

李静纳, 林仲桂, 魏甲彬, 等. 不同品系黑老虎田间节肢动物的群落结构与多样性[J]. 江苏农业学报, 2024, 40(3): 415-426.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2024.03.004

不同品系黑老虎田间节肢动物的群落结构与多样性

李静纳^{1,2}, 林仲桂¹, 魏甲彬¹, 梁忠厚^{1,2}

(1. 湖南环境生物职业技术学院园林学院, 湖南 衡阳 421005; 2. 林下药用植物应用技术湖南省工程研究中心, 湖南 衡阳 421005)

摘要: 为探究不同品系黑老虎田间节肢动物群落的结构和多样性, 本研究以黑老虎虎绿 1 号、粉红 1 号和紫黑 1 号 3 个品系为研究对象, 采用网捕、糖醋液诱集和黄、蓝板诱集等方法, 于 2021 年对林下药用植物应用技术湖南省工程研究中心黑老虎科研示范基地田间节肢动物进行了系统调查, 调查期间共收集到节肢动物 6 441 头, 隶属于 4 纲 15 目 54 科 67 种。研究结果表明, 尽管不同品系黑老虎田间节肢动物各类群多样性表现不一, 但差异不显著; 不同品系黑老虎田间节肢动物群落的多样性指数与节肢动物总类群的变化基本一致; 黑老虎田间节肢动物群落以害虫为主导, 其变化趋势决定了黑老虎田间整个节肢动物群落的变化趋势, 而天敌昆虫有紧随其后伴随害虫的变化而变化的现象。黑老虎田间节肢动物群落结构总体较为稳定, 不同品系黑老虎田间节肢动物群落在同一地域、同一时期、相同生长环境下差异不明显。

关键词: 黑老虎; 节肢动物; 群落结构; 群落多样性

中图分类号: S567.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2024)03-0415-12

Arthropod community structure and diversity in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

LI Jing-na^{1,2}, LIN Zhong-gui¹, WEI Jia-bin¹, LIANG Zhong-hou^{1,2}

(1. Landscape Department, Hunan Polytechnic of Environment and Biology, Hengyang 421005, China; 2. Hunan Engineering Research Center of Understory Medicinal Plant Application, Hengyang 421005, China)

Abstract: To explore the arthropod community structure and diversity in the field of different strains of *Kadsura coccinea*, three strains of *Kadsura coccinea* Hulü 1, Pink 1 and Zihei 1 were used as the research objects, and a systematic survey was conducted in the field of *K. coccinea* scientific research demonstration base of Hunan Engineering Research Center of Understory Medicinal Plant Application by using sweeping net, the trap of a mixture of sugar, vinegar, alcohol and water, and the trap of yellow plate and blue plate in 2021. A total of 6 441 arthropods were collected during the survey, belonging to 67 species, 54 families, 15 orders and four classes. The results showed that although the diversity of arthropod

groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea* was different, the difference was not significant. The diversity index of arthropod community in the field of different strains of *Kadsura coccinea* was basically consistent with the change of total arthropod group. The arthropod community in the field of *K. coccinea* was dominated by pests, and its change trend determined the change trend of the entire arthropod community in the field of *K. coccinea*, while the natural enemy insects followed closely with the

收稿日期: 2023-01-20

基金项目: 湖南省教育厅项目(19C0651)(23C0634); 校培优计划科研专项(PY2021-05); 湖南省自然科学基金项目(2021JJ60042)(2022JJ60049); 衡阳市科技局项目(S2018N9031018287); 黑老虎病虫害综合防控技术规程项目[湘市监标函(2023)25号]; 黑老虎林木种质资源库项目[湘财资环指(2023)5号]

作者简介: 李静纳(1988-), 女, 河南许昌人, 硕士, 讲师, 主要从事林业有害生物防治等方面的研究。(E-mail)2837739458@qq.com

通讯作者: 梁忠厚, (E-mail)837137171@qq.com

change of pests. The structure of arthropod community in the field of *Kadsura coccinea* was generally stable, and the difference of arthropod community in the field of different strains of *Kadsura coccinea* was not obvious in the same region, the same period and the same growth environment.

Key words: strain; *Kadsura coccinea*; arthropod; community structure; community diversity

黑老虎 [*Kadsura coccinea* (Lemaire) A. C. Smith] 为五味子科 (Schisandraceae) 南五味子属 (*Kadsura*) 多年生常绿攀援木质藤本植物, 又名布福娜、冷饭团、红钻等^[1], 分布于越南^[2] 和中国湖南、江西、贵州等地^[3], 在民间广泛用于治疗关节肿痛及妇科疾病等, 为苗族及侗族等少数民族地区常用的一味野生药材, 有行气活络、通经止痛等功效^[4]。黑老虎在湖南主要分布在怀化、湘西等地, 野生种群生长于 300~1 500 m 海拔的山地疏林中, 资源总储量仅约 12 288 kg^[5]。近年来, 人工造林和垦荒加剧了黑老虎野生资源的流失, 加之其药用部位为根, 野生资源遭到毁灭性开发, 有的品种目前已濒临灭绝, 远远不能满足社会需求。随着其价值不断被发现, 黑老虎在湖南很快进入了规模化种植, 并进行了品种驯化和改良。其中, 湖南怀化通道黑老虎中药材合作社繁育出了 5 个栽培品系: 粉红 1 号、虎绿 1 号、紫黑 1 号、冰白 1 号和长果 1 号^[6]。随着黑老虎种植面积的扩大, 其病虫害发生日益严重。目前报道的主要虫害有白蚁、尺蠖、红蜘蛛、卷叶蛾^[7]、粉蝶、蓝翅瓢萤叶甲^[8-9] 等。笔者于 2015–2017 年调查发现, 危害黑老虎的害虫有 18 种, 以朱砂叶螨、斜纹夜蛾^[10] 为主要害虫。目前, 黑老虎中药材已入选“湖南一县一特主导特色产业指导目录”[湘农联(2018)94 号文件], 弄清黑老虎各品系田间节肢动物群落的种类和种群动态, 利用其相互制约的关系来控制害虫, 对于研究这一特殊地区植物-植食性昆虫-天敌三级营养与非生物自然环境之间相互作用具有特殊意义。为此, 本研究以湖南省林下经济药用植物——黑老虎为对象, 对不同时期的节肢动物群落组成和种群动态进行系统调查, 旨在掌握黑老虎田间的节肢动物类群以及害虫和天敌昆虫的群落组成和种群动态规律, 以期在黑老虎栽培过程中害虫的防控和黑老虎产业发展提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于湖南省衡阳市石鼓区湖南环境生物职业技术学院“林下药用植物应用技术湖南省工程

研究中心”黑老虎科研示范种植基地 (35°20′50″N, 116°43′25″E), 海拔 70 m, 面积约 2 000 m², 属亚热带季风性湿润气候, 2021 年平均降雨量为 1 058 mm, 年平均气温 20.05 ℃。土壤为黄壤, pH 值为 6.5。试验区黑老虎种植时间为 2015 年 3 月下旬, 定植于杜英、红叶石楠、樟树、桂花树下, 郁闭度 0.5, 品种分别为虎绿 1 号、粉红 1 号和紫黑 1 号, 常规管理, 整个生长过程中不喷施任何杀虫剂。

1.2 调查方法

于 2021 年 3–12 月, 采用对角线五点取样法 (每 10 株取 1 个样点), 在有代表性的黑老虎样地展开定点定株全期调查, 每个月调查 1 次, 调查过程中详细记录虫害的发生时间、发生地点、危害部位及特点, 并通过网捕、糖醋液诱集和黄、蓝板诱集等方法采集植株及地面上的所有昆虫及其他节肢动物^[11], 编号并带回实验室分类鉴定。

1.2.1 标本采集方法 网捕: 在标准样地内用捕虫网沿树干的不同方向往返各扫 5 次网, 样线长度为 20 m。糖醋液诱集: 采用红糖: 白醋: 白酒: 水 = 6: 3: 1: 10 (体积比) 的比例配制糖醋诱集液, 盛放于 1.5 L 的空矿泉水瓶中, 容量为瓶容积的 1/3, 在距瓶口 6 cm 处剪 2 个 6 mm×6 mm 的洞, 悬挂于树枝上, 瓶底距离地面 1 m 左右, 每株树各挂 1 个。黄、蓝板诱集: 用规格为 25 cm×20 cm 的黄板和蓝板各 50 张, 悬挂高度以超出植株 10~20 cm 为宜, 每株悬挂黄板和蓝板各 1 张。

1.2.2 标本分类与鉴定 根据害虫取食习性和特点将捕获标本划分为四大类群: 害虫、捕食性天敌、寄生性天敌和中性昆虫; 在体视镜下镜检标本, 参考相关资料^[12-13], 将物种鉴定到种或科级水平。

1.3 数据处理

黑老虎田间节肢动物群落多样性主要采用 Margalef 丰富度指数 (d)、Berger Perker 优势度指数 (D)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Pielou 均匀度指数 (J)、Simpson 优势集中性指数 (C) 和 Jaccard 相似性指数 (C_j) 等指标来分析^[14-15]。

其计算公式如下:

$$\text{Margalef 丰富度指数}(d) = \frac{S-1}{\ln N} \quad (1)$$

$$\text{Berger Perker 优势度指数}(D) = \frac{N_{\max}}{N} \quad (2)$$

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数}(H') = -\sum P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数}(J) = \frac{H'}{\ln S} \quad (4)$$

$$\text{Simpson 优势集中性指数}(C) = \sum P_i^2 = \sum \left(\frac{N_i}{N} \right)^2 \quad (5)$$

$$\text{Jaccard 相似性指数}(C_j) = \frac{c}{a+b-c} \quad (6)$$

式(1)中, S 为物种数, N 为所有物种的个体数之和。式(2)中, N_{\max} 为优势种的个体数, N 为所有物种的个体数之和。式(3)中, P_i 为*i*类群的个体数占总个体数的比例。式(4)中, H' 为Shannon-Wiener多样性指数, S 为物种数。式(5)中, P_i 为*i*类群的个体数占总个体数的比例, N_i 为第*i*个物种的个体数, N 为所有物种的个体数之和。式(6)中, c 为两个群落中的共有物种数, a 、 b 分别为*A*、*B*两个群落所具有的物种数,当 $0 < C_j \leq 0.25$ 时,表示两群落极不相似;当 $0.25 < C_j \leq 0.50$ 时,表示两群落中等不相似;当 $0.50 < C_j \leq 0.75$ 时,表示两群落中等相似;当 $0.75 < C_j \leq 1.00$ 时,表示两群落极相似^[16]。

2 结果与分析

2.1 黑老虎田间节肢动物群落组成及多样性

在黑老虎田间共收集到节肢动物6 441头,隶属

于4纲15目54科67种(表1);其中捕食性天敌15种,主要为瓢甲科的七星瓢虫、黄斑盘瓢虫和龟纹瓢虫;寄生性天敌4种,主要为茧蜂科的烟蚜茧蜂;害虫36种,主要为白背飞虱、褐飞虱、白粉虱、棉蚜、柑橘大实蝇和烟蚜;中性昆虫12种,主要为蚁科的黑褐举腹蚁。4个类群中害虫的Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和Simpson优势集中性指数均为最高,其次为捕食性天敌和中性昆虫,寄生性天敌这4项指数均最低。在黑老虎节肢动物群落中,半翅目的Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和Simpson优势集中性指数均为最高,其次为鳞翅目、鞘翅目、膜翅目和双翅目(表2);而从Berger Perker优势度指数来看,半翅目最低,其次为鳞翅目、鞘翅目、膜翅目和双翅目;革翅目、蜚蠊目、缨翅目、螳螂目、真螨目、弹尾纲原跳目由于只有1个种,因此Berger Perker优势度和Simpson优势集中性指数均为1,其他多样性指数均为0;从Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和Simpson优势集中性指数来看,直翅目略高于脉翅目,柄眼目略高于蜻蜓目,但从Berger Perker优势度指数和Margalef丰富度指数来看,脉翅目高于直翅目,蜻蜓目高于柄眼目,原因在于脉翅目的个体数少于直翅目,蜻蜓目的个体数少于柄眼目。总体而言,半翅目的群落稳定性最高,其次为鳞翅目、鞘翅目、膜翅目、双翅目、直翅目、脉翅目、柄眼目和蜻蜓目,革翅目、蜚蠊目、缨翅目、螳螂目、真螨目、原跳目的群落稳定性较低。

表1 黑老虎田间节肢动物群落的多样性(类群水平)

Table 1 The arthropod community diversity in the field of *Kadsura coccinea* (group level)

类群	个体数 (头)	物种数 (个)	Berger Perker 优势度指数 (<i>D</i>)	Margalef 丰富度指数 (<i>d</i>)	Shannon-Wiener 多样性指数 (<i>H'</i>)	Pielou 均匀 度指数 (<i>J</i>)	Simpson 优势 集中性指数 (<i>C</i>)
捕食性天敌	400	15	0.317 50	2.336 70	1.821 90	0.433 29	4.698 80
寄生性天敌	268	4	0.757 46	0.536 58	0.800 06	0.190 28	1.681 40
害虫	4 713	36	0.120 52	4.138 10	2.843 70	0.676 32	13.351 00
中性昆虫	1 060	12	0.361 32	1.579 10	1.773 70	0.421 84	4.339 50

2.2 不同品系黑老虎田间节肢动物群落的多样性

如表3所示,虎绿1号田间节肢动物的个体数最多,物种数最少,相应地,Pielou均匀度指数和

Shannon-Wiener物种多样性指数最低,Berger Perker优势度指数最高;紫黑1号田间节肢动物的个体数最少,物种数最多,相应地,Margalef丰富度指数和

Shannon-Wiener 物种多样性指数最高,Berger Perker 优势度指数最低;而粉红 1 号田间节肢动物的个体数多于紫黑 1 号,物种数多于虎绿 1 号,Pielou 均匀度指数和 Shannon-Wiener 物种多样性指数低于紫黑 1 号,Berger Perker 优势度指数低于虎绿 1 号。

从 Jaccard 相似性指数(表 4)来看,3 个品系田间节肢动物间的 Jaccard 相似性指数均在 0.75 以上,说明同一地域内不同品系田间节肢动物间群落差异较小,群落对不同品系间性状的差异表现不敏感。

表 2 黑老虎田间节肢动物群落的多样性(目水平)

Table 2 The arthropod community diversity in the field of *Kadsura coccinea* (order level)

目	个体数 (头)	物种数 (个)	Berger Perker 优势度指数 (D)	Margalef 丰富度指数 (d)	Shannon-Wiener 多样性指数 (H')	Pielou 均匀 度指数(J)	Simpson 优势 集中性指数 (C)
半翅目	3 160	23	0.179 75	2.730 10	2.205 60	0.524 56	7.554 90
革翅目	14	1	1	0	0	0	1
蜚蠊目	230	1	1	0	0	0	1
膜翅目	936	8	0.409 19	1.023 20	1.516 70	0.360 71	3.669 40
双翅目	736	6	0.567 93	0.757 43	1.163 90	0.276 82	2.472 60
鳞翅目	126	7	0.269 84	1.240 60	1.678 60	0.399 21	4.855 10
蜻蜓目	18	2	0.777 78	0.345 98	0.529 71	0.125 98	1.577 30
脉翅目	6	2	0.666 67	0.558 11	0.636 51	0.151 38	2.142 90
鞘翅目	563	8	0.339 25	1.105 30	1.668 10	0.396 72	4.538 90
缨翅目	73	1	1	0	0	0	1
直翅目	245	3	0.612 24	0.363 55	0.936 31	0.222 68	2.232 90
螳螂目	35	1	1	0	0	0	1
真螨目	3	1	1	0	0	0	1
柄眼目	52	2	0.692 31	0.253 08	0.617 24	0.146 80	1.768 00
原跳目	244	1	1	0	0	0	1

表 3 不同黑老虎品系田间节肢动物群落多样性

Table 3 Arthropod community diversity in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

品系	个体数 (头)	物种数 (个)	Berger Perker 优势度指数 (D)	Margalef 丰富度指数 (d)	Shannon-Wiener 多样性指数 (H')	Pielou 均匀 度指数(J)	Simpson 优势 集中性指数 (C)
虎绿 1 号	2 349	59	0.103 020	7.472 5	19.393	0.783 74	9.421 1
粉红 1 号	2 266	63	0.097 529	8.025 1	20.793	0.794 95	12.018 0
紫黑 1 号	1 826	65	0.082 147	8.522 1	21.572	0.801 34	17.324 0

表 4 不同黑老虎品系田间节肢动物群落 Jaccard 相似性指数

Table 4 Jaccard similarity index of arthropod community in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

品系	虎绿 1 号	粉红 1 号	紫黑 1 号
虎绿 1 号	1.00		
粉红 1 号	0.88	1.00	
紫黑 1 号	0.82	0.93	1.00

2.3 不同品系黑老虎田间节肢动物群落多样性的时空动态

从表 5、表 6、表 7 可以看出,6 月份黑老虎田间节肢动物群落的个体数和物种数最高,3 月份个体数最低,但从 H'和 J 来看,7 月份最高,其次为 6 月份、8 月份、9 月份、5 月份、10 月份、4 月份和 3 月份,11 月份最低;而从 d 来看,6 月份最高,其次为 7

月份、5月份、8月份和9月份, d 与节肢动物群落的个体数和物种数变化保持一致;从 C 来看,7月份最高,其次为8月份、9月份、6月份、5月份、10月份、4月份和3月份,11月份最低;从 D 来看,由于11月份和3月份节肢动物群落种类和数量最少,因此3月份和11月份的 D 最高,其次为4月份、6月份、5月份、10月份、7月份、8月份和9月份最低。不同品系田间节肢动物之间的群落时空动态与总体变化一致,不同品系黑老虎田间节肢动物群落除个体数

($F=11.553, P=0$)和 D ($F=170.894, P=0$)表现出显著差异外,其他均无显著差异($P>0.05$);在个体数量上,黑老虎田间节肢动物总体个体数与粉红1号和紫黑1号田间节肢动物间表现出显著差异,虎绿1号、粉红1号和紫黑1号田间节肢动物不同品系间无显著差异;在 D 上,紫黑1号田间节肢动物和黑老虎田间节肢动物总体以及虎绿1号、粉红1号田间节肢动物表现出显著差异,其他无显著差异。

表5 黑老虎虎绿1号田间节肢动物群落多样性的时空动态

Table 5 Spatiotemporal dynamics of diversity of arthropod communities in the field of *Kadsura coccinea* Huli 1

时间 (月)	个体数 (头)		物种数 (个)		Berger Perker 优势度 指数(D)		Margalef 丰富度 指数(d)		Shannon-Wiener 多 样性指数(H')		Pielou 均匀度指数 (J)		Simpson 优势集 中性指数(C)	
	总体	虎绿1号	总体	虎绿1号	总体	虎绿1号	总体	虎绿1号	总体	虎绿1号	总体	虎绿1号	总体	虎绿1号
3	263	101	12	12	0.17	0.18	1.97	2.38	2.32	2.30	0.55	0.55	9.42	9.51
4	458	165	22	21	0.14	0.15	3.43	3.92	2.66	2.74	0.63	0.65	12.02	13.83
5	1 019	364	39	30	0.11	0.10	5.49	4.92	3.09	2.98	0.73	0.71	17.32	16.49
6	1 255	471	55	44	0.13	0.14	7.57	6.99	3.34	3.19	0.79	0.76	19.51	17.26
7	1 077	375	47	41	0.09	0.11	6.59	6.75	3.37	3.31	0.80	0.79	22.57	21.93
8	861	311	38	34	0.08	0.11	5.47	5.75	3.27	3.20	0.78	0.76	22.03	20.64
9	712	269	32	31	0.08	0.11	4.72	5.36	3.16	3.14	0.75	0.75	20.97	20.06
10	531	205	20	20	0.11	0.13	3.03	3.57	2.73	2.68	0.65	0.64	13.59	13.13
11	265	92	10	9	0.18	0.15	1.61	1.77	2.13	2.13	0.51	0.51	8.04	8.83

表6 黑老虎粉红1号田间节肢动物群落多样性的时空动态

Table 6 Spatiotemporal dynamics of diversity of arthropod communities in the field of *Kadsura coccinea* Pink 1

时间 (月)	个体数 (头)		物种数 (个)		Berger Perker 优势度 指数(D)		Margalef 丰富度 指数(d)		Shannon-Wiener 多 样性指数(H')		Pielou 均匀度指数 (J)		Simpson 优势集 中性指数(C)	
	总体	粉红1号	总体	粉红1号	总体	粉红1号	总体	粉红1号	总体	粉红1号	总体	粉红1号	总体	粉红1号
3	263	87	12	11	0.17	0.21	1.97	2.24	2.32	2.26	0.55	0.54	9.42	9.31
4	458	168	22	19	0.14	0.18	3.43	3.51	2.66	2.53	0.63	0.60	12.02	10.52
5	1 019	369	39	35	0.11	0.11	5.49	5.75	3.09	3.09	0.73	0.74	17.32	17.95
6	1 255	433	55	51	0.13	0.11	7.57	8.23	3.34	3.38	0.79	0.80	19.51	21.40
7	1 077	390	47	42	0.09	0.12	6.59	6.87	3.37	3.33	0.80	0.79	22.57	21.94
8	861	305	38	36	0.08	0.10	5.47	6.12	3.27	3.24	0.78	0.77	22.03	21.79
9	712	242	32	29	0.08	0.09	4.72	5.10	3.16	3.16	0.75	0.75	20.97	22.24
10	531	191	20	19	0.11	0.16	3.03	3.43	2.73	2.64	0.65	0.63	13.59	12.41
11	265	92	10	10	0.18	0.22	1.61	1.99	2.13	2.10	0.51	0.50	8.04	7.74

从 Jaccard 相似性指数(表8~表11)来看,5~9月份相似性指数较高,群落较相似,3月份和11月份,9月份和10月份群落较为相似,其他月份 Jac-

card 相似性指数较小,基本在0.5以下,不同品系黑老虎在不同月份 Jaccard 相似性指数基本与总体群落变化一致。不同品系黑老虎田间节肢动物群落在

同一地域同一时期、相同生长环境下差异不明显。

表 7 黑老虎紫黑 1 号田间节肢动物群落多样性的时空动态

Table 7 Spatiotemporal dynamics of diversity of arthropod communities in the field of *Kadsura coccinea* Zihei 1

时间 (月)	个体数 (头)		物种数 (个)		Berger Perker 优势度 指数(<i>D</i>)		Margalef 丰富度 指数(<i>d</i>)		Shannon-Wiener 多 样性指数 (<i>H'</i>)		Pielou 均匀度指数 (<i>J</i>)		Simpson 优势集 中性指数(<i>C</i>)	
	总体	紫黑 1 号	总体	紫黑 1 号	总体	紫黑 1 号	总体	紫黑 1 号	总体	紫黑 1 号	总体	紫黑 1 号	总体	紫黑 1 号
3	263	75	12	11	0.17	0.55	1.97	2.32	2.32	2.31	0.55	0.55	9.42	10.59
4	458	125	22	16	0.14	0.60	3.43	3.11	2.66	2.53	0.63	0.60	12.02	11.73
5	1 019	286	39	29	0.11	0.71	5.49	4.95	3.09	2.99	0.73	0.71	17.32	16.43
6	1 255	351	55	45	0.13	0.78	7.57	7.51	3.34	3.27	0.79	0.78	19.51	19.16
7	1 077	311	47	40	0.09	0.79	6.59	6.79	3.37	3.33	0.80	0.79	22.57	23.18
8	861	246	38	32	0.08	0.76	5.47	5.63	3.27	3.21	0.78	0.76	22.03	22.09
9	712	201	32	28	0.08	0.73	4.72	5.09	3.16	3.06	0.75	0.73	20.97	20.10
10	531	135	20	19	0.11	0.65	3.03	3.67	2.73	2.72	0.65	0.65	13.59	14.64
11	265	81	10	9	0.18	0.50	1.61	1.82	2.13	2.11	0.51	0.50	8.04	8.39

表 8 黑老虎田间节肢动物群落 Jaccard 相似性指数

Table 8 Jaccard similarity index of arthropod community in the field of *Kadsura coccinea*

时间(月)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	1.00								
4	0.48	1.00							
5	0.28	0.49	1.00						
6	0.22	0.38	0.68	1.00					
7	0.23	0.35	0.56	0.70	1.00				
8	0.28	0.36	0.60	0.55	0.70	1.00			
9	0.29	0.46	0.54	0.45	0.58	0.71	1.00		
10	0.39	0.40	0.34	0.27	0.37	0.45	0.58	1.00	
11	0.57	0.33	0.23	0.16	0.21	0.26	0.31	0.50	1.00

表 9 黑老虎绿 1 号田间节肢动物群落 Jaccard 相似性指数

Table 9 Jaccard similarity index of arthropod community in the field of *Kadsura coccinea* Hulü 1

时间(月)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	1.00								
4	0.50	1.00							
5	0.35	0.65	1.00						
6	0.27	0.35	0.61	1.00					
7	0.26	0.29	0.54	0.60	1.00				
8	0.31	0.38	0.56	0.56	0.70	1.00			
9	0.30	0.41	0.53	0.50	0.57	0.67	1.00		
10	0.39	0.37	0.43	0.36	0.39	0.42	0.50	1.00	
11	0.62	0.36	0.26	0.18	0.22	0.26	0.29	0.45	1.00

表 10 黑老虎粉红 1 号田间节肢动物群落 Jaccard 相似性指数

Table 10 Jaccard similarity index of arthropod community in the field of *Kadsura coccinea* Pink 1

时间(月)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	1.00								
4	0.58	1.00							
5	0.31	0.46	1.00						
6	0.22	0.35	0.60	1.00					
7	0.26	0.33	0.64	0.39	1.00				
8	0.30	0.40	0.53	0.24	0.68	1.00			
9	0.33	0.45	0.52	0.44	0.58	0.65	1.00		
10	0.43	0.41	0.35	0.30	0.33	0.44	0.60	1.00	
11	0.62	0.45	0.29	0.18	0.18	0.27	0.30	0.45	1.00

表 11 黑老虎紫黑 1 号田间节肢动物群落 Jaccard 相似性指数

Table 11 Jaccard similarity index of arthropod community in the field of *Kadsura coccinea* Zihei 1

时间(月)	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	1.00								
4	0.69	1.00							
5	0.37	0.44	1.00						
6	0.24	0.33	0.63	1.00					
7	0.28	0.34	0.60	0.42	1.00				
8	0.34	0.41	0.51	0.18	0.73	1.00			
9	0.34	0.42	0.61	0.52	0.63	0.71	1.00		
10	0.43	0.46	0.44	0.36	0.38	0.46	0.62	1.00	
11	0.67	0.47	0.26	0.17	0.23	0.28	0.32	0.47	1.00

2.4 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群动态

2.4.1 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群个体数和物种数动态 不同品系黑老虎田间节肢动物群落中,害虫的物种数和个体数最多,分别占节肢动物群落的 53.73%和 73.17%,在田间节肢动物群落中处于主导地位。从不同品系黑老虎田间节肢动物各类群个体数(表 12)和物种数(表 13)来看,害虫的个体数和物种数一直高于天敌昆虫和中性昆虫。害虫、天敌昆虫和中性昆虫的个体数和物种数从 3 月到 6 月一直增长,此时气温回升,黑老虎的生长发育亦进入旺盛期,6 月以后随着雨季和高温天气的到来,害虫的数量开始下降,10 月以后随着气温的降低,害虫数量急剧下降;天敌昆虫的个体数量变化趋势与害虫基本一致,但数量远远低于害虫,并紧随其后有追随害虫的现象;中

性昆虫总体个体数略高于天敌昆虫,在 7 月达到最高值(虎绿 1 号田间在 8 月达到最高值);7 月以后,个体数量开始下降,但总体而言,中性昆虫的个体数量变化趋势较缓。3 月、4 月和 11 月,由于气温较低,害虫数量较少,导致天敌物种数较少,低于中性昆虫,4 月份以后气温升高,随着黑老虎的生长发育和害虫数量的增多,天敌昆虫物种数逐渐增长,物种数略高于中性昆虫,总体而言,天敌昆虫的物种数高于中性昆虫。不同品系黑老虎田间节肢动物各类群的个体数量和物种数的发生动态与总体基本保持一致,不同品系黑老虎害虫($F=12.262, P=0$)、天敌昆虫($F=4.969, P=0.006$)和中性昆虫个体数量($F=29.247, P=0$)与总体均差异显著,但不同品系黑老虎间害虫、天敌昆虫和中性昆虫个体数量差异不显著($P>0.05$);

不同品系间黑老虎中性昆虫物种数差异显著 ($F=25.622, P=0$), 黑老虎虎绿 1 号中性昆虫物种数与粉红 1 号、紫黑 1 号和总体表现出显著差异, 其他品系间中性昆虫物种数差异不显著。

表 12 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群个体数量动态

Table 12 Dynamics of the number of individuals of various arthropod groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea* at different times

时间 (月)	总体			虎绿 1 号			粉红 1 号			紫黑 1 号		
	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫
3	208	9	46	83	5	13	69	2	16	56	2	17
4	339	19	100	119	6	40	135	6	27	85	7	33
5	774	102	143	287	33	44	283	33	53	204	36	46
6	937	152	166	371	45	55	325	53	55	241	54	56
7	749	151	177	274	42	59	287	44	59	188	64	59
8	591	111	159	220	31	60	214	39	52	157	42	47
9	510	74	128	203	24	42	170	26	46	137	24	40
10	412	38	81	168	12	25	149	12	30	95	14	26
11	193	12	60	66	3	23	66	4	22	61	5	15

表 13 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群物种动态

Table 13 Species dynamics of various arthropod groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea* at different times

时间 (月)	总体			虎绿 1 号			粉红 1 号			紫黑 1 号		
	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫
3	8	2	2	9	2	2	8	1	2	8	1	2
4	15	2	5	15	2	5	13	2	4	10	2	4
5	24	8	7	21	5	5	22	7	6	19	5	5
6	31	15	9	28	11	6	28	13	9	28	10	7
7	29	10	8	27	8	7	27	8	7	22	10	8
8	22	9	7	22	6	7	21	9	7	18	8	6
9	22	4	6	22	4	6	19	4	6	18	4	6
10	14	3	3	15	3	3	13	3	3	13	3	3
11	7	1	2	7	1	2	7	1	2	6	1	2

2.4.2 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群多样性特征的变化动态 不同品系黑老虎田间节肢动物群落的各多样性指数与节肢动物总类群的变化基本一致,害虫 Simpson 优势集中性指数(表 14)和中性昆虫多样性指数(表 15)、中性昆虫均匀度指数(表 16)在 7 月达到最高,而丰富度指数(表 17)除虎绿 1 号害虫、虎绿 1 号和紫黑 1 号中性昆虫外,均在 6 月最高,随后呈下降趋势,11 月份最低;黑老虎田间节肢动物总体、虎绿 1 号、粉红 1 号天敌昆虫的 Simpson 优势集中性指数在 6 月最高,紫黑 1 号天敌

昆虫的 Simpson 优势集中性指数在 7 月最高,而黑老虎田间节肢动物总体与虎绿 1 号中性昆虫的 Simpson 优势集中性指数在 7 月最高,粉红 1 号中性昆虫的 Simpson 优势集中性指数在 6 月最高,紫黑 1 号中性昆虫的 Simpson 优势集中性指数在 9 月最高;虎绿 1 号天敌昆虫、粉红 1 号中性昆虫和紫黑 1 号害虫的 Shannon-Wiener 多样性指数在 6 月最高,粉红 1 号天敌昆虫的 Shannon-Wiener 多样性指数在 8 月最高;黑老虎田间节肢动物总体天敌昆虫、粉红 1 号天敌昆虫、粉红 1 号中性昆虫和紫黑 1 号害虫

的 Pielou 均匀度指数在 6 月最高,黑老虎总体害虫和紫黑 1 号天敌昆虫在 7 月最高;虎绿 1 号害虫、虎绿 1 号中性昆虫和紫黑 1 号中性昆虫的 Margalef 丰富度指数在 7 月最高;Berger Perker 优势度指数(表 18)除虎绿 1 号害虫在 3 月达到最高值外,其余品系害虫 Berger Perker 优势度指数均在 11 月达到最高值;天敌昆虫总体 Berger Perker 优势度指数在 11 月达到最高;中性昆虫除粉红 1 号的在 11 月最高外,其余品系的均在 3 月达到最高值。

天敌昆虫的 Simpson 优势集中性指数、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数均在 6 月最高,6 月期间,害虫的物种数

和个体数最大,从而导致以害虫为食的天敌昆虫各多样性指数均达到最高值,随后开始下降,在 11 月份达到最低值,与害虫变化趋势基本一致;中性昆虫的物种数在 6 月最高,11 月最低,个体数在 7 月份最高,3 月份最低,从而导致中性昆虫的 Simpson 优势集中性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数在 7 月达到最高,而 Margalef 丰富度指数 6 月达到最高。天敌昆虫在 11 月份只有 1 个物种七星瓢虫,因此,天敌昆虫 11 月份的 Berger Perker 优势度指数最高,为 1。尽管不同品系间黑老虎田间节肢动物各类群多样性表现不一,但差异不显著($P>0.05$)。

表 14 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群 Simpson 优势集中性指数动态

Table 14 Dynamics of Simpson dominance index of various arthropod groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

时间 (月)	总体			虎绿 1 号			粉红 1 号			紫黑 1 号		
	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫
3	6.980 5	2.000 0	1.864 9	7.583 0	2.500 0	1.625 0	6.879 8	1.000 0	2.000 0	7.897 4	1.000 0	2.060 6
4	8.069 2	2.111 1	3.241 7	9.807 8	2.500 0	3.662 0	7.377 7	2.500 0	3.475 2	7.694 0	2.333 3	2.808 5
5	11.423 0	4.986 4	3.735 5	11.653 0	4.888 9	3.597 0	11.837 0	5.557 9	4.347 0	10.190 0	5.173 9	3.275 3
6	12.299 0	6.950 9	4.515 3	11.970 0	6.470 6	4.183 1	13.222 0	9.704 2	5.582 7	11.244 0	5.701 2	4.020 9
7	13.692 0	5.106 0	5.205 9	14.447 0	4.438 1	5.665 6	13.898 0	5.532 2	5.138 1	12.775 0	5.842 7	4.739 6
8	13.275 0	5.191 3	5.028 4	13.210 0	5.407 0	5.548 6	13.414 0	5.656 5	4.669 0	12.357 0	5.484 1	5.004 6
9	13.414 0	3.454 0	5.048 4	14.102 0	3.493 7	5.125 0	13.879 0	3.779 1	5.447 4	11.868 0	3.833 3	5.454 5
10	9.484 3	3.138 4	2.691 0	10.558 0	3.473 7	2.381 0	8.688 7	3.473 7	2.500 0	9.149 6	3.033 3	3.250 0
11	5.465 5	1.000 0	1.977 7	7.260 5	1.000 0	2.056 9	5.156 3	1.000 0	1.941 2	5.596 3	1.000 0	2.142 9

表 15 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群 Shannon-Wiener 多样性指数动态

Table 15 Dynamics of Shannon-Wiener diversity index of various arthropod groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

时间 (月)	总体			虎绿 1 号			粉红 1 号			紫黑 1 号		
	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫
3	1.993 7	0.636 5	0.646 1	2.063 2	0.673 0	0.540 2	1.956 3	0	0.661 6	2.009 3	0	0.677 5
4	2.241 0	0.691 8	1.305 8	2.395 6	0.693 2	1.375 2	2.132 6	0.693 2	1.240 8	2.090 9	0.682 9	1.129 2
5	2.625 5	1.676 5	1.495 9	2.603 9	1.537 7	1.340 3	2.632 2	1.714 7	1.539 8	2.503 2	1.567 4	1.318 1
6	2.814 4	2.238 5	1.703 0	2.778 6	2.025 9	1.534 2	2.824 7	2.318 5	1.840 2	2.737 6	1.963 2	1.560 8
7	2.860 1	1.892 2	1.767 7	2.883 7	1.710 5	1.778 6	2.857 8	1.805 2	1.730 3	2.729 5	1.986 2	1.696 8
8	2.738 3	1.839 1	1.743 3	2.752 8	1.680 6	1.753 0	2.730 4	1.872 3	1.641 8	2.632 7	1.806 9	1.648 6
9	2.717 6	1.295 3	1.671 3	2.778 1	1.262 7	1.636 1	2.700 8	1.307 3	1.680 5	2.545 2	1.308 6	1.668 7
10	2.344 1	1.093 7	1.032 9	2.428 8	1.077 6	0.942 2	2.261 5	1.077 6	0.973 0	2.280 1	1.034 6	1.097 1
11	1.746 3	0	0.679 2	1.924 1	0	0.684 6	1.706 0	0	0.655 5	1.707 3	0	0.690 9

表 16 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群 Pielou 均匀度指数动态

Table 16 Dynamics of Pielou evenness index of various arthropod groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

时间 (月)	总体			虎绿 1 号			粉红 1 号			紫黑 1 号		
	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫
3	0.556 4	0.216 2	0.260 0	0.571 4	0.228 6	0.217 4	0.545 9	0	0.266 2	0.560 7	0	0.272 6
4	0.625 4	0.234 9	0.525 5	0.663 4	0.235 4	0.553 4	0.595 1	0.235 4	0.499 4	0.583 5	0.231 9	0.454 4
5	0.732 7	0.569 4	0.602 0	0.721 1	0.522 2	0.539 4	0.734 5	0.582 4	0.619 7	0.698 5	0.532 3	0.530 4
6	0.785 4	0.760 2	0.685 3	0.769 5	0.688 1	0.617 4	0.788 3	0.787 4	0.740 5	0.764 0	0.666 7	0.628 1
7	0.798 1	0.642 7	0.711 4	0.798 6	0.580 9	0.715 8	0.797 5	0.613 1	0.696 3	0.761 7	0.674 6	0.682 9
8	0.764 1	0.624 6	0.701 6	0.762 4	0.570 8	0.705 5	0.761 9	0.635 9	0.660 7	0.734 7	0.613 7	0.663 5
9	0.758 4	0.439 9	0.672 6	0.769 4	0.428 8	0.658 4	0.753 7	0.444 0	0.676 3	0.710 2	0.444 4	0.671 6
10	0.654 1	0.371 4	0.415 7	0.672 6	0.366 0	0.379 2	0.631 1	0.366 0	0.391 5	0.636 3	0.351 4	0.441 5
11	0.487 3	0	0.273 3	0.532 9	0	0.275 5	0.476 1	0	0.263 8	0.476 4	0	0.278 1

表 17 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群 Margalef 丰富度指数动态

Table 17 Dynamics of Margalef richness index of various arthropod groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

时间 (月)	总体			虎绿 1 号			粉红 1 号			紫黑 1 号		
	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫
3	1.311 5	0.455 1	0.261 2	1.796 0	0.621 3	0.389 9	1.653 2	0	0.360 7	1.739 0	0	0.353 0
4	2.403 0	0.339 6	0.868 6	2.909 3	0.558 1	1.084 3	2.446 3	0.558 1	0.910 2	2.025 8	0.513 9	0.858 0
5	3.457 8	1.513 5	1.209 0	3.523 1	1.144 0	1.057 0	3.719 8	1.716 0	1.259 4	3.384 7	1.125 1	1.044 8
6	4.384 2	2.786 7	1.564 9	4.551 4	2.627 0	1.247 7	4.668 2	3.022 4	1.996 3	4.922 7	2.256 2	1.490 6
7	4.230 4	1.793 8	1.352 4	4.611 3	1.872 8	1.471 5	4.594 1	1.849 8	1.471 5	4.010 4	2.156 0	1.716 7
8	3.290 6	1.698 7	1.183 7	3.867 9	1.456 0	1.465 4	3.727 2	2.183 7	1.518 5	3.362 2	1.872 8	1.298 7
9	3.368 4	0.697 0	1.030 5	3.920 4	0.944 0	1.337 7	3.504 8	0.920 8	1.305 9	3.455 3	0.944 0	1.355 4
10	2.159 1	0.549 8	0.455 1	2.701 8	0.804 9	0.621 3	2.398 1	0.804 9	0.588 0	2.635 1	0.757 9	0.613 9
11	1.140 1	0	0.244 2	1.381 3	0	0.318 9	1.432 1	0	0.323 5	1.216 3	0	0.369 3

表 18 不同品系黑老虎田间节肢动物各类群 Berger Perker 优势度指数动态

Table 18 Dynamics of Berger Perker dominance index of various arthropod groups in the field of different strains of *Kadsura coccinea*

时间 (月)	总体			虎绿 1 号			粉红 1 号			紫黑 1 号		
	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫	害虫	天敌昆虫	中性昆虫
3	0.221 2	0.666 7	0.652 2	0.209 3	0.600 0	0.769 2	0.260 9	1.000 0	0.625 0	0.178 6	1.000 0	0.588 2
4	0.194 7	0.526 3	0.410 0	0.195 1	0.500 0	0.375 0	0.222 2	0.500 0	0.370 4	0.235 3	0.571 4	0.515 2
5	0.139 5	0.294 1	0.391 6	0.126 7	0.303 0	0.363 6	0.137 8	0.303 0	0.339 6	0.196 1	0.285 7	0.478 3
6	0.175 0	0.302 6	0.325 3	0.180 4	0.311 1	0.345 5	0.150 8	0.226 4	0.272 7	0.195 0	0.370 4	0.410 7
7	0.130 8	0.370 9	0.282 5	0.142 4	0.428 6	0.305 1	0.160 3	0.340 9	0.339 0	0.170 2	0.353 9	0.355 9
8	0.116 8	0.351 4	0.308 2	0.144 7	0.354 8	0.266 7	0.140 2	0.359 0	0.326 9	0.152 9	0.333 3	0.340 4
9	0.109 8	0.432 4	0.257 8	0.141 5	0.458 3	0.285 7	0.129 4	0.423 1	0.260 9	0.138 7	0.416 7	0.250 0
10	0.148 1	0.368 4	0.506 2	0.151 7	0.416 7	0.600 0	0.208 1	0.416 7	0.566 7	0.179 0	0.500 0	0.346 2
11	0.253 9	1.000 0	0.583 3	0.181 8	1.000 0	0.565 2	0.303 0	1.000 0	0.636 4	0.245 9	1.000 0	0.533 3

3 讨论

节肢动物群落作为农林生态系统中的重要组成部分^[17],对于维持农林生态系统的稳定^[18]、为植物提供良好的生长环境^[19]至关重要。本研究利用网捕、糖醋液诱集和黄、蓝板诱集等方法共捕获节肢动物6 441头,隶属于4纲15目54科67种,其中害虫36种,捕食性天敌15种,寄生性天敌4种,中性昆虫12种,各类群数量分别为节肢动物群落总数的73.17%、6.21%、4.16%和16.46%。害虫的物种数和个体数最多,主要害虫为白背飞虱、褐飞虱、白粉虱、棉蚜、柑橘大实蝇和烟蚜,这些害虫均具有刺吸式口器,且基本由黄、蓝板诱集和网捕方式得到。此外,刺吸式口器害虫的繁盛与林地的植被特征相适应^[20],黑老虎的叶片革质,表面光面无毛^[21],便于刺吸式口器害虫吸取叶片中的营养物质和水分;主要捕食性天敌为瓢甲科的七星瓢虫、黄斑盘瓢虫和龟纹瓢虫;主要寄生性天敌为茧蜂科的烟蚜茧蜂,这些天敌均可以用来防治主要害虫。研究结果表明,生物多样性水平越高、物种越多、群落结构越稳定,害虫越不易大暴发^[22]。

节肢动物群落多样性各项指标不仅反映了群落的丰富度、多样性、优势度、均匀度、优势集中性等变化规律,而且可在一定程度上反映出不同地理、自然环境以及群落的发展状况^[23]。优势度越大,群落结构越不稳定^[24],黑老虎田间节肢动物群落分布不均匀,优势类群明显。但随着时间的推移,不同节肢动物各类群的多样性和均匀度指数变化趋势基本一致,有研究结果表明^[25],群落多样性和均匀度指数趋势一致,代表群落趋向稳定,说明黑老虎田间群落结构总体较为稳定。

Jaccard 相似性指数表明,3个黑老虎品系的田间节肢动物群落相似性指数均在0.75以上,同一地域内不同品系间群落差异较小,群落对不同品系间性状的差异表现不敏感;而不同品系不同月份黑老虎田间节肢动物的群落多样性和相似性指数再次验证了不同品系黑老虎田间节肢动物群落在同一地域同一时期、相同生长环境下差异不明显。Jaccard 相似性指数是描述 β 多样性最简便的方法,较好地阐述了物种组成在一定时间、空间尺度或环境梯度上的变化^[26]。不同品系黑老虎田间节肢动物各类群多样性特征的动态变化表明,不同品系黑老虎田间

节肢动物群落中的各多样性指数与节肢动物总类群的变化基本一致,黑老虎田间节肢动物群落以害虫为主导,其变化趋势决定了黑老虎田间整个节肢动物群落的变化趋势,而天敌昆虫有紧随其后伴随害虫变化的现象,尽管不同品系间黑老虎田间节肢动物各类群多样性表现不一,但差异不显著,这与不同品种茶园害虫及天敌群落多样性研究结果一致^[27],即不同品系间的节肢动物群落具有高度相似性,具体原因有待进一步研究。

节肢动物群落结构与种植方式、耕作制度、气候环境及用药情况等密切相关^[28-29]。湖南省林下科研示范基地内的黑老虎种植基地是半自然条件下的农田生态系统,结构简单,受人类活动影响较大,黑老虎作为生产者,它的生长发育和生态系统条件直接影响了其田间节肢动物群落的变化。黑老虎田间节肢动物群落个体数、物种数和各物种多样性指数较高的时期均集中在5-7月,此时正值黑老虎生长发育旺盛期,气候环境因素适宜,从而导致其田间节肢动物群落,尤其是害虫出现陡增的趋势。从宏观上看,环境因子对黑老虎田间节肢动物群落影响的机理尚未知,有待进一步研究,解决好这些问题,可为黑老虎田间节肢动物群落组成及害虫发生的预测和防治提供重要依据,同时也对黑老虎产业的发展具有重要意义。

4 结论

本试验通过对不同时期黑老虎田间节肢动物的群落结构及组成进行系统调查,制订了黑老虎田间节肢动物群落组成较为详细的种类名录,掌握了不同时间黑老虎田间节肢动物群落的规律性变化,同时比较了不同品系黑老虎田间节肢动物间的物种多样性,从而为系统了解黑老虎田间节肢动物群落组成及害虫的发生预测和防治提供了重要依据。从各类型群落分析得知,同一地域同一时间内不同品系黑老虎田间节肢动物间群落差异较小,群落对不同品系间性状的差异表现不敏感;黑老虎田间节肢动物群落以害虫为主导,其变化趋势决定了黑老虎田间整个节肢动物群落的变化趋势,而天敌昆虫有紧随其后伴随害虫变化而变化的现象,掌握天敌昆虫与害虫之间的消长关系是保护天敌,做好生物防治的关键,也是黑老虎产业走向绿色发展的前提条件。

参考文献:

- [1] 胡熙明,张文康,朱庆生,等. 中华本草(第二册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999:895-919.
- [2] 李映新,梁婧,何阳,等. 黑老虎果皮多酚超声辅助提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂,2022,33(4):48-54.
- [3] 杨赛男,戴斌,潘清平,等. 黑老虎植物资源利用研究进展[J]. 湖南生态科学学报,2022,9(3):112-120.
- [4] 李亚军,易鹄,杨军衡,等. 黑老虎花总黄酮超声辅助提取工艺优化及其抗氧化性研究[J]. 食品工业科技,2021,42(13):179-183.
- [5] 李有清,梁忠厚. 湖南濒危中药材黑老虎野生资源调查[J]. 湖南生态科学学报,2018,5(3):35-39.
- [6] 梁忠厚,范适,宋光桃,等. 黑老虎的研究进展[J]. 湖南生态科学学报,2017,4(3):52-56.
- [7] 吴桂红. 野生水果——黑老虎的栽培技术[J]. 新农村,2018(6):22-23.
- [8] 杨锐培,王洁,王德勤,等. 黑老虎栽培技术及其混伪品鉴定研究进展[J]. 安徽农业科学,2018,46(8):26-28,67.
- [9] 吴智涛. 冷饭团特性及其栽培技术[J]. 中国园艺文摘,2012,28(6):190-192.
- [10] 梁忠厚,李静纳. 药用植物黑老虎主要病虫害调查[J]. 安徽农业科学,2018,46(34):138-140.
- [11] 李静纳,范适,胡春梅,等. 湖南三叶青田间节肢动物群落结构特征[J]. 衡阳师范学院学报,2019,40(6):99-105.
- [12] 何运转,谢晓亮,刘廷辉,等. 中草药主要病虫害原色图谱[M]. 北京:中国医药科技出版社,2019.
- [13] 张巍巍,李元胜. 中国昆虫生态大图鉴[M]. 重庆:重庆大学出版社,2011.
- [14] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(上)[J]. 生物多样性,1994(3):162-168.
- [15] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性,1994(4):231-239.
- [16] 阳含熙,卢泽恩. 植物生态学的数量分类方法[M]. 北京:科学技术出版社,1981:90-120.
- [17] 牛学德,高丙朋,南新元,等. 基于改进 DenseNet 卷积神经网络的番茄叶片病害检测[J]. 江苏农业学报,2022,38(1):129-134.
- [18] 马燕婕,何浩鹏,沈文静,等. 转基因玉米对田间节肢动物群落多样性的影响[J]. 生物多样性,2019,27(4):419-432.
- [19] 王晓琪. 河北柴胡田昆虫群落结构与主要害虫防治技术研究[D]. 保定:河北农业大学,2021.
- [20] 赵伟,刘强. 四合木(*Tetraena mongolica*)林地昆虫群落的组成、结构及多样性特征[J]. 生态学杂志,2011,30(11):2554-2561.
- [21] 梁忠厚,李有清. 黑老虎生物学及其观赏特性研究[J]. 南华大学学报(自然科学版),2018,32(5):92-96.
- [22] 秦胜楠,管晓志,鞠倩,等. 山东莱西花生产区昆虫群落基本结构及多样性研究[J]. 应用昆虫学报,2018,55(2):294-303.
- [23] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 3版. 北京:北京师范大学出版社,2001:394-403.
- [24] 邸晓晨,单良陈玉,王松,等. 内蒙古阿尔山地区蝴蝶群落多样性[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2020,38(2):209-215.
- [25] 胡媛媛,朱纪元,闫龙,等. 温带落叶阔叶林小尺度空间地表鞘翅目成虫群落多样性[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报,2016,32(6):67-73.
- [26] WHITTAKER R H. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California[J]. Ecological Monographs,1960,30(3):279-338.
- [27] 彭萍,王晓庆,李品武,等. 不同品种茶园害虫及天敌群落多样性研究[J]. 西南大学学报(自然科学版),2011,33(6):30-34.
- [28] 雷婷,郭峰,杨子祥,等. 盐肤木人工林昆虫群落组成及动态研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2022,42(5):111-117.
- [29] 王玉芹,丁文静,刘岩,等. 丹参田花期昆虫群落结构及多样性研究[J]. 环境昆虫学报,2020,42(4):910-915.

(责任编辑:黄克玲)