

枣园间种牧草对节肢动物群落营养层与优势功能团的影响

师光禄^{1,2}, 常宝山³, 黄敏佳¹, 刘素琪¹, 苗振旺⁴, 曹挥¹, 赵莉茵⁵, 李登科⁶

(1. 山西农业大学, 山西 太谷 030800; 2. 北京市农业应用新技术重点实验室, 北京 102206;

3. 山西省晋城市森林病虫害防治检疫站, 晋城 048000; 4. 山西省森林病虫害防治检疫站, 太原 030012;

5. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 6. 山西省农科院, 太原 030000)

摘要: 为了有效地管理枣树害虫, 2004 年在太谷地区对 4 种不同处理的间作牧草枣园的生态群落变化进行了系统的调查研究, 结果表明: 种草综合防治园的物种数显著大于 ($p < 0.05$) 种草常规防治园, 在枣树发育后期, 种草常规防治园的物种数显著大于 ($p < 0.05$) 未种草常规防治园; 种草枣园基位物种的优势功能团均显著 ($p < 0.05$) 小于未种草常规防治园, 而中位物种与顶位物种的优势功能团均显著 ($p < 0.05$) 大于未种草常规防治园; 枣树不同发育期, 种草常规防治园的基位物种与中位物种的平均丰盛度大于未种草常规防治园, 顶位物种是种草综合防治园的平均丰盛度是种草常规防治园和未种草常规防治园的 2 倍, 并且种草常规防治园大于未种草常规防治园; 就害虫平均丰盛度与天敌平均丰盛度之差而言, 未种草常规防治园大于种草常规防治园, 种草不防治园大于种草综合防治园; 多样性指数是: 种草综合防治园 > 种草不防治园 > 种草常规防治园 > 未种草常规防治园。综合分析表明, 种草枣园的中性节肢动物和次要害虫在害虫与天敌的营养链中起到了重要的调控作用。

关键词: 枣草间作; 节肢动物群落; 营养层; 功能团; 丰富度; 多样性

文章编号: 1000-0933(2006)02-0399-11 **中图分类号:** Q968, S718.7, S763.3 **文献标识码:** A

The structure and seasonal dynamics of nutritional classes and dominant functional guilds of arthropod community at jujube fields intercropped with herbage

SHI Guang-Lu^{1,2}, CHANG Bao-Shan³, HUANG Min-Jia¹, LIU Su-Qi¹, MIAO Zhen-Wang⁴, CAO Hui¹, ZHAO Li-Lin⁵, LI Deng-Ke⁶ (1. Shanxi Agricultural University, Taigu 030800, China; 2. Key Laboratory of New Technology of Agricultural Application of Beijing, Beijing 102206, China; 3. Jincheng Forest diseases and insect pests control station of Shanxi province, jincheng 048000, China; 4. Forest diseases and insect pests control station of Shanxi province, Taiyuan 030012, China; 5. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China; 6. Shanxi Agricultural Academy of Science, Taiyuan 030000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 399 ~ 409.

Abstract: To understand the ecological impacts on natural enemies of the target pests and non-target arthropods at jujube fields, a systematic survey was made at the four different treatment of jujube fields located 2.5 km west of Taigu (112°8'E, 38°9'N, 780 m elevation), Shanxi Province in 2004. Trees were 10 years old and in full fruit production, with a height of 5 m and a shading-degree of 0.4 ~ 0.6°. In each of the four experimental sites, five trees were chosen according to the chessboard sampling method to monitor the population dynamics of the arthropods. The trees were monitored every 10 days from March 10th to September 30th. For each treatment was replicated three times. The non-target insect pests, natural enemies and neutral arthropods were distinguished, based on their trophic relationships, as well as taxonomy. Species abundance, species dominance and community diversity indices were used to analyze and compare the seasonal trends of different functional groups in the four experimental fields.

The systematic survey showed that more species were observed at integrated pest management jujube field intercropped with

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30170759, 30571506)

收稿日期: 2004-12-03; **修订日期:** 2005-05-18

作者简介: 师光禄 (1958 ~), 男, 山西省平遥县人, 博士, 教授, 主要从事昆虫生态学与害虫综合治理. E-mail: glshi@126.com

Foundation item: The project was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30170759, 30571506)

Received date: 2004-12-03; **Accepted date:** 2005-05-18

Biography: SHI Guang-Lu, Ph. D., Professor, mainly engaged in entomological ecology and IPM. E-mail: glshi@126.com

herbage than conventional management jujube field intercropped with herbage. In later period of jujube development, more species were observed at conventional management jujube field intercropped with herbage than conventional management jujube field without herbage. Significantly fewer ($p < 0.05$) dominant functional groups of basal species were at jujube field intercropped with herbage than that of conventional management jujube field without herbage. Significantly more ($p < 0.05$) dominant functional groups of intermediate and top species were at jujube field intercropped with herbage than that of conventional management jujube field without herbage. In different developing stages of jujube trees, significantly higher ($p < 0.05$) average abundance of basal and intermediate species were at conventional management jujube field intercropped with herbage than that of conventional management without herbage. The average abundance of top species in integrated pest management jujube field intercropped with herbage was twice as much as that of conventional management jujube field both with and without herbage. Significantly higher ($p < 0.05$) average abundance of top species was at conventional management jujube field intercropped with herbage than that of conventional management jujube field without herbage. The ratio of insect pests to natural enemies were that conventional management jujube field without herbage was significantly bigger ($p < 0.05$) than conventional management jujube field intercropped with herbage. Non-management jujube field with herbage was significantly bigger ($p < 0.05$) than integrated pest management jujube field intercropped with herbage. Significantly bigger ($p < 0.05$) diversity indices were from integrated pest management jujube field intercropped with herbage than from non-management jujube field with herbage. The latter diversity indices were significantly bigger ($p < 0.05$) than that of conventional management jujube field intercropped with herbage. Diversity indices of conventional management jujube field without herbage were smallest ($p < 0.05$) at the jujube fields of four different treatments. Biodiversity and seasonal dynamics of functional groups abundance indicated that the neutral arthropods and secondary pests played an important role in regulating food chain of insect pests and natural enemies.

Key words: jujube field intercropped with herbage; arthropod community; nutritional classes; functional groups; abundance; diversity

随着枣粮间作大面积推广应用,人们对间作枣园与目标害虫间的互作进行了一系列的研究^[1~7],且开始关注不同管理条件下对不同营养层次上的非目标生物和不同天敌或天敌功能团产生的影响,但很少有从生物群落的角度来探讨影响间种牧草枣园的有益和有益生物种群变化的内在机制。间种牧草枣园的节肢动物群落是一个以枣树和牧草为中心的多种害虫、天敌以及中性节肢动物共存的复杂网络系统。在这样复杂的系统中,一种天敌可取食多种害虫,一种害虫又受多种天敌的控制,并且天敌之间也存在相互的取食或竞争,中性昆虫和次要害虫也可以为天敌提供食物,通过自身种群数量的变动,对天敌的数量或效能产生影响,从而对枣园害虫起到间接的调控作用。以往对枣园害虫治理的研究工作大多集中于单种害虫的管理,或在不同枣园系统中,物种的群落结构与动态的分析研究^[8~14],而对间种牧草的枣园生态系统,未见有全面系统地分析节肢动物群落的结构与变化规律的报道。目前枣草间种已成为大面积退耕还林还草的种植模式,研究枣园间种牧草的生态系统中节肢动物群落的相似性和多样性,以及营养层与功能团的结构与变化的内在规律,从群落生态学的角度探讨节肢动物不同类群间的相互联系、相互作用和相互制约的内在机理,可为枣草间种中有害生物的综合治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验处理

试验在山西省太谷县 10 年生的枣园中进行。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15日)与枣果膨大着色期(8月22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·666m⁻²及植物源生物农药(试验品)120ml·666m⁻²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5次,第1次在枣树发芽前期的4月22日喷20%康福多浓可溶剂30ml·666m⁻²;第2次在枣树发芽期的5月8日喷2.5%的溴氰菊脂乳油50g+25%百果丰乳油100g·666m⁻²;第3次在枣树开花幼果期的6月22日喷44%的多虫清乳油30g+25%螨卵脂乳油100g·666m⁻²;第4次在枣果膨大期的7月26日喷2.5%的氯氟氰菊脂乳油50g+5%卡死克10g·666m⁻²,第5次在枣果膨大期的8月24日喷20%的灭扫利乳油50g+73%克螨特100g·666m⁻²。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,从2004年3月10日开始至9月30日为止,每隔10d调查1次,共21次,系统调查枣树上各种节肢动物的种类和数量。每株树分东、西、南、北四个方位的上、中、下3个层次,先环绕枣树1周日测2min,检查在树冠上活动性大的节肢动物,对不能飞翔和飞翔能力弱的节肢动物采用常规调查法,记录其种类和数量;对善于飞翔、跳跃的节肢动物采用网捕法,即在调查点的附近扫网5次,记录其种类与数量^[1, 5, 6, 12-14]。

1.3 数据处理与分析方法

根据枣树的生长发育状况,将其分为5个时期^[4]:枣树发芽前期Ⅰ(3月10日~4月30日)、枣树萌芽展叶期Ⅱ(5月1日~5月20日)、枣树开花幼果期Ⅲ(5月21~7月30日)、枣果膨大期Ⅳ(8月1日~9月10日)和枣果着色成熟期Ⅴ(9月11日~9月30日)。然后统计分析4个处理中各时期群落的相似性和多样性指数。营养层的划分方法是把节肢动物群落中食性凶猛、游走性强、很少被其它物种所捕食种类归为顶位物种(如螳螂、枣盲蛇蛉 *Inocellia* sp.等);既能捕食其它物种、又被其它物种所捕食的小型肉食性天敌归为中位物种(如瓢虫、寄生蜂等);而不捕食其它物种、但被其它物种所捕食的植食性(如害虫类等)和中性(如蚊、腐食性蝇类等)物种划为基位物种。功能团是群落中取食行为相似、利用资源相似、生境选择相似的多个物种的集合^[15]。本文对功能团的划分主要基于系统分类上的科,将物种分别归为特定的功能团。

群落相似性采用Bray等1957年的计算方法,群落多样性指数 H' 、丰盛度、优势度指数 D 、均匀度指数 J 采用Shannon-Weaver的计算方法。相关性分析采用SPSS软件处理。不同处理的多重比较采用Duncan法^[15-28]。

2 结果与分析

2.1 不同处理枣园节肢动物种类的比较

将太谷县丘陵地区10年生枣园中查到的节肢动物的种类列于表1。在枣树不同的生长发育阶段,不同处理园的目、科、种不尽相同。比较四种不同处理的枣园可见,在枣树发芽前期,由于大多节肢动物处于休眠状态或刚出蛰活动,因此各处理枣园节肢动物的科、目、种的数目与其它几个不同发育阶段相比均较少。在此阶段中,种草不防治枣园的科、种的数量显著($p < 0.05$)高于其它3种管理的枣园,而常规防治枣园则显著($p < 0.05$)低于综合防治与未防治的枣园;进入枣树萌芽展叶期,枣园及其周边的各种动植物均恢复生长发育,枣树的食芽与食叶害虫的种群数量迅速扩大,例如康氏粉蚧 *Pseudococcus comstock* Kuwane、枣镰翅小卷蛾 *Ancyliis sativa* Liu、枣尺蠖 *Chihuo zao* Yang、枣瘿蚊 *Contarinia* sp.、枣飞象 *Scythropus yasumatsui* Kono et Morimoto等,因此各处理枣园节肢动物的科、目、种的数目与枣树发芽前期相比均明显增加。并且种草不防治枣园的目、科、种的数量显著($p < 0.05$)高于其它3种管理的枣园,而常规防治枣园仍然显著($p < 0.05$)低于综合防治与未防治的枣园;枣树开花幼果期枣园食物丰富、气候适宜,食叶、食花、食果害虫同时出现,天敌种类也随之增多,形成复杂的食物网络结构,是全年群落多样性、丰盛度、均匀度最高,群落自控能力最强、最稳定、害虫与天敌的优势种不明显的时期。此期各处理枣园节肢动物的科、目、种的数目与其它几个不同发育阶段相比均较大。但在该发育阶段,种草综合防治枣园与种草不防治枣园之间的目、科、种的数量没有显著差异($p >$

0.05),然而显著($p < 0.05$)大于常规防治枣园;在枣果膨大期,尽管一些枣树害虫已经开始或者进入休眠滞育,可是由于采用了不同的管理措施,使得种草综合防治枣园与种草不防治枣园之间的目、科、种的数量没有显著差异($p > 0.05$),而常规防治枣园则显著($p < 0.05$)低于种草综合防治枣园与种草不防治枣园;到枣果着色成熟期,由于枣园蜜源植物开始枯竭,大批节肢动物开始陆续迁出枣园或者寻找适当场所准备越冬,因此,该阶段枣园节肢动物的种群数量与前3个阶段相比明显下降,接近于枣树发芽前期,尤其是常规防治枣园的下降更为明显。由表1也不难看出,种草综合防治园的物种数显著大于($p < 0.05$)种草常规防治园,在枣树发育后期,种草常规防治园的物种数显著大于($p < 0.05$)未种草常规防治园。可见,间种牧草与综合防治相结合对枣园生态环境的改善和节肢动物群落多样性的提高具有重要的意义。

2.2 不同处理枣园节肢动物营养层丰盛度和功能团数量的比较

将采集的节肢动物根据营养层与功能团的划分方法进行归类列于表2。由表2可见,尽管4种处理的节肢动物的优势功能团相似,但种草枣园基位物种的优势功能团均显著($p < 0.05$)小于未种草常规防治园,而中位物种与顶位物种的优势功能团均显著($p < 0.05$)大于未种草常规防治园。在未种草常规防治园,基位物种的丰盛度是0.8634,比其它3种处理园分别增加289.9%(处理A)、128.1%(处理B)和151.8%(处理C);中位物种的丰盛度是0.1567,其它3种处理园比未种草常规防治园分别增加了382.5%(处理A)、164.3%(处理B)和462.7%(处理C);顶位物种的丰盛度是0.1879,其它3种处理园比未种草常规防治园分别增加了367.4%(处理A)、212.6%(处理B)和429.8%(处理C)。不难理解,枣园间种牧草不仅提高了枣园自然资源的利用率,增加了单位面积的产值。更重要的是改变了枣园节肢动物群落的结构,改善了枣园的生态环境,起到了降低害虫,保护有益天敌动物的作用。

表1 不同处理枣园节肢动物种类的比较

Table 1 Comparison of the arthropod species at the jujube fields of different treatments

发育阶段 Developing stages	项目 Item	A	B	C	D
I 枣树发芽前期 (3月10日~4月30日) Before sprouting of jujube tree (Mar. 10 ~ Apr. 30)	目 Order	7 ± 0.001a	7 ± 0.001a	7 ± 0.001a	7 ± 0.012a
	科 Family	20 ± 0.031b	15 ± 0.026c	25 ± 0.042a	14 ± 0.028c
	种 Species	37 ± 0.022b	28 ± 0.035c	44 ± 0.028a	24 ± 0.041c
II 枣树萌芽展叶期 (5月1日~5月20日) During sprouting of jujube tree (May 1 ~ May. 20)	目 Order	10 ± 0.011ab	9 ± 0.021b	12 ± 0.016a	8 ± 0.019b
	科 Family	27 ± 0.034b	21 ± 0.051c	34 ± 0.072a	18 ± 0.065c
	种 Species	57 ± 0.098b	43 ± 0.057c	71 ± 0.074a	39 ± 0.039c
III 枣树开花幼果期 (5月21日~7月30日) During blossom of jujube tree (May 21 ~ Jul. 30)	目 Order	14 ± 0.023a	11 ± 0.019b	15 ± 0.016a	11 ± 0.019b
	科 Family	38 ± 0.021a	27 ± 0.045b	42 ± 0.098a	24 ± 0.072b
	种 Species	72 ± 0.032a	55 ± 0.037bc	88 ± 0.091a	44 ± 0.075c
IV 枣果膨大期 (8月1日~9月10日) During developing fruit of jujube tree (Aug. 1 ~ Sept. 10)	目 Order	13 ± 0.021a	10 ± 0.014b	13 ± 0.021a	9 ± 0.019b
	科 Family	32 ± 0.043a	24 ± 0.121b	35 ± 0.103a	19 ± 0.076b
	种 Species	60 ± 0.120a	51 ± 0.098b	69 ± 0.047a	38 ± 0.053c
V 枣果着色成熟期 (9月11日~9月30日) During jujube date ripening (Sept. 11 ~ Sept. 30)	目 Order	9 ± 0.009a	8 ± 0.004a	10 ± 0.008a	8 ± 0.006a
	科 Family	25 ± 0.033a	19 ± 0.039b	28 ± 0.043a	16 ± 0.055b
	种 Species	44 ± 0.052ab	37 ± 0.031b	52 ± 0.074a	27 ± 0.081c

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

从4种处理的节肢动物的优势功能团数量比较来看,基位物种优势功能团为蚱虫和害螨,其中蚱虫主要为梨笠园盾蚱 *Quadrspidiotus perniciosus* Comstock、康氏粉蚱 *Pseudococcus comstock* Kuwane 和日本龟蜡蚱 *Ceroplastes japonicus* Green,害螨主要为朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval),这类刺吸式有害生物在四种不同处理枣园中分别占其基位物种个体数的40.34%、50.72%、39.43%和50.14%,它们是近年来枣园主要的害虫。中位物种优势功能团为寄生蜂类,其中优势种为粉蚱三色跳小蜂 *Clausenia purpuria* Ishii 与蚱金小蜂 *Anysis saissetiae* Ashm.,这些天敌对枣园蚱虫的有效控制起到了积极的作用。此外,从表2也可看出,化学防治枣园有害生物,尽管能起到一定的作用,但在此过程中杀伤了枣园有害生物的天敌,这也是枣园次要害虫上升

为主要害虫的原因之一。

表 2 不同处理枣园节肢动物功能团的数量比较

Table 2 Number comparison of arthropod functional groups in the jujube fields of different treatments

营养层 Nutritional classes	功能团 Functional groups	A	B	C	D
基位物种 Basal species	象甲类 Weevils pests	32 ± 0.471d	129 ± 3.897b	248 ± 9.362a	76 ± 2.368c
	鳞翅目幼虫类 Lep. pests	58 ± 7.692d	92 ± 4.52c	187 ± 11.293a	129 ± 21.324b
	蚧虫类 Scale insects	226 ± 4.516d	671 ± 32.863b	448 ± 44.121c	828 ± 76.182a
	蚜虫类 Aphids	89 ± 5.118d	262 ± 5.912b	129 ± 7.121c	343 ± 3.216a
	叶蝉类 Leafhoppers	66 ± 8.113c	121 ± 9.317b	48 ± 7.235c	153 ± 6.349a
	害螨类 Mite pests	87 ± 6.251d	312 ± 15.241b	197 ± 23.182c	417 ± 21.121a
	枣瘿蚊 Contarinia sp.	94 ± 2.098d	217 ± 9.372b	138 ± 9.172c	412 ± 2.193a
	害螨类 Phytophagous bugs	21 ± 3.327b	72 ± 2.261ab	116 ± 2.216a	104 ± 6.915a
	中性节肢动物类 Neutral arthropod	103 ± 7.908a	62 ± 7.273b	125 ± 6.326a	21 ± 3.232c
中位物种 Intermediate species	蚁类 Ants	75 ± 2.365a	24 ± 2.162b	89 ± 4.652a	19 ± 4.082b
	食蚜蝇类 Syrphids	44 ± 3.201b	28 ± 1.332c	92 ± 7.221a	16 ± 8.142c
	瓢虫类 Ladybirds	82 ± 2.712b	21 ± 2.326c	112 ± 4.095a	11 ± 1.023c
	草蛉类 Lacewings	91 ± 3.213a	32 ± 2.473b	112 ± 3.658a	15 ± 4.572b
	食虫蜂类 Predacious bugs	35 ± 3.009a	13 ± 4.113b	44 ± 2.316a	9 ± 1.201b
	捕食螨类 Predacious mites	52 ± 3.124a	17 ± 5.417b	67 ± 3.832a	12 ± 1.301b
	寄生蜂类 Parasitic wasps	124 ± 4.908b	37 ± 3.722c	168 ± 3.725a	22 ± 4.323c
	球腹蛛类 Thecridiidae	32 ± 3.237b	12 ± 1.631ab	56 ± 4.152a	9 ± 3.125a
	其它捕食性节肢动物类 Others	73 ± 3.228a	23 ± 3.323b	95 ± 5.241a	13 ± 4.109b
顶位物种 Top species	虎甲类 Tigerbeetles	15 ± 0.021d	3 ± 0.521c	21 ± 0.202a	2 ± 0.101b
	步甲类 Carabidae	26 ± 0.112a	11 ± 0.213b	32 ± 0.022a	6 ± 0.0121b
	蜻蜓类 Dragonfly	9 ± 0.021b	5 ± 0.101c	16 ± 0.031a	3 ± 0.012c
	蛇蛉类 Inocellia	54 ± 1.012b	31 ± 0.453c	89 ± 2.712a	15 ± 1.161d
	螳螂类 Mantis	37 ± 1.212b	12 ± 1.311c	97 ± 3.132a	7 ± 1.247c
	狼蛛类 Lycosidae	44 ± 2.092b	17 ± 2.309c	78 ± 1.402a	12 ± 1.143c
	跳蛛类 Salticidae	31 ± 1.201b	9 ± 1.211c	46 ± 2.512a	4 ± 2.113c
	蟹蛛类 Thomisidae	67 ± 3.238a	32 ± 2.254b	75 ± 3.024a	21 ± 1.262b

2.3 不同处理枣园节肢动物营养层及优势功能团时序动态

根据计算不同处理枣园各营养层不同时期丰盛度的结果作图 1,从图 1 可以看出,其丰盛度的变化规律为基位物种 > 中位物种 > 顶位物种。在 4 种不同处理枣园中,基位物种平均丰盛度的变化规律是:种草不防治园 > 种草常规防治园 > 未种草常规防治园 > 种草综合防治园,中位物种的平均丰盛度是种草综合防治园 > 种草不防治园 > 种草常规防治园 > 未种草常规防治园,在顶位物种中,种草综合防治园的平均丰盛度是种草常规防治园和未种草常规防治园的 2 倍,并且种草综合防治园 > 种草不防治园,种草常规防治园 > 未种草常规防治园。由此可见,枣园种草结合综合防治的措施,不仅有利于增加天敌的种群数量,提高天敌控制枣树有害生物的质量,缓解枣园害虫优势种的暴发与危害,而且丰富了枣园的生物多样性,对枣园有害生物的生态调控与环境保护起到了积极的作用。

根据逐次调查害虫、中性节肢动物和天敌昆虫的结果,计算其丰盛度并作图 2。从该图的变化趋势可以看出,4 种不同处理枣园中,害虫丰盛度的波动幅度明显大于中性节肢动物与天敌昆虫,在枣树生长前期,中性节肢动物与天敌昆虫的丰盛度明显大于害虫的丰盛度,这是因为此时枣树还没有发芽展叶,各种枣树害虫仍然处于不活动状态。而中性节肢动物与天敌昆虫则由于地面植被已经恢复生长发育,这些枣园植被为它们的种群数量的扩增提供了取食、隐蔽、繁殖、择偶的有益活动场所,增大了栖境的多样性,扩大了生态容量。随着枣树的生长发育,枣树害虫的丰富度明显增加。到 5 月下旬以后,害虫的丰盛度明显大于中性节肢动物与天敌昆虫的丰盛度。在整个调查过程中,中性节肢动物的丰盛度的波动比较平稳。由于不同 4 种处理枣园的管理有所差异,因此各相应的丰盛度也有所不同。就害虫平均丰盛度与天敌平均丰盛度之差而言,种草综合防治园是 0.192,种草常规防治园是 0.298,种草不防治园是 0.233,未种草防治园是 0.312;中性节肢动物的平

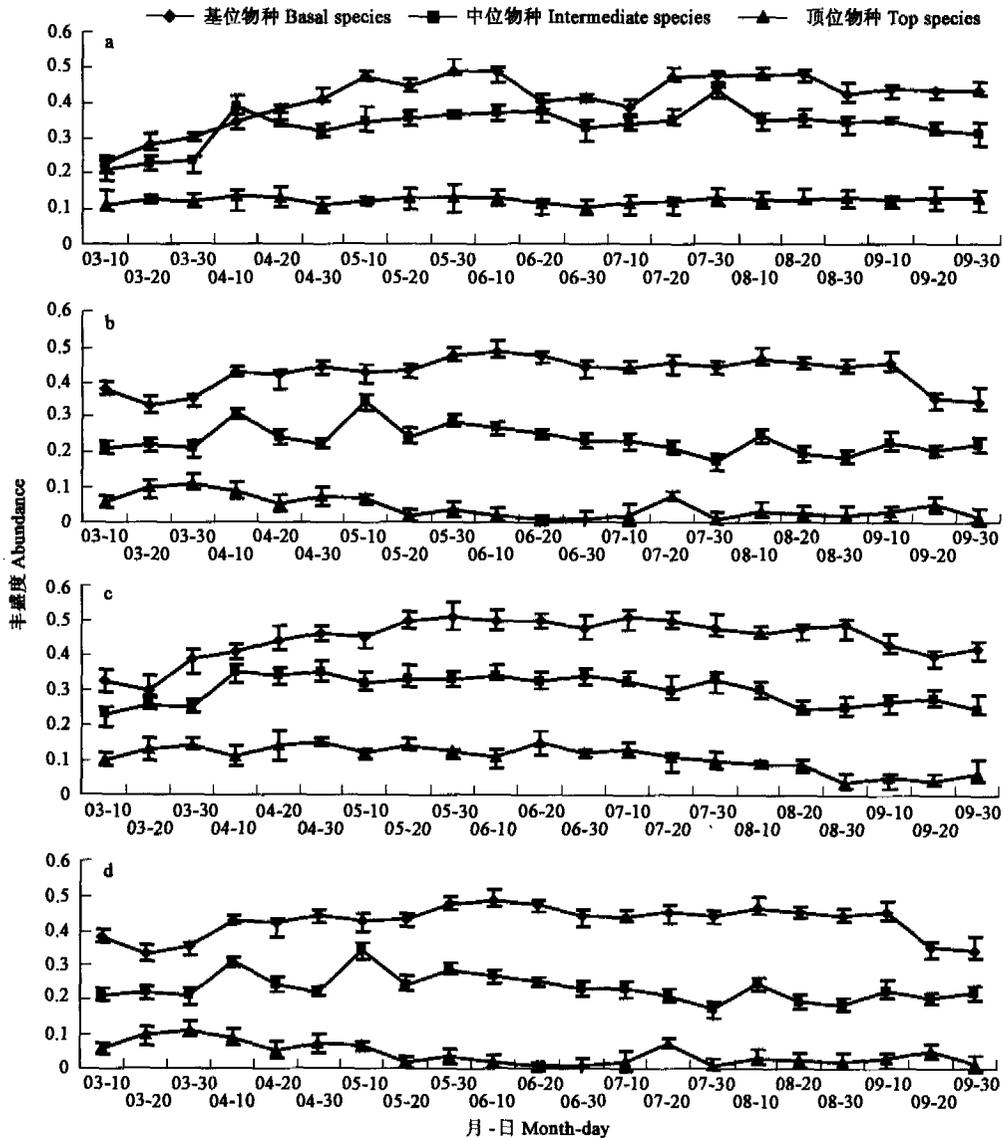


图1 不同处理枣园节肢动物不同营养层丰盛度动态

Fig. 1 Abundance dynamics of arthropod nutritional classes in the jujube orchards of different treatments

均丰盛度是种草综合防治园 > 种草不防治园 > 种草常规防治园 > 未种草防治园。由此可见,枣园种草与管理措施的不同对枣园节肢动物的演替均有一定的影响。

2.4 不同处理枣园节肢动物各营养层的多样性时序动态

根据不同时间调查所得到的不同处理枣园的营养层、功能团和物种数,计算其多样性并作图3,不难看出,其多样性的变化趋势较为一致,物种多样性 > 功能团多样性 > 营养层多样性。就不同处理枣园的物种平均多样性指数与功能团平均多样性指数而言,种草不防治园(2.445 和 2.042) > 种草综合防治园(2.268 和 1.888) > 种草常规防治园(1.358 和 1.068) > 未种草防治园(1.339 和 1.015),而营养层平均多样性指数是种草综合防治园(0.634) > 种草不防治园(0.615) > 种草常规防治园(0.293) > 未种草防治园(0.237)。由此可见,除种草可以增加枣园节肢动物的多样性之外,化学农药也影响枣园节肢动物多样性的时空结构,因为使用化学农药一方面是大量杀伤天敌昆虫和中性节肢动物;破坏节肢动物群落间原有的营养通道,使得群落对于环境的适应产生波动,随之节肢动物群落的多样性也产生波动,另一方面是通过改变环境条件(生物的和非生物的),从而改变节肢动物群落内功能团的营养和能量的结构关系,由此影响了节肢动物功能团的结构水平。

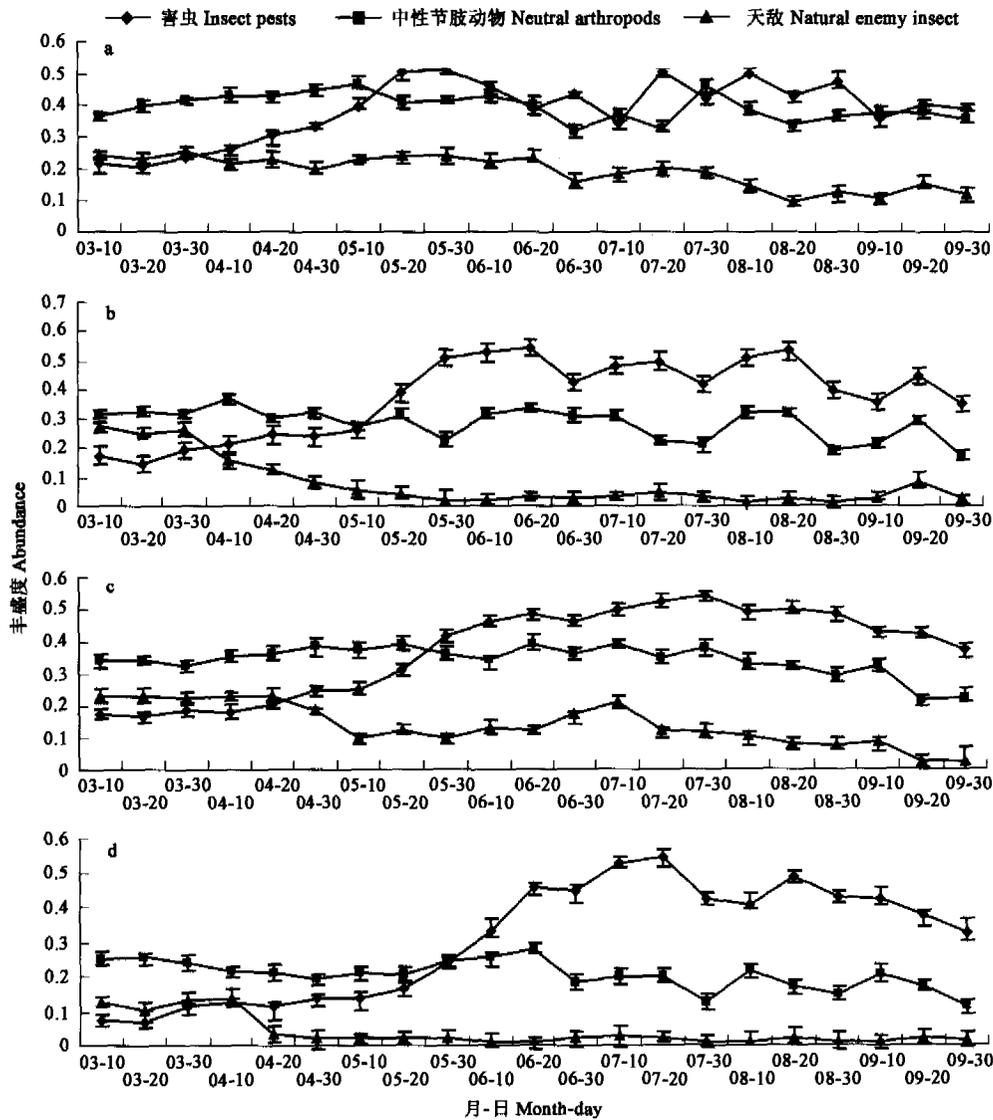


图 2 不同处理枣园节肢动物丰度发生动态

Fig.2 Abundance dynamics of different type of arthropod in the jujube orchards of different treatments

2.5 不同处理枣园节肢动物群落学参数的比较

将四种不同处理枣园的物种、功能团和营养层的优势度、多样性和均匀度的计算结果列于表 3。比较表 3 结果可以看出,多样性指数的变化规律是:种草综合防治园 > 种草不防治园 > 种草常规防治园 > 未种草防治园,它们之间存在明显($p < 0.05$)差异,说明种草综合防治园的生态系统最为稳定,而未种草防治园生态系统的稳定性较差。各营养层的多样性与均匀度的比较均表现为物种多样性 > 功能团多样性 > 营养层多样性,多样性与优势度的大小呈现相反的格局。另外,从图 3 也可以看出,在 4 种不同处理枣园中,功能团多样性与物种多样性的变化趋势基本处于一致,并且反应比较灵敏,而营养层多样性的变化小,也较为稳定,由此说明由于对物种的合并,消除了物种丰富度变动造成的多样性以及物种鉴定所造成的误差。

2.6 不同处理枣园节肢动物不同营养层之间多样性的相关性

通过对各类群多样性间的相关性分析结果表明(见表 4),以功能团与物种之间的相关性较高,优势度、多样性、均匀度都达到极显著($p < 0.01$)水平。在种草综合防治园与种草不防治园,营养层与功能团间、营养层与物种间相关性不显著($p > 0.05$),这是因为营养层归类中,同一层次内含有不同的科、目、甚至纲的生物类群,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,从而模糊了营养层、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,可以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。

表 3 不同处理枣园节肢动物群落学参数的比较

Table 3 Comparison of community parameters in the jujube fields of different treatments

项目 Item	处理 Treatments	优势度 Dominance	多样性 Diversity	均匀度 Evenness
物种 Species	A	0.2178 ± 0.0561c	2.6745 ± 0.4124a	0.8984 ± 0.1285a
	B	0.5178 ± 0.1275b	1.8582 ± 0.5847c	0.6846 ± 0.0869b
	C	0.3148 ± 0.0936c	2.3589 ± 0.8673b	0.7364 ± 0.2586b
	D	0.6862 ± 0.1548a	1.0869 ± 0.6853d	0.4769 ± 0.0894c
功能团 Functional groups	A	0.3127 ± 0.0792d	2.5165 ± 0.2638a	0.8786 ± 0.2532a
	B	0.5886 ± 0.3528b	1.4589 ± 0.3528c	0.4267 ± 0.2186c
	C	0.4685 ± 0.3857c	1.9019 ± 0.3598b	0.6162 ± 0.3251b
	D	0.7583 ± 0.4365a	0.8928 ± 0.2794d	0.3584 ± 0.1527c
营养层 Nutritional classes	A	0.5129 ± 0.1024b	0.4982 ± 0.1621a	0.5742 ± 0.2117a
	B	0.7819 ± 0.2632a	0.3529 ± 0.2152c	0.4168 ± 0.2965b
	C	0.4869 ± 0.3196b	0.4264 ± 0.1106b	0.5114 ± 0.2165a
	D	0.8917 ± 0.3102a	0.2778 ± 0.1763d	0.3419 ± 0.1948b

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	营养层-功能团 ^①	营养层-物种 ^②	功能团-物种 ^③
优势度 Dominance	A	-0.15355	-0.24124	0.87958**
	B	0.69833**	0.61295**	0.98242**
	C	-0.20171	-0.22814	0.89386**
	D	0.72198**	0.69217**	0.91287**
多样性 Diversity	A	-0.02313	-0.18027	0.85766**
	B	0.84893**	0.79683**	0.96943**
	C	-0.02578	-0.16021	0.82398**
	D	0.87598**	0.82746**	0.97988**
均匀度 Evenness	A	0.26871	-0.05064	0.77940**
	B	0.74768**	0.76290**	0.99218**
	C	0.19278	-0.04328	0.84429**
	D	0.80385**	0.80102**	0.99861**

** 差异极显著($p < 0.01$) Double asterisk means significantly differences ($p < 0.01$); ① Nutritional classes-functional groups; ② Nutritional classes-Species; ③ Functional groups-species

3 结论与讨论

根据研究结果可以看到,种草综合防治园比其它3种处理枣园的靶标害虫明显减少,有益生物与中性节肢动物明显增加,而未种草常规防治枣园则相反,说明枣园种植牧草并采取综合防治措施,不仅起到了为天敌与中性节肢动物提供了栖息、隐蔽、食物、繁殖的作用,而且避免了因施用化学农药而破坏了自然的物种结构规律,导致了生物结构的简单脆弱。可见枣园间种草是枣园节肢动物群落的一个有益的调节因子。

枣园生物群落受环境影响大,且具有明显的阶段性^[5,6,10]。枣园早期,中位物种独立于害虫的种群数量,因为其主要来源于周遍环境的种库,且迁入的天敌数量和种类大于害虫。枣园综合防治有利于保护和利用天敌,枣园种草可以帮助天敌的早迁和在枣园的滞留。枣园中后期,天敌主要靠在枣园的增殖来增加数量,而种草综合防治园的主要害虫(如食芽象甲、枣镰翅小卷蛾、蚧虫和害螨)发生轻,中性节肢动物和次要害虫在害虫与天敌的营养链中起着重要的调控作用,它们为中位物种和顶位物种提供了食物来源,而保护和增殖的天敌又有助于削弱和延缓枣园中后期害虫的危害。因此,如何保护和调控中性节肢动物和次要害虫,并维持较大

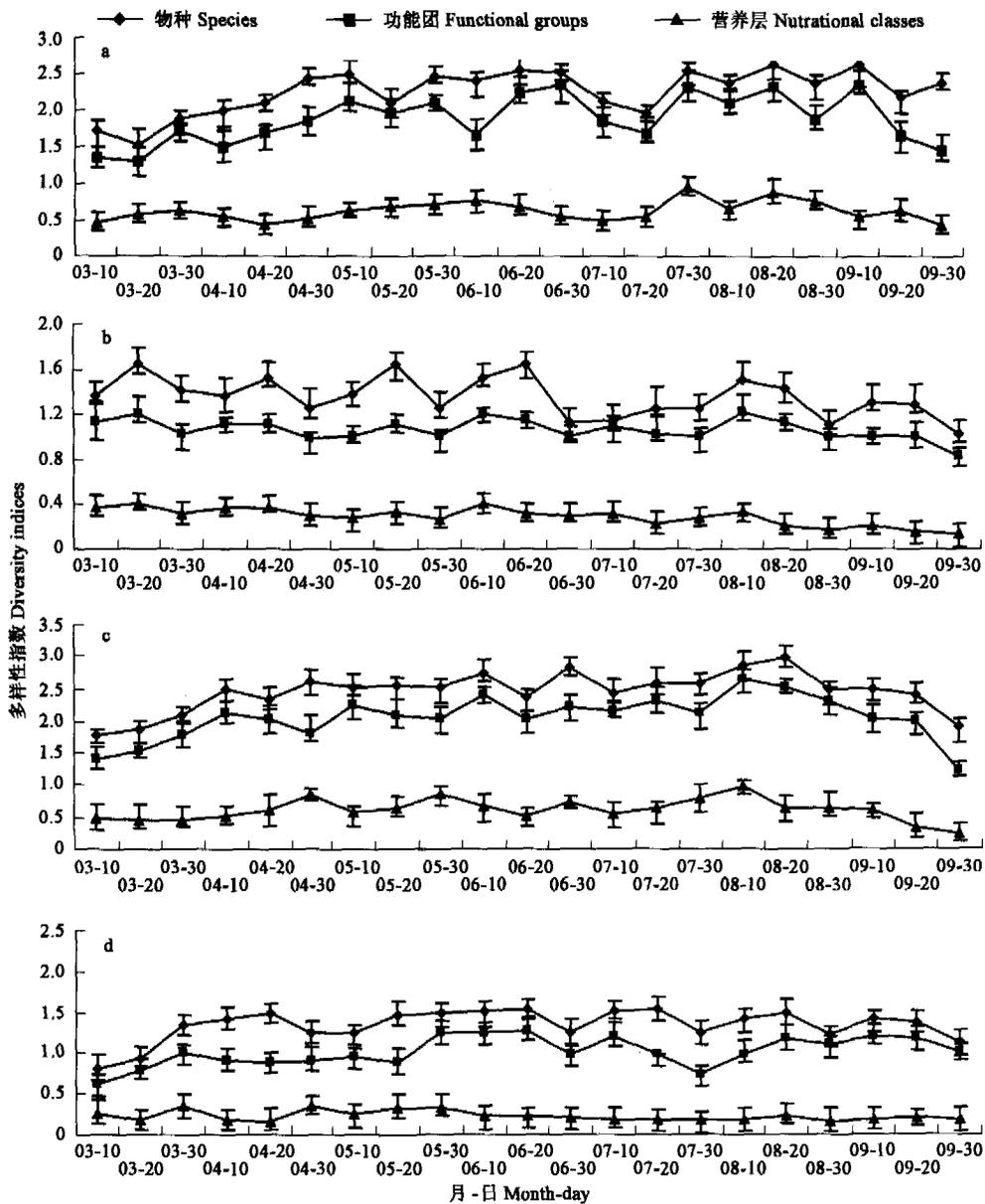


图3 不同处理枣园节肢动物多样性的动态

Fig.3 Diversities dynamics of different type of arthropod in the jujube orchards of different treatments

的种群数量,促进天敌控制有害生物的桥梁作用,是枣园有害生物综合治理策略的一个重要环节^[1,4]。枣园种草和采用综合防治方法,不仅扩大了中性节肢动物与天敌的库容量,也避免了化学农药对它们造成的伤害,改善了枣园有害生物生态调控的能力。

尽管种草综合防治园天敌的数量多,对害虫起到了较好的控制作用,但天敌对害虫的控制作用不能单一地用益害比来进行评价,因为害虫不是天敌的唯一食物来源,不同的天敌具有不同的取食范围。顶位物种和中位物种及其中性节肢动物的不同种类间在时间分布上的演替与空间格局上的变化,决定了它们选择食物的差异与数量。枣园整个节肢动物群落也受周遍环境植被不断影响,枣园前期与后期的节肢动物往往来自于周遍环境,加之它们在迁移过程中存在时间差异,因此需要从整个群落中物种的时间空间生态位宽度与重叠来分析种间关系^[13]。天敌对害虫控制作用的评价应该同时考虑天敌的数量、天敌与害虫的空间生态位重叠度和时间演替上的同步性^[23]。

从物种、营养层和功能团 3 个水平上对比分析四种不同处理枣园节肢动物的组成和多样性可以看出,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;营养多样性在时间序列过程中波动性较小,可用于群落的相似性和稳定性分析。功能团在概念和含义上以及划分原则上体现了营养层次和营养渠道的意义,在研究和操作上较物种更为方便和实用,因此利用对群落功能团的研究代替对物种的研究有实际意义,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。随着农业科学的不断完善和经济技术水平的提高,枣园有害生物防治策略处于不断发展变化中,枣草间作式的生态枣园的发展推动了枣园有害生物的生态调控。如何完善枣园有害生物的生态调控,例如间作牧草的种类、密度,枣园有益生物与有害生物的相互制约关系,枣园其它管理措施的协调,以及枣园最终的经济和生态效益等,仍然有待今后的进一步研究。

References:

- [1] 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.
- [2] Shi G L, Zheng W Y, Dang Z P, *et al.* Fruit pests. Beijing: China Agriculture Press, 1994.
- [3] Li L C, Li L Z, Fan Y L, *et al.* China jujube tree pest insects. Beijing: China Agriculture Press, 1992.
- [4] Shi G L, Liu X Q, Wang M Q, *et al.* Studies on the structures of the insect community and the effect of integrated pest management. *Scientia Silvae Sinicae*, 1998, 34 (1):58 ~ 64.
- [5] 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. *Scient Silvae Sinicae*, 2002, 38 (6):79 ~ 86.
- [6] 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. *Scient Silvae Sinicae*, 2003, 39(4):78 ~ 83.
- [7] Shi G L, Liu X Q, Li J, *et al.* Studies on the life table of *Ancylis sativa*. *Scient Silvae Sinicae*, 1995, 31(6):520 ~ 527.
- [8] Shi G L, Liu X Q, Li J, *et al.* Study on the bionomics of *Quadraspidiotus perniciosus* and its infestation pattern. *Scient Silvae Sinicae*, 1997, 33 (2): 161 ~ 167.
- [9] Shi G L, Liu X Q, Li L C, *et al.* Study on natural population life table of the *Ziziphus geometrid* and its use in prediction. *Scient Silvae Sinicae*, 1997, 33 (3):234 ~ 241.
- [10] Shi G L, Zhao L L, Liu X Q, *et al.* Community Structures and Diversity of Natural Enemies Between Integrated Pest Management and Conventional Pest Management of Jujube Orchards. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(1):100 ~ 108.
- [11] Shi G L, Liu X Q, Zhao H J, *et al.* Effect of sex pheromone on behavior of adult *Ancylis sativa* Liu and control of the pest in jujube forest. *Scient Silvae Sinicae*, 1999, 35(2):70 ~ 74.
- [12] Shi G L, Ma F L, Huang L, *et al.* The Sustainable method of ecological regulation and management of jujube yard pests. *Journal Shanxi Agricultural University*, 2003, 23(3):220 ~ 223.
- [13] 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 orchard ecosystem. *Scient Silvae Sinicae*, 2003, 39(5):78 ~ 86.
- [14] Shi G L, Xi Y B, Wang H X, *et al.* The diversity of biomass of arthropod community in jujube yard ecosystems. *Scient Silvae Sinicae*, 2004, 40 (2):107 ~ 112.
- [15] Adans J. The definition and interpretation of guild structure in ecological communities. *Journal of Animal Ecology*, 1985, 54:43 ~ 59.
- [16] Shannon C, Weaver, W. The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1949. 117.
- [17] SPSS Inc. SPSS Base 10.0 User's Guide. SPSS, Chicago, IL, 1999.
- [18] Liu W X, Wan F H, Guo J Y, *et al.* Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic Bt cotton field. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (5):729 ~ 735.
- [19] Liu Xianqian, Wang Manqun, Shi Guanglu, *et al.* Study on jujube tree pests IPM expert system. international symposium proceedings, 1997. 316 ~ 322.
- [20] Ma Y H, Lou Z H, Mo H D. Field experiment and statistical method: Beijing: China Agricultural Press, 1999.
- [21] Mac Arthur R H. Fluctuation of animal population and a measure of community stability. *Ecology*, 1955, 36(2): 533 ~ 536.
- [22] Liu C Z, Zhou S R. Cutting effects on the insect community structure and dynamics of alfalfa pasture. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (3):542 ~ 546.
- [23] Wan F H, Liu W X, Guo J Y, *et al.* 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.
- [24] Macarthur R H. Environmental factors affecting species diversity. *Amer Naturalist*, 1964, 98:387 ~ 398.

- [25] Goodman D. The theory diversity-stability relations in ecology. *Quart Rev Biol*, 1975, 50:237 ~ 266.
- [26] Simpson E H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, 163:688.
- [27] Zhao Z M, Guo Y Q. Principle and method of community ecology. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technological Documentation, Chongqing Branch, 1990.
- [28] Whittaker R. H. Dominance and diversity in land communities. *Science*, 1965, 147:250 ~ 260.

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 师光禄,郑王义,党泽普,等.果树害虫.北京:中国农业出版社,1994.
- [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,刘贤谦,王满全,等.枣园昆虫群落结构及其综合治理效果研究. *林业科学*, 1998, 34(1):58 ~ 64.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 师光禄,刘贤谦,李捷,等.枣粘虫自然种群生命表的研究. *林业科学*, 1995, 31(6):521 ~ 527.
- [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] 师光禄,刘贤谦,李连昌,等.枣步曲自然种群生命表的研究及其在测报上的应用. *林业科学*, 1997, 33(3):234 ~ 240.
- [10] 师光禄,赵莉蒿,刘素琪,等.综合治理与常规防治枣园天敌昆虫的群落结构及其多样性. *林业科学*, 2005, 41(1):100 ~ 108.
- [11] 师光禄,刘贤谦,赵怀检,等.枣镰翅小卷蛾性信息素对其成虫行为的影响及林中对其控制作用的研究. *林业科学*, 1999, 35(2):70 ~ 74.
- [12] 师光禄,马福丽,席银宝,等.枣园有害生物可持续生态调控的对策. *山西农业大学学报*, 2003, 23(3):220 ~ 223.
- [13] 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.
- [14] 师光禄,席银宝,王海香,等.枣园节肢动物群落的数量与生物多样性特征分析. *林业科学*, 2004, 40(2):107 ~ 112.
- [18] 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.
- [20] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [27] 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.