

# 管理措施对毛竹林节肢动物群落害虫 与天敌相互作用的影响

张飞萍<sup>1,2</sup> 尤民生<sup>1</sup>

(1. 福建农林大学 福州 350002; 2. 厦门大学生物学博士后流动站 厦门 361005)

**摘要:** 利用毛竹林节肢动物群落的系统调查资料,比较和分析长期垦复施肥、垦复、劈草、撂荒和化学除草 5 种管理措施下群落林下层和竹冠层的共有物种分布特征,以及害虫与天敌功能群的相互关系。结果表明:与撂荒林比较,其余管理措施因破坏了林下栖境而不同程度地减少了 2 个林层间的天敌共有物种,这些减少的共有物种多属于蜘蛛目和膜翅目天敌,从而削弱了林层间的天敌互补作用,不利于充分发挥其自然控害作用,是毛竹叶部害虫暴发的重要原因之一。因此,在各项管理措施实施时,适度保留部分林下植被,有助于竹林的丰产培育和强化群落的自然控害潜能。

**关键词:** 毛竹; 节肢动物群落; 功能群; 管理措施

中图分类号: Q958; S718.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2007)10-0090-05

## Impact of Forest Management on Pest-Natural Enemy Interaction of Arthropod Community in *Phyllostachys heterocykla* cv. *pubescens* Forest

Zhang Feiping<sup>1,2</sup> You Minsheng<sup>1</sup>

(1. Fujian Agriculture and Forestry University Fuzhou 350002;

2. Postdoctoral Station of Biology, Xiamen University Xiamen 361005)

**Abstract:** Based on the data obtained from field surveys, this paper mainly deals with relationships between the pest and natural enemy guilds of arthropod communities and distribution characteristic of common arthropod species between in the canopy and lower layer of *Phyllostachys heterocykla* cv. *pubescens* forest managed with five different measures, including long-term cultivation and fertilization, cultivation, weed cutting, non-management and herbicides application. The result indicates that, compared to the non-management forest, the common species of natural arthropod enemy between in the two forest layer decreased to some extent because of breakage of the undergrowths disturbed by other four management measures. These missed common arthropod species are largely in the categories of Arancuda and Hymenoptera. Thus, the mutual promotion effects of the natural enemies between the lower layer and the canopy have been weakened which might decrease the pests control use of the natural enemy and favor the pests outbreaks. So we can conclude that it is helpful to enhance the potential of pest control in a way of proper reservation of some undergrowths while implement of these management measures.

**Key words:** *Phyllostachys heterocykla* cv. *pubescens*; arthropod community; guild; management measure

缺乏天敌的有效控制是害虫暴发的重要原因,科学的管理措施能够保护农林生态系统,促进群落对害虫的自然控制和抑制害虫暴发(南京农学院,1985; Ali *et al.*, 1985; Liang *et al.*, 1994; 刘德广等, 2001)。探讨不同管理措施对群落天敌和害虫功能群关系的影响,对于寻求和实施以控制害虫、作物增产为目的的科学管理措施具有直接指导意义。毛竹(*Phyllostachys heterocykla* cv. *pubescens*)林是中国南方最重要的可自然再生森林资源之一,因其显著的经济效益和广阔的栽培面积而在增加区域国民经济收入和维护良好森林生态环境中发挥着重要作用。然而近些年毛竹害螨、蠕须盾蚧(*Kiwanaspis vermiformis*)和刚竹毒蛾(*Pantana phyllostachysae*)等多种叶部害虫不间断的暴发阻碍了毛竹产业的健康和持续发展(张飞萍等, 2001)。纯林化、不合理经营管理和化学杀虫剂滥用是导致这些害虫暴发的重要原因(刘巧云, 2002)。已有的研究表明:垦复施肥、垦复、劈草和化学除草等典型的管理措施能够显著改变毛竹林节肢动物群落的组成、结构和多样性水平,长期以某种单一的措施经营管理有利于特定害虫种群的暴发,因此采用多种管理措施轮换进行有利于控

收稿日期: 2006-06-12。

基金项目:福建省教育厅科技项目(JA03061)和福建省林业厅科技项目。

制害虫(张飞萍等,2005c;2007)。显然,这些管理措施可通过改变竹林栖境而影响群落天敌对害虫的自然控制,也可通过调节毛竹本身的生理状况和抗虫效能而影响寄主与害虫的相互关系,特定种类害虫的暴发是二者综合作用的结果。本文在研究管理措施对毛竹林节肢动物群落结构与组成影响的基础上,进一步分析了不同管理措施下群落天敌与害虫功能群之间的关系以及不同林层节肢动物共有物种的分布特征,以期从天敌的角度揭示管理措施与害虫暴发的关系,为寻求和制定科学的竹林管理方法提供基础依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 管理措施的划分和试验标准地概况

在野外踏查和农户家访的基础上,将毛竹林管理措施划分为垦复施肥、垦复、劈草、撿荒和化学除草 5 种类型。2001 年 8 月在福建省三明市三元区中村乡设立 5 块有代表性的不同管理措施试验标准地。各标准地的具体管理方法和基本概况与张飞萍等(2005c)相同。

### 1.2 群落的划分与调查

根据毛竹纯林的空间分层特征及不同林层生境间的差异,将节肢动物群落划分为林下层与竹冠层类群。对竹冠层类群采用网捕法结合剪枝法进行取样调查,对林下层类群采用网集法进行取样调查,具体方法与张飞萍等(2005b)相同。2001 年 9 月—2002 年 8 月的各月中旬对各标准地进行 1 次群落调查。

### 1.3 群落功能群的划分

对毛竹林节肢动物群落结构与组成的研究(张飞萍等,2005b)表明:以刚竹毒蛾为主的鳞翅目害虫、以蠕须盾蚧为主的同翅目害虫和以竹缺爪螨(*Aponychus cornuzae*)、南京裂爪螨(*Schizotetranychus nanjingensis*)和竹刺瘿螨(*Aculus bambusae*)为主的植食性螨类是毛竹叶部的 3 大类重要害虫,而蜘蛛类、捕食性昆虫和螨类、寄生性昆虫是群落的 3 大类重要天敌(张飞萍等,2005b;2005c)。因此,结合物种的取食习性及其在群落中的地位,将群落划分为蜘蛛类、捕食性昆虫与螨类、寄生性昆虫、刺吸性有害昆虫、鳞翅目昆虫、植食性螨类、其他植食性昆虫和中性昆虫 8 个功能群。

### 1.4 分析方法

以群落林下层和竹冠层共有物种(2 个林层间相同的物种,common species)的组成与分布评价管理措施对 2 个林层节肢动物类群相互作用的影响;采用 Pearson 相关性分析群落林下层和竹冠层类群各对应天敌功能群的关系;采用典型相关性(canonical correlation)分析群落天敌与害虫功能群之间的关系。数据分析采用 DPS 软件进行(唐启义等,2002)。

## 2 结果与分析

### 2.1 林下层与竹冠层类群共有物种的分布

5 种管理措施下林下层与竹冠层类群共有物种的功能群分布情况见表 1。从 2 个林层共有物种总数看,撿荒林最多,化学除草林略少,其余 3 种管理措施林分较少(比撿荒林少 10~22 种)。从不同功能群的共有物种数看,各管理措施基本均以蜘蛛类、捕食性昆虫与螨类和中性昆虫 3 个功能群较多,其余功能群相对较少;但不同管理措施之间天敌功能群共有物种的分布存在明显差异,撿荒林的天敌共有物种较多(56 种),而垦复施肥、垦复、劈草和化学除草林均明显较少,分别只有 35、36、39 和 51 种,其中以蜘蛛类和寄生性昆虫 2 个功能群减少的共有物种最多;各管理措施下各害虫功能群的共有物种均较少,且差异不大;而撿荒林中性昆虫的共有物种最少,其余管理措施均略多。

从 2 个林层共有物种的目分布情况(表 2)看,各管理措施基本上均以双翅目、膜翅目和蜘蛛目的共有物种较多,但不同管理措施之间以膜翅目和蜘蛛目的差异较大,主要表现为垦复施肥、垦复和劈草林 2 目的共有物种数明显少于撿荒林,化学除草林的膜翅目和其他目共有物种数也明显少于撿荒林。

综合上述分析可知,管理措施对群落林下层和竹冠层类群共有物种及其分布产生了明显影响,以撿荒林为对照,垦复施肥、垦复、劈草和化学除草等管理措施显著减少了 2 个林层间的天敌共有物种,其中对蜘蛛目和膜翅目寄生性昆虫等天敌共有物种的影响较大。

表 1 不同管理措施下林下层与竹冠层共有物种的功能群分布特征

Tab. 1 Distribution of the common species between the arthropod guilds in the lower layer and the canopy of the bamboo forests managed with five different measures

管理措施 Management measures	捕食性昆虫与螨类 Predatory insects and mites	蜘蛛类 Spiders	寄生性昆虫 Parasitic insects	鳞翅目昆虫 Herbivores in Lepidoptera	刺吸性有害 昆虫 Sucking herbivores	植食性螨类 Phytophagous mites	其他植食性 昆虫 Other herbivores	中性昆虫 Neutrals	合计 Total
	9	20	6	1	7	0	6	14	64
	10	19	7	2	4	0	7	16	65
	11	21	7	4	5	0	10	18	76
	14	28	14	2	8	0	9	13	88
	12	28	11	3	6	0	8	18	86

、 、 、 和 分别指垦复施肥、垦复、劈草、撿荒(对照)和化学除草,下同。 、 、 、 and in the table denote the management measures of cultivating and fertilization, cultivating, weeding, non-management and spraying herbicide respectively. The same below.

表 2 不同管理措施下竹冠层与林下层共有物种的目分布特征

Tab. 2 The order-based distribution of the common species between the arthropod guilds in the lower layer and the canopy of the bamboo forests managed with five different measures

管理措施 Management measures	鞘翅目 Coleoptera	半翅目 Hemiptera	同翅目 Homoptera	鳞翅目 Lepidoptera	双翅目 Diptera	膜翅目 Hymenoptera	蜘蛛目 Arancida	直翅目 Orthoptera	蜱螨目 Acarina	其他目 Other orders	合计 Total
	4	2	5	1	14	13	20	2	0	3	64
	1	2	2	2	16	13	19	3	1	6	65
	4	2	4	4	21	12	21	3	0	5	76
	5	4	5	2	12	21	28	1	0	10	88
	6	4	3	3	20	18	28	0	0	4	86

## 2.2 林下层与竹冠层天敌功能群之间的关系

时间序列上不同管理措施林下层和竹冠层类群各对应天敌功能群个体数量之间的相关性见表 3。从表 3 可知,垦复、劈草和撿荒林 2 个林层天敌总体之间均呈显著正相关;其中撿荒林的相关性最大,其蜘蛛类之间和寄生性昆虫之间均呈显著正相关,捕食性昆虫与螨类之间也接近显著水平;垦复林次之,但仅捕食性昆虫与螨类之间呈显著正相关;劈草林较小,仅蜘蛛类之间呈显著正相关。由于相关系数的大小体现了 2 个林层天敌功能群在时序上的互作强度,垦复和劈草林均只有 1 个天敌功能群之间呈显著正相关,天敌总体之间的相关系数也相对较小,垦复施肥和化学除草林的天敌总体和各对应天敌功能群之间的相关性均不显著。这说明与撿荒林相比较,其他管理措施均不同程度地削弱了群落 2 个林层天敌之间的相互作用。

## 2.3 林下层天敌与竹冠层害虫功能群之间的关系

采用典型相关性分析不同管理措施林下层天敌与竹冠层害虫功能群在时间资源轴上的关系。针对不同管理措施,分别设第 1 组变量为林下层天敌个体数量 ( $x$ ),包括蜘蛛类 ( $x_1$ )、捕食性昆虫与螨类 ( $x_2$ )

和寄生性昆虫 ( $x_3$ ),以此为林下层天敌组;第 2 组变量为竹冠层害虫和中性昆虫个体数量 ( $y$ ),包括刺吸性有害昆虫 ( $y_1$ )、鳞翅目昆虫 ( $y_2$ )、植食性螨类 ( $y_3$ )、其他植食性昆虫 ( $y_4$ ) 和中性昆虫 ( $y_5$ ),以此为竹冠层害虫组,考察 2 组变量之间的典型相关性。结果见表 4 和表 5。

从表 4 可知,仅劈草、撿荒和化学除草林的第 1 个典型相关系数达到显著或极显著水平,且典型相关系数均大于 0.95。分别分析这 3 种管理措施下第 1 对典型变量的构成。从表 5 可知,劈草和撿荒林的林下层天敌组均以蜘蛛类的载荷最大,竹冠层害虫组均以植食性螨类的载荷最大,且均与相应典型变量呈正相关,这说明 2 种管理措施下林下层天敌与竹冠层害虫功能群之间存在密切联系,主要反映为竹冠层植食性螨类个体数 ( $y_3$ ) 显著促进了林下层蜘蛛类个体数 ( $x_1$ ) 的增长;化学除草林的林下层天敌组也以蜘蛛类 ( $x_1$ ) 载荷

表 3 不同管理措施下林下层与竹冠层天敌功能群之间的个体数相关性

Tab. 3 Individual number correlativity between the natural enemy guilds in the lower layer and the canopy of the bamboo forests managed with five different measures

管理措施 Management measures	蜘蛛类 Spiders	捕食性昆虫与螨类 Predatory insects and mites	寄生性昆虫 Parasitic insects	天敌总体 Natural enemies
	0.230	-0.084	0.106	0.169
	0.378	0.892 *	-0.102	0.621 *
	0.725 *	-0.206	0.143	0.606 *
	0.700 *	0.555	0.676 *	0.681 *
	0.148	0.336	0.469	0.197

\*:显著相关 ( $P < 0.05$ ) Significant correlativity at 0.05 level.

最高,与该组典型变量呈负相关,竹冠层害虫组则以其他植食性昆虫( $y_4$ )的载荷最高,与该组典型变量呈正相关,说明化学除草林下层天敌与竹冠层害虫功能群也存在密切联系,主要表现为林下蜘蛛类天敌对竹冠层其他植食性昆虫具有显著的控制作用。

表 4 不同管理措施下林下层天敌与竹冠层害虫功能群的典型相关系数及其显著性检验

Tab. 4 The canonical correlation coefficients and their tests of notability between the natural enemy guilds

in the lower layer and phytophagous guilds in the canopy of the bamboo forests managed with five different measures

相关系数 Correlation coefficient	显著水平 Sig.								
0.819	0.694	0.866	0.650	0.964	0.038	0.982	0.011	0.993	0.000
0.691	0.869	0.517	0.944	0.774	0.489	0.842	0.511	0.954	0.065
0.230	0.970	0.432	0.819	0.596	0.577	0.283	0.945	0.479	0.760

### 2.4 竹冠层天敌与害虫功能群之间的关系

同样采用典型相关性分析竹冠层天敌与害虫功能群之间的关系。变量设置方法与 2.3 相似。对 5 种管理措施下的典型相关性分析表明,仅化学除草林竹冠层天敌与害虫功能群的第 1 个典型相关系数达到显著水平 ( $R = 0.980, P < 0.05$ )。其第 1 对典型变量的构成见式 (1) 和式 (2) :

$$U_1 = 0.746 x_1 - 0.220 x_2 + 0.629 x_3, \quad (1)$$

$$V_1 = 0.299 y_1 - 0.007 y_2 + 0.780 y_3 + 0.530 y_4 + 0.149 y_5. \quad (2)$$

从式 (1) 可知,天敌组以蜘蛛类( $x_1$ )和寄生性昆虫( $x_3$ )的载荷较高,且均与典型变量呈正相关;从式 (2) 可知,害虫组以植食性螨类( $y_3$ )和其他植食性昆虫( $y_4$ )的载荷较高,也均与典型变量呈正相关。可见化学除草林竹冠层天敌与害虫之间存在密切联系,集中反映为植食性螨类和其他植食性昆虫作为食物资源能够显著促进蜘蛛类和寄生性昆虫等天敌个体数量的增长。

### 3 小结与讨论

对于以生产为目的的农林生态系统,把日常管理与保护和促进天敌自然种群繁衍融为一体,增强天敌对害虫的自然控制作用,始终是害虫防治的重要方法。随着可持续农业生产的提出,这一方法得到了前所未有的重视,并被认为是实现害虫生态控制的关键途径(丁岩钦,1993;戈峰,1998)。毛竹林因其极高的经济价值和强大的自然再生力而大面积分布于中国南方各省。在经济利益驱动下,频繁地对林地地表进行垦复施肥、垦复、劈草和喷施化学除草剂等已成为丰产培育和集约经营的主要措施。这些措施均直接干扰着林下植被及土壤,导致林下植物多样性下降,植被衰退乃至阶段性消失(张飞萍等,2004)。然而,林下植被对于毛竹叶部害虫的控制及其天敌的保护利用有着十分积极的意义(张飞萍等,2005a),因此,这些措施的实施势必影响到群落天敌对害虫的自然控制和害虫的暴发。探讨管理措施对天敌与害虫功能群相互作用的影响对于实现毛竹害虫的持久控制有着重要意义。

在大多数毛竹林纯林化后,长期的经营管理使林下植被稀疏、矮小,林分空间植物层次落差明显,林下层和竹冠层的共有物种因而成为 2 个林层节肢动物类群相互作用的重要纽带,在一定程度上体现了群落的组织方式和 2 个林层互作途径的多样性及互作强度。从本文分析看,与撂荒林相比,垦复施肥、垦复、劈草和化学除草管理下 2 个林层的总共有物种均较少,其中天敌共有物种减少的种数尤为显著,而植食性共有物种的

表 5 不同管理措施下林下层天敌与竹冠层害虫功能群之间显著典型相关系数的变量构成

Tab. 5 Formation of the variables for significant canonical correlation coefficients between natural enemy guilds in the lower layer and phytophagous guilds in the canopy of the bamboo forests managed with five different measures

管理措施 Management measures	成对典型变量的构成 Formation of the paired canonical correlation variables
	—
	—
	$U_1 = 0.838 x_1 + 0.413 x_2 - 0.357 x_3$
	$V_1 = 0.324 y_1 - 0.503 y_2 + 0.768 y_3 + 0.059 y_4 - 0.219 y_5$
	$U_1 = 0.986 x_1 - 0.032 x_2 - 0.165 x_3$
	$V_1 = -0.126 y_1 - 0.056 y_2 + 0.896 y_3 + 0.080 y_4 + 0.414 y_5$
	$U_1 = -0.717 x_1 + 0.432 x_2 + 0.547 x_3$
	$V_1 = -0.297 y_1 + 0.341 y_2 - 0.422 y_3 + 0.738 y_4 - 0.270 y_5$

差异不大(表1)。由此可见,这些管理措施削弱了群落2个林层节肢动物类群(尤其是天敌功能群)之间的相互作用强度和互作途径的多样性,2个林层天敌功能群之间的数量相关性减弱(表3)就是一个明显的印证。由于共有物种存在的重要条件是2个林层能够互为栖境或具备共有食物资源,上述分析说明管理措施导致2个林层共有物种减少的主要原因在于林下栖境受到了破坏。因此,在实施管理措施促进毛竹增产的同时适度保留部分林下植被,对于增强2个林层天敌功能群之间的相互联系和充分发挥林下栖境保益控害的生态功能具有重要意义。

此外,撂荒林由于较好地保护了林下栖境,具有更为丰富的共有物种资源,2个林层的天敌功能群之间显著相互促进。然而,对其天敌与害虫个体数量的典型相关性分析表明,仅某些害虫与天敌功能群的个体数量之间显著相互促进,说明撂荒林天敌对害虫具有一定的跟随控制效应,但不能及时有效地抑制害虫种群的扩张,使毛竹害螨和蠕须盾蚧等叶部刺吸性害虫危害较重(张飞萍等,2005c)。这一结果可能与撂荒竹林长势弱小,毛竹对叶部主要刺吸性害虫的抗性较低,在气候适宜的季节下害虫种群扩张较快等有关。因此,撂荒虽然有利于群落天敌的保护,但无论从竹林丰产还是害虫控制的角度出发,也都是不宜长期采用的一种管理措施。

综上所述,在竹林的管理中提倡多种管理措施轮换进行(张飞萍等,2005c)的同时,应注重对林下植被的科学管理。适度地保留部分林下植被,不仅有利于丰产培育和水土保持,也有利于保护竹林天敌和控制害虫,维护节肢动物群落的稳定性。

## 参 考 文 献

- 丁岩钦. 1993. 论害虫种群的生态控制. 生态学报, 17(2): 99-106
- 戈 峰. 1998. 害虫生态调控的原理与方法. 生态学杂志, 17(2): 38-42
- 刘德广, 熊锦君, 谭炳林. 2001. 荔枝-牧草复合系统节肢动物群落多样性与稳定性分析. 生态学报, 21(10): 1596-1601
- 刘巧云. 2002. 福建毛竹害螨暴发成因与防治管理对策. 福建林业科技, 29(2): 12-16
- 南京农学院. 1985. 昆虫生态及预测预报. 北京: 农业出版社, 129-140
- 唐启义, 冯明光. 2002. 实用统计分析及其DPS数据处理系统. 北京: 科学出版社, 393-400
- 张飞萍, 陈清林, 陈顺立, 等. 2001. 毛竹主要食叶害虫研究进展. 竹子研究汇刊, 21(3): 55-60
- 张飞萍, 陈清林, 尤民生, 等. 2004. 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, 40(5): 143-150
- 张飞萍, 陈清林, 侯有明, 等. 2005a. 毛竹林冠层与林下层节肢动物类群的关系. 生态学报, 25(10): 2623-2628
- 张飞萍, 陈清林, 吴庆锥, 等. 2005b. 毛竹林节肢动物群落的组成与结构. 生态学报, 25(9): 2272-2283
- 张飞萍, 侯有明, 尤民生. 2005c. 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, 48(6): 928-934
- 张飞萍, 尤民生. 2007. 不同管理措施毛竹林节肢动物群落的时序动态. 福建林学院学报, 27(1): 7-10
- Ali A D, Reagan T E. 1985. Vegetation manipulation impact on predator and prey populations in Louisiana sugarcane ecosystems. J Eco Entomol, 28(6): 1409-1414
- Liang W G, Huang M D. 1994. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: a review. Agriculture Ecosystem and Environment, 50(1): 29-37

(责任编辑 朱乾坤)