

香港嘉道理农场次生林区碰撞诱捕网和黑光灯捕虫器采集所得鞘翅目甲虫多样性比较

张兵兰¹ 张茵¹ 廖婕¹ Gary W. J. ADES² 刘绍基³ 卢文华^{4*}

1 (华南师范大学生物系, 广州 510631, 中国)

2 (嘉道理农场暨植物园, 香港特别行政区, 中国)

3 (渔农自然护理署, 香港特别行政区, 中国)

4 (The Conservation Agency, 6 Swinburne Street, Jamestown, Rhode Island 02835, USA)

摘要: 本文根据 1990-1995 年在香港嘉道理农场次生林区采集的昆虫标本, 首次分析了鞘翅目及其优势科的种类、数量和季节性变化, 以及由碰撞诱捕网和黑光灯捕虫器采集所得甲虫在种类、数量和季节性上的差异。在 13 260 号标本中, 已鉴定到科的有 13 253 号, 分属 45 科 231 种。其中, 朽木甲科(Allecuidae)、毛蕈甲科(Biphyllidae)、丸甲科(Byrrhidae)、坚甲科(Colydiidae)、拟球甲科(Corylophidae)、隐食甲科(Cryptophagidae)、水缨甲科(Hydrosaphidae)、伪叶甲科(Lagriidae)、薪甲科(Lathridiidae)、泽甲科(Limnichidae)、黑蕈甲科(Zopheridae)等 11 个科为香港地区的首次报道, 约占本次调查科总数的 25%。分析表明 (1) 该次生林区的鞘翅目甲虫以蛀木性为主。天牛科(Cerambycidae)、瓢虫科(Coccinellidae)、象甲科(Curculionidae)、花蚤科(Mordellidae)、金龟甲科(Scarabaeidae)、小蠹科(Scolytidae)等 6 科均为多样性较高(种类 ≥ 15 或者个体数量 ≥ 200)的优势科。(2) 鞘翅目个体数量季节性明显, 每年自 2 月开始数量逐渐增加, 6-7 月为甲虫发生的高峰期, 8 月显著减少。各优势科甲虫的季节性也存在一定的差异, 庞大的小蠹标本数量(85%)说明在此调查期间该科正处于大发生时期。(3) 黑光灯捕虫器所捕的甲虫科类和种类较之碰撞诱捕网所捕不尽相同, 黑光灯捕虫器所捕的甲虫数量发生高峰期比碰撞诱捕网所捕的甲虫提前一个月。(4) 各项多样性指数对不同捕虫器采集所得鞘翅目的测度差异明显, 黑光灯捕虫器所捕甲虫的多样度和均匀度指数高于碰撞诱捕网。

关键词: 天牛科, 瓢虫科, 象甲科, 花蚤科, 金龟甲科, 小蠹科, 多样性指数, 均匀度指数

中图分类号: Q968

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2004)03-0301-11

Diversity comparisons of beetles (Insecta : Coleoptera) between impact flight trap and ultraviolet light trap in the secondary forest at Kadoorie Farm, Hong Kong

ZHANG Bing-Lan¹, ZHANG Yin¹, LIAO Jie¹, Gary W. J. ADES², LAU Clive S. K.³, LU Wen-Hua^{4*}

1 Department of Biology, South China Normal University, Guangzhou, 510631, China

2 Kadoorie Farm and Botanical Garden, Tai Po, New Territories, Hong Kong, China

3 Agriculture, Fisheries and Conservation Department, Hong Kong, China

4 The Conservation Agency, 6 Swinburne Street, Jamestown, Rhode Island 02835, USA

Abstract: Kadoorie Farm and Botanical Garden is located in the New Territories, on the mainland of Hong Kong. During 1990-1995 impact flight (IM) and ultraviolet light (UV) traps were set for several consecutive periods to study abundance, diversity, and phenology of the Class Insecta. We report here these features for the Order Coleoptera and some major beetle families, and compare variation in these features for beetles between IM and UV traps. About 13 000 specimens were collected belonging to 45 families (subfamilies) and 231 species. About 25% of these families are recorded from Hong Kong for the first time: Alleculidae, Biphyllidae, Byrrhidae, Colydiidae, Corylophidae, Cryptophagidae,

Hydroscaphidae, Lagriidae, Lathridiidae, Limnichidae, and Zopheridae.

Most of the beetles collected in the secondary forest are woodborers both in number and kind (either xylophagous or saprophytophagous), in contrast with the majority of phytophagous beetles collected by sweep nets in a nature reserve across the border in nearby mainland China. The Margalef (1958) richness index indicates that Mordellidae, Coccinellidae, Curculionidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Elateridae, Carabidae, Staphylinidae, Corylophidae, Buprestidae, Nitidulidae, Scolytidae, and Tenebrionidae are the richest families in species in decreasing order ($d > 1.5$). The Shannon-Wiener (1949) diversity index indicates that Mordellidae, Coccinellidae, Curculionidae, Staphylinidae, Elateridae, Chrysomelidae, Cerambycidae, Carabidae, Nitidulidae, and Buprestidae are the most diverse families in decreasing order ($H' > 1.5$). The Pielou (1975) evenness index indicates that Mordellidae, Coccinellidae, Curculionidae, Staphylinidae, Elateridae, Chrysomelidae, and Cerambycidae are the most balanced families in diversity and abundance in decreasing order ($J > 0.3$). The Berger-Parker (1970) dominance index indicates that Scolytidae, Cerambycidae, Bostrichidae, Scarabaeidae, and Curculionidae are the most abundant families in number of individuals in decreasing order ($D > 1.5\%$). Overall, Cerambycidae, Coccinellidae, Curculionidae, Mordellidae, Scarabaeidae, and Scolytidae are the major families in the secondary forest with number of species ≥ 15 or number of individuals ≥ 200 . Over 85% of all specimens were bark beetles during the study period, suggesting an outbreak of Scolytidae in the secondary forest.

Seasonal patterns of the Coleoptera are conspicuous. Abundance of beetles began to increase in February and drastically decreased in August, but peak occurrence differed between IM and UV traps. Those caught by UV had a distinct peak in June, while those caught by IM peaked in July. Beetles in each of the major families also showed different seasonal patterns of abundance.

Families with one single species comprise over 50% of the beetle families. Captures by different traps are often mutually exclusive. About 30% of the beetle families were caught by only IM traps, while 10% were caught by only UV traps. Of the remaining 26 families, 11 had at least one species that was mutually exclusively captured by different traps. In total, 65% of the 45 families contained species trapped by one method but not by the other. Scolytidae had the greatest abundance in both IM and UV traps. Mordellidae had the highest species diversity in IM traps, while Coccinellidae had the highest species diversity in UV traps based on the richness, diversity, and evenness indices. The value (1.67) of the Shannon-Wiener index for the order Coleoptera is within the normal range, but lower than the neighboring area where beetle specimens were collected by sweep nets.

IM captures overwhelmingly outnumbered UV captures. This could be the result of more IM traps and longer operating periods than UV traps. However, the values of the Shannon-Wiener diversity and Pielou evenness indices are about 85% and 120% higher for UV than IM traps, respectively. This indicates that it is important to use different trapping methods in a biodiversity study.

Key words: Cerambycidae, Coccinellidae, Curculionidae, Mordellidae, Scarabaeidae, Scolytidae, Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index

香港地区位于北回归线以南,属典型的亚热带海洋性季风气候,全年温和暖湿,年均气温约为 22.8℃,1-2月的平均气温最低,约 15.6℃,7-8月的平均气温最高,约 28.6℃。年降雨量约 2225 mm,一年中的降雨分配呈双峰型,高峰分别出现在 6月和 8月(Ades & Dudgeon, 1999)。风向多为东风,10月到次年 4月初风向稳定,5-9月风力弱且不稳定。香港在距今约 1.9 亿年前的侏罗纪后期升出海面,比与之相邻的部分华南地区要早得多(Lazell, 1999)。此外,原始林区和受保护的次生林区

使部分热带和温带气候的混合种类得以在香港地区保留(Lazell, 2002)。因此,香港是华南地区研究生物多样性的重要地区之一。嘉道理农场位于香港新界大帽山北侧,地理位置为 114°10'E, 22°15'N,高山由海拔 150 m 向上延伸至 600 m。农场内的香港原生植物保存状态相对良好。有关香港地区,尤其是新界地区的鞘翅目甲虫种类、数量和季节性变化的研究较少。Ades 和 Dudgeon(1999)首次报道了昆虫纲在嘉道理农场次生林区的季节变动,并比较了由不同捕虫器所采集到的鞘翅目甲虫在季节性上

的差异,但没有进一步分析鞘翅目各科甲虫的种类、数量和季节性变化。自1997年夏季开始,美国生物保护所和华南师范大学联合对在嘉道理农场次生林区采集到的甲虫标本进行扩展研究。de Rougemont (2001)、Yu和Lau(2001)在这些标本的基础上分别发表了关于隐翅甲科(Staphylinidae)种类和季节性、瓢虫科(Coccinellidae)种类的研究论文,为香港增加了多种甲虫的新记录或新种。由于不同的捕虫器是根据昆虫行为特点而设计的,故所采集到的昆虫在种类、数量和季节性上会有差异(Ades & Dudgeon, 1999)。本文作者根据1990-1995年在嘉道理农场次生林区采集到的甲虫标本,进一步分析上述不同诱捕器采集所得甲虫在种类、数量和季节性上的差异。通过对这些标本的整理研究,希望能为香港甲虫多样性建立一个基本的数据库,为对香港和华南地区甲虫多样性和季节性变化的深入研究打下一定基础。

1 研究方法和材料

1.1 标本来源及处理方法

本次研究所用的1990-1992年甲虫标本由Ades(1994)在香港嘉道理农场次生林区采得。此外新增加了1994-1995年在该次生林区采得的甲虫标本,比原先的标本统计(Ades & Dudgeon, 1999)几乎多了1/3。采集工具为碰撞诱捕网(IM)和黑光灯捕虫器(UV)。其中,碰撞诱捕网7部,分散放置在次生林区中,每部与地面距离不等,在3-6m之间,持续使用,每周收集昆虫一次;黑光灯捕虫器1部,每月连续使用5天,捕虫期一般选在月初,若碰上雨天或险恶天气而不得不缩短采集时间,则在当月另选一天或者几天采集以作弥补。所有捕虫器均放置在海拔200-250m之间。详细资料请参阅Ades(1994)、Ades和Dudgeon(1999)。采集时间为:1990年3月至1990年11月(IM、UV),1991年1月至1992年6月(IM、UV),1994年11至12月(IM、UV),1995年3月(IM)。采集所得昆虫以70%的酒精浸泡保存,从中挑选出所有鞘翅目甲虫,制成干制标本,鉴定到科。因隐翅甲科的标本已在此之前被部分挑出(de Rougemont, 2001),且无法追索其数据,有关此科的资料和结论不尽完善。

1.2 数据整理

首先按照不同的捕虫器、不同的月份统计标本

的种类数量和个体数量(无法定种名的种类暂作形态种1 2 3...),对该次生林区鞘翅目和各科甲虫的多样性进行评估,分析鞘翅目甲虫数量在不同季节的差异,进一步分析各优势科按不同捕虫器采集所得甲虫季节性的差异。测度生物多样性的计算方法很多(马克平,1994),本文采用最常用的Margalef(1958)丰富度指数、Shannon-Wiener(Shannon & Weaver, 1949)多样性指数、Pielou(1975)均匀度指数、Berger-Parker(Berger & Parker, 1970)优势度指数。本文丰富度指数为 $d = (S - 1) / \ln N$,式中 S 为种类数量, N 为所有种类的个体数量之和。多样性指数为 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ($i = 1, 2, 3, \dots, S$),式中 P_i 为第 i 个种类的个体数量和 N 之比, S, N 同上。均匀度指数为 $J = H' / H_{\max}$, H' 同上,为实测多样性指数, $H_{\max} = \ln S$,为最大多样性指数(S 同上)。优势度指数为 $D = N / N_T$, N 为各科种类的个体数量之和, N_T 为鞘翅目所有种类的个体数量之和。

2 结果与分析

2.1 个体数量和物种多样性

经初步鉴定和数量统计(表1),13260号标本中已鉴定到科的有13253号,其中IM标本为12510号,UV标本为743号,分属45科231种。此外,由于个体不全未能鉴定到科的标本有7号。该次生林区甲虫生活习性多样,以蛀木性、腐食性、菌食性为主,捕食性次之,体现了森林昆虫营养层次的特点。45个科中,11个主要为蛀木性的科有朽木甲科、长蠹科、豆象科、三锥象甲科、吉丁甲科、天牛科、象甲科、皮蠹科、叩甲科、花蚤科、小蠹科。11个主要为腐食性的科有蜉金龟科、拟球甲科、泽甲科、丸甲科、伪叶甲科、小扁甲科、露尾甲科、拟天牛科、金龟甲科、沼甲科、隐翅甲科。叶甲科、姬花甲科、拟步甲科、锯谷盗甲科主要为植食性,而藻食性的有水缨甲科,菌食性的有长角象甲科、毛蕈甲科、隐食甲科、薪甲科、伪瓢虫科、小蕈甲科、黑蕈甲科。11个主要为捕食性的科有瓢虫科、花萤科、步甲科、郭公虫科、龙虱科、长角泥甲科、坚甲科、水龟甲科、萤科、红萤科、拟花萤科。其中,朽木甲科、毛蕈甲科、丸甲科、坚甲科、拟球甲科、隐食甲科、水缨甲科、伪叶甲科、薪甲科、泽甲科、黑蕈甲科等11个科为香港地区的首次报道。

表 1 1990 – 1995 年在香港嘉道理农场次生林区由碰撞诱捕网 (IM) 和黑光灯捕虫器 (UV) 采集的鞘翅目各科甲虫个体数量和种类数量以及不同多样性指数的计算

Table 1 Abundance and diversity of Coleoptera collected by impact flight (IM) and ultraviolet light (UV) traps during 1990 – 1995 in the Kadoorie Farm secondary forest in Hong Kong with calculated Margalef richness index, Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index, and Berger-Parker dominance index if values >0.0005

科名 Family	捕捉器 Trap	物种数 Species	个体数 Individuals	丰富度指数 Richness	多样性指数 Diversity	均匀度指数 Evenness	优势度指数 Dominance
朽木甲科 Alleculidae	IM	2	14	0.379	0.257	0.049	0.001
	UV	1	8	–	–	–	0.011
	Total	3	22	0.647	0.819	0.150	0.002
长角象甲科 Anthribidae	IM	2	3	0.910	0.637	0.120	–
	UV	0	0	–	–	–	–
	Total	2	3	0.910	0.637	0.116	–
蜉金龟科 Aphodiidae	IM	0	0	–	–	–	–
	UV	1	1	–	–	–	0.001
	Total	1	1	–	–	–	–
毛蕈甲科 Biphyllidae	IM	1	1	–	–	–	–
	UV	0	0	–	–	–	–
	Total	1	1	–	–	–	–
长蠹科 Bostrichidae	IM	7	275	1.068	0.519	0.099	0.022
	UV	2	17	0.353	0.606	0.132	0.023
	Total	7	292	1.057	0.579	0.106	0.022
三锥象甲科 Brenthidae	IM	1	1	–	–	–	–
	UV	0	0	–	–	–	–
	Total	1	1	–	–	–	–
豆象科 Bruchidae	IM	3	11	0.834	0.760	0.144	0.001
	UV	2	2	1.443	0.693	0.151	0.003
	Total	4	13	1.170	1.032	0.189	0.001
吉丁甲科 Buprestidae	IM	5	9	1.820	1.523	0.289	0.001
	UV	0	0	–	–	–	–
	Total	5	9	1.820	1.523	0.278	0.001
丸甲科 Byrrhidae	IM	3	33	0.572	0.777	0.147	0.003
	UV	0	0	–	–	–	–
	Total	3	33	0.572	0.777	0.142	0.002
花萤科 Cantharidae	IM	1	19	–	–	–	0.002
	UV	2	4	0.721	0.562	0.122	0.005
	Total	2	23	0.319	0.179	0.033	0.002
步甲科 Carabidae	IM	3	12	0.805	0.888	0.168	0.001
	UV	7	12	2.415	1.792	0.389	0.016
	Total	8	24	2.203	1.628	0.298	0.002
天牛科 Cerambycidae	IM	16	277	2.664	1.688	0.320	0.022
	UV	7	15	2.216	1.709	0.371	0.020
	Total	18	292	2.995	1.714	0.313	0.022
叶甲科 Chrysomelidae	IM	9	37	2.216	1.581	0.300	0.003
	UV	5	8	1.924	1.386	0.301	0.010
	Total	12	45	2.890	1.766	0.323	0.003
郭公虫科 Cleridae	IM	3	5	1.243	0.950	0.180	–
	UV	0	0	–	–	–	–
	Total	3	5	1.243	0.950	0.174	–

表 1 (续) Table 1 (continued)

科名 Family	捕捉器 Trap	物种数 Species	个体数 Individuals	丰富度指数 Richness	多样性指数 Diversity	均匀度指数 Evenness	优势度指数 Dominance
瓢虫科 Coccinellidae	IM	5	12	1.610	1.234	0.234	0.001
	UV	11	26	3.069	2.118	0.460	0.035
	Total	15	38	3.849	2.390	0.437	0.003
坚甲科 Colydiidae	IM	1	1	-	-	-	-
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	1	1	-	-	-	-
拟球甲科 Corylophidae	IM	2	3	0.910	0.637	0.121	-
	UV	2	2	1.443	0.693	0.151	-
	Total	4	5	1.864	1.332	0.243	0.003
隐食甲科 Cryptophagidae	IM	1	1	-	-	-	-
	UV	1	2	-	-	-	0.003
	Total	2	3	0.910	0.637	0.116	-
象甲科 Curculionidae	IM	19	208	3.372	2.113	0.401	0.017
	UV	5	18	1.384	0.961	0.209	0.024
	Total	20	226	3.505	2.197	0.401	0.017
皮蠹科 Dermestidae	IM	5	13	1.559	1.304	0.247	0.001
	UV	1	2	-	-	-	0.003
	Total	5	15	1.477	1.338	0.244	0.001
龙虱科 Dytiscidae	IM	0	0	-	-	-	-
	UV	1	1	-	-	-	0.001
	Total	1	1	-	-	-	-
叩甲科 Elateridae	IM	12	66	2.626	1.865	0.354	0.005
	UV	3	7	1.028	1.004	0.218	0.009
	Total	12	73	2.564	1.859	0.340	0.006
长角泥甲科 Elmidae	IM	0	0	-	-	-	-
	UV	1	1	-	-	-	0.001
	Total	1	1	-	-	-	-
伪瓢虫科 Endomychidae	IM	1	3	-	-	-	-
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	1	3	-	-	-	-
水龟甲科 Hydrophilidae	IM	0	0	-	-	-	-
	UV	3	4	1.443	1.040	0.226	0.005
	Total	3	4	1.443	1.040	0.190	-
水缨甲科 Hydroscaphidae	IM	1	13	-	-	-	0.001
	UV	1	1	-	-	-	0.001
	Total	1	14	-	-	-	0.001
伪叶甲科 Lagriidae	IM	1	2	-	-	-	-
	UV	1	2	-	-	-	0.003
	Total	1	4	-	-	-	-
萤科 Lampyridae	IM	5	7	2.056	1.550	0.293	0.001
	UV	2	56	0.248	0.581	0.126	0.075
	Total	5	63	0.965	0.903	0.165	0.005
薪甲科 Lathridiidae	IM	3	18	0.692	0.529	0.100	0.001
	UV	3	4	1.443	1.040	0.226	0.005
	Total	3	22	0.647	0.775	0.142	0.002

表 1 (续) Table 1 (continued)

科名 Family	捕捉器 Trap	物种数 Species	个体数 Individuals	丰富度指数 Richness	多样性指数 Diversity	均匀度指数 Evenness	优势度指数 Dominance
泽甲科 Limmichidae	IM	2	5	0.621	0.673	0.128	-
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	2	5	0.621	0.673	0.123	-
红萤科 Lycidae	IM	1	3	-	-	-	-
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	1	3	-	-	-	-
拟花萤科 Melyridae	IM	0	0	-	-	-	-
	UV	1	1	-	-	-	0.001
	Total	1	1	-	-	-	-
小扁甲科 Monotomidae	IM	2	2	1.443	0.693	0.131	-
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	2	2	1.443	0.693	0.127	-
花蚤科 Mordellidae	IM	20	30	5.586	2.762	0.524	0.002
	UV	1	2	-	-	-	0.003
	Total	20	32	5.482	2.737	0.500	0.002
小蕈甲科 Mycetophagidae	IM	4	18	1.038	1.035	0.196	0.001
	UV	2	2	1.443	0.693	0.151	0.003
	Total	4	20	1.001	1.106	0.202	0.001
露尾甲科 Nitidulidae	IM	6	12	2.012	1.633	0.310	0.001
	UV	4	16	1.082	0.822	0.179	0.022
	Total	7	28	1.801	1.617	0.300	0.002
拟天牛科 Oedemeridae	IM	1	8	-	-	-	0.001
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	1	8	-	-	-	0.001
姬花甲科 Phalacridae	IM	1	1	-	-	-	-
	UV	2	2	1.443	0.693	0.151	0.003
	Total	2	3	0.910	0.637	0.116	-
金龟甲科 Scarabaeidae	IM	6	149	0.999	1.489	0.282	0.012
	UV	7	129	1.235	1.032	0.224	0.174
	Total	7	278	1.066	1.485	0.271	0.021
沼甲科 Scirtidae	IM	1	2	-	-	-	-
	UV	1	2	-	-	-	0.003
	Total	1	4	-	-	-	-
小蠹科 Scolytidae	IM	16	11 137	1.610	0.835	0.158	0.890
	UV	9	342	1.371	0.490	0.106	0.460
	Total	16	11 479	1.605	0.827	0.151	0.866
锯谷盗甲科 Silvanidae	IM	5	30	1.176	1.121	0.212	0.002
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	5	30	1.176	1.121	0.205	0.002
隐翅甲科 Staphylinidae	IM	4	15	1.108	1.020	0.193	0.001
	UV	9	52	2.025	1.716	0.372	0.070
	Total	9	67	1.903	1.876	0.343	0.005
拟步甲科 Tenebrionidae	IM	6	52	1.265	0.916	0.174	0.004
	UV	2	2	1.443	0.693	0.151	0.003
	Total	7	54	1.504	1.040	0.190	0.004

表 1 (续) Table 1 (continued)

科名 Family	捕捉器 Trap	物种数 Species	个体数 Individuals	丰富度指数 Richness	多样性指数 Diversity	均匀度指数 Evenness	优势度指数 Dominance
黑蕈甲科 Zopheridae	IM	1	2	-	-	-	-
	UV	0	0	-	-	-	-
	Total	1	2	-	-	-	-
小计 Subtotal	IM	188	12 510	19.821	1.515	0.287	0.999
	UV	100	743	14.976	2.803	0.609	1.000
	Total	231	13 253	24.231	1.661	0.304	0.999
总计 Total	IM	195	12 517	20.562	1.520	0.288	-
	UV	100	743	14.976	2.803	0.609	-
	Total	238	13 260	24.967	1.666	0.304	-

“ - ” indicates that an index cannot be calculated due to either lack of data or if its value ≤ 0.0005 .

表 1 显示 ,由 IM 所捕的科类和种类与 UV 所捕的不尽相同。长角象甲科、毛蕈甲科、三锥象甲科、吉丁甲科、丸甲科、郭公虫科、坚甲科、伪瓢虫科、泽甲科、红萤科、小扁甲科、拟天牛科、锯谷盗甲科、黑蕈甲科等 14 个科仅被 IM 捕获 ;而蜉金龟科、龙虱科、长角泥甲科、水龟甲科、拟花萤科等 5 个科仅被 UV 捕获 ;捕虫器特有科约占总科数的 40%。朽木甲科、豆象科、步甲科、天牛科、叶甲科、瓢虫科、拟球甲科、隐食甲科、象甲科、露尾甲科、拟步甲科等 11 个科由 IM 和 UV 采到的种类至少有一种不相同 ,约占总科数的 25%。整体而言 ,在 45 个科中 ,采得捕虫器特有科的科数约占总科数的 65%。

IM 捕获 40 科 种类数量 > 5 的科序为 :花蚤科 > 象甲科 > 天牛科 = 小蠹科 > 叩甲科 > 叶甲科 > 长蠹科 > 露尾甲科 = 金龟甲科 = 拟步甲科 ,其中 13 个科为单种科。个体数量 > 50 的科序为 :小蠹科 > 天牛科 > 长蠹科 > 象甲科 > 金龟甲科 > 叩甲科 > 拟步甲科。丰富度指数 > 1.5 的科序为 :花蚤科 > 象甲科 > 天牛科 > 叩甲科 > 叶甲科 > 萤科 > 露尾甲科 > 吉丁甲科 > 小蠹科 = 瓢虫科 > 皮蠹科。多样性指数 > 1.5 的科序为 :花蚤科 > 象甲科 > 叩甲科 > 天牛科 > 叶甲科 > 露尾甲科 > 萤科 > 吉丁甲科。均匀度指数 > 0.3 的科序为 :花蚤科 > 象甲科 > 叩甲科 > 天牛科 > 露尾甲科。优势度指数 > 1.5% 的科序为 :小蠹科 > 天牛科 = 长蠹科 > 象甲科。

UV 捕获 31 科 ,种类数量 > 5 的科序为 :瓢虫科 > 小蠹科 = 隐翅甲科 > 步甲科 = 天牛科 = 金龟甲科 ,其中 11 个科为单种科。个体数量 > 15 的科序为 :小蠹科 > 金龟甲科 > 萤科 > 隐翅甲科 > 瓢虫科 > 象甲科 > 长蠹科 > 露尾甲科 ,丰富度指数 > 1.5 的科序为 :瓢虫科 > 步甲科 > 天牛科 > 隐翅甲科 >

叶甲科。多样性指数 > 1.5 的科序为 :瓢虫科 > 步甲科 > 隐翅甲科 > 天牛科。均匀度指数 > 0.3 的科序为 :瓢虫科 > 步甲科 > 隐翅甲科 > 天牛科 > 叶甲科。优势度指数 > 1.5% 的科序为 :小蠹科 > 金龟甲科 > 萤科 > 隐翅甲科 > 瓢虫科 > 象甲科 > 长蠹科 > 露尾甲科 > 天牛科 > 步甲科。

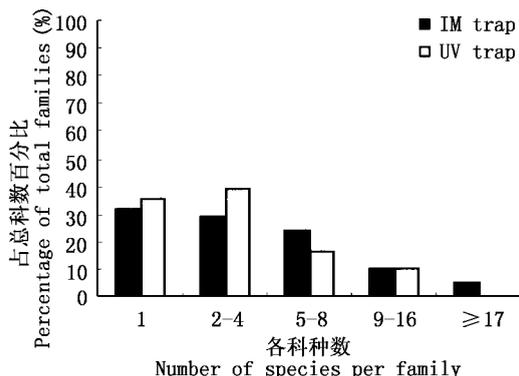


图 1 1990 - 1995 年在香港嘉道理农场次生林区由碰撞诱捕网 (IM) 和黑光灯捕虫器 (UV) 采集所得鞘翅目种类的数量等级与科类的关系

Fig. 1 Relationship between numerical groups of species and number of families of Coleoptera collected by impact flight (IM) and ultraviolet light (UV) traps during 1990 - 1995 in the Ka-doorie Farm secondary forest in Hong Kong. Y-axis , percent of families in each group on X-axis over total number of families summed across years by trap

整个鞘翅目的丰富度指数 > 1.5 的科序为 :花蚤科 > 瓢虫科 > 象甲科 > 天牛科 > 叶甲科 > 叩甲科 > 步甲科 > 隐翅甲科 > 拟球甲科 > 吉丁甲科 > 露尾甲科 > 小蠹科 > 拟步甲科。多样性指数 > 1.5 的科序为 :花蚤科 > 瓢虫科 > 象甲科 > 隐翅甲科 > 叩甲科 > 叶甲科 > 天牛科 > 步甲科 > 露尾甲科 > 吉丁甲科。均匀度指数 > 0.3 的科序为 :花蚤科 > 瓢虫科 > 象甲科 > 隐翅甲科 > 叩甲科 > 叶甲科 > 天牛科。

优势度指数 >1.5% 的科序为 :小蠹科 > 天牛科 > 长蠹科 > 金龟甲科 > 象甲科。综合种类数量和个体数量以及各项指数可见,小蠹科的优势度无论是 IM 还是 UV 捕得均为最高,约占总个体数量的 86%,其他各科的优势度指数均不超过 2%;由 IM 捕得的科中,花蚤科具有最高的多样性;而由 UV 捕得的科中,瓢虫科具有最高的多样性。以种类数量 ≥ 15 或者个体数量 ≥ 200 作为评定优势科的标准,在该次生林中,天牛科、瓢虫科、象甲科、花蚤科、金龟甲科、小蠹科均为优势科。

图 1 把各科所含的种类数量划分为 5 个不同的数量等级,然后分析各数量等级内所含科数占总科数的百分数比例。从中可见,无论是用 IM 还是 UV 所捕的甲虫,随着种类数量等级的增加,含有多种种类的科数所占比例大大少于含有较少种类的科数所占比例。单种科占绝大多数,接近总科数的 30% - 40%。UV 所捕科类含有较少种类,没有 1 个科含有 17 个种以上,而 IM 所捕科类含有较多种类,天牛科、象甲科、花蚤科 3 个科均含 17 个种以上,约占 IM 所捕总科数的 5%。经统计就整个鞘翅目而言,用 IM 采集所得 Margalef 丰富度指数值比 UV 采集所得仅高 30%,而用 UV 采集所得 Shannon-Wiener 多样性的指数值比 IM 采集所得要高 85%,用 UV 采集所得 Pielou 均匀度的指数值也比 IM 采集所得要高约 120%(表 1)。

将不同捕虫器采集所得的优势科个体和种类数量进行对比(表 2),发现天牛科、象甲科、花蚤科、小蠹科无论在个体数量还是种类数量上都有显著的捕虫器差异,>90% 的个体数量和接近 90% 的种类数量均由 IM 采得,表明这些科中大部分种类为非趋光性。由 IM 和 UV 所捕的金龟甲科个体数量和种类数量差别不明显,表明金龟甲科的趋光性种类比

以上 4 科有所增加。6 个优势科中,仅瓢虫科由 IM 采集所得个体数量和种类数量均较 UV 所得的少,说明该地区瓢虫科中绝大部分为趋光性种类。

2.2 季节性变化

鞘翅目甲虫的个体数量每年从 2 月开始逐渐增加 6-7 月为高峰期 8 月显著减少(图 2A)。从 9 月至次年 1 月各月的甲虫数量不及全年数量的 5% 5 个月总和不及全年数量的 15%,其中 IM 所捕甲虫比 UV 所捕甲虫的发生高峰期迟了一个月(图 2A)。根据不同捕虫器所捕各优势科的数量进行季节变化分析,发现不同科的发生期、同一个科采用不同捕虫器所表现的高峰期均有差异(图 2B-G)。花蚤科和金龟甲科的发生期比较短,而天牛科、瓢虫科、象甲科、小蠹科的发生期比较长。无论用 IM 还是 UV 所捕的金龟甲,最大数量均出现在 5 月,二者发生高峰期相一致。用 IM 所捕天牛和小蠹的高峰期比用 UV 所捕的迟一个月。用 IM 采集所得象甲数量主要集中在 3-7 月,无明显高峰期;而用 UV 采集所得象甲,则高峰期明显为 6 月。用 IM 采集所得花蚤比用 UV 采集所得的高峰期提前一个月。用 IM 采集所得瓢虫,无明显高峰期;而用 UV 采集所得瓢虫,则 6 月为显著高峰期。

3 讨论

调查结果表明该次生林区鞘翅目甲虫季节性变化显著。Dudgeon 和 Corlett(1994)记述香港昆虫纲每年的季节性变化模式为 4 月开始大量发生 5 月和 7 月各有一个发生高峰期,从 11 月开始,昆虫数量逐渐下降。本次调查结果与该模式相比,高峰期接近一致,甲虫数量大量下降的现象提前 3 个月出现,表明鞘翅目甲虫的生活习性不同于其他目昆虫的特点。此次研究所得季节性分析结果与 Ades 和

表 2 1990-1995 年在香港嘉道理农场次生林区由碰撞诱捕网(IM)和黑光灯捕虫器(UV)采集所得鞘翅目优势科个体数量和种类数量百分数的比较

Table 2 Comparisons of major families of Coleoptera collected by impact flight(IM) and ultraviolet light(UV) traps during 1990-1995 in the Kadoorie Farm secondary forest in Hong Kong in percent of individuals or species over total number of individuals or species in a family, respectively, summed across years and traps

	捕虫器 Trap	天牛科	瓢虫科	象甲科	花蚤科	金龟甲科	小蠹科
		Cerambycidae	Coccinellidae	Curculionidae	Mordellidae	Scarabaeidae	Scolytidae
个体数量 Individuals (%)	IM	95	32	92	94	54	97
	UV	5	68	8	6	46	3
种类数量 Species (%)	IM	89	33	95	100	86	100
	UV	39	73	25	5	100	56

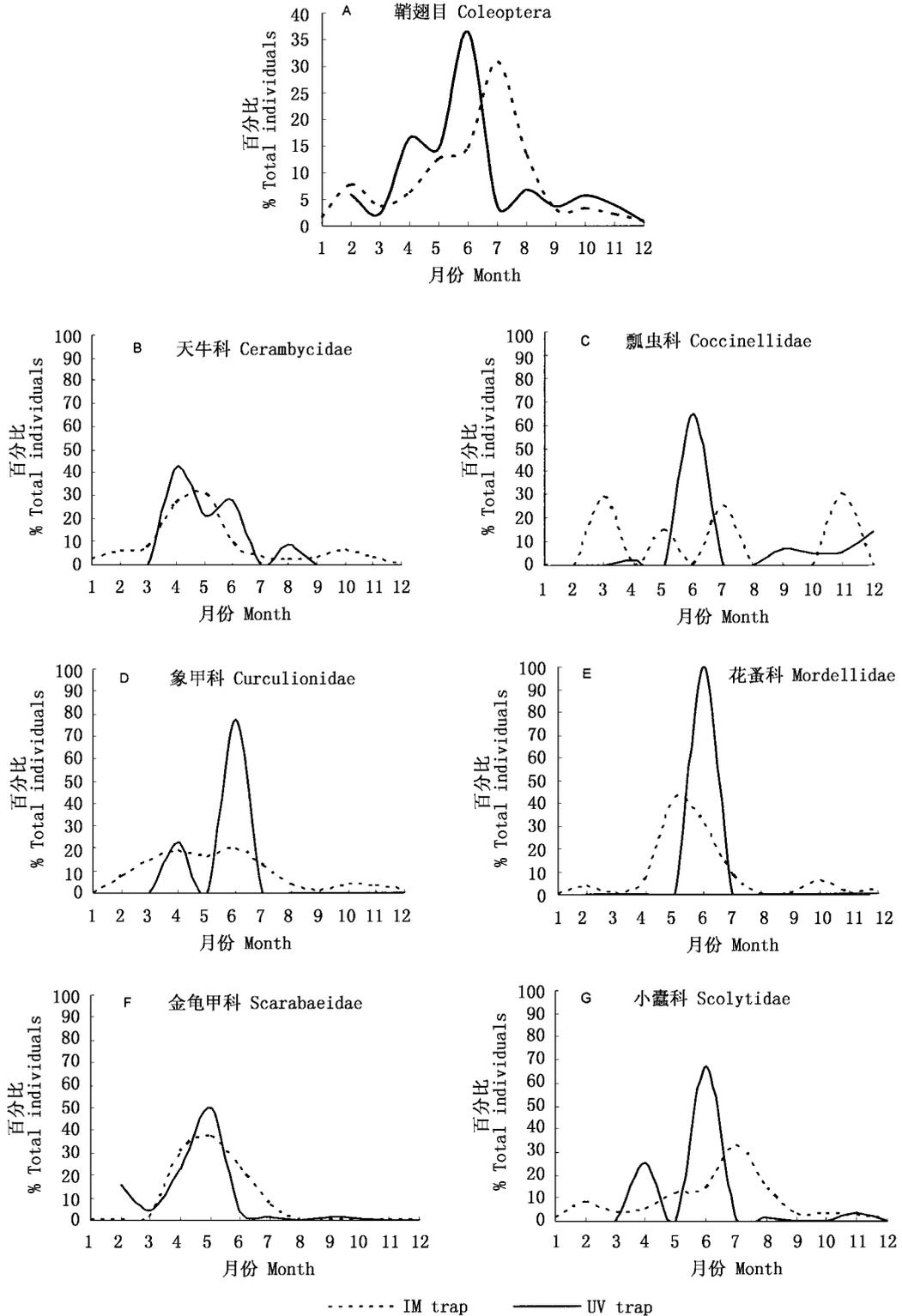


图2 1990-1995年在香港嘉道理农场次生林区由碰撞诱捕网(IM)和黑光灯捕虫器(UV)采集所得鞘翅目(A)及其优势科(B-G)个体数量百分数的季节性变化

Fig. 2 Comparative phenology of Coleoptera and some major families collected during 1990-1995 in the Kadoorie Farm secondary forest in Hong Kong between impact flight (IM) and ultraviolet light (UV) traps. Y-axis, percent of individuals per month over total number of individuals summed across years in the order or family, respectively, by trap

Dudgeon(1999)的结果较为一致,可见鞘翅目甲虫每年的活动时期与整个昆虫纲的昆虫相比较短。就鞘翅目而言,由IM采集所得数量的高峰期比由UV所得的推迟一个月,与Ades和Dudgeon(1999)记录的1991年鞘翅目季节性变化的结果也一致。由于这两种捕虫器所捕的甲虫在科类和种类上均有差异,IM采集到的,UV未必能采集到,因此由不同捕虫器表现出的季节性差异反映的是不同甲虫科类和种类的季节性差异。

该次生林区鞘翅目各优势科的季节变化存在着明显的差别。不同科类和种类的甲虫有不同的寄主植物和不同的生活习性。如花蚤甲和金龟甲的高峰期均为5月左右,但是花蚤甲羽化后多以花粉蜜露为食物,而金龟甲羽化后多以嫩枝嫩叶为食物。从生态系统的物质循环角度来看,这种季节变化的交错和寄主植物的差异均有利于整个群落的物质循环在一年中的每一时期都能达到一个平稳的状态。

本次调查结果显示,在科级水平上,花蚤科、瓢虫科、象甲科、隐翅甲科、叩甲科、叶甲科、天牛科等依次表现了较高的均匀度($J > 0.3$)和较低的优势度($D < 2\%$),表明在该次生林区的鞘翅目群落中,它们的群落结构比较稳定。小蠹科较高的优势度和较低的均匀度反映了其群落结构的不稳定,其庞大的数量说明在此调查期间该区的小蠹科正处于大发生时期。该次生林区 Shannon-Wiener 多样性指数接近 1.67,在正常指数范围内。但与深圳梧桐山甲虫的 Shannon-Wiener 多样性指数($H' = 4.23$) (贾凤龙等 2002)相比偏低,可能受小蠹科的大发生影响,同时也可能受不同采集时间长短和方法的影响。因此在利用指数作比较时,需要列明采集方法。由于科级分类系统不断变化(Lawrence & Newton, 1995),已鉴定的 45 科应为科和亚科之和,因此也可能导致该区小科寡种类群的比例增加。

该次生林区鞘翅目各科幼虫以蛀木性和腐食性为主,所占比例大致为 50%。这一结果与深圳梧桐山鞘翅目研究结果(贾凤龙等 2000)有较大差异。尽管两地都在次生林区,并且地理位置相差不远,高度也比较接近,但后者的植食性甲虫比例比蛀木性甲虫要高。由于对深圳梧桐山甲虫多样性的研究仅采用扫虫网,因此调查结果显示的两地甲虫食性的差异有可能是采集方法的不同所造成的。采集时间和地点的不同也可能是原因之一。

该次生林区不同捕虫器捕获的甲虫所反映出的多样性有明显的差异。昆虫采集受到许多因素的影响,如捕虫器放置的地点、放置的高度、捕虫器自身特点。本次研究所采用的IM和UV放置的地点、高度等都较为相似(Ades, 1994; Ades & Dudgeon, 1999),因此表现出的差异应是由两种捕虫器的自身特点所造成的。IM使用时间较UV要长得多,因此IM所捕的个体数量和种类数量比UV所捕要多并不奇怪。值得注意的是IM所捕鞘翅目的多样度和均匀度指数均低于UV所得,同时两种捕虫器所捕的特有科占总科数的 40%,含有捕虫器特有的科数占总科数的 65%,这表明了采用不同的捕虫器丰富了采集所得的个体数量和种类数量,在进行物种多样性研究时不宜采用单一的昆虫采集方法。这次调查选取的采集方法较难捕获藏身于地面落叶层和土壤中的甲虫,因此调查结果也不全面。

综上所述,此项研究标本采集时间比较长,采用碰撞诱捕网和黑光灯两种捕虫器,研究了嘉道理农场次生林区鞘翅目及其天牛科、瓢虫科、象甲科、花蚤科、金龟甲科、小蠹科等 6 个优势科的多样性和季节性变化,为香港地区增加了 11 个新记录科(亚科)。不同捕虫器所得特有科、特有种、各项多样性指数的明显差异、以及所捕甲虫食性以蛀木性为主的结果,表明在进行物种多样性研究时,不宜采用单一的昆虫采集方法。

致谢:此项研究过程中,华南师范大学生物系黎振昌给予指导,中山大学昆虫研究所梁铭球、庞虹、贾凤龙,北京农林科学院虞国跃,中国科学院北京动物研究所虞佩玉,美国蒙大拿州立大学(Montana State University)Michael Ivie 及其同事给予支持,美国生物保护所(The Conservation Agency)和香港嘉道理农场生物多样性研究队(Kadoorie Farm and Botanical Garden Biodiversity Group)提供部分科研经费,在此一并表示衷心的感谢。第一作者和最后作者谨以此文献给刚刚逝世的庞雄飞院士,以纪念他为保护华南生物多样性所作的贡献和感谢他一直以来对我们研习工作的指导。

参考文献

- Ades, G. W. J. 1994. *A Comparative Ecological Study of Insectivorous Bats (Hippisideridae, Vespertilionidae and Rhinol-*

- phidae*) in Hong Kong with Special Reference to Dietary Seasonality. Ph. D. Thesis, University of Hong Kong.
- Ades, G. W. J. and Dudgeon, D. 1999. Insect seasonality in Hong Kong: a monsoonal environment in the northern tropics. *Memoirs of the Hong Kong Natural History Society*, **22**: 81 – 97.
- Berger, W. H. and Parker, F. L. 1970. Diversity of planktonic Foraminifera on deep-sea sediments. *Science*, **168**: 1345 – 1347.
- de Rougemont, G. M. 2001. The staphylinid beetles of Hong Kong: annotated check list, historical review, bionomics and faunistics. *Memoirs of the Hong Kong Natural History Society*, **24**: 1 – 146.
- Dudgeon, D. and Corlett, R. T. 1994. *Hills and Streams: an Ecology of Hong Kong*. Hong Kong University Press, Hong Kong.
- Jia, F. L. (贾凤龙), Liang, G. Q. (梁铭球), Chen, Z. Y. (陈振耀), Pang, H. (庞虹), Xie, W. C. (谢委才), Chen, L. E. (陈里娥) and Ye, G. D. (叶贵栋). 2000. Species diversity of beetles of Mt. Wutongshan. *Chinese Biodiversity (生物多样性)*, **8**: 169 – 171. (in Chinese with English abstract)
- Lawrence, J. F. and Newton, A. F. Jr. 1995. Coleoptera suborders, series, superfamilies, families, and subfamilies after families and subfamilies of Coleoptera. In: Pakaluk, J. and Slipinski, S. A. (eds.), *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera. Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy A. Crowson*. Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences (<http://www.coleopsoc.org/colelist.shtml>), Warszawa, Poland, 779 – 1006.
- Lazell, J. 1999. The origins of the herpetofauna of the islands on the continental shelf of South China. In: Ota, H. (ed.), *Tropical Island Herpetofauna*. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, 79 – 96.
- Lazell, J. 2002. The herpetofauna of Shek Kwu Chau, South China Sea, with descriptions of two new colubrid snakes. *Memoirs of the Hong Kong Natural History Society*, **25**: 1 – 81.
- Ma, K. P. (马克平). 1994. Measurement of community diversity. In: Qian, Y. Q. (钱迎倩) and Ma, K. P. (马克平) (eds.), *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies (生物多样性研究的原理与方法)*. Chinese Science and Technology Press, Beijing, 141 – 165. (in Chinese)
- Margalef, D. R. 1958. Information theory in ecology. *General Systems*, **3**: 36 – 71.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons, New York.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois.
- Yu, G. and Lau, C. S. K. 2001. A contribution to knowledge of the ladybirds of Hong Kong, with descriptions of three new species (Coleoptera: Coccinellidae). *Memoirs of the Hong Kong Natural History Society*, **24**: 147 – 179.

(责任编辑 : 闫文杰)