

间种牧草对枣园捕食性天敌与害虫群落动态的影响

师光禄^{1,2}, 刘素琪¹, 赵莉兰⁴, 苗振旺³, 曹 挥¹, 李登科⁵

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

3. 山西省森林病虫害防治检疫站, 太原 030012; 4. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 5. 山西省农科院, 太原 030000)

摘要:为了有效地管理枣树害虫, 2004年在太谷地区对不同处理枣园的捕食性天敌与害虫群落动态进行了系统的调查研究, 结果表明: 间种牧草枣园捕食性天敌种类明显多于($p < 0.05$)未间种牧草的枣园, 种草综合防治园捕食性天敌种类明显多于($p < 0.05$)种草常规防治园; 在枣树不同发育阶段, 种草不防治区害虫物种数、多样性和均匀度明显大于($p < 0.05$)未间种牧草的枣园; 优势度则是未间种牧草的枣园明显($p < 0.05$)大于间种牧草枣园; 捕食性天敌个体数与害虫个体数的比值是间种牧草枣园明显($p < 0.05$)大于未间种牧草的枣园, 种草综合防治区明显大于($p < 0.05$)种草常规防治区。就捕食性天敌与害虫的时空二维生态位宽度和重叠而言, 不同发育阶段的枣园害虫的时空二维生态位平均宽度之间没有明显差异($p > 0.05$), 捕食性天敌的时空二维生态位平均宽度是种草枣园明显($p < 0.05$)大于未种草枣园; 不同发育阶段种草枣园捕食性天敌与害虫的时空二维生态位平均重叠程度明显($p < 0.05$)大于未种草枣园; 不同处理枣园捕食性天敌群落中主要种类的前二个主分量负荷值, 间种牧草枣区明显($p < 0.05$)大于未间种牧草的枣区, 而枣园害虫群落中主要种类前二个主分量的负荷值是未间种牧草枣区明显($p < 0.05$)大于间种牧草的枣区。相关性分析结果表明, 枣园捕食性天敌与害虫参数相关性的变化趋势较为一致, 可见用捕食性天敌功能团和按枣树生育期划分害虫发生阶段以替代物种进行枣园捕食性天敌与害虫群落学研究是切实可行的。总之, 枣园种草不仅提高了捕食性天敌的种群数量, 同时也增加了捕食性天敌控制害虫的稳定性和可持续性。

关键词: 枣草间作; 捕食性天敌; 害虫; 多样性; 生态位; 动态**文章编号:** 1000-0933(2006)05-1422-09 **中图分类号:** Q968, S718.7, S763.3 **文献标识码:** A

Effect of intercropped herbage in jujube plantation on the community dynamics of natural predators and pests

SHI Guang-Lu^{1,2}, LIU Su-Qi¹, ZHAO Li-Lin⁴, MIAO Zhen-Wang³, CAO Hui¹, LI Deng-Ke⁵ (1. Key Laboratory of New Technology of Agricultural Application of Beijing, Beijing 102206, China; 2. Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030800, China; 3. Forest Diseases and Insect Pests Control Station of Shanxi Province, Taiyuan 030012, China; 4. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China; 5. Shanxi Agricultural Academy of Science, Taiyuan 030000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1422 ~ 1430.

Abstract: To understand the ecological impact of intercropped herbages in jujube plantation on natural enemies and pests, during March 10 to September 30 in 2004 a systematic survey was conducted under four treatments toward the jujube trees that were all in 10-years old and in full fruit production in a jujube plantation that is located 2.5 km west of Taigu (111°32'E, 37°26'N, 781.9 m elevation) in Shanxi Province, China. Among the four different treatments, three of them applied intercropped herbage treatment (*Lotus comiculotus*), and one without herbage treatment. In each treatment, five trees chosen by the chessboard sampling method were used to monitor and record the population dynamics of natural predators and pests in every 10 days. Each treatment was performed in triplicate. The natural enemies and pests were distinguished based on their trophic relationships and taxonomy. Abundance and dominance of species, diversity indices of community, and breadth and overlap of two-dimensional

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30170759, 30571506)**收稿日期:** 2005-05-12; **修订日期:** 2006-01-19**作者简介:** 师光禄(1960-), 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, No: 30571506)**Received date:** 2005-05-12; **Accepted date:** 2006-01-19**Biography:** SHI Guang-Lu, Ph. D., Professor, mainly engaged in entomological ecology and IPM. E-mail: glshi@126.com

temporal-spatial niches were used to analyze and compare the successions of natural enemies and pests in the four different treatments.

Our result showed that the natural predators in the jujube plantations intercropped with herbage were significantly larger than those in the plantations without intercropped herbage ($p < 0.05$). Also in the plantation with the herbage treatment, the natural predators under the integrated pest management were significantly larger than those under the conventional management ($p < 0.05$). During the periods of the jujube development, the treatment with intercropped herbage has significantly weakened the pests' development in terms of its number of species, indices of diversity and evenness than its counterpart ($p < 0.05$). On the contrary, larger dominant degree is found in the plantations without herbage treatment than those with intercropped herbage treatment ($p < 0.05$). In addition, the ratio of numbers of natural enemies to pests was significantly larger in the plantations with intercropped herbage, and significantly larger under the integrated pest management than their respective counterparts ($p < 0.05$). In different developing stages of the jujube trees, no significant differences were found between the pests' breadths of two-dimensional temporal-spatial niches. However, the average breadth of two-dimensional temporal-spatial niches of the natural predators was significantly larger in the plantations intercropped with herbage than in those without herbage ($p < 0.05$). Similarly, the average overlap value of two-dimensional temporal-spatial niches between the natural enemies and pests were significantly larger in the plantations intercropped with herbage ($p < 0.05$) than in those without herbage ($p < 0.05$). Loadings of the first two principal components of major natural enemies were significantly larger ($p < 0.05$) at the plantations intercropped with herbage than those without herbage. On the contrary, loadings of the first two principal components of major insect pests were significantly larger ($p < 0.05$) at the plantations without herbage than those with herbage.

Further statistical analysis revealed a close correlation of the dynamic changes between the natural enemies and pests in the investigated jujube plantation under different treatments. The results suggested that it was practicable to investigate the dynamic community of natural enemies and pests on the basis of their functional groups rather than species in different developing stages of jujube trees. In general, the increased population of natural predators in the jujube plantation treated with intercropped herbage has improved the stability and sustainability of controlling jujube pests.

Key words: jujube field intercropped with herbage; predacity enemies; insect pests; diversity; niches, community dynamics

天敌是控制害虫发生与危害的重要生物因子,植物多样性对天敌的作用有着重要的影响^[1-3]。捕食性天敌是农田作物生物防治中重要的天敌因子^[4-6],掌握捕食性天敌的发生动态,了解环境对其种群结构动态的影响,将有利于对捕食性天敌的保护利用和害虫的协调管理。枣树(*Ziziphus jujuba*)原产于我国黄河流域,目前我国红枣产量占世界总产量的90%以上,在国际市场上占有绝对的优势。随着产业结构的调整、耕作制度的完善以及人们对枣树全面认识的不断提高,种植枣树已成为充分利用自然资源、改善生态环境、振兴地方经济的重要途径,尤其是枣草间作成为退耕还林还草的重要模式进行广泛的推广,进一步提高了土地资源的利用率,起到了防风固沙的作用。因此,近年来我国枣树种植面积得到了迅速的扩大,但由于管理粗放,枣树害虫给红枣生产带来了严重损失,可见,有效地保护和利用自然天敌是控制枣树害虫、减少环境污染、促进枣树发展和生产无公害绿色红枣的重要措施之一^[7-10]。捕食性昆虫是枣树害虫的重要天敌类群,与枣树害虫的发生危害存在着密切的关系^[11]。了解枣园生态系统中捕食性天敌的群落结构,对于枣树害虫的自然控制具有重要的现实意义。以往有关方面的研究主要集中在棉田等农作物上^[12],但对枣园生态系统中捕食性天敌与害虫群落结构的系统调查和分析尚未见报道。本文系统地调查了间种牧草枣园捕食性天敌及其害虫的群落动态,为枣园系统捕食性天敌资源的可持续利用和害虫的综合治理提供科学的依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在山西省太谷(111°32'E, 37°26'N, 海拔781.9 m) 10年生的枣园中进行。设4个处理:A,种草综合防治——间种百脉根(*Lotus comiculotus*)、免耕蓄草、采取综合防治措施;B,种草常规防治——间种百脉根、免

耕蓄草、采取常规的防治措施;C,种草不防治——间种百脉根、免耕蓄草、不采取任何其它防治措施;D,不种草常规防治——不间种百脉根、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 666m^2 。综合防治园采用的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) $100\text{ml}\cdot 666\text{m}^{-2}$ 及植物源生物农药(试验品) $120\text{ml}\cdot 666\text{m}^{-2}$ 各1次进行调查。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 $30\text{ml}\cdot 666\text{m}^{-2}$;第2次在枣树发芽期的5月8日喷2.5%的溴氰菊脂乳油 $50\text{g} + 25\%$ 百果丰乳油 $100\text{g}\cdot 666\text{m}^{-2}$;第3次在枣树开花幼果期的6月22日喷44%的多虫清乳油 $30\text{g} + 25\%$ 螨卵脂乳油 $100\text{g}\cdot 666\text{m}^{-2}$;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 $50\text{g} + 5\%$ 卡死克 $10\text{g}\cdot 666\text{m}^{-2}$,第5次在枣果膨大期的8月24日喷20%的灭扫利乳油 $50\text{g} + 73\%$ 螨特 $100\text{g}\cdot 666\text{m}^{-2}$ 。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

在每个调查区采用五点式抽样,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4个方位的上、中、下3个层次,首先检查在树冠上活动性大的节肢动物,然后调查树上所有的节肢动物。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^[13-15]。

1.3 数据处理与分析方法

根据枣树的生长发育状况,把调查的害虫按照发生时期分成4个阶段: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)、枣果膨大期和着色成熟期(IV,8月1日~9月30日),然后统计分析不同处理中各时期捕食性天敌与害虫群落的多样性指数。枣园捕食性天敌依据系统分类和食性等特点,按照功能团分为瓢虫类、蛇蛉类、草蛉类、食虫蜂类、蜘蛛类、其它捕食者等六大类别。群落多样性指数 H' 、优势度指数 D 、均匀度指数 J' 以及丰富度采用Shannon-Wiener信息量指数的计算方法。空间生态位宽度与重叠采用以Shannon-Wiener多样性指数为基础的生态位宽度与重叠指数。相关性分析采用SPSS(1999)软件处理。不同处理的多重比较采用Duncan法^[16-20]。

2 结果与分析

2.1 捕食性天敌种类的组成

将采得的标本进行整理、分类和鉴定^[12],调查获得枣园捕食性天敌9目27科55种。将不同处理枣园捕食性天敌各类群的组成列于表1。由表1可见,4种不同处理枣园捕食性天敌的分布有明显的差异。间种牧草枣园捕食性天敌的种类明显多于($p < 0.05$)未间种牧草的枣园,种草综合防治园捕食性天敌的种类明显多于($p < 0.05$)种草常规防治园。显而易见,枣园种草有助于捕食性天敌的保护和利用,枣园采用综合防治是提高枣园捕食性天敌种群数量的有效措施。

2.2 枣园害虫群落参数及捕食性天敌与害虫丰富度的比较

根据获取的标本进行鉴定,结果表明,在不同处理枣园共查到植食性昆虫有7目38科95种。将不同处理枣园按不同发育阶段害虫的物种数、多样性指数、均匀度、优势度指数以及捕食性天敌与害虫丰富度的比值列于表2。

由表2可见,在不同处理枣园的不同发育阶段,害虫物种数的分布有明显的差异($p < 0.05$),即: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;多样性与均匀度指数是间种牧草枣园明显大于($p < 0.05$)未间种牧草的枣园;优势度指数则是未间种牧草的枣园明显($p < 0.05$)大于间种牧草枣园;捕食性天敌与害虫丰富度的比值是间种牧草枣园明显($p < 0.05$)大于未间种牧草的枣园,种草综合防治区明显大

于($p < 0.05$)种草常规防治区。由此可见,通过枣园间种牧草可以提高捕食性天敌与害虫丰富度的比值,从而降低主要害虫的优势度,减少主要害虫发生与危害的机率。

表 1 不同处理枣园捕食性天敌种类比较

Table 1 The comparison of predacity enemy species in the jujube fields of different treatments

项目 Item		处 理 Treatment			
		A	B	C	D
膜翅目 Hymenoptera	科 Family	3 ± 0.212a	1 ± 0.211b	3 ± 0.313a	1 ± 0.115b
	种 Species	3 ± 0.228ab	2 ± 0.124bc	4 ± 0.232a	1 ± 0.133c
螳螂目 Mantodea	科 Family	1 ± 0.143a	1 ± 0.27a	1 ± 0.129a	1 ± 0.138a
	种 Species	2 ± 0.209a	1 ± 0.111a	2 ± 0.214a	1 ± 0.146a
双翅目 Diptera	科 Family	2 ± 0.212a	1 ± 0.139a	2 ± 0.213a	1 ± 0.127a
	种 Species	6 ± 0.325ab	4 ± 0.247b	9 ± 0.341a	4 ± 0.248b
蛇蛉目 Rhabdodea	科 Family	1 ± 0.133a	1 ± 0.145a	1 ± 0.124a	1 ± 0.205a
	种 Species	1 ± 0.121a	1 ± 0.144a	1 ± 0.131a	1 ± 0.145a
鞘翅目 Coleoptera	科 Family	2 ± 0.211b	2 ± 0.213b	4 ± 0.317a	2 ± 0.221b
	种 Species	8 ± 0.248b	7 ± 0.254bc	12 ± 0.338a	6 ± 0.242c
半翅目 Hemiptera	科 Family	3 ± 0.211ab	3 ± 0.127ab	4 ± 0.212a	2 ± 0.113b
	种 Species	5 ± 0.216a	3 ± 0.215ab	6 ± 0.219a	2 ± 0.118b
脉翅目 Neuroptera	科 Family	1 ± 0.112a	1 ± 0.114a	1 ± 0.211a	1 ± 0.216a
	种 Species	5 ± 0.215a	3 ± 0.221b	6 ± 0.218a	2 ± 0.119b
蜻蜓目 Odonata	科 Family	3 ± 0.212a	2 ± 0.111ab	3 ± 0.314a	1 ± 0.111b
	种 Species	3 ± 0.112a	2 ± 0.215ab	3 ± 0.115a	1 ± 0.113b
其他目 Other order	科 Family	7 ± 0.418ab	5 ± 0.222bc	8 ± 0.224a	3 ± 0.218c
	种 Species	10 ± 0.223a	7 ± 0.435b	12 ± 0.368a	4 ± 0.131c
合计 Total	科 Family	23 ± 0.867b	17 ± 0.618c	27 ± 0.658a	13 ± 0.614d
	种 Species	43 ± 0.897b	30 ± 0.731c	55 ± 0.992a	22 ± 0.732d

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; 同一列中相同字母表示差异不显著 Means followed by the same letters with in column are not significantly different; 下同 below the same

表 2 不同处理枣园害虫群落参数比较

Table 2 The comparison of community parameter of pests in the jujube fields of different treatments

项 目 Item		处 理 Treatment			
		A	B	C	D
I	物种数 Number of species	27 ± 2.012b	20 ± 3.257c	36 ± 3.2633a	13 ± 2.685d
	多样性参数 Parameter of diversity	2.2591 ± 0.162a	1.7734 ± 0.147b	2.3987 ± 0.161a	1.2644 ± 0.124c
	均匀度参数 Parameter of evenness	0.8273 ± 0.051a	0.7870 ± 0.041a	0.8919 ± 0.064a	0.5786 ± 0.042b
	优势度参数 Parameter of dominant	0.2018 ± 0.018c	0.2519 ± 0.037b	0.2176 ± 0.029c	0.2973 ± 0.021a
	天敌/害虫(Natural enemies)/pests	0.3824 ± 0.021b	0.2750 ± 0.035c	0.4543 ± 0.023a	0.1548 ± 0.018d
II	物种数 Number of species	43 ± 2.012b	35 ± 3.257c	57 ± 3.2633a	26 ± 2.685d
	多样性参数 Parameter of diversity	3.1543 ± 0.326b	2.6583 ± 0.254c	3.9817 ± 0.268a	2.0645 ± 0.321d
	均匀度参数 Parameter of evenness	0.7287 ± 0.053a	0.7169 ± 0.045a	0.8213 ± 0.058a	0.6082 ± 0.036b
	优势度参数 Parameter of dominant	0.1998 ± 0.024c	0.2715 ± 0.042b	0.2032 ± 0.036c	0.3971 ± 0.037a
	天敌/害虫(Natural enemies)/pests	0.4219 ± 0.065b	0.2978 ± 0.029c	0.4924 ± 0.041a	0.1276 ± 0.026d
III	物种数 Number of species	54 ± 2.012b	43 ± 3.257c	69 ± 3.2633a	34 ± 2.685d
	多样性参数 Parameter of diversity	2.9870 ± 0.371b	2.1798 ± 0.243c	3.5934 ± 0.254a	1.489 ± 0.251d
	均匀度参数 Parameter of evenness	0.826 ± 0.062a	0.694 ± 0.036b	0.879 ± 0.054a	0.619 ± 0.035c
	优势度参数 Parameter of dominant	0.2215 ± 0.025c	0.2879 ± 0.041b	0.2316 ± 0.033c	0.3327 ± 0.032a
	天敌/害虫(Natural enemies)/pests	0.3125 ± 0.037b	0.2524 ± 0.028c	0.3789 ± 0.035a	0.1735 ± 0.023d
IV	物种数 Number of species	46 ± 2.012b	38 ± 3.257c	57 ± 3.2633a	25 ± 2.685d
	多样性参数 Parameter of diversity	2.983 ± 0.178a	1.8673 ± 0.211c	2.5472 ± 0.271b	1.342 ± 0.221d
	均匀度参数 Parameter of evenness	0.8273 ± 0.051a	0.7870 ± 0.041a	0.8919 ± 0.064a	0.6786 ± 0.042b
	优势度参数 Parameter of dominant	0.2231 ± 0.031c	0.2613 ± 0.012b	0.2312 ± 0.031c	0.3142 ± 0.032a
	天敌/害虫(Natural enemies)/pests	0.3513 ± 0.019b	0.2698 ± 0.022c	0.4785 ± 0.051a	0.1768 ± 0.029d

I: 枣树发芽前期(3月10日~4月30日) Before sprouting of jujube tree (Mar. 10—Apr. 30); II: 枣树萌芽展叶期(5月1日~5月20日) Stage of sprouting of jujube tree (May 1—May. 20); III: 枣树开花幼果期(5月21日~7月30日) Stage of blossom of jujube tree (May 21—Jul. 30); IV: 枣果膨大与着色成熟期(8月1日~9月30日) Stage of developing fruit and ripening of jujube fruit (Aug. 1—Sept. 30); 下同 the same below

2.3 捕食性天敌与害虫时空二维生态位宽度和重叠的比较

将不同处理枣园捕食性天敌与害虫时空二维生态位宽度和重叠值的计算结果列于表 3。可以看出,在不

表 3 不同处理枣园捕食性天敌与害虫的时空二维生态位宽度和重叠参数

Table 3 The breadth and overlapped parameter of two-dimensional temporal-spatial niches of predacity enemy and pests in the jujube fields of different treatments

A	I	II	III	IV	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
I	0.3754									
II	0.2241	0.8335								
III	0.2645	0.3624	0.7758							
IV	0.3215	0.3483	0.9453	0.7632						
F ₁	0.5945	0.3626	0.8792	0.8012	0.4793					
F ₂	0.0236	0.4528	0.9010	0.8601	0.8629	0.5782				
F ₃	0.2243	0.5745	0.9678	0.7102	0.7982	0.6132	0.4128			
F ₄	0.3879	0.4537	0.3219	0.2182	0.5002	0.5012	0.4357	0.7112		
F ₅	0.5935	0.7769	0.8011	0.6982	0.4123	0.6897	0.7012	0.6792	0.5112	
F ₆	0.4265	0.3876	0.9212	0.7693	0.4412	0.3745	0.7985	0.6102	0.6212	0.7210
B	I	II	III	IV	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
I	0.2963									
II	0.2563	0.7745								
III	0.3451	0.6523	0.7769							
IV	0.2543	0.3897	0.6542	0.7985						
F ₁	0.2974	0.4892	0.6412	0.5534	0.4972					
F ₂	0.0536	0.3210	0.6987	0.7698	0.3652	0.4876				
F ₃	0.3769	0.4532	0.7126	0.6123	0.5542	0.6523	0.3678			
F ₄	0.3674	0.6498	0.8001	0.5412	0.0834	0.0898	0.0763	0.6012		
F ₅	0.4674	0.5211	0.5121	0.5872	0.5423	0.5435	0.3549	0.5989	0.4913	
F ₆	0.5498	0.5512	0.8721	0.5218	0.6523	0.4869	0.4894	0.7634	0.5645	0.4345
C	I	II	III	IV	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
I	0.4302									
II	0.3201	0.8217								
III	0.5012	0.4127	0.8798							
IV	0.3871	0.5212	0.6436	0.6436						
F ₁	0.2011	0.5325	0.6235	0.6476	0.4687					
F ₂	0.0621	0.5436	0.8365	0.8436	0.5345	0.8435				
F ₃	0.5987	0.7734	0.6487	0.7254	0.6765	0.7845	0.8734			
F ₄	0.5127	0.5587	0.7325	0.6365	0.1648	0.6879	0.1287	0.4789		
F ₅	0.8712	0.6387	0.9365	0.8988	0.5976	0.4865	0.5763	0.6635	0.8945	
F ₆	0.5982	0.7745	0.9467	0.8365	0.6645	0.4869	0.3079	0.7634	0.4734	0.6759
D	I	II	III	IV	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
I	0.4879									
II	0.2758	0.6895								
III	0.3745	0.2576	0.7127							
IV	0.2745	0.4875	0.3896	0.4989						
F ₁	0.3683	0.3934	0.4834	0.6012	0.4327					
F ₂	0.2832	0.5875	0.5001	0.5120	0.2734	0.4532				
F ₃	0.3426	0.4645	0.5875	0.5489	0.6319	0.4426	0.4011			
F ₄	0.2989	0.2945	0.5214	0.5734	0.1209	0.1209	0.1021	0.3210		
F ₅	0.6345	0.4659	0.4210	0.2563	0.3956	0.2537	0.4769	0.3214	0.4123	
F ₆	0.1325	0.2587	0.3201	0.5587	0.3576	0.3237	0.2216	0.3623	0.4421	0.3786

F₁:瓢虫类 Ladybirds, F₂:草蛉类 Lacewings, F₃:食虫蝽类 Predacious bugs, F₄:蛇蛉类 Inocellia F₅:蜘蛛类 Spiders F₆:其它捕食类 Others

同处理的枣园中,枣树不同发育阶段害虫的时空二维生态位平均宽度的波动规律是:种草不防治园(0.6938 ± 0.0506) > 种草综合防治园(0.6870 ± 0.0525) > 种草常规防治园(0.6616 ± 0.0609) > 未种草常规防治园(0.5973 ± 0.0301),但它们之间没有明显差异($p > 0.05$),由此表明,枣树害虫在不同处理园的空间上的分布和时间上的为害是较为一致的;捕食性天敌的时空二维生态位平均宽度的波动规律是种草不防治园(0.7398 ± 0.0286) > 种草综合防治园(0.6272 ± 0.0275) > 种草常规防治园(0.5364 ± 0.0236) > 未种草常规防治园(0.3708 ± 0.0125),2个种草园之间没有明显差异($p > 0.05$),但种草枣园捕食性天敌的时空二维生态位平均宽度明显($p < 0.05$)大于未种草枣园,可见种草枣园捕食性天敌比未种草枣园分布广,适应性强,更有利于捕食性天敌的扩繁增殖和枣树害虫的控制。就枣园捕食性天敌与害虫的时空二位生态位重叠状态来看,在不同处理枣树的不同发育阶段也不相同,种草枣园捕食性天敌与害虫的时空二维生态位平均重叠程度明显($p < 0.05$)大于未种草枣园。在枣树发芽前期和枣树萌芽展叶期,种草不防治园(0.4740 ± 0.0491 和 0.6369 ± 0.0188) > 种草综合防治园(0.3751 ± 0.0369 和 0.5014 ± 0.0256) > 种草常规防治园(0.3521 ± 0.0302 和 0.4976 ± 0.0182) > 未种草常规防治园(0.3433 ± 0.0274 和 0.4108 ± 0.0203);进入枣树开花幼果期,种草综合防治园(0.7987 ± 0.0400) > 种草不防治园(0.7874 ± 0.0235) > 种草常规防治园(0.7061 ± 0.0209) > 未种草常规防治园(0.4723 ± 0.0153);到枣果膨大和着色成熟期,种草不防治园(0.7647 ± 0.0184 和 0.57755 ± 0.0406) > 种草综合防治园(0.6762 ± 0.0387 和 0.52438 ± 0.0427) > 种草常规防治园(0.5976 ± 0.0151 和 0.50228 ± 0.0215) > 未种草常规防治园(0.5084 ± 0.0212 和 0.42245 ± 0.0232);由此看出在枣树不同发育阶段,种草枣园捕食性天敌对害虫的控制作用要大于未种草枣园。

2.4 枣园主要捕食性天敌与害虫群落动态的主分量分析比较

在枣树生长发育过程中,不同的发育时期,主要捕食性天敌与害虫发生的种类和数量也有差异。采用主分量分析方法,将枣园主要捕食性天敌与害虫前二个主分量的负荷值的计算结果列于表4和表5。

表4 不同处理枣园捕食性天敌群落中主要种类对前二个主分量的负荷值

Table 4 Loadings of major predacity enemies to the first two principal components in the jujube fields of different treatments

物种 Species	Y ₁				Y ₂			
	A	B	C	D	A	B	C	D
E1	0.231 ± 0.011a	-0.156 ± 0.013b	0.276 ± 0.015a	0.108 ± 0.014c	0.318 ± 0.012b	0.227 ± 0.011c	-0.386 ± 0.015a	0.162 ± 0.018d
E2	0.223 ± 0.015a	0.105 ± 0.013b	0.256 ± 0.010a	0.041 ± 0.019c	0.280 ± 0.019b	-0.201 ± 0.012c	0.345 ± 0.014a	0.155 ± 0.019d
E3	0.391 ± 0.021a	0.239 ± 0.012c	-0.284 ± 0.011b	-0.184 ± 0.010d	0.272 ± 0.014a	0.216 ± 0.009b	-0.258 ± 0.014ab	0.131 ± 0.012c
E4	-0.272 ± 0.012a	0.153 ± 0.013ba	-0.257 ± 0.0011a	0.072 ± 0.011c	0.254 ± 0.013a	-0.174 ± 0.021b	0.239 ± 0.011a	-0.113 ± 0.016c
E5	-0.356 ± 0.011b	0.275 ± 0.010c	0.423 ± 0.012a	0.207 ± 0.010d	0.200 ± 0.012a	0.173 ± 0.011a	-0.182 ± 0.010a	0.106 ± 0.009b
E6	-0.269 ± 0.012a	-0.206 ± 0.013b	-0.305 ± 0.012a	-0.104 ± 0.018c	0.280 ± 0.011b	-0.222 ± 0.012c	-0.321 ± 0.022b	0.099 ± 0.015d
E7	-0.272 ± 0.013a	0.247 ± 0.021a	0.278 ± 0.013a	0.012 ± 0.012b	0.224 ± 0.021b	0.148 ± 0.010c	0.266 ± 0.010a	0.108 ± 0.016d
E8	0.278 ± 0.012b	0.212 ± 0.013c	-0.352 ± 0.021a	-0.142 ± 0.021d	0.266 ± 0.013a	0.151 ± 0.020b	-0.127 ± 0.009b	0.014 ± 0.016c
E9	0.275 ± 0.012a	-0.166 ± 0.016b	0.230 ± 0.011a	-0.114 ± 0.011c	0.179 ± 0.012c	-0.234 ± 0.015b	-0.296 ± 0.014a	0.053 ± 0.013d
E10	0.274 ± 0.012ab	0.199 ± 0.013b	0.343 ± 0.015a	-0.096 ± 0.010c	0.258 ± 0.021b	-0.247 ± 0.014b	0.306 ± 0.029a	-0.101 ± 0.012c

Y₁: 第一主分量 1st principal component; Y₂: 第二主分量 2nd principal component; E1: 晋草蛉 *Chrysopa shansiensis* Kuwayama; E2: 小花蝽 *Orius minutu* L.; E3: 枣盲蛇蛉 *Inocellia* sp.; E4: 大星步甲 *Calosoma maximoviczi* Morowitzi; E5: 深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum* Weise; E6: 褐蚁 *Lasius fuliginosus* Latr.; E7: 凹带食蚜蝇 *Syrphus nitens* Zetterstedt; E8: 普通盲走螨 *Typhladromus unlgaris* (Ehata); E9: 中华狼蛛 *Lycosa sinensis* Schenkel; E₁₀: 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* Sundevall; 下同 the same below

由表4可见,不同处理枣园捕食性天敌群落中主要种类对前二个主分量的负荷值,间种牧草枣区明显($p < 0.05$)大于未间种牧草的枣区。在不同处理枣园中对第一主分量作用较大的是枣盲蛇蛉 *Inocellia* sp.、深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum* Weise 和普通盲走螨 *Typhladromus unlgaris* (Ehata);对第二主分量作用较大的是晋草蛉 *Chrysopa shansiensis* Kuwayama、小花蝽 *Orius minutu* L.、褐蚁 *Lasius fuliginosus* Latr.、凹带食蚜蝇 *Syrphus*

nitens Zetterstedt 和中华狼蛛 *Lycosa sinensis* Schenkel, 并且不同处理枣园中存在明显差异 ($p < 0.05$), 即: 种草不防治园 > 种草综合防治园 > 种草常规防治园 > 未种草常规防治园。

表 5 不同处理枣园害虫群落中主要种类对前二个主分量的负荷值

Table 5 Loadings of major pests to the first two principal components in the jujube fields of different treatments

物种 Species	Y ₁				Y ₂			
	A	B	C	D	A	B	C	D
P1	0.202 ± 0.014c	-0.266 ± 0.012b	0.176 ± 0.010d	0.326 ± 0.017a	0.078 ± 0.019c	0.127 ± 0.012b	-0.06 ± 0.014c	0.162 ± 0.014a
P2	0.224 ± 0.002e	0.255 ± 0.001b	0.226 ± 0.010c	0.301 ± 0.013a	0.230 ± 0.012c	-0.340 ± 0.021b	0.145 ± 0.014d	0.425 ± 0.012a
P3	0.281 ± 0.009c	0.379 ± 0.013b	-0.224 ± 0.021d	-0.484 ± 0.021a	0.212 ± 0.010c	0.316 ± 0.020b	0.188 ± 0.011c	0.401 ± 0.022a
P4	-0.192 ± 0.002b	0.263 ± 0.001b	-0.097 ± 0.010d	0.372 ± 0.013a	0.224 ± 0.012c	-0.274 ± 0.023b	0.159 ± 0.012d	0.383 ± 0.013a
P5	-0.276 ± 0.018c	0.345 ± 0.022b	0.203 ± 0.016d	0.407 ± 0.023a	0.113 ± 0.018c	0.203 ± 0.013b	-0.082 ± 0.021c	0.256 ± 0.016a
P6	-0.131 ± 0.007c	0.176 ± 0.006b	0.105 ± 0.016c	-0.234 ± 0.012a	0.180 ± 0.011c	-0.252 ± 0.011b	-0.171 ± 0.016c	0.299 ± 0.009a
P7	-0.182 ± 0.013c	0.237 ± 0.018b	0.178 ± 0.016c	0.272 ± 0.012a	0.204 ± 0.015d	0.328 ± 0.013b	0.266 ± 0.015c	0.388 ± 0.017a
P8	0.175 ± 0.011c	0.222 ± 0.016b	-0.152 ± 0.014c	-0.302 ± 0.012a	0.066 ± 0.010c	0.151 ± 0.014b	-0.087 ± 0.011c	0.214 ± 0.012a
P9	0.116 ± 0.011c	-0.156 ± 0.012b	0.083 ± 0.013c	-0.194 ± 0.014a	0.239 ± 0.012c	-0.294 ± 0.014b	-0.166 ± 0.014d	0.353 ± 0.019a
P10	0.205 ± 0.016c	0.299 ± 0.010b	0.143 ± 0.013d	-0.396 ± 0.021a	0.208 ± 0.012c	-0.267 ± 0.016b	0.146 ± 0.011d	-0.401 ± 0.012a

P1: 棉蚜 *Aphis gossypii* Glover; P2: 康氏粉蚧 *Pseudococcus constocki* (Kuwana); P3: 梨笠园盾蚧 *Quadraspidiatius perniciosus* Comstock; P4: 黑绒金龟子 *Serica orientalis* Motschulsky; P5: 枣飞象 *Scythropus yasumatsui* Kono et Morimoto; P6: 桃小食心虫 *Carposina niponensis* Walsingham; P7: 枣步曲 *Sucra jujube* Chu; P8: 枣镰翅小卷蛾 *Ancylis sativa* Liu; P9: 枣瘿蚊 *Contarinia* sp.; P10: 朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)

由表 5 可见, 不同处理枣园害虫群落中主要种类对前二个主分量的负荷值, 未间种牧草枣区明显 ($p < 0.05$) 大于间种牧草的枣区。在不同处理枣园中, 第一主分量负荷量较大的是棉蚜 *Aphis gossypii* Glover、梨笠园盾蚧 *Quadraspidiatius perniciosus* Comstock、黑绒金龟子 *Serica orientalis* Motschulsky、枣飞象 *Scythropus yasumatsui* Kono et Morimoto 以及朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)。对第二主分量负荷量较大的是康氏粉蚧 *Pseudococcus constocki* (Kuwana)、黑绒金龟子 *Serica orientalis* Motschulsky、枣瘿蚊 *Contarinia* sp. 和朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)。并且不同处理枣园中存在明显差异 ($p < 0.05$), 即: 未种草常规防治园 > 种草常规防治园 > 种草综合防治园 > 种草不防治园。综合表 4 和表 5 结果, 表明枣树间种牧草后, 扩大了捕食性天敌的生态容量, 同时为天敌种群数量的扩增提供了取食、隐蔽、繁殖、择偶等活动的有益场所, 增大了捕食性天敌栖境的多样性, 不仅有利于增加捕食性天敌的种群数量, 同时也有利于生物多样性的保护和利用, 改善枣园生态环境, 从而降低了枣树害虫的发生数量。

2.5 捕食性天敌与害虫参数相关性测定

将捕食性天敌功能团与物种多样性、不同发育阶段害虫与物种多样性进行相关性测定结果列与表 6。不难看出处理枣园捕食性天敌与害虫参数相关性的变化规律较为一致, 均表现为显著 ($p < 0.05$) 或极显著 ($p < 0.01$) 相关, 可见用捕食性天敌功能团和按枣树生育期划分害虫不同发生阶段来替代物种进行枣园捕食性天

表 6 不同处理枣园捕食性天敌与害虫的相关系数

Table 6 Related coefficients of parameters of predacity enemies and pests in the jujube fields of different treatments

项目 Item	相关项目 Related items	相关系数 Related coefficients	
		害虫 Pests	捕食性天敌 predacity natural enemies
A	$D_1 - D_2$	0.89853**	0.84023**
	$H'_1 - H'_2$	0.94654**	0.87639**
	$J'_1 - J'_2$	0.95254**	0.79784*
	$D_1 - D_2$	0.86126**	0.90126**
B	$H'_1 - H'_2$	0.92649**	0.89649**
	$J'_1 - J'_2$	0.91264**	0.91264**
	$D_1 - D_2$	0.95876**	0.86768**
	$H'_1 - H'_2$	0.97584**	0.85879**
C	$J'_1 - J'_2$	0.98265**	0.78965*
	$D_1 - D_2$	0.83598**	0.91254**
	$H'_1 - H'_2$	0.88527**	0.96582**
	$J'_1 - J'_2$	0.76628*	0.98679**

D: dominance, H' : diversity, J' : evenness; 1: functional groups or phase, 2: species; ** 差异极显著 ($p < 0.01$), Double asterisk means very significantly differences ($p < 0.01$); * 差异显著 ($p < 0.05$) Single asterisk means significantly differences ($p < 0.05$)

敌与害虫群落学研究是切实可行的,其对应的捕食性天敌相关系数表现为:未种草常规防治园 > 种草常规防治园 > 种草综合防治园 > 种草不防治园,而害虫的相关系数则相反。这是因为枣园间种牧草后增加了捕食性天敌的种群数量,提高了抑制枣园害虫的能力,而未种草常规防治园,不仅由于减少了枣园植被的多样性而导致捕食性天敌稀有种的减少外,化学农药也是抑制或破坏枣园捕食性天敌扩繁增殖的重要原因之一,致使枣园物种的多样性减少,害虫的优势种变的明显,这些因素致使未种草常规防治园捕食性天敌与害虫的种类趋于简单,从而模糊了未种草常规防治园捕食性天敌功能团内天敌之间以及不同发育阶段害虫之间的差异性。

3 结论与讨论

发展生态枣园是实现枣树生产可持续发展和有害生物生态调控的有效途径。其出发点是立足于如何管理好枣园及其间作物,使其朝着有利于改善生态环境的方向发展,而不利于有害生物的发生危害^[14]。从本文的研究结果可见,枣园种草不仅提高了枣园捕食性天敌昆虫的种群数量,同时也增加了枣园捕食性天敌控制枣树害虫的稳定性和持续性。另外,从枣园捕食性天敌与害虫参数相关性的变化趋势较为一致,可以进一步说明用捕食性天敌功能团和把害虫按照不同发育阶段划分来替代物种进行枣园捕食性天敌与害虫群落学研究是切实可行的,它可以简化物种间复杂的网络关系。总之枣园种草不仅增加了枣林植被的多样性,扩大了捕食性天敌昆虫的生态容量,而且充分地利用了土地与自然资源,改善了枣园的生态环境,起到了防风固沙的作用,对枣树生产的可持续发展,提高枣园经济、社会和生态效益均具有一定的现实意义。在害虫的自然控制过程中,除捕食性天敌种类多少这个主要因子外,其数量也必须与害虫的发生在空间分布上相似和时间发生上同步,才能起到较好的控制效果。天敌的保护和利用亦需根据害虫的发生动态来制订相应的阶段性对策^[8,19]。在枣树不同的生长发育阶段,枣园害虫的发生种类与数量也有差异^[7,13]。枣树发芽前期,不同处理枣园捕食性天敌的多样性低,数量少,因此是采取人工防治、压低害虫基数的有效期;枣树萌芽展叶期是枣树芽叶害虫发生的高峰期,枣园害虫与天敌的多样性与丰富度随之提高,但捕食性天敌的优势度低,天敌数量不足以控制枣树芽叶期害虫的为害。通过枣园种草可以增加天敌的种群数量,提高捕食性天敌的控制效果。未种草枣园由于枣园植被单一容易出现枣树害虫的失控。枣树开花幼果期,随着枣园生物多样性的提高,枣树害虫与天敌的多样性与丰富度随之增加,优势度不明显。种草枣园对害虫具有较好的调控能力,结合预测预报对枣树害虫进行挑治可取得较好的控害效果。枣果膨大和枣果着色成熟期是降低虫果率的关键期,与未种草枣园相比,此时种草枣园害虫的天敌多,优势度高,增强了控害作用。

References:

- [1] Mensah R K. habitat diversity: implications for the conservation and use of predatory insects of *Helicoverpa* spp. In cotton systems in Australia. Int. J Pest Manage., 1999, 45(2): 91 ~ 100.
- [2] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annu. Rev. Entomol., 2000, 78: 269 ~ 273.
- [3] Cross J V, Easterbrook M A, Crook A M, et al. Review: Natural enemies and biocontrol of pests of strawberry in northern and central Europe. Biocon. Sci. & Techno., 2001, 11: 165 ~ 216.
- [4] Atakan E, Coll M, Rosen D. Within-plant distribution of thrips and their predators: effects of cotton variety and developmental stage. Bull. Entomol. Res., 1996, 86: 641 ~ 646.
- [5] Agrawal A A, Karban R. Domatia mediate plant-arthropod mutualism. Nature, 1997, 387: 562 ~ 563.
- [6] Godfrey L D, Rosenheim J A, Goodell P B. Cotton aphid emerges as major pest in SJV cotton. J California Agriculture, 2000, 54(6): 26 ~ 29.
- [7] Shi G L, Liu X Q, Li J, et al. Study on the bionomics of *Quadraspidiotus perniciosus* and its infestation pattern. Sci. Silv. Sin., 1997, 33(2): 161 ~ 167.
- [8] Shi G L, Liu X Q, Li J, et al. Study on natural population life table of the *Ziziphus geometrid* and its use in prediction. Sci. Silv. Sin., 1997, 33(3): 234 ~ 241.
- [9] Shi G L, Liu X Q, Zhao H J, et al. Effect of sex pheromone on behavior of adult *Ancylic sativa* Liu and control of the pest in jujube forest. Sci. Silv. Sin., 1999, 35(2): 70 ~ 74.
- [10] Shi G L, Li L C, Zhang Y M, et al. A preliminary study on *inocellia* sp.-an important natural enemy of jujube pests. J Shanxi. Agric. Univ., 1992, (supp): 21 ~ 23.

- [11] Shi G L, Zheng W Y, Dang Z P, *et al.* Fruit pests. Beijing: China agricultural press, 1994.
- [12] Zou Y D, Bi S D, Zhou X Z, *et al.* Dynamics of the pest and natural enemy communities in peach fields. *Chin. J Appl. Ecol.*, 2003, 14(5): 717 ~ 720.
- [13] Shi G L, Cao H, Ge F, *et al.* Studies on the diversity and insect community in different intercropped and managed jujube yard ecosystems. *Sci. Silv. Sin.*, 2002, 38(3): 94 ~ 101.
- [14] Shi G L, Ma F L, Huang L, *et al.* The Sustainable method of ecological regulation and management of jujube yard pests. *J Shanxi. Agri. Univ.*, 2003, 23(3): 220 ~ 223.
- [15] Shi G L, Xi Y B, Wang H X, *et al.* The diversity of biomass of arthropod community in jujube yard ecosystems. *Sci. Silv. Sin.*, 2004, 40(2): 107 ~ 112.
- [16] Adans J. The definition and interpretation of guild structure in ecological communities. *J of Ani. Ecolo.*, 1986, 54: 43 ~ 59.
- [17] Shannon C, Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois press, 1949. 117.
- [18] SPSS Inc. SPSS Base 10.0 User's Guide. SPSS, Chicago, IL, 1999.
- [19] Ma Y H, Lou Z H, Mo H D. Field experiment and statistical method. Beijing: China agricultural press, 1999.
- [20] Goodman D. The theory diversity-stability relations in ecology. *Quart. Rev. Biol.*, 1975, 50: 237 ~ 266.

参考文献:

- [7] 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.
- [8] 师光禄, 刘贤谦, 李捷, 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 ~ 241.
- [9] 师光禄, 刘贤谦, 赵怀栓, 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.
- [10] 师光禄, 李连昌, 张玉梅, 等. 枣树害虫的重要天敌-枣盲蛇蛉研究初报. *山西农业大学学报*, 1992, (专刊): 21 ~ 23.
- [11] 师光禄, 郑王义, 党泽普, 等. 果树害虫. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [12] 邹运鼎, 毕守东, 周夏芝, 等. 桃园害虫及天敌群落动态研究. *应用生态学报*, 2003, 14(5): 717 ~ 720.
- [13] 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.
- [14] 师光禄, 马福丽, 黄丽, 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.
- [15] 师光禄, 席银宝, 王海香, 等. 枣园节肢动物群落数量与生物量多样性特征分析. *林业科学*, 2004, 40(2): 107 ~ 112.
- [19] 马育华, 卢宗海, 莫惠栋. 田间实验与统计方法. 北京: 中国农业出版社, 1999.