

不同林龄马尾松冠层节肢动物群落组成和结构

武海卫^{1,2}, 骆有庆^{1,*}, 石 娟¹, 严晓素³, 陈卫平³, 蒋 平³

(1. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 广东省林业科学研究院, 广州 510520;
3. 浙江省林业有害生物防治检疫局, 杭州 310020)

摘要: 自 2006 年 5 月至 9 月, 采用枝条套袋取样技术对浙江省舟山市松材线虫病疫区内马尾松 *Pinus massoniana* 幼龄林和老龄林冠层节肢动物群落的组成和时空结构进行了研究, 结果表明: 幼树上冠层节肢动物的物种数显著高于老龄树, 但老龄树冠层的节肢动物个体数量显著高于幼树。马尾松幼树的主要种类有松墨天牛 *Monochamus alternatus* Hope、松大蚜 *Cinara pinitabulaeformis* Zhang et Zhang、微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* Hampson、纵坑切梢小蠹 *Tomicus piniperda* L.、松沫蝉 *Aphrophora flavipes* Uhler 等。老龄树的主要种类有松墨天牛、松大蚜、浙江黑松叶蜂 *Nesodiprion zhejiangensis* Zhou et Xiao、松叶小卷蛾 *Epinotia rubiginosana* (Herrich-Schäffer) 等。供调查的马尾松树上冠层节肢动物共有 13 目 49 科 98 种, 共计 4218 个个体。其中, 幼树 12 目 40 科 66 种, 共计 1584 个个体; 老龄树 12 目 39 科 74 种, 共计 2634 个个体。比较节肢动物在不同林龄马尾松冠层的时空结构表明, 幼树冠层结构更有利于节肢动物的栖居, 因此应加强对老龄树的抚育管理。

关键词: 松材线虫; 马尾松; 节肢动物; 群落

文章编号: 1000-0933(2009)02-0599-07 中图分类号: Q143, Q145, Q958 文献标识码: A

Composition and structure of canopy arthropods in young and old *Pinus massoniana* stands

WU Hai-Wei^{1,2}, LUO You-Qing^{1,*}, SHI Juan¹, YAN Xiao-Su³, CHEN Wei-Ping³, JIANG Ping³

1 The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, 100083, China

2 Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, China

3 Forest Pest Control and Quarantine Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou, Zhejiang 310020, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2): 0599 ~ 0605.

Abstract: From May to September 2004, the composition and structure of arthropods in the canopy of young and old stands of *Pinus massoniana* were studied in the epidemic region of *Bursaphelenchus xylophilus* located in Zhoushan city, Zhejiang Province. The technique of branch bagging was used. The results show that the number of arthropod species was significantly higher in the canopy of young stands than in that of old stands, but the actual number of arthropods was much higher in the canopy of the old stands. The major species in the canopy of young stands included *Monochamus alternatus* Hope, *Cinara pinitabulaeformis* Zhang et Zhang, *Dioryctria rubella* Hampson, *Tomicus piniperda* L., *Aphrophora flavipes* Uhler and others. In the canopy of old stands, the predominant species were *Monochamus alternatus* Hope and *Cinara pinitabulaeformis* Zhang et Zhang as well as *Nesodiprion zhejiangensis* Zhou et Xiao and *Epinotia rubiginosana* (Herrich-Schäffer), which, to a lesser extent, also occurred in the canopy of young stands. A total of 4218 arthropods, representing 98 species which belong to 49 families and 13 orders, was found in the samples, pooled from both the young and old stands. Of these, a total of 1584 arthropods, representing 66 species belonging to 40 families and 12 orders, was found in

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目(2009CB11920); 国家教育部创新团队资助项目(IRT0607)

收稿日期: 2007-08-24; **修订日期:** 2008-01-14

致谢: 北京林业大学李镇宇教授和中国林业科学院张培毅研究员对部分昆虫标本进行了鉴定; 加拿大湖首大学 Hazenberg Gerrit 博士对写作给予帮助, 特此致谢。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: youqingluo@126.com

the canopy of young stands and 2634 arthropods from 74 species belonging to 39 families and 12 orders were found in the old stands. The structure of the arthropod community in the canopy of both types of stands was also compared in spatial and temporal terms which showed that the structure of young trees was more suitable than that of old trees for harboring arthropods, which suggests that the tending of old trees should be strengthened.

Key Words: *Bursaphelenchus xylophilus*; *Pinus massoniana*; Arthropod; community

森林冠层具有大部分重要的生态功能(如光合作用、蒸腾作用以及对光照、水分、风和养分的拦截作用),从而可达到调控森林生态系统的环境条件和生物量积累的目的^[1,2]。节肢动物通过稳定初级生产量或者干扰森林进行自我管理,从而达到生产量最大这一目标,并且可以显著地改变林冠层的结构和功能,比如,较低的取食强度可以刺激营养周转从而加速树木生长;反之,如果昆虫对树木的枝叶取食过重,则会减缓树木的生长速度甚至导致树木的死亡以及林隙的形成^[3]。有关马尾松林节肢动物群落的研究已有很多^[4-6],但有关马尾松冠层特别是不同林龄的马尾松冠层节肢动物群落的组成和结构特点的探讨少有报道,本文以受松材线虫危害的不同林龄的马尾松为研究对象,探讨了不同林龄马尾松冠层的节肢动物群落的组成和结构特点,以期马尾松林松材线虫病综合治理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地设在浙江省舟山市定海区,舟山市处于浙江省滨海岛屿地带,属丘陵地貌,北亚热带南缘季风海洋型气候,常年气温较高,冬暖夏凉,热量较丰,年降水量多在 1500mm 左右,年相对湿度 > 80%。

该试验区是松材线虫病 *Bursaphelenchus xylophilus* 的老疫区,在 1997 年,主要的感病树种黑松 *Pinus thunbergii* 和马尾松 *Pinus massoniana* 感病后,对于较为严重的区域采取了皆伐的措施,而对于轻度受害区,采取择伐部分病死木的措施,之后未采取过任何除治措施。10 多年来,由于两树种具有极好的飞籽成林的特性,原有的林地上重新更新出新的马尾松和黑松幼林。而择伐后的感病林分虽有部分零星发病,但依然保存有较为完整的林相。本文在试验区分别设立了 4 块 30m × 30m 的标准地(2 块马尾松幼龄林和 2 块马尾松老龄林),于 2006 年 5 ~ 9 月,详细调查了各标准地内松树上节肢动物的种类和数量及林分因子。各标准地概况见表 1。

1.2 抽样调查方法

在 4 块标准地中,按棋盘式取样法选取马尾松各 30 株(光辉对面山 50 株)进行标记,自 2006 年 5 月至 9 月,每隔 30d 调查 1 次。每次先是非标记树上普查主要的节肢动物种类,然后在标记树上,每株树分东、西、南、北 4 个方位的上、中、下 3 个层次,先环绕一周目测 2min,检查在树冠上活动性大的节肢动物,然后在不同方位各选 50cm 长的 4 个枝条,人工上树捕虫网套枝取样,详细记载每个枝条上节肢动物的种类与数量,对于暂时不能鉴定的种类,捕获后用毒瓶毒死并编号,带回待鉴。

1.3 分析方法

1.3.1 节肢动物群落的多样性计算

香农-威纳多样性指数: $H = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\ln p_i)$; Simpson's 优势集中性指数: $C = \sum_{i=1}^S (p_i)^2$; 物种丰富度: $R = S / \ln(N)$; 式中, $p_i = N_i / N$, N_i 表示第 i 物种的个体数, N 表示所有物种的总个体数, S 为物种数。

1.3.2 节肢动物群落物种丰富度估计

节肢动物群落物种丰富度估计采用 Chao 1 指数^[7,8]。

1.3.3 数据分析

单因素方差分析采用 Microsoft excel 运算求得,全部节肢动物物种数和个体数量差异性比较采用 G -

test^[9]; Chao 1 指数和科尔曼累积曲线均采用 EstimateS 8.0 软件经 50 次随机化运算求得^[10]。

表 1 标准地概况

Table 1 General situation of sample plots

标准地号 No. of sample spots	林龄 Forest age	地理坐标 Geographic coordinate(°)	海拔 Altitude (m)	坡度 Slope gradient(°)	坡向 Slope direction(°)	坡位 Slope position	郁闭度 Crown density	林下植被 Forest understory vegetation
1	老龄树 Old trees	E 121.9951 N 30.1433	54.1	35	北坡 North	中坡 mid-hill slope	0.4	MQ + BL + DQ
2	老龄树 Old trees	E 121.9937 N 30.0710	86.2	30	北偏西 north by west 20	上坡 up-hill slope	0.53	MQ + BL + HJS
3	幼树 Young trees	E 122.0026 N 30.1253	61.8	25	北坡 North	下坡 slope foot	0	MQ + BL + JM
4	幼树 Young trees	E 122.1526 N 30.0465	38.5	22	南偏西 south by west 110	上坡 up-hill slope	0	MQ + JM

MQ: 芒萁; BL: 白栎; DQ: 冬青; HJS: 火炬树; JM 表示 榿木 MQ means *Dicranopteris dichotoma*; BL means *Quercus fabric*; DQ means *Ilex purpurea*; HJS means *Rhus typhina*; JM means *Loropetalum chinensies*

2 结果与分析

2.1 不同林龄马尾松冠层节肢动物群落的组成

单因素方差分析表明(表 2, 表 3), 幼树上冠层节肢动物的物种数显著高于老龄树($F^{**} = 7.18, F_{0.01}(1, 138) = 0.008$), 幼树冠层平均有(5.94 ± 2.80)种, 老龄树平均有(4.65 ± 2.83)种。但老龄树冠层的节肢动物个体数量显著高于幼树($F^{**} = 14.29, F_{0.01}(1, 138) = 0.002$), 老龄树平均有(43.9 ± 52.02)个个体, 而幼树平均有(19.85 ± 20.08)个个体。马尾松幼树的主要种类有松墨天牛 *Monochamus alternatus* Hope、松大蚜 *Cinara pinitabulaeformis* Zhang et Zhang、微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* Hampson、姬蝽属一种 *Nabis* sp.、纵坑切梢小蠹 *Tomicus piniperda* L.、松沫蝉 *Aphrophora flavipes* Uhler、柔弱菲蛛 *Phintella debilis* (Thorell)、绿腹新园蛛 *Neoscona mellottei* (Simon)等。老龄树的主要种类有松墨天牛、松大蚜、浙江黑松叶蜂 *Nesodiprion zhejiangensis* Zhou et Xiao、松叶小卷蛾 *Epinotia rubiginosana* (Herrich-Schäffer)、松艺夜蛾 *Hyssia adusta* Draud 等。可见, 不同林龄的马尾松冠层节肢动物的组成在物种数量和个体数量上均有一定的差异。

表 2 不同林龄马尾松个体冠层节肢动物物种组成的方差分析

Table 2 Variance analysis of the species composition in canopy of Masson pine in different forest ages

误差来源 Error source	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F-value	显著性 Significance
组间 Between groups	56.83393	1	56.83393	7.180091	0.008269
组内 Within groups	1092.338	138	7.915489		
总计 Total	1149.171	139			

表 3 不同林龄马尾松个体冠层节肢动物个体数量的方差分析

Table 3 The Variance analysis of the individuals composition in canopy of Masson pine in different forest ages

误差来源 Error source	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 F-value	显著性 Significance
组间 Between Groups	19830.94	1	19830.94	14.29163	0.000232
组内 Within Groups	191487.6	138	1387.591		
总计 Total	211318.5	139			

不同林龄马尾松冠层全部节肢动物群落的组成见表 4, 可以看出, 供调查的马尾松冠层节肢动物共有 13 目 49 科 98 种, 共计 4218 个个体。其中, 幼树 12 目 40 科 66 种, 共计 1584 个个体; 老龄树 12 目 39 科 74 种, 共计 2634 个个体。经 *G*-test 表明两者之间总的物种数量没有显著性差异($G = 0.457, P = 0.499$), 但是, 老龄

树冠层节肢动物总的个体数量显著高于幼林 ($G = 264.149, P = 0.000$)。科尔曼累积曲线也表明了这一特点 (图 1a, b), 相同的样本数量下, 老龄马尾松冠层节肢动物个体数量总大于幼林。经 50 次随机化运算估计老龄林冠层节肢动物共有 (108.32 ± 16.45) 种, 而幼龄林冠层共有 (86.25 ± 12.75) 种。从节肢动物优势类群上看, 幼龄和老龄马尾松冠层的优势类群同为鳞翅目、鞘翅目、同翅目和蜘蛛目。在马尾松幼龄林中, 该 4 个主要类群的累计物种数量达到总物种数量的 78.79%, 累计个体数量则达到了总个体数量的 84.09%; 而在老龄林中, 物种和个体累计数量则分别达到了 75.68% 和 95.98%。

表 4 不同林龄马尾松冠层节肢动物群落的组成

Table 4 The composition of canopy arthropods of Masson pine in different forest ages

目 Orders	幼树 Young trees			老龄树 Old trees		
	科数 NF	物种数 NS	个体数 NI	科数 NF	物种数 NS	个体数 NI
半翅目 Hemiptera	4	5	131	3	5	9
蜉蝣目 Ephemera	1	1	1	0	0	0
鳞翅目 Lepidoptera	8	11	125	8	14	105
脉翅目 Neuroptera	1	1	18	1	2	13
膜翅目 Hymenoptera	1	3	95	4	6	63
鞘翅目 Coleoptera	5	17	438	5	17	204
双翅目 Diptera	1	1	2	1	1	1
同翅目 Homoptera	7	7	608	4	6	2152
蜘蛛目 Araneida	8	17	161	9	19	67
直翅目 Orthoptera	1	1	1	1	1	9
螳螂目 Dictyoptera	1	1	3	1	1	9
竹节虫目 Phasmida	1	1	1	1	1	1
蜻蜓目 Odonata	0	0	0	1	1	1
合计 In total	40	66	1584	39	74	2634

NF: 科数 The number of families, NS: 物种数 The number of species, NI: 个体数 The number of individuals

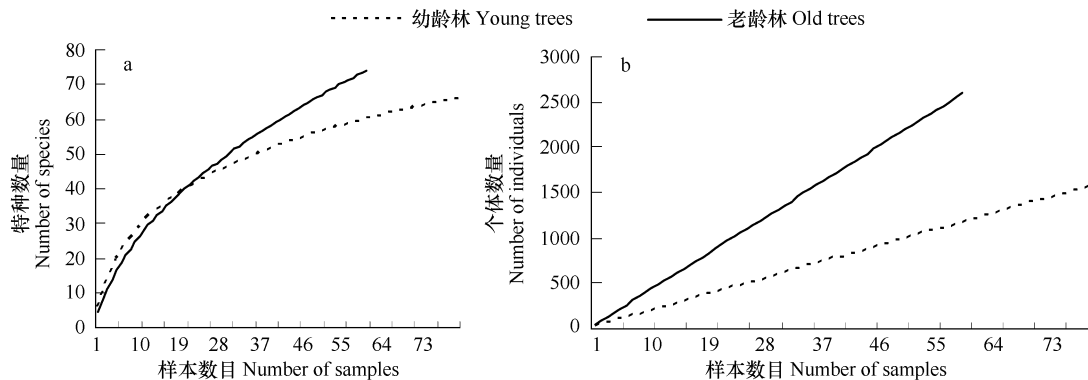


图 1 科尔曼累积曲线

Fig. 1 Coleman rarefaction curves

(a) 物种数量 Number of species; (b) 个体数量 Number of individuals

2.2 不同林龄马尾松冠层节肢动物群落的空间结构

2.2.1 不同林龄马尾松冠层节肢动物的垂直分布

由图 2 可以看出马尾松幼树冠层节肢动物的物种多样性指数、优势集中性指数和物种丰富度指数在垂直结构上波动不大。而老龄树的多样性指数却有相对较大的波动, 特别是上层的物种丰富度显著低于中层和下层。可见, 幼树冠层的节肢动物在垂直方向的分布较为平均, 而老龄树上冠层节肢动物则主要集中在树冠的中下层。从多样性指数的波动情况来看, 幼树冠层的多样性指数在 3 个层次上均高于老龄树, 而优势集中性

则均低于老龄树,可见,幼树冠层节肢动物有着相对较为合理的垂直结构。

2.2.2 不同林龄马尾松节肢动物在松树冠层的水平结构

由图3可以看出,在东、西、南、北4个方位上,幼树和老龄树冠层的节肢动物物种多样性指数和优势集中性指数的波动均比较平缓,而两者的物种丰富度指数均有较大的波动。在幼树冠层,节肢动物以栖居在东部和北部的居多,而老龄树上则以西部和南部的居多。这估计与节肢动物不同种类对光照的喜好不同有关,幼树的冠层相对较小,光线易于透射,故多数种类选择冠层比较荫凉的东部和北部,而老龄树的冠层较大,从而隐蔽较多,为适当的获取一定的光和热,多数种类则集中在光热较多的南部和西部。另外,幼树冠层的多样性指数在四个水平方向上均高于老龄树,而优势集中性则均低于老龄树,可见,幼树冠层节肢动物有着相对较为合理的水平结构。

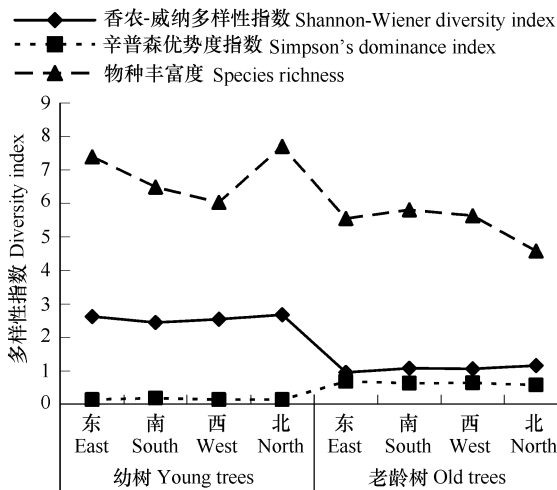


图3 不同林龄马尾松冠层节肢动物水平分布
Fig.3 The horizontal distribution of canopy arthropods of Masson pine in different forest ages

2.3 不同林龄马尾松冠层节肢动物群落的时序动态

不同林龄马尾松冠层节肢动物群落的时序动态见图4,从图可知,在调查期内,幼树冠层节肢动物的物种丰富度以9月份最高,6月份最低。而老龄树则自5月至9月份,物种丰富度持续增加。比较两者物种丰富度差异可见,幼树在5月和9月份均高于老龄树,而两者在6月~8月份相差不大。对于物种多样性,幼树在整个调查期多样性指数持续增加,而老龄树则表现出极大的波动性,在6月和8月份出现两个高峰。幼树冠层节肢动物的物种多样性在5月和7月份显著高于老龄树。从优势度指数的波动情况来看,幼树和老龄树表现出了较为一致的变化趋势,均在5月和7月份出现两个峰值,这与两者有着相似的优势种类有关。综合3个多样性指数的时间变化规律可以看出,老龄树上的节肢动物群落在5月和7月份都表现出物种多样性指数

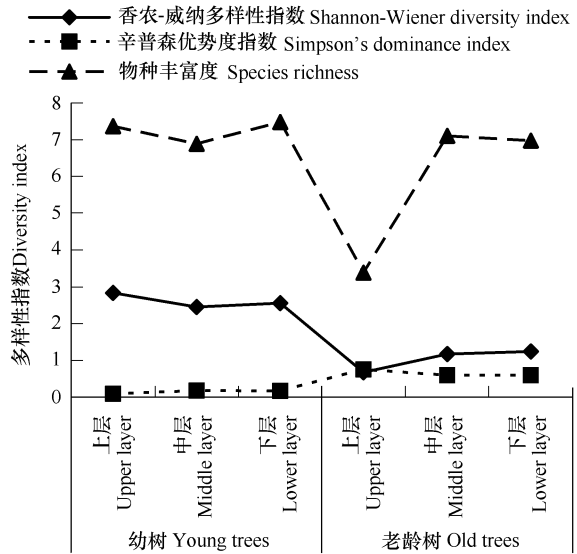


图2 不同林龄马尾松冠层节肢动物垂直分布
Fig.2 The vertical distribution of canopy arthropods of Masson pine in different forest ages

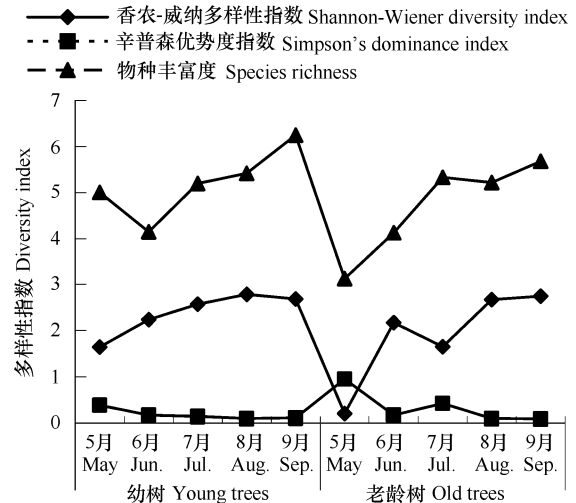


图4 不同林龄马尾松冠层节肢动物群落的时序动态
Fig.4 The temporal dynamic of canopy arthropods of Masson pine in different forest ages

较低而优势集中性较高的特点,所以,在这两个时期应注意监测优势物种特别是害虫种群的扩张,以防其对冠层针叶的取食过大致使松树失叶过多而造成树势衰弱,从而有利于次期性害虫的入侵。

3 讨论

3.1 理论上讲,老熟林的林木冠层在体积上有着相对较大的冠层,这可以为节肢动物类群提供更多的空间和生境,应聚集更多的节肢动物种类和个体,许多研究也验证了这一结论^[11~14]。但是,作者在调查中发现,幼树冠层节肢动物的物种数量却显著高于老龄树。Sterzynska 等和 Bankowska 分别对樟子松 *Pinus sylvestris* 上树栖蜘蛛和食蚜蝇类群的研究也有相同的结论。Thunes 等分析出现这种差异的原因与不同的林龄等级的划分有关,如其研究的樟子松林,老熟林的林龄有上百年,而其他的研究中的老熟林最多只有 100a。本文中幼树只有 9~12a,老龄树也不过 30 余年,林龄差距也相对较小。比较节肢动物在不同林龄马尾松冠层的时空结构表明,幼树冠层节肢动物在不同垂直高度、不同方位和不同的月份的多样性指数均高于老龄树,而优势集中性却较低,可见其冠层结构更有利于更多物种的栖居,结构较之老龄树相对合理。这估计与缺乏对老龄林的抚育管理有关。幼林因其自身的冠幅较小,故整个松林有足够的光热吸收,而马尾松老龄林常年无人管理,林内部分区域出现较大的林隙而部分区域则郁闭度极高,光热极不均衡从而影响了林内节肢动物的栖居。

3.2 从松材线虫病的侵染循环可以看出,携带松材线虫的松墨天牛通常选择树势衰弱的寄主树刻槽产卵^[17],次年衰弱木中羽化出的松墨天牛成虫在健康松树上补充营养的同时将松材线虫通过取食树皮所造成的伤口“接种”到健康的松树体中,健康松树被“接种”后一般当年或越年衰弱枯死,这又为松墨天牛提供了适宜的产卵场所,从而造成了松材线虫在林内的反复侵染。可见,林间的部分衰弱木是松材线虫在林间传播的“跳板”。造成树势衰弱的原因是多方面的,除光照、温度、水分和养分等气候和环境因子外,林木自身栖居的有害生物的为害也是一个主要的因子。丁玉洲等研究表明,松材线虫在我国的主要传播媒介松墨天牛的危害与树势衰弱有正相关的关系。而作者调查中发现,幼龄树和老龄树林中都有相当数量的松墨天牛。并且,可严重影响马尾松生长的害虫如松大蚜、微红梢斑螟、纵坑切梢小蠹、松沫蝉、浙江黑松叶蜂等是马尾松冠层的优势种类,目前虽未见有成灾,但在气候适宜的条件下,它们均有繁殖能力强的特点^[18~22],一旦暴发将对加速马尾松的衰弱有极大的促进作用。所以应加强对这些次要害虫的监测和预报,严防其种群迅速扩张后因大量取食而致使马尾松的树势衰弱。

3.3 以往的研究表明,相对于老龄树,马尾松幼树对于松材线虫病有较强的抗性^[23,24],但也有文献报道松墨天牛可以单独致死松树^[25,26]。本次调查虽未发现有感病致死的幼树,但林内相当数量的松墨天牛应引起高度重视。为防止松墨天牛的直接危害及松材线虫病的再度侵染,在松材线虫病疫区内,在马尾松幼树阶段就应对松墨天牛进行综合治理。

References:

- [1] Chen J, Franklin J F, Spies T A. Growing season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecol. Appl.*, 1995, 5(1): 74–86.
- [2] Lewis T. The effect of deforestation on ground surface temperatures. *Global and Planetary Change*, 1998, 18(1): 1–13.
- [3] Schowalter T D, Zhang Y L. Canopy arthropod assemblages in four overstory and three understory plant species in a mixed-conifer old-growth forest in California. *For. Sci.*, 2005, 51(3): 233–242.
- [4] Ren L Z, Wang S F. A study on the insect community and its structure of time and space in stands of *Pinus massoniana*. *Forest Research*, 1988, 1(4): 397–404.
- [5] Zhang Z, Wu D L, Wang S F. Diversity and relationships of defoliators in Masson pine *Pinus massoniana*. *Scientia Silvae Sinicae*, 1998, 34(1): 67–74.
- [6] Han B Y. Composition and diversity of Arthropod community in Masson Pine stands. *Biodiversity Science*, 2001, 9(1): 64–69.
- [7] Chao A. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 1984, 11(4): 265–270.
- [8] Colwell R K, Coddington J A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)*, 1994, 345(1311): 101–118.

- [9] Zar J H. Biostatistical Analysis, 4th edn. . New Jersey, USA: Prentice-Hall. Inc, 1999.461 — 483.
- [10] Colwell R K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. 0. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>, 2005.
- [11] Hooper R G. Arthropod biomass in winter and the age of longleaf pines. For. Ecol. Manage, 1996,82(1): 115 — 131.
- [12] Martikainen P, Siitonen J, Punttila P, et al. Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. Biol. Conserv. , 2000, 94(2): 199 — 209.
- [13] Sippola A L, Siitonen J, Punttila P. Beetle diversity in timberline forests; a comparison between oldgrowth and regeneration areas in Finnish Lapland. Ann. Zool. Fenn. , 2002, 39(1): 69 — 86.
- [14] Thunes K H, Skarveit J, Gjerde I. The canopy arthropods of old and mature pine *Pinus sylvestris* in Norway. Ecography, 2003, 26(4): 490 — 502.
- [15] Sterzynska M, Slepowerski A. Spiders (Araneí) of tree canopies in Polish pine forests. Fragmenta Faunistica, 1994, 36(19): 485 — 499.
- [16] Bankowska R. Diversification of Syrphidae (Diptera) fauna in the canopy of Polish pine forests in relation to forest stand age and forest health zones. Fragmenta Faunistica, 1994, 36(19): 469 — 484.
- [17] Ding Y Z, Lu C h, Han B, et al. Relationship between growth potential of pine, population density of *Monochamus alternatus* and pathogenicity of *Bursaphelenchus xylophilus*. J. Appl. Ecol. , 2001, 12(3): 351 — 354.
- [18] Zhao F Z. Aphrophora flavipes Uhler. In: Xiao G R ed. Forest Insects in China(second edition). Beijing: China Forestry Publishing House, 1992. 173.
- [19] Fan Z M. *Cinara pinitabulaeformis* Zhang et Zhang. In: Xiao G R ed. Forest Insects in China(second edition). Beijing: China Forestry Publishing House, 1992. 198 — 199.
- [20] Gao C Q, Liu Y L. *Tomicus piniperda* Linnaeus. In: Xiao G R ed. Forest Insects in China(second edition). Beijing: China Forestry Publishing House, 1992. 637 — 639.
- [21] Tian H D, Zhao C R. *Dioryctria rubella* Hampson. In: Xiao G R ed. Forest Insects in China(second edition). Beijing: China Forestry Publishing House, 1992. 869 — 871.
- [22] Wu Y Z. *Nesodiprion zhejiangensis* Zhou et Xiao. In: Xiao G R ed. Forest Insects in China(second edition). Beijing: China Forestry Publishing House, 1992. 1180 — 1181.
- [23] Xu F Y, Xi K, Xu G, et al. Study on the resistances of various year classes of *Pinus massoniana* to pine wood nematode(PWN). Journal of Nanjing Forestry University, 1994, 9(3): 27 — 33.
- [24] Chai X M, Jiang P, Cui P C, et al. Studies on Maturation Feeding Habit of *Monochamus alternatus* Hope. Jour. of Zhejiang for. Sci. & Tech. , 2001, 21(1): 9 — 12.
- [25] Lai Y X, Zhang S Y, Huang H Z, et al. *Monochamus alternatus* withered pine. Journal of Zhejiang Forestry College, 1996, 13(1): 75 — 81.
- [26] Zhang H F, Chen S L, Zhu J H, et al. Effect of *Monochamus alternatus* on the Composition of Chemical Materials In Needles of *Pinus massoniana*. Journal of Fujian College of Forestry, 2004, 24(1): 28 — 31.

参考文献:

- [4] 任立宗,王淑芬. 马尾松林昆虫群落及其时空结构的研究. 林业科学研究, 1988, 1(4), 397 ~ 404.
- [5] 张真, 吴东亮, 王淑芬. 马尾松林昆虫群落动态及稳定性研究. 林业科学, 1998, 34(1): 67 ~ 74.
- [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): 64 ~ 69.
- [17] 丁玉洲, 吕传海, 韩斌, 等. 树木生长势与松墨天牛种群密度及松材线虫发病程度关系. 应用生态学报. 2001, 12(3): 351 ~ 354.
- [18] 赵方柱. 松沫蝉. 见: 萧刚柔主编. 中国森林昆虫(第2版). 北京: 中国林业出版社, 1992. 173.
- [19] 范忠民. 松大蚜. 见: 萧刚柔主编. 中国森林昆虫(第2版). 北京: 中国林业出版社, 1992. 198 ~ 199.
- [20] 高长启, 刘亚兰. 纵坑切梢小蠹. 见: 萧刚柔主编. 中国森林昆虫(第2版). 北京: 中国林业出版社, 1992. 637 ~ 639.
- [21] 田恒德, 赵长润. 微红梢斑螟. 见: 萧刚柔主编. 中国森林昆虫(第2版). 北京: 中国林业出版社, 1992. 869 ~ 871.
- [22] 吴友真. 浙江黑松叶峰. 见: 萧刚柔主编. 中国森林昆虫(第2版). 北京: 中国林业出版社, 1992. 1180 ~ 1181.
- [23] 徐福元, 席客, 徐刚, 等. 不同龄级马尾松对松材线虫病抗性的探讨. 南京林业大学学报, 1994, 9(3): 27 ~ 33.
- [24] 柴希民, 蒋平, 崔鹏程, 等. 松褐天牛成虫补充营养特性研究. 浙江林业科技, 2001, 21(1): 9 ~ 12.
- [25] 来燕学, 张世渊, 黄华正, 等. 松墨天牛在松树枯萎中的作用. 浙江林学院学报, 1996, 13(1): 75 ~ 81.
- [26] 张华峰, 陈顺立, 朱建华, 等. 松墨天牛为害对马尾松针叶化学成分的影响. 福建林学院学报, 2004, 24(1): 28 ~ 31.