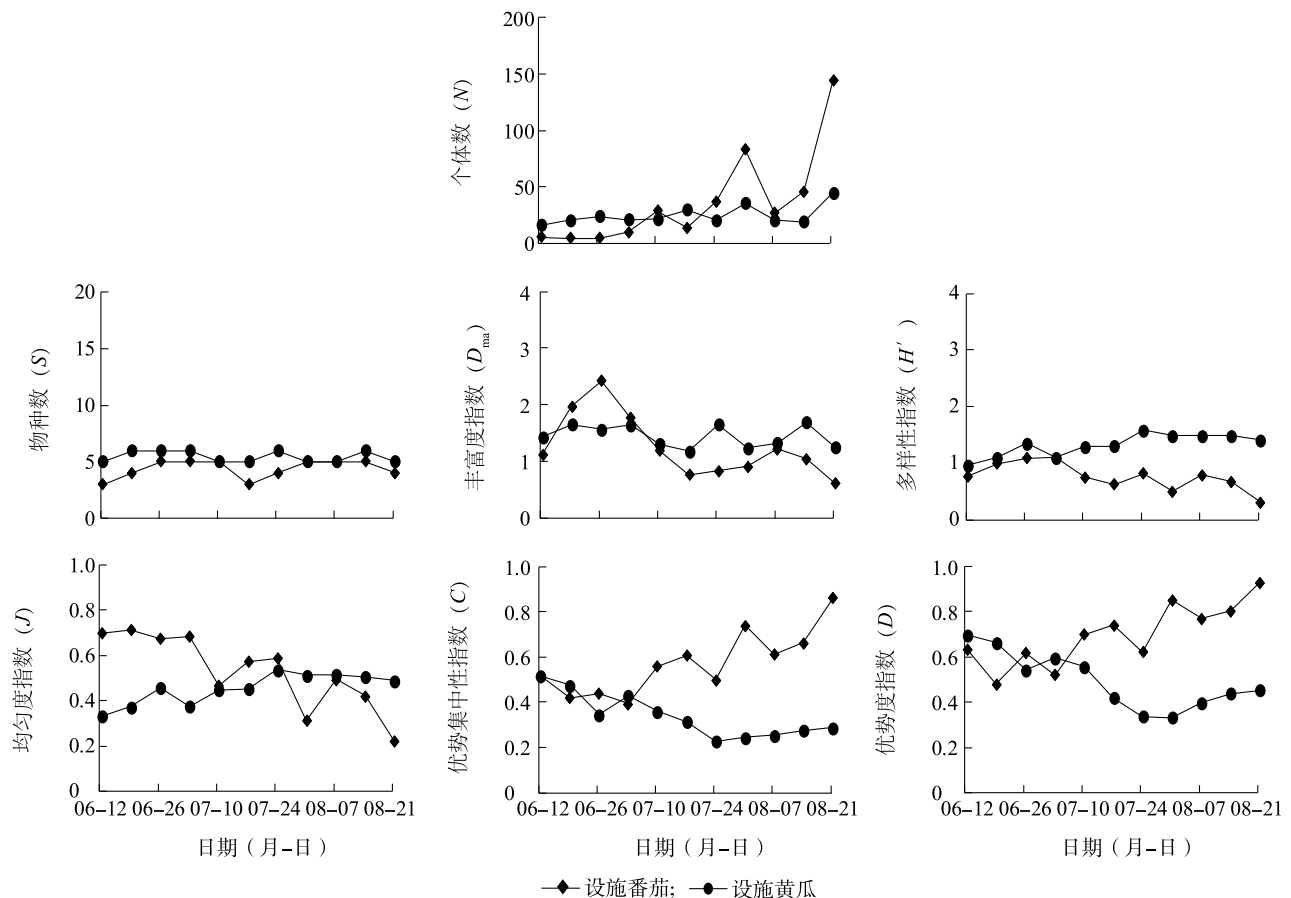


图3 设施蔬菜天敌昆虫亚群落特征指数的时间格局

Fig.3 The temporal pattern of natural enemy sub-community characteristic index in protected vegetable

- 哈尔滨: 东北农业大学, 2007.
- [8] 尤民生, 徐清元. 福州市郊区十字花科菜田昆虫群落的物种组成、丰富度及多样性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2000, 29(4): 444-452.
- [9] 韩宝瑜, 张钟宁, LE VAN TRINH. 河内蔬菜基地冬季主要蔬菜上昆虫群落组成[J]. 生物安全学报, 2003, 12(2): 102-103.
- [10] 张晓明, 李 强, 陈国华, 等. 花椒园昆虫群落结构及时间动态的聚类分析[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(1): 237-248.
- [11] 陈 川, 唐周怀, 李 鑫. 苹果园天敌昆虫群落的空间分布研究[J]. 环境昆虫学报, 2005, 27(4): 160-164.
- [12] 郭线茹, 尹新明, 罗梅浩, 等. 桃园昆虫群落的时间结构研究[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(2): 146-149.
- [13] 赵 飞, 李 捷, 牛荣山, 等. 日光温室枣树昆虫群落及时间动态研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(3): 163-166.
- [14] 张培花, 高俊燕, 岳建强, 等. 柠檬园昆虫群落的时间结构及动态[J]. 西南农业学报, 2010, 23(2): 420-423.
- [15] 黄保宏, 邹运鼎, 毕守东, 等. 梅园昆虫群落的时间结构及动态[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(2): 187-191.
- [16] 彭 萍, 李品武, 侯渝嘉, 等. 不同生态茶园昆虫群落多样性研究[J]. 植物保护, 2006, 32(4): 67-70.
- [17] 张立敏, 张玉虎, 陈 斌, 等. 元阳梯田黑光灯诱集昆虫群落多样性及其评价方法研究[J]. 云南农业大学学报, 2012, 27(5): 617-622.
- [18] 蔚立强, 陈国华, 卢文琴, 等. 玉米与杂草互作田昆虫群落结构及稳定性研究[J]. 西南农业学报, 2017, 30(5): 1057-1062.
- [19] 韩宝瑜, 江昌俊, 李卓民. 间作密植和单行茶园节肢动物群落组成差异[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 646-652.
- [20] 董振隆, 殷山山, 文易进, 等. 间作玉米对花椒园昆虫群落结构及稳定性的影响[J]. 云南农业大学学报, 2013, 28(5): 647-653.
- [21] 何 芬, 马承伟. 中国设施农业发展现状与对策分析[J]. 中国农学通报, 2007, 23(3): 462-465.
- [22] 邢希君, 宋建成, 齐伶俐, 等. 设施农业温室大棚智能控制技术的现状与展望[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(21): 10-15.
- [23] 李中华, 王国占, 齐 飞. 我国设施农业发展现状及发展思路[J]. 中国农机化, 2012(1): 7-10.
- [24] 焦 娟, 魏 珉, 李 岩, 等. 我国设施环境及调控技术研究进展[J]. 山东农业科学, 2018, 50(7): 167-172.
- [25] 田志宏, 祝华军. 我国设施农业种植结构调整方向分析——以蔬菜、花卉生产为例[J]. 农业技术经济, 2003(5): 14-17.

- [26] 单 飞. 设施农业病虫害的防治方法[J]. 吉林农业, 2016(10): 90-90.
- [27] 刘 文, 赵蔓菁, 张国庆, 等. 玻璃温室番茄烟粉虱发生动态与防治技术研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(11): 87-89.
- [28] 郑乐怡. 昆虫分类[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 1999: 622-625.
- [29] LI Y, STAM J M, POELMAN E H, et al. Community structure and abundance of insects in response to early-season aphid infestation in wild cabbage populations[J]. *Ecological Entomology*, 2016, 41(4): 378-388.
- [30] BIRKEMOE T, BERGMANN S, HASLE T E, et al. Experimental warming increases herbivory by leaf-chewing insects in an alpine plant community [J]. *Ecology & Evolution*, 2016, 6(19): 6955-6962.
- [31] 夏 吟, 杨 广, 尤民生. 间作番茄对花椰菜田主要害虫和天敌的调控作用[J]. 昆虫学报, 2015, 58(4): 391-399.
- [32] 方加兴, 申卫星, 孟宪鹏, 等. 泰山黑虎峪灯下昆虫群落结构及多样性的时间动态研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2016, 47(6): 867-872.
- [33] 付文锋. 番茄田节肢动物群落动态及其主要害虫与其天敌之间的相互关系[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2009.
- [34] 牛新利. 黄瓜田节肢动物群落结构动态、主要害虫及其天敌生态位研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2008.
- [35] 王有年, 邢彦峰, 周士龙, 等. 观光桃园昆虫群落结构与优势种生态位[J]. 林业科学, 2009, 45(4): 88-94.
- [36] 黄衍章, 江世宏, 杨长举, 等. 荔枝园昆虫群落种类组成与营养结构分析[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(2): 208-213.
- [37] 吕文彦, 秦雪峰, 徐艳聆, 等. 不同类型棉田昆虫群落结构研究[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(2): 330-334.
- [38] 徐国良, 靳爱荣, 杜纪壮, 等. 太行山区苹果园昆虫群落及其动态变化研究[J]. 华北农学报, 2006, 21(S2): 156-159.

(责任编辑: 张震林)