

毛竹林节肢动物群落的组成与结构

张飞萍¹, 陈清林², 吴庆锥³, 侯有明¹, 尤民生^{1*}

(1. 福建农林大学, 福州 350002; 2. 福建省三明市三元区林业局, 三明 365000; 3. 福建省明溪林业总公司, 明溪 365000)

摘要:通过对福建三明和沙县 23 块毛竹林试验标准地节肢动物群落 1a 的系统调查, 结果表明: 竹冠层节肢动物隶属于 3 纲、21 目、124 科、332 种, 林下层节肢动物隶属于 3 纲、22 目、130 科、349 种。竹冠层和林下层类群分别有 92.77% 和 94.54% 的物种为稀有种或偶见种, 林下层类群种-丰盛度关系符合对数正态分布。二类群目或功能集团的科、物种的数量分布相近, 个体数量分布差异大。竹冠层类群以蜱螨目和同翅目为主, 林下层类群以蜘蛛目、膜翅目、同翅目和双翅目为主。前者的科、物种以及个体数的益害比分别为 1:1.18、1:0.83 和 1:4.62, 后者为 1:0.91、1:0.85 和 1:0.55。竹冠层类群的物种多样性和均匀度均显著低于林下层类群, 植食性集团多样性在林下层类群各功能集团中最高, 在竹冠层类群中则最低。群落和功能集团各参数对二类群多样性的影响均以相应类群总体的均匀度最大, 功能集团因子中均以相应类群蜘蛛类的均匀度最大。人为排除群落优势种后, 二类群的多样性均显著增加, 但林下层类群增加的幅度显著低于竹冠层类群。植食性和中性集团作为空间食物种类资源能显著促进群落容纳较多天敌物种, 天敌对二集团的空间数量跟随效应强, 二集团与天敌的多样性之间相互促进。

关键词:毛竹; 节肢动物; 群落; 物种多样性

文章编号:1000-0933(2005)09-2272-12 **中图分类号:**Q958, S718.7 **文献标识码:**A

Composition and structure of the arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest

ZHANG Fei-Ping¹, CHEN Qing-Lin², WU Qing-Zhui³, HOU You-Ming¹, YOU Min-Sheng^{1*} (1. *Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China*; 2. *Forestry Bureau of Shanyuan, Shangming 365000, China*; 3. *Fujian Mingxi forestry General company, Mingxi 365000, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2272~2283.

Abstract: The bamboo of *Phyllostachys. heterocycla* cv. *pubescens* was one of the most important forest resources in South China known for its broad distribution, high output and significant economic value. Based on a systematic investigation at 23 representative sampling sites in the *P. heterocycla* cv. *pubescens* forest in Sanming and Saxian, Fujian, P R China from 2001 to 2002, the composition and structure of the arthropod community were examined and analyzed in order to control major pests, such as *Pantana phyllostachysae*, *Kuwanaspis vermiformis*, *Aponychus corpuzae* and *Schizotetranychus nanjingensis* etc. These pests have badly infested the bamboo leaves in recent years. The results showed that there were 84,352 arthropod individuals collected from the canopy of forest belonging to 3 classes, 21 orders, 124 families and 332 species, and 12,824 individuals from the underlayer of forest belonging to 3 classes, 22 orders, 130 families and 349 species. Percentage of the haphazard and rare species number to the total was 92.77% in the canopy, and 94.54% in the underlayer. The relationship between species and its relative abundance fitted the logarithmic normal pattern well for the underlayer sampling. The numeric distribution characteristics of family and species in the samples from the canopy and the underlayer were very similar. However, the

基金项目:福建省教育厅科技资助项目(JA03061)

收稿日期:2004-09-27; **修订日期:**2005-04-02

作者简介:张飞萍(1971~), 男, 福建人, 博士, 副教授, 主要从事昆虫生态与森林害虫综合治理研究. E-mail: fpzhang1@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: msyou@fjau.edu.cn

致谢:感谢福建农林大学林乃铨教授、林毓银教授、吴珍泉研究员、杨健全副教授和西北农林科技大学张雅林教授、湘潭科技大学刘雨芳教授鉴定部分节肢动物标本

Foundation item: Science and technology item of Education Committee, Fujian Province(No. JA03061)

Received date: 2004-09-27; **Accepted date:** 2005-04-02

Biography: ZHANG Fei-Ping, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in insect ecology and IPM of forest pest. E-mail: fpzhang1@163.com

distribution of the individuals showed significant difference. The dominant orders in the canopy were Acarina and Homoptera, and in the underlayer Arancuda, Hymenoptera, Homoptera and Dipetera. Ratios of the number of the beneficial to the harmful families, species and individuals in the canopy were 1 : 1.18, 1 : 0.83 and 1 : 4.62, respectively. Those in the underlayer were 1 : 0.91, 1 : 0.85 and 1 : 0.55, respectively. Species diversity and evenness of the arthropods in the canopy were all much lower than those in the underlayer. But the dominant concentration of species was much higher in the underlayer. Among all functional groups, species diversity of the herbivores was the highest in the underlayer, and the lowest in the canopy. By step regression analysis, the species diversity of the arthropods in the canopy showed a significant correlation with its evenness for all parameters of the community and all its functional groups, and was greatly affected by spiders' evenness for all parameters in its functional groups, which the same behavior can be found in the underlayer. If the dominant species were removed, species diversity would prominently increase in the canopy and the underlayer. On the other hand, the degree of increase in the underlayer was less prominent than that in the canopy. As resources for spatial food species, the herbivores and neutrals would prominently favor more natural enemies species accepted by the community. The efficiency of natural enemies following the two functional groups was prominent in spatial individual amount. Moreover, species diversity of the two functional groups and natural enemies appeared to mutually promote each other.

Key words: *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*; arthropod; community; species diversity

毛竹(*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*)多种叶部害虫(螨)的危害已成为阻碍我国南方竹产业发展的重大障碍^[1]。对于这些害虫,前人从种群的角度开展了大量的基础和应用研究,但目前的控制技术难以实现持续控害,应进一步开展有关生态控制的研究^[1]。通过合理调节害虫所在的生物群落,充分发挥天敌的控害潜能和植物的抗虫效能,是生态控制的重要途径,而对群落组成、结构及其种内和种间关系的研究是生态控制的重要基础^[2~4]。对松林、果园、蔬菜、稻田、棉田等昆虫群落的研究较多,一般从物种、功能集团(functional groups)或营养层(trophic classes)等个体数量的水平进行研究^[5~11],也有少数生物量或能量流方面的研究^[12~15],一些研究结果已在害虫的生态控制中得以应用^[5,7,8,12~14]。有关毛竹林节肢动物群落的研究极少^[1]。研究竹林害虫种群在群落中的地位与功能、群落对害虫的自然控制效能及机制等,对于揭示毛竹叶部主要害虫的成灾机理,实现害虫的生态控制具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验地设在福建省三明市中村乡和沙县虬江乡,均为毛竹核心产区。中村乡地处三明东南部,东经 117°35'~117°37',北纬 26°02'~26°05',介于武夷山脉和戴云山脉之间,平均海拔 679m,森林覆盖率 76%,以毛竹林面积最大,是全国人均有竹林面积最多乡。该地属亚热带季风气候区,年平均气温 15.6~19.6℃,极端最低气温 -7.1℃,极端最高气温 40.1℃,日均温 >10℃ 的活动积温 4478~5859℃,全年日照时数 1877.6h,无霜期 245~297d,雪日 2~13d,年均降水量 1510~1840mm,年均相对湿度 82%。虬江乡地处闽江主支流沙溪河下游,东经 117°32'~118°06',北纬 26°06'~26°46',试验地平均海拔 550m,气候特征与中村相近。

2001 年 8 月在全面踏查与农户家访的基础上,根据毛竹林不同经营类型、不同病虫害发生及防治情况等,在两地共设立 23 块有代表性的试验标准地。各地面积均约 0.667hm²,均为红壤、笋竹两用林,林下植被矮小,主要有细齿柃木(*Eurya nitida*)、白花悬钩子(*Rubus innominatu*)、梨茶(*Camellia latilimba*)、光叶菝葜(*Smilax glabra*)、香花崖豆藤(*Millettia aieisiana*)、紫花络石(*Trachelospermum axillare*)、玉叶金花(*Mussaenda pubescens*)、铁线莲(*Clematis florida*)、地菌(*Melastoma dodacandrum*)、菝葜(*Smilax china*)、金毛耳草(*Hedyotis chrysotricha*)、黑莎草(*Gahnia tristis*)、马唐草(*Digitaria sanguinalis*)、翠云草(*Selaginella uncinata*)、提灯藓(*Mniaceae* sp.)、铁芒萁(*Dicranopteris linearis*)和五节芒(*Miscanthus floridulus*)等。各地其它情况见表 1。

1.2 群落的划分

随着绝大多数天然竹木混交林的纯林化以及人工经营的日趋精细,毛竹林生境已接近一般农田生境,趋于简单。尤其竹林冠层与下层的空间层次出现明显分化,生境存在较大差异,主要表现为:(1)植物组成不同,林下层 1a 中的大多数时期生长着大量的草本、藤本植物及木本小灌木,而冠层则由单纯的竹叶、竹枝组成;(2)空间差异大,一般的毛竹株高在 10m 以上,而长期经营的竹林下层植被矮小,高度一般不超过 1m,林分中层除竹杆外无过渡性植物,竹冠层和林下层空间距离大,分层明显;(3)小气候不同,由于竹林冠层与下层的空间位置、植物组成及距地表距离等不同,其小气候差异大。群落生境的复杂性往往决定了群落的组成、结构与多样性,尤其植物的组成与分布,对节肢动物群落起着重要作用。生境的差异导致冠层与林下节肢动物的组成和结构不同。鉴此,将毛竹林节肢动物群落划分为竹冠层节肢动物类群(简称竹冠层类群)和林下层节肢动物类群(简称林下层

类群)。

表 1 试验标准地概况

Table 1 The general situations of experimental fields

样地号 Number	地点 Site	坡向 Aspect	林分类型 Forest type	林下管理措施 Managing measure of undergrowth	坡度 Slope	海拔 Altitude (m)	立竹密度 Density (individual/hm ²)
1	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	垦复施肥 Scarification and fertilization	25°	520	2130
2	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	垦复 Scarification	25°	530	2550
3	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	26°	500	1560
4	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	失管 Non-management	29°	520	1920
5	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	喷山 Spraying herbicide	24°	650	1800
6	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	23°	700	1920
7	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	28°	700	1800
8	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	12°	680	1950
9	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	32°	530	2100
10	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	混交林 Mixed forest	劈草 Weeding	16°	760	1620
11	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	混交林 Mixed forest	劈草 Weeding	30°	720	1560
12	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	15°	550	1800
13	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	混交林 Mixed forest	劈草 Weeding	31°	520	1860
14	中村 Zhongcun	阳坡 Sunny slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	28°	400	1950
15	中村 Zhongcun	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	30°	540	1780
16	中村 Zhongcun	阳坡 Sunny slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	24°	660	1880
17	中村 Zhongcun	阳坡 Sunny slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	14°	820	1890
18	中村 Zhongcun	阳坡 Sunny slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	15°	950	1800
19	虬江 Qiujiang	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	垦复 Scarification	16°	580	2150
20	虬江 Qiujiang	阴坡 Sunny slope	纯林 Pure forest	垦复施肥 Scarification and fertilization	15°	560	2230
21	虬江 Qiujiang	阳坡 Sunny slope	纯林 Pure forest	垦复施肥 Scarification and fertilization	20°	530	2570
22	虬江 Qiujiang	阳坡 Sunny slope	纯林 Pure forest	劈草 Weeding	24°	550	2600
23	虬江 Qiujiang	阴坡 Shady slope	纯林 Pure forest	喷山 Spraying herbicide	30°	530	2380

1.3 群落的调查

1.3.1 竹冠层类群的调查 (1)网捕法 在对抽样技术研究的基础上,根据刘怀的方法^①,补充剪枝调查法。方法如下:将铝合金套筒式捕虫网的网袋和网圈分别换成100目尼龙滤网袋和大号铁丝,网口直径40cm,深度70cm,并将其固定在长8m的竹竿上,制成冠层捕虫网。网捕前,先于每株毛竹前目视竹冠,记录在竹冠周围或内部飞行的大型节肢动物,后用捕虫网于竹冠中层随机套住1枝条,以均匀的力量向下连续抖动5次,在抖动过程中逐渐将网退出(尼龙滤网易于退出),每株调查2枝,后迅速在竹冠层中部的东、西、南、北4方位各扫网2次,捕捉在冠层周围飞行的小型节肢动物,将捕虫网塞入广口毒气瓶毒杀后,简单地去除网内枯枝落叶,将剩余物袋装,带回室内于解剖镜下收集所有活动态节肢动物。每地每次调查均以5点取样法随机抽样20株,对各地各样株的每次调查均使用相近的力量抖网和扫网。一般各地每月15号前后调查1次,部分2或3个月调查1次。调查时间为2001年9月到2002年8月。

(2)剪枝调查法 由于网捕法不能收集枝叶上的蚧类、有丝膜保护的螨类以及极其微小的节肢动物,因此应进行枝、叶补充调查。在每样株网捕调查结束后,用高枝剪于同一样株的竹冠层中部按东、西、南、北、内5个方位各随机剪取1个枝条,共5枝,每枝长约30cm,另外袋装后,在室内于解剖镜下检查并记录各枝上节肢动物种类及数量;然后在每个枝条上随机剪取2张叶片,共10叶,于解剖镜下检查和记录叶上活动态节肢动物的种类和数量。

1.3.2 林下层类群的调查 采用网集法,用同(1)改制的捕虫网(未固定在长竹竿上),以5点取样法在林下植被层近地面随机扫网,各点内以“S”型路线扫网40次,来回扫网算1次,共200次。每40网毒杀并收集标本1次,以样地为单位将标本袋装。扫网同时记录“S”型路线周围飞行的大型节肢动物种类和数量。

1.4 标本鉴定

对于各次调查所采集的标本,清样时将可鉴定的标本及时鉴定,分类保存;对于暂时不能鉴定的标本,编号记录,以调查时

① 刘怀. 毛竹冠层节肢动物群落及竹盲走螨生物学、生态学的研究. 博士论文

间和样地为单位,用 75%酒精浸泡保存,寄送有关专家鉴定。双翅目、膜翅目、蜘蛛类部分个体数量较少的标本只鉴定到科,其它标本鉴定到属或种。对于不能确定食性的标本,以其所在类群(所鉴定的最末一阶元)的代表食性确定。

1.5 分析方法

物种丰富度 S ; 相对丰盛度 $P_i = N_i/N$; Shannon-Wiener 多样性指数 $H' = - \sum P_i / \ln P_i$; Pielou 均匀度指数 $J = (- \sum P_i^2 \ln P_i) / \ln S$; Simpson 优势集中性指数 $C = \sum P_i^2$; 式中 N_i 指群落第 i 物种的个体数量, N 指群落总体的个体数量^[16]。

2 结果与分析

2.1 群落物种组成及相对丰盛度

通过 1a 的系统调查,共采集和处理竹冠层节肢动物标本 84,352 号,林下层节肢动物标本 12,824 号。竹冠层类群由 3 纲、21 目、124 科、332 种组成(其中 8,978 号标本未确定种名);林下层类群由 3 纲、22 目、130 科、349 种组成(其中 6,282 号标本未确定种名)。从各类群相对丰盛度前 20 位的物种组成(表 2)可知,二者的主要物种组成的差异大,竹冠层类群具优势种(相对丰盛度大于 0.1),有竹刺瘿螨(*Aculus bambusae*)、竹缺爪螨(*Aponychus corpuzae*)和蠕须盾蚧(*Kuwanaspis vermiformis*),均为叶部刺吸式害螨(虫),三者累计占类群总个体数的 54.77%,林下层类群则无优势种,相对丰盛度高于 0.05 的丰盛种有大蚊(种名待定)、二尾蚜(*Cavariella* sp.)和松氏举腹蚁(*Crematogaster matsumurai*),仅二尾蚜为植食性,三者累计占类群总个体数的 18.74%。相对丰盛度前 20 位的物种中,竹冠层类群植食性、天敌和中性物种数分别为 12、7 和 1,林下层类群分别为 2、12 和 6,可见二类群的主要种中,竹冠层类群多为植食性种类,而林下层类群多为捕食性种类。

表 2 群落主要物种组成及其相对丰盛度

竹冠层类群 The arthropods in the canopy		林下层类群 The arthropods in the underlayer	
物种 Species	相对丰盛度 Relative abundance	物种 Species	相对丰盛度 Relative abundance
竹刺瘿螨 <i>Aculus bambusae</i>	0.2290	大蚊(未鉴种)Tipulidae(unidentified spcies)	0.0695
竹缺爪螨 <i>Aponychus corpuzae</i>	0.1887	二尾蚜 <i>Cavariella</i> sp.	0.0607
蠕须盾蚧 <i>Kuwanaspis vermiformis</i>	0.1300	松氏举腹蚁 <i>Crematogaster matsumurai</i>	0.0572
竹小爪螨 <i>Oligonichus urama</i>	0.0511	小家蚁 <i>Monmorium</i> sp.	0.0402
棍蓟马 <i>Dendrothrips</i> sp.	0.0379	伊蚊 <i>Aedes</i> sp.	0.0389
刚竹毒蛾 <i>Pantana phyllostachysae</i>	0.0229	扁胸切叶蚁(种 2)Vollenhovia sp. (species 2)	0.0324
竹蚜 <i>Oregma bambusicola</i>	0.0205	猫蛛 <i>Oxyopes</i> sp.	0.0303
南京裂爪螨 <i>Shcizotetranychus nanjingensis</i>	0.0157	蜘蛛(未鉴种 1)Spider(unidentified species 1)	0.0242
蜘蛛(未鉴种 1)Spider(unidentified species 1)	0.0141	管蓟马(未鉴种)Phloeothripidae(unidentified species)	0.0218
伊蚊 <i>Aedes</i> sp.	0.0137	蚊(未鉴种)Culicidae(unidentified species)	0.0214
狼蛛(未鉴种)Lycosidae(unidentified species)	0.0136	长足虻(未鉴种)Dolichopodidae(unidentified species)	0.0204
竹红苔螨 <i>Bryobia</i> sp.	0.0134	蠼螋 <i>Harmochirus brachiatus</i>	0.0179
二尾蚜 <i>Cavariella</i> sp.	0.0116	金蛛 <i>Argiopinae</i> sp.	0.0173
松氏举腹蚁 <i>Crematogaster matsumurai</i>	0.0114	蜘蛛(未鉴种 2)Spider(unidentified species 2)	0.0170
肖蛸(未鉴种 1)Tetragnathidae(unidentified species 1)	0.0099	蜘蛛(未鉴种 3)Spider(unidentified species 3)	0.0161
褐叶蝉 <i>Hishimonus</i> sp.	0.0098	扁胸切叶蚁(种 1)Vollenhovia sp. (species 1)	0.0159
小家蚁 <i>Monmorium</i> sp.	0.0097	真菌蚊 <i>Mycomya</i> sp.	0.0151
黑卵蜂(未鉴种)Scelionidae(unidentified species)	0.0068	按蚊 <i>Anopheles</i> sp.	0.0133
扁胸切叶蚁(种 1)Vollenhovia sp. (species 1)	0.0056	黑尾大叶蝉 <i>Bothrogomia ferruginea</i>	0.0123
啮虫(未鉴种)Psocidae(unidentified species)	0.0055	肖蛸(未鉴种 2)Tetragnathidae(unidentified species 2)	0.0097

2.2 种-丰盛度关系

种-丰盛度关系反映了群落内种间数量关系及其互作机制,也反映了物种的数量分布特征。以个体数为横坐标,物种数为纵坐标作图,两类群的种-丰盛度关系见图 1。从图 1 可知,竹冠层类群以个体数 4~7 的物种最多,为 54 种,其次是 8~15 的物种,为 49 种,绝大多数物种分布于 1~511 之间,累计 315 种,占总种数的 94.88%。林下层类群以个体数 4~7 和 8~15 的物种最多,均为 59 种,其次是 2~3 的物种,为 58 种,绝大多数物种分布于 1~127 之间,累计 320 种,占类群总种数的 91.69%。以相对丰盛度 $p \geq 0.1$ 、 $0.05 \leq p < 0.1$ 、 $0.01 \leq p < 0.05$ 、 $0.001 \leq p < 0.01$ 和 $p < 0.001$ 分别作为群落优势种、丰盛种、常见种、偶见种和稀有种的划分标准,则竹冠层类群的优势种、丰盛种、常见种、偶见种和稀有种分别有 3、1、10、59 和 249 种,林下层类群分别有 0、3、16、128 和 202 种,前者偶见种和稀有种分别占类群总种数的 17.77%和 75%,后者分别占 36.66%和 57.88%。综上可见,竹冠层和林下层类群物种的数量分布趋势存在一定的异同,相同点表现为二者的绝大多数物种均为稀有种和偶见种,不同点为

前者存在明显的优势种,后者则无。这种差异与群落生境的不同有关,竹冠层生境单一,其植物相主要由单一的毛竹枝叶组成,群落易形成优势种群,而林下层为异质生境,植物组成复杂,不易形成优势种群。进一步以 Fisher 对数序列模型和 Preston 对数正态分布模型对二类群的种-丰盛度关系进行拟合,经 Chi-Square 检验,竹冠层类群的种-丰盛度关系不符合上述 2 种分布,林下层类群符合对数正态分布。

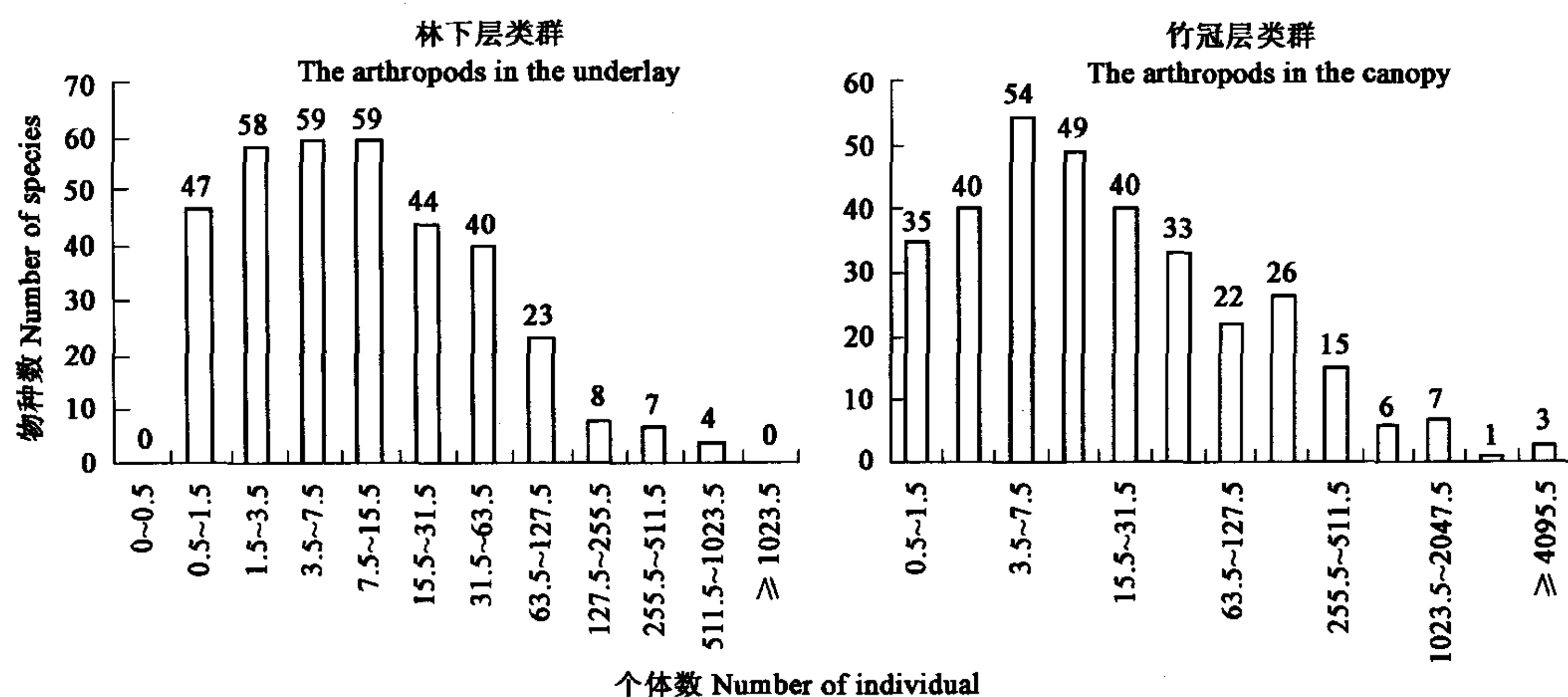


图1 群落种-丰盛度关系

Fig. 1 Relationship between species and relative abundance of the arthropod community

2.3 群落目分布特征

群落主要目的科、物种、个体数分布及其优势集中性指数见表 3。由表 3 可知,从科的分布看,竹冠层类群以鞘翅目的科数最多,占类群总科数的 21.77%,其次是双翅目和膜翅目,分别占 16.94%和 16.13%;林下层类群也以鞘翅目的科数最多,占类群总科数的 19.23%,其次也是膜翅目和双翅目,分别占类群总科数的 17.69%和 16.92%;二类群其它目科的数量也较接近,可见竹冠层与林下层类群各目科的分布特征相近。

从物种的分布看,竹冠层类群以膜翅目的物种数最多,占类群总种数的 19.58%,然后依次是鞘翅目、蜘蛛目、双翅目、同翅目、半翅目、蜚蠊目和鳞翅目,8 目累计占类群总种数的 90.98%;林下层类群也以膜翅目物种数最多,占类群总种数的 20.06%,然后依次是蜘蛛目、鞘翅目、双翅目、同翅目、半翅目、鳞翅目和直翅目,8 目累计占类群总种数的 91.69%,可见二类群各目物种的数量分布也较接近。

从个体数的分布看,竹冠层类群以蜚蠊目最多,占类群总个体数的 51.91%,其次为同翅目、蜘蛛目和膜翅目,4 目累计占类群总个体数的 85.04%;林下层类群以双翅目最多,占类群总个体数的 27.45%,其次为膜翅目、蜘蛛目和同翅目,4 目累计占类群总个体数的 81.52%;二类群前 4 目的累计百分率相近,但竹冠层类群以蜚蠊目和同翅目为主,4 目之间物种个体数量分布极不均匀,而林下层类群 4 目之间物种个体数量分布较均匀,可见二者各目的个体数量分布存在较大差异。

从优势集中性指数看,竹冠层类群优势集中性大于 0.3 的目及其大小序列为缨翅目>蜚蠊目>鳞翅目>同翅目>蜚蠊目>直翅目,林下层类群为缨翅目>啮虫目>同翅目>蜚蠊目。

2.4 群落功能集团分布特征

根据物种的食性和取食行为,将群落划分为植食性集团(包括植食性昆虫、螨类等)、寄生性集团(包括寄生性膜翅目、少数双翅目昆虫等)、中性集团(包括对植物为害轻微,不造成经济损失或腐食性的节肢动物,如双翅目的蝇蚊、少数鞘翅目、蜚蠊目昆虫等)和捕食性集团(包括蜘蛛、捕食性昆虫和螨类等)。鉴于蜘蛛的种类和数量极丰富,进一步将捕食性集团划分为捕食性昆虫、螨类(包括捕食性昆虫和捕食螨)和蜘蛛类(包括所有蜘蛛)2 个类群。群落各功能集团的科、物种和个体数分布见表 4。由表 4 可知,从科的分布看,竹冠层与林下层类群各对应功能集团的科数均较接近,均以植食性集团的科数最多,然后依次是捕食性、寄生性和中性集团,捕食性集团中又均以捕食性昆虫、螨类的科数更多,蜘蛛类均只有 9 科,可见两类群功能集团科的数量分布相近。从物种的分布看,二类群各对应功能集团的物种数均相近,功能集团物种数的大小序列均为植食性>捕食性>寄生性>中性集团,捕食性集团中则均以蜘蛛类的种数较高。可见二类群功能集团物种的数量分布也相近。从个体数的分布看,竹冠层类群以植食性集团最高,占类群总个体数的 78.86%,然后依次是捕食性、中性和寄生性集团,捕食性集团中又以蜘蛛类明显较高,天敌累计占类群总个体数的 17.26%;林下层类群则以捕食性集团最高,占类群总个体数的 43.52%,然后依次是植食性、中

性、和寄生性集团,捕食性集团中也以蜘蛛类略高,天敌累计占类群总个体数的 48.36%,明显高于竹冠层类群的比例。综上所述,二类群功能集团的个体数量分布差异大,前者以植食性集团为主,后者则以捕食性集团为主。从优势集中性看,竹冠层类群以植食性集团最高,然后依次是中性、寄生性和捕食性集团,其中植食性集团物种数多,个体数量大,优势种优势性极明显;林下层类群则以中性集团最高,然后依次是植食性、寄生性和捕食性集团,除捕食性集团外,其余各集团的优势集中性均比竹冠层类群低,类群总体的优势集中性也明显较低。

表 3 群落主要目的科、物种和个体数分布^①

Table 3 Distribution of the family, species and individual in the main orders of the arthropod community

类群 Category	目 Order	科数 Number of family	P_F ^②	种数 Number of species	P_S	个体数 Number of individual	P_N	优势集中性 Dominant concentration C
竹冠层类群 The arthropods in the canopy	蜱螨目 Acarina	4	0.0323	15	0.0452	43791	0.5191	0.3381
	蜘蛛目 Arancuda	9	0.0726	55	0.1657	8073	0.0957	0.0729
	膜翅目 Hymenoptera	20	0.1613	65	0.1958	4451	0.0528	0.1151
	同翅目 Homoptera	7	0.0565	26	0.0783	15422	0.1828	0.5255
	半翅目 Hemiptera	6	0.0484	22	0.0663	404	0.0048	0.2420
	鞘翅目 Coleoptera	27	0.2177	56	0.1687	1131	0.0134	0.0951
	双翅目 Dipetera	21	0.1694	50	0.1506	3176	0.0377	0.1847
	直翅目 Orthoptera	4	0.0323	8	0.0241	137	0.0016	0.3327
	鳞翅目 Lepidoptera	10	0.0806	13	0.0392	2320	0.0275	0.7014
	啮虫目 Corrodentia	1	0.0081	5	0.0151	1336	0.0158	0.2654
	蜚蠊目 Blattodea	2	0.0161	2	0.0060	298	0.0035	0.7252
	缨翅目 Thysanoptera	2	0.0161	3	0.0090	3503	0.0415	0.8376
	其它 Others	11	0.0887	12	0.0361	310	0.0037	0.1645
	合计 Total	124	1.0000	332	1.0000	84352	1.0000	
林下层类群 The arthropods in the underlayer	蜱螨目 Acarina	2	0.0154	4	0.0115	8	0.0006	0.3125
	蜘蛛目 Arancuda	9	0.0692	57	0.1633	2951	0.2301	0.0601
	膜翅目 Hymenoptera	23	0.1769	70	0.2006	2696	0.2102	0.1443
	同翅目 Homoptera	7	0.0538	25	0.0716	1365	0.1064	0.3493
	半翅目 Hemiptera	6	0.0462	22	0.0630	363	0.0283	0.1874
	鞘翅目 Coleoptera	25	0.1923	56	0.1605	690	0.0538	0.0659
	双翅目 Dipetera	22	0.1692	56	0.1605	3520	0.2745	0.1072
	直翅目 Orthoptera	7	0.0538	13	0.0372	399	0.0311	0.1330
	鳞翅目 Lepidoptera	12	0.0923	21	0.0602	245	0.0191	0.1095
	啮虫目 Corrodentia	1	0.0077	5	0.0143	48	0.0037	0.3759
	蜚蠊目 Blattodea	2	0.0154	2	0.0057	47	0.0037	0.0187
	缨翅目 Thysanoptera	2	0.0154	4	0.0115	291	0.0227	0.9451
	其它 Others	12	0.0923	14	0.0401	201	0.0157	0.2016
	合计 Total	130	1.0000	349	1.0000	12824	1.0000	

①竹冠层和林下层类群分别有 8 978 和 6 282 号标本未确定种名 The number of unidentified species individual in the canopy and underlayer are 8 978 and 6 282 respectively; ② P_F 指各目(功能集团)科数占类群总科数比例, P_S 指物种数占类群总数比例, P_N 指个体数占类群总个体数比例, C 指优势集中性指数; 表 4 同 P_F is the proportion of family number per order to total family number in arthropod group or functional group; P_S the proportion of species number per order to total; P_N the proportion of individual number per order to total; and C dominant concentration index; Same in Table 4

根据表 4 计算竹冠层类群的科、物种以及个体数的益害比,分别为 1 : 1.18、1 : 0.83 和 1 : 4.62,林下层类群分别为 1 : 0.91、1 : 0.85 和 1 : 0.55,二者的科数和物种数益害比均相近,而个体数量益害比存在较大差异。这进一步说明二类群功能集团的科和物种数量分布相近,个体数分布存在较大差异。

2.5 群落的丰富度、多样性、均匀度和优势集中性

1 块标准地空间尺度上群落的丰富度、多样性、均匀度、优势集中性指数及其差异显著性检验见表 5。由表 5 可知,从群落总体看,林下层类群的丰富度和优势集中性均显著低于竹冠层类群,而物种多样性和均匀度则显著较高。从功能集团的角度看,竹冠层和林下层类群各集团中仅中性集团各对应指数之间的差异均不显著,其余集团基本上均存在显著差异,说明二类群各对应功能集团之间仅中性集团的物种数量分布最为相近,其余均存在显著差异,这与中性物种多为腐食性,对生境条件,尤其对生境植物组成的依赖性低,在竹冠层和林下层之间的短距离迁移能力相对强而使二类群该集团的物种数量分布趋于相近等有关。

表 4 群落功能集团的科、物种和个体数分布^①

Table 4 Distribution of the family, species and individual in various functional groups of the arthropod community

类群 Category	功能集团 Functional group	科数 Number of family	P_F	种数 Number of species	P_S	个体数 Number of individual	P_N	优势集中性 Dominant concentration C
竹冠层类群 The arthropods in the canopy	中性集团 Neutrals	16	0.1280	39	0.1175	3432	0.0407	0.1634
	植食性集团 Herbivores	59	0.4720	137	0.4127	66519	0.7886	0.1780
	寄生性集团 Parasitoids	20	0.1600	55	0.1657	1624	0.0193	0.1521
	捕食性集团 Predators	30	0.2400	101	0.3043	12777	0.1515	0.0431
	蜘蛛类 Spiders	9	0.0720	55	0.1657	8073	0.0957	0.0728
	捕食性昆虫和螨类 Predatory insects and mites	21	0.1680	46	0.1386	4704	0.0558	0.1034
	类群 The whole group	125	1.0000	332	1.0000	84352	1.0000	0.1121
林下层类群 The arthropods in the underlayer	中性集团 Neutrals	18	0.1374	42	0.1203	3220	0.2511	0.1258
	植食性集团 Herbivores	62	0.4733	146	0.4183	3402	0.2653	0.0698
	寄生性集团 Parasitoids	21	0.1603	64	0.1834	621	0.0484	0.0406
	捕食性集团 Predators	30	0.2290	97	0.2779	5581	0.4352	0.0506
	蜘蛛类 Spiders	9	0.0687	57	0.1633	2951	0.2301	0.0598
	捕食性昆虫和螨类 Predatory insects and mites	21	0.1603	40	0.1146	2630	0.2051	0.1524
	类群 The whole group	131	1.0000	349	1.0000	12824	1.0000	0.0225

①竹冠层类群中性、植食性、寄生性、蜘蛛类、捕食性昆虫和螨类集团分别有 1,076、2,819、1,315、3,207 和 561 号标本未确定种名,林下层类群中性、植食性、寄生性、蜘蛛类、捕食性昆虫和螨类集团分别有 1,975、1,913、416、1,780 和 198 号标本未确定种名,表 5、6 与此同 The unidentified species individual number of neutrals, herbivores, parasitoids, spiders, predatory insects and mites in the canopy are 1,076, 2,819, 1,315, 3,207 and 561, and those in the underlayer are 1,975, 1,913, 416, 1,780 and 198 respectively; the same below

由表 5 还可知,对于丰富度,竹冠层和林下层类群均以植食性和捕食性集团较高,但林下层类群除中性集团外的各功能集团均显著低于竹冠层类群,捕食性集团中的蜘蛛类和捕食性昆虫、螨类以及类群总体也表现出相同特征,而在 23 块标准地空间尺度上林下层类群的丰富度高于竹冠层类群(见 2.1),这是由于林下层长期受到垦复、劈草等高强度周期性经营活动的干扰,使林下层植物常阶段性消失,但在较大空间和较长时间(如 23 块空间标准地和 1a)尺度上,其植物组成仍极复杂,生境异质性高于竹冠层,从而导致较小空间尺度上林下层类群的丰富度显著较低,而在较大空间尺度则较高,这也说明随着空间环境的变化,林下层类群物种组成的变化高于竹冠层类群。对于物种多样性,竹冠层类群以捕食性集团最高,植食性集团最低,林下层类群则以植食性集团最高,中性集团最低,其中林下层类群的植食性集团多样性显著高于竹冠层类群,而捕食性集团及其昆虫和螨类群体的多样性均显著低于竹冠层类群。对于均匀度,竹冠层类群以寄生性集团最高,植食性集团最低,林下层类群也以寄生性集团最高,但以中性集团最低,其中林下层类群植食性、寄生性集团及捕食性集团中的蜘蛛类均显著高于竹冠层类群。对于优势集中性,竹冠层类群以植食性集团最高,捕食性集团最低,林下层类群则以中性集团最高,寄生性集团最低,其中林下层类群植食性、寄生性集团均显著低于竹冠层类群,而捕食性集团中的昆虫和螨类群体则显著较高。

2.6 群落物种多样性的影响分析

2.6.1 参数分析 物种多样性是包含物种数、个体数及其分布的一个群落属性,因此群落丰富度、个体数、均匀度以及优势集中性等均与物种多样性密切相关。以竹冠层类群总体的 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 为因变量(Y),以其植食性集团的丰富度 $S(X_1)$ 、个体数 $N(X_2)$ 、多样性指数 $H'(X_3)$ 、均匀度指数 $J(X_4)$ 、优势集中性指数 $C(X_5)$,中性集团的丰富度 $S(X_6)$ 、个体数 $N(X_7)$ 、多样性指数 $H'(X_8)$ 、均匀度指数 $J(X_9)$ 、优势集中性指数 $C(X_{10})$,捕食性集团中昆虫、螨类群体的丰富度 $S(X_{11})$ 、个体数 $N(X_{12})$ 、多样性指数 $H'(X_{13})$ 、均匀度指数 $J(X_{14})$ 、优势集中性指数 $C(X_{15})$,寄生性集团的丰富度 $S(X_{16})$ 、个体数 $N(X_{17})$ 、多样性指数 $H'(X_{18})$ 、均匀度指数 $J(X_{19})$ 、优势集中性指数 $C(X_{20})$,捕食性集团中蜘蛛类的丰富度 $S(X_{21})$ 、个体数 $N(X_{22})$ 、多样性指数 $H'(X_{23})$ 、均匀度指数 $J(X_{24})$ 、优势集中性指数 $C(X_{25})$,竹冠层类群总体的丰富度 $S(X_{26})$ 、个体数 $N(X_{27})$ 、均匀度指数 $J(X_{28})$ 、优势集中性指数 $C(X_{29})$ 为自变量,并以 23 个空间标准地群落为重复序列进行逐步回归,分析上述自变量对因变量的影响,得(1)式:

$$Y = -1.4947 + 0.0015X_1 + 0.1134X_3 - 1.1232X_4 - 0.2807X_5 - 0.0005X_7 + 0.0220X_8 - 0.0014X_{11} - 0.0034X_{14} - 0.0156X_{15} - 0.0024X_{16} + 0.0005X_{17} + 0.0109X_{18} - 0.0239X_{20} + 0.0121X_{21} - 0.1233X_{23} + 1.1973X_{24} + 1.0455X_{25} + 0.0069X_{26} + 6.9439X_{28} \tag{1}$$

(1)式的复相关系数接近 1,F 检验达极显著水平,且各偏相关系数除(Y, X_{14})在 0.05 的水平上显著外,其余偏相关系数均在 0.01 的水平上显著,故该式有效。从式中可知,有 X_1 等 19 个因子入选,可见这些因子均能显著影响竹冠层类群的物种多样

性。从各入选因子的载荷大小看,植食性集团的多样性、均匀度、优势集中性、蜘蛛类的多样性、均匀度、优势集中性、类群总体的丰富度、均匀度等对竹冠层类群的物种多样性构成主要影响(载荷高于 0.1),其中以类群总体均匀度(X_{28})的影响最大(载荷最高),功能集团因子中则以蜘蛛类均匀度(X_{24})的影响最大。

以同样的方法分析林下层类群的物种多样性,结果见(2)式:

$$Y = 0.1922 + 0.0032X_1 + 0.1641X_4 + 0.0977X_8 - 0.0886X_9 - 0.0481X_{11} + 0.0012X_{12} + 0.5560X_{13} - 0.2202X_{14} + 1.0439X_{15} + 0.0301X_{16} - 0.0042X_{17} - 0.1516X_{18} - 0.1705X_{20} + 0.0396X_{23} - 1.1564X_{24} - 0.1620X_{25} + 0.0153X_{26} - 0.0009X_{27} + 4.4150X_{28} - 0.3632X_{29} \quad (2)$$

(2)式的复相关系数接近 1, F 检验达极显著水平,且各偏相关系数均在 0.01 的水平上显著,故该式也有效。从式(2)可知, X_1 等 20 个因子均能显著影响林下层类群的物种多样性,其中植食性集团均匀度、捕食性昆虫、螨类群体的多样性数、均匀度、寄生性集团的多样性、优势集中性、蜘蛛类的均匀度、优势集中性、类群总体的丰富度、个体数、均匀度、优势集中性等对林下层类群的物种多样性构成主要影响(载荷高于 0.1),其中也以类群总体均匀度(X_{28})的影响最大(载荷最高),功能集团因子中也以蜘蛛类均匀度(X_{24})的影响最大。

2.6.2 优势物种的影响分析 优势种是群落的重要组成,对群落的性质和功能有着重大影响。比较人为去除优势种前后群落的结构能够解析优势种在群落中的地位和功能。以 23 个空间标准地群落的调查数据为资料,计算和比较去除优势种前后的物种多样性(各群落均去除相对丰盛度最高的 1 个物种),结果见图 2。从图 2 可知,1 块标准地空间尺度上,不论林下层还是竹冠层类群,23 个群落去除优势种后,物种多样性均有不同程度的增加,其增加的幅度与去除物种的相对丰盛度大小有关,总体上去除物种的相对丰盛度越高,物种多样性增加的幅度也越大。但林下层类群去除优势种后物种多样性的增加幅度明显小于竹冠层类群,这与其不存在优势种或其优势物种的相对丰盛度、优势度低有关,也与物种多样性的测度有关。23 块标准地空间尺度上,竹冠层类群去除优势物种前、后的 Shannon-wiener 多样性指数分别为 4.5327 和 4.7257,林下层类群分别为 6.5638 和 6.6627。以空间标准地群落为序列进行 t 测验,二类群去除优势物种前后的多样性均存在极显著差异(竹冠层类群 $t=6.5990$, $p=0.0001$;林下层类群 $t=4.0523$, $p=0.0005$)。可见总体上,去除优势物种后二类群的物种多样性均极显著地增加,但林下层增加的幅度小于竹冠层。综上,优势种对群落物种多样性有着重要影响。

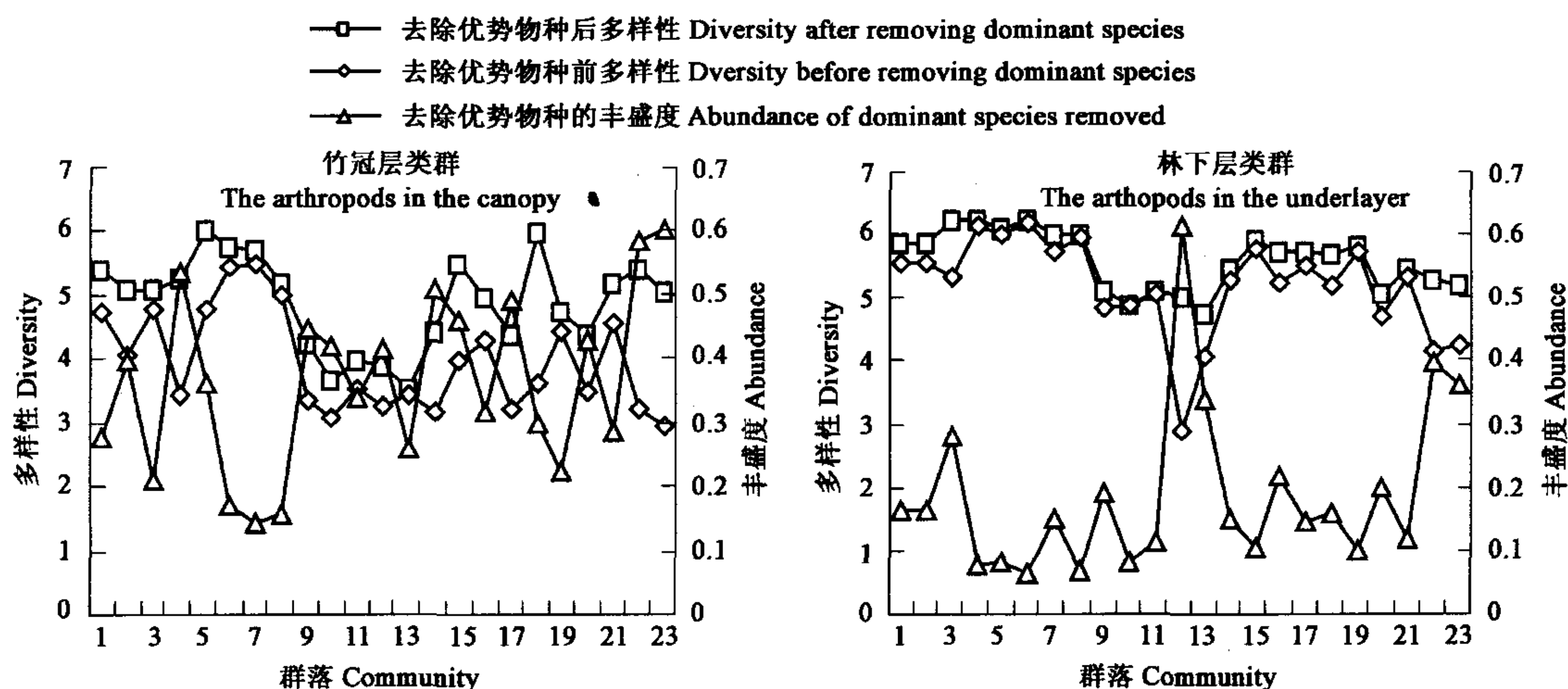


图 2 去除优势种后群落物种多样性的变化

Fig. 2 Change in species diversity after removing the dominant species in the arthropod community

2.7 群落功能集团之间的空间相关性

空间相关性反应了群落功能集团或物种之间的共存和互作关系,有助于揭示群落的形成机制。以 1~23 号空间标准地群落为序列,分别计算竹冠层和林下层类群内各功能集团之间的相关性,结果见表 6。丰富度之间,二类群各功能集团之间均呈显著正相关,说明二类群的植食性和中性集团作为空间食物种类资源均能够显著促进群落容纳较多的天敌物种(包括寄生性集团、捕食性昆虫、螨类和蜘蛛),而寄生性集团、捕食性昆虫、螨类群体和蜘蛛类之间对空间食物种类资源竞争激烈。

表 6 群落功能集团之间的空间相关性(R)

Table 6 Co-relation between different functional groups in the arthropod community

指标 Index	功能集团 Functional group	竹冠层类群 The arthropods in the canopy				林下层类群 The arthropods in the underlayer					
		植食性 Herbivores	中性 Neutrals	捕食性昆虫和 螨类 Predatory insects and mites		寄生性 Parasitoids	植食性 Herbivores	中性 Neutrals	捕食性昆虫和 螨类 Predatory insects and mites		寄生性 Parasitoids
S-S	中性 Neutrals	0.6651**					0.7277**				
	捕食性昆虫和螨类 Predatory insects and mites	0.8559**	0.6857**				0.8453**	0.8353**			
	寄生性 Parasitoids	0.7971**	0.7109**	0.8463**			0.6271**	0.8701**	0.6469**		
	蜘蛛类 Spiders	0.7443**	0.8668**	0.7065**	0.7822**		0.7899**	0.7990**	0.7309**	0.8240**	
N-N	中性 Neutrals	0.3308					0.2676				
	捕食性昆虫和螨类 Predatory insects and mites	0.6983**	0.1095				0.3722	0.3757			
	寄生性 Parasitoids	0.4363*	0.8263**	0.2154			0.4183*	0.7688**	0.3556		
	蜘蛛类 Spiders	0.4362*	0.8859**	0.2391	0.8644**		0.5598**	0.4875*	0.6683**	0.6517**	
H'-H'	中性 Neutrals	0.2346					0.3622				
	捕食性昆虫和螨类 Predatory insects and mites	0.0322	0.2344				0.2905	0.2606			
	寄生性 Parasitoids	0.5031*	0.5217*	0.3365			0.4117	0.6520**	0.4099		
	蜘蛛类 Spiders	0.5527**	0.4315*	0.2014	0.4705*		0.4815*	0.2996	0.4797*	0.6461**	

个体数量之间,竹冠层植食性与各天敌功能集团之间,中性、寄生性集团和蜘蛛类 3 者间均呈显著正相关,说明竹冠层各类天敌对植食性集团的空间数量跟随效应强,其中寄生性和蜘蛛类天敌对中性集团的空间数量跟随效应也强,而寄生性和蜘蛛类集团在空间食物数量资源上竞争激烈。林下层植食性和中性集团均与寄生性集团和蜘蛛类呈显著正相关,捕食性昆虫、螨类和寄生性集团也均与蜘蛛类呈显著正相关,说明林下层寄生性集团和蜘蛛类对植食性和中性集团的空间数量跟随效应强,蜘蛛类天敌与其它天敌之间对空间食物数量资源竞争激烈。

物种多样性之间,竹冠层植食性和中性集团均与寄生性集团、蜘蛛类呈显著正相关,寄生性集团与蜘蛛类也呈显著正相关,说明竹冠层植食性和中性集团与寄生性集团和蜘蛛类的多样性在空间上相互促进,寄生性集团与蜘蛛类的多样性也相互促进。林下层植食性集团与蜘蛛类之间、中性与寄生性集团之间、蜘蛛类与捕食性昆虫、螨类、寄生性集团之间均呈显著正相关,说明林下层这些功能集团的物种多样性之间在空间上也均相互促进。

3 讨论

3.1 关于群落的划分

根据生境的异质程度、空间环境的分化和小气候的差异等,将群落划分为竹冠层和林下层类群,从文中分析可知,二类群的丰富度、物种多样性、均匀度和优势集中性均存在显著差异,主要物种组成及优势种均不同,说明生境的分化已导致群落不同层次的组成、结构产生巨大差异,也说明这种划分方法科学合理。由于二类群空间的相对同域性和时间的绝对同步性,共属于毛竹林生态系统,故必然存在密切联系,如互为物种资源库、逆境过渡场所、生活史某一阶段栖息地等,结合近些年对毛竹林频繁的经营干扰均直接表现为对林下植被和土壤的影响,进而对林下层类群产生巨大影响,因此,进一步分析二类群间的关系,有助于揭示毛竹主要叶部害虫的暴发机理和寻求叶部害虫林下调控的新途径。

3.2 关于蠕须盾蚧

调查发现竹叶背面有大量的蠕须盾蚧,大多数在近叶柄的主脉两侧刺吸为害。以往均认为该虫仅是竹杆或竹枝的重要害虫,轻者引起竹叶早落,竹材变脆,重者导致竹林大面积枯死衰退^[17],发现在叶部为害尚属首次。这一现象与该虫的生物学特性和当前的毛竹林经营制度密切相关。蠕须盾蚧属刺吸性害虫,初孵若虫经短距离爬行后,以口针刺入竹杆取食,不久即开始泌蜡,后营固定生活,不再转移危害;而该虫 1a 发生 2 代,初孵若虫主要出现在 6 月份和 9 月份^[17],6 月份是新竹放枝展叶期,竹杆、竹枝表皮幼嫩,初孵若虫可正常刺入,并取食危害;随着新竹的生长,至 9 月份,新竹的杆和枝表皮的木质化程度已较高,第 2 代初孵若虫难以刺入取食;此外,随着毛竹林经营集约化程度的提高,大小年经营制度已较为普遍(2a 留 1 次新竹),在不留新竹的年份,竹杆和竹枝不适于当年两代初孵若虫的取食固定;而叶背则是其取食为害的理想场所。因此,从物种对生境的选择或适应看,蠕须盾蚧在叶部危害是必然的,且是一种长期存在的现象。但有关该虫在叶部的危害性以及是否表现生物学或生态学上的特异性等,尚待进一步研究。

3.3 关于竹林蜘蛛

蜘蛛是一类游走性强、食性杂和食量大的捕食性天敌,在许多农田生态系统中对害虫起着重要的自然控制作用。然而目前对毛竹林天敌种类的调查和害虫生物防治的研究及应用中,基本上忽视了对蜘蛛的保护和利用^[1]。本研究表明,竹林蜘蛛在种类和数量上均极丰富,竹林下层有 9 科 57 种,相对丰盛度高达 0.2301,冠层有 9 科 55 种,相对丰盛度为 0.0957,在种类和数量上均高于其它捕食性昆虫、螨类和寄生性天敌;同时,蜘蛛类在空间数量上对植食性和中性集团均具显著的跟随效应,与其它天敌功能集团多样性之间也相互促进。综上说明,蜘蛛是毛竹林节肢动物群落极其重要的组成部分,对害虫有着极强的控制潜能,保护竹林蜘蛛有利于保护群落的多样性和增强群落对害虫的自然控制,应加强对竹林蜘蛛资源的调查和保护应用研究。

3.4 关于中性物种

中性物种在群落中的地位和功能是群落生态学研究的重要内容,许多资料表明中性物种作为天敌的部分食物来源,在维持群落的结构和功能中起着重要作用^[18~20]。根据本文的研究,群落竹冠层和林下层类群中性物种的种类数占各自类群总种数的比例均超过 10%(表 4),说明中性物种是群落多样性的重要组成;竹冠层类群中性集团的个体数和多样性、林下层类群中性集团的多样性和均匀度均对相应类群总体的物种多样性产生了重要影响(见(1)式、(2)式),说明中性物种还显著影响着群落的物种分布格局;此外,中性集团在空间种类资源上有利于促进群落容纳较多的天敌物种,在空间数量上明显存在作为寄生性和蜘蛛类天敌食物资源的潜能,同时与寄生性和蜘蛛类天敌的多样性之间显著相互促进(表 6),说明中性物种在群落的物质和能量流动中起着重要作用。综上可见,竹林中性物种不仅在种类和数量上为天敌提供食物来源,保护中性物种多样性还有利于保护寄生性和蜘蛛类天敌乃至群落的物种多样性。

3.5 关于物种多样性

逐步回归分析表明,竹冠层和林下层类群均匀度对物种多样性影响最大,功能集团中也是以蜘蛛类集团均匀度影响最大,二者的载荷远远高于物种丰富度,说明毛竹林节肢动物群落的物种多样性主要由物种分布的均匀程度决定,而丰富度的作用远远小于均匀度;由于群落物种分布的均匀程度主要取决于少数优势种和丰盛种,因此优势种和丰盛种对群落多样性的影响极大,而稀有种和偶见种的影响则较小。理论上,Shannon-Wiener 多样性指数 H' 大小主要取决于群落的丰富度和物种分布的均匀程度^[16],这一现象与竹林生境复杂,群落表现出物种极其丰富,优势种和丰盛种较少,而稀有种和偶见种极多的特征有关。与一般农田生态系统相比,森林生态系统的生境均复杂得多,其节肢动物群落的组成与分布也大多存在类似特征,因此这一现象在森林生态系统中也许较为普遍。

物种鉴定是群落研究的一个难点,本文也同样遇到这一问题,部分稀有种和偶见种只鉴定到科,有些种类仅根据其形态上的明显差异划分为不同的种,有些则只归类到科,这些物种的混淆势必影响到本文的分析结果。但从文中 2.6 部分的分析看,在物种极为丰富而稀有种、偶见种极多(见图 1)的毛竹林节肢动物群落中,群落丰富度和稀有种、偶见种对多样性的影响较小(见(1)式、(2)式),因此在明确群落优势种和丰盛种的情况下,部分稀有种和偶见种的混淆总体上对研究结果的影响不大。此外,为了克服物种鉴定的困难,许多群落研究(如稻田节肢动物群落)中将取食行为、利用资源、生境选择均相似,且实际意义与生产实践关系不太密切的数个物种划分为功能集团,进行群落分析,功能集团多样性的变动趋势往往与物种多样性一致,相关性较大,能够取得较好的分析结果^[5,21]。如果将对功能集团的分析替代物种的分析将简化群落中的营养关系,使这种复杂关系数量化表达变得可能,同时可克服群落物种鉴定的困难,这对于物种组成和结构极其复杂的毛竹林节肢动物群落的研究,显得更为重要。

随着毛竹林经济效益的显现,人们的经营管理日益细致,对林下地表的垦复、劈草等已成为常见的高强度周期性经营活动,这些活动往往使林下层生境阶段性地产生巨大变化,如植被消失,这种巨大的变化势必直接影响着林下层类群的组成与分布,甚至是存在与瓦解。然而,从本文的研究看,尽管林下层频繁地受到高强度的人为干扰,竹冠层由于空间环境的差异而极少受到直接干扰,林下层类群仍然具有比竹冠层类群更高的多样性、均匀度和更低的优势集中性,说明林下层类群的稳定性高于竹冠层类群,主要的原因在于林下层是明显的异质生境,这说明生境的异质程度对群落多样性和稳定性有着重要影响,异质生境群落对干扰的抵抗力明显高于单一生境。

References:

- [1] Zhang F P, Chen Q L, Chen S L, et al. Research advances on the pests that eat leaves of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*. *Journal of Bamboo Research*, 2002, **21**(3): 55~60.
- [2] Ding Y Q. Ecological management of pest insect population. *Acta Ecologica Sinica*, 1993, **17**(2): 99~106.
- [3] Pimental D. Low-input sustainable agriculture using ecological management practices, *Agric. Ecosystem Environment*, 1989, **27**: 3~24.
- [4] Whitten, W J. Pest management in 2000: What we might learn from the twentieth century. In: Kadirand S A, Barlow H S eds. *Pest management and the environment in 2000*. London: International Wallingford, 1993. 9~44.

- [5] Hao S G, Zhang X X. The dynamics of biodiversity and the composition of nutrition classes and dominant guilds of arthropod community in paddy field. *Acta Entomologica Sinica*, 1998, **41**(4): 343~353.
- [6] Han B Y. Composition and diversity of arthropod community in mason pine stands. *Biodiversity Science*, 2001, **9**(1): 62~67.
- [7] Shi G L, Liu X Q, Wang M Q, *et al.* Studies on the structure of the insect community and the effect of integrated pest management. *Scientia Silvae Sinica*, 1998, **33**(3): 234~240.
- [8] Wang C S, Chen S R. Studies on the diversity and correlation between the communities of vegetable insect pests and the Natural enemies. *Chinese Biodiversity*, 1999, **7**(2): 106~111.
- [9] Heong L K. Arthropod community structure of rice ecosystem in Philippines. *Bull. Entom. Res.*, 1991, **81**: 407~416.
- [10] McNaughton S J. Diversity and stability of ecological communities, a comment on the role of empiricism in ecology. *Amer. Nature*, 1997, 111~515.
- [11] Way M J. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice—a review. *Bull. Entom. Res.*, 1995, **84**: 567~587.
- [12] Ge F, Ding Y Q. Studies on the correlation between the structure and function of insect pests community and natural enemies community in cotton agro-ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, **16**(5): 535~540.
- [13] Ge F, Ding Y Q. The population energy dynamics of predacious natural enemies and their pest control activity in different cotton agroecosystems. *Acta Entomologica Sinica*, 1996, **39**(3): 266~273.
- [14] Ge F, Chen C M. The energy flow through rice/brown planthopper/*Theridion octomaculatum* ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 1990, **10**(3): 167~172.
- [15] Wiegert R G, Petersen C E. Energy transfer in insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 1983, **28**: 455~486.
- [16] Ma K P, Liu Y M. Measure of biodiversity I. Test of α diversity(the second part). *Chinese Biodiversity*, 1994, **2**(4): 231~239.
- [17] Liang T G, Huang K F, Zhen Q F. *Bamboo in Fujian*. Fuzhou: Fujian Scientific and Technological Press, 1987. 217~237.
- [18] Wu J C, Hu G W. Studies on the regulation effect of neutral insect on the community food web in paddy field. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, **14**(4): 381~386.
- [19] Liu Y F, Gu D X. The diversity and the ecological significance analysis of neutral insects in irrigated rice fields. *Chinese Journal of Biological Control*, 2002, **18**(4): 149~152.
- [20] Wootton T. Effects of disturbance on species diversity: a multitrophic perspective. *American Naturalist*, 1998, **152**: 803~825.
- [21] Hao S G, Zhang X X, Chen X N. Vertical distribution and quantitative dynamics of dominant functional groups of arthropod community in rice fields and estimation of natural enemy effects. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, **11**(1): 103~107.

参考文献:

- [1] 张飞萍, 陈清林, 陈顺立, 等. 毛竹主要食叶害虫研究进展. 竹子研究汇刊, 2002, **21**(3): 55~60.
- [2] 丁岩钦. 论害虫种群的生态控制. 生态学报, 1993, **17**(2): 99~106.
- [5] 郝树广, 张孝羲. 稻田节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性动态. 昆虫学报, 1998, **41**(4): 343~353.
- [6] 韩宝瑜. 马尾松林节肢动物群落的组成及多样性. 生物多样性, 2001, **9**(1): 62~67.
- [7] 师光禄, 刘贤谦, 王满全, 等. 枣树昆虫群落结构及综合治理效应的研究. 林业科学, 1998, **33**(3): 234~240.
- [8] 王成树, 陈树仁. 蔬菜害虫及其天敌昆虫群落多样性和相关性研究. 生物多样性, 1999, **7**(2): 106~111.
- [12] 戈峰, 丁岩钦. 棉田生态系统中害虫、天敌群落结构与功能关系的研究. 生态学报, 1996, **16**(5): 535~540.
- [13] 戈峰, 丁岩钦. 不同类型棉田捕食性天敌的种群能量动态及其对害虫的控制作用. 昆虫学报, 1996, **39**(3): 266~273.
- [14] 戈峰, 陈常铭. 水稻-褐飞虱-八斑球腹蛛生态系统的能流. 生态学报, 1990, **10**(2): 167~172.
- [16] 马克平, 刘玉明. 生物多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 1994, **2**(4): 231~239.
- [17] 梁天干, 黄克福, 郑清芳. 福建竹类. 福州: 福建科技出版社, 1987. 217~237.
- [18] 吴进才, 胡国文. 稻田中性昆虫对群落食物网的调控作用. 生态学报, 1994, **14**(4): 381~386.
- [19] 刘雨芳, 古德祥. 稻田中性昆虫多样性及其生态功能分析. 中国生物防治, 2002, **18**(4): 149~152.
- [21] 郝树广, 张孝羲, 程遐年. 稻田节肢动物群落优势功能集团的垂直分布、数量动态及天敌作用估计. 应用生态学报, 2000, **11**(1): 103~107.