

间作牧草枣林蚧虫群落及其天敌功能团的组成与时空动态

王有年^{1,2}, 赵莉兰³, 苗振旺⁴, 李登科⁵, 师光禄^{1,2,*}

(1. 北京农学院, 农业应用新技术北京市重点实验室, 北京 102206; 2. 农业部都市农业(北方)重点开放实验室, 北京 102206;
3. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 4. 山西省森林病虫害防治检疫站, 太原 030012; 5. 山西省农科院, 太原 030000)

摘要: 2007 年在太谷地区对间种牧草枣林蚧虫群落及其天敌功能团的组成与时空动态的研究结果表明: 不同处理枣林蚧虫群落及其天敌功能团的组成、多样性与丰盛度时序动态、时空二位生态位的宽度与重叠以及关联度均有明显 ($P < 0.05$) 的差异, 枣林种草结合有害生物综合管理, 不仅有利于天地功能团的保护合理用, 而且对蚧虫的控制, 改善枣林生态环境均具有促进作用, 同时发现种草林的寄生性天敌功能团对枣树蚧虫的控制能力要比未种草枣林强。相关性测定表明, 天敌群落学的研究可以用功能团来替代物种而进行, 它既能反应各类群间的动态关系, 又简化了调查分析工作。

关键词: 枣草间作; 蚧虫群落; 天敌功能团; 多样性; 生态位; 关联度

文章编号: 1000-0933(2009)01-0466-09 中图分类号: Q145, Q968 文献标识码: A

Comparison analyses of scale insects and functional groups of natural enemy at jujube orchards intercropped with herbage

WANG You-Nian^{1,2}, ZHAO Li-Lin³, MIAO Zhen-Wang⁴, LI Deng-Ke⁵, SHI Guang-Lu^{1,2,*}

1 Key laboratory of New Technology of Agricultural Application in Beijing, Beijing 102206, China

2 Key Laboratory of Urban Agriculture (North) of Ministry of Agriculture P. R. China 102206, China

3 Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China

4 Forest Diseases and Insect Pests Control and Quarantine Station of Shanxi Province, Taiyuan 030012, China

5 Shanxi Agricultural Academy of Science, Taiyuan 030000, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 0466 ~ 0474.

Abstract: To understand the influence and action evaluation of the scale insects and functional groups of natural enemies on jujube trees by intercropped herbage at jujube forestry, a systematic survey was made at the jujube forestry with different treatments located west of Taigu (111°32'E, 37°26'N, 788.9 m elevation), Shanxi Province in 2007. The three of the four different treatments at jujube forestry were intercropped with herbage (*Astragalus complanatus*) and managed with IPM, conventional pest management and without any pest management separately. The fourth one wasn't intercropped with any herbage and with conventional pest management. In each of the all different treatments of jujube forestry, five trees were chosen according to the chessboard sampling method to monitor the population dynamics of the natural enemies and pests. The trees were monitored every 10 days from March 10th to September 30th. Each of all four treatments was replicated three times. The natural enemies and scale insects were distinguished based on their trophic relationships and taxonomy. Indices of abundance and diversity of the functional groups of natural enemies and scale insects were used to

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30571506); 北京市自然科学基金重点资助项目(6071001); 北京市科委区县专项资金资助项目; 北京市教委平台建设资助项目; 北京市教委都市农业学科群建设资助项目(XK100190553); 北京市属高校人才强教计划资助项目; 农业部都市农业(北方)重点开放实验室计划资助项目

收稿日期: 2007-06-23; 修订日期: 2008-12-01

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

analyze and compare the influence and action evaluation of the enemy functional groups and scale insects for all different treatments. Breadth and overlapped of two-dimensional temporal-spatial niches and relational grade were compared.

The systematic survey showed that there were significant difference ($P < 0.05$) of the diversity and abundance and breadth and overlapped of two-dimensional temporal-spatial niches and relational grade of the scale insects and functional groups of natural enemies on the trees at the different types of jujube forestry. The result suggested that jujube forestry with herbage have obvious effect to the structure and dynamics of the scale insects and functional groups of natural enemies on jujube trees. The jujube forestry with herbage could improve the population of functional groups of natural enemies which had been severely reduced by spraying of the widespectrum insecticides. The controlling abilities of parasitic natural enemies to scale insects was better in jujube forestry with herbage than that without herbage. So the jujube forestry with herbage is of great benefit to the biological control of the pests. The results from relational grade suggested that the controlling abilities of the enemy functional groups to the pests were better in the jujube forestry with herbage than that without herbage. The result from relativity mensuration showed that study of the scale insects and natural enemy community could be conducted by using functional groups in stead of species.

Key Words: jujube field intercropped with herbage; community of scale insects; natural enemy functional groups; diversity; niche; relational grade

蚧虫是农林重要害虫,也是枣树主要害虫^[1~5],尤其近年来已对枣树生产构成了一定的威胁,为了控制枣树害虫,重复、多次使用广谱性高毒化学农药,杀伤了许多有益天敌,特别是枣树蚧虫的天敌,致使蚧虫在枣产区大面积严重发生与复合危害^[6,7]。蚧虫的天敌种类很多,数量丰富,合理地评价和如何保护利用天敌来控制蚧虫对枣林的危害,是科学地制定枣林害虫综合治理措施的关键之一^[2,4~7]。研究枣林蚧虫群落结构及其天敌功能团的时空动态,不仅有助于了解其各种群在时间与空间上的分布规律,也有助于明确各种群间的时间的同步性与空间的同域性关系以及种间的制约与竞争关系,对天敌功能团及其优势种的评价以及天敌的保护利用均具有十分重要的意义。以往报道过枣林主要蚧虫的生物学特性及其天敌的种类与作用,并提出了测报方法与控制对策^[1,3~4,8~9],但从群落生态学的角度出发,全面系统地分析枣树蚧虫发生的机制及其天敌功能团的时空动态等方面的研究未见报道。由于枣树蚧虫均属于固着生活和刺吸危害,而且可以危害枣树的各个部位,必然造成枣树蚧虫在时间、空间和营养等资源利用上的相互竞争,尤其在不同类型枣林该类害虫的结构特征和发生的差异性,致使蚧虫的天敌功能团具有时间和空间的异质性。因此,本文根据生态学的原理与方法,结合当前枣树蚧虫的发生特点,对间种牧草枣林蚧虫群落结构及其天敌功能团从空间和时间尺度进行定性定量地分析研究,以期有效地综合治理蚧虫的危害提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地设在山西省太谷(111°32'E, 37°26'N, 海拔 788.9 m) 13 年生的枣林中进行,试验区蚧虫种类主要有梨笠园盾蚧 *Quadraspidotus perniciosus*、康氏粉蚧 *Pseudococcus comstock*、草履硕蚧 *Drosicha corpulenta*、日本龟蜡蚧 *Ceroplastes japonicus*、枣球蜡蚧 *Eulecanium gigantea*、枣星粉蚧 *Helicococcus ziziphi*、梨白片盾蚧 *Lepholeucaspis japonica*、水木坚蚧 *Parthenolecanium corni* 等多种。为了明确在相同管理的条件下,不同节肢动物的群落结构及其变化规律,避免因管理的差异试验区设 4 个处理:(A)种草综合防治——间种扁茎黄芪 *Astragalus complanatus*、免耕蓄草、采取综合防治措施;(B)种草常规防治——间种扁茎黄芪、免耕蓄草、采取常规的防治措施;(C)种草不防治——间种扁茎黄芪、免耕蓄草、不采取任何其它防治措施;(D)不种草常规防治——不间种扁茎黄芪、不留任何杂草或其它间作物、采取常规的化学防治措施。每个处理设 3 个重复,每个重复枣园的标地面积均不小于 666m²。综合防治园采用的综合防治措施包括冬季结合修剪刮树皮、剪虫枝以及早春翻树盘和树干基部环涂药膏以降低枣树害虫越冬基数,枣树发芽期采用性信息素诱捕与振树法控制芽

期食叶害虫,枣树开花座果期(6月10~20日)与枣果膨大着色期(8月15~20日)根据预测预报及防治指标,结合叶面施肥分别喷施灭幼脲1号(20%胶悬剂)100ml·666m²及植物源生物农药(试验品)120ml·666m²各一次进行调治。常规防治枣园,按照枣农常规的防治历共用药4次,第1次在枣树发芽期的5月5~8日喷2.5%的溴氰菊脂乳油50g+25%百果丰乳油100g·666m²;第2次在枣树开花幼果期的6月15~20日喷44%的多虫清乳油30g+25%螨卵脂乳油100g·666m²;第3次在枣果膨大期的8月5~10日喷2.5%的氯氟氰菊脂乳油50g+5%卡死克10g·666m²,第4次在枣果膨大期的8月25~30日喷20%的灭扫利乳油50g+73%克螨特100g·666m²。除此之外,试验区的地势、地貌、土质、栽培管理等自然条件均基本一致。

1.2 调查方法

枣树树冠上节肢动物群落的系统调查,在每块标地中,采用五点式抽样方法选择有代表性的枣树5株,每株在其东、西、南、北四个方位的上、中、下各取一点,每样点上取长10cm、宽1cm的面积,作好标记。从2007年3月10日开始至9月30日为止,每隔10d进行一次系统的观察与调查,研究期间,随机不定点地在被受害的树上的东、西、南、北四个方位的上、中、下各剪取同样长度的带虫枝条,取回室内水培与镜检观察,蚱虫天敌的调查是在树冠上蚱虫发生的相同部位进行系统的检查。对不能飞翔和飞翔能力弱的天敌采用常规调查法,记录其种类和数量;对善于飞翔、跳跃的天敌采用网捕法,即在调查点的附近扫网10次(来回为1次),记录其种类与数量^[10~13]。

1.3 数据处理与分析方法

天敌功能团的划分方法是把天敌依据系统分类和食性特点,分为瓢虫类、蛇蛉、草蛉类、食虫蝽类、蜘蛛类、其它捕食者和寄生性天敌等七大类别。群落多样性指数 H' 、丰盛度采用 Shannon-Wiener 的计算方法。时

间和空间生态位宽度采用 Levins 的公式 $B = \frac{1}{\sum_{i=1}^s P_i^2(S)}$ 计算,时间和空间生态位重叠度采用 Hurlbert 的公式

$L_{ij} = S \sum_{h=i}^s P_{ih} P_{jh}$,时间和空间生态位宽度和重叠度的乘积分别表示时空二位生态位宽度和重叠度,应用灰色关联分析法计算蚱虫数量与功能团天敌数量的关联度,与蚱虫同天敌功能团间的时空生态位重叠度进行比较分析,所有数据采用 EXCEL 和 SPSS 软件处理^[14~32]。

2 结果与分析

2.1 不同处理枣林蚱虫类与天敌功能团物种数的比较

将间作牧草枣林收集到的蚱虫与天敌功能团物种与个体数整理后列于表1。

结果发现,枣林蚱虫的优势种为康氏粉蚱 *P. comstock*、梨笠园盾蚱 *Q. perniciosus*、日本龟蜡蚱 *C. japonicus* 以及草履硕蚱 *D. corpulenta*,蚱虫天敌功能团的优势种为红点唇瓢虫 *Chilocorus kuwanae*、褐蚁 *Lasius fuliginosus*、枣盲蛇蛉 *Inocllia* sp.、晋草蛉 *Chrysopa shansiensis*、中华七纺蛛 *Heptathela sinensis*、中华狼蛛 *Lycosa sinensis*、蚱金小蜂 *Anysis saissetiae*、粉蚱三色跳小蜂 *Clausenia purpuria* 等。在不同间作与管理的枣林生态系统中,蚱虫与天敌功能团物种与个体数有不同程度的差异($P < 0.05$)。就蚱虫物种数而言,种草综合防治区与不防治区明显大于种草常规防治区与未种草常规防治区,就蚱虫的个体数而言,种草常规防治区 > 未种草常规防治区 > 种草综合防治区 > 种草不防治区;就蚱虫天敌功能团而言,无论物种数还是个体数,种草不防治区均明显($P < 0.05$)大于其他3种处理枣区,而未种草常规防治区明显($P < 0.05$)小于其他3种处理枣区,由此可见,枣林间种牧草结合综合防治,不仅可以增加枣林区蚱虫天敌的种群数量,同时对抑制蚱虫的消长,改善枣林生态环境均具有积极的意义。

2.2 不同处理枣林蚱虫群落及其天敌功能团丰盛度与多样性的时序动态

根据逐次调查蚱虫及其天敌功能团的结果,计算其丰盛度与多样性并作图1和图2。

由图1可见,在四种不同处理枣林的21次调查中,蚱虫群落与天敌功能团的丰盛度随季节的变化而发生波动,其波动幅度有不同程度的差异($P < 0.05$)。蚱虫群落平均丰盛度的变化规律为未种草常规防治区 > 种

草常规防治区 > 种草综合防治区 > 种草不防治区,分析其标准误不难理解,未种草常规防治区的波动幅度较

表 1 不同处理枣林蚧虫及其天敌功能团物种数的比较

Table 1 Comparison of the species of scale insect and functional groups of natural enemy at the jujube forestry of different treatments		处理 Treatments			
项目 Item	数量 Number	A	B	C	D
蚧虫类	物种数 Species	12.00 ± 0.33a	9.00 ± 0.33b	13.00 ± 0.33a	6.33 ± 0.19c
Scale insects	个体数 Individuals	6041.33 ± 61.40c	7075.33 ± 76.12a	5337.00 ± 51.01d	6596.33 ± 83.56b
寄生蜂类	物种数 Species	8.00 ± 0.33a	6.00 ± 0.33b	9.00 ± 0.33a	4.67 ± 0.19c
Parasitic wasps	个体数 Individuals	95.67 ± 2.83b	71.00 ± 4.81c	122.33 ± 3.34a	38.00 ± 3.84d
蛇蛉、草蛉类	物种数 Species	6.00 ± 0.33b	4.67 ± 0.19c	8.33 ± 0.19a	3.67 ± 0.19c
Lacewings & Inocllia	个体数 Individuals	90.67 ± 1.17a	69.00 ± 1.53b	105.67 ± 2.27a	52.33 ± 1.90b
食虫蝽类	物种数 Species	7.00 ± 0.33b	5.67 ± 0.38bc	9.67 ± 0.38a	4.67 ± 0.38c
Predacious bugs	个体数 Individuals	56.33 ± 3.24b	39.33 ± 1.39c	78.67 ± 1.02a	27.67 ± 1.35d
瓢虫类 Ladybirds	物种数 Species	9.00 ± 0.33a	6.00 ± 0.33b	11.00 ± 0.33a	4.33 ± 0.19b
	个体数 Individuals	106.33 ± 2.46b	61.33 ± 4.99c	124.33 ± 2.36a	38.67 ± 2.01d
蜘蛛类 Thecridiidae	物种数 Species	13.33 ± 0.69b	8.00 ± 0.33c	16.67 ± 0.19a	6.00 ± 0.33c
	个体数 Individuals	106.67 ± 2.36b	75.67 ± 6.20c	121.67 ± 2.22a	36.00 ± 2.52d
其它捕食类	物种数 Species	9.67 ± 0.84b	7.00 ± 0.33bc	16.00 ± 0.33a	5.33 ± 0.19c
Other predators	个体数 Individuals	76.00 ± 2.73b	44.00 ± 2.52c	107.67 ± 3.02a	33.00 ± 4.81d

A: 种草综合防治 Integrated pest management jujube field intercropped with herbage; B: 种草常规防治 Conventional management jujube field intercropped with herbage; C: 种草不防治 Non-management jujube field intercropped with herbage; D: 未种草常规防治 Conventional management jujube field without herbage; 下同 The same below

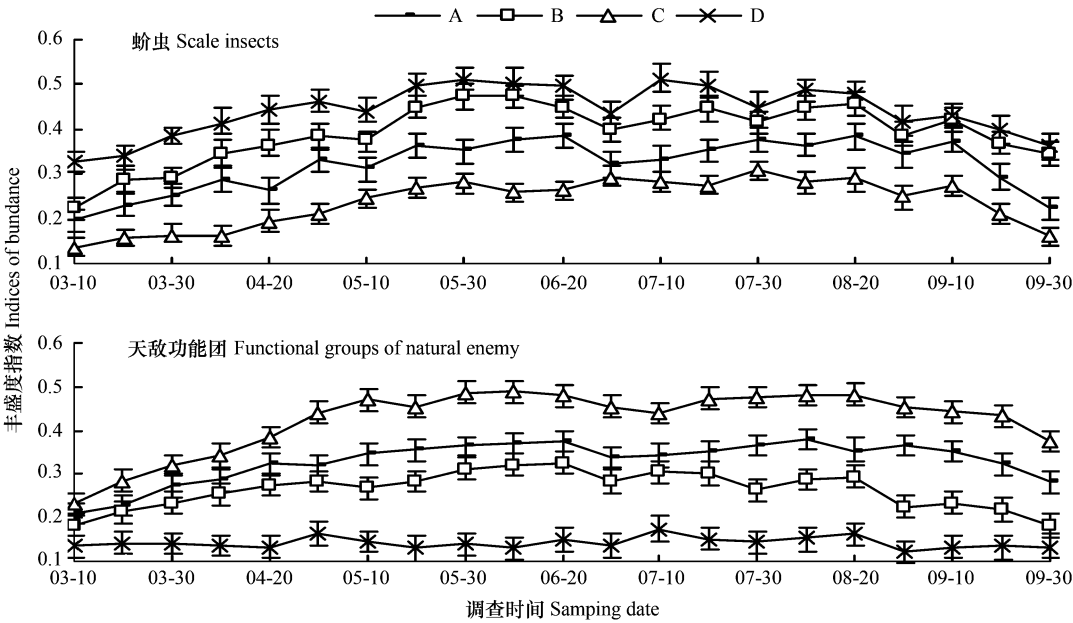


图 1 不同处理枣园蚧虫群落及其天敌功能团丰盛度动态

Fig. 1 Abundance dynamics of scale insect community and functional groups of natural enemy at the jujube forestry of different treatments

大,而种草不防治区与种草综合防治区的波动幅度较小。就其天敌功能团的丰盛度的变化规律来看,种草不防治区 > 种草综合防治区 > 种草常规防治区 > 未种草常规防治区,而其标准误则是未种草常规防治区的波动幅度较小,而种草不防治区与种草综合防治区的波动幅度较大,这时因为在种草不防治区与种草综合防治区,由于生物多样性较为丰富,加之没有使用或使用选择性农药,天敌功能团的丰盛度随蚧虫种群数量的增加而增大,因此,在种草不防治区与种草综合防治区,蚧虫群落丰盛度的标准误相对较小,天敌功能团丰盛度的标准误相对较大,而未种草常规防治区则与前者正好相反。可见,枣林间种牧草结合综合防治技术的实施,不仅

有利于保护和利用天敌来减少或抑制有害生物的发生与为害,而且对增加物种的多样性,提高枣林生态环境质量均具有积极的作用。

由图2结果显示,蚧虫群落与天敌功能团的多样性随季节波动有明显差异($P < 0.05$)。在四种不同处理枣林中,其蚧虫群落与天敌功能团的平均多样性指数的变化情况来看,种草不防治区 > 种草综合防治区 > 种草常规防治区 > 未种草常规防治区,可见,在种草不防治区与种草综合防治区,无论是蚧虫群落还是天敌功能团,其优势种的发生与分布均明显小于其余两种处理枣园。由此结果进一步表明,减少化学农药使用次数或者采用综合防治技术,均有利于生物多样性的保护和利用。

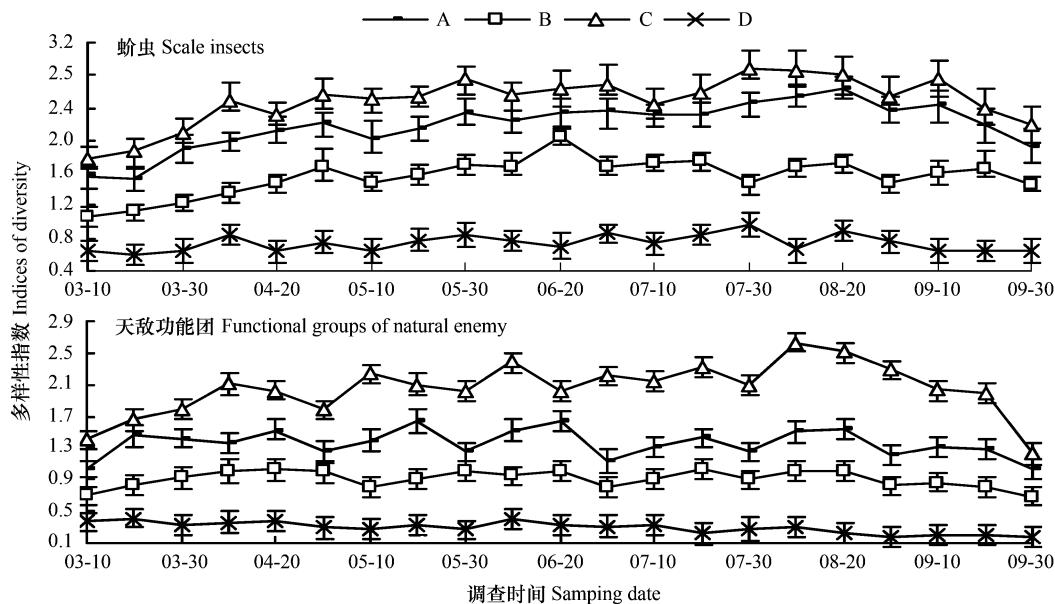


图2 不同处理枣园蚧虫群落及其天敌功能团多样性动态

Fig. 2 Diversity dynamics of scale insect community and functional groups of natural enemy at the jujube forestry of different treatments

2.3 不同处理枣林蚧虫群落及其天敌功能团的时空二维生态位宽度和重叠

将不同处理枣林蚧虫群落及其天敌功能团的时空二维生态位宽度和重叠的统计分析结果列于表2。由表2可见,不同处理枣林蚧虫群落及其天敌功能团的时空二维生态位宽度和重叠各不相同。就其蚧虫群落时空二维生态位宽度而言,种草不防治区与种草综合防治区明显($P < 0.05$)大于种草常规防治区与未种草常规防治区;从蚧虫群落与天敌功能团的时空二维生态位重叠来看,蚧虫群落与寄生蜂类的重叠值在种草不防治区与种草综合防治区均明显($P < 0.05$)大于其它天敌功能团,但在种草常规防治区与未种草常规防治区寄生蜂类的重叠值则最小,而是蚧虫群落与瓢虫类的重叠值均明显($P < 0.05$)大于其它天敌功能团;从蚧虫群落与天敌功能团的时空二维生态位的平均宽度和重叠值来看,种草不防治区 > 种草综合防治区 > 种草常规防治区 > 未种草常规防治区。综上所述,枣林种草结合综合防治措施,更有利于寄生性天敌功能团的保护和利用。

2.4 不同处理枣林蚧虫群落与天敌功能团重叠度和关联度的比较分析

将不同处理枣林蚧虫群落与天敌功能团的重叠度和关联度的计算结果列于表3。

结果表明,蚧虫群落及其天敌功能团关联度的排序与时间、空间生态位以及时空二维生态位重叠值的排序基本一致,说明蚧虫的天敌功能团对蚧虫总体上的跟随(同步同域)程度与其控制作用密切相关,其中蚧虫群落与其天敌功能团时间上的同步性较之空间上的同域性对天敌控制蚧虫作用的影响更大。但在不同处理枣林中,蚧虫群落与天敌功能团的平均重叠度和关联度有明显($P < 0.05$)的差异,即空间生态位的平均重叠值为种草不防治区(0.489 ± 0.010) > 种草综合防治区(0.323 ± 0.011) > 未种草常规防治区(0.292 ± 0.032)

> 种草常规防治区 (0.247 ± 0.003), 而时间生态位和时空二维生态位平均重叠值以及关联度的平均值是种草不防治区 (分别为 0.568 ± 0.021 、 0.448 ± 0.031 和 0.967 ± 0.063) > 种草综合防治区 (分别为 0.561 ± 0.038 、 0.379 ± 0.048 和 0.821 ± 0.017) > 种草常规防治区 (分别为 0.335 ± 0.030 、 0.314 ± 0.060 和 0.761 ± 0.030) > 未种草常规防治区 (分别为 0.270 ± 0.045 、 0.301 ± 0.046 和 0.731 ± 0.084)。

表 2 不同处理枣园天敌功能团的时空二维生态位宽度和重叠指数

Table 2 The breadth and overlapped index of two dimension temporal-spatial niches of scale insect community and functional groups of natural enemy at the jujube forestry of different treatments

A	S	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
S	0.440 ± 0.055						
F ₁	0.508 ± 0.067	0.661 ± 0.041					
F ₂	0.413 ± 0.032	0.506 ± 0.049	0.873 ± 0.019				
F ₃	0.320 ± 0.039	0.499 ± 0.080	0.661 ± 0.082	0.595 ± 0.066			
F ₄	0.300 ± 0.025	0.494 ± 0.023	0.776 ± 0.034	0.724 ± 0.017	0.746 ± 0.068		
F ₅	0.397 ± 0.044	0.665 ± 0.067	0.827 ± 0.025	0.745 ± 0.017	0.730 ± 0.047	0.660 ± 0.035	
F ₆	0.334 ± 0.034	0.298 ± 0.071	0.449 ± 0.086	0.667 ± 0.038	0.461 ± 0.036	0.774 ± 0.003	0.561 ± 0.026
B	S	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
S	0.290 ± 0.022						
F ₁	0.280 ± 0.019	0.464 ± 0.060					
F ₂	0.175 ± 0.022	0.390 ± 0.027	0.463 ± 0.067				
F ₃	0.254 ± 0.037	0.490 ± 0.003	0.667 ± 0.022	0.476 ± 0.057			
F ₄	0.496 ± 0.041	0.465 ± 0.031	0.623 ± 0.042	0.678 ± 0.040	0.457 ± 0.038		
F ₅	0.301 ± 0.029	0.521 ± 0.025	0.509 ± 0.006	0.507 ± 0.030	0.487 ± 0.018	0.394 ± 0.036	
F ₆	0.319 ± 0.078	0.473 ± 0.040	0.422 ± 0.069	0.455 ± 0.072	0.370 ± 0.051	0.349 ± 0.059	0.482 ± 0.019
C	S	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
S	0.463 ± 0.044						
F ₁	0.575 ± 0.023	0.550 ± 0.052					
F ₂	0.541 ± 0.044	0.597 ± 0.046	0.534 ± 0.066				
F ₃	0.386 ± 0.049	0.404 ± 0.055	0.596 ± 0.026	0.627 ± 0.048			
F ₄	0.355 ± 0.034	0.514 ± 0.035	0.841 ± 0.030	0.835 ± 0.020	0.570 ± 0.062		
F ₅	0.422 ± 0.065	0.663 ± 0.028	0.761 ± 0.027	0.708 ± 0.015	0.670 ± 0.054	0.618 ± 0.025	
F ₆	0.409 ± 0.086	0.571 ± 0.030	0.789 ± 0.032	0.860 ± 0.015	0.633 ± 0.046	0.575 ± 0.013	0.368 ± 0.031
D	S	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
S	0.280 ± 0.038						
F ₁	0.160 ± 0.010	0.464 ± 0.035					
F ₂	0.259 ± 0.012	0.386 ± 0.022	0.355 ± 0.013				
F ₃	0.310 ± 0.005	0.320 ± 0.023	0.516 ± 0.017	0.383 ± 0.024			
F ₄	0.472 ± 0.027	0.248 ± 0.044	0.360 ± 0.058	0.365 ± 0.061	0.351 ± 0.055		
F ₅	0.328 ± 0.037	0.416 ± 0.039	0.561 ± 0.008	0.463 ± 0.046	0.470 ± 0.039	0.348 ± 0.018	
F ₆	0.339 ± 0.010	0.307 ± 0.056	0.312 ± 0.027	0.490 ± 0.014	0.475 ± 0.025	0.298 ± 0.015	0.315 ± 0.018

S: 蚱虫类 Scale insect; F₁: 寄生蜂类 Parasitic wasps; F₂: 蛇蛉、草蛉类 Lacewings & Inocllia; F₃: 食虫蜂类 Predacious bugs; F₄: 瓢虫类 Ladybirds; F₅: 蜘蛛类 Thecridiidae; F₆ 其它捕食类 Other predators

2.5 不同处理枣林蚱虫群落与天敌功能团之间多样性的相关性

将各类群多样性间的相关性分析结果列于表 4。

由表 4 结果表明,以功能团与物种之间的相关性较高,多样性、丰盛度、关联度都达到极显著 ($P < 0.01$) 水平。在种草综合防治园与种草不防治园,蚱虫群落与天敌功能团间、蚱虫群落与物种间相关性不显著 ($P > 0.05$),这是因为归类中,同一层次内含有不同的科的生物类群,淡化了各类生物间本身的或对环境反应的异质性。在种草常规防治园与未种草防治园,营养层与功能团间和营养层与物种间的相关性均表现为极显著

($P < 0.01$), 这是由于枣园施用化学农药(种草常规防治园)或既枣园植被单一又施用化学农药(未种草防治园), 造成群落内物种趋于简单, 优势种的地位明显突出, 从而模糊了蚧虫群落、天敌功能团、物种之间的差异。功能团是依据系统分类上的科及其为害特点、空间格局的相似程度确定的, 它既能反应各类群间的生物学差异, 又大大的简化了调查分析中的程序。由此可见, 用功能团多样性替代物种多样性进行群落的多样性的分析是切实可行的。

表 3 不同处理枣林蚧虫群落与天敌功能团重叠度和关联度的比较

Table 3 Comparison of niche overlap and relational grade of scale insect community and functional groups of natural enemy at the jujube forestry of different treatments

项目 Item	处理 Treatments	时间生态位重叠度 Temporal niche overlap	空间生态位重叠度 Spatial niche overlap	时空生态位重叠度 Temp-spat niche overlap	关联度 Relational grade
F ₁	A	0.511 ± 0.025a	0.414 ± 0.046a	0.508 ± 0.067a	0.994 ± 0.001a
	B	0.312 ± 0.030b	0.238 ± 0.132b	0.280 ± 0.019b	0.857 ± 0.019b
	C	0.466 ± 0.021a	0.517 ± 0.086a	0.575 ± 0.023a	1.042 ± 0.031a
	D	0.418 ± 0.029a	0.126 ± 0.084b	0.160 ± 0.010c	0.689 ± 0.032c
F ₂	A	0.348 ± 0.015ab	0.428 ± 0.104b	0.413 ± 0.032b	0.841 ± 0.066b
	B	0.271 ± 0.033b	0.154 ± 0.059d	0.175 ± 0.022c	0.689 ± 0.140c
	C	0.401 ± 0.009a	0.681 ± 0.076a	0.541 ± 0.044a	1.075 ± 0.014a
	D	0.351 ± 0.017a	0.330 ± 0.070c	0.259 ± 0.012c	0.698 ± 0.080c
F ₃	A	0.581 ± 0.077a	0.359 ± 0.085b	0.320 ± 0.039ab	0.846 ± 0.014b
	B	0.384 ± 0.079c	0.139 ± 0.025c	0.254 ± 0.037c	0.614 ± 0.055c
	C	0.433 ± 0.025b	0.458 ± 0.050a	0.386 ± 0.049a	0.999 ± 0.010a
	D	0.279 ± 0.013d	0.231 ± 0.055c	0.310 ± 0.005bc	0.550 ± 0.015c
F ₄	A	0.893 ± 0.106a	0.215 ± 0.068d	0.300 ± 0.025b	0.746 ± 0.008b
	B	0.405 ± 0.023c	0.643 ± 0.087a	0.496 ± 0.041a	1.089 ± 0.010a
	C	0.600 ± 0.019b	0.487 ± 0.001c	0.355 ± 0.034b	0.762 ± 0.017b
	D	0.326 ± 0.054c	0.512 ± 0.002b	0.472 ± 0.027a	0.914 ± 0.009a
F ₅	A	0.524 ± 0.008b	0.259 ± 0.002a	0.397 ± 0.044a	0.785 ± 0.001b
	B	0.308 ± 0.051c	0.112 ± 0.005b	0.301 ± 0.029b	0.645 ± 0.001c
	C	0.789 ± 0.032a	0.320 ± 0.001a	0.422 ± 0.065a	0.929 ± 0.029a
	D	0.108 ± 0.014d	0.243 ± 0.002a	0.328 ± 0.037b	0.695 ± 0.032c
F ₆	A	0.511 ± 0.027b	0.260 ± 0.015bc	0.334 ± 0.034b	0.713 ± 0.001c
	B	0.329 ± 0.019c	0.193 ± 0.006c	0.319 ± 0.078b	0.673 ± 0.063c
	C	0.717 ± 0.010a	0.470 ± 0.003a	0.409 ± 0.086a	0.996 ± 0.017a
	D	0.137 ± 0.010d	0.312 ± 0.004b	0.339 ± 0.010b	0.837 ± 0.003b

表 4 不同处理枣园节肢动物不同营养层之间多样性的相关系数

Table 4 The related coefficient between different nutritional classes in the jujube fields of different treatments

项目 Item	处理 Treatments	蚧虫-天敌功能团 Scale insect-functional groups of natural enemies	蚧虫-物种 Scale insect-Species	天敌功能团-物种 Functional groups of natural enemies-species
多样性 Diversity	A	-0.19260	-0.21700	0.85485 **
	B	0.71940 **	0.81133 **	0.97374 **
	C	-0.278780	-0.34983	0.87796 **
	D	0.81730 **	0.74627 **	0.89165 **
丰盛度 Abundance	A	-0.23110	-0.07880	0.95358 **
	B	0.93900 **	0.85373 **	0.88179 **
	C	-0.198080	-0.10347	0.98285 **
	D	0.84990 **	0.87560 **	0.92956 **
关联度 Relational grade	A	0.11520	-0.12647	0.88567 **
	B	0.97600 **	0.93590 **	0.81574 **
	C	0.15250	-0.26803	0.91046 **
	D	0.83180 **	0.83297 **	0.812 55 **

* * 差异极显著 ($P < 0.01$) Double asterisk means significantly differences ($P < 0.01$)

3 结论与讨论

根据研究结果表明,在不同间作与管理的枣林生态系统中,蚧虫与天敌功能团物种、个体数及其优势种有不同程度的差异($P < 0.05$),多样性和丰盛度随季节的变化而波动,不同处理枣林的波动程度也各不相同,种草林的多样性明显($P < 0.05$)大于为种草林,但丰盛度明显($P < 0.05$)要小。调查发现,采用化学防治的枣林明显影响天敌功能团的恢复与重建,尤其对寄生性天敌功能团的干扰更为明显,种草不防治枣林有利于生物多样性的保护和利用,但有虫果率明显高于综合防治林与常规防治林(详见另文报道)。从蚧虫群落与天敌功能团的时空二维生态位的宽度和重叠来看,在种草综合防治枣林,寄生性天敌功能团明显($P < 0.05$)大于常规防治枣林,可见,枣林种草结合综合防治能够提高枣林寄生性天敌功能团的种群数量,增大了有效控制蚧虫的概率,因此,蚧虫群落的二维生态位的宽度和重叠明显要小于常规防治枣林。缪勇等报道了捕食性天敌对棉蚜有明显的跟随程度和捕食作用,揭示了捕食性天敌对害虫的控制能力^[33]。从蚧虫群落与天敌功能团关联度的比较来看,进一步说明了天敌功能团对蚧虫群落的控制作用。蚧虫群落与天敌功能团多样性指数的相关性分析结果表明,在群落中可以用对功能团的研究替代对种的研究,从而简化物种间复杂的网络关系。使群落中天敌与害虫的复杂关系易于数量化表达,有助于枣园有害生物的整体协调管理,制定害虫的经济阈值,提出切实可行的管理枣园有害生物的对策。间种牧草的枣林是一个较为复杂的生态系统,本文仅就蚧虫群落及其天敌功能团的组成于时空动态进行了初步探讨,而有关蚧虫群落与其他节肢动物的相互关系,天敌功能团对其他有害节肢动物的控制作用,其他节肢动物对蚧虫及其天敌功能团的影响仍有待今后作进一步的研究。

References:

- [1] Tang F D. The pseudococcidae of China. Beijing: Chinese Agricultural Science Technology press, 1992.
- [2] Tang F D. The coccidae of China. Taiyuan: Shanxi United Universities Press, 1991.
- [3] Li L C, Li L Z, Fan Y L, et al. Chinese jujube pests. Beijing: China Agricultural Press, 1992.
- [4] Shi G L, Zheng W Y, Dang Z P, et al. Fruit pests. Beijing: China Agricultural Press, 1994.
- [5] Xie YP. The scale insects of the forest and fruit trees in Shanxi of China. Beijing: China Forestry Publishing House, 1998.
- [6] Wu J X, Yuan G H, Shi S S. Agricultural entomology. Beijing: China Agricultural Press, 2002.
- [7] Li Z H, Shi G L, Xu Z H. Horticultural plant entomology. Beijing: China Agricultural Press, 2004.
- [8] Shi GL, Liu XQ, Li J, et al. Study on the bionomics of *Quadraspidiotus perniciosus* and its infestation pattern. Scientia Silvae Sinicae, 1997, 33 (2): 161 – 167.
- [9] Zhang J G, Zhang F J, Wang W Q, et al. The scale insects and its biology of jujube trees in Shanxi. Agricultural Science of Shanxi, 1995, 23 (3): 55 – 57.
- [10] Shi G L, Cao H, Ge F, et al. Studies on the diversity and insect community in different intercropped and managed jujube yard ecosystems. Scientia Silvae Sinicae, 2002, 38(3): 94 – 101.
- [11] Shi G L, Cao H, Ge F, et al. The Dynamics of diversity and the composition of nutrient classes and dominant guilds of arthropod community in different intercropping and managing jujube yard ecosystems. Scientia Silvae Sinicae, 2002, 38 (6): 79 – 86.
- [12] Shi G L, Xi Y B, Wang H X, et al. The Niche of important pests and natural enemies and competition among the species in jujube field ecosystem. Scientia Silvae Sinicae, 2003, 39(5): 78 – 86.
- [13] Shi G L, Cao H, Xi Y B, et al. The Seasonal dynamics of vertical distribution of the dominant guilds and their relationship in arthropod community in intercropped and managed jujube yard ecosystems. Scientia Silvae Sinicae, 2003, 39(4): 78 – 83.
- [14] Adans J. The definition and interpretation of guild structure in ecological communities. Journal Animal Ecology, 1985, 54: 43 – 59.
- [15] Colwell R K, Futuyma D J. On the measurement of niche breadth and overlap. Ecology, 1971, 52: 567 – 576.
- [16] Deng J L. Gray control system. Wuchang: Huazhong Industry University Press. 1988, 348 – 374.
- [17] Eric P, Smith & Thomas M. Zart. Bias in estimating niches overlap, Ecology, 1982, 63: 1248 – 1253.
- [18] Goodman D. The theory diversity-stability relations in ecology. Quart Rev Biol, 1975, 50: 237 – 266.
- [19] Hanski I. Some comments on the measurement of niche metrics. Ecology, 1978, 59: 168 – 174.
- [20] Levins R. Evolution in changing environments. New Jersey: Princeton University Press, 1968.

- [21] Liu C Z, Zhou S R. Cutting effects on the in sect community structure and dynamics of alfalfa pasture. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (3): 542 — 546.
- [22] Liu WX, Wan F H, Guo J Y. Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic Bt cotton field. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (5): 729 — 735.
- [23] Liu X Q, Wang M Q, Shi G L, *et al.* Study on jujube tree pests IPM expert system. *International Symposium Proceedings*, 1997, 316 — 322.
- [24] Macarthur R H. 1955. Fluctuation of animal population and a measure of community stability. *Ecology*, 36(2): 533 — 536.
- [25] Ma Y H, Lou Z H, Mo H D. Field experiment and statistical method. Beijing: China Agricultural Press, 1999.
- [26] May R M. Some notes on estimating the competition matrix. *Ecology*, 1975, 56: 737 — 741.
- [27] Shannon C, Weaver, W. The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1949. 117.
- [28] Wan F H, Liu W X, Guo J Y. Comparison analyses of the functional groups of natural enemy in transgenic Bt-cotton field and non-transgenic cotton fields with IPM, and chemical control. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (6): 935 — 942.
- [29] Weiner J. Plant population ecology in agriculture. McGraw Hill USA, 1990. 235 — 262.
- [30] Whittaker R H. Dominance and diversity in land communities. *Science*, 1965, 147: 250 — 260.
- [31] SPSS Inc. SPSS Base 10.0 User's Guide. SPSS, Chicago, IL, 1999.
- [32] Zhao Z M, Guo Y Q. Principle and method of community ecology. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technological Documentation, Chongqing Branch, 1990.
- [33] Miao Y, Zou Y D, Sun S J, *et al.* Spatial and temporal niches of *Aphis gossypii* and its predatory enemies. *Chinese Journal of Application Ecology*, 2003, 14 (4): 549 — 552.

参考文献:

- [1] 汤仿德. 中国粉蚧科. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.
- [2] 汤仿德. 中国蚧科. 太原: 山西高校联合出版社, 1991.
- [3] 李连昌, 李利贞, 范永亮, 等. 中国枣树害虫. 北京: 中国农业出版社, 1992.
- [4] 师光禄, 郑王义, 党泽普, 等. 果树害虫. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [5] 谢映平, 山西林果蚧虫. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [6] 作均祥, 原国辉, 史树森. 农业昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [7] 李照会, 师光禄, 徐志宏. 原以植物昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [8] 师光禄, 刘贤谦, 李捷, 等. 枣林梨圆蚧生物学及发生规律研究. *林业科学*, 1997, 33(2): 161 ~ 166.
- [9] 张久刚, 张鸿杰, 师光禄, 等. 山西枣树蚧虫种类及生物学特性. *山西农业科学*, 1995, 23(3): 55 ~ 57.
- [10] 师光禄, 曹挥, 戈峰, 等. 不同枣园生态系统中昆虫群落及其多样性. *林业科学*, 2002, 38(3): 94 ~ 101.
- [11] 师光禄, 曹挥, 戈峰, 等. 不同类型枣园节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性时序动态. *林业科学*, 2002, 38(6): 79 ~ 86.
- [12] 师光禄, 席银宝, 王海香, 等. 枣园生态系统中主要害虫、天敌生态位及种间竞争的研究. *林业科学*, 2003, 39(5): 78 ~ 86.
- [13] 师光禄, 曹挥, 席银宝, 等. 枣园节肢动物群落优势功能集团的空间时序动态及其相关性. *林业科学*, 2003, 39(4): 78 ~ 83.
- [16] 邓聚龙. 灰色控制系统. 武昌: 华中理工大学出版社, 1988. 348 ~ 374.
- [21] 刘长仲, 周淑荣. 刈草对苜蓿人工草地昆虫群落结构及动态的影响. *生态学报*, 2004, 24 (3): 542 ~ 546.
- [22] 刘万学, 万方浩, 郭建英, 转 Bt 基因棉田节肢动物群落营养层及优势功能团的组成与变化. *生态学报*, 2002, 22 (5): 729 ~ 735.
- [25] 马育华, 卢宗海, 莫惠栋, 等. 田间实验与统计方法. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [28] 万方浩, 刘万学, 郭建英. 不同类型棉田棉铃虫天敌功能团的组成及时空动态. *生态学报*, 2002, 22 (6): 935 ~ 942.
- [32] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990.
- [33] 缪勇, 邹运鼎, 孙善教, 等. 棉蚜及其捕食性天敌时空生态位研究. *应用生态学报*, 2003, 14(4): 549 ~ 552.