

林丹烟剂干扰下毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*) 林节肢动物群落的结构与组成

张飞萍¹, 张思禄², 尤民生^{1,*}

(1. 福建农林大学, 福州 350002; 2. 福建省沙县林业局, 沙县 365000)

摘要 对林丹烟剂干扰下毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*) 林节肢动物群落结构与组成的系统定位观察与分析表明: 长期使用林丹烟剂明显增加了群落主要物种 ($P_i \geq 0.05$) 的植食性种类及其优势度, 显著降低群落总体的物种多样性, 减少蜘蛛目、膜翅目、鞘翅目和双翅目或捕食性、寄生性和中性功能集团的物种数, 削弱林冠层寄生性和捕食性物种在种类和数量上对植食性物种的制约潜能, 引起叶部植食性害虫的暴发。因此, 在毛竹害虫控制中应避免长期大量使用林丹烟剂。

关键词 毛竹; 节肢动物群落; 物种多样性; 林丹烟剂

文章编号: 1000-0933 (2007) 03-1026-1034 中图分类号: Q958, S718.7 文献标识码: A

Composition and structure of arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest disturbed by Lindane

ZHANG Fei-Ping¹, ZHANG Si-Lu², YOU Min-Sheng^{1,*}

¹ Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

² Forestry Bureau of Saxian, Saxian 365000, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (3) 1026 ~ 1034.

Abstract : Lindane, due to its high efficiency, low cost and easy application, has been widely and frequently used for pest control on *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* in South China in the past. Field surveys in the selected sites of the moso bamboo forest located at Saxian, Fujian Province from 2001 to 2002 indicated that indiscriminate application of Lindane caused some phytophagous species becoming predominant and abundant in the target community. The number of these arthropods increased remarkably, and at the same time, the species diversity in the community decreased significantly. Specially, species in the categories of Araneae, Hymenoptera, Coleoptera and Diptera reduced. Most of these missing species were predators, parasitoids or neutrals. Therefore, the potential impact of the herbivores' natural enemies weakened. To some extent, this might lead to outbreak of the herbivores in the bamboo leaves. Consequently, it is advisable that an integrated pest management program be implemented with only infrequent use of Lindane for pest control in the bamboo forest.

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

基金项目: 福建省教育厅科技资助项目 (JA03061)

收稿日期: 2006-11-03; 修订日期: 2007-01-26

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 Corresponding author. E-mail: msyou@fjau.edu.cn

致谢: 福建省沙县林业局森防站张良武和朱英高等同志参加外业工作, 特此致谢。

Foundation item : The project was financially supported by science and technology item of Education Committee, Fujian Province (No. JA03061)

Received date 2006-11-03; **Accepted date** 2007-01-26

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

毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens*) 林大面积纯林化、掠夺性经营和不合理的人为干预导致多种叶部害虫频繁暴发,成为近些年制约竹产业健康发展的重要障碍^[1]。与此同时,人们为了追求更高的经济利益,以化学防治为主的害虫防治活动日渐增多,已是继收获和管理活动之后最重要的人为干扰因素^[2,3]。大量研究表明,不合理地使用化学杀虫剂能够诱发害虫抗药性,削弱群落对害虫的自然控制作用,致使害虫再猖獗和次要害虫暴发,并造成环境污染^[4-10]。科学合理地实施化学防治,是保护生态环境和实现害虫持续控制的重要基础。我国对毛竹害虫的防治已有悠久历史,在长期的研究和实践中,形成了化学防治、生物防治和营林技术综合运用的治理策略,在一定时期内对增加竹林经济效益和维护良好生态环境发挥着重要作用^[1]。然而,人们掠夺性地收获和对林下地表高强度地经营使利用营林技术防治害虫的措施难以实施,而使用白僵菌 (*Beauveria* spp.) 和化学杀虫剂变得更加普遍和频繁,害虫防治措施趋于单一化。林丹烟剂是近些年仅限于林业上使用的一种食叶害虫杀虫剂,由于其强大的毒杀力、低廉的价格和应用简便等特点,用量越来越大,在一些地区的竹林害虫防治中完全替代了其他生物或化学制剂,其结果是出现了严重的害虫再猖獗现象。因此,深入系统地评价林丹烟剂对毛竹林生态系统的影响,寻求持续、安全、有效的害虫防治措施,是生产上面临的迫切问题。已有的研究表明,长期使用林丹烟剂能够显著减少毛竹林冠和林下植被层的节肢动物共有种及其多样性,降低群落在年周期中各月的丰富度和物种多样性,不利于林下栖境保益控害生态功能的发挥,有利于蠕须盾蚧 (*Kuwanaspis vermiformis*) 和刚竹毒蛾 (*Pantana phyllostachysae*) 等害虫种群的扩张^{① [11]}。然而,有关林丹烟剂对毛竹林节肢动物群落整体的结构、组成及其功能的影响未见报道。本研究旨在更系统深入地揭示使用林丹烟剂与毛竹害虫再猖獗的关系,为合理用药和害虫综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于福建省沙县虬江乡长虹村县级毛竹丰产林基地内及其周边 (117°32′ ~ 118°06′E, 26°06′ ~ 26°46′N)。根据对比试验地空间接近和生境条件相近的原则,按照害虫防治类型和林下植被管理措施的不同,结合该地的实际情况,设立 8 块节肢动物群落定位调查标准地。其中林丹烟剂防治标准地 5 块,均在丰产林基地内,未防治对照标准地 2 块,白僵菌 (*Beauveria* spp.) 防治对照标准地 1 块,均在丰产林基地周边。各标准地面积均约 0.667 hm²,立竹密度相近 (均在 2150 ~ 2600 株/hm² 之间)。各标准地的其他情况见表 1。

1.2 群落的划分与调查

根据毛竹纯林的空间分层特征,将节肢动物群落划分为林下层和林冠层类群,对林下层类群采用网集法调查,对林冠层类群采用网捕法结合剪枝法进行调查^[12],具体方法与文献张飞萍等相同^[12]。取样调查时间为 2001 年 8 月、9 月、11 月、12 月和 2002 年 4 ~ 7 月的各月中旬。

1.3 群落优势种划分

以相对丰盛度 $P_i \geq 0.1$ 、 $0.05 \leq P_i < 0.1$ 、 $0.01 \leq P_i < 0.05$ 和 $P_i < 0.01$ 分别作为群落优势种、丰盛种、常见种和偶见种的划分标准,以此分析群落物种丰盛度的分布情况。

1.4 群落分析

采用丰富度 S 、Shannon-Wiener 多样性指数 H' 、Pielou 均匀度指数 J 和 Simpson 优势集中性指数 C 进行群落结构分析,采用数据标准化处理-欧氏距离-最长距离法对群落进行系统聚类分析,采用群落总物种数与总个体数的比例、捕食性与植食性功能集团的物种数比例、寄生性与植食性功能集团的物种数比例、捕食性与植食性功能集团的个体数比例和寄生性与植食性功能集团的个体数比例等指标综合评价群落林冠层类群对害虫的自然控制效能。并以试验标准地为处理,以每次调查 (时间) 为区组,在单因素随机区组设计方差分析的基础上 (该方法能够消除因取样时间不同而产生的误差,文中方差分析结果均省略),采用 Duncan 新复极差法比较和分析各标准地之间的群落多样性指数、均匀度指数、优势集中性指数和毛竹叶部主要害虫种群数量

① 张飞萍,尤民生. 林丹烟剂对毛竹林冠与林下层节肢动物共有种及其多样性的影响. 应用与环境生物学报,录用待刊

的差异及其显著性 ,所有数据分析均采用 DPS 数据处理系统进行 [13 ~ 16] 。

表 1 试验地概况
Table 1 The general situations of experimental fields

样地号 Number	害虫防治类型 Pest control agent	林下植被管理措施 Vegetation managing measure in the underlayer	林分类型 Forest type	海拔 Altitude (m)	近年的害虫防治活动 Pest control activities in recent years
1	未防治 Non-control	垦复施肥 Scarification and fertilization	纯林 Pure forest	530	近 3 a 无病虫害防治活动 No pest control activity in recent three years
2	未防治 Non-control	垦复 Scarification	纯林 Pure forest	580	与 1 号标准地相同 Same as the experimental field No. 1
3	白僵菌 Beauveria spp.	劈草 Weeding	纯林 Pure forest	550	1999 年 8 月、2000 年 9 月均施放白僵菌粉防治刚竹毒蛾 2001 年未发生虫害 ,但 8 月以同样的方法进行干扰 Using Beauveria spp. to control <i>Pantana phyllostachysae</i> in August 1999 ,2001 and September 2000
4	林丹烟剂 Lindane	垦复 Scarification	纯林 Pure forest	580	2001 年 3 月、2002 年 3 月和 4 月各施放林丹烟剂 1 次 ,主要用于防治竹舟蛾 (<i>Besaia</i> spp.)和刚竹毒蛾 ,每次以 15 kg/hm ² 的比例施放 Using Lindane (15 kg/hm ²) to control <i>Pantana phyllostachysae</i> and <i>Besaia</i> spp. in March 2001 and March ,April 2002
5	林丹烟剂 Lindane	垦复施肥 Scarification and fertilization	纯林 Pure forest	560	与 4 号标准地相同 Same as the experimental field No. 4
6	林丹烟剂 Lindane	垦复施肥 Scarification and fertilization	纯林 Pure forest	530	与 4 号标准地相同 Same as the experimental field No. 4
7	林丹烟剂 Lindane	劈草 Weeding	纯林 Pure forest	550	与 4 号标准地相同 Same as the experimental field No. 4
8	林丹烟剂 Lindane	化学除草 Spraying herbicide	纯林 Pure forest	530	与 4 号标准地相同 Same as the experimental field No. 4

2 结果与分析

2.1 群落主要目的物种组成与分布

群落系统调查共获得林下层类群标本 2766 号 244 种 ,林冠层类群标本 19987 号 243 种。从群落主要物种 ($P_i \geq 0.05$)组成看 ,对照林与林丹烟剂防治林有明显差异 ,对于林下层类群 ,各对照林均多为蚁类、蜘蛛等捕食性天敌 ,仅二尾蚜 (*Cavaeiella* sp.)为植食性种类 ,而各林丹烟剂防治林多为植食性害虫 ,除二尾蚜外 ,还有异歧蔗蝗 (*Hieroglyphus tonkinensis*)、黄脊竹蝗 (*Ceracris kiangsu*)、绿背覆螽 (*Tegra novae-hollandiae viridinetata*)和黑尾大叶蝉 (*Bothrogomia ferruginea*)等 ,对于林冠层类群 ,对照林和林丹烟剂防治林基本上均为竹刺瘿螨 (*Aculus bambusae*)、竹缺爪螨 (*Aponychys corpuzae*)和蠕须盾蚧等刺吸性害虫 ,但各林丹烟剂防治林的优势害虫种类多 ,除此之外还有棍蓟马 (*Dendrothrips* sp.)、竹蚜 (*Oregma bambusicola*)和刚竹毒蛾等 ,害虫的优势度也明显较高。

林丹烟剂干扰下群落主要目的物种组成与分布情况见表 2。对于林下层类群 ,与对照林相比 ,各林丹烟剂防治林的物种均明显较少 ,反映为蜘蛛目、膜翅目、鞘翅目和双翅目的物种显著较少 ;个体数也明显较小 ,反映为蜘蛛目、膜翅目、鞘翅目、半翅目、双翅目和鳞翅目的个体显著较少。对于林冠层类群 ,各林丹烟剂防治林的物种也明显较少 ,反映为蜘蛛目、膜翅目、鞘翅目和双翅目的物种显著较少 ,但个体数则略大 ,其中同翅目和鳞翅目的个体显著较多。

综上所述 ,与未防治和白僵菌防治林相比 ,林丹烟剂干扰使更多的植食性物种成为群落优势种 ,并通过减少蜘蛛目、膜翅目、鞘翅目和双翅目的物种而明显降低群落总体的丰富度 ,通过减少林下层蜘蛛目、膜翅目、鞘翅目、半翅目、双翅目和鳞翅目的个体而显著减小林下层类群的总个体数 ,通过促进林冠层同翅目和鳞翅目的个体而使林冠层类群总个体数增大。

表 2 林丹烟剂干扰下群落主要目的物种和个体数分布^①

Table 2 Distribution of species and individual in the main orders of the arthropod community disturbed by Lindane

类群 Category	目 Orders	S/P_S ^②							
		1 ^③	2	3	4	5	6	7	8
林下层类群 Arthropods in the underlayer	蜘蛛目 Araneae	29/0. 2132	34/0. 2615	25/0. 2174	11/0. 1864	8/0. 2105	6/0. 1395	13/0. 2031	8/0. 1778
	膜翅目 Hymenoptera	24/0. 1765	22/0. 1692	20/0. 1739	6/0. 1017	9/0. 2368	11/0. 2558	14/0. 2188	8/0. 1778
	同翅目 Homoptera	7/0. 0515	9/0. 0692	6/0. 0522	7/0. 1186	4/0. 1053	5/0. 1163	5/0. 0781	6/0. 1333
	半翅目 Hemiptera	8/0. 0588	8/0. 0615	8/0. 0696	9/0. 1525	1/0. 0263	3/0. 0698	3/0. 0469	0/0
	鞘翅目 Coleoptera	22/0. 1618	14/0. 1077	13/0. 1130	9/0. 1525	1/0. 0263	0/0	3/0. 0469	4/0. 0889
	双翅目 Diptera	21/0. 1544	19/0. 1462	20/0. 1739	5/0. 0847	7/0. 1842	7/0. 1628	12/0. 1875	9/0. 2000
	直翅目 Orthoptera	4/0. 0294	8/0. 0615	7/0. 0609	4/0. 0678	6/0. 1579	9/0. 2093	5/0. 0781	6/0. 1333
	鳞翅目 Lepidoptera	13/0. 0956	7/0. 0538	9/0. 0783	5/0. 0847	2/0. 0526	0/0	2/0. 0313	1/0. 0222
	其他 Others	8/0. 0588	9/0. 0692	7/0. 0609	3/0. 0508	0/0	2/0. 0465	7/0. 1094	3/0. 0667
合计 Total		136	130	115	59	38	43	64	45
林冠层类群 Arthropods in the canopy	蜱螨目 Acarina	15/0. 0920	13/0. 0850	13/0. 0922	11/0. 1048	9/0. 0968	11/0. 1358	11/0. 1170	12/0. 1319
	蜘蛛目 Araneae	32/0. 1963	37/0. 2418	34/0. 2411	25/0. 2381	17/0. 1828	17/0. 2099	20/0. 2128	19/0. 2088
	膜翅目 Hymenoptera	34/0. 2086	27/0. 1765	25/0. 1773	13/0. 1238	19/0. 2043	11/0. 1358	14/0. 1489	13/0. 1429
	同翅目 Homoptera	13/0. 0798	12/0. 0784	11/0. 0780	12/0. 1143	12/0. 1290	13/0. 1605	8/0. 0851	11/0. 1209
	半翅目 Hemiptera	6/0. 0368	5/0. 0327	6/0. 0426	6/0. 0571	5/0. 0538	2/0. 0247	4/0. 0426	3/0. 0330
	鞘翅目 Coleoptera	19/0. 1166	15/0. 0980	13/0. 0922	7/0. 0667	4/0. 0430	9/0. 1111	7/0. 0745	4/0. 0440
	双翅目 Diptera	20/0. 1227	18/0. 1176	16/0. 1135	7/0. 0667	6/0. 0645	3/0. 0370	8/0. 0851	9/0. 0989
	直翅目 Orthoptera	2/0. 0123	2/0. 0131	3/0. 0213	5/0. 0476	5/0. 0538	2/0. 0247	4/0. 0426	3/0. 0330
	鳞翅目 Lepidoptera	7/0. 0429	9/0. 0588	7/0. 0496	7/0. 0667	5/0. 0538	5/0. 0617	7/0. 0745	4/0. 0440
合计 Total		163	153	141	105	93	81	94	91
类群 Category	目 Orders	N/P_N							
		1	2	3	4	5	6	7	8
林下层类群 Arthropods in the underlayer	蜘蛛目 Araneae	176/0. 2862	181/0. 2992	117/0. 2594	22/0. 1048	10/0. 1389	9/0. 0938	50/0. 0883	11/0. 0728
	膜翅目 Hymenoptera	95/0. 1545	126/0. 2083	72/0. 1596	55/0. 2619	19/0. 2639	34/0. 3542	77/0. 1360	45/0. 2980
	同翅目 Homoptera	48/0. 0780	36/0. 0595	42/0. 0931	60/0. 2857	12/0. 1667	15/0. 1563	353/0. 6237	56/0. 3709
	半翅目 Hemiptera	46/0. 0748	17/0. 0281	17/0. 0377	16/0. 0762	1/0. 0139	3/0. 0313	3/0. 0053	0/0
	鞘翅目 Coleoptera	59/0. 0959	41/0. 0678	23/0. 0510	22/0. 1048	1/0. 0139	0/0	8/0. 0141	4/0. 0265
	双翅目 Diptera	126/0. 2049	153/0. 2529	121/0. 2683	7/0. 0333	8/0. 1111	12/0. 1250	41/0. 0724	18/0. 1192
	直翅目 Orthoptera	10/0. 0163	14/0. 0231	17/0. 0377	10/0. 0476	15/0. 2083	21/0. 2188	10/0. 0177	10/0. 0662
	鳞翅目 Lepidoptera	25/0. 0407	11/0. 0182	12/0. 0266	11/0. 0524	6/0. 0833	0/0	11/0. 0194	4/0. 0265
	其他 Others	30/0. 0488	26/0. 0430	30/0. 0665	7/0. 0333	0/0	3/0. 0313	13/0. 0230	3/0. 0199
合计 Total		615	605	451	210	72	96	566	151
林冠层类群 Arthropods in the canopy	蜱螨目 Acarina	651/0. 3031	538/0. 2398	653/0. 3382	594/0. 1589	610/0. 2032	552/0. 2770	502/0. 2670	1373/0. 4500
	蜘蛛目 Araneae	381/0. 1774	553/0. 2464	321/0. 1662	87/0. 0233	101/0. 0336	90/0. 0452	95/0. 0505	161/0. 0528
	膜翅目 Hymenoptera	219/0. 1020	187/0. 0833	371/0. 1921	301/0. 0805	194/0. 0646	132/0. 0662	77/0. 0410	123/0. 0403
	同翅目 Homoptera	370/0. 1723	418/0. 1863	225/0. 1165	2101/0. 5621	1345/0. 4480	812/0. 4074	834/0. 4436	1151/0. 3773
	半翅目 Hemiptera	12/0. 0056	18/0. 0080	8/0. 0041	11/0. 0029	10/0. 0033	3/0. 0015	6/0. 0032	14/0. 0046
	鞘翅目 Coleoptera	87/0. 0405	64/0. 0285	45/0. 0233	8/0. 0021	15/0. 0050	14/0. 0070	10/0. 0053	8/0. 0026
	双翅目 Diptera	141/0. 0656	217/0. 0967	114/0. 0590	14/0. 0037	9/0. 0030	4/0. 0020	16/0. 0085	19/0. 0062
	直翅目 Orthoptera	2/0. 0009	2/0. 0009	7/0. 0036	10/0. 0027	13/0. 0043	3/0. 0015	6/0. 0032	3/0. 0010
	鳞翅目 Lepidoptera	81/0. 0377	64/0. 0285	44/0. 0228	295/0. 0789	195/0. 0650	126/0. 0632	156/0. 0830	87/0. 0285
合计 Total		2148	2244	1931	3738	3002	1993	1880	3051

①林下层和林冠层类群分别有 894 和 2 389 号标本未确定种名 The number of unidentified species individual in the underlayer and canopy are 894 and 2 389 respectively ② P_S 指物种数占类群总种数比例 P_N 指个体数占类群总个体数比例 表 3 与此同 P_S is the proportion of species number per order to total ; P_N is the proportion of individual number per order to total ; Same in table 3 ; ③1、2 号标准地为未防治对照 3 号标准地为生物防治对照 4 ~ 8 号均为施放林丹烟剂防治 表 3、4、5、6 和图 1、2 均与此同 The sampling site No. 1 and 2 were all CK of non - control ; No. 3 was CK of biological control ; No. 4 ~ 8 were all treatments of Lindane ; the same below

2.2 群落功能集团的物种组成与分布

林丹烟剂干扰下群落功能集团的物种和个体数分布见表 3。对于林下层类群 ,林丹烟剂防治林各功能集

团的物种数和个体数均较小 ,其中捕食性、寄生性和中性集团表现更为明显 ,此外 ,尽管植食性集团的个体比各对照林少 ,但其占类群总体的比例明显较高。对于林冠层类群 ,各林丹烟剂防治林的物种均较少 ,并以捕食性、寄生性和中性集团表现更为明显 ,这 3 个集团的个体数也明显比对照林小 ,但植食性集团的个体数及其占类群总体的比例均显著大于各对照林。可见 ,从功能集团角度看 ,林丹烟剂干扰显著减少了群落捕食性、寄生性、中性集团的物种和个体数 ,增大了群落植食性物种的个体数比例和林冠层植食性物种的个体数。

表 3 林丹烟剂干扰下群落功能集团的物种和个体数分布^①

Table 3 Distribution of species and individual in various functional groups of the arthropod community disturbed by Lindane									
功能集团 Functional groups	标准地 Sampling site	林下层类群 The arthropods in the underlayer				林冠层类群 The arthropods in the canopy			
		种数 Number of species	P_S	个体数 Number of individual	P_N	种数 Number of species	P_S	个体数 Number of individual	P_N
捕食性 Predators	1	49	0.3603	262	0.4260	61	0.3742	579	0.2696
	2	46	0.3538	286	0.4743	57	0.3725	750	0.3342
	3	41	0.3565	193	0.4279	55	0.3901	694	0.3594
	4	21	0.3559	113	0.5381	41	0.3905	696	0.1862
	5	14	0.3684	25	0.3472	31	0.3333	291	0.0969
	6	14	0.3256	37	0.3854	34	0.4198	307	0.1540
	7	22	0.3438	119	0.2102	36	0.3830	195	0.1037
	8	13	0.2889	51	0.3377	37	0.4066	597	0.1957
寄生性 Parasitoids	1	17	0.1250	37	0.0602	23	0.1411	100	0.0466
	2	19	0.1462	39	0.0647	21	0.1373	104	0.0463
	3	17	0.1478	26	0.0577	18	0.1277	45	0.0233
	4	2	0.0339	2	0.0095	9	0.0857	28	0.0075
	5	5	0.1316	6	0.0833	11	0.1183	58	0.0193
	6	7	0.1628	13	0.1354	5	0.0617	14	0.0070
	7	10	0.1563	17	0.0300	9	0.0957	17	0.0090
	8	4	0.0889	6	0.0397	7	0.0769	16	0.0052
植食性 Herbivores	1	50	0.3676	197	0.3203	59	0.3620	1323	0.6159
	2	49	0.3769	136	0.2255	57	0.3725	1160	0.5169
	3	41	0.3565	122	0.2705	51	0.3617	1076	0.5572
	4	33	0.5593	90	0.4286	47	0.4476	2999	0.8023
	5	13	0.3421	34	0.4722	44	0.4731	2638	0.8787
	6	17	0.3953	38	0.3958	40	0.4938	1669	0.8374
	7	21	0.3281	390	0.6890	40	0.4255	1651	0.8782
	8	22	0.4889	79	0.5232	38	0.4176	2418	0.7925
中性 Neutrals	1	20	0.1471	119	0.1935	20	0.1227	146	0.0680
	2	16	0.1231	142	0.2355	18	0.1176	230	0.1025
	3	16	0.1391	110	0.2439	17	0.1206	116	0.0601
	4	3	0.0508	5	0.0238	8	0.0762	15	0.0040
	5	6	0.1579	7	0.0972	7	0.0753	15	0.0050
	6	5	0.1163	8	0.0833	2	0.0247	3	0.0015
	7	11	0.1719	40	0.0707	9	0.0957	17	0.0090
	8	6	0.1333	15	0.0993	9	0.0989	20	0.0066

①林下层类群中性、植食性、寄生性和捕食性集团分别有 147、227、82 和 438 号标本未确定种名 ,林冠层类群中性、植食性、寄生性和捕食性集团分别有 80、1 019、110 和 1 180 号标本未确定种名 The unidentified species individual number of neutrals , herbivores , parasitoids and predators in the underlayer are 147 , 227 , 82 and 438 , and those in the canopy are 80 , 1 019 , 110 and 1 180 respectively

2.3 群落物种的丰盛度

林丹烟剂干扰下群落物种的丰盛度见图 1。从图中可以看出 ,各林丹烟剂防治林的林下层和林冠层类群的偶见种数均明显比各对照林小 ,可见林丹烟剂干扰显著减少了群落的偶见种数。

2.4 群落丰富度、物种多样性、均匀度和优势集中性

林丹烟剂干扰下群落各次调查的平均丰富度、物种多样性、均匀度和优势集中性见表 4。从表可知 ,对于

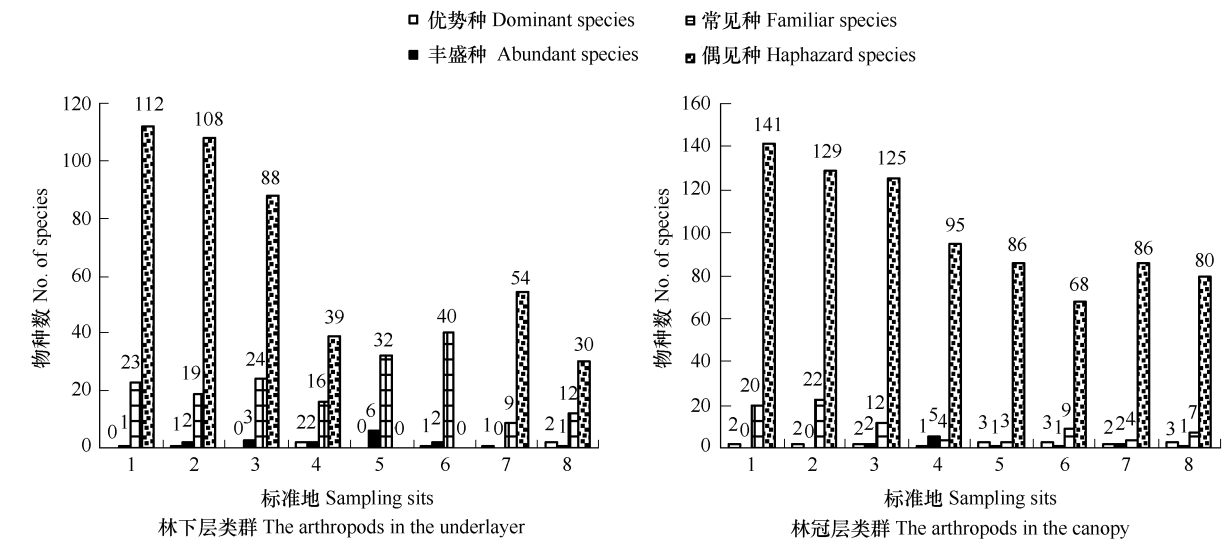


图1 林丹烟剂干扰下群落物种的丰盛度
Fig.1 Abundance of the arthropod community disturbed by Lindane

林下层类群,各林丹烟剂防治林的丰富度和物种多样性指数均显著比各对照林小,而均匀度和优势集中性指数的差异不显著;对于林冠层类群,各林丹烟剂防治林的丰富度、物种多样性和均匀度指数基本上均显著小于各对照林,而优势集中性指数显著较大。可见林丹烟剂干扰显著降低了毛竹林两个林层节肢动物类群的丰富度、物种多样性和林冠层节肢动物类群的均匀度。

采用表4数据进行系统聚类分析,结果见图2。从图可知,林下层和林冠层类群的聚类结果相近,均明显地将各对照林和各林丹烟剂防治林分成两类。聚类结果较好地反映了两类林分的差异,突出体现了林丹烟剂干扰对群落结构与组成的显著影响。

表4 林丹烟剂干扰下群落的月均丰富度 (S)、物种多样性 (H')、均匀度 (J)和优势集中性 (C)
Table 4 The monthly average richness (S), species diversity (H'), evenness (J) and dominant concentration (C) of the arthropod community disturbed by Lindane 类群

Category	标准地 Sampling place	S	H'	J	C
林下层类群 The arthropods in the underlayer	1	26. 8750 ± 11. 6059a①	4. 2019 ± 0. 3413a	0. 8925 ± 0. 0508ab	0. 0646 ± 0. 0248b
	2	27. 0000 ± 11. 2122a	3. 7968 ± 0. 9621ab	0. 8232 ± 0. 1291ab	0. 1341 ± 0. 1284ab
	3	24. 2500 ± 12. 7026a	4. 0783 ± 0. 6390a	0. 8969 ± 0. 0479ab	0. 0661 ± 0. 0298b
	4	9. 6250 ± 5. 8539b	2. 5231 ± 0. 9625d	0. 7497 ± 0. 1885b	0. 2696 ± 0. 2183a
	5	5. 7500 ± 3. 9911b	2. 4799 ± 0. 7488d	0. 9476 ± 0. 0303a	0. 0955 ± 0. 0671ab
	6	6. 7500 ± 4. 5277b	2. 8674 ± 0. 4053bcd	0. 9132 ± 0. 0742ab	0. 1068 ± 0. 0810ab
	7	12. 6250 ± 7. 3667b	2. 7438 ± 1. 2756cd	0. 7498 ± 0. 2551b	0. 2488 ± 0. 2446ab
	8	7. 7500 ± 6. 0886b	2. 4828 ± 0. 8459d	0. 7730 ± 0. 1532ab	0. 2569 ± 0. 1931a
林冠层类群 The arthropods in the canopy	1	52. 6250 ± 12. 2467a	4. 4213 ± 0. 5591a	0. 7759 ± 0. 0598ab	0. 0982 ± 0. 0467c
	2	48. 7500 ± 13. 9770ab	4. 4009 ± 0. 4914a	0. 7916 ± 0. 0532a	0. 0926 ± 0. 0418c
	3	43. 3750 ± 4. 3732b	3. 7541 ± 0. 9077b	0. 6895 ± 0. 1581bc	0. 1951 ± 0. 1621bc
	4	28. 8750 ± 9. 4784c	2. 4262 ± 0. 7017c	0. 5062 ± 0. 1107de	0. 3368 ± 0. 1631a
	5	29. 2500 ± 11. 1580c	2. 3335 ± 0. 5236c	0. 4871 ± 0. 0725e	0. 3515 ± 0. 0979a
	6	23. 7500 ± 7. 4402c	2. 7208 ± 0. 5389c	0. 6012 ± 0. 0895cd	0. 2673 ± 0. 1171ab
	7	25. 1250 ± 7. 2985c	2. 5827 ± 0. 5509c	0. 5594 ± 0. 0769de	0. 3019 ± 0. 1065ab
	8	25. 1250 ± 8. 3741c	2. 4498 ± 0. 2909c	0. 5410 ± 0. 0632de	0. 3176 ± 0. 0549a

①表中字母为新复极差显著检验结果 $P < 0.05$;表5 与此同 The letters in the table are the results of Duncan's notability test, $P < 0.05$; the same below

2.5 群落主要害虫种群数量及优势度

竹刺瘿螨、竹缺爪螨、竹小爪螨 (*Oligonychus urama*)、南京裂爪螨 (*Schizotetranychus nanjingensis*)、蠕须盾

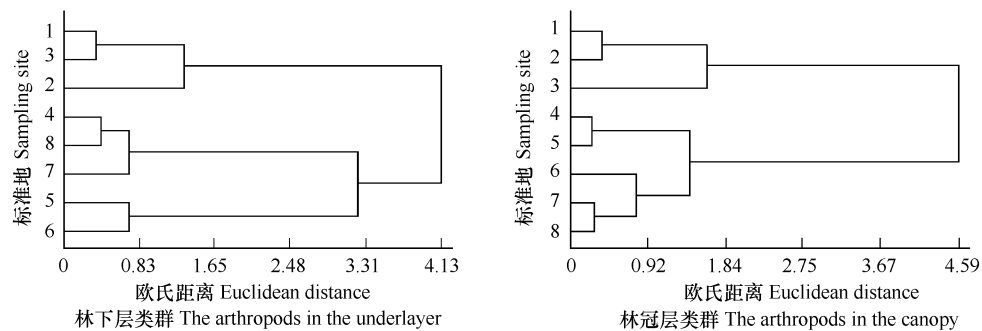


图2 群落的系统聚类图

Fig. 2 Systematical clustering figures of the arthropod community

蚧和刚竹毒蛾是近些年为害毛竹的重要害虫^[1],也是群落优势种。各标准地这些优势害虫各次调查的平均种群数量及其优势度见表5。从表可知,与各对照林相比,各林丹烟剂防治林蠕须盾蚧和刚竹毒蛾的种群数量及其优势度均显著较大,说明大量使用林丹烟剂有利于这两种害虫暴发成灾。

表5 林丹烟剂干扰下群落优势害虫种群数量(优势度指数*I*)

Table 5 The populations' number (Dominant indexes <i>I</i>) of dominant pest in the arthropod community disturbed by Lindane			
标准地 Sampling site	害螨 Phytophagous mites	蠕须盾蚧 <i>Kuwanaspis vermiformis</i>	刚竹毒蛾 <i>Pantana phyllostachysae</i>
1	65.1250a (0.2426)	37.0000de (0.1378)	7.2500b (0.0270)
2	49.7500a (0.1774)	36.7500de (0.1310)	4.6250b (0.0165)
3	69.0000a (0.2859)	22.0000e (0.0911)	3.2500b (0.0135)
4	57.6250a (0.1233)	207.6250a (0.4444)	33.8750a (0.0725)
5	72.6250a (0.1935)	157.2500b (0.4191)	21.5000a (0.0573)
6	59.8750a (0.2403)	84.0000c (0.3372)	14.5000a (0.0582)
7	59.5000a (0.2532)	97.1250c (0.4133)	18.1250a (0.0771)
8	167.5000a (0.4392)	94.0000c (0.2465)	9.5000b (0.0249)

2.6 群落的自然控害效能

采用林冠层总物种数与个体数比例、捕食性、寄生性集团与植食性集团的物种和个体数比例等指标评价群落对害虫的自然控制效能。结果见表6。从表可知,各林丹烟剂防治林的各指数均明显比各对照林的相应指数小,这说明林丹烟剂干扰削弱了群落对林冠层植食性害虫在种类和数量上的控制效能。

表6 林冠层类群总物种数与个体数比例和捕食性、寄生性集团与植食性集团的物种、个体数比例

Table 6 Total number proportion of arthropod species to individual and species or individual number proportion of natural enemies to herbivores in the canopy

指数 Index	1	2	3	4	5	6	7	8
$S^{\text{①}}/N$	0.0759	0.0682	0.0730	0.0281	0.0310	0.0406	0.0500	0.0298
S_1/S_3	1.0339	1.0000	1.0784	0.8723	0.7045	0.8500	0.9000	0.9737
S_2/S_3	0.3898	0.3684	0.3529	0.1915	0.2500	0.1250	0.2250	0.1842
N_1/N_3	0.4376	0.6466	0.6450	0.2321	0.1103	0.1839	0.1181	0.2469
N_2/N_3	0.0756	0.0897	0.0418	0.0093	0.0220	0.0084	0.0103	0.0066

①S、S₁、S₂和S₃分别指林冠层类群总物种数和捕食性、寄生性、植食性集团物种数;N、N₁、N₂和N₃分别指林冠层类群总个体数和捕食性、寄生性、植食性集团个体数。S, S₁, S₂ and S₃ were species number of the total, predators, parasitoids and herbivores in the canopy, and N, N₁, N₂ and N₃ were individual number of the corresponding groups respectively.

3 小结与讨论

3.1 关于林丹烟剂与害虫再猖獗

化学杀虫剂能够诱导害虫抗药性,减少群落天敌的种类和数量,引发害虫再猖獗或次要害虫暴发^[4~10]。这与杀虫剂的过量使用和不合理的应用方法有关,也与人工生态系统的脆弱性相关。有关森林害虫的类似现象相对较少,因此相关研究并不多见。显然,森林生态系统由于其复杂的植被和较少的外来干预,而比农田生态系统更为稳定。然而,由于多数森林大面积连片分布,一旦暴发虫害,其蒙受的经济和生态损失往往巨大,因而害虫防治活动也是林业生产的重要内容。从目前的情况看,化学防治仍然是森林害虫防治中最为常用和暂时不可替代的措施^[1],化学杀虫剂在森林的单次用量和防治面积都远远大于农田生态系统,因而对系统生态功能具有十分显著的影响。但由于森林生态系统相对稳定,通过科学的化学防治避免害虫再猖獗和次要害虫暴发也就更为可行。鉴于此,研究化学杀虫剂对森林生物群落乃至生态系统的影响,探索科学的应用方法,无疑具有重要的理论和实践意义。

毛竹林是中国南方最重要的可自然再生森林资源之一,其显著的再生能力和经济效益促使人们对林地植被和土壤进行高强度的经营管理,致使竹林成为一个与农田接近的半人工生态系,并由此引发了水土流失、林分生产力下降和病虫害暴发等问题^[2,3]。林丹烟剂作为一种局限于林业上使用的化学杀虫剂,因其廉价、简易的操作性能和高效广谱的毒杀效能而在毛竹叶部害虫的防治中广为使用,但近些年局部地区出现了害虫再猖獗和次要害虫暴发的现象,如刚竹毒蛾的频繁暴发和蠕须盾蚧、竹舟蛾等原次要害虫上升为主要害虫。这些问题的出现与林丹烟剂的大量使用不无关系。从群落组成与结构的角度分析表明,在林丹烟剂防治竹林,林冠层类群的丰富度和物种多样性均显著较低(表4),捕食性和寄生性天敌的物种和个体数均大幅减少(表3),群落几个自然控害能力指标也明显较小(表6),而植食性害虫的优势度则明显较高(表5),这说明长期使用林丹烟剂显著削弱了群落对植食性害虫的自然控制作用,是近些年毛竹叶部害虫再猖獗和次要害虫暴发的重要原因。

与其他化防技术如高压喷雾和竹腔注射相比^[1],林丹烟剂对群落具有更为广泛的影响。一般而言,前两种防治技术仅对竹林冠层的节肢动物产生直接影响,从而能够有效保护竹林下层的天敌资源,并使其成为林冠层天敌的良好避难场所;然而,表2、表3、表4、图1和图2均一致表明,林丹烟剂对林下层也造成了显著的影响,其影响的性质和程度与林冠层相近。由于林下栖境及其天敌资源在冠层害虫的自然控制中起着重要作用^[17],因此林丹烟剂破坏了林下栖境及其保益控害生态功能的发挥,这进一步说明林丹烟剂对群落及其生境的负面影响极大,在竹林害虫的控制中应慎用或少用。

3.2 关于管理措施与林丹烟剂的综合作用与比较

在大面积的竹木混交林纯林化后,对林下植被的垦复、劈草等措施已是竹林经营管理的重要内容,这些措施使林下栖境阶段性消失,从而导致林下节肢动物类群的短期瓦解,丰富度和物种多样性显著降低。但随着林下植被的逐渐恢复,林下层类群得到重建,并在较长的时间尺度上(如1a)仍然表现出较高的丰富度和物种多样性(与林丹烟剂干扰群落相比较)^[2,3,12]。然而,在不同林下植被管理措施下,林丹烟剂防治林下层类群的丰富度和物种多样性均极低,不同管理措施之间并没有表现出显著差异(表2、表3和表4),对群落的系统聚类分析(图2)也将各林丹烟剂防治林聚为一类,这既说明林丹烟剂和林下植被管理措施的综合作用能够显著地降低群落林下层的丰富度和物种多样性,也说明林丹烟剂对林下层的影响大于林下植被管理措施。从管理措施和林丹烟剂对群落林冠层的影响看,各管理措施均在一定程度上增加了其物种多样性和均匀度,这可能与管理措施有利于毛竹生长和促进毛竹对叶部害虫的抵抗等有关^[1];然而,不同管理措施下林丹烟剂防治林的物种多样性和均匀度均显著较低,各管理措施之间无显著差异(表4),聚类分析结果(图2)更为突出地体现了林丹烟剂的影响,可见林丹烟剂和管理措施对林冠层类群产生了不同性质的影响,且前者显著削弱了后者的影响,从而引起群落林冠层物种多样性和均匀度的降低。但林丹烟剂防治干扰下化学除草林的刚竹毒蛾种群数量及其优势度显著低于其他管理措施林分(表5),而垦复林的蠕须盾蚧种群数量和优势度显著高

于其他管理措施,这说明特定的林下管理措施能够减少林丹烟剂干扰对群落的负面影响,从而不利于特定种类害虫的暴发,也说明将管理措施和林丹烟剂综合运用,或许可作为毛竹叶部害虫防治的一条可行途径,但相关的应用研究尚待深入进行。

3.3 关于生物防治

释放白僵菌是最为常用的毛竹叶部害虫生物防治手段,在一些地区(如福建闽西和闽北地区)甚至可谓唯一的生物防治措施,因此本文设置了1个白僵菌防治对照。从该对照林的各项群落参数看,大多数与未防治对照无显著差异(表2~表6,图1、2),这说明白僵菌对群落的影响较小,应是毛竹叶部害虫防治的首选措施。然而,在毛竹叶部的几种主要害虫中,白僵菌仅对鳞翅目害虫有效,且其分生孢子只有在雨后、雾天才可完成萌发和侵入的过程,因而其应用受到了目的害虫种类和气候因素的限制。进一步探索更为多样的生物防治手段,也是生产上迫切面临的问题。

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] Zhang F P, Chen Q L, You M S, *et al.* Relation between Management disturbance and undergrowth and canopy mites in *Phyllostachys pubescens* forests. Scientia Silvae Sinica, 2004, 40 (5): 143—150.

[3] Zhang F P, Hou Y M, You M S. Effects of different management measures on the composition and structure of arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest. Acta Entomol Sinica, 2005, 48 (6): 928—934.

[4] Epstein D L, Zack R S, Brunner J F, *et al.* Effects of broad-spectrum insecticide on epigeal arthropod biodiversity in Pacific Northwest apple orchards. Environ. Entomol., 2000, 29 (2): 340—348.

[5] Hou Y M, Pang X F, Liang G W, *et al.* Effect of chemical insecticides on the diversity of arthropods in vegetable fields. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21 (8): 1262—1268.

[6] Wan F H, Chen C M. Studies on composition and diversity of insect pest-natural enemy community in integrated control and chemical control paddies. Acta Ecologica Sinica, 1985, 7 (3): 135—143.

[7] Wisniewska J, Prokopy R J. Pesticide effect on faunal composition, abundance, and body length of spiders (Araneae) in apple orchards. Environ. Entomol., 1997, 26 (4): 763—776.

[8] Wilson L J, Bauer L R, Lally D A. Effect of early season insecticide use on predators and outbreaks of spider mites (Acari: Tetranychidae) in cotton. Bull. Entomol. Res., 1998, 88 (4): 477—488.

[9] Xu J X, Wu J C, Cheng X N, *et al.* The effects of two insecticides on predation function of predatory natural enemies. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20 (1): 145—149.

[10] Su L, Ge F, Liu X H. Effects of chemical control on diversity of insect pests and predatory natural enemy communities in cotton fields under different cultivating regimes. Acta Entomol Sinica, 2002, 45 (6): 777—784.

[11] Zhang F P, You M S. Temporal dynamic of the arthropod community in the forest of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* disturbed with pesticide of Lindane. Journal of Bamboo Research, 2006, 25 (4): 16—19.

[12] Zhang F P, Chen Q L, Wu Q Z, *et al.* Composition and structure of the arthropod community in *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25 (9): 2272—2283.

[13] Ding Y Q. Insect mathematic ecology. Beijing: Science Press, 1991. 450—454.

[14] Tang Q Y, Feng M G. DPS data processing system for practical statistics. Beijing: Science Press, 2002. 223—225.

[15] Li C X, Wan Z H, Wan W L. Biological statistics. Beijing: Science Press, 2001. 251—254.

[16] Ma K P, Liu Y M. Measure of biodiversity: test of α diversity (the second part). Chinese Biodiversity, 1994, 2 (4): 231—239.

[17] Zhang F P, Chen Q L, Hou Y M, *et al.* Relationships between the arthropods in the canopy and the underlayer of *Phyllostachys heterocycla* cv. *pubescens* forest. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25 (10): 2623—2628.

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] 张飞萍,陈清林,尤民生,等. 毛竹林经营干扰、林下植被及冠层螨类之间的关系. 林业科学, 2004, 40 (5): 143~150.

[3] 张飞萍,侯有明,尤民生. 不同管理措施对毛竹林节肢动物群落结构与组成的影响. 昆虫学报, 2005, 48 (6): 928~934.

[5] 侯有明,庞雄飞,梁广文,等. 化学杀虫剂对菜田节肢动物多样性的影响. 生态学报, 2001, 21 (8): 1262~1268.

[6] 万方浩,陈常铭. 综防区和化防区稻田害虫-天敌群落组成及多样性研究. 生态学报, 1985, 7 (3): 135~143.

[9] 徐建详,吴进才,程遇年,等. 两种杀虫剂对稻田捕食性天敌集团捕食功能的影响. 生态学报, 2000, 20 (1): 145~149.

[10] 苏丽,戈峰,刘向辉. 化学防治对不同类型棉田害虫和捕食性天敌群落多样性的影响. 昆虫学报, 2002, 45 (6): 777~784.

[11] 张飞萍,尤民生. 林丹烟剂干扰下毛竹林节肢动物群落的时间动态. 竹子研究汇刊, 2006, 25 (4): 16~19.

[12] 张飞萍,陈清林,吴庆锥,等. 毛竹林节肢动物群落的组成与结构. 生态学报, 2005, 25 (9): 2272~2283.

[13] 丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1991. 450~454.

[14] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002. 223~225.

[15] 李春喜,王志和,王文林. 生物统计学. 北京: 科学出版社, 2001. 251~254.

[16] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测试方法: α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 1994, 2 (4): 231~239.

[17] 张飞萍,陈清林,侯有明,等. 毛竹林冠层与林下层节肢动物类群的关系. 生态学报, 2005, 25 (10): 2623~2628.