四种种植模式下棉田的节肢动物种群动态研究*

闫 翔[1**] 李睿浩[1] 高海龙[1] 王燕茹[1] 焦钰博[1] 樊宗芳[1] 路 伟[1, 2***]

（1. 新疆农业大学农学院，棉花教育部工程研究中心，自治区农林有害生物监测与安全防控重点实验室，乌鲁木齐 830052；
2. 中国农业科学院西部农业研究中心，昌吉 831100）

摘 要 **【目的】** 对新疆阿克苏地区阿瓦提县阿依巴格镇草原河新村 4 种间作模式棉田节肢动物群落特征进行分析，以期为棉田害虫预测预报及绿色防控提供理论基础。**【方法】** 试验于 2024 年 6-8 月采用随机五点取样法对单作棉田、核桃-棉花间作、杏-棉花间作和苹果-棉花间作棉田节肢动物种群动态进行调查。**【结果】** 单作棉田节肢动物共 39 300 头，共鉴定出 2 纲 10 目 15 科 23 种，核桃-棉花间作棉田节肢动物共 29 181 头，共鉴定出 2 纲 10 目 18 科 29 种，杏-棉花间作棉田节肢动物共 31 596 头，共鉴定出 2 纲 11 目 21 科 33 种，苹果-棉花间作棉田节肢动物共 33 398 头，共鉴定出 2 纲 12 目 21 科 33 种；4 种种植模式下节肢动物种群 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 优势度指数和 Margalef 丰富度指数均为苹果-棉花间作模式最高，其中丰富度指数（2.00）显著高于其它 3 种模式（$P < 0.05$）；对 4 种种植模式棉田主要害虫和天敌昆虫优势种的种群消长动态进行分析，其中蓟马以 7 月中旬到 8 月上旬为高暴发期，棉蚜 *Aphis gossypii* 6 月末至 7 月下旬为高暴发期，烟粉虱 *Bemisia tabaci* 7 月中旬至 8 月中旬为暴发期，牧草盲蝽 *Lygus pratensis* 在 7 月中旬与 8 月上旬为 2 个高峰期，其中核桃-棉花间作棉田牧草盲蝽发生量显著低于其它 3 种模式（$P < 0.05$）；天敌昆虫以草蛉、多异瓢虫 *Adonia variegata* 和食蚜蝇为优势种群，草蛉在 7 月上旬大规模发生；多异瓢虫 6 月初开始发生，到 8 月初达到发生高峰，其中苹果-棉花间作棉田多异瓢虫发生量显著高于其它 3 种模式（$P < 0.05$）；食蚜蝇在 7 月份达到种群发生高峰期。对 4 种主要害虫与 3 种优势天敌的相关性进行分析，发现多异瓢虫、草蛉、食蚜蝇等天敌与棉蚜、蓟马、牧草盲蝽、烟粉虱等主要害虫均呈现正相关（相关系数 0.50-0.82），其中单作与核桃-棉花间作模式中多异瓢虫与牧草盲蝽相关性最高，而苹果-棉花间作模式食蚜蝇与牧草盲蝽相关性最高，杏-棉花间作模式草蛉与牧草盲蝽相关性最高，证明不同的种植模式中天敌与害虫之间的相关性可能有差异。**【结论】** 阿瓦提县 3 种常见的果棉间作模式可以提高棉田节肢动物群落多样性、稳定性。

关键词 果棉间作；节肢动物；群落结构；发生规律；多样性指数

Dynamics of arthropod populations in cotton fields under different cropping patterns

YAN Xiang[1**] LI Rui-Hao[1] GAO Hai-Long[1] WANG Yan-Ru[1]
JIAO Yu-Bo[1] FAN Zong-Fang[1] LU Wei[1, 2***]

(1. Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control of Crops and Forests of the University of the Xinjiang Uygur Autonomous Region, Engineering Research Centre of Cotton, Ministry of Education, College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052, China; 2. Western Agricultural Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changji 831100, China)

Abstract **[Aim]** To compare the arthropod communities of cotton fields under four different cropping patterns in Caocaohexin Village, Ayibaga Town, Awati County, Aksu Prefecture, Xinjiang, and thereby develop a theoretical basis for

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划（2022YFD1400304）；新疆维吾尔自治区重点研发专项（2022B02033-1）；新疆维吾尔自治区“天山英才”三农骨干人才计划（2023SNGGGCC032）；新疆棉花产业技术体系（XJARS-03）

**第一作者 First author，E-mail：yxxxx0000@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：teerakon@sina.com

收稿日期 Received：2025-11-26；接受日期 Accepted：2026-01-05

predicting pest outbreaks and promoting environmentally friendly pest control in cotton fields. **[Methods]** A random five-point sampling method was used to investigate the population dynamics of arthropods in cotton fields that were either a monoculture, or intercropped with walnut, apricot, or apple, trees. **[Results]** A total of 39 300 individual arthropods were detected in monoculture fields which were assigned to 23 species, 15 families, 10 orders and 2 classes. A total of 29 181 arthropods (29 species, 18 families, 10 orders and 2 classes) were detected in fields intercropped with walnut trees. A total of 31 596 arthropods (33 species, 21 families, 11 orders and 2 classes) were detected in fields intercropped with apricot trees. A total of 33 398 arthropods (33 species, 21 families, 12 orders and 2 classes) were detected in fields intercropped with apple trees. The Shannon-Wiener diversity index, Pielou's evenness index, Simpson's dominance index, and Margalef's richness index for arthropod populations were highest in the apple-cotton intercropping system. However, only the richness index (2.00) was significantly higher than that of the other three systems ($P < 0.05$). Analysis of population dynamics for dominant pest and predator insects across the four cropping systems revealed that the Thripidae had peak outbreaks from mid-July to early August, *Aphis gossypii* peaked from late June to late July, *Bemisia tabaci* peaked from mid-July to mid-August, and *Lygus pratensis* had two peak periods, one in mid-July and another in early August. Notably, *L. pratensis* populations in walnut-cotton intercropped fields were significantly smaller than in the other three cropping systems ($P<0.05$). Predatory insects were dominated by members of the Chrysopidae, *Adonia variegata*, and Syrphidae. The Chrysopidae were at peak abundance in early July, whereas *Adonia variegata* appeared in early June and peaked in early August. *A. variegata* populations were significantly bigger in apple-cotton intercropped fields than in the other three cropping systems ($P < 0.05$). The Syrphidae reached their population peak in July. Natural enemies of cotton pests, such as *A. variegata* and members of the Chrysopidae and Syrphidae, were positively correlated with the abundance of major pests such as *A. gossypii*, Thriperidae, *L. pratensis* and *B. tabaci* (correlation coefficient 0.50-0.82). Monocultures and walnut-cotton intercropped fields had the highest correlation between *A. variegata* and *L. pratensis*, whereas apple-cotton intercropped fields had the highest correlation between the Syrphidae and *L. pratensis*. Apricot-cotton intercropped fields had the highest correlation between the Chrysopidae and *L. pratensis*, indicating that there may be differences in the population dynamics of pests and their natural enemies under different cropping systems. **[Conclusion]** Intercropping cotton with walnut, apricot or apple, trees can improve the diversity and stability of the arthropod community in Awati County.

Key words fruit trees-cotton intercropping; arthropods; community structure; occurrence pattern; diversity index

新疆是我国棉花主产区，2025 年棉花种植面积约占全国 87.0%，总产占全国产量的 92.8%（国家统计局，2025）。新疆阿克苏地区地处塔里木盆地北缘，兼具气候干旱与光热资源充足特点，是南疆核心棉花与林果产区，为了有效利用土地资源、增加农民经济收入，果棉间作栽培模式在南疆地区被广泛推广应用（郑秋芬等，2015）。

众所周知，作物轮作和间作是提高农业资源利用效率和作物生产力的重要途径，研究表明，通过科学合理的轮作间作模式设计，可以提高农田生态系统种群多样性，提升产量，提高土地利用率，显著提高资源利用效率，改善土壤健康，增强生态系统服务功能，减少温室气体排放，降低环境足迹，提升经济效益等（吕晴晴等，2023；董明等，2024；田慎重等，2024；Yang *et al.*，2024）。近年来，间接利用自然环境中的天敌来进行害虫生物防治的研究日益增多，通过构建和利用植物-害虫-天敌之间的生态互作关系，实现从对抗到协同的转变，从“化学依赖”到“生态调控”的转变，为实现农业绿色高质量发展提供了重要技术支撑（Bianchi *et al.*，2006；李姝等，2020；Wang *et al.*，2022）。同时，已有研究表明通过合理的间作套种方式，可以提高田间作物多样性，与单作模式相比，间作模式增加了作物种类，改变了作物布局，导致昆虫食物资源、农田小气候等多方面变化，为天敌提供适宜的生存条件，提升了农田生态系统的稳定性，增强田间节肢动物的调控作用，减少害虫发生基数，实现害虫种群可持续调控（赵紫华等，2012，2013；戴漂漂等，2015；李海强等，2022）。

本文选择单作棉田、苹果-棉花、杏-棉花和核桃-棉花间作 4 种棉田种植模式，通过五点取

样法进行节肢动物种群动态调查，对棉田节肢动物数量、种群消长动态、多样性和相关性进行分析，以期明确棉田间作对害虫及天敌的影响，为探究棉田间作是否可为棉田害虫防治提供优势提供理论依据，为棉花田间害虫发生预测预报提供新的策略，以及为更好践行绿色防控治理理念、维护生态系统健康发展奠定理论基础。

1　材料与方法

1.1　地点与材料

试验地点位于新疆阿克苏地区阿瓦提县阿依巴格镇草原河新村（40°61′28″N，83°39′45″E），属暖温带大陆性干旱气候。棉花品种是新陆中 82 棉种。

1.2　试验设计

选择核桃-棉花间作、杏-棉花间作、苹果-棉花间作和单一棉田地块各 3 块，每块田面积大于 1 hm^2，2 块田间隔距离小于 50 m，每块棉田棉花长势与管理一致，且不施任何药剂，记录每个点的经纬度。

1.3　调查方法

于 2024 年 6-8 月对每个试验点的间作棉田和单作棉田每 5 d 开展 1 次调查。每次调查时间为上午 8:00-13:00，每块棉田采用 5 点对角线取样，每点调查 20 株棉花，利用目测法系统调查每个棉株上节肢动物的种类和数量，并逐一记录。

1.4　数据分析

将每个试验点中每块棉田 5 个取样点的每种节肢动物数量求和后，按百株虫量来统计每个物种的数量，在此基础上计算群落结构指数，对主要天敌与害虫种群动态进行图表制作，并分析其相关性。

利用 Excel 2013 统计每个物种的数量并使用 SPSS 20.0 进行数据分析，采用单因素方差分析，若处理间差异显著（$P < 0.05$），采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较。将所得数据通过 Origin 2020 绘制成图。

根据群落生态学统计方法，使用 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）、Margalef 丰富度指数（D）、Pielou 均匀度指数（J）和 Simpson 优势度指数（C）对昆虫物种多样性进行统计分析。计算公式如下：

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \ ;$$

$$D = 1 - \sum p_i^2 = 1 - C \ ;$$

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S \ ;$$

$$C = \sum p_i^2 \ ;$$

$$p_i = N_i / N \ 。$$

公式中：S 为物种数，N 为个体数，i 为物种序号（第 1 种、第 2 种……第 S 种）。

2　结果与分析

2.1　4 种间作模式下棉田节肢动物群落数量

棉花单作棉田节肢动物种类及数量如表 1 所示，调查到节肢动物 2 纲 10 目 15 科 23 种，其中半翅目物种最丰富，有 3 科 6 种，同翅目与缨翅目物种数较多，分别为 2 科 3 种共 12 700 头，1 科 2 种共 25 409 头，其中花蓟马 *Frankliniella intonsa* 数量最多，占总体节肢动物数量的 50.21%，其次是棉蚜 *Aphis gossypii* 占总体节肢动物数量 30.51%；除棉蚜与花蓟马外，单作棉田中害虫优势种为烟蓟马 *Thrips tabaci*（14.56%）、烟粉虱 *Bemisia tabaci*（1.72%）和牧草盲蝽 *Lygus pratensis*（0.54%），天敌昆虫中优势类群有草蛉科（叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*：0.62%）、多异瓢虫 *Adonia variegata*（0.40%）和巨斑边食蚜蝇 *Episyrphus balteatus*（0.44%）。

核桃-棉花间作棉田节肢动物种类及数量如表 2 所示，调查到节肢动物 2 纲 10 目 18 科 29 种，节肢动物共 30 046 头，优势类群包括蓟马科（花蓟马：57.96%，烟蓟马：8.89%）、蚜科（棉蚜：23.96%，豆蚜 *Aphis craccivora*：0.35%，棉长管蚜 *Acyrthosiphon gossypii*：0.32%）、粉虱科（烟粉虱：1.86%）、草蛉科（叶色草蛉：0.94%）、瓢虫科（多异瓢虫：0.54%）、盲蝽科（牧草盲蝽：0.35%）和食蚜蝇科（巨斑边食蚜蝇：0.35%）。

表 1　阿瓦提县 2024 年 6-8 月棉花单作节肢动物群落组成

Table 1　Composition of arthropod community in cotton monoculture in Awati County from June to August 2024

纲 Class	数量 Number	目 Order	数量 Number	科 Family	数量 Number	主要种类 Major species	数量（头） Number (ind.)	占比（%） Proportion (%)
昆虫纲 Insecta class	8	同翅目 Homoptera	2	蚜科 Aphididae	2	棉蚜 *Aphis gossypii*	11 968	30.45
						豆蚜 *Aphis craccivora*	56	0.14
				粉虱科 Aleyrodidae	1	烟粉虱 *Bemisia tabaci*	676	1.72
		缨翅目 Thysanoptera	1	蓟马科 Thripidae	2	花蓟马 *Frankliniella intonsa*	19 697	50.12
						烟蓟马 *Thrips tabaci*	5 712	14.53
		鞘翅目 Coleoptera	1	瓢虫科 Coccinellidae	3	多异瓢虫 *Adonia variegata*	155	0.39
						十一星瓢虫 *Coccinella undecimpunctata*	18	0.05
						方斑瓢虫 *Synonycha grandis*	3	0.01
		脉翅目 Neuroptera	1	草蛉科 Chrysopidae	2	大草蛉 *Chrysopa pallens*	15	0.04
						叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*	245	0.62
		半翅目 Hemiptera	3	盲蝽科 Miridae	4	牧草盲蝽 *Lygus pratensis*	210	0.53
						黑食蚜盲蝽 *Deraeocoris punctulatus*	32	0.08
						绿盲蝽 *Apolygus lucorum*	20	0.05
						异须盲蝽 *Heteropternis obscurella*	26	0.07
				姬蝽科 Nabidae	1	华姬猎蝽 *Nabis sinoferus*	15	0.04
				花蝽科 Anthocoridae	1	小花蝽 *Orius sauteri*	32	0.08
		膜翅目 Hymenoptera	2	蚁科 Formicidae	1	工匠收获蚁 *Messor structor*	16	0.04
				蚜小蜂科 Aphelinidae	1	丽蚜小蜂 *Encarsia formosa*	74	0.19
		鳞翅目 Lepidoptera	2	夜蛾科 Noctuidae	1	棉铃虫 *Helicoverpa armigera*	20	0.05
				叶蛾科 Tortricidae	1	甜菜叶蛾 *Spodoptera exigua*	16	0.04
		双翅目 Diptera	1	食蚜蝇科 Syrphidae	1	巨斑边食蚜蝇 *Episyrphus balteatus*	171	0.44
蛛形纲 Arachnida class	2	蜱螨目 Acari	1	叶螨科 Tetranychidae	1	截形叶螨 *Tetranychus truncatus*	113	0.29
		蜘蛛目 Araneae	1	幽灵蛛科 Pholcidae	1	三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus*	10	0.03
							39 300	

表 2　阿瓦提县 2024 年 6-8 月核桃-棉花间作节肢动物群落组成

Table 2　Composition of arthropod community in walnut cotton intercropping in Awati County from June to August 2024

纲 Class	数量 Number	目 Order	数量 Number	科 Family	数量 Number	主要种类 Major species	数量（头） Number (ind.)	占比（%） Proportion (%)
昆虫纲 Insecta class	8	同翅目 Homoptera	3	蚜科 Aphididae	3	棉蚜 *Aphis gossypii*	7 200	24.64
						豆蚜 *Aphis craccivora*	105	0.36
						棉长管蚜 *Acyrthosiphon gossypii*	97	0.33
				叶蝉科 Cicadellidae	1	小绿叶蝉 *Empoasca flavescens*	10	0.03
				粉虱科 Aleyrodidae	1	烟粉虱 *Bemisia tabaci*	559	1.91
		缨翅目 Thysanoptera	1	蓟马科 Thripidae	2	花蓟马 *Frankliniella intonsa*	17 416	59.60
						烟蓟马 *Thrips tabaci*	2 670	9.14
		鞘翅目 Coleoptera	2	瓢虫科 Coccinellidae	4	多异瓢虫 *Adonia variegata*	163	0.56
						十一星瓢虫 *Coccinella undecimpunctata*	16	0.05
						七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*	3	0.01
						菱斑巧瓢虫 *Oenopia conglobata*	10	0.03
				金龟子科 Scarabaeidae	1	暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela*	6	0.02
		脉翅目 Neuroptera	1	草蛉科 Chrysopidae	2	大草蛉 *Chrysopa pallens*	18	0.06
						叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*	281	0.96
		半翅目 Hemiptera	3	盲蝽科 Miridae	4	牧草盲蝽 *Lygus pratensis*	105	0.36
						黑食蚜盲蝽 *Deraeocoris punctulatus*	15	0.05
						绿盲蝽 *Apolygus lucorum*	42	0.14
						异须盲蝽 *Heteropternis obscurella*	14	0.05
				姬蝽科 Nabidae	1	华姬猎蝽 *Nabis sinoferus*	34	0.12
				花蝽科 Anthocoridae	1	小花蝽 *Orius sauteri*	4	0.01
		膜翅目 Hymenoptera	2	蚁科 Formicidae	1	工匠收获蚁 *Messor structor*	21	0.07
				蚜小蜂科 Aphelinidae	1	丽蚜小蜂 *Encarsia formosa*	74	0.25
		鳞翅目 Lepidoptera	2	夜蛾科 Noctuidae	1	棉铃虫 *Helicoverpa armigera*	13	0.04
				叶蛾科 Tortricidae	1	甜菜叶蛾 *Spodoptera exigua*	6	0.02
		双翅目 Diptera	2	食蚜蝇科 Syrphidae	1	巨斑边食蚜蝇 *Episyrphus balteatus*	105	0.36
				大蚊科 Tipulidae	1	新疆短柄大蚊 *Nephrotoma xinjiangensis*	6	0.02
蛛形纲 Arachnida class	2	蜱螨目 Acari	2	叶螨科 Tetranychidae	2	截形叶螨 *Tetranychus truncatus*	97	0.33
						二斑叶螨 *Tetranychus urticae*	85	0.29
		蜘蛛目 Araneae	1	幽灵蛛科 Pholcidae	1	三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus*	6	0.02
							29 181	

杏-棉花间作棉田节肢动物种类及数量如表 3 所示，调查到节肢动物 2 纲 11 目 21 科 33 种，节肢动物共 31 529 头，优势类群包括蓟马科（花蓟马：53.35%，烟蓟马：14.02%）、蚜科（棉蚜：26.13%，豆蚜：0.68%）、粉虱科（烟粉虱：1.91%）、草蛉科（叶色草蛉：0.86%）、瓢虫科（多异瓢虫：0.73%）、盲蝽科（牧草盲蝽：0.42%）和食蚜蝇科（巨斑边食蚜蝇：0.35%）。

苹果-棉花间作棉田节肢动物种类及数量如表 4 所示，调查到节肢动物 2 纲 12 目 21 科 33 种，节肢动物共 33 398 头，优势类群包括蓟马科（花蓟马：44.81%，烟蓟马：16.36%）、蚜科（棉蚜：31.47%，豆蚜：1.35%）、粉虱科（烟粉虱：1.75%）、草蛉科（叶色草蛉：0.89%）、瓢虫科（多异瓢虫：0.76%）、盲蝽科（牧草盲蝽：0.62%）和食蚜蝇科（巨斑边食蚜蝇：0.39%）。

综上所述，各种植模式下棉田害虫均以蓟马科、蚜科、粉虱科、盲蝽科为主，天敌昆虫以草蛉科、瓢虫科和食蚜蝇科为主，其中草蛉为主要天敌。4 种种植模式下节肢动物种类数由大到小依次为：苹果-棉花间作=杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 棉田单作。

2.2 4 种种植模式棉田节肢动物群落特征参数的比较

2.2.1 节肢动物群落丰富度 节肢动物群落丰富度的变化如图 1（A，B）所示，苹果-棉花间作物种丰富度整体最高，为 2.00，与单作棉田物种丰富度 1.47 呈显著差异（$P < 0.05$），与杏-棉花间作 1.85 和核桃-棉花间作 1.71 差异不显著（$P > 0.05$），实验表明 3 种间作模式棉田均提高棉田节肢动物的群落丰富度，其中苹果-棉花间棉田提高显著。6 月 15 日到 8 月 8 日，苹果-棉花间作和杏-棉花间作棉田物种丰富度一直呈下降的趋势，而间作棉田和核桃-棉花间作棉田物种丰富度呈波动性下降。物种丰富度指数由高到低依次为苹果-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 单作棉田。

2.2.2 节肢动物群落多样性 节肢动物群落多样性的变化如图 2（A，B）所示，苹果-棉花间作棉田群落多样性指数整体最高，为 1.28，但与单作棉田、核桃-棉花间作棉田、杏-棉花间作棉田群落多样性指数无显著性差异（$P > 0.05$）。在 6 月初到 6 月底，4 种种植模式棉田群落多样性指数逐渐上升而后下降，自 6 月 27 日始，4 种种植模式棉田物种多样性指数呈波动性稳定。群落多样性指数由高到低依次为苹果-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 棉田单作。

2.2.3 节肢动物群落均匀度 节肢动物群落均匀度的变化如图 3（A，B）所示，苹果-棉花间作棉田的均匀度指数整体最高，为 0.49，但与单作棉田、核桃-棉花间作棉田、杏-棉花间作棉田均匀度指数无显著性差异（$P > 0.05$），结果表明不同间作模式可以提高棉田节肢动物群落均匀度。4 个模式下节肢动物群落均匀度整体表现出升高-下降-升高的变化趋势，且均在 6 月中上旬较高，6 月整月表现为大幅下降趋势，8 月份群落均匀度指数有所回升但整体仍低于 6 月份。均匀度指数由高到低依次为苹果-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 单作棉田。

2.2.4 节肢动物群落优势集中度 节肢动物群落优势集中性的变化如图 4（A，B）所示，3 种间作模式节肢动物群落优势集中性高于单作棉田，其中苹果-棉花间作棉田的优势集中性指数整体最高，为 0.55。4 类棉田群落优势集中性指数 6 月份整体上呈现为先升高后大幅度降低，7 月份优势集中性指数保持平稳态势，8 月份群落优势集中性波动较大，优势集中性指数由高到低依次为苹果-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 单作棉田。

2.3 4 种种植模式下主要害虫与天敌种群动态变化

2.3.1 主要害虫种群动态变化

2.3.1.1 蓟马种群消长动态 单作棉田、苹果-棉花间作棉田、杏-棉花间作棉田和核桃-棉花间作棉田的蓟马种群主要是花蓟马与烟蓟马。由图 5（A，B）所示，单作棉田蓟马 6-8 月平均虫口数量最高，为 1 588.04 头/百株，与其他 3 种种植模式棉田无显著差异（$P > 0.05$）。4 种种植

表 3　阿瓦提县 2024 年 6-8 月杏-棉花间作节肢动物群落组成

Table 3　Composition of arthropod community in apricot cotton intercropping in Awati County from June to August 2024

纲 Class	数量 Number	目 Order	数量 Number	科 Family	数量 Number	主要种类 Major species	数量（头） Number (ind.)	占比（%） Proportion (%)
昆虫纲 Insecta class	9	同翅目 Homoptera	3	蚜科 Aphididae	3	棉蚜 *Aphis gossypii*	8 239	26.08
						豆蚜 *Aphis craccivora*	214	0.68
						棉长管蚜 *Acyrthosiphon gossypii*	55	0.17
				叶蝉科 Cicadellidae	1	小绿叶蝉 *Empoasca flavescens*	2	0.01
				粉虱科 Aleyrodidae	1	烟粉虱 *Bemisia tabaci*	602	1.91
		缨翅目 Thysanoptera	1	蓟马科 Thripidae	2	花蓟马 *Frankliniella intonsa*	16 820	53.23
						烟蓟马 *Thrips tabaci*	4 420	13.99
		鞘翅目 Coleoptera	2	瓢虫科 Coccinellidae	5	多异瓢虫 *Adonia variegata*	229	0.72
						十一星瓢虫 *Coccinella undecimpunctata*	26	0.08
						七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*	38	0.12
						菱斑巧瓢虫 *Oenopia conglobata*	6	0.02
						方斑瓢虫 *Propylea quaturodecimpunctata*	4	0.01
				金龟子科 Scarabaeidae	2	暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela*	12	0.04
						白星花金龟 *Potosia brevitarsis*	6	0.02
		脉翅目 Neuroptera	1	草蛉科 Chrysopidae	2	大草蛉 *Chrysopa pallens*	25	0.08
						叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*	272	0.86
		半翅目 Hemiptera	3	盲蝽科 Miridae	4	牧草盲蝽 *Lygus pratensis*	131	0.41
						黑食蚜盲蝽 *Deraeocoris punctulatus*	26	0.08
						绿盲蝽 *Apolygus lucorum*	52	0.16
						异须盲蝽 *Heteropternis obscurella*	16	0.05
				姬蝽科 Nabidae	1	华姬猎蝽 *Nabis sinoferus*	44	0.14
				花蝽科 Anthocoridae	1	小花蝽 *Orius sauteri*	12	0.04
		膜翅目 Hymenoptera	3	蚁科 Formicidae	1	工匠收获蚁 *Messor structor*	12	0.04
				蚜小蜂科 Aphelinidae	1	丽蚜小蜂 *Encarsia formosa*	52	0.16
				蜜蜂科 Apidae		东方蜜蜂 *Apis cerana*	5	0.02

续表 3 (Table 3 continued)

纲 Class	数量 Number	目 Order	数量 Number	科 Family	数量 Number	主要种类 Major species	数量（头） Number (ind.)	占比（%） Proportion (%)
		鳞翅目 Lepidoptera	3	夜蛾科 Noctuidae	1	棉铃虫 *Helicoverpa armigera*	10	0.03
				叶蛾科 Tortricidae	1	甜菜叶蛾 *Spodoptera exigua*	4	0.01
				粉蝶科 Pieridae	1	菜粉蝶 *Pieris rapae*	14	0.04
		双翅目 Diptera	2	食蚜蝇科 Syrphidae	1	巨斑边食蚜蝇 *Episyrphus balteatus*	110	0.35
				大蚊科 Tipulidae	1	新疆短柄大蚊 *Nephrotoma xinjiangensis*	2	0.01
		螳螂目 Mantodea	1	螳螂科 Mantidae	1	薄翅螳螂 *Mantis religiosa*	4	0.01
蛛形纲 Arachnida class	2	蜱螨目 Acari	1	叶螨科 Tetranychidae	1	截形叶螨 *Tetranychus truncatus*	112	0.35
		蜘蛛目 Araneae	1	幽灵蛛科 Pholcidae	1	三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus*	20	0.06

表 4　阿瓦提县 2024 年 6-8 月苹果-棉花间作节肢动物群落组成

Table 4　Composition of arthropod community in apple cotton intercropping in Awati County from June to August 2024

纲 Class	数量 Number	目 Order	数量 Number	科 Family	数量 Number	主要种类 Major species	数量（头） Number (ind.)	占比（%） Proportion (%)
昆虫纲 Insecta class	9	同翅目 Homoptera	3	蚜科 Araneae	3	棉蚜 *Aphis gossypii*	10 512	31.47
						豆蚜 *Aphis craccivora*	451	1.35
						棉长管蚜 *Acyrthosiphon gossypii*	66	0.20
				叶蝉科 Cicadellidae	1	小绿叶蝉 *Empoasca flavescens*	10	0.03
				粉虱科 Aleyrodidae	1	烟粉虱 *Bemisia tabaci*	583	1.75
		缨翅目 Thysanoptera	1	蓟马科 Thripidae	2	花蓟马 *Frankliniella intonsa*	14 965	44.81
						烟蓟马 *Thrips tabaci*	5 463	16.36
		鞘翅目 Coleoptera	2	瓢虫科 Coccinellidae	5	多异瓢虫 *Adonia variegata*	255	0.76
						十一星瓢虫 *Coccinella undecimpunctata*	44	0.13
						七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*	3	0.01
						菱斑巧瓢虫 *Oenopia conglobata*	1	0.01
						方斑瓢虫 *Propylea quaturodecimpunctata*	3	0.01

续表 4 (Table 4 continued)

纲 Class	数量 Number	目 Order	数量 Number	科 Family	数量 Number	主要种类 Major species	数量（头） Number (ind.)	占比（%） Proportion (%)
				金龟子科 Scarabaeidae	2	暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela*	4	0.01
						白星花金龟 *Potosia brevitarsis*	20	0.06
		脉翅目 Neuroptera	1	草蛉科 Chrysopidae	2	大草蛉 *Chrysopa pallens*	36	0.11
						叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*	297	0.89
		半翅目 Hemiptera	3	盲蝽科 Miridae	4	牧草盲蝽 *Lygus pratensis*	207	0.62
						黑食蚜盲蝽 *Deraeocoris punctulatus*	15	0.04
						绿盲蝽 *Apolygus lucorum*	60	0.18
						异须盲蝽 *Heteropternis obscurella*	40	0.12
				姬蝽科 Nabidae	1	华姬猎蝽 *Nabis sinoferus*	34	0.10
				花蝽科 Anthocoridae	1	小花蝽 *Orius sauteri*	4	0.01
		膜翅目 Hymenoptera	3	蚁科 Formicidae	1	工匠收获蚁 *Messor structor*	20	0.06
				蚜小蜂科 Aphelinidae	1	丽蚜小蜂 *Encarsia formosa*	40	0.12
				蜜蜂科 Apidae	1	东方蜜蜂 *Apis cerana*	10	0.03
		鳞翅目 Lepidoptera	3	夜蛾科 Noctuidae	1	棉铃虫 *Helicoverpa armigera*	12	0.04
				叶蛾科 Tortricidae	1	甜菜叶蛾 *Spodoptera exigua*	10	0.03
				粉蝶科 Pieridae	1	菜粉蝶 *Pieris rapae*	22	0.07
		双翅目 Diptera	1	食蚜蝇科 Syrphidae	1	巨斑边食蚜蝇 *Episyrphus balteatus*	129	0.39
		直翅目	1	蝼蛄科 Gryllotalpidae	1	单刺蝼蛄 *Gryllotalpa unispina*	2	0.01
		螳螂目 Mantodea	1	螳螂科 Mantidae	1	薄翅螳螂 *Mantis religiosa*	14	0.04
蛛形纲 Arachnida class	2	蜱螨目 Acari	1	叶螨科 Tetranychidae	1	二斑叶螨 *Tetranychus urticae*	60	0.18
		蜘蛛目 Araneae	1	幽灵蛛科 Pholcidae	1	三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus*	6	0.02

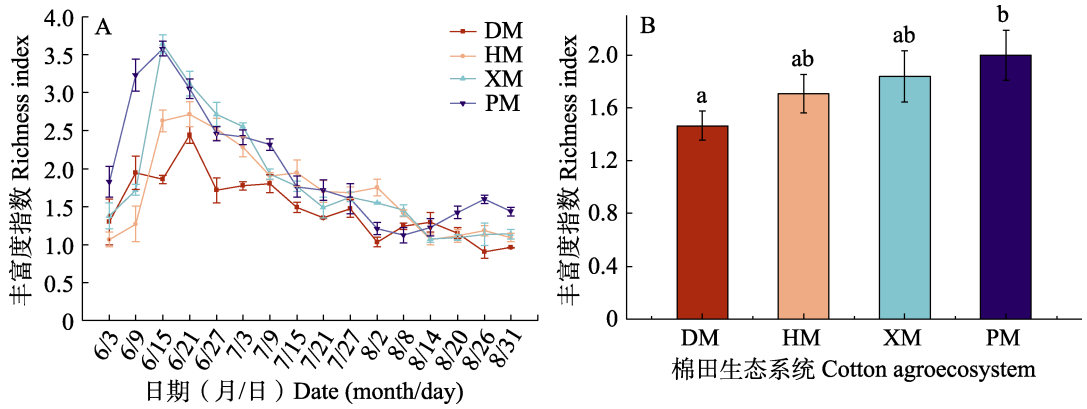

图 1　节肢动物群落丰富度

Fig. 1　Diversity of arthropod communities

A. 节肢动物群落丰富度消长动态；B. 节肢动物群落丰富度（平均）。DM：棉田单作；HM：核桃-棉花间作；XM：杏-棉花间作；PM：苹果-棉花间作。柱上不同小写字母表示处理间差异显著（$P < 0.05$，Duncan 氏新复极差法）。下图同。

A. Dynamics of arthropod community richness; B. Arthropod community richness (average). DM: Cotton monoculture; HM: Walnut cotton intercropping; XM: Apricot cotton intercropping; PM: Apple cotton intercropping. Different lowercase letters above bars indicate significant difference among treatments ($P < 0.05$, Duncan's new multiple range test). The same below.

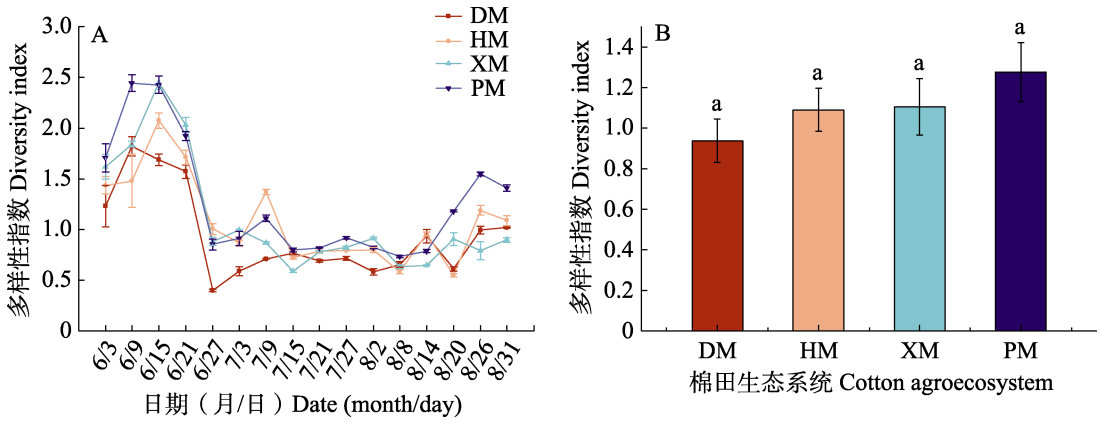

图 2　节肢动物群落多样性

Fig. 2　Diversity of arthropod community

A. 节肢动物群落多样性消长动态；B. 节肢动物群落多样性（平均）。

A. Dynamics of arthropod community diversity; B. Arthropod community diversity (average).

模式棉田蓟马均在 7 月 15 日暴发，蓟马种群数量集中发生在 7 月上旬至 8 月中旬，其中以 7 月中旬至 8 月上旬为高暴发期，单作棉田蓟马发生最为严重，此发生期内 4 种种植模式棉田蓟马种群发生数量较为稳定。蓟马种群数量由高到低依次为单作棉田 > 杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 苹果-棉花间作。

2.3.1.2　棉蚜种群消长动态　单作棉田、苹果-棉花间作棉田、杏-棉花间作棉田和核桃-棉花间作棉田的蚜虫优势种群为棉蚜。由图 6（A，B）所示，单作棉田棉蚜数量 6-8 月份平均为 748.03 头/百株，与其他 3 种种植模式棉田无显著差异（$P > 0.05$）。单作棉田与杏-棉花间作棉田在 6 月中下旬棉蚜数量迅速上升，其中单作棉田在 7 月 15 日棉蚜虫口数量达到最高，为 1 751.67 头/百株，杏-棉花间作棉田和核桃-棉花间作棉田在 6 月中下旬棉蚜数量迅速上升的同时，分别于 7 月 9 日、7 月 5 日发生大幅下降，随后在 7 月 27

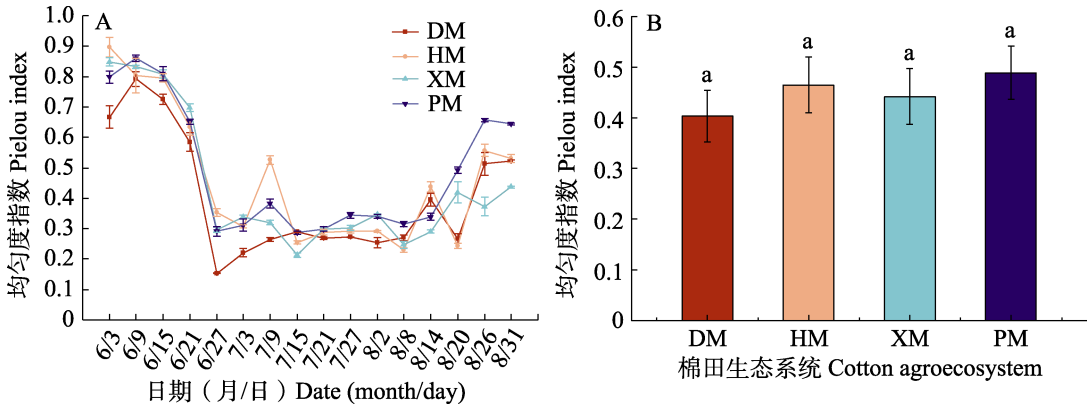

图 3　节肢动物群落均匀度

Fig. 3　Uniformity of arthropod community

A. 节肢动物群落均匀度消长动态；B. 节肢动物群落均匀度（平均）。

A. Dynamics of arthropod community evenness; B. Arthropod community evenness (average).

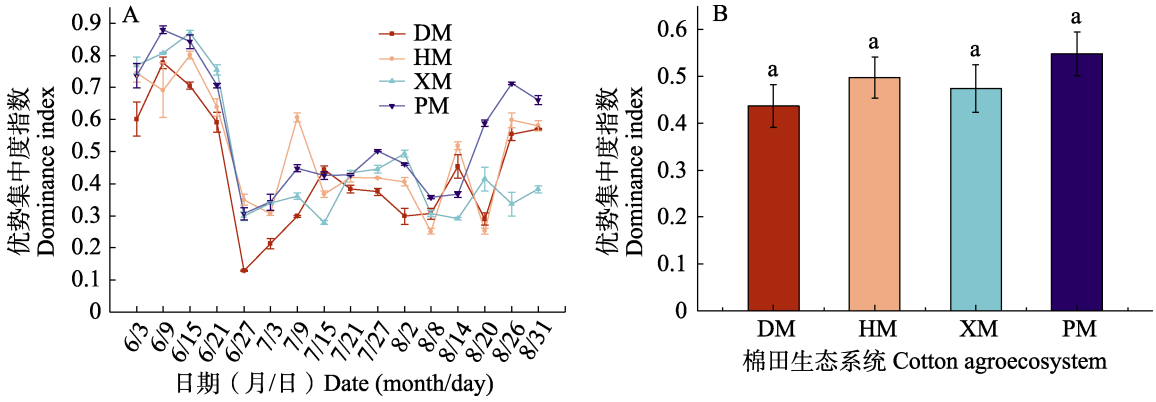

图 4　节肢动物群落优势集中度

Fig. 4　Advantageous concentration of arthropod communities

A. 节肢动物群落优势集中度消长动态；B. 节肢动物群落优势集中度（平均）。

A. Dynamics of arthropod community dominance concentration; B. Arthropod community dominance concentration (average).

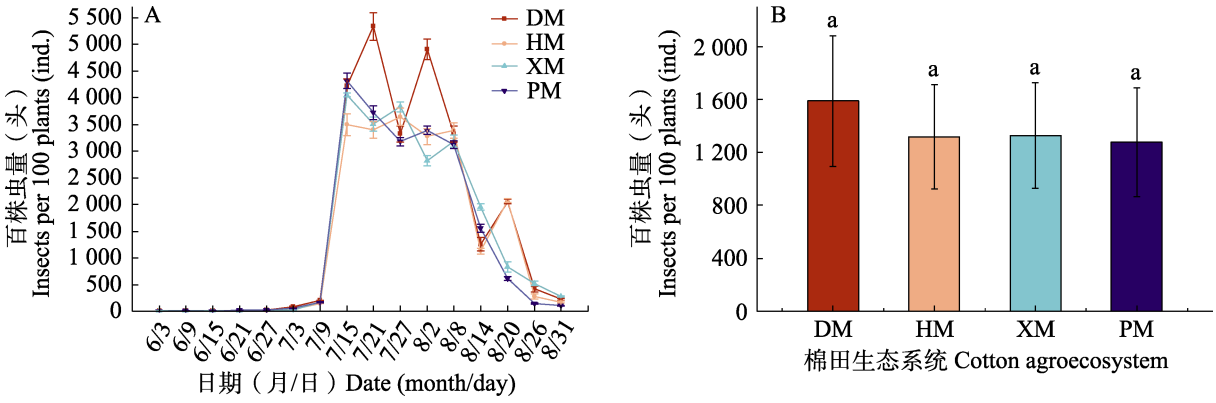

图 5　蓟马种群消长动态

Fig. 5　Dynamics of thrips population growth and decline

A. 4 种种植模式棉田蓟马种群消长动态；B. 4 种种植模式棉田蓟马平均虫口数量。

A. Population dynamics of thrips in cotton fields under four planting patterns;
B. Mean population density of thrips in cotton fields under four planting patterns.

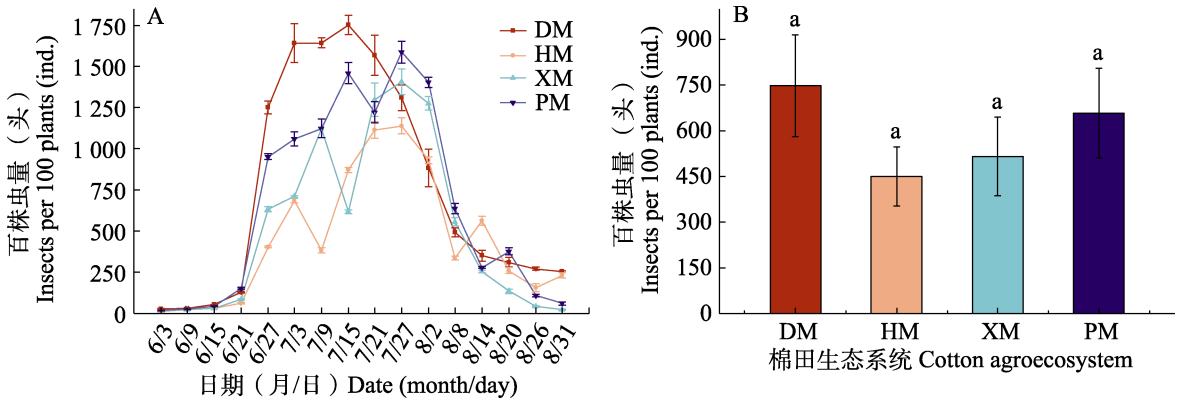

图 6　棉蚜种群消长动态

Fig. 6　Dynamics of *Aphis gossypii* population growth and decline

A. 4 种种植模式棉田棉蚜种群消长动态；B. 4 种种植模式棉田棉蚜平均虫口数量。

A. Population dynamics of cotton *A. gossypii* in cotton fields under four planting patterns; B. Mean population density of cotton *A. gossypii* in cotton fields under four planting patterns.

日达到最高峰。棉蚜种群数量由高到低依次为单作棉田 > 苹果-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作。

2.3.1.3　烟粉虱种群消长动态　由图 7（A，B）所示，单作棉田烟粉虱 6-8 月平均虫口数量最高，为 42.23 头/百株，与其他 3 种种植模式棉田无显著差异（$P > 0.05$）。单作棉田和苹果-棉花间作棉田烟粉虱的发生从 6 月 9 日开始，而杏-棉花间作棉田和核桃-棉花间作棉田烟粉虱的发生从 6 月 15 日开始，4 种种植模式棉田烟粉虱发生期主要在 7 月上旬至 8 月下旬，暴发期在 7 月下旬至 8 月中旬。单作棉田、苹果-棉花间作棉田和核桃-棉花间作棉田在 7 月 27 日和 8 月 8 日为两个高峰期，杏-棉花间作棉田在 8 月 2 日达 4 种种植模式棉田烟粉虱种群数量最高峰，为 129.67 头/百株。烟粉虱种群数量由高到低依次为单作棉田 > 杏-棉花间作 > 苹果-棉花间作 > 核桃-棉花间作。

2.3.1.4　牧草盲蝽种群消长动态　由图 8（A，B）所示，单作棉田牧草盲蝽 6-8 月平均虫口数量最高，为 13.14 头/百株，与杏-棉花间作和苹果-棉花间作棉田无显著性差异（$P > 0.05$），但与核桃-棉花间作棉田呈显著性差异（$P < 0.05$）。核桃-棉花间作棉田牧草盲蝽发生在 7 月中旬，

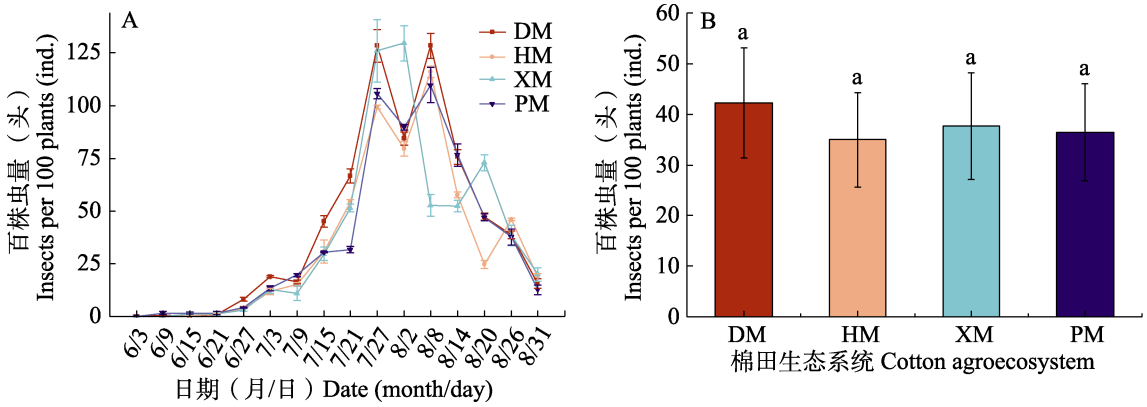

图 7　烟粉虱种群消长动态

Fig. 7　Dynamics of *Bemisia tabaci* population growth and decline

A. 4 种种植模式棉田烟粉虱种群消长动态；B. 4 种种植模式棉田烟粉虱平均虫口数量。

A. Population dynamics of *B. tabaci* in cotton fields under four planting patterns; B. Mean population density of *B. tabaci* in cotton fields under four planting patterns.

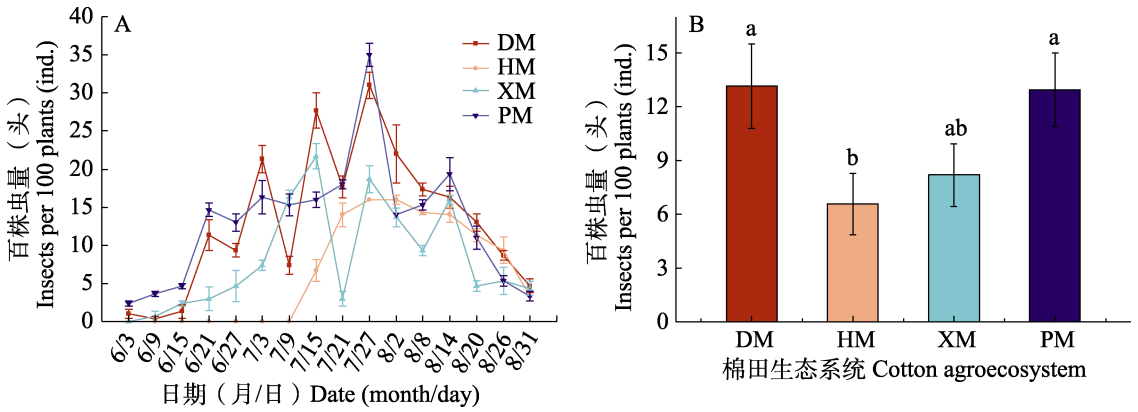

图 8　牧草盲蝽种群消长动态

Fig. 8　Dynamics of *Lygus pratensis* population growth and decline

A. 4 种种植模式棉田牧草盲蝽种群消长动态；B. 4 种种植模式棉田牧草盲蝽平均虫口数量。

A. Population dynamics of *L. pratensis* in cotton fields under four planting patterns;
B. Mean population density of *L. pratensis* in cotton fields under four planting patterns.

且在 7 月 27 日达种群数量最高峰，虫口数量最高为 16.00 头/百株；单作棉田、杏-棉花间作和苹果-棉花间作棉田牧草盲蝽均从 6 月上旬开始发生，其中单作棉田与苹果-棉花间作棉田牧草盲蝽虫口在 7 月 27 日达到最高，分别为 31.00 和 35.00 头/百株，随后 4 种种植模式棉田牧草盲蝽数量在 8 月份整体下降。牧草盲蝽种群数量由高到低依次为单作棉田 > 苹果-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作。

2.3.2　主要天敌种群动态变化

2.3.2.1　草蛉种群消长动态　由图 9（A，B）所示，苹果-棉花间作棉田草蛉 6-8 月平均虫口数量最高，为 20.83 头/百株，但与单作棉田、杏-棉花间作和核桃-棉花间作棉田无显著性差异（$P > 0.05$）。其中杏-棉花间作棉田草蛉在高峰日种群数量达 54.33 头/百株，为 4 种模式最高；单作棉田与核桃-棉花间作棉田草蛉种群数量在 7 月上旬大幅升高且达到种群高峰，随后呈波动性下降。草蛉种群数量由高到低依次为苹果-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 单作棉田。

2.3.2.2　多异瓢虫种群消长动态　由图 10（A，

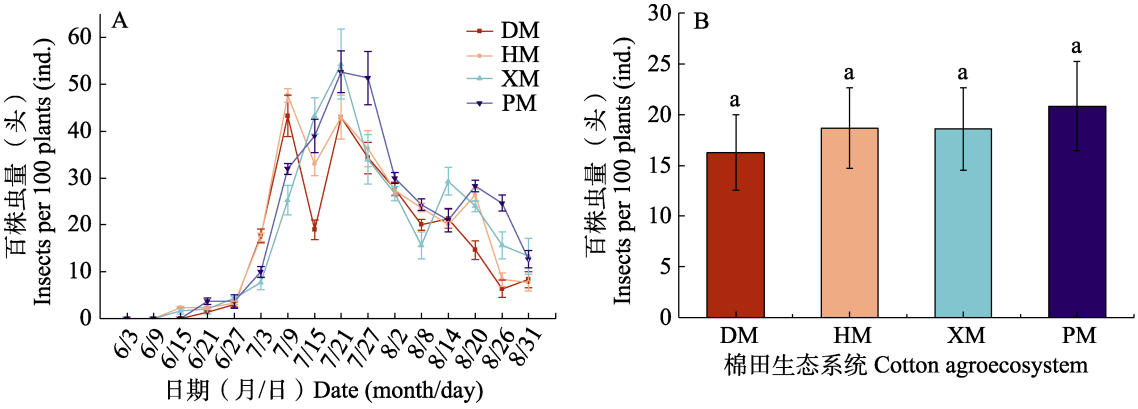

图 9　草蛉种群消长动态

Fig. 9　Dynamics of green lacewing population growth and decline

A. 4 种种植模式棉田草蛉种群消长动态；B. 4 种种植模式棉田草蛉平均虫口数量。

A. Population dynamics of green lacewing in cotton fields under four planting patterns;
B. Mean population density of green lacewing in cotton fields under four planting patterns.

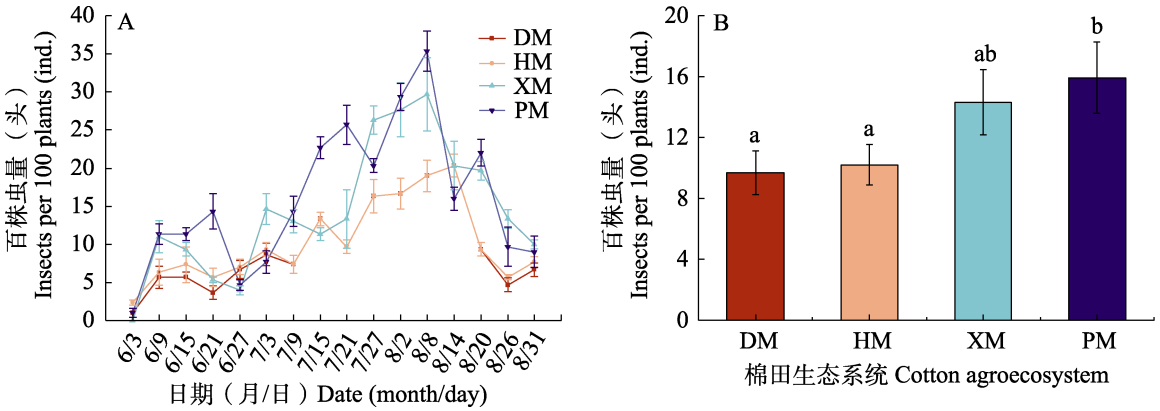

图 10　多异瓢虫种群消长动态

Fig. 10　Dynamics of *Adonia variegata* population growth and decline

A. 4 种种植模式棉田多异瓢虫种群消长动态；B. 4 种种植模式棉田多异瓢虫平均虫口数量。

A. Population dynamics of *A. variegata* in cotton fields under four planting patterns; B. Mean population density of *A. variegata* in cotton fields under four planting patterns.

B）所示，苹果-棉花间作棉田多异瓢虫 6-8 月平均虫口数量最高，为 15.92 头/百株，与杏-棉花间作棉田无显著性差异（$P > 0.05$），但与单作棉田和核桃-棉花间作棉田呈显著性差异（$P < 0.05$）。4 种种植模式棉田多异瓢虫的发生均在 6 月初，在 8 月上旬至中旬达到种群数量的最高峰，其中苹果-棉花间作棉田在 8 月 8 日达到种群的最高峰，为 35.33 头/百株。多异瓢虫种群数量由高到低依次为苹果-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作 > 单作棉田。

2.3.2.3　食蚜蝇种群消长动态　由图 11（A，B）所示，单作棉田食蚜蝇 6-8 月平均虫口数量最高，为 10.69 头/百株，与其它 3 种种植模式棉田无显著性差异（$P > 0.05$）。4 种种植模式棉田食蚜蝇均从 6 月上旬开始发生，在 7 月份达到种群发生高峰期，其中单作棉田食蚜蝇种群数量在 7 月 9 日种群数量达到最高，为 28.00 头/百株。食蚜蝇种群数量由高到低依次为单作棉田 > 苹果-棉花间作 > 杏-棉花间作 > 核桃-棉花间作。

2.4　棉田生态系统中主要天敌和害虫的相关性

2.4.1　单作棉田主要天敌和害虫的相关性　单作棉田主要天敌和害虫的相关性如图 12 所示，草蛉、食蚜蝇与棉蚜呈极显著（$P < 0.01$）正相

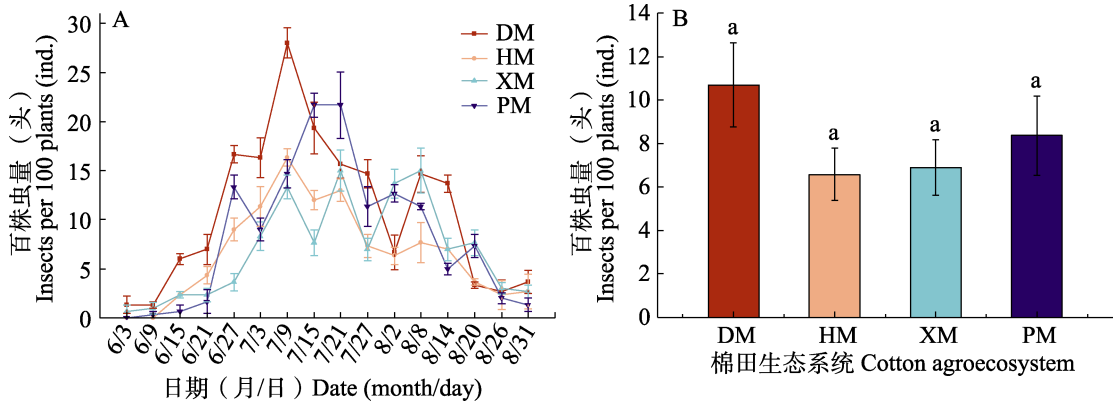

图 11　食蚜蝇种群消长动态

Fig. 11　Dynamics of syrphid flies population growth and decline

A. 4 种种植模式棉田食蚜蝇种群消长动态；B. 4 种种植模式棉田食蚜蝇平均虫口数量。

A. Population dynamics of syrphid flies in cotton fields under four planting patterns; B. Mean population density of syrphid flies in cotton fields under four planting patterns.

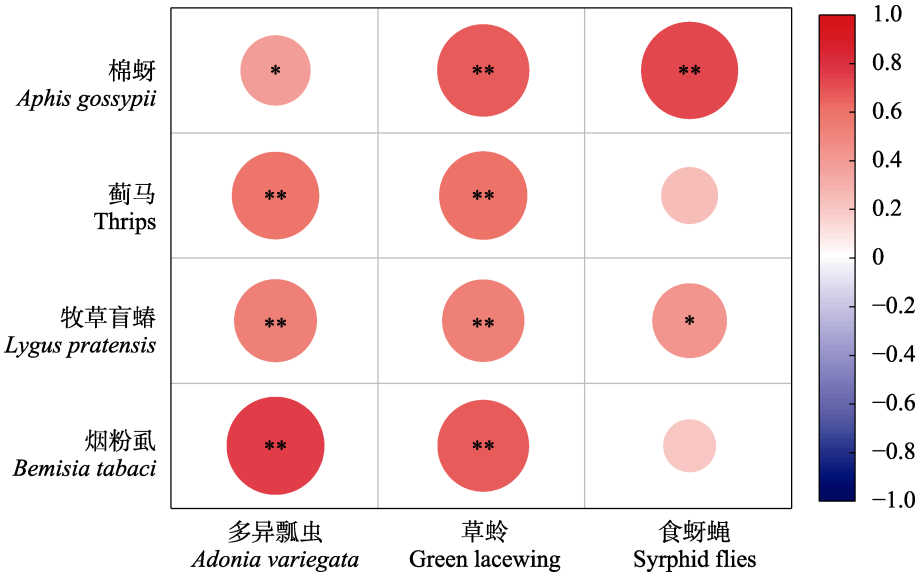

图 12　单作棉田主要天敌和害虫的相关性

Fig. 12　The correlation between the main natural enemies and pests in monoculture cotton field

*表示显著相关（$P \leqslant 0.05$，Pearson 相关性分析），**表示极显著相关（$P \leq 0.01$，Pearson 相关性分析）。下图同。

* denotes a statistically significant correlation ($P \leqslant 0.05$, two-tailed Pearson correlation analysis); ** denotes a highly significant correlation ($P \leqslant 0.01$, two-tailed Pearson correlation analysis). The same below.

关，相关系数分别为 0.67、0.74，多异瓢虫、草蛉与蓟马呈极显著（$P < 0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.60、0.61；多异瓢虫、草蛉与牧草盲蝽呈极显著（$P < 0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.54，0.53；多异瓢虫、草蛉与烟粉虱呈极显著（$P < 0.01$）正相关，相关系数分别为 075、0.66。

2.4.2　核桃-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性　核桃-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性如图 13，多异瓢虫、草蛉和食蚜蝇与棉蚜呈极显著（$P < 0.01$）正相关，相关系数分别为 0.57、0.66、0.62；多异瓢虫、草蛉与蓟马呈极

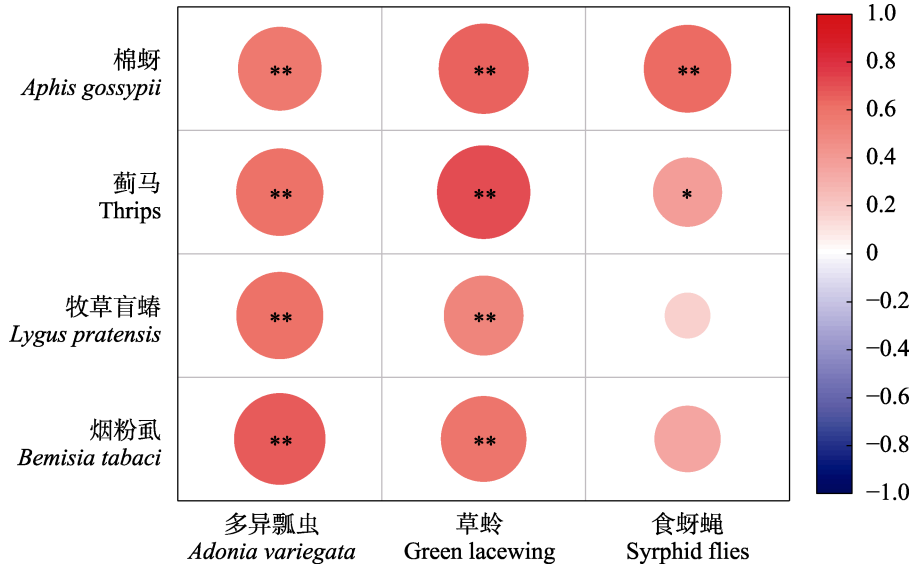

图 13　核桃-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性

Fig. 13　The correlation between the main natural enemies and pests in walnut cotton intercropping cotton fields

显著（$P<0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.62、0.71；多异瓢虫、草蛉与牧草盲蝽呈极显著（$P<0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.61、0.51；多异瓢虫、草蛉与烟粉虱呈极显著（$P<0.01$）正相关，相关系数分别为 0.68、0.59。

2.4.3 杏-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性 杏-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性如图 14 所示，草蛉、食蚜蝇与棉蚜呈极显著（$P<0.01$）正相关，相关系数分别为 0.60、0.66；多异瓢虫、草蛉和食蚜蝇均与蓟马呈极显著（$P<0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.58、0.79、0.59；草蛉、食蚜蝇与牧草盲蝽呈极显著（$P<0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.66、0.50；多异瓢虫、草蛉和食蚜蝇均与烟粉虱呈极显著（$P<0.01$）正相关，相关系数分别为 0.70、0.65、0.54。

2.4.4 苹果-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性 苹果-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性如图 15 所示，草蛉、食蚜蝇与棉蚜呈极显著（$P<0.01$）正相关，相关系数分别为 0.66、

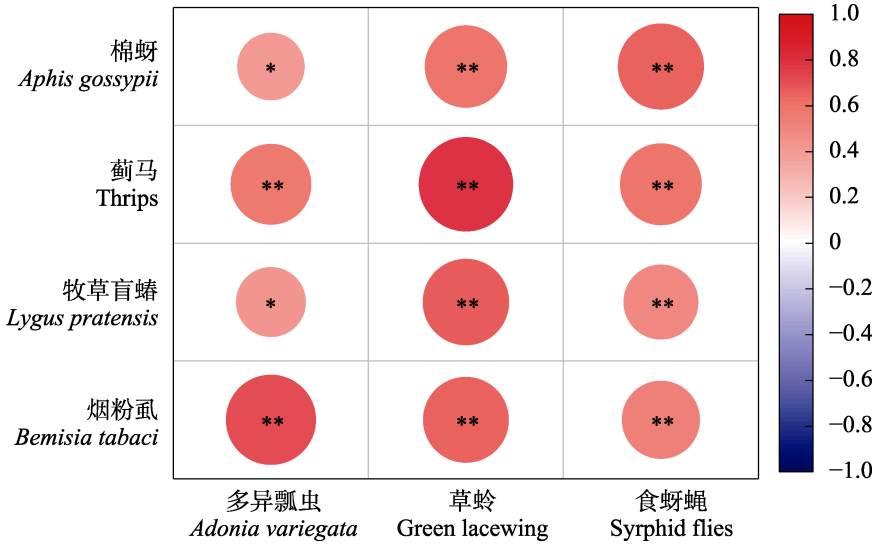

图 14 杏-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性

Fig. 14 The correlation between the main natural enemies and pests in apricot cotton intercropping cotton fields

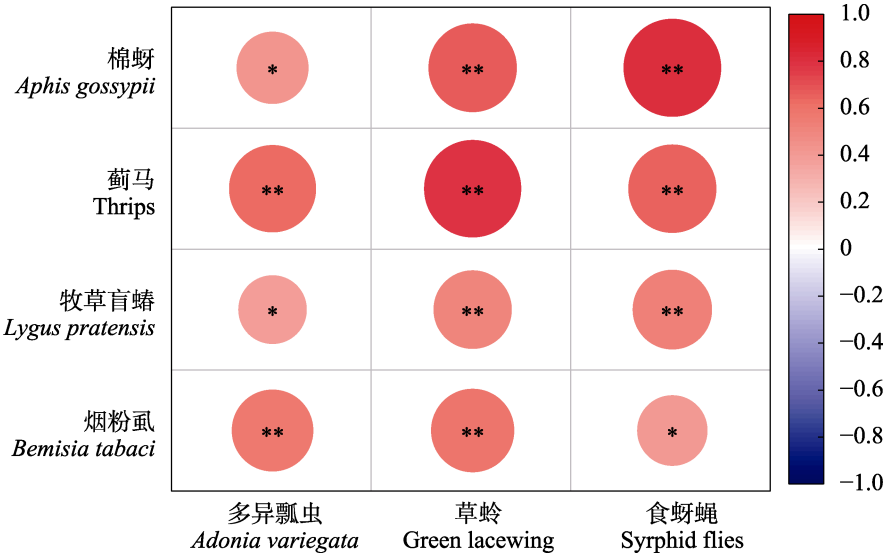

图 15 苹果-棉花间作棉田主要天敌和害虫的相关性

Fig. 15 The correlation between the main natural enemies and pests in apple cotton intercropping cotton fields

0.81；多异瓢虫、草蛉和食蚜蝇均与蓟马呈极显著（$P < 0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.64、0.82、0.66；草蛉、食蚜蝇与牧草盲蝽呈极显著（$P < 0.01$）正相关，相关系数为分别为 0.52、0.53；多异瓢虫、草蛉与烟粉虱呈极显著（$P < 0.01$）正相关，相关系数分别为 0.56、0.58。

综上所述，阿瓦提县 3 种种植模式棉田的节肢动物群落特征参数均高于单作棉田，其中苹果-棉花间作棉田最高，说明果棉间作可以提高棉田节肢动物种群的多样性；4 种种植模式下棉田害虫数量以单作棉田最多，核桃-棉花间作棉田最少；多异瓢虫与草蛉在苹果-棉花间作棉田最多，食蚜蝇在单作棉田中最多；单作与核桃-棉花间作模式多异瓢虫为牧草盲蝽的优势天敌，苹果-棉花间作模式食蚜蝇是牧草盲蝽的优势天敌，杏-棉花间作模式草蛉是牧草盲蝽的优势天敌；单作与核桃-棉花间作模式草蛉为棉蚜的优势天敌，苹果-棉与杏-棉花间作模式中食蚜蝇为蚜虫的优势天敌；蓟马在 4 种种植模式中的优势天敌均为草蛉；烟粉虱在 4 种种植模式中的优势天敌均多异瓢虫。试验表明不同间作模式中天敌与害虫之间的相关性可能有差异。本研究结果为通过设置不同种植模式从而引进、涵养天敌防控害虫提供了一定参考。

3　结论与讨论

在作物害虫生态调控中，间作是一种常见且成熟的措施，通过间作可以促进田间天敌保育、调控农田节肢动物群落结构及其动态进而有效控制害虫。然而，在作物生产实践中，间作模式以提高作物生产效益为主要目标，通常情况下并不考虑这种间作模式带来的其他方面的影响，间作模式对节肢动物群落结构的影响往往是多样的，充满不确定性（李海强等，2021）。Jaworski 等（2023）对“间作能够增强有益节肢动物并控制害虫”进行研究得出结论，作物多样化不仅仅带来生物防治，还包括促进土壤健康、缓解气候和稳定农业生产力。同样，国内研究中宋傲然等（2025）研究发现玉米-豆类间作能够显著降低双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* 雌虫体长和体重，进而调控个体生长；刘晓微等（2025）研究发现蛇床草与蚕豆间作的功能植物带对食蚜蝇的吸引效果显著优于单一蛇床草处理，间作处理功能植物带上食蚜蝇种群数量较单一蛇床草处理提升 37.10%以上；谢炜峰等（2024）研究发现在草地贪夜蛾虫口密度相对小的情况下，玉米大豆间作能显著减轻草地贪夜蛾的发生为害；李星星等（2024）研究指出苹果园间作紫花苜蓿可以增加天敌物种数和个体数，能在一定程度上抑制植食性类群种群数量；韦夕平等（2024）研究发现花生-玉米间作种植模式能够先于花生蚜 *Aphis craccivora* 发生高峰期涵养东亚小花蝽 *Orius sauteri*，且东亚小花蝽对花生蚜的捕食作用可显著降低花生苗期花生蚜的种群密度。同时在本研究的田间调查中，所发现的天敌主要包括多异瓢虫、草蛉和食蚜蝇等，这些昆虫在农业生态系统中发挥着至关重要的作用，能够有效地调节害虫种群数量，其中 3 种间作模式棉田的节肢动物群落特征参数均高于单作棉田，说明果棉间作可以提高棉田节肢动物种群的多样性；4 种种植模式下棉田害虫数量以单作棉田最多；多异瓢虫与草蛉在苹果-棉花间作棉田最多，食蚜蝇在单作棉田中最多，说明果棉间作能够增强有益节肢动物并控制害虫，这与上述他人研究结果一致。但李海强等（2021）在南疆地区选择了 3 种果棉间作方式进行节肢动物群落研究，结果显示南疆 3 种常见的果棉间作模式对棉田节肢动物群落结构没有明显影响，这可能与实验地点的气候或者其它因素有关，所以本试验后续还应综合其它气候等因子深入探究。

农田节肢动物群落常处于不断的演替之中，南疆果棉间作模式也不例外，有待进一步加强长期性监测，本研究的初步结果为阿瓦提县 3 种常见果棉间作模式可以提高棉田常见天敌昆虫发生量，从而在一定程度控制害虫发生，但仍面对着长期效果评价标准不统一，空间异质性对效果影响大，经济效益量化困难等挑战。基于当前现状与挑战我们应继续优化评价体系与技术创新，

为南疆果棉间作模式下棉花害虫灾变机制的解析与绿色防控对策的制定提供科学依据，为乡村振兴与农民增收提供长期有效的技术与方法。

参考文献 (References)

Bianchi FJJA, Booij CJH, Tscharntke T, 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B*: *Biological Sciences*, 273(1595): 1715–1727.

Dai PP, Zhang XZ, Xiao CZ, Zhang X, Yu ZR, Liu YH, 2015. Habitat management and plant configuration for biological pest control in agricultural landscapes. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 23(1): 9–19. [戴漂漂, 张旭珠, 肖晨子, 张鑫, 宇振荣, 刘云慧, 2015. 农业景观害虫控制生境管理及植物配置方法. 中国生态农业学报, 23(1): 9–19.]

Dong M, Zhang Q, Wang Y, Wang SL, Feng GY, Liang QL, Qi H, Zhao GY, 2024. Broadband crop rotation of cotton-grain rape improved crop yield and light utilization efficiency. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 32(7): 1159–1169. [董明, 张谦, 王燕, 王树林, 冯国艺, 梁青龙, 祁虹, 赵贵元, 2024. 棉-粮-油菜宽带轮作提升作物产量和光能利用率. 中国生态农业学报, 32(7): 1159–1169.]

Jaworski CC, Thomine E, Rusch A, Lavoir AV, Wang S, Desneux N, 2023. Crop diversification to promote arthropod pest management: A review. *Agriculture Communications*, 1(1): 100004.

Li HQ, Wang DM, Liu J, 2022. Effects of walnut-cotton intercropping on arthropod community structure and the population of natural enemies in cotton fields. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 59(4): 934–941. [李海强, 王冬梅, 刘建, 2022. 核棉间作对棉田节肢动物群落结构及自然天敌种群发生的影响. 新疆农业科学, 59(4): 934–941.]

Li HQ, Zhang JP, Lu YH, 2021. Effects of fruit tree-cotton intercropping on arthropod community structure in cotton fields. *Plant Protection*, 47(2): 233–238. [李海强, 张建萍, 陆宴辉, 2021. 果棉间作对棉田节肢动物群落结构的影响. 植物保护, 47(2): 233–238.]

Li S, Wang J, Huang NX, Jin ZY, Wang S, Zhang F, 2020. Research progress and prospect on banker plant systems of predators for biological control. *Scientia Agricultura Sinica*, 53(19): 3975–3987. [李姝, 王杰, 黄宁兴, 金振宇, 王甦, 张帆, 2020. 捕食性天敌储蓄植物系统研究进展与展望. 中国农业科学, 53(19): 3975–3987.]

Li XX, Chen SR, Huang GY, Gong ZB, Li C, Quan Y, Chen GH, Zhang XM, Zhang JL, 2024. Effects of different planting patterns on insect community diversity and stability in apple orchards. *Journal of Environmental Entomology*, 46(6): 1420–1433. [李星星, 陈思蓉, 黄国嫣, 龚占斌, 李超, 全勇, 陈国华, 张晓明, 张金龙, 2024. 不同种植模式对苹果园昆虫群落多样性与稳定性的影响. 环境昆虫学报, 46(6): 1420–1433.]

Liu XW, Lu YH, Yang YJ, Xu HX, Lu ZX, 2025. Evaluation of the synergistic effects of functional plants Cnidium monnieri and Vicia faba on conserving predatory natural enemies in wheat fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 62(3): 594–606. [刘晓微, 鲁艳辉, 杨亚军, 徐红星, 吕仲贤, 2025. 功能植物蛇床草和蚕豆协同涵养麦田捕食性天敌的效果评价. 应用昆虫学报, 62(3): 594–606.]

Lv QQ, He N, Zhang YJ, Chi BJ, Zhang YJ, Zhang DM, Dong HZ, 2023. Eco-physiological mechanism of crop yield formation regulated by intercropping and rotation through root-shoot interaction. *Plant Physiology Journal*, 59(7): 1277–1290. [吕晴晴, 何宁, 张永江, 迟宝杰, 张艳军, 张冬梅, 董合忠, 2023. 间作和轮作通过根冠互作调控作物产量形成的生理生态机制. 植物生理学报, 59(7): 1277–1290.]

National Bureau of Statistics, 2025. Announcement of the National Bureau of Statistics on the 2025 Cotton Yield. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202512/t20251226_1962156.html. [国家统计局, 2025. 国家统计局关于 2025 年棉花产量的公告. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202512/t20251226_1962156.html.]

Song AR, He C, Wang XP, Zhang YJ, Zhang TT, 2025. Effect of intercropping maize and legumes on the population dynamics and growth of *Monolepta hieroglyphica*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 62(3): 626–637. [宋傲然, 何灿, 王秀平, 张永军, 张天涛, 2025. 玉米-豆类间作对双斑长跗萤叶甲生长与种群动态的影响. 应用昆虫学报, 62(3): 626–637.]

Tian SZ, Guan XL, Ning TY, Sun T, Zhang YF, Bian WF, Dong L, Gao XH, 2024. Improvement cultivated land quality by diversified cropping system: Advances and prospects. *Acta Pedologica Sinica*, 61(3): 619–634. [田慎重, 管西林, 宁堂原, 孙涛, 张玉凤, 边文范, 董亮, 高新昊, 2024. 多样化种植对提升耕地质量的作用: 进展与展望. 土壤学报, 61(3): 619–634.]

Wang ZZ, Tang P, Shi M, Huang JH, Chen XX, 2022. Flowering

plants and entomophagous arthropods in the agricultural landscape: A practise-oriented summary of a complex relationship. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 9(1): 63–74.

Wei XP, Qu MJ, Chen Y, Ju Q, Li W, 2024. Control of the peanut aphid (*Aphis craccivora*) by *Orius sauteri* in peanut-maize strip intercropped fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 61(1): 120–128. [韦夕平, 曲明静, 陈瑶, 鞠倩, 李伟, 2024. 花生-玉米间作田东亚小花蝽对花生蚜的控制作用. 应用昆虫学报, 61(1): 120–128.]

Xie WF, Xu FQ, Guo JF, Tang ZL, Chen HS, Zhang JJ, Wang ZY, 2024. Effects of maize-soybean intercropping on the occurrence and damage of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and the yield. *Journal of Plant Protection*, 51(4): 910–917. [谢炜峰, 徐富强, 郭井菲, 唐照磊, 陈红松, 张俊杰, 王振营, 2024. 玉米大豆间作模式对草地贪夜蛾发生为害及产量的影响. 植物保护学报, 51(4): 910–917.]

Yang XL, Xiong JR, Du TS, Ju XT, Gan YT, Li SE, Xia LL, Shen YJ, Pacenka S, Steenhuis TS, Siddique KHM, Kang SZ, Butterbach BK, 2024. Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health. *Nature Communications*, 15: 198.

Zhao ZH, Ouyang F, He DH, 2012. Edge effects and spillover effects of natural enemies on different habitat interfaces of agricultural landscape. *Science China Life Sciences*, 42(10): 825–840. [赵紫华, 欧阳芳, 贺达汉, 2012. 农业景观中不同生境界面麦蚜天敌的边缘效应与溢出效应. 中国科学: 生命科学, 42(10): 825–840.]

Zhao ZH, Ouyang F, Men XY, Liu JH, He DH, Ge F, 2013. Habitat management in biological control. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 879–889. [赵紫华, 欧阳芳, 门兴元, 刘军和, 贺达汉, 戈峰, 2013. 生境管理: 保护性生物防治的发展方向. 应用昆虫学报, 50(4): 879–889.]

Zheng QF, Chen T, Liu GY, 2015. Economic benefit evaluation of the grain-cotton-fruit intercropping in three regions of Southern Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 52(4): 759–766. [郑秋芬, 陈彤, 刘国勇, 2015. 南疆三地州粮棉果间作经济效益评价. 新疆农业科学, 52(4): 759–766.]