

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.016

泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能研究

李国锋¹, 梅徐海², 王春梅³, 吴兴兴¹, 盛春勇², 杨帆¹

(1. 云南林业职业技术学院, 云南 昆明 650224; 2. 禄劝县林业和草原局, 云南 昆明 651500;
3. 云南省林业调查规划院营林分院, 云南 昆明 650000)

摘要:采用灯诱法,于2021年4月上旬至6月中旬对泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能进行研究。共诱捕到昆虫2968头,隶属13目63科172属187种,其中74种取食植物叶片,29种刺吸植物汁液,22种捕食其他昆虫,17种取食植物花、芽、果,10种取食腐烂物,12种钻蛀植物茎干,8种为地下昆虫,5种寄生其他昆虫,4种取食植物花蜜,3种取食苔藓,3种传授植物花粉,3种取食腐木,2种取食粪,隶属13个营养生态位集团。对泡核桃造成严重危害的昆虫有核桃星尺蛾、漫绿刺蛾、星天牛、梗天牛、绿凹缘花金龟、暗异花金龟。个体数量以鳞翅目最多,鞘翅目次之,螳螂目最少;物种数以鞘翅目最多,鳞翅目次之,螳螂目最少。核桃星尺蛾、粗狭肋鳃金龟、华锐红椿、黑翅土白蚁为优势物种。昆虫群落组成与泡核桃林物候关系密切,在泡核桃开花、结果的高峰期,昆虫群落呈较高的多样性、均匀度分布格局。在一定程度上,捕食与寄生昆虫控制了林内害虫;食粪与腐烂物、食腐木与苔藓昆虫分解了林内有机物,促进了生态系统的物质循环。

关键词:昆虫;群落结构;摄食功能;营养生态位集团;泡核桃林

中图分类号:S718.7;S792.13 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)06-0086-11

引文格式:李国锋,梅徐海,王春梅,等.泡核桃林昆虫群落结构及其摄食功能研究[J].林业调查规划,2023,48(6):86-96. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.016

LI Guofeng, MEI Xuhai, WANG Chunmei, et al. Community Structure and Feeding Function of Insects in *Juglans sigillata* Forest[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6): 86-96. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.016

Community Structure and Feeding Function of Insects in *Juglans sigillata* Forest

LI Guofeng¹, MEI Xuhai², WANG Chunmei³, WU Xingxing¹, SHENG Chunyong², YANG Fan¹

(1. Yunnan Forestry Technological College, Kunming 650224, China;

2. Luquan Bureau of Forestry and Grassland, Kunming 651500, China;

3. Yinglin Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650000, China)

Abstract: The trapping light method was used to research community structure and feeding function of insect in the *Juglans sigillata* forest. A total of 2968 insects were captured, belonging to 187 species, 172 genera, 63 families and 13 orders, among which, 13 trophic groups were recorded as details: 74 species were leaf-feeding, 29 species were juice-sucking, 22 species were predators, 17 species were blossom &

收稿日期:2022-05-31;修回日期:2022-06-24.

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目(云2020TG12号).

第一作者:李国锋(1971-),男,湖南衡阳人,教授.主要从事昆虫分类与多样性研究. Email:lgfwh@163.com

bud & fruit-feeding, 10 species were decay-feeding, 12 species were stem-drillers, 8 species were underground, 5 species were parasites, 4 species were nectar-feeding, 3 species were moss-feeding, 3 species were pollinators, 3 species were rottenwood-feeding, and 2 species were feces-feeding. The most serious damage to *J. sigillata* was caused by *Ophthalmodes albosignaria juglandaria*, *Latoia ostia*, *Anoplophora chinensis*, *Arhopalus rusticus*, *Dicranobia potanini* and *Thaumastopeus pullus*. The number of individuals was highest in Lepidoptera, followed by Coleoptera, and lowest in Mantodea; the number of species was highest in Coleoptera, followed by Lepidoptera, and lowest in Mantodea. *Ophthalmodes albosignaria juglandaria*, *Holotrichia scrobiculata*, *Euscopus chinensis*, *Odontotermes formosanus* were the dominant species. There was a close relationship between the composition of insect community and the phenological stages of *J. sigillata*. During the peak in flower and fruit abundance, the parameter of species diversity and evenness increased. To some extent, predators and parasites insects controlled pests, while feces-feeding, decay-feeding, rottenwood-feeding and moss-feeding decomposed organism and promoted material cycle of the ecological system in the *J. sigillata* forest.

Key words: insects; community structure; feeding function; trophic group; *Juglans sigillata* forest

泡核桃 (*Juglans sigillata* Dode) 隶属胡桃科 (Juglandaceae) 胡桃属, 分布于云南、贵州、四川西部、西藏雅鲁藏布江中下游等地。2011 年, 禄劝彝族苗族自治县林业和草原局从景东、永平、大姚等县引进云新核桃、漾濞大泡核桃、大姚三台核桃在禄劝兴新核桃种植专业合作社进行培育, 经过 9 年的生长, 如今有 33.3 hm² 的核桃林已枝繁叶茂, 生态效益显著。鉴于云新核桃的经济效益较低, 2020 年项目组在此地实施了泡核桃提质增效技术推广示范项目, 对示范地 30%~40% 的云新核桃采用昭通良种麻 1 号或麻 2 号进行良种更换, 以此促进当地群众增产增收。泡核桃林面临的虫害有: 食叶害虫大袋蛾、黄刺蛾、缀叶螟; 蛀果害虫举肢蛾; 蛀干害虫云斑天牛、蓝绿窄吉丁; 吸汁害虫斑衣蜡蝉、绿盲蝽; 根部害虫芳香木蠹蛾、横沟象甲等。为探索害虫的生物防治方法和有效保护泡核桃种植地生态环境及物种多样性的途径, 急需进行泡核桃林昆虫群落动态过程的生态学研究。本文采用频振式杀虫灯调查泡核桃 9 年栽培龄期中昆虫物种多样性, 分析昆虫群落结构和功能, 旨在为泡核桃树种的有效保护和管理及天敌昆虫资源的保护和利用提供科学依据。

1 研究地概况

研究地选择在云南省昆明市禄劝县东南部的翠华镇, 地理位置为 25°37'N, 102°34'E, 属亚热带高原季风气候类型, 海拔 1 280~1 710 m。由于受山地地形条件和印度洋季风的影响, 雨量适中 (年均降雨

量 920~960 mm), 年均相对湿度 60%~80%, 冬春干旱、夏秋多雨、夏无酷暑, 冬无严寒。研究样地附近主要树种有云南松 (*Pinus yunnanensis*)、华山松 (*Pinus armandii*)、川滇栎木 (*Alnus ferdinandi-coburgii*)、桉树 (*Eucalyptus robusta*)、板栗 (*Castanea mollissima*)、樟树 (*Cinnamomum Camphora*)、栓皮栎 (*Quercus variabilis*)、麻栎 (*Quercus acutissima*) 等; 灌丛层主要是花椒 (*Zanthoxylum bungeanum*)、火棘 (*Pyracantha fortuneana*)、无花果 (*Ficus carica*)、桃 (*Amygdalus persica*) 和一些幼树; 草本层有紫茎泽兰 (*Eupatorium coelesticum*)、节节草 (*Equisetum ramosissimum*)、反枝苋 (*Amaranthus retroflexus*)、刺苋 (*Amaranthus spinosus*)、多种蒿 (*Artemisia* spp.)、鬼针草 (*Bidens pilosa*)、空心莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*)、野坝子 (*Elsholtzia rugulosa*)、荠菜 (*Capsella bursa-pastoris*)、蒟蒻 (*Amorphophallus konjac*) 等^[24]。

2 研究方法

2.1 调查步骤

2021 年 4 月 10 日—6 月 17 日, 在禄劝县翠华镇兴新核桃种植专业合作社的泡核桃种植基地, 利用昆虫的趋光性, 采用 3ST-15/40 型太阳能杀虫灯与 3SJ-2 * 15 型高效频振式杀虫灯进行调查。

1) 根据环境特征和食叶害虫的危害程度, 在坡地南面选择危害程度较大的泡核桃树附近设置太阳杀虫灯 1 盏, 挂频振式杀虫灯 2 盏 (间隔距离 700 m) 进行捕虫。

2) 太阳杀虫灯为自动光控诱杀灯(开灯时间:19:30 至次日 06:30), 频振式杀虫灯为人工光控诱杀灯(开灯时间:21:00—23:00), 连续调查 67 d, 对诱捕的鳞翅目昆虫(未电死)采用 95% 的酒精即时腹部注射 1~2.5 mL 至昆虫死亡, 拍照并保存于采集箱中, 对诱捕的其他类群昆虫(未电死)采用 75% 的酒精浸泡至死, 拍照并保存于塑料瓶中。

3) 分类鉴定诱捕到的昆虫^[1-23, 25-28], 统计物种与个体数量, 掌握泡核桃林昆虫群落结构与动态。

2.2 数据分析

为了对诱捕到的昆虫进行科学、有效地鉴定和研究, 基于昆虫群落动态与取食情况, 采用 5 项指标和计算公式对样地昆虫物种多样性与群落结构进行研究。

根据诱捕的昆虫个体数量占诱捕昆虫个体总数的百分比确定优势种、常见种、稀有种 3 个等级, 占比>10% 为优势种; 1%~10% 为常见种; <1% 为稀有种。

1) 物种多样性指数: 根据 Shannon-Wiener 多样性公式计算物种多样性指数, 计算公式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad (P_i = N_i/N) \quad (1)$$

式中: P_i 为第 i 个物种的个体占比; N_i 为第 i 个物种的个体数; N 为诱捕的昆虫个体总数。

2) 均匀度指数: 根据 Pielou 均匀度公式计算均匀度指数, 计算公式为:

$$J = H'/\ln S \quad (2)$$

式中: H' 为 Shannon-Wiener 物种多样性指数; S 为诱捕的昆虫物种总数。

3) 优势度指数: 根据 Berger Parker 优势度公式计算优势度指数, 计算公式为:

$$D = N_{\max}/N_i \quad (3)$$

式中: $N_{\max}$ 为优势种的个体总数; N_i 为诱捕的昆虫个体总数。

4) 最大多样性指数: 根据 Shannon-Wiener 最大多样性公式计算最大多样性指数, 计算公式为:

$$H_{\max} = \log_2 S \quad (4)$$

式中: $H_{\max}$ 为最大物种多样性指数; S 为诱捕的昆虫物种总数。

3 结果与分析

3.1 昆虫群落结构特征

泡核桃多为嫁接繁殖, 少数实生。一般树干分枝较低, 侧枝向四周扩展, 树冠庞大成伞形或半圆球

形, 果枝密集, 结实量高。树皮粗糙, 裂纹较深, 小枝棕黄色, 侧芽大而圆, 小叶黄绿色呈长椭圆状、披针形。果实扁圆形, 外果皮光滑, 黄绿色, 具黄白色斑点。坚果种壳厚 0.5~1.1 mm, 用手可捏开; 内褶壁明显而不发达, 内隔膜质, 容易整仁取出, 出仁率 55%~56%, 种仁含油率约 70%, 味极香, 具有很高的经济价值和用途。

禄劝县翠华镇兴新核桃种植专业合作社于 2011 年在基地内进行了云新核桃、漾濞大泡核桃、大姚三台核桃的定植。在此期间, 由于部分苗木死亡, 企业进行了不定期补苗。如今大部分核桃树已开花结果, 均高 3~6 m, 长势良好。2021 年 2 月至 3 月上旬, 项目组利用蓄热保湿嫁接法对示范地 30%~40% 的云新核桃采用昭通良种麻 1 号或麻 2 号进行了良种更换。在开展调查工作期间, 虽然错过了泡核桃树的盛花期(3—4 月), 但其还在陆续开花、结果。此次研究中总计诱集昆虫 2 968 头, 隶属 13 目 63 科 172 属 187 种(表 1)。

表 1 不同时间昆虫目、科、属、种的丰富度

Tab. 1 Richness of insect species, genera, families and orders in different months

时间	目数		科数		属数		种数	
	数量 /目	占比 /%	数量 /科	占比 /%	数量 /属	占比 /%	数量 /种	占比 /%
4 月上旬	6	46	30	48	81	47	77	41
4 月中旬	7	54	35	56	110	64	94	50
4 月下旬	8	62	37	59	120	70	103	55
5 月上旬	9	69	45	71	138	80	125	67
5 月中旬	10	77	48	76	147	85	136	73
5 月下旬	10	77	50	79	155	90	147	79
6 月上旬	11	85	55	87	162	94	164	88
6 月中旬	12	92	57	90	166	97	171	91
总计	13	100	63	100	172	100	187	100

在研究样地中, 鳞翅目 13 科 43 属 48 种, 膜翅目 4 科 12 属 13 种, 鞘翅目 17 科 50 属 56 种, 双翅目 3 科 6 属 7 种, 同翅目 2 科 5 属 5 种, 蜚蠊目 3 科 3 属 3 种, 半翅目 8 科 30 属 31 种, 螳螂目 1 科 1 属 1 种, 直翅目 5 科 12 属 12 种, 等翅目 1 科 2 属 2 种, 缨翅目 2 科 3 属 3 种, 脉翅目 2 科 2 属 3 种, 革翅目 2 科 3 属 3 种。优势目 4 个, 优势科 4 个, 优势种 4 个(表 2, 表 3, 表 4)。

表 2 不同时间昆虫优势目个体数量动态

Tab. 2 Dynamics of individual numbers of dominant orders in different months

时间	鳞翅目		鞘翅目		半翅目		等翅目	
	数量 /目	占比 /%	数量 /目	占比 /%	数量 /目	占比 /%	数量 /目	占比 /%
4月上旬	74	8	71	8	22	4	0	0
4月中旬	104	11	97	11	18	4	0	0
4月下旬	135	15	116	13	47	10	0	0
5月上旬	150	16	143	16	155	31	129	42
5月中旬	161	17	173	20	168	34	180	58
5月下旬	105	11	96	11	44	9	0	0
6月上旬	103	11	94	11	24	5	0	0
6月中旬	98	11	91	10	16	3	0	0
总计	930	100	881	100	494	100	309	100

表 3 不同时间昆虫优势科个体数量动态

Tab. 3 Dynamics of individual numbers of dominant families in different months

时间	尺蛾科		鳃金龟科		红蜡科		白蚁科	
	数量 /科	占比 /%	数量 /科	占比 /%	数量 /科	占比 /%	数量 /科	占比 /%
4月上旬	16	4	0	0	0	0	0	0
4月中旬	24	6	27	8	3	1	0	0
4月下旬	77	18	45	13	35	11	0	0
5月上旬	94	22	82	24	103	32	129	42
5月中旬	125	30	108	31	118	37	180	58
5月下旬	37	9	30	9	25	8	0	0
6月上旬	25	6	31	9	21	7	0	0
6月中旬	20	5	21	6	14	4	0	0
总计	418	100	344	100	319	100	309	100

根据样地中诱集的物种情况,采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')、均匀度指数(J)、优势度指数(D)、最大多样性指数($H_{\max}$) 4 个参数计算物种多样性(表 5)。

3.2 昆虫群落摄食特征与功能分析

根据样地中诱集到的昆虫食性,分析摄食功能特征。据统计分析,不同摄食习性的物种及其占比见表 6。

对 187 种昆虫的摄食功能进行分析,发现有 53 种昆虫(幼、成虫)摄食泡核桃树叶、花、芽、花蜜、果实和传粉及钻蛀茎干,推测可能既与泡核桃林的物候变化相关,又与其花果的丰盛度相关。另外 134

表 4 不同时间昆虫优势种个体数量动态

Tab. 4 Dynamics of individual numbers of dominant species in different months

时间	核桃 星尺蛾		粗狭肋 鳃金龟		华锐 红蜡		黑翅 土白蚁	
	数量 /种	占比 /%	数量 /种	占比 /%	数量 /种	占比 /%	数量 /种	占比 /%
4月上旬	0	0	0	0	0	0	0	0
4月中旬	14	4	20	7	3	1	0	0
4月下旬	67	21	42	14	35	11	0	0
5月上旬	84	27	72	24	102	32	127	42
5月中旬	95	30	98	33	117	37	178	58
5月下旬	27	9	23	8	25	8	0	0
6月上旬	15	5	26	9	21	7	0	0
6月中旬	10	3	17	6	14	4	0	0
总计	312	100	298	100	317	100	305	100

表 5 不同时间昆虫物种及其多样性动态参数

Tab. 5 Parameters of the dynamics of insect species and species diversity in different months

时间	动态参数				
	物种 总数 (S)	多样性 指数 (H')	均匀度 指数 (J)	优势度 指数 (D)	最大多样 性指数 ($H_{\max}$)
4月上旬	77	1.6258	0.3108	0	1.8865
4月中旬	94	1.9847	0.3794	0.0125	1.9731
4月下旬	103	2.1746	0.4157	0.0485	2.0128
5月上旬	125	2.6388	0.5044	0.1297	2.0969
5月中旬	136	2.8714	0.5489	0.1644	2.1335
5月下旬	147	3.1035	0.5933	0.0253	2.1673
6月上旬	164	3.4624	0.6619	0.0209	2.2148
6月中旬	171	3.6102	0.6901	0.0138	2.2330

种昆虫既与泡核桃林的物候状况相关联,又与林内外植被结构和食物链关系密切。样地内昆虫群落组成、各取食营养生态位集团及物种个体相对多度分析见表 7。

在样地中诱捕的昆虫隶属 13 个营养生态位集团,其中 74 种取食植物叶片,29 种刺吸植物汁液,22 种捕食其他昆虫,17 种取食植物花、芽、果,10 种取食腐烂物,12 种钻蛀植物茎干,8 种为地下昆虫,5 种寄生其他昆虫,4 种取食植物花蜜,3 种取食苔藓,3 种传授植物花粉,3 种取食腐木,2 种取食粪。其中对泡核桃造成严重危害的是核桃星尺蛾、漫绿刺蛾、

表 6 不同时间不同摄食习性的昆虫物种及其占比

Tab. 6 Percentage of insect species with different feeding habits in different months

摄食 习性	物种数															
	4 月上旬		4 月中旬		4 月下旬		5 月上旬		5 月中旬		5 月下旬		6 月上旬		6 月中旬	
	数量	占比 /%	数量	占比 /%	数量	占比 /%	数量	占比 /%	数量	占比 /%	数量	占比 /%	数量	占比 /%	数量	占比 /%
Bi	7	9	8	9	1	9	8	7	9	9	9	9	8	9	7	9
De	4	5	4	5	6	5	6	6	5	5	5	5	4	5	4	5
Fe	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
J	11	15	13	15	19	16	18	17	14	14	14	14	13	15	12	15
L	21	28	26	31	29	25	29	27	30	30	29	29	26	30	23	29
M	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4
N	1	1	1	1	3	3	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1
Pa	3	4	4	5	7	6	6	6	6	6	6	6	4	5	4	5
Pi	15	20	15	18	25	21	22	20	18	18	19	19	13	15	15	19
Po	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
R	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
St	3	4	5	6	5	4	5	5	4	4	4	4	5	6	4	5
U	4	5	4	5	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4	5
总计	74	100	85	100	118	100	109	100	101	100	100	100	86	100	78	100

注:Bi 为食花、芽、果昆虫;De 为食腐昆虫;Fe 为食粪昆虫;J 为吸汁昆虫;L 为食叶昆虫;M 为食苔藓昆虫;N 为食花蜜昆虫;Pa 为寄生昆虫;Pi 为捕食昆虫;Po 为传粉昆虫;R 为食腐木昆虫;St 为钻蛀昆虫;U 为地下昆虫(下同)。

表 7 昆虫群落组成、各取食营养生态位集团及物种个体相对多度分析

Tab. 7 Insect community composition, trophic groups and relative abundance of individual species

目	科	种	生态位 集团	数量	物种个体 相对多度	$P_i \ln P_i$
一 鳞翅目 Lepidoptera	(一)毒蛾科 Lymantriidae	1. 钩茸毒蛾 <i>Dasychira pennatula</i> Fabricius ▲	L(幼虫)	38	0.0128	-0.0558
		2. 幻带黄毒蛾 <i>Euproctis varians</i> Walker ※		5	0.0017	-0.0108
		3. 轻白毒蛾 <i>Arctornis cloangesunata</i> Collenette ※		3	0.0010	-0.0069
		4. 霉茸毒蛾 <i>Dasychira catocaloides</i> Leech ※		7	0.0024	-0.0145
	(二)灯蛾科 Arctiidae	5. 仿首丽灯蛾 <i>Callimorpha tequitilis</i> Kollar ※	L(幼虫)	14	0.0047	-0.0252
		6. 净雪灯蛾 <i>Spilosoma album</i> Bremer et Grey ※		3	0.0010	-0.0069
		7. 白污灯蛾 <i>Spilarctia neglecta</i> Rothschild ▲		47	0.0158	-0.0655
		8. 昏斑污灯蛾 <i>Spilarctia irregularis</i> Rothschild ※		4	0.0013	-0.0086
		9. 显脉污灯蛾 <i>Spilarctia bisecta</i> Leech ※		4	0.0013	-0.0086
	(三)夜蛾科 Noctuidae	10. 后夜蛾 <i>Trisuloides sericea</i> Butler ※	L(幼虫)	7	0.0024	-0.0145
		11. 白斑胖夜蛾 <i>Orthogonia canimaculata</i> Warren ※		6	0.0020	-0.0124
		12. 间纹德夜蛾 <i>Lepidodelta intermedia</i> Bremer ※		8	0.0027	-0.0160
		13. 梨剑纹夜蛾 <i>Acronicta rumicis</i> Linnaeus ▲		53	0.0179	-0.0720
	(四)螟蛾科 Pyralidae	14. 松梢斑螟 <i>Dioryctria rubella</i> Hampson ※	L(幼虫)	6	0.0020	-0.0124
		15. 冷杉梢斑螟 <i>Dioryctria abietella</i> Fabricius ※		12	0.0040	-0.0221
		16. 麦牧野螟 <i>Nomophila noctuella</i> Schiffermüller et Denis ※		7	0.0024	-0.0145
		17. 棕带绢野螟 <i>Diaphania stollis</i> Guenée ※		5	0.0017	-0.0108
	(五)大蚕蛾科 Saturniidae	18. 点目大蚕蛾 <i>Cricula andrei</i> Jordan ※	L(幼虫)	14	0.0047	-0.0252
	(六)尺蛾科 Geometridae	19. 大造桥虫 <i>Ascotis selenaria</i> Schiffermüller et Denis ※	L(幼虫)	12	0.0040	-0.0221
		20. 双云尺蛾 <i>Biston comitata</i> Warren ※		10	0.0034	-0.0193
		21. 苹烟尺蛾 <i>Phthonosema tendinosaria</i> Bremer ※		5	0.0017	-0.0108

续表 7

目	科	种	生态位 集团	数量	物种个体 相对多度	$P_i \ln P_i$
二 膜翅目 Hymenoptera	(七)天蛾科 Sphingidae	22. 核桃星尺蛾 <i>Ophthalmodes albosignaria juglandaria</i> Oberthür ★		312	0.1051	-0.2368
		23. 樟翠尺蛾 <i>Thalassodes quadraria</i> Guenée ※		7	0.0024	-0.0145
		24. 白脉青尺蛾 <i>Hipparchus albovenaria</i> Bremer ※		9	0.0030	-0.0174
		25. 草绿尺蛾 <i>Hipparchus fragilis</i> Oberthür ※		10	0.0034	-0.0193
		26. 黄尺蛾 <i>Sirinopteryx parallela</i> Wehrli ▲		42	0.0142	-0.0604
		27. 烤焦尺蛾 <i>Nobila avellanea</i> Prout ※		11	0.0037	-0.0207
		28. 栗六点天蛾 <i>Marumba sperchius</i> Ménétris ※ E	L(幼虫)	3	0.0010	-0.0069
		29. 豆天蛾 <i>Clanis bilineata tsingtauca</i> Mell ※ E	N(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		30. 团角锤天蛾 <i>Gurelca hyas</i> Walker ※ E		5	0.0017	-0.0108
		31. 青背长喙天蛾 <i>Macroglossum bombylans</i> Boisduval ▲ E		33	0.0111	-0.0500
	(八)斑蛾科 Zygaenidae	32. 华庆锦斑蛾 <i>Erasmia pulchella chinensis</i> Jordan ※	L(幼虫)	15	0.0051	-0.0269
	(九)苔蛾科 Lithosiidae	33. 代土苔蛾 <i>Eilema vicaria</i> Walker ※	M(幼虫)	5	0.0017	-0.0108
		34. 秧雪苔蛾 <i>Chionaema arama</i> Moore ※		5	0.0017	-0.0108
		35. 瑰痣苔蛾 <i>Stigmatophora roseivena</i> Hampson ※		7	0.0024	-0.0145
	(十)刺蛾科 Limacodidae	36. 长须刺蛾 <i>Hyphorma minax</i> Walker ※	L(幼虫)	6	0.0020	-0.0124
		37. 暗扁刺蛾 <i>Thosea loesa</i> Moore ※		6	0.0020	-0.0124
		38. 漫绿刺蛾 <i>Latoia ostia</i> Swinhoe ▲		56	0.0189	-0.0750
		39. 背刺蛾 <i>Belippa horrida</i> Walker ※		10	0.0034	-0.0193
	(十一)舟蛾科 Notodontidae	40. 朝鲜新林舟蛾 <i>Neodrymonia coreana</i> Matsumura ※	L(幼虫)	3	0.0010	-0.0069
		41. 白斑胯白舟蛾 <i>Quadricalcarifera fasciata</i> Moore ※		5	0.0017	-0.0108
		42. 云舟蛾 <i>Neopheosia fasciata</i> Moore ※		6	0.0020	-0.0124
		43. 杨二尾舟蛾 <i>Cerura menciana</i> Moore ※		8	0.0027	-0.0160
	(十二)钩翅蛾科 Drepantidae	44. 白星黄钩蛾 <i>Tridrepana crocea</i> Leech ※	L(幼虫)	6	0.0020	-0.0124
	(十三)枯叶蛾科 Lasiocampidae	45. 云南松毛虫 <i>Dendrolimus houi</i> Lajonquière ▲	L(幼虫)	67	0.0226	-0.0856
		46. 白缘云毛虫 <i>Hoeninnema clarilimbata</i> Lajonquière ※		7	0.0024	-0.0145
		47. 昆明小毛虫 <i>Cosmotriche kunmingensis</i> Hou ※		8	0.0027	-0.0160
		48. 焦褐枯叶蛾 <i>Gastropacha quercifolia tibetana</i> Lajonquière ※		5	0.0017	-0.0108
	(一)姬蜂科 Ichneumonidae	1. 夜蛾瘦姬蜂 <i>Ophion luteus</i> Linnaeus ※	Pa(卵)	5	0.0017	-0.0108
		2. 台湾弯尾姬蜂 <i>Diadegma akoensis</i> Shiraki ※		2	0.0007	-0.0051
		3. 螟蛉悬茧姬蜂 <i>Charops bicolor</i> Szepligeti ※		5	0.0017	-0.0108
		4. 朝鲜紫姬蜂 <i>Chlorocryptus coreanus</i> Szepligeti ※		3	0.0010	-0.0069
		5. 食蚜蝇姬蜂 <i>Diplozon laetatorius</i> Fabricius ※		4	0.0013	-0.0086
	(二)胡蜂科 Vespidae	6. 褐胡蜂 <i>Vespa binghami</i> Buysson ※	Pi(成虫)	10	0.0034	-0.0193
		7. 拟大胡蜂 <i>Vespa analis nigrans</i> Buysson ※		5	0.0017	-0.0108
	(三)蜜蜂科 Apidae	8. 中华蜜蜂 <i>Apis cerana</i> Fabricius ※	Po(成虫)	14	0.0047	-0.0252
		9. 黄胸木蜂 <i>Xylocopa appendiculata</i> Smith ※		5	0.0017	-0.0108
		10. 高值熊蜂 <i>Bombus pretiosus</i> Bischoff ※		4	0.0013	-0.0086
	(四)蚁科 Formicidae	11. 长足切叶蚁 <i>Aphaenogaster longipes</i> Smith ※ A	L(成虫)	5	0.0017	-0.0108
		12. 尼氏大头蚁 <i>Phiedole nietneri</i> Emery ※	Pi(成虫)	9	0.0030	-0.0174
		13. 罗氏铺道蚁 <i>Tetramorium rothneyi</i> Forel ※		7	0.0024	-0.0145
三 鞘翅目 Coleoptera	(一)叩甲科 Elateridae	1. 棕羽角叩甲 <i>Campsosternus Rotundifrons</i> Guerin ※ B	Bi(成虫) U(幼虫)	7	0.0024	-0.0145
	(二)叶甲科 Chrysomelidae	2. 莫沟胫跳甲 <i>Hemipyxis moseri</i> Weise ※ B	L(幼虫)	3	0.0010	-0.0069
		3. 黑斑粗角跳甲 <i>Phygasia dorsata</i> Baly ※ B	Bi(成虫)	5	0.0017	-0.0108

续表 7

目	科	种	生态位 集团	数量	物种个体 相对多度	$P_i \ln P_i$
		4. 黄守瓜 <i>Aulacophora femoralis</i> Motschulsky ▲ B		31	0.0104	-0.0475
		5. 黄足黑守瓜 <i>Aulacophora lewisii</i> Baly ▲ B		33	0.0111	-0.0500
		6. 黑头异跗萤叶甲 <i>Apophylla nigriceps</i> Laboissiere ※ B		4	0.0013	-0.0086
		7. 桤木里叶甲 <i>Linaeidea placida</i> Chen ▲ B		45	0.0152	-0.0636
		8. 褐背小萤叶甲 <i>Galerucella grisea</i> Joannis ※ B		4	0.0013	-0.0086
		9. 粗角哈萤叶甲 <i>Haplosomoidis laticornis</i> Laboissiere ※ B		3	0.0010	-0.0069
		10. 长软米萤叶甲 <i>Mimastra gracilis</i> Baly ※ B		3	0.0010	-0.0069
(三)	鳃金龟科 Melolonthidae	11. 粗狭肋鳃金龟 <i>Holotrichia scrobiculata</i> Brenske ★ A	L(成虫)	298	0.1004	-0.2308
		12. 短距狭肋鳃金龟 <i>Holotrichia brevispina</i> Chang ▲ A	U(幼虫)	36	0.0121	-0.0534
		13. 昆明齿爪鳃金龟 <i>Holotrichia kunmina</i> Chang ※ A		7	0.0024	-0.0145
		14. 毛臀齿爪鳃金龟 <i>Holotrichia pilipyga</i> Chang ※ A		3	0.0010	-0.0069
(四)	步甲科 Carabidae	15. 双斑青步甲 <i>Chlaenius bioculatus</i> Motschulsky ▲	Pi(成虫)	30	0.0101	-0.0464
		16. 中华婪步甲 <i>Harpalus sinicus</i> Hope ※		3	0.0010	-0.0069
		17. 铜胸短角步甲 <i>Trigonotoma lewisii</i> Baly ※		2	0.0007	-0.0051
(五)	花金龟科 Cetoniidae	18. 绿凹缘花金龟 <i>Dicranobia potanini</i> Kraatz ▲ B	Bi(成虫)	30	0.0101	-0.0464
		19. 云罗花金龟 <i>Rhomborrhina yunnana</i> Moser ※ B	U(幼虫)	4	0.0013	-0.0086
		20. 暗异花金龟 <i>Thaumastopeus pullus</i> Billberg ▲ B		72	0.0243	-0.0903
		21. 褐锈花金龟 <i>Poeilophilides rusticola</i> Burmeister ※ B		3	0.0010	-0.0069
(六)	丽金龟科 Rutelidae	22. 弱斑弧丽金龟 <i>Popillia histeroidea</i> Gyllenhal ※ A	L(成虫)	4	0.0013	-0.0086
		23. 陷缝异丽金龟 <i>Anomala rufiventris</i> Redtenbacher ※ A	U(幼虫)	3	0.0010	-0.0069
(七)	象甲科 Curculionidae	24. 云南松镰象 <i>Drepanoderus leucofasciatus</i> Voss ※	St	5	0.0017	-0.0108
		25. 三带筒喙象 <i>Lixus distortus</i> Csiki ※	(幼、成虫)	3	0.0010	-0.0069
(八)	埋葬甲科 Silphidae	26. 皱翅亡葬甲 <i>Thanatophilus rugosus</i> Linnaeus ※	De(成虫)	2	0.0007	-0.0051
		27. 亚洲尸葬甲 <i>Necrodes littoralis</i> Linnaeus ※		3	0.0010	-0.0069
(九)	天牛科 Cerambycidae	28. 棕须天牛 <i>Cyrtonops punctipennis</i> White ※	St(幼虫)	3	0.0010	-0.0069
		29. 梗天牛 <i>Arhopalus rusticus</i> Linnaeus ▲ D		32	0.0108	-0.0489
		30. 光胸断眼天牛 <i>Tetropium castaneum</i> Linnaeus ※		2	0.0007	-0.0051
		31. 星天牛 <i>Anoplophora chinensis</i> Förster ▲ D		45	0.0152	-0.0636
		32. 毛角薄翅天牛 <i>Megopsis marginalis</i> Fabricius ※		3	0.0010	-0.0069
		33. 茶丽天牛 <i>Rosalia lameerei</i> Brongniart ※		2	0.0007	-0.0051
		34. 黄蓝眼天牛 <i>Baccisa guerryi</i> Pic ※ D		3	0.0010	-0.0069
(十)	拟步甲科 Tenebrionidae	35. 中华垫甲 <i>Lypros sinensis</i> Mars ※	R(成虫)	2	0.0007	-0.0051
		36. 扁土潜 <i>Gonocephalum depressum</i> Fabricius ※		3	0.0010	-0.0069
		37. 赤拟谷盗 <i>Tribolium castaneum</i> Herbst ※		4	0.0013	-0.0086
(十一)	金龟子科 Scarabaeidae	38. 神农蛱螂 <i>Catharsius molossus</i> Linnaeus ※	Fe (幼、成虫)	8	0.0027	-0.0160
(十二)	长蠹科 Bostrychidae	39. 六齿双棘长蠹 <i>Sinoxylon anale</i> Lesne ※	St(幼虫)	5	0.0017	-0.0108
(十三)	吉丁虫科 Buprestidae	40. 绿窄吉丁 <i>Agrilus viridis</i> Linnaeus ※ B	Bi(成虫)	2	0.0007	-0.0051
		41. 中华窄吉丁 <i>Agrilus chinensis</i> Kerr ※ B	U(幼虫)	3	0.0010	-0.0069
		42. 云南松脊吉丁 <i>Chalcophora yunnana</i> Fairmaire ※ B		2	0.0007	-0.0051
(十四)	瓢虫科 Coccinellidae	43. 黑条长瓢虫 <i>Macronaemia hauseri</i> Weise ※	Pi(成虫)	1	0.0003	-0.0024
		44. 奇变瓢虫 <i>Aiolocaria hexaspilota</i> Hope ※		2	0.0007	-0.0051
		45. 异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i> Pallas ▲		30	0.0101	-0.0464
		46. 七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus ▲		35	0.0118	-0.0524
		47. 奇斑瓢虫 <i>Harmonia eucharis</i> Fabricius ※		2	0.0007	-0.0051

续表 7

目	科	种	生态位 集团	数量	物种个体 相对多度	$P_i \ln P_i$
四 双翅目 Diptera	(十五)负泥虫科 Criceridae	48. 六斑月瓢虫 <i>Menochilus sexmaculata</i> Fabricius ※		3	0.0010	-0.0069
		49. 黄缘巧瓢虫 <i>Oenopia sauzeti</i> Mulsant ※		3	0.0010	-0.0069
		50. 黄斑裸瓢虫 <i>Calvia muiri</i> Timberlake ※		2	0.0007	-0.0051
		51. 紫茎甲 <i>Sagraa femorata purpurea</i> Lichts ※ A	L(成虫)	7	0.0024	-0.0145
		52. 异负泥虫 <i>Lilioceria impressa</i> Fabricius ※ A	St(幼虫)	4	0.0013	-0.0086
		(十六)肖叶甲科 Eumolpidae				
	(十七)隐翅虫科 Staphylinidae	53. 腹斑隐头叶甲 <i>Cryptocephalus rainwaterae</i> Kimoto ※ A	L	3	0.0010	-0.0069
		54. 褐足角胸叶甲 <i>Basilepta fulvipes</i> Motschulsky ※ A	(幼、成虫)	7	0.0024	-0.0145
	(一)粪蝇科 Scathophagidae	55. 梭毒隐翅虫 <i>Paederus fuecipes</i> Curtis ※	Pi(成虫)	12	0.0040	-0.0221
		56. 双色印度肩隐翅虫 <i>Indoquedius bicoloris</i> Smetana ※		5	0.0017	-0.0108
	(二)寄蝇科 Tachinidae	1. 小黄粪蝇 <i>Scathophaga stercoraria</i> Linnaeus ※	Fe(成虫)	11	0.0037	-0.0207
		2. 隔离狭颊寄蝇 <i>Carcelia excisa</i> Fallén ※	Pa(幼虫)	13	0.0044	-0.0239
		3. 三化螟肿额寄蝇 <i>Metoposisyrops scirpophagae</i> Chao ※		4	0.0013	-0.0086
		4. 夜蛾土蓝寄蝇 <i>Turanogonia chinensis</i> Wiedemann ※		3	0.0010	-0.0069
		5. 洛灯茸毛寄蝇 <i>Servillia rohdendorfi</i> Chao ※		6	0.0020	-0.0124
	(三)果蝇科 Drosophilidae	6. 黑腹果蝇 <i>Drosophila melanogaster</i> Meigen ※	De(成虫)	7	0.0024	-0.0145
		7. 斑翅果蝇 <i>Drosophila suzukii</i> Matsumura ▲		30	0.0101	-0.0464
五 同翅目 Homoptera	(一)蝉科 Cicadidae	1. 暗翅蝉 <i>Scieroptera splendidula</i> Fabricius ▲	J(成虫)	30	0.0101	-0.0464
		2. 苏利圭蝉 <i>Quintilia soulii</i> Diatant ※	U(若虫)	7	0.0024	-0.0145
		3. 绿鸣蝉 <i>Oncotympana virescens</i> Distant ※		5	0.0017	-0.0108
	(二)叶蝉科 Cicadelloidea	4. 纹翅叶蝉 <i>Nakahararus maculosus</i> Kuoh ※	J(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		5. 艳扁喙叶蝉 <i>Idioscopus nitidinus</i> Kuoh ※		4	0.0013	-0.0086
六 蜚蠊目 Blattaria	(一)姬蠊科 Blattellidae	1. 广纹小蠊 <i>Blattella latistriga</i> Walker ※	De(成虫)	3	0.0010	-0.0069
	(二)蜚蠊科 Blattidae	2. 美洲大蠊 <i>Periplaneta americana</i> Linnaeus ※	De(成虫)	5	0.0017	-0.0108
	(三)弯翅蠊科 Panesthiidae	3. 拟大弯翅蠊 <i>Panesthia spadica</i> Shiraki ※	De(成虫)	2	0.0007	-0.0051
七 半翅目 Hemiptera	(一)蝽科 Pentatomidae	1. 丽盾蝽 <i>Chrysocoris grandis</i> Thunberg ※	J(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		2. 长盾蝽 <i>Scutellera perplexa</i> Westwood ※		11	0.0037	-0.0207
		3. 山字宽盾蝽 <i>Poecilocoris sanszesignatus</i> Yang ※		1	0.0003	-0.0024
		4. 黑腹兜蝽 <i>Aspongopus nigriventris</i> Westwood ※		3	0.0010	-0.0069
		5. 异色巨蝽 <i>Eusthense cupreus</i> Westwood ※		6	0.0020	-0.0124
		6. 二斑历蝽 <i>Cantheconidea binotata</i> Distant ※		3	0.0010	-0.0069
		7. 耳蝽 <i>Troilus luridus</i> Fabricius ※		2	0.0007	-0.0051
		8. 印度片蝽 <i>Sciocori indicus</i> Dallas ※		3	0.0010	-0.0069
		9. 稻绿蝽黄肩型 <i>Nezara viridula forma torquata</i> Fabricius ※		10	0.0034	-0.0193
		10. 尖角普蝽 <i>Priassus spiniger</i> Haglund ※		5	0.0017	-0.0108
		11. 昆明真蝽 <i>Pentatoma kunmingensis</i> Xiong ※		2	0.0007	-0.0051
		12. 茶翅蝽 <i>Halyomorpha halys</i> Stål ※		3	0.0010	-0.0069
	(二)红蝽科 Pyrrhocoridae	13. 华锐红蝽 <i>Euscopus chinensis</i> Blöte ★	J(成虫)	317	0.1068	-0.2389
		14. 地红蝽 <i>Pyrrhocoris tibialis</i> Stal ※		2	0.0007	-0.0051
	(三)猎蝽科 Reduviidae	15. 二色短猎蝽 <i>Brachytonus bicolor</i> China ※	Pi(成虫)	7	0.0024	-0.0145
		16. 敏猎蝽 <i>Thodelmus falleni</i> Stal ※		6	0.0020	-0.0124
		17. 棘猎蝽 <i>Polididus armatissimus</i> Stal ※		3	0.0010	-0.0069
		18. 暴猎蝽 <i>Agriosphodrus dohrni</i> Signoret ※		2	0.0007	-0.0051

续表 7

目	科	种	生态位 集团	数量	物种个体 相对多度	$P_i \ln P_i$
八 螳螂目 Mantodea	(四)土螳科 Cydnidae	19. 红缘猎蝽 <i>Reduvius lateralis</i> Hsiao ▲	U(成虫)	35	0.0118	-0.0524
		20. 黑龟土螳 <i>Lactistes longirostris</i> Hsiao ※ C		10	0.0034	-0.0193
		21. 侏地土螳 <i>Geotomus pygmaeus</i> Fabricius ※ C		3	0.0010	-0.0069
	(五)龟螳科 Plataspidae	22. 狄豆龟螳 <i>Megacopta distanti</i> Montandon ※	J(成虫)	7	0.0024	-0.0145
		23. 云南尖同螳 <i>Cyphostethus yunnanensis</i> Liu ※		3	0.0010	-0.0069
	(六)同螳科 Acanthosomatidae	24. 光角翘同螳 <i>Anaxandra levicornis</i> Dallas ※	J(成虫)	4	0.0013	-0.0086
		25. 四星华异螳 <i>Tessaromerus quadriaticulatus</i> Kirkaldy ※		7	0.0024	-0.0145
	(七)异螳科 Urostylidae	26. 斑带盲异螳 <i>Urolabida tenerakhasiana</i> Westwood ※	J(成虫)	6	0.0020	-0.0124
		27. 肩异缘螳 <i>Pterygomia humeralis</i> Hsiao ※		2	0.0007	-0.0051
	(八)缘螳科 Coreidae	28. 黑赭缘螳 <i>Ochrochira fusca</i> Hsiao ※	J(成虫)	5	0.0017	-0.0108
		29. 锈赭缘螳 <i>Ochrochira ferruginea</i> Hsiao ※		9	0.0030	-0.0174
		30. 曲胫侏缘螳 <i>Mictis tenebrosa</i> Fabricius ※		3	0.0010	-0.0069
		31. 云南岗缘螳 <i>Gonocerus yunnanensis</i> Hsiao ※		11	0.0037	-0.0207
	(一)螳螂科 Mantidae	1. 大刀螂 <i>Tenodera aridifolia</i> Stoll ※	Pi(成虫)	3	0.0010	-0.0069
九 直翅目 Orthoptera	(一)蟋蟀科 Gryllidae	1. 双斑蟋 <i>Gryllus bimaculatus</i> de Geer ※ C	U(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		2. 花生大蟋 <i>Brachytrupes portentosus</i> Lichtenstaein ※ C		2	0.0007	-0.0051
		3. 黄脸油葫芦 <i>Tleogryllus emma</i> Ohmachi & Matsumura ※ C		11	0.0037	-0.0207
	(二)蝗科 Acrididae	4. 昆明拟凹背蝗 <i>Pseudopterygionotus kunmingensis</i> Zheng ※ A	L(成虫)	7	0.0024	-0.0145
		5. 方异距蝗 <i>Heteropternis respondens</i> Walker ※ A		3	0.0010	-0.0069
		6. 丽足踵蝗 <i>Pteroscirta pulchripes</i> Uvarov ※ A		4	0.0013	-0.0086
		7. 东亚飞蝗 <i>Locusta migratoria manilensis</i> Meyen ※ A		12	0.0040	-0.0221
		8. 中华剑角蝗 <i>Acrida cinerea</i> Thunberg ※ A		3	0.0010	-0.0069
	(三)露螽科 Phaneropteridae	9. 日本条螽 <i>Ductia japonica</i> Thunberg ※ A	L(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		10. 秋奇螽 <i>Mirollia fallaxa</i> Bey-Bienko ※ A		4	0.0013	-0.0086
	(四)织娘科 Mecopodidae	11. 纺织娘 <i>Mecopoda elongata</i> Linnaeus ※ A	L(成虫)	3	0.0010	-0.0069
	(五)蝼蛄科 Gryllotalpidae	12. 东方蝼蛄 <i>Gryllotalpa orientalis</i> Burmeister ※ C	U(成虫)	8	0.0027	-0.0160
十 等翅目 Isoptera	(一)白蚁科 Termitidae	1. 土垠大白蚁 <i>Macrotermes annandalei</i> Silvestri ※	U(成虫)	4	0.0013	-0.0086
		2. 黑翅土白蚁 <i>Odontotermes formosanus</i> Shiraki ★		305	0.1028	-0.2339
十一 缨翅目 Thysanoptera	(一)蓟马科 Thripidae	1. 暗翅棍蓟马 <i>Dendrothrips stannardi</i> Ananthakrishnan ※	L(成虫)	2	0.0007	-0.0051
		2. 八节黄蓟马 <i>Thrips flavidalus</i> Bagnall ▲		35	0.0118	-0.0524
	(二)管蓟马科 Phlaeothripidae	3. 华筒管蓟马 <i>Haplothrips chinensis</i> Priesner ※	J(成虫)	2	0.0007	-0.0051
十二 脉翅目 Neuroptera	(一)褐蛉科 Hemerobiidae	1. 点线脉褐蛉 <i>Micromus multipunctatus</i> Matsumura ※	Pi(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		2. 中华草蛉 <i>Chrysopa sinica</i> Tjeder ※		6	0.0020	-0.0124
	(二)草蛉科 Chrysopidae	3. 大草蛉 <i>Chrysopa septempunctata</i> Wesmael ※		1	0.0003	-0.0024
十三 革翅目 Dermaptera	(一)肥螋科 Labiduridae	1. 环纹小肥螋 <i>Euborellia annulipes</i> Lucas ※	De(成虫)	3	0.0010	-0.0069
		2. 异螋 <i>Allodahlia scabriuscula</i> Servill ※		3	0.0010	-0.0069
	(二)螋螋科 Labiduridae	3. 迭球螋 <i>Forficula vicaria</i> Semenov ※		2	0.0007	-0.0051
合计				2968	1.0000	-3.9480

注: ★为优势种; ▲为常见种; ※为稀有种。食性(推测): A 为取食泡核桃叶片种; B 为取食泡核桃花、芽、果实种; C 为取食泡核桃地下根茎种; D 为钻蛀泡核桃茎干种; E 为取食泡核桃花蜜种。

星天牛、梗天牛、绿凹缘花金龟、暗异花金龟。根据不同物种选择寄主的习性,推测结果认为,有19种可能取食泡核桃叶片;16种取食泡核桃花、芽、果实;6种取食泡核桃地下根茎;7种钻蛀泡核桃茎干;4种取食泡核桃花蜜。因泡核桃林花果期多种昆虫卵、幼虫的发生,寄生与捕食其的天敌接踵而来,捕食性天敌有26种;寄生性天敌有9种;其不仅与泡核桃林植被结构相关,也与植物叶、花果上昆虫分布状况关系密切。食腐昆虫(食粪、腐木和其他腐烂物)直接与林地中的地表层状况和腐烂物的腐烂程度相关,同时也与林地中的食物链紧密联系。从昆虫群落物种组成看,隶属多种取食生态位集团的昆虫均在林中活动,以获得食物资源。苔蛾科昆虫的幼虫取食苔藓,始终与泡核桃林关系密切;地下害虫种群动态与泡核桃林的管理(翻耕土壤、除草、施腐熟肥、清除枯木)密切相关。

4 结论与讨论

泡核桃目前已培育出许多品种,具有一定经营规模和经济收入的品种达30余种,分布在不同的适宜地区。大力推广发展的主要品种为漾濞大泡核桃、大姚三台核桃、昭通麻1号、昭通麻2号4个品种。此树种的大面积推广栽培是昆明地区特色经济林产业之一,发展前景广阔。研究发现,泡核桃林昆虫群落结构各参数的季节动态与地区气候变化和泡核桃林物候关系密切,昆虫群落结构与个体数量随气温、降雨量及泡核桃开花、结果物候特征而变化。在泡核桃林开花、结果期,昆虫多样性与种群动态与泡核桃花量、果量及其分布相关;从泡核桃开花到结果期,昆虫种类与个体数量逐渐递增。在研究样地中,6月中旬泡核桃林诱集的昆虫种类最多,占总诱集数的91%,涉及的目、科、属也最多,分别占总诱集数的93%、90%和94%,这些昆虫一部分来自于泡核桃林,一部分可能来自于周边森林,呈现出多样性、均匀度高的分布格局。对不同时间昆虫种类分布状况分析表明:4月下旬在泡核桃林内诱集到的昆虫种类半数以上在随后的月份中也能见到,4月下旬诱集到的昆虫种类与其他月份诱集到的相似性较高;5月、6月上中旬除有与4月下旬相似的物种外还增加了许多其他物种,泡核桃林昆虫种类组成有变动;6月下旬以后泡核桃林内预测到的昆虫种类随花果量的大量减少和降雨量的增加而减少。

在物候演变过程中,泡核桃林生境条件与昆虫

群落相互作用、协同发展:(1)泡核桃林为昆虫提供了栖息地与丰富的食源,维持着相应的昆虫群落,对昆虫多样性与森林生态系统功能的维护起着积极作用;(2)传粉益虫为其传播花粉并促进结果;(3)食叶、花、芽、果昆虫以及吸汁、钻蛀和地下害虫对泡核桃树造成危害。人们往往非常重视对这些害虫的化学防治,而人工栽培泡核桃林对昆虫多样性的维护作用及与昆虫群落结构、功能动态的关系却被忽视。如泡核桃林一旦发生核桃星尺蛾,有机磷杀虫剂的过度使用,不仅影响到昆虫多样性保护和天敌昆虫功能的发挥,而且还会造成环境污染、农药残留。

5 建议

应加强生态知识普及教育,使技术人员了解培育泡核桃林的生态过程,自觉地保护植物、保护昆虫。昆虫多样性、昆虫种群数量的多度是决定昆虫发挥其生态功能的基础;昆虫群落结构与组成决定于其栖息地的植被与环境条件,昆虫群落与植被和环境条件相辅相成、协同发展。泡核桃林的抚育需要基于对系统的认知和科学的管理,对天敌昆虫的保护不容忽视。

当食叶害虫核桃星尺蛾、漫绿刺蛾、绿凹缘花金龟、暗异花金龟与钻蛀害虫星天牛、梗天牛猖獗危害时,应坚持害虫防治的综合防治策略。

5.1 栽培管理技术措施

加强肥水管理,促进树木健康成长,提高抗害虫能力;合理修剪、整枝以增强树势,改善通风透光条件,使花叶并茂,减少害虫危害;调节林地温度和湿度,扎实搞好林间卫生,清除杂草,翻耕土壤,破坏害虫越冬环境,减少来年害虫虫口基数。

5.2 生物防治

充分利用天敌昆虫进行防治,如褐胡蜂、拟大胡蜂、长足切叶蚁、尼氏大头蚁、罗氏铺道蚁、双斑青步甲、中华婪步甲等捕食性天敌昆虫;夜蛾瘦姬蜂、台湾弯尾姬蜂、螟蛉悬茧姬蜂、朝鲜紫姬蜂、食蚜蝇姬蜂、隔离狭颊寄蝇、三化螟肿额寄蝇等寄生性天敌昆虫,必要时可进行人工饲养释放;戴胜、杜鹃、啄木鸟、卷尾、喜鹊、画眉、山雀等食虫鸟,必要时可悬挂鸟巢进行人工招引。也可采用苏云金杆菌等病原细菌;白僵菌、绿僵菌、蚜霉菌等真菌;核型多角体病毒、颗粒体病毒、质型多角体病毒等病毒进行害虫的有效防治。

5.3 化学防治

提倡使用国家大力推广的溴氰菊酯类、拟除虫

菊酯类、苯甲酰脲类、氯化烟酰类杀虫剂,既避免了有机磷杀虫剂对环境的污染,又不影响天敌昆虫在泡核桃林中的积极作用与正常功能的发挥,从而有效保障示范林的健康成长。

致谢:在此次野外调查工作中,禄劝兴新核桃种植专业合作社李加辉、赵永华、李光勤、李自红、王静茹、杨兴明、吕祖学、杨永光、李金福、李青华等同志给予了大力帮助,特表感谢!

参考文献:

- [1] 蔡邦华. 昆虫分类学(中册)[M]. 北京:科学出版社,1973.
- [2] 陈守坚. 我国步甲常见属的检索[J]. 昆虫天敌,1984,6(3):165-180.
- [3] 黄复生. 云南森林昆虫(第一版)[M]. 昆明:云南科技出版社,1987.
- [4] 李铁生. 中国经济昆虫志(第三十册)[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [5] 李国锋,王慧. 南充市郊瓢虫物种多样性的初步研究[J]. 昆虫知识,2005,42(3):311-314.
- [6] 李国锋,郑发科,王慧,等. 马边大风顶自然保护区东南坡垂直带地表甲虫群落研究[C]//第七届全国昆虫区系分类与多样性学术研讨会会议论文集. 2005:133-142.
- [7] 李国锋,郑发科,王慧. 南充市郊瓢虫科昆虫的初步研究[J]. 西华师范大学学报,2005,26(2):145-148.
- [8] LI G F, GARY S. *Neocollyris purpureomaculata* borea - a new tiger beetle species for the fauna of China (Coleoptera: Cicindelidae) [J]. Journal of the Entomological Research Society, 2008, 10(3):33-34.
- [9] 李国锋,周远,王慧,等. 中国大陆巨须隐翅虫属一新记录[J]. 西华师范大学学报,2009,30(3):244-245.
- [10] LI G F, ZHOU Y, ZHENG F K. A new species of the genus *Oxyporus* Fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) from Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2011, 3067:65-68.
- [11] 黄埔则,李国锋,周建,等. 云南省虎甲科昆虫区系与物种多样性研究[J]. 林业调查规划,2012,37(3):43-47.
- [12] 李国锋,林平,秦石友. 中国虎甲科昆虫区系研究[J]. 西华师范大学学报,2012,33(2):125-130.
- [13] LI G F, LI H W, HUANG R W, et al. A new species of the subgenus *Stigmatochirus* of *Plastus* Bernhauer (Coleoptera: Staphylinidae: Osoriinae) from Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2013, 3636(1):190-195.
- [14] LI G F, WANG C M, LI Z E, et al. A new species of the genus *Thoracochirus* Bernhauer (Coleoptera: Staphylinidae: Osoriinae) from Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2013, 3750(1):89-94.
- [15] LI G F, WANG C M, LI H F, et al. A new species of the genus *Oxyporus* Fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2015, 3986(5):591-596.
- [16] LI G F, WANG C M, LI H W, et al. A new species of the genus *Oxyporus* Fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2015, 3926(4):595-599.
- [17] 李国锋,侯云萍,王春梅,等. 西双版纳奇楠沉香林昆虫群落结构与功能研究[J]. 四川动物,2016,35(2):190-200.
- [18] LI G F, WANG C M, LI H F, et al. A new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2017, 4268(4):588-592.
- [19] LI G F, LI H W, WANG C M, et al. Two new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2018, 4369(1):93-100.
- [20] LI G F, WANG C M, LI H F, et al. A new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2019, 4551(2):231-236.
- [21] LI G F. A new species of the genus *Oxyporus* fabricius (Coleoptera: Staphylinidae: Oxyporinae) in Yunnan Province, China [J]. Zootaxa, 2020, 4786(1):145-150.
- [22] 马文珍. 中国经济昆虫志(第四十六册)[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [23] 谭娟杰,虞佩玉,李鸿兴,等. 中国经济昆虫志(第十八册)[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [24] 吴征镒. 云南植被(第一版)[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [25] 虞佩玉,王书永,杨星科. 中国经济昆虫志(第五十四册)[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [26] 袁锋. 昆虫分类学(第一版)[M]. 北京:中国农业出版社,1996.
- [27] 郑发科. 隐翅虫形态分类学纲要[M]. 成都:四川大学出版社,1992.
- [28] 朱弘复. 蛾类图册(第一版)[M]. 北京:科学出版社,1973.

责任编辑:许易琦