

研究报告

# 马尾松林食叶类群昆虫多样性及相互关系\*

张真<sup>1,2</sup> 王淑芬<sup>3</sup> 吴东亮<sup>3</sup> 李典谟<sup>1\*\*</sup>

(1. 中国科学院动物研究所 农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100080;

2. 中国林业科学研究院 森林保护研究所 北京 100091; 3. 中南林学院 环境资源系 湖南 株洲 412006)

**Diversity and relationships of defoliators in Masson pine *Pinus massoniana*.** ZHANG Zhen<sup>1,2</sup>, WANG Shu-Feng<sup>3</sup>, WU Dong-Liang<sup>3</sup>, LI Dian Mo<sup>1\*\*</sup> (1. Laboratory Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 2. Research Institute of Forest Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Central-South Forestry University Zhuzhou 412006, China)

**Abstract** The main defoliators in Masson pine stands in Pingxiang of Guangxi Province are *Dendrolimus punctatus*, *Dasychira axutha*, *Hyssia adusta*, *Ectropis bistortata* and dipterids. The analysis of the diversity, composition, structure and dynamics of the defoliators in various occurrence areas showed that in non-outbreak area they diversity and uniformity are the highest, that in frequent outbreak area they are the lowest and in occasional outbreak area they are intermediate. High diversity during non-outbreak phase can suppress large fluctuation of defoliators. In frequent outbreak areas *Dendrolimus punctatus* and *Dasychira axutha* were the main defoliators and they have positive relationship. Other defoliators were negative to *Dendrolimus punctatus* and weakly positive to each other. Horizontal interactions can increase or decrease outbreak intensity of the pine caterpillar. Increase the diversity of defoliators of pine stands can not only suppress the pine caterpillar but also increase the diversity of natural enemies and the whole community. This is the developing trend of sustainable management of pine caterpillars.

**Key words** *Dendrolimus punctatus*, pine defoliators, diversity, stability, species interaction

**摘要** 广西凭祥地区主要的马尾松食叶害虫有马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* Walker, 松茸毒蛾 *Dasychira axutha* Collenette, 松茸夜蛾 *Hyssia adusta* Draudt, 松尺蠖 *Ectropis bistortata* Goeze, 松叶蜂 (Dipterid)。对马尾松林食叶类群昆虫多样性、组成结构和动态变化规律的研究表明,无灾区各种食叶害虫的多样性较高,比例比较均匀,而常灾区多样性较低,以马尾松毛虫和松毒蛾为主,其它食叶害虫的比例都很小,偶灾区介于二者之间。非暴发期的多样性高可降低害虫的变动幅度。松毒蛾与松毛虫具有协同危害的特性,而其它几种马尾松食叶害虫对松毛虫产生一定的抑制作用。水平相互关系可能降低或增加松毛虫暴发的机会。增加食叶类群的多样性,不但可以通过竞争抑制松毛虫,还有利于增加天敌和整个群落的多样性,是松毛虫持续控制的研究方向。

**关键词** 马尾松毛虫, 松林食叶昆虫, 多样性, 稳定性, 种间关系

生态系统中生物多样性与害虫发生之间的关系是害虫发生机制中一个十分重要的方面,其问题的核心是生物多样性与生态系统稳定性之间的关系,关于生物多样性与系统稳定性的关系有不同的观点,是具有争议的问题<sup>[1-6]</sup>。以往对不同发生区马尾松林的节肢动物群落进行过研究,结果表明群落多样性和天敌种类均

为无灾区大于偶灾区,偶灾区大于常灾区<sup>[7-8]</sup>;封山育林可增加昆虫群落的多样性和稳定性<sup>[9,10]</sup>;对马尾松毛虫食物链和食物网也进行

\* 国家攻关项目,科学院创新方向课题(编号:KSCX2-SW-103)(编号:KSCX2-1-02);国家自然科学基金(30271091)资助。

\*\* 通讯作者, E-mail: lidm@panda.icz.ac.cn

收稿日期:2004-03-29,修回日期:2004-07-29

过研究<sup>[11,12]</sup>;李天生等研究了林分因子与天敌昆虫群落及其对马尾松毛虫的控制作用,他们根据郁闭度、灌木层高度及盖度、草木层高度及盖度把常灾区划分为4种类型,这4类林地在天敌昆虫群落多样性、种数、个体数及松毛虫密度上都有明显差异。他们还分别建立了4类林地松毛虫密度变化率与多样性功能指标及郁闭度等林分因子的回归模型<sup>[13]</sup>。但对群落多样性怎样导致稳定性还缺乏深入的研究。作者通过对不同发生区马尾松林马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* 的暴发过程中不同发生期群落结构及多样性的变化、群落中不同功能群与整个群落多样性和稳定性的作用研究,结果表明食叶类群的多样性在整个群落的多样性和稳定性维持中起重要作用<sup>[14]</sup>,为了深入探讨群落的多样性与稳定性的关系及其对马尾松毛虫的作用机制,本文作者进一步对马尾松林食叶类群的组成结构和多样性及其对马尾松毛虫的控制作用进行了研究,现报道如下。

## 1 研究方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在中国林业科学研究院广西大青山林业实验中心,该中心位于广西南部,与越南北部接壤。北纬 20° 51' 50" ~ 22° 19' 29",东经 106° 40' 20" ~ 106° 59' 14"。地形为山地丘陵和丘陵台地。年日照总数在 1 600 h 以上,年平均气温 21.5 °C 以上,≥10 °C 积温 7 500 °C 以上。月平均气温 ≥22.0 °C 的有 7 个月,最热月(7 月)平均气温 28° 左右,极端最高气温 40.3 °C,最冷月(1 月)平均气温为 13.5 °C,极端最低气温一般年份不低于 0 °C。年降水量 1 220 ~ 1 380 mm;雨季(4 ~ 9 月)与干季各占半年。雨季总雨量占全年总雨量的 85 %。

试验区内主要为马尾松纯林,主要害虫马尾松毛虫 1 年发生 3 ~ 4 代,通常 3 ~ 4 年暴发 1 次,根据长期暴发的情况可将其划分为无灾区、偶灾区和常灾区。分别于各区设置 3.3 hm<sup>2</sup> 以上的样地 2 ~ 3 块,以各类型样地调查所得平均数进行统计分析。样地海拔、松树平均胸径及

林分状况见表 1。

在调查期间正好经历了马尾松毛虫的 1 个暴发过程,1987 年上半年虫口密度很低,处于潜伏期,下半年开始上升,年底暴发,1988 年 6 ~ 7 月下降,8 月以后降至低水平。根据调查期间各种食叶害虫的数量,分析其发生动态及相互关系。常灾区松毛虫暴发过程中,偶灾区和无灾区松毛虫也有所上升,但没有达到严重危害或受害水平,将其与常灾区看成相应的发生期进行比较分析。

表 1 标准地分布及状况表

位置	松毛虫发生类型	海拔(m)	平均胸径(cm)	林分类型
哨平	常灾区	263	8.86	纯林
青山	偶灾区	260	9.25	纯林
白云	无灾区	260	10.20	松阔混交林

### 1.2 抽样调查方法

于 1987 ~ 1988 年 2 年间,每月定期在各地采用高枝剪套袋剪枝的方法进行抽样调查。套袋用白的确凉布制作,规格为 35 cm(袋口直径) × 55 cm(袋深);每次调查抽样 50 枝,记载其中各种昆虫及蜘蛛的种类和数量。

### 1.3 分析方法

#### (1) 多样性指数

昆虫群落及各类群的多样性测度均采用 Shannon Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i,$$

$P_i$  为第  $i$  物种个体数占群落个体总数的比例。

#### (2) 均匀度指数

采用皮洛<sup>[15]</sup>的均匀度指数公式进行分析:

$$J = H'/\ln S,$$

$H'$  为群多样性指数,  $S$  为群落物种数。

#### (3) 数据的检验和统计

采用 SAS 统计软件中的 GLM 过程对群落的各种指数进行差异显著性检验, COOR 过程分析各种食叶害虫之间的关系。

## 2 研究结果

### 2.1 不同发生区食叶类群各群落指数

不同发生区食叶类群各群落平均指数及其检验结果见表 2。表中结果显示不同发生区食叶类群平均个体总数无灾区最小,偶灾区较大,常灾区最大;平均种类数、多样性指数和均匀度均为无灾区最大,偶灾区次之,常灾区最小;从统计的角度看,只有无灾区与常灾区多样性指数差异显著。

表 2 食叶类群各群落指数及其检验结果

区域	个体总数 (头)	种类数 (个)	多样性指数	均匀度
无灾区	28.08a	5.385a	1.238a	0.740a
偶灾区	35.33a	5.250a	1.039ab	0.657a
常灾区	58.08a	4.000a	0.791b	0.580a

\* 字母相同的平均数之间差异不显著,显著性水平 95%。

图 1 和表 3 中食叶类群各群落指数和多样性指数在松毛虫不同发生期的变化规律为上升阶段个体数量和种类较多,以下依次为暴发期、

下降期、潜伏期,但其中常灾区潜伏期大于下降期;变动的幅度为常灾区最大,偶灾区次之,无灾区最小;无灾区多样性基数高,波动最小;偶灾区波动幅度较大,尤其是上升期多样性指数大幅度上升,常灾区波动趋势与偶灾区相似,基数和波动幅度都较小。常灾区和无灾区在松毛虫暴发期的多样性相差不大,而非暴发期差别较大,说明非暴发期多样性对抑制松毛虫暴发起重要作用。

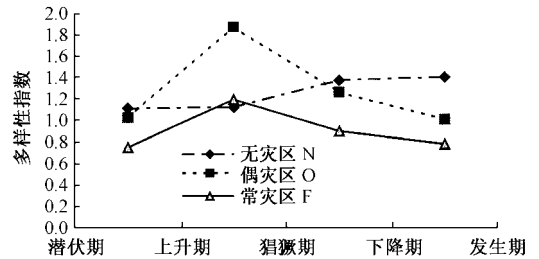


图 1 松毛虫不同发生区食叶类群多样性指数

表 3 各发生区及发生阶段食叶类群群落指数

区域	发生阶段	松毛虫密度	个体总数(头)	种类数(个)	多样性指数	均匀度
无灾区	潜伏期 E	0.300	12.600	4.800	1.107	0.678
	上升期 I	2.500	68.500	6.000	1.118	0.645
	暴发期 O	7.000	35.000	5.000	1.367	0.886
	下降期 D	2.625	23.750	6.000	1.397	0.792
偶灾区	潜伏期 E	0.600	13.000	4.200	1.020	0.774
	上升期 I	8.500	111.000	11.000	1.867	0.804
	暴发期 O	12.000	70.000	7.000	1.255	0.696
常灾区	下降期 D	5.167	36.000	5.667	0.999	0.604
	潜伏期 E	0.584	11.500	3.500	0.747	0.517
	上升期 I	5.500	174.500	9.000	1.189	0.553
	暴发期 O	93.750	172.000	5.000	0.892	0.678
	下降期 D	2.056	6.500	2.833	0.772	0.674

## 2.2 各发生区食叶类群组成结构

研究区主要的食叶害虫除马尾松毛虫外,主要有松茸毒蛾 *Dasychira axutha* Collenette, 松艺夜蛾 *Hyssia adusta* Draudt, 松尺蠖 *Ectropis bistortata* Goze, 松叶蜂 (Dipriniid)。从图 2~4 结果显示无灾区各种食叶害虫的比例最均匀,以松毒蛾所占比例最大;偶灾区以松毒蛾、松尺蠖所占比例最大,马尾松毛虫和松叶蜂次之,松夜蛾比例最小;常灾区以马尾松毛虫和松毒蛾为优势种,其它食叶害虫的比例都很小。

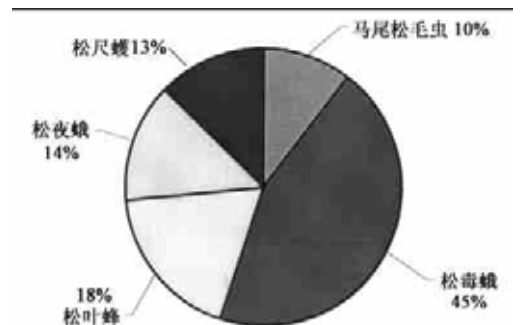


图 2 无灾区 5 种食叶害虫的比例

### 2.3 各种食叶害虫相互关系

将不同发生期各种食叶害虫的种群数量进行相关性分析(表3),表中结果显示松毒蛾与松毛虫成极显著的正相关( $P < 0.001$ ),而其它几种食叶害虫都与松毛虫呈负相关,但相关关系不显著。除松毛虫以外的其它几种食叶害虫相互之间成正相关,除松夜蛾和松毒蛾相关关系显著外( $P < 0.05$ ),其它都不显著(表2)。

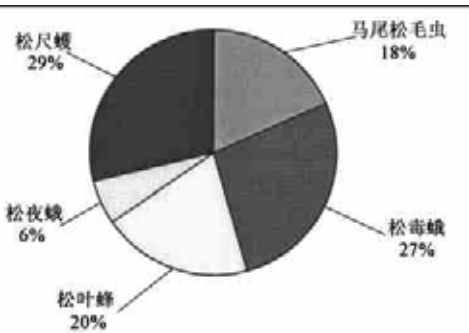


图3 偶灾区 5 种主要食叶害虫比例

### 2.4 各种食叶害虫动态

马尾松林主要的 5 种食叶害虫数量变化动态显示(图5)常灾区食叶害虫的种类少,主要是马尾松毛虫和松毒蛾,而这 2 种害虫有相互促进的关系,从而共同暴发成灾;而无灾区松毒蛾、松夜蛾和偶灾区的松叶蜂、松尺蠖也出现了小的高峰,但没有形成暴发。

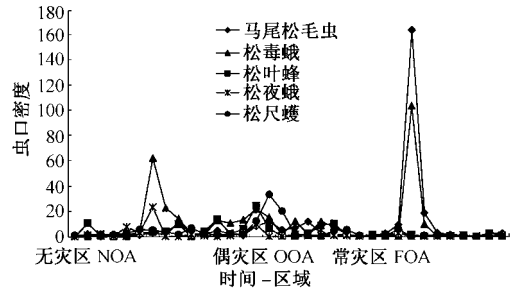


图5 5 种主要马尾松食叶害虫的数量变动

### 3 结论和讨论

对马尾松林食叶类群昆虫多样性、组成结构和动态变化规律的研究表明,无灾区各种食叶害虫的多样性较高,比例比较均匀,数量变动幅度较小;而常灾区多样性较低,数量波动大,以马尾松毛虫和松毒蛾为主,其它食叶害虫的比例都很小,偶灾区介于二者之间。非暴发期的多样性高可降低害虫的变动幅度。研究地点松毛虫暴发期与松毒蛾发生期基本一致,形成松毒蛾与松毛虫协同危害,而其它几种马尾松食叶害虫对松毛虫产生一定的抑制作用。该结果还说明在多样性和稳定性的关系中,不但要考虑种类数量的多样性,还要考虑种类之间的比例极其均匀性,从这个角度来看 Shannon-Wiener 多样性指数包含了这些因素,是一个较好的衡量指标。从害虫控制的角度来说,抵抗力稳定性是尤其重要的,松毛虫暴发过程中,无灾区和偶灾区的抵抗力稳定性较高,产生较小的波动;而常灾区虽然暴发后很快恢复,具有恢复力稳定性,但由于抵抗力稳定性较差,产生了松毛虫大幅度的波动,从而引起严重失叶,造成经济损失。

群落中物种之间的相互关系可分为水平相

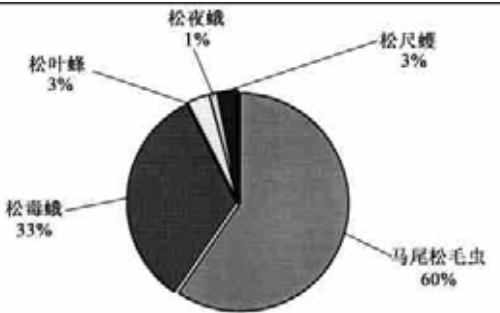


图4 常灾区 5 种主要食叶害虫的比例

表4 5 种食叶害虫密度间的相关关系

害虫种类 <sup>*</sup>	松毒蛾	松叶蜂	松夜蛾	松尺蠖
马尾松毛虫	0.82114 0.0001	-0.03963	-0.0800	-0.04899 0.7832
松毒蛾		0.15006 0.3969	0.39465 0.0209	0.03898 0.8268
松叶蜂			0.23250 0.1858	0.22666 0.1974
松夜蛾				0.10948 0.5377

\* 表中害虫种类 1 列中第 1 行数字为相关系数  $r$ , 第 2 行数字为错误概率  $P$ 。

互关系(horizontal interactions)和垂直相互关系(vertical interactions)。前者是指同一营养层次物种之间的相互关系,如植食昆虫之间的关系;后者是指不同营养层次之间的关系,如寄主-害虫-天敌之间的关系。Lawton和Stong、Stong等认为个体生态因子和垂直相互关系是决定食叶昆虫群落格局的主要因子,而水平相互关系作用很小或没有作用<sup>[16,17]</sup>。这种观点的基础是认为由资源限制引起的竞争在食叶昆虫群落的组织过程中很微弱或不存在。而Faeth对这种观点持不同意见<sup>[18]</sup>。他对栎树(*Quercus emoryi*)食叶害虫和潜叶害虫危害之间关系的研究表明,食叶害虫危害以后,树体的次生化学物质发生变化,引起潜叶害虫的存活率和天敌寄生率发生变化,依种类和危害程度不同,其相互关系可能是促进,也可能抑制。研究结果说明水平相互关系对食叶昆虫在群落中的分布及存活率和死亡率都有重要的作用。这种作用往往是微妙地通过间接引起寄主的形态、物候和化学变化,从而影响天敌。所以水平相互关系可能降低或增加害虫暴发的机会。该研究的结果进一步说明了这一点。松毛虫与松毒蛾之间是相互促进的关系,二者同时出现会增加其暴发的机会和危害的程度,而其它几种食叶害虫与松毛虫是抑制的关系,它们的出现增加了多样性,能降低马尾松毛虫发生的机会和危害的程度。

对各类群多样性与松毛虫口密度、各类群多样性指数与总群落指数的相关性分析结果表明食叶类群的多样性在抑制松毛虫和增加整个群落的多样性和稳定性起着最重要的作用<sup>[14]</sup>。结合从以上分析说明水平相互作用与垂直相互作用是相辅相成的关系,不能将其相互孤立地看,水平相互作用要通过垂直相互作用才能实现,而垂直相互作用又受水平相互作用的影响。以往的研究更多地注重于天敌对目标害虫的控制作用,从本研究的结果来看,同一营养层次之间的作用也是很重要的,一方面可以在食物等方面与目标害虫竞争,另一方面也有利于天敌的多样化及并联结构的增加,从而增加系统的稳定性。

在松毛虫的生物防治中,采取大量释放天敌的方法,往往只在当代起作用,如赤眼蜂,达不到持续控制的效果,如何采取措施增加食叶类群的多样性,不但可以通过竞争抑制松毛虫,还有利于增加天敌和整个群落的多样性,是松毛虫持续控制的研究方向。

研究表明松毛虫与松毒蛾有协同发生的关系,而其它几种食叶害虫有微弱的抑制关系,产生这种关系的机制是什么?在安徽对马尾松主要害虫与天敌种间相互关系的研究<sup>[19]</sup>和对广西马尾松毛虫食物链的研究<sup>[12]</sup>都说明了松毛虫与松毒蛾、松夜蛾都有很多共同的天敌,生活史也有一定程度的错开,为什么有的是协同关系,有的是抑制关系?单单从天敌还很难解释,应从各个种类的时空生态位、营养生态位、同功能群内天敌的作用、各种害虫取食的诱导效应及其对其它害虫的影响等方面进行深入研究;还应对植物群落组成结构与松林食叶类群及整个节肢动物群落组成结构之间的关系进行更加深入研究,以便通过建立稳定的群落结构,对松毛虫进行生态管理,达到持续控灾的目的。

#### 参 考 文 献

- 1 MacArthur R. *Ecology*, 1955, **36**: 533 ~ 537.
- 2 Elton C. S. *The Ecology of Invasions by Animals and Plant*. London: Chapman and Hall, 1958. 145 ~ 153.
- 3 Briand F. *Ecology*, 1983, **64**: 253 ~ 263.
- 4 Hairston N. G., Allan J. D., Colwell R. K. *Ecology*, 1968, **49**: 1 091 ~ 1 101.
- 5 Gardner M. R., Ashby W. R. *Nature*, 1970, **228**: 784.
- 6 May R. M. *Nature*, 1972, **238**: 412 ~ 414.
- 7 任立宗,陈昌洁主编.松毛虫综合管理.第6章.北京:中国林业出版社,1990,119 ~ 124.
- 8 任立宗,王淑芬.林业科学研究,1988, **1**(4): 397 ~ 403.
- 9 高宝嘉,张执中,李镇宇.生态学报,1992, **12**(1): 1 ~ 6.
- 10 高宝嘉,张执中,李镇宇.北京林业大学学报,1992, **14**(2): 46 ~ 53.
- 11 王淑芬,雷光春.中南学院学报,1986, **6**(1): 1 ~ 11.
- 12 黄荫规.广西林业科学,1994, **2**: 55 ~ 64.
- 13 李天生,周国法,汪国华,于中南,华正媛.生物多样性,1998, **6**(3): 161 ~ 165.
- 14 张真,吴东亮,王淑芬.林业科学,1998, **34**(1): 65 ~ 72.
- 15 Pielou E. C. (著),卢泽愚(译).数学生态学引论.北京:科学出版社,1978.
- 16 Lawton J. H., Strong D. R., Jr. *Am. Nat.*, 1981, **118**, 317 ~ 333.
- 17 Strong D. R. Jr., Lawton J. H., Southwood R. Blackwell, Oxford, 1984.
- 18 Faeth S. H. In: Barbosa P., Schultz J. (eds.), *Insect Outbreak*. New York: Academic Press, 1987.
- 19 查光济.林业科学研究,1988, **1**(6): 641 ~ 649.