

思茅松林的树木多样性与主要害虫发生的关系

闫争亮, 刘云彩, 胡光辉, 刘永刚, 孟 梦

(云南省林业科学院, 云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室/云南省森林植物繁育和开发利用重点实验室, 云南 昆明 650204)

摘要: 对思茅松 *Pinus kesiya* var. *langbianensis* 人工林的不同混交配置模式的树木多样性及其与思茅松主要害虫的发生程度之间的关系进行了连续 2 a 的研究(2009 年和 2010 年)。思茅松与红木荷 *Schima wallichii*, 西南桦 *Betula alnoides* 或高阿丁枫 *Altingia chinensis* 的混交林以及栽松留阔思茅松人工林的多样性指数(Shannon 指数)显著高于思茅松纯林, 但林地的均匀度指数(Pielou 指数)并不和多样性指数的变化一致。思茅松主要害虫思茅松毛虫 *Dendrolimus kikuchii*, 微红梢斑螟 *Dioryctria rubella*, 松实小卷蛾 *Retinia crstata* 的危害情况随林地树木多样性指数的增加而降低。在思茅区清水河乔林层中, 思茅松毛虫 [$y = -29.929x + 70.61$, $R^2 = 0.9667$ (2010 年); $y = -14.578x + 34.213$, $R^2 = 0.9749$ (2009 年)], 微红梢斑螟 [$y = -8.873x + 20.627$, $R^2 = 0.9946$ (2009 年); $y = -8.653x + 20.215$, $R^2 = 0.9351$ (2010 年)]的受害率与乔木层的 Shannon 指数呈现更好的线性关系, 而松实小卷蛾的受害率则与灌木层的 Shannon 指数呈较好线性关系 [$y = -5.6727x + 14.964$, $R^2 = 0.8358$ (2009 年); $y = -4.476x + 12.27$, $R^2 = 0.8381$ (2010 年)。在景谷文朗, 思茅松毛虫 [$y = -55.454x + 135.16$, $R^2 = 0.9541$ (2009 年)]和微红梢斑螟 [$y = -23.895x + 57.907$, $R^2 = 0.9831$ (2009 年)]的受害率与乔木层的 Shannon 指数同样呈现较好的线性关系。图 5 表 3 参 8

关键词: 森林保护学; 思茅松; 树木多样性; 害虫发生程度

中图分类号: S763 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2012)02-0226-06

Primary insect pest occurrence and tree diversity in stands of *Pinus kesiya* var. *langbianensis*

YAN Zheng-liang, LIU Yun-cai, HU Guang-hui, LIU Yong-gang, MENG Meng

(Yunnan Key Laboratory of Forest Plant Cultivation and Utilization/Yunnan Laboratory for Conservation of Rare, Endangered and Endemic Forest Plants, Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan, China)

Abstract: In order to understand the impact of increasing woodland plant diversity on degrees of insect pest occurrence, plant diversities of different deposition models for *Pinus kesiya* var. *langbianensis* plantations and the occurrence degrees of the three primary pests: *Dendrolimus kikuchii*, *Retinia cristata* and *Dioryctria rubella* were investigated from 2009 to 2010 in Simao County and Jinggu County, Yunnan Province. Plant diversities in different plantations were denoted by Shannon index, and the species evenness were denoted by Pielou index. Insect occurrence degree were denoted by percentage of insect-infesting trees. Results showed that the Shannon index for mixed stands of *P. kesiya* var. *langbianensis* versus *Schima wallichii*, *Betula alnoides*, *Altingia chinensis*, or stands of pine mixed with hardwoods was higher than monoculture pine stands. However, tree stands of higher Shannon index dose not necessarily have a higher Pielou indices. The occurrence degrees of the three main insect pests decreased with the increased of Shannon indices. In Qingshuihe of Simao County, the occurrence degree of *Dendrolimus kikuchii* ($y = -29.929x + 70.61$, $R^2 = 0.9667$; $y = -14.578x + 34.213$, $R^2 = 0.9749$) and *Dioryctria rubella* ($y = -8.8727x + 20.627$, $R^2 = 0.9946$; $y = -8.6529x + 20.215$,

收稿日期: 2011-05-21; 修回日期: 2011-08-03

基金项目: 国家林业局公益性行业科研专项(200704021)

作者简介: 闫争亮, 副研究员, 博士, 从事化学生态学和森林害虫综合治理研究。E-mail: yan_zhengliang@126.com

$R^2 = 0.935$ 1) showed good linear relationship with the Shannon indices of tree layer, whereas that of *Retinia crstata* showed good linear relationship with the Shannon indices of shrub layer. ($y = -5.672\ 7x + 14.964$, $R^2 = 0.835\ 8$; $y = -4.4756x + 12.27$, $R^2 = 0.838\ 1$). In Wenlang of Jinggu County, there were also good linear relationship between occurrence degree of *Dendrolimus kikuchii* ($y = -55.454x + 135.16$, $R^2 = 0.954\ 1$) or *Dioryctria rubella* ($y = -23.895x + 57.907$, $R^2 = 0.983\ 1$) with Shannon index of tree layer. Appropriately increasing tree species diversity in plantations can reduce the incidence of insect pests. [Ch, 5 fig. 3 tab. 8 ref.]

Key words: forest protection; *Pinus kesiya* var. *langbianensis*; tree diversity; pest occurrence degree

思茅松 *Pinus kesiya* var. *langbianensis* 是云南省主要的速生用材及采脂树种之一。思茅松的主要害虫有思茅松毛虫 *Dendrolimus kikuchii*, 松实小卷蛾 *Retinia crstata*, 微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* 等。思茅松毛虫以幼虫形态取食思茅松的针叶, 往往将叶食尽; 松实小卷蛾和微红梢斑螟为钻蛀性害虫, 以幼虫虫态危害思茅松的主枝和侧枝, 造成变曲、分叉、丛枝、枯梢。这 3 种害虫的危害, 严重影响林木生长, 降低松脂产量, 甚至造成林木的死亡, 是思茅松人工林发展的最大障碍之一^[1]。提高人工林的生物多样性, 可形成对不同种类害虫的食物阻隔, 可造成不同植食性昆虫对空间和食物资源的竞争, 可增加天敌种类的多样性, 从而限制每一种昆虫的扩张, 使各种害虫受到不同程度的抑制^[2]。在思茅松栽培中, 思茅松与阔叶树种混交^[3]或栽培思茅松的同时有意识地保留阔叶树种^[4], 有利于减少微红梢斑螟的危害。本研究对思茅松人工林的植物多样性与主要害虫发生程度的关系进行了研究。

1 自然概况和研究方法

1.1 自然概况

研究地区分别位于云南省普洱市思茅区的清水河和景谷县文朗林场。思茅区清水河位于 22°41'N, 107°51'E, 海拔为 1 104~1 446 m。该地区属亚热带高原季风气候, 年平均气温为 17.9℃, 平均初霜期 12 月 20 日, 终霜期 1 月 30 日。年平均降水日数为 150 d, 年平均降水量为 1 547.6 mm, 相对湿度 85%。雨季一般在 5 月下旬至 10 月下旬, 11 月至翌年 4 月为干季。年平均日照时数为 1 913 h。于 2000 年, 营造了思茅松人工纯林和思茅松与高阿丁枫 *Altingia chinensis*, 红木荷 *Schima wallichii* 及西南桦 *Betula alnoides* 的混交林。

景谷县文朗林场属位于 23°29'N, 100°29'E, 海拔为 1 630~1 690 m。属哀牢山以西低纬度山地季风气候, 年均气温为 20.1℃, 最冷月(1 月)平均气温 13.0℃, 最热月(6 月)平均气温 24.6℃, 年降水量为 1 354 mm, 相对湿度 78%。在 2002 年, 选择 2001 年定植的思茅松人工林, 进行了栽松留阔试验, 在抚育时有目的地留下阔叶乔木和灌木而清除杂草, 或者留下阔叶乔木而清除灌木和杂草, 其后每年 8 月和 12 月定期抚育。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 在思茅区的清水河, 设置思茅松纯林、思茅松分别与西南桦、高阿丁枫、红木荷混交林的样地各 1 个。根据本研究调查的面积要求, 各个样地面积取 20 m × 20 m。在景谷县文朗, 设置 2002 年和 2006 年定植的思茅松纯林样地各 1 个, 选择清除杂草留下阔叶乔木和灌木、清除杂草和灌木只留阔叶乔木的栽松留阔样地各 1 个。

1.2.2 植物多样性研究方法 在进行样地中的植物多样性调查时, 分别统计乔、灌木(思茅松以及各种阔叶树种)的数量。在样地内记录高度大于 1 m 的乔、灌木种类以及个体数, 如果树高大于 2 m, 记录为乔木, 树高为 1~2 m, 记录为灌木; 对于草本植物, 则只记录种类。在思茅松纯林, 栽松留阔林, 思茅松与西南桦、高阿丁枫、红木荷的混交林的样地中, 随机选择思茅松和阔叶树各 10 株, 量取其树高和胸径。植物多样性指数以 Shannon 指数表示: $H = -\sum P_i \ln P_i$, 其中, P_i 为第 i 物种个体数占群落个体总数的比例; 均匀度指数以 Pielou 指数表示: $E = H/\ln S$, 其中, H 为 Shannon 指数, S 为群落物种数。

1.2.3 主要害虫的调查与统计 于 2009 年 4 月和 2010 年 4 月, 在选择的思茅松纯林、栽松留阔林及混交林中, 各随机选取 33 株思茅松, 调查主要害虫的发生情况。调查期间, 微红梢斑螟、松实小卷蛾和思茅松毛虫正处于幼虫和蛹期。根据思茅松新变枯黄的主梢数统计微红梢斑螟的个体数, 根据新枯黄的

侧枝数统计松实小卷蛾的个体数；对于思茅松毛虫，则直接统计观察到的思茅松毛虫幼虫和虫茧的个体数。根据调查数据，统计各种害虫的有虫株率。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 软件对数据进行处理和绘图。

2 结果与分析

2.1 调查样地的植被情况

在思茅区清水河的思茅松人工林中，主要的阔叶乔木树种有红椎 *Fagus hayatae*，密花树 *Rapanea neriifolia*，红木荷，红皮水锦树 *Wendlandia tinctoria*，毛黄杞 *Engelhardtia* sp.，银柴 *Aporosa dioica*，岗桉 *Eurya groffzi*，柴龙 *Apodytes* sp.，短刺栲 *Castanopsis echidnecarpa*，尖叶算盘子 *Glochidion triandrum*，乌饭树 *Vaccinium bracteatum* 等；主要的灌木有葛藤 *Pueraria lobata*，红椎，岗桉 *Eurya groffzi*，红木荷，中平树 *Macaranga deheiculata*，奇叶榕 *Ficus heterophylla*，小叶干花豆 *Fordia microphyllas* 等。

在景谷文朗思茅松人工林中乔木层树种主要有红木荷 *Schima wallichii*，密花树，木姜子 *Litsea* sp.，酸藤子 *Rmbelia* sp.，红皮水锦树，多花野牡丹 *Melastoma affine*，红楣 *Anneslea fragrans*，山樱花 *Prunus serrulata*，尖叶算盘子，短刺栲等；灌木层主要有密花树，南烛 *Vaccinium bracteatum*，短刺栲，红木荷，岗桉，乌饭树，酸藤子，黄檀 *Dalbergia* sp.等。

普洱市思茅区清水河思茅松样地的基本情况如表 1 所示。

2.2 树木多样性分析

无论是栽松留阔模式，还是思茅松与其他树种混交模式，都比相应的思茅松纯林的生物多样性指数高(表 2)。在思茅清水河 2000 年营造的思茅松纯林和混交林，纯林的 Shannon 指数为 2.174 1，而思茅松与红木荷、高阿丁枫和西南桦的混交林的 Shannon 指数分别为 2.534 0，2.590 4 和 2.546 8；纯林乔木层的 Shannon 指数为 1.854 7，而思茅松与红木荷、高阿丁枫和西南桦的混交林内的乔木层的 Shannon 指数分别为 2.153 4，2.254 1 和 2.231 0；但乔木层的 Shannon 指数均比灌木层大。在

景谷文朗林场，2002 年和 2006 年的纯林的 Shannon 指数分别为 2.487 8 和 2.646 7，而 2002 年和 2005 年栽松留阔思茅松林的 Shannon 指数分别为 2.946 7 和 2.772 3；以上样地乔木层的 Shannon 指数分别为 1.774 6，1.948 6，2.312 6，2.130 7。与清水河相反，景谷文朗各样地中乔木层的 Shannon 指数小于灌木层。

在 Shannon 指数较大的情况下，Pielou 指数不一定高。如在思茅清水河，思茅松和红木荷混交林比思茅松与高阿丁枫的 Shannon 指数小，但 Pielou 指数则较大。思茅松纯林的乔木层比灌木层的 Shannon 指数大，而其 Pielou 指数正好相反。在景谷文朗，2005 年的栽松留阔思茅松的乔木层比 2006 年的思茅松纯林的乔木层的 Shannon 指数大，而其 Pielou 指数比纯林的 Pielou 指数低；2002 年定植的思茅松纯林与栽松留阔林相比，灌木层前者的 Shannon 指数较小，而后者灌木层的 Pielou 指数较小。

2.3 树木多样性与思茅松主要害虫发生的关系

在思茅清水河的思茅松人工林样地中，主要害虫是思茅松毛虫、松实小卷蛾和微红梢斑螟；在景谷文朗林场，有思茅松毛虫和微红梢斑螟，而未发现松实小卷蛾危害。2009 年 4 月对清水河和文朗两地的样地中害虫危害的情况进行了调查。结果显示，害虫的危害程度与不同配置模式的思茅松人工林中灌木层的 Shannon 指数(植物多样性)的相关性较差，而与乔木层的 Shannon 指数具有较好的相关性。但随

表 1 思茅清水河思茅松样地基本情况 (2009 年 4 月)

Table 1 Basic status of study plotes in Qingshuihe, Simao (April, 2009)

样地类型	立木株数/株	平均树高/m	平均胸径/cm
思茅松纯林	168	7.94 ± 0.53	11.86 ± 0.89
思茅松 + 红木荷(2:1)	112	8.48 ± 0.89	11.84 ± 3.53
思茅松 + 高阿丁枫(2:1)	56	4.38 ± 0.76	3.19 ± 0.86
思茅松 + 西南桦(2:1)	112	9.54 ± 0.84	13.46 ± 2.57
思茅松 + 高阿丁枫(2:1)	56	6.70 ± 0.37	4.15 ± 0.68
思茅松 + 西南桦(2:1)	112	8.88 ± 0.91	13.77 ± 2.34
思茅松 + 西南桦(2:1)	56	6.70 ± 0.52	3.98 ± 0.70

表 2 思茅松不同配置模式树木多样性比较

Table 2 Comparison of tree diversity of different deposition model of *Pinus. kesiya* var. *langbianensis* stands

调查地点	配置模式	Shannon 指数	Pielou 指数
思茅松纯林	乔木+灌木	2.1741	0.767 4
	乔木层	1.8547	0.773 5
	灌木层	1.4105	0.787 2
	乔木+灌木	2.534 0	0.860 6
	乔木层	2.153 4	0.898 0
	灌木层	1.892 5	0.902 3
	乔木层	2.590 4	0.796 8
	乔木+灌木	2.254 1	0.832 4
	灌木层	2.008 3	0.941 0
思茅松 + 红木荷(2 : 1)	乔木层	2.546 8	0.756 3
	乔木+灌木	2.231 0	0.823 8
	灌木层	1.715 4	0.650 0
	乔木层	2.646 7	0.803 0
	乔木+灌木	1.948 6	0.757 9
	灌木层	2.405 1	0.888 1
	乔木+灌木	2.772 3	0.831 9
	乔木层	2.130 7	0.723 6
	灌木层	2.205 0	0.835 5
思茅松+西南桦(2 : 1)	乔木+灌木	2.487 8	0.860 7
	乔木层	1.774 6	0.809 5
	灌木层	2.044 5	0.930 5
	乔木+灌木	2.946 7	0.902 4
	乔木层	2.312 6	0.854 1
	灌木层	2.511 7	0.921 5
	乔木+灌木	2.772 3	0.831 9
	乔木层	2.130 7	0.723 6
	灌木层	2.205 0	0.835 5
思茅松纯林(2006 年定植)	乔木+灌木	2.487 8	0.860 7
	乔木层	1.774 6	0.809 5
	灌木层	2.044 5	0.930 5
	乔木+灌木	2.946 7	0.902 4
	乔木层	2.312 6	0.854 1
	灌木层	2.511 7	0.921 5
	乔木+灌木	2.772 3	0.831 9
	乔木层	2.130 7	0.723 6
	灌木层	2.205 0	0.835 5
栽松留阔(2005 年定植)	乔木+灌木	2.487 8	0.860 7
	乔木层	1.774 6	0.809 5
	灌木层	2.044 5	0.930 5
	乔木+灌木	2.946 7	0.902 4
	乔木层	2.312 6	0.854 1
	灌木层	2.511 7	0.921 5
	乔木+灌木	2.772 3	0.831 9
	乔木层	2.130 7	0.723 6
	灌木层	2.205 0	0.835 5
栽松留阔(2002 年定植)	乔木+灌木	2.487 8	0.860 7
	乔木层	1.774 6	0.809 5
	灌木层	2.044 5	0.930 5
	乔木+灌木	2.946 7	0.902 4
	乔木层	2.312 6	0.854 1
	灌木层	2.511 7	0.921 5
	乔木+灌木	2.772 3	0.831 9
	乔木层	2.130 7	0.723 6
	灌木层	2.205 0	0.835 5

着思茅松人工林乔木层的 Shannon 指数的增加，思茅松毛虫和微红梢斑螟的受害率减小(图 1~4)。

随着样地中 Shannon 指数的增加，松实小卷蛾的受害率呈现下降趋势，但受害率与 Shannon 指数的线性关系较差(图 5)。

为了进一步验证 2009 年的试验结果，在 2010 年 4 月继续对位于思茅区清水河的思茅松纯林、混交林中思茅松毛虫、微红梢斑螟和松实小卷蛾的发生情况进行了调查。采用同样的方法，进行了样地中 Shannon 指数与害虫受害率的线性关系分析。结果发现(表 3)，虽然 2010 年度思茅松毛虫、微红梢斑螟和松实小卷蛾的受害率与 2009 年度略有差别，但思茅松林中的乔木层 Shannon 指数与害虫发生程度具有较好的正相关性(表 3)。

2 讨论

相对于灌木层，思茅松毛虫和微红梢斑螟的发生程度与乔木层的 Shannon 指数具有更显著相关性。

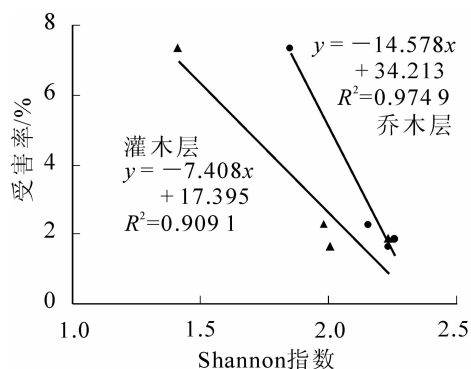


图 1 思茅松毛虫发生程度与植物多样性的线性关系(2009 年 4 月, 思茅清水河)

Figure 1 Linear relationships between occurrence degrees of *Dendrolimus kikuchii* with plant diversity (April 2009, Qingshuihe, Simao)

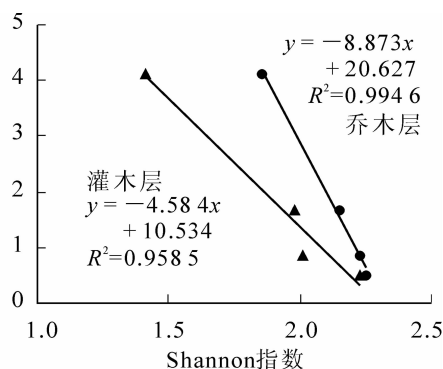


图 2 微红梢斑螟发生程度与植物多样性的线性关系(2009 年 4 月, 思茅清水河)

Figure 2 Linear relationships between occurrence degrees of *Dioryctria rubella* with plant diversity (April 2009, Qingshuihe, Simao)

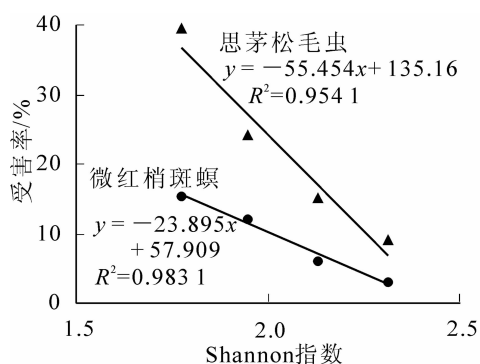


图 3 思茅松毛虫和微红梢斑螟发生程度与乔木层植物多样性的线性关系(2009 年 4 月, 景谷文朗)

Figure 3 Linear relationships between occurrence degrees of *Dendrolimus kikuchii* and *Dioryctria rubella* with plant diversity of tree layer (April 2009, Wenlang, Jinggu)

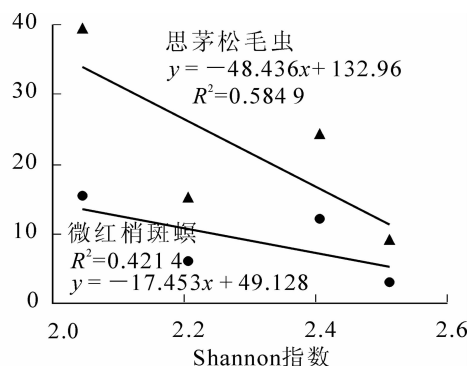


图 4 思茅松毛虫和微红梢斑螟发生程度与灌木层植物多样性的线性关系(2009 年 4 月, 景谷文朗)

Figure 4 Linear relationships between occurrence degrees of *Dendrolimus kikuchii* and *Dioryctria rubella* with plant diversity of shrub layer (April 2009, Wenlang, Jinggu)

Shannon 指数指数较小的情况下, 无论是食叶的思茅松毛虫还是蛀食性的微红梢斑螟, 都有较大程度的发生; 而 Shannon 指数增加, 意味着乔木层的植物多样性增加, 可减少这些害虫的危害。植物多样性的增加, 形成了对主要害虫的食物阻隔, 从而减少了害虫的危害。害虫通过探测寄主释放的挥发性物质, 从而找到适合其取食、产卵、繁衍的寄主树木。马尾松毛虫 *Dendrolimus punctatus* 雌虫就是主要利用嗅觉来发现马尾松针叶并在其上产卵^[5], 油松 *Pinus tabulaeformis* 球果比华山松 *Pinus armandii* 球果更容易引诱油松球果小卷蛾 *Grauitarmata margarotana* 在其上产卵^[6], 而新鲜思茅松针叶挥发物的存在是松实小卷蛾选择产卵的必要条件^[7]。植物多样性增加, 则林间挥发性物质的多样性也增加, 从而增加了害虫寻找适宜寄主的困难, 减少了害虫对树木的

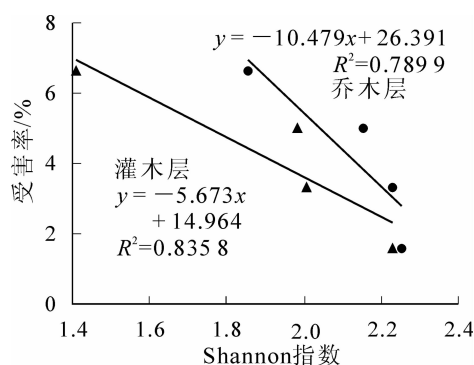


图 5 松实小卷蛾发生程度与乔木层植物多样性的线性关系(2009 年 4 月, 思茅清水河)

Figure 5 Linear relationships between occurrence degrees of *Retinia crstata* with plant diversity (April 2009, Qingshuihe, Simao)

危害。

本研究表明：思茅松灌木层的植物多样性指数(Shannon 指数)的增加未必可减少害虫的危害。这与这些害虫的危害习性有关。思茅松毛虫取食松树当年生的新鲜针叶，微红梢斑螟则在松树的嫩枝梢上蛀食。这些害虫的取食的高度一般都在松树的乔木层，所以乔木层的植物多样性对其寄主选择的影响较大，而灌木层的植物多样性则影响较小或没有影响。微红梢斑螟选择危害思茅松主枝新梢^[8]，而松实小卷蛾则选择危害思茅松的侧枝上的嫩梢，且对生长不良的低矮树危害更重。松实小卷蛾的虫口密度与灌木层的 Shannon 指数比乔木层具有更好的相关性，可能与松实小卷蛾与微红梢斑螟在寄主上的不同的危害部位有关。

表 3 思茅清水河思茅松林 Shannon 指数与害虫发生程度的相关性分析(2010 年 4 月)

Table 3 Correlation analysis of Shannon index with occurrence degrees of insect pests in Qingshuihe, Simao (April 2010)

害虫种类		线性方程	
思茅松毛虫	乔木层	$y = -29.929\ 0x + 70.610$	$R^2 = 0.966\ 7$
	灌木层	$y = -15.632\ 0x + 36.375$	$R^2 = 0.919\ 8$
微红梢斑螟	乔木层	$y = -8.652\ 9x + 20.251$	$R^2 = 0.935\ 1$
	灌木层	$y = -4.482\ 7x + 10.396$	$R^2 = 0.906\ 2$
松实小卷蛾	乔木层	$y = -7.943\ 7x + 20.597$	$R^2 = 0.731\ 2$
	灌木层	$y = -4.475\ 6x + 12.270$	$R^2 = 0.838\ 1$

说明：y 为 Shannon 指数；x 为受害率(%)。

参考文献：

[1] 胡光辉, 雷玮, 槐可跃, 等. 松实小卷蛾在云南生活史及其对思茅松的危害[J]. 中国森林病虫, 2005, **24** (2): 13 – 15.
HU Guanghui, LEI Wei, HUAI Keyue, *et al.* Lifehistory of *Retinia cristata* inYunnan Province and its damage on *Pinus kesiya* var. *langbianensis* [J]. *For Pest Dis*, 2005, **24** (2): 13 – 15.

[2] 谷昭威, 曲爱军, 朱承美. 森林生物多样性与林木害虫的自然防治[J]. 生态学杂志, 1998, **17** (3): 59 – 62.
GU Zhaowei, QU Aijun, ZHU Chengmei. Forest biodiversity and natural control of tree pests [J]. *Chin J Ecol*, 1998, **17** (3): 59 – 62.

[3] 蒋云东, 李思广, 李明, 等. 思茅松与 4 种阔叶树混交林的生长及抗松梢螟效果的研究[J]. 西部林业科学, 2005, **34** (4): 1 – 4.
JIANG Yundong, LI Siguang, LI Ming, *et al.* Study of growth of mixed forests of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* with four broadleaf species and resistance to *Dioryctria splendidella* [J]. *J West China For Sci*, 2005, **34** (4): 1 – 4.

[4] 蒋云东, 李思广, 何俊, 等. 栽松留阔模式思茅松的生长及抗松梢螟效果的研究[J]. 林业科技, 2006, **31** (3): 31 – 33.
JIANG Yundong, LI Siguang, HE Jun, *et al.* Study on the growth and the resistance to *Diorytria splendidella* of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* stand for the models of planting pine with keeping broadleaf tree [J]. *For Sci & Technol*, 2006, **31** (3): 31 – 33.

[5] 赵成华, 阎云花. 马尾松针叶中的挥发物质对马尾松毛虫产卵行为的影响[J]. 2003, 林业科学, **39** (6): 91 –93.
ZHAO Chenghua, YAN Yunhua. Oviposition behavior of the pine catepillar moth, *Dendrolimus punctatus* influenced by needle volatiles of *Pinus massoniana* [J]. *Sci Silv Sin*, 2003, **39** (6): 91 – 93.

[6] 李新岗, 侯慧波, 宫银利. 油松球果小卷蛾成虫的产卵选择[J]. 昆虫知识, 2006, **43** (5): 636 – 639.
LI Xingang, HOU Huibo, GONG Yinli. Oviposition selection of *Gravitarмата margarotana* adult [J]. *Chin Bull Entomol*, 2006, **43** (5): 636 – 639.

[7] 闫争亮, 胡光辉, 冯志伟, 等. 松实小卷蛾雌蛾对思茅松针叶挥发性化合物的触角电位反应[J]. 安徽农业科学, 2009, **37** (3): 1153 – 1154.
YAN Zhengliang, HU Guanghui, FENG Zhiwei, *et al.* Electroantennogram response of female moth of *Retinia cristata* to volatile terpenes from needles of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2009, **37** (3): 1153 – 1154.

[8] 童清, 孔祥波. 思茅松微红梢斑螟生物学和生态学特性研究[J]. 昆虫知识, 2010, **47** (2): 331 – 334.
TONG Qing, KONG Xiangbo. The biological and ecological characteristics of *Dioryctria rubella* damaging the *Pinus kesiya* var. *langbianensis* [J]. *Chin Bull Entomol*, 2006, **47** (2): 331 – 334.