



陈恩海, 黄立飞, 廖冬晴, 安丰轩. 广西生态茶园和普通茶园的节肢动物群落结构和稳定性分析 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (3): 636–642.

广西生态茶园和普通茶园的节肢动物群落结构和稳定性分析

陈恩海¹, 黄立飞², 廖冬晴¹, 安丰轩^{1*}

(1. 广西职业技术学院, 南宁 530226; 2. 广西农业科学院植物保护研究所/广西作物病虫害生物学重点实验室, 南宁 530007)

摘要: 为了解广西生态茶园与普通茶园节肢动物群落结构特点及其稳定性, 本文采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、群落物种优势度指数 (D)、丰富度指数 (J)、物种均匀度指数 (E) 等分析了茶园节肢动物群落的多样性结构, 应用群落相似性指数对生态茶园和普通茶园节肢动物的群落相似性进行了分析, 用灰色关联度方法综合分析多样性指数与优势度、均匀度等 6 个特征参数间关系的密切程度。结果表明, 在广西茶园节肢动物共 34 种, 其中害虫 (螨) 17 种, 优势种群是: 小贯小绿叶蝉 *Empoasca onukii* Matsuda、茶蓟马 *Scirtothrips dorsalis* Hood、蚜虫、白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* Westwood; 天敌 8 种, 优势种群是: 棕管巢蛛 *Clubiona japonicola* Boeset Str.、八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum* Boes. et Str.、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas); 中性昆虫 9 种, 优势种群是: 蚊虫、蚊类。多样性指数、群落均匀度指数与物种优势度在生态茶园比普通茶园高。生态茶园的群落稳定性比普通茶园的强。不同茶园间的群落相似性指数 q 在 0.444~0.9355 之间, 群落间相似性关系在中等不相似与极度相似之间。与多样性指数密切相关的前 3 位群落特征参数依次是群落物种优势度、益害物种的个体数比、丰富度, 其中关系最密切的特征参数是群落物种优势度。研究结果为茶园害虫的综合防控提供了理论依据。

关键词: 茶园; 节肢动物; 群落结构; 稳定性; 灰色关联度

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 03-0636-07

Analysis on the community structure and stability of arthropod communities in different ecological and traditional tea gardens of Guangxi

CHEN En-Hai¹, HUANG Li-Fei², LIAO Dong-Qing¹, AN Feng-Xuan^{1*} (1. Guangxi Vocational and Technical College, Nanning 530226, China; 2. Plant Protection Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Guangxi Key Laboratory of Biology for Crop Diseases and Insect Pests, Nanning 530007, China)

Abstract: In order to clarify the structure and stability of arthropod community in different tea gardens of Guangxi. Shannon-Wiener index, species evenness and richness indices were used to study the distributional trends of community structure, dominant species and abundance of tea Gardens. Community similarity index was used to analyze the community similarity of different types of tea gardens. The relationship between the diversity index and other characteristic parameters was comprehensively analyzed by using the grey relational degree method. The results showed that: A total of 34 arthropod species were

基金项目: 教育部中国特色高水平高职学校和专业建设计划-茶树栽培与茶叶加工专业群建设项目 (教职成函 [2019] 14 号); 广西科技重大专项 (桂科 AA17204041)

作者简介: 陈恩海, 男, 副教授, 研究方向为茶叶科学研究与教学工作及大学生创新创业研究指导, E-mail: 286555462@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 安丰轩, 女, 高级农艺师, 研究方向为植物保护、茶学教育与研究, E-mail: 273015195@qq.com

收稿日期 Received: 2022-02-15; 接受日期 Accepted: 2022-03-24

collected. Among them, 17 were pests, of which the major species were *Empoasca pirusuga* Matumura, *Scirtothrips dorsalis* Hood, *Myzus persicae* Sulzer., and *Trialeurodes vaporariorum* Westwood; 8 species were natural enemies, major species were *Clubiona japonicola* Boeset Str., *Theridion octomaculatum* Boes. et Str., and *Harmonia axyridis* (Pallas); 9 were neutral species, major groups were mosquitoes, ants, fireflies. Diversity index, community evenness index and species dominance index were higher in ecological tea gardens than traditional tea gardens. The stability of community in ecological tea garden was stronger than in traditional tea garden. Similarity index (q) among different tea gardens ranged from 0.444 ~ 0.9355, and similarity relationship between communities ranged from moderate dissimilarity to extreme similarity. The first three community characteristic parameters closely related to the diversity index were community dominance, species richness and S_n/S_p , and the most closely related to the diversity index was community dominance.

Key words: Tea garden; arthropod; community structure; stability; grey correlation degree

茶树 *Camellia sinensis* 是多年生常绿作物, 为茶园生态系统中的各种节肢动物提供着较为稳定的栖息地、温度、湿度、食物等生活条件, 相对于水稻 *Oryza sativa* L.、玉米 *Zea mays* L.、小麦 *Triticum aestivum* L. 等普通农田, 茶园生态环境较为稳定, 病虫害和天敌种类繁多 (叶火香等, 2016; 李慧玲等, 2016)。广西是全国重要的茶叶生产基地, 种茶历史悠久, 包括桂东、桂南、桂北、桂西和桂中五大产茶区, 有着独特的地域优势和民族特色, 发展优势明显。已有报道中关于茶园中的节肢动物的群落多样性结构研究报道较多 (黎健龙等, 2013; 叶火香等, 2016; 毕守东等, 2020; 冷扬等, 2020), 群落中节肢动物的物种数和个体数量是影响群落结构多样性指数的重要因素, 茶园节肢动物的群落多样性和稳定性与害虫的防控效果密切相关。掌握茶园中病虫害的发生发展规律、利用合理有效的农业措施来保护和利用生物多样性, 可增加生态控制的效能, 从而可减少化学农药防治带来的严重问题 (廖冬晴等, 2008; 潘铖等, 2015)。近年来, 茶园主要害虫的发生为害日趋严重且科学防控技术匮乏, 邓欣和谭济才 (2002) 报道在生态茶园中害虫-天敌种群间平衡状态较好, 相对于普通茶园, 其自然天敌控制能力更强, 但对于广西茶园的节肢动物群落结构和稳定性研究的相关报道较少, 本文研究生态茶园与普通茶园节肢动物群落物种多样性指数等群落结构的差异, 分析多样性与稳定性的关系, 为揭示不同茶园群落结构差异机理和茶园害虫的综合防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点和时间

调查地点为广西主要茶产区, 取点为广西梧州苍梧县 (东经 106°47' ~ 107°15', 北纬 22°03' ~ 22°42')、柳州三江 (东经 108°53' ~ 109°52', 北纬 25°22' ~ 26°20')、百色凌云 (东经 106°23' ~ 106°55', 北纬 24°06' ~ 25°37')、来宾金秀 (东经 109°50' ~ 110°27', 北纬 23°40' ~ 24°28')、南宁横州 (东经 108°48' ~ 109°37', 北纬 22°08' ~ 23°30') 的不同茶园 (每个点选生态茶园和普通茶园各 1 个, 见表 1), 调查时间 2020 年 5 月至 2020 年 10 月, 在茶园节肢动物发生量较大的时间开展调查。茶园的管理方式: 生态茶园不使用化学农药和化肥, 普通茶园按常规的管理方法如年施肥 1 次、打药 2 ~ 3 次、修剪 1 次。

1.2 调查方法

采用棋盘式取样法, 随机在每个茶园选取 10 个 2 m 长的样方, 先目测调查, 每样方随机选取 20 cm 长的茶枝, 先调查一些飞翔或跳跃能力不太强的害虫及天敌等节肢动物的种类和个体数, 接着对每样方中的所有枝条拍打, 同时用装有洗衣粉液的方盘接虫 (方盘长 40 cm、宽 40 cm、高 6 cm, 洗衣粉水溶液浓度为 1 000 倍), 调查记录所有节肢动物如昆虫、蜘蛛、螨类物种数和个体数, 对于部分不确定的物种进行编号并保存, 带回室内鉴定, 统计分类。

1.3 分析方法

运用 Shannon-Wiener 多样性指数、丰富度指

数、群落物种优势度和物种均匀度指数等对不同茶园中节肢动物群落的结构等进行分析。

1.3.1 节肢动物物种组成

根据动物的食性将节肢动物分为害虫(螨)、

天敌物种和中性物种,其中的蜘蛛类和捕食螨列为天敌,计算分析不同茶园的害虫(螨)物种数和个体数、天敌的物种数和个体数、中性物种数和个体数等,统计所有的物种数和总个体数。

表 1 主要调查地点与茶园类型
Table 1 Location and stype of tea garden in Guangxi

地点 Location	梧州苍梧 Changwu, Wuzhou		柳州三江 Sanjiang, Liuzhou		百色凌云 Lingyu, Baise		来宾金秀 Jinxiu, Laibing		南宁横州 Hengzhou, Nanning	
	生态茶园 Ecological tea garden	普通茶园 Traditional tea garden	生态茶园 Ecological tea garden	普通茶园 Traditional tea garden	生态茶园 Ecological tea garden	普通茶园 Traditional tea garden	生态茶园 Ecological tea garden	普通茶园 Traditional tea garden	生态茶园 Ecological tea garden	普通茶园 Traditional tea garden
类型 Stype	ET-CW	TT-CW	ET-SJ	TT-SJ	ET-LY	TT-LY	ET-JX	TT-JX	ET-HZ	TT-HZ
品种 Varieties	六堡原种 Liubao protospecies tea	六堡原种 Liubao protospecies tea	福云 6 号 Fuyyun No. 6 tea	乌牛早 Wuniuzao tea	凌云白毫 Linyun Baimao tea	凌云白毫 Linyun Baimao tea	福鼎大毫 Fuding Dahao tea	白牛茶 Bainiu tea	南山 白毫茶 Nanshan Baihao tea	南山 白毫茶 Nanshan Baihao tea
种植年限 (Year) Age	10	8	13	10	15	13	16	15	12	10

1.3.2 物种多样性指数

采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (diversity index, H') 多样性指数来分析群落的多样性 (Pielou, 1966), 公式如下: $H' = -\sum P_i \ln P_i$, 其中 P_i 为第 i 个科的个体占总个体数的比例。

1.3.3 均匀度指数

均匀度指数 (Evenness, E): $E = H/H_{\max}$ 。式中, H 为实际观察到的物种多样性指数; $H_{\max}$ 为最大的多样性指数 (Pielou, 1966)。

1.3.4 优势度指数

优势度指数 (Dominance, D): $D = N_{\max}/N$ 。式中, $N_{\max}$ 为群落中数量最多的物种的个体数量, N 为所有物种全体的个数总和 (McIntosh, 1991)。

1.3.5 群落相似性系数

采用二元变量距离系数中的 Jaccard 相似性公式计算相似性系数 (q) (唐启义和冯明光, 2002)。根据 Jaccard 相似性原理, 当 $q = 0.00 \sim 0.25$ 表示群落间极不相似, $q = 0.25 \sim 0.50$ 表示满意群落间中等不相似, $q = 0.50 \sim 0.75$ 表示群落间中等相似, $q = 0.75 \sim 1.00$ 表示群落间极相似。

1.3.6 节肢动物群落稳定性

以天敌的物种数 S_n 和害虫的物种数 S_p 的比值 S_n/S_p 、及天敌个体数 St 和害虫个体数 Sb 的比

值 St/Sb 、以及 $S_n + p/St + b$ 作为判断茶园中节肢动物的群落稳定性的指标参数, 称之为稳定性指数, 如果稳定性指数越大, 群落的稳定性就越高 (李桂亭等, 2010; 毕守东等, 2020)。

1.3.7 关联度分析

应用灰色关联度方法综合分析物种数等 6 个群落特征参数: 物种数 (X_1)、物质个体数 (X_2)、均匀度 (X_3)、丰富度 (X_4)、优势度 (X_5)、益害个体数比 (X_6) 与多样性指数 (Y) 之间关系程度, 可分析多样性指数 Y 与其它 6 个群落结构特征参数间的密切关系程度。对关联度值进行标准化的处理, 用最大关联度值除以其它关联度值, 所得商即为密切指数, 密切指数最大者为与多样性指数关系最密切的特征参数, 依次类推 (毕守东等, 2020)。

2 结果与分析

2.1 茶园节肢动物物种组成

在广西茶园共调查到节肢动物 6 620 头, 共 34 种 (见表 2), 其中害虫 (螨) 17 种, 优势种群是: 小贯小绿叶蝉 *Empoasca pirusuga* Matumura、茶蓟马 *Scirtothrips dorsalis* Hood、桃蚜 *Myzus persicae*

Sulzer.、白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* Westwood; 天敌 8 种, 优势种群是: 棕管巢蛛 *Theridion octomaculatum* Boes. et Str.、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas); 中性昆虫 9 种, 优势种群是: 蚊科类 *Culicidae*、蚁类 *Formicidae* 等。

表 2 广西生态茶园和普通茶园的节肢动物组成
Table 2 Composition of the arthropod community in Guangxi tea garden

茶园类型 Stype/No.	害虫物种 Richness of pest species	害虫个 体数 (头) Abundance of pests	天敌物种 Richness of natural enemy species	天敌个 体数 (头) Abundance of natural enemies	中性物种 Neutral species	中性物 种个数 (头) Abundance of neutral species	总物种 Total species richness
ET-CW	15	283	8	50	6	14	29
TT-CW	14	688	7	28	5	16	26
ET-SJ	10	402	5	42	2	20	17
TT-SJ	13	680	4	30	3	14	20
ET-LY	7	131	3	29	3	18	13
TT-LY	8	282	4	30	6	11	18
ET-JX	9	150	5	40	8	16	22
TT-JX	10	724	5	32	4	15	19
ET-HZ	15	667	7	48	9	23	31
TT-HZ	17	2 082	5	28	5	27	27

注: 表中左列的序号英文字母指表 1 中所示的茶园类型。Note: English letters meant types of tea gardens shown in Table 1.

2.2 不同类型茶园节肢动物群落多样性的差异

广西不同地域的生态茶园和普通茶园的节肢动物群落的物种数、个体数、物种丰富度、均匀度指数、多样性指数和优势度指数见表 3。结果表明两种类型的茶园的群落特征指数间是有差异的,

总体来看, 生态茶园物种数、丰富度、多样性指数、均匀度和优势度高于普通茶园。从地点来看, 百色凌云和来宾金秀的节肢动物群落多样性指数、丰富度、均匀度和优势度相对更高一些。

表 3 广西不同类型茶园节肢动物的群落特征相关参数
Table 3 Characteristic parameters of the arthropod community in Guangxi tea garden

茶园类型 Stype	物种 Species	个体数 (头) Number	丰富度 Spieces riches	均匀度指数 (E)	多样性指数 (H')	优势度指数 (D)
ET-CW	29	347	0.8359	0.6734	3.0916	0.6256
TT-CW	25	732	0.7635	0.5616	2.5283	0.5323
ET-SJ	17	464	0.8273	0.7381	2.9145	0.6106
TT-SJ	20	724	0.7986	0.6302	2.6527	0.5712
ET-LY	13	178	0.8736	0.8738	3.0455	0.6892
TT-LY	18	323	0.8415	0.7454	2.9688	0.6338
ET-JX	22	206	0.8877	0.8018	3.3358	0.7078
TT-JX	19	761	0.8004	0.6468	2.6813	0.5728
ET-HZ	31	738	0.8291	0.6064	2.9106	0.6076
TT-HZ	27	2 137	0.7965	0.5485	2.5764	0.5606

注: 表中左列的英文字母指表 1 中所示的茶园类型。Note: English letters meant types of tea gardens shown in Table 1.

2.3 不同类型茶园群落相似性系数

根据 Jaccard 相似性原理, 梧州苍梧生态茶园和百色凌云生态茶园、梧州苍梧普通茶园和百色凌云生态茶园等两两之间群落相似性系数 $q = 0.444 \sim 0.4828$, 所以它们两两之间为中等不相似。梧州苍梧生态茶园和梧州苍梧普通茶园、梧州苍梧生态茶园和南宁横州生态茶园、梧州苍梧生态

茶园和南宁横州普通茶园、梧州苍梧普通茶园和南宁横州生态茶园等两两之间的群落相似性系数 $q = 0.75 \sim 0.9355$, 所以它们两两之间为极度相似关系。其它茶园两两之间的群落相似性系数 q 在 $0.50 \sim 0.75$ 之间, 因此它们间为中等相似关系, 详见表 4。

表 4 广西不同茶园节肢动物的群落相似性系数

Table 4 Comparability index of arthropod community in Guangxi tea garden

茶园类型 Stype/No.	ET-CW	TT-CW	ET-SJ	TT-SJ	ET-LY	TT-LY	ET-JX	TT-JX	ET-HZ	TT-HZ
ET-CW	1	0.8000	0.5862	0.6897	0.4828	0.6207	0.7000	0.6552	0.9355	0.8065
TT-CW	0.8000	1	0.5556	0.6667	0.4444	0.6538	0.6207	0.6296	0.8065	0.6774
ET-SJ	0.5862	0.5556	1	0.8500	0.8235	0.7500	0.6250	0.8000	0.5484	0.5714
TT-SJ	0.6897	0.6667	0.8500	1	0.7000	0.8095	0.7500	0.8571	0.6452	0.6786
ET-LY	0.4828	0.4444	0.8235	0.7000	1	0.6842	0.5652	0.6500	0.4516	0.5185
TT-LY	0.6207	0.6538	0.7500	0.8095	0.6842	1	0.6667	0.8500	0.5806	0.6071
ET-JX	0.7000	0.6207	0.6250	0.7500	0.5652	0.6667	1	0.7083	0.7097	0.6333
TT-JX	0.6552	0.6296	0.8000	0.8571	0.6500	0.8500	0.7083	1	0.6129	0.5862
ET-HZ	0.9355	0.8065	0.5484	0.6452	0.4516	0.5806	0.7097	0.6129	1	0.8710
TT-HZ	0.8065	0.6774	0.5714	0.6786	0.5185	0.6071	0.6333	0.5862	0.8710	1

注: 表中首行与首列中的英文字母指表 1 中所示的茶园类型。Note: English letters meant types of tea gardens shown in Table 1.

2.4 不同类型茶园节肢动物群落稳定性

从结果来看 (表 5), 益害个体数比最高的是来宾金秀生态茶园 0.2667, 其次是百色凌云生态茶园 0.2214、梧州苍梧生态茶园 0.1767, 益害物种数比和 (天敌 + 害虫) 种/个数最高的是来宾金秀生态茶园 0.0737, 其次是梧州苍梧生态茶园 0.0691、百色凌云生态茶园 0.0625, 总的趋势是生态茶园的数值比普通的值大, 根据“稳定性指数越大, 群落稳定性越高”的原则初步判断生态茶园的节肢动物群落稳定性比普通茶园的强一些。

2.5 不同类型茶园关联度分析

对物种多样性指数与其他特征参数间的关联度进行标准化处理, 得出物种多样性与其他参数的灰色关联度 (表 6)。最大绝对差值 $\Delta_{\max} = 3.74525$, 最小 $\Delta_{\min} = 0.0199$, 关联系数: $G(1, 1) = 0.29871$, $G(1, 2) = 0.30457$, $G(1, 3) = 0.47580$, $G(1, 4) = 0.66373$, $G(1, 5) = 0.68624$, $G(1, 6) = 0.67263$, 关联序: $X_5 > X_6 > X_4 > X_3 > X_2 > X_1$, 与多样性指数关系密切的前 3 个群落特征参数依次是

表 5 不同类型茶园的 Sn/Sp 、 St/Sb 和 $Sn + p/St + b$ 值

Table 5 Sn/Sp , St/Sb and $Sn + p/St + b$ values in Guangxi tea gardens

茶园类型 Stype/ No.	益害个体数比 Sn/Sp	益害物种数比 St/Sb	(天敌 + 害虫) 物种/个数 $Sn + p/St + b$
ET-CW	0.1767	0.5333	0.0691
TT-CW	0.0407	0.5000	0.0293
ET-SJ	0.1045	0.5000	0.0338
TT-SJ	0.0441	0.3077	0.0239
ET-LY	0.2214	0.4286	0.0625
TT-LY	0.1064	0.5000	0.0385
ET-JX	0.2667	0.5556	0.0737
TT-JX	0.0442	0.5000	0.0198
ET-HZ	0.0720	0.4667	0.0308
TT-HZ	0.0134	0.2941	0.0104

注: 表中左列的英文字母指表 1 中所示的茶园类型。Note: English letters meant types of tea gardens shown in Table 1.

优势度($X5, G(1, 5) = 0.68624$)、益害物种的个体数比($X6, G(1, 6) = 0.67263$)、丰富度($X4, G(1, 4) = 0.66373$), 表明群落的优势度、益害个体数比和物种丰富度对物种多样性指数的大小影响较大, 其中群落优势度是与多样性指数关系最密切的特征参数。

表 6 多样性指数 (Y) 与其它 6 个特征参数灰色关联度的标准化值
Table 6 Standardized value of grey correlation degree between diversity index and other six characteristic parameters

绝对差值 Absolute difference value	ET-CW	TT-CW	ET-SJ	TT-SJ	ET-LY	TT-LY	ET-JX	TT-JX	ET-HZ	TT-HZ
物种数 (X1)	0.3384	1.8331	1.0558	0.4821	2.2589	1.0932	1.8252	0.1975	1.3887	1.9933
物质个 体数 (X2)	1.4125	1.4551	0.5181	0.9576	1.5314	0.9777	2.6100	0.9117	0.0199	3.7452
均匀度 (X3)	0.9461	0.1839	0.3549	0.3502	1.1311	0.2130	0.6789	0.3963	0.8773	0.1271
丰富度 (X4)	0.5786	0.3246	0.1203	0.1300	0.6080	0.0482	0.1432	0.0670	0.0570	0.3704
优势度 (X5)	0.5999	0.0836	0.1806	0.1304	0.7193	0.0242	0.0753	0.0479	0.2193	0.2368
益害个体 数比 (X6)	0.0667	0.5304	0.2236	0.0868	0.6356	0.4123	0.0378	0.0232	0.5888	0.0240

注: 表中第一行的英文字母指表 1 中所示的茶园类型。Note: English letters in the first line meant types of tea gardens shown in Table 1.

3 结论与讨论

多样性与稳定性的关系密切, 张立敏等 (2010) 曾用中性理论来分析得出物种的多样性增加是群落稳定性增强的主要因素, Doak (1998) 也提出群落的容纳能力即多样性和物种间的维持机制是决定群落稳定性的关键因子, Tscharntke *et al.* (2005) 报道茶园物种的多样性与群落稳定性密切相关, 一般多样性越大则稳定性越好。本文的研究结果也与这些观点相符。

影响茶园节肢动物的群落多样性的因素很多, 其中包括环境因子和人为活动干扰。调查结果表明, 广西生态茶园多数位于生态环境较好的区域, 很多是山坡地或丘陵茶园, 茶园周围的物种丰富, 茶园不使用或很少使用化肥和化学农药, 节肢动物尤其是天敌的物种数多, 主要害虫数量占比少, 群落的多样性指数、均匀度和丰富度指数更高, 生态茶园相对于普通茶园生态稳定性更高, 这与已有报道的研究结论一致 (韩宝瑜等, 2006)。柯胜兵等 (2011) 报道低海拔茶园的群落多样性指数和群落稳定性相对高海拔茶园的大, 海拔是影响生物多样性分布的重要因子 (王敏等, 2020; 阿

尔孜姑丽·肉孜等, 2021)。本研究调查分析中发现有些普通茶园的优势害虫个体数相对较多且数量波动大, 这也可能与地理位置和人为干扰活动有关, 深层次的结论需要更进一步的调查分析。

茶园节肢动物的群落多样性与害虫控制效果关系密切, 提高节肢动物群落的多样性, 有利于茶园害虫的持续控制。昆虫群落与周围景观格局存在重要联系, 且不同生境类型对其影响存在差异 (李浩等, 2022)。邓欣和谭济才 (2002) 报道在生态控制的茶园中害虫和天敌的种类多、数量少, 害虫-天敌种群间平衡状态较好, 而普通茶园生态系统相对单一, 周边植物物种相对较少, 茶树主要优势害虫明显, 物种数量、天敌种类数量相对较少, 群落多样性指数、均匀度和丰富度指数低于生态茶园。这从某种程度上可以解释生态茶园自然天敌控制力较强而对于化学农药依赖程度相对较低的原因, 增加茶园生态环境多样性, 促进节肢动物多样化, 可以提高茶园的稳定性 (黎健龙等, 2013)。为推动茶园害虫的生态控制提供了理论依据, 也为生态茶园建设提供了思路。

为更加科学合理地评估广西生态茶园和普通茶园的群落结构和稳定性, 以后还需开展多年度多轮次调查, 并对气象因子、景观格局等因子对

节肢动物的发生进行深入分析,找到害虫发生及防控的关键,了解广西不同茶园节肢动物的群落结构特点,为制定高效绿色的害虫绿色防控措施提供科学的理论依据。

参考文献 (References)

- Arzigul · R, Ding XH, Tursun · A, *et al.* Investigation and diversity of ladybug resources of farmland system in Xinjiang [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43 (2): 292–304. [阿尔孜姑丽·肉孜, 丁新华, 吐尔逊·阿合买提, 等. 新疆农田系统瓢虫资源调查与多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (2): 292–304]
- Bi SD, Qian GJ, Song XY, *et al.* Analysis on the species diversity of arthropod communities in different tea gardens [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2020, 35 (2): 206–212. [毕守东, 钱广晶, 宋学雨, 等. 茶园节肢动物群落物种多样性和稳定性分析 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学版), 2020, 35 (2): 206–212]
- Deng X, Tan JC. The seasonal dynamics of species and quantities of insect pests and natural enemies in tea plantations under ecological control [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (7): 1166–1172. [邓欣, 谭济才. 生态控制茶园内害虫、天敌种类及数量的季节变化规律 [J]. 生态学报, 2002, 22 (7): 1111–1117]
- Doak DF, Bigger D, Harding EK, *et al.* The statistical inevitability of stability–diversity relationships in community ecology [J]. *The American Naturalist*, 1998, 151 (3): 264–276.
- Han BY, Cui L, Dong WX. The effect of farming methods in organic, safety, and common tea gardens on the composition of arthropod communities and the abundances of main pests [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (5): 1438–1443. [韩宝瑜, 崔林, 董文霞. 有机、无公害和普通茶园管理方式对节肢动物群落和主要害虫的影响 [J]. 生态学报, 2006, 26 (5): 1438–1443]
- Ke SB, Dang FH, Bi SD, *et al.* Differences among population quantities and community structures of pests and their natural enemies in tea gardens of different altitudes [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31 (14): 4161–4168. [柯胜兵, 党凤花, 毕守东, 等. 不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异 [J]. 生态学报, 2011, 31 (14): 4161–4168]
- Leng Y, Guo HW, Wang ZB, *et al.* Investigation on arthropod community diversity in ecological tea garden [J]. *China Plant Protection*, 2020, 40 (10): 45–49. [冷杨, 郭华伟, 王志博, 等. 生态茶园节肢动物群落多样性调查研究 [J]. 中国植保导刊, 2020, 40 (10): 45–49]
- Li GT, Lu Sh, Zou YD, *et al.* The impacts of rare earth foliar fertilizer on arthropod community and prey functional groups in grape [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30 (20): 5422–5430. [李桂亭, 卢申, 邹运鼎, 等. 稀土叶面肥对葡萄园节肢动物群落多样性和稳定性的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30 (20): 5422–5430]
- Li H, Pan YF, Yang L, *et al.* Effects of landscape pattern on the effects of landscape pattern on the community diversity of insect plppinators in jujube orchards in southern Xinjiang, northwestern China [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2022, 65 (2): 208–217. [李浩, 潘云飞, 杨龙, 等. 农田景观格局对南疆枣园传粉昆虫群落多样性的影响 [J]. 昆虫学报, 2022, 65 (2): 208–217]
- Li HL, Guo JX, Zhang H, *et al.* The effects of intercropping different green manure plants on the structure and diversity of arthropod communities in tea plantations [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (3): 545–553. [李慧玲, 郭剑雄, 张辉, 等. 茶园间作不同绿肥对节肢动物群落结构和多样性的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (3): 545–553]
- Li JL, Tang JC, Zhao CY, *et al.* Effects of different landscape patch structure on the diversity of arthropod community in tea plantations [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24 (5): 1305–1312. [黎健龙, 唐劲驰, 赵超艺, 等. 不同景观斑块结构对茶园节肢动物多样性的影响 [J]. 应用生态学报, 2013, 24 (5): 1305–1312]
- Liao DQ, Liang GW, Cen YJ, Liang YY. A study of ecological control over pests in organic tea plantation of the phoenix tea [J]. *Journal of Guangxi Vocational and Technical College*, 2008, 1 (1): 6–10 [廖冬晴, 梁广文, 岑伊静, 梁银英. 凤凰单丛有机茶园有害生物生态控制研究 [J]. 广西职业技术学院学报, 2008, 1 (1): 6–10]
- McIntosh RP. Concept and terminology of homogeneity and heterogeneity in ecology [J]. *Ecological Studies*, 1991, 86: 24–46.
- Pan C, Han SJ, Han BY. Effect of various field management models on temporal and spatial patterns and diversity of arthropod community in four types of tea plantations [J]. *Journal of Tea Science*, 2015, 35 (4): 316–322. [潘铖, 韩善捷, 韩宝瑜. 管理模式对4类茶园节肢动物群落时空格局和多样性影响 [J]. 茶叶科学, 2015, 35 (4): 316–322]
- Pielou EC. The measurement of diversity in different types of biological collections [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13: 131–144.
- Tang QY, Feng MG. DPS Data Processing System for Practical Statistics [M]. Beijing: Science Press, 2002: 235–239. [唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其DPS数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 235–239]
- Tschamtk T, Klein AM, Kruess A, *et al.* Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management [J]. *Ecol. Lett.*, 2005, 8: 857–874.
- Wang M, Li XY, Yang YC, *et al.* Diversity of ground beetle communities in Helan mountain and its correlation with environmental factors [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34 (4): 154–161. [王敏, 李欣芸, 杨益春, 等. 贺兰山地甲虫群落多样性及其与环境因子的相关性 [J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34 (4): 154–161]
- Ye HX, Han SJ, Han BY. The composition of arthropod communities in four types of tea plantations with different planting patterns [J]. *Journal of Plant Protection*, 2016, 43 (3): 377–383. [叶火香, 韩善捷, 韩宝瑜. 四种不同种植模式茶园节肢动物的群落组成 [J]. 植物保护学报, 2016, 43 (3): 377–383]
- Zhang LM, Chen B, Li ZY. Analysis of the species diversity and community stability in local community using the neutral theory [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30 (6): 1556–1563. [张立敏, 陈斌, 李正跃. 应用中性理论分析局域群落中的物种多样性及稳定性 [J]. 生态学报, 2010, 30 (6): 1556–1563]