应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2018, 55(2): 279−287. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2018.038

两种切梢小蠹危害云南松的时空生态位*

沈绍伟[1**] 骆有庆[1***] 俞琳锋[1] 卢文娟[2] 韩向国[2] 任利利[1]

（1. 北京林业大学林木有害生物防治北京市重点实验室，北京 100083；
2. 祥云县林业局，大理 672100）

摘 要 **【目的】** 云南切梢小蠹 *Tomicus yunnanensis* Kirkendall & Faccoli 和横坑切梢小蠹 *Tomicus minor* (Hartig)是中国云南地区两种危害松属 *Pinus* L.植物的钻蛀性害虫，常在云南松 *Pinus yunnanensis* Faranch. 上共同危害，通过蛀梢和蛀干为害造成树木衰弱死亡，生态破坏，带来经济损失。**【方法】** 通过样地调查和树木解析，对两种小蠹在“梢转干”及“干转梢”时期的时间和空间生态位进行了研究。**【结果】** “梢转干”时期之后，横坑切梢小蠹主要分布在主干中下部，云南切梢小蠹分布在主干中上部；侧枝上主要分布着云南切梢小蠹，而横坑切梢小蠹数量很少；5 月中旬进入“干转梢”阶段，两种小蠹同时进入羽化期，云南切梢小蠹在 6 月 1 日左右到达羽化高峰期，横坑切梢小蠹则比其晚 10 d 左右到达羽化高峰期；两种小蠹成虫转梢危害后随机分布。两种小蠹的时间和空间生态位宽度均较大，发生期较长，在云南松上分布范围较广。两种小蠹空间生态位重叠较小，在云南松上的分布趋于分离，对空间资源的需求具有较大差异；而时间生态位重叠较大，在云南松的生长季节能同时危害，且发生期较一致，危害期长。**【结论】** 两种小蠹在空间生态位上的种间竞争强度较小，而在时间生态位上的竞争较大。通过研究比较两种切梢小蠹时间及空间生态位的特性及差异，为遥感监测云南松林的生物灾害提供了支撑依据。

关键词 云南切梢小蠹，横坑切梢小蠹，云南松，时间生态位，空间生态位

Temporal and spatial niches of two sympatric *Tomicus* species pests of *Pinus yunnanensis* Faranch.

SHEN Shao-Wei[1**] LUO You-Qing[1***] YU Lin-Feng[1]
LU Wen-Juan[2] HAN Xiang-Guo[2] Ren Li-Li[1]

(1. Beijing Key Laboratory for Forest Pest Control, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. The Forest Service of Xiangyun County, Dali 672100, China)

Abstract **[Objectives]** *Tomicus yunnanensis* Kirkendall & Faccoli and *Tomicus minor* Hartig are two wood boring pests that endanger pine species of the genus *Pinus* L. in southwest China. These species are often both found on *Pinus yunnanensis* Faranch where they feed on the shoots and bore into the trunk, causing tree death, ecological damage and economic loss. **[Methods]** We investigated the temporal and spatial niches of these two species during the “branch to trunk” and “trunk to branch” periods by conducting sampling at different field sites, stem dissection and analysis. **[Results]** After the “branch to trunk” period, *T. minor* is mainly distributed in the mid to bottom sections of trunks, whereas *T. yunnanensis* is mainly found on the upper trunk. *T. yunnanensis* was mainly found in branches but *T. minor* was predominantly found in trunks. The “trunk to branch” period began in mid-May, at which time the two species begin to emerge simultaneously. The peak of *T. yunnanensis* emergence occurred around June 1st and the peak of *T. minor* emergence was about ten days later. The two species were randomly distributed during the “trunk to branch” period. The temporal and spatial niche widths of the two species were broad, indicating that both species are active for a relatively long period and can therefore inflict damage on *P. yunnanensis* over a relatively long period of time. Spatial niche overlap between the two species was small, indicating that their distribution

*资助项目 Supported projects：公益性行业科研专项：重大森林虫灾监测预警的关键技术研究（201404401）

**第一作者 First author，E-mail：506898897@qq.com

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

收稿日期 Received：2017-03-02，接受日期 Accepted：2018-01-22

on *P. yunnanensis* differed, reducing interspecific competition. However, the temporal niche overlap of the two species was large, which indicates that they both damage to *P. yunnanensis* during the growing season, and they have almost the same emergence period. **[Conclusion]** Although the temporal overlap between the two species was high, their spatial overlap within individual *P. yunnanensis* trees was low. These results clarify the spatial and temporal niches of these two *Tomicus* species and provide important information to support remote sensing monitoring of outbreaks of these pests in *P. yunnanensis* forests.

Key words *Tomicus yunnanensis* Kirkendall & Faccoli, *Tomicus minor* Hartig, *Pinus yunnanensis* Faranch, temporal niche, spatial niche

切梢小蠹虫属 *Tomicus*（Latreille，1802）隶属于鞘翅目(Coleoptera)，象虫科(Curculionidae)，小蠹亚科（Scolytinae），是中国小蠹类害虫中危害较重的森林害虫（李丽莎等，2006；李霞等，2009)。其中，云南切梢小蠹 *Tomicus yunnanensis* Kirkendall & Faccoli 和横坑切梢小蠹 *Tomicus minor* Hartig 是松属植物两种重要的钻蛀性害虫，通常同时发生、混合危害导致云南松 *Pinus yunnanensis* 大面积死亡，造成重大生态和经济损失（刘俊等，2003；叶辉等，2004；Fulford，2008；高艳飞等，2012)。

云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹在西南地区均有分布，其中以云南省受害最为严重。这两种小蠹在云南省 1 年 1 代，危害特征为蛀干和蛀梢（高艳飞等，2012)。主要危害云南松 *P. yunnanensis*、马尾松 *P. massoniana*、思茅松 *P. kesiya* var. *langibianensis* 等松属树种，取食寄主的干部韧皮组织和梢头的髓部组织，切断树内水分和养分供应（曹鹏等，2012)，造成树叶枯黄调落，树木枯死。从 80 年代开始，云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹主要对云南松林造成严重的危害，两次暴发成灾，累计危害面积超过 20 万 hm^2，枯死面积 9 133 万 hm^2（李丽莎等，2006；Lu *et al.*，2014)。前人研究发现云南切梢小蠹与横坑切梢小蠹形态上的区别特征为：横坑切梢小蠹鞘翅斜面第二沟间部有瘤状颗粒，而云南切梢小蠹鞘翅斜面第二沟间部无瘤状颗粒（李霞等，2009）。

自生态位概念提出以来，在国内外研究广泛并得到迅速发展，对现代生态学研究起到了推进作用，它主要反映生态系统中种群间的关系和生态系统稳定性等方面的内容（吕仲贤等，1995；石万成等，1995；杨龙龙等，1997；王士槐等，1998；陈辉等，1999；丁伟等，2003；宗世祥等，2005)。云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹的生物学，生态学特性等研究较为完善，但还未曾有关于云南松林内不同小蠹种群生态位的研究。本文依据种群生态位理论，从时间，空间等资源利用等角度，研究了云南切梢小蠹与横坑切梢小蠹种群之间的联系和竞争共存机制，为下一步遥感监测云南松林生物灾害提供支撑依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本次试验样地选择在云南省大理白族自治州祥云县普棚镇（北纬 25°19′57″，东经 100°53′36″)，普棚镇山林总面积 2.45 万 hm^2，其中森林病虫害面积 0.40 hm^2（数据统计截止至 2015 年 10 月底)。海拔最高 2 745 m，最低为 1 722 m；气候属北亚热带高原季风型中温带气候，干湿季节分明，降水集中，光照充足。年平均气温 14.7 ℃，最热月平均气温 27 ℃，最冷月平均气温 7.6 ℃，年均降雨量 783.7 mm，常年主导风向为西南风。

1.2 调查方法

1.2.1 云南松危害程度调查 样地位于普棚镇天峰山，其中 3 块 50 m×50 m 的样地被害较重（枯梢率>30%，有虫株率≈25%）和 1 块 30 m×30 m 的样地为健康（枯梢率<10%)，在受害样

地中，随机选取受小蠹危害的云南松。根据《林业有害生物成灾标准》中云南松受小蠹危害的评级标准，将有小蠹虫危害区域的云南松分为：健康（枯梢率 0-10%），轻度（枯梢率 11%-20%），中度（枯梢率 21%-50%），重度（枯梢率>50%）。记录受害云南松的胸径、树高、枯梢率、侵入孔数。

1.2.2　梢转干时期　从 2016 年 4 月上旬至 5 月下旬，在 3 块样地中，每 5 d 选择 3 棵胸径约为 15-20 cm 的受害木（以重度和濒死木为主），共调查受害云南松 52 棵。将树干从基部斩断，主干锯成 1 m 的小段，依次标记 0-1 m，1-2 m，2-3 m，3-4 m，4-5 m，5-6 m，6-7 m 段，进行剥皮解剖。用游标卡尺测量木段上两种切梢小蠹的坑道长度和数量，记录木段内卵、幼虫、蛹和成虫的数量。羽化期开始后，将每个截断的木段用丝网袋包住，每隔 1-2 d 解开网袋，记录新增羽化孔的数量，并收集新羽化的成虫，将虫种带回鉴定，区分两种切梢小蠹的在主干和侧枝比例并用 SPSS 软件统计分析。

1.2.3　干转梢时期　2016 年 6 月，两种切梢小蠹陆续开始从梢至干转移，在天峰山上 3 块受害样地中，每块样地随机选择 30 棵受害木（树高在 6-7 m 左右）为调查样树，在每棵样树树冠从上到下的第一至第七轮枝，每个轮枝上各取 3 个（小蠹刚刚入侵，颜色为黄绿色）受害梢，共采集 600 个受害梢。解剖枝梢内正在危害的切梢小蠹并编号，将解剖采集的小蠹带回试验室，进行种类鉴定并区分两种小蠹在枝梢上的比例。

1.3　分析方法

（1）生态位宽度

$$B = 1/s\sum_{i=1}^{s} P_i^2$$

式中，B 为物种的生态位宽度；s 为资源集合中的总单元数；P_i 为在一个资源集合中，物种在第 i 单元中所占的比例。

（2）生态位重叠

$$a_{ij} = \sum_{h=1}^{n} P_{ih} P_{ih}(B_i)$$

式中，a_{ij} 为第 i 个物种对物种 j 的生态位重叠；P_{ih}，P_{jh} 分别是第 i 第 j 个物种在资源第 h 个单元中的比例。B_i 为第 i 种的生态位宽度。

（3）生态位相似比例

$$PS = 1 - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} | P_{ij} - P_{hj} |$$

式中，PS 为生态位相似比例；P_{ij}，P_{hj} 为在资源单元 j 中，第 i 和 h 所占的比例。

（4）种间竞争系数

$$a = \sum P_i P_j / \sqrt{\sum P_i^2}\sqrt{\sum P_j^2}$$

式中，a 为种间竞争系数，P_i、P_j 在一个资源集合中，物种在第 i，j 单元中所占的比例。。

2　结果与分析

2.1　云南松被危害情况

本研究共调查 52 棵云南松，按健康程度划分，其中健康、轻度和中度各 5 棵，重度 9 棵，濒死木 28 棵。各程度样树危害情况见表 1。调

表 **1**　云南松样树被危害情况

Table 1　Damage status of *Pinus yunnanensis*

危害程度 Degree of damage	数量（棵） Number	树高（m） Height of tree (m)	胸径（cm） Diameter at breast height (cm)	枯梢率（%） Withered tip rate (%)	侵入孔数（个） Number of invade holes
健康 Health	5	7.06±1.15	20.2±2.8	0	0
轻度 Mild	5	6.18±0.49	15.5±1.3	11.0±4.2	0
中度 Moderate	5	6.38±0.62	18.0±2.9	33.2±1.7	0
重度 Severe	9	6.59±0.64	17.4±2.1	68.6±15.0	69±87
濒死 Dying	28	6.91±0.84	17.9±2.5	100.0±0	182±145

查结果发现，在健康、轻度和中度被害树的主干上无小蠹侵入孔，重度和濒死木上的侵入孔高达（69±87）和（182±145）个。结果显示，该林分中小蠹梢转干之后均在重度和濒死木上进行危害。

2.2 两种切梢小蠹的空间生态位

2.2.1 两种切梢小蠹在云南松主干、侧枝和梢上的空间分布 干转梢时期，在所调查的 4 块样地中，共测量 52 棵样树，两种小蠹在主干、侧枝、梢上的分布比例如表 2、表 3、表 4 所示，解析并计算空间分布如图 1、图 2、图 3 所示。梢转干时期，解剖分析 28 棵濒死木和 9 棵重度木，得出整个林分中两种切梢小蠹的种群比例如表 6，计算得出该时间生态位如图 4 和表 7。

由表 2 和图 1 可见，小蠹梢转干后，横坑切梢小蠹主要危害 4 m 以下主干，最高可危害至 7 m，随着树干高度的增加，数量呈下降趋势；相反，云南切梢小蠹从主干 0-1 m 开始危害，主要集中在 3 m 以上，随着树干高度的增加呈上升趋势。总体来说，横坑切梢小蠹主要分布在树干的中下部，云南切梢小蠹主要分布在树干的中上部。

由表 3 和图 2 可知，横坑切梢小蠹在侧枝上有少量危害，仅出现在 1-2 m，2-3 m，3-4 m 的侧枝上。云南切梢小蠹在侧枝上的危害较严重，在高于 1 m 的侧枝上均有分布，集中于 4-5 m 和 5-6 m，且数量较大，远远超过横坑切梢小蠹在侧枝上的分布数量。

根据表 4 和图 3 可以看出，云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹干转梢之后，在主干第 1 轮枝至第 7 轮枝发现这两种切梢小蠹在每个轮枝的梢上均有分布，只有在第二轮枝云南切梢小蠹的数量高于横坑切梢小蠹，而其它各轮枝上的分布几率都相差不大。而从表 4 看出，两种小蠹均在第 5 轮枝梢上所占的比例较大。

2.2.2 两种切梢小蠹在云南松不同部位的空间生态位变化 由表 1，表 2，表 3 两种切梢小蠹在主干、侧枝、梢上的空间分布比例，计算出两种害虫的空间生态位，其结果见表 5。

表 **2** 两种切梢小蠹在主干上的分布比例（%）

Table 2 Distribution proportion of two *Tomicus* species on trunks

害虫种类 Species	树高 Height of tree trunk（m）						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
横坑切梢小蠹 *T. minor*	26.10	27.24	21.96	17.04	5.67	1.25	0.72
云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	2.68	9.35	13.45	18.76	21.04	22.39	12.33

表 **3** 两种切梢小蠹在不同高度主干侧枝上的分布比例（%）

Table 3 Distribution proportion of two *Tomicus* species at branches

害虫种类 Species	主干高度 Height of tree（m）						
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
横坑切梢小蠹 *T. minor*	0	11.51	59.22	23.03	1.92	4.32	0
云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	0	0.49	12.50	16.93	27.78	31.94	0

表 **4** 两种切梢小蠹在梢上的分布比例（%）

Table 4 Distribution proportion of two *Tomicus* species on treetops

害虫种类 Species	轮枝（梢）Treetops						
	1 轮 1st round	2 轮 2nd round	3 轮 3rd round	4 轮 4th round	5 轮 5th round	6 轮 6th round	7 轮 7th round
横坑切梢小蠹 *T. minor*	14.63	11.22	11.22	7.80	30.24	10.24	14.63
云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	15.83	22.30	9.35	8.27	20.50	10.79	12.95

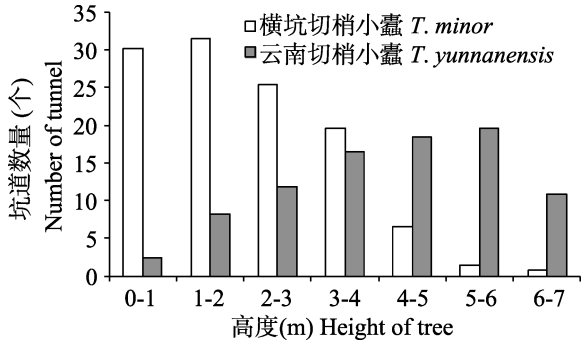

图 1　两种切梢小蠹在主干上的空间分布

Fig. 1　Spatial distribution of two *Tomicus* species on trunks

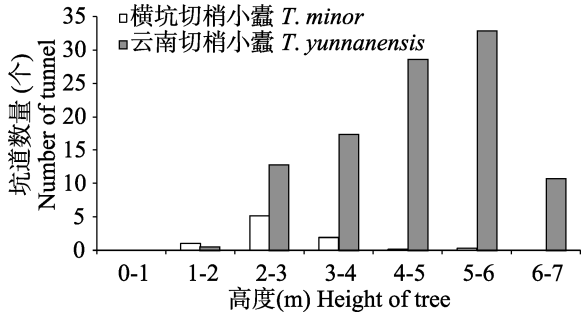

图 2　两种切梢小蠹在不同高度枝上的空间分布

Fig. 2　Spatial distribution of two *Tomicus* species at branches

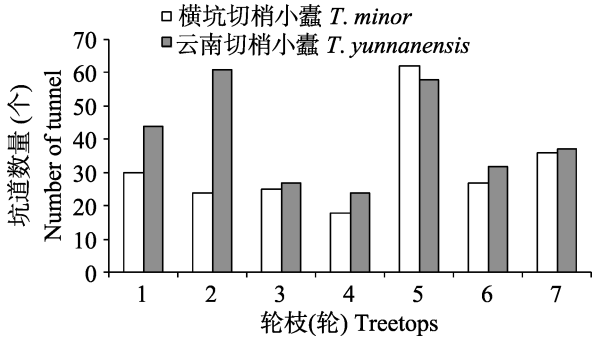

图 3　两种切梢小蠹在各轮枝梢上的分布

Fig. 3　Spatial distribution of two *Tomicus* species on treetops

从生态位宽度来看：主干上云南切梢小蠹（0.829 0）和横坑切梢小蠹（0.640 3）的生态位宽度值都较大，说明在主干上两种小蠹的分布范围较广，但是云南切梢小蠹的生态位宽度值大于横坑切梢小蠹，说明其蛀食范围更广，且有全株危害的特点；在侧枝上，云南切梢小蠹的生态位宽度值（0.609 9）远大于横坑切梢小蠹（0.340 8），说明云南切梢小蠹在侧枝上的生态位宽度要宽于横坑切梢小蠹；在枝梢上，两种切梢小蠹的生态位宽度值（0.888 2，0.811 4）很接近且很大，说明两种小蠹在梢上是均匀分布。

从生态位重叠来看，在整棵云南松上（主干、侧枝和梢），云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹的生态位重叠指数基本接近，均较小，表明在整棵云南松上这两种小蠹能同时危害，且它们的分布趋于分离，对空间资源的共享程度较小，也说明它们对资源的需求具有较大的差异，这有利于其在竞争条件下的共存和对云南松危害的互补作用，从而加重了对寄主植物的危害。

从生态位相似性比例来看，两种小蠹在主干和梢上具有较高的值（0.501 7，0.578 5），说明在这两部分云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹的生态位较接近。

从种间竞争系数来看，云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹在主干和侧枝上的竞争程度适中，但在梢上两种小蠹的种间竞争系数值达到了 0.933 4，竞争激烈。

总体来说，在空间生态位上，两种小蠹在云南松上能共存并同时危害，但在梢上的竞争强度很大。

2.3　两种切梢小蠹的种群比例及优势种

在所调查的 52 棵云南松中，有 47 棵属于衰弱和濒死状态，受到小蠹危害的为 37 棵（78.7%），经过解剖分析后得出两种切梢小蠹的种群比例见表 6。由表 6 可以得出，在所调查的样树中，横坑切梢小蠹与云南切梢小蠹的种群比例约为 0.64∶1。用 SPSS 软件进行独立样本 *t*-检验，得出横坑切梢小蠹的母坑道数量与云南切梢小蠹母坑道数量差异不显著（$P>0.05$），子代羽化孔数则是云南切梢小蠹显著高（$P<0.05$），因此得出在云南祥云地区的优势种为云南切梢小蠹。

2.4　两种切梢小蠹的时间生态位

2.4.1　两种切梢小蠹的时间生态位变化　根据生态位计算公式，得出云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹的时间生态位，结果见表 7。调查期间内，

表 5 两种切梢小蠹在主干、侧枝、梢上的空间生态位变化

Table 5 Spatial niche of two *Tomicus* species in different position

分布位置 Distribution location	害虫种类 Species	生态位宽度 Niche breadth		生态位重叠 Niche overlap		生态位相似性比例 Niche proportion similarity		种间竞争系数 Interspecific competition coefficient	
		横坑切梢小蠹 *T. minor*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	横坑切梢小蠹 *T. minor*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	横坑切梢小蠹 *T. minor*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	横坑切梢小蠹 *T. minor*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*
主干 Trunk	横坑切梢小蠹 *T. minor*	0.640 3		1	0.070 2	1	0.501 7	1	0.559 1
	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*		0.829 0	0.090 9	1	0.501 7	1	0.559 1	1
侧枝 Branch	横坑切梢小蠹 *T. minor*	0.340 8		1	0.045 2	1	0.361 5	1	0.423 4
	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*		0.609 9	0.080 9	1	0.361 5	1	0.423 4	1
轮枝（梢） Treetop	横坑切梢小蠹 *T. minor*	0.811 4		1	0.127 5	1	0.578 5	1	0.933 4
	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*		0.888 2	0.139 6	1	0.578 5	1	0.933 4	1

表 6 调查样树中两种小蠹的种群比例

Table 6 The population proportion of the two *Tomicus* species

	横坑切梢小蠹 *T. minor*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*
母坑道总数（个）Total number of mother gallery	3 267	2 676
单株母坑道平均（个） The average of mother gallery in single tree	117±135	96±34
单株羽化孔数（个）Number of emergence holes	570±396	896±440
虫口比例 Proportion of population	0.64	1

表 7 两种切梢小蠹的时间生态位变化

Table 7 Temporal niche of the two *Tomicus* species

害虫种类 Species	生态位宽度 Niche width		生态位重叠 Niche overlap		生态位相似性比例 Niche proportion similarity		种间竞争系数 Interspecific competition coefficient	
	横坑切梢小蠹 *T. mionr*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	横坑切梢小蠹 *T. mionr*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	横坑切梢小蠹 *T. mionr*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*	横坑切梢小蠹 *T. mionr*	云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*
横坑切梢小蠹 *T. mionr*	0.695 4		1	0.070 8	1	0.711 5	1	0.895 8
云南切梢小蠹 *T. yunnanensis*		0.658 1	0.067 0	1	0.711 5	1	0.895 8	1

两种小蠹的时间生态位宽度和生态位重叠指数基本上相等，而时间生态位相似性比例为 0.711 5，说明这两种小蠹在云南松的生长季节能同时危害，危害期均较长，危害部位具有很大的相似性。种间竞争系数高达 0.895 8，说明不同时期内，两种小蠹间存在竞争，虽然竞争较强，但两种害

虫仍然能够在树干部共同取食危害。

2.4.2　两种切梢小蠹羽化的始见期和高峰期

两种切梢小蠹羽化期始于 5 月 10 日左右(图 4)，为云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹的羽化始见期。此后，随着时间，两种小蠹羽化的成虫数量不断上升，在 5 月 30 日前后云南切梢小蠹羽化的成虫数量到达最大值，为云南切梢小蠹的羽化高峰期；横坑切梢小蠹则是在 6 月 10 日前后到达了羽化数量最大值，为横坑切梢小蠹的羽化高峰期。二者羽化高峰时间相差了 10 d 左右。

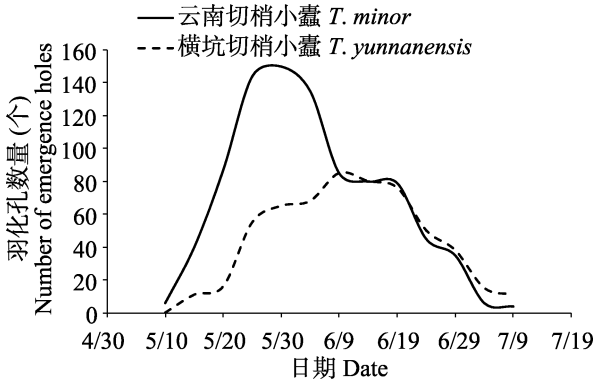

图 **4**　两种切梢小蠹羽化的始期和高峰期

Fig. 4　The beginning and peak of the emergence periods of the two *Tomicus* species

3　讨论

多维生态位是在一定时间内，生物对必需资源系列利用的多维空间（宗世祥等，2005)。时间生态位和空间生态位是多维生态位的重要组分。本文对云南切梢小蠹和横坑切梢小蠹在祥云县普棚镇云南松林的时间和空间生态位进行了研究，从而得出两种小蠹在受害云南松上的时间生态位和空间生态位。

空间生态位宽度指数反映物种对特定小生境的占据程度，可度量各种群在每一资源序列上的分布范围（袁菲等，2011)。首先，在调查的 5 个受害级别云南松中，两种小蠹梢转干时都是选择重度木和濒死木，黄万斌和王海林（2009）研究的是纵坑切梢小蠹对云南松的攻击有很强的选择性，优先攻击长势差的衰弱木。与之相较，本文依据《林业有害生物成灾标准》中云南松受小蠹危害的评级标准，将受害的云南松进行树势分级，研究两种小蠹在不同树势等级下的时空生态位，探讨其对云南松受害等级的优先选择性。其次，两种小蠹在主干上的空间分布与李丽莎和王海林（1997)，叶辉和李隆术（1994）及刘俊等（2003）测量的结果一致，即在树干的中下部主要以横坑切梢小蠹为主，在树干的中上部是云南切梢小蠹居多。但空间生态位不能反映害虫的种群数量，在研究害虫种群生态位时，需结合害虫的平均虫口密度，反映出害虫对同一资源的利用程度。与前人研究相比，本文不仅研究了两种小蠹危害云南松的空间生态位，也通过对受害木的主干解析，统计两种小蠹的母坑道及羽化孔数，计算出两种小蠹在濒死木上的平均虫口密度，进而得出云南切梢小蠹是该地区的优势种。

对时间生态位的研究发现，两种小蠹在云南松的生长季节存在一定的竞争，同时危害，危害期均较长，危害部位具有很大的相似性。本研究所在地区的小蠹是在 6 月份开始干转梢，与叶辉和党承林（1986）及李丽莎等（1997）研究的小蠹干转梢的起始时间为 3-4 月份相差 2-3 个月的时间；主要是由于采样地点的差异，前人研究主要集中在曲靖，昆明和石林地区，而云南各地的地理环境条件差别很大，有效积温不同，是导致其干转梢的时间不统一的原因。

在干转梢之后，许庆亮和杨振学（2002）对于小蠹在梢上分布研究结果是：在树冠内，纵坑切梢小蠹在第 4 轮枝以上危害较重，第 6-7 轮枝受害率最大，第 7 轮枝虫口百分率最高，树冠上层受害较下层重。而本文研究后发现，两种小蠹在梢上的分布没有明显规律，是随机分布的，与前人研究的结果也不相符，分析原因一方面与受害梢采集数量相关，另一方面是各地区的危害程度不同，本研究样地的有虫株率高（25%)，当两种小蠹危害严重且数量大时，对于枝梢的选择具有明显竞争，会导致在枝梢上的资源争夺，危害全株。

李丽莎和王林海（1997）提出在两种切梢小蠹混合发生时，云南切梢小蠹先侵入衰弱木，造成树势进一步衰弱，而后横坑切梢小蠹再大量侵

入，加速树木的死亡。本文通过对濒死木和重度木的树干解析发现两种小蠹梢转干均转到了濒死木和重度受害木。发现在调查的 28 棵濒死木和 9 棵重度木上都有云南切梢小蠹，而在濒死木中有 22 棵上既有云南切梢小蠹也有横坑切梢小蠹，因此推测在梢转干阶段云南切梢小蠹先侵入重度受害木，而后横坑切梢小蠹再侵入被云南切梢小蠹危害后的云南松，进而导致云南松由重度受害变成濒死木，最后变成死树。但前人研究仅定性的说明两种小蠹入侵衰弱云南松的顺序为先云南切梢小蠹后横坑切梢小蠹，并没有定量的研究云南切梢小蠹入侵时偏好的云南松衰弱程度（枯梢率），有待进一步深入研究。

在干转梢阶段，子代小蠹从濒死木的树干上羽化出来，但其枝梢已经全部枯黄，不能进行光合作用，所以子代小蠹幼虫羽化之后不会选择本身的濒死木作为转梢对象，一定是转到周围有健康梢的云南松上补充营养和活动。但在梢转干阶段，性成熟的小蠹成虫为了产卵选择寄主，在这一过程中，何种顺序，何种寄主选择偏好（同株/异株）也不得而知，有待进一步研究。

本文通过调查在受害云南松林内两种切梢小蠹的种群特征和比例，研究比较两种小蠹在梢转干和干转梢时期的时间及空间生态位的特性及差异，发现两种小蠹在空间生态位上的种间竞争强度较小，而在时间生态位上的竞争较大，为遥感监测云南松林的生物灾害提供了重要地面基础数据。

参考文献 (References)

Cao P, Han PD，Zhang Z, Wu W, 2009. Comparison study on stem attacking by *Tomicus* spp. in the period of shoot feeding to stem attacking. Insect Society Annual Conference 2009 in Yunnan Province (Kunming). [曹鹏, 韩平定, 张真, 吴伟, 2009. 三种切梢小蠹梢转干期蛀干习性比较. 云南省昆虫学会 2009 年年会(昆明).]

Chen H, Tang M, Ye HM, Yuan F, 1999. Niche of bark beetles within *Pinus armandi* ecosystem in Inner Qinling Mountians. *Scientia Silvae Sinicae*, 35(4) : 40–44. [陈辉, 唐明, 叶宏谋, 袁峰, 1999. 秦岭华山松小蠹生态位研究. 林业科学, 35(4): 40–44.]

Ding W, Zhao ZM, Wang JJ, Chen GH, 2003. Niches analysis of three aphid populations on spring sowing maize. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 14(9): 1481–1484. [丁伟, 赵志模, 王进军, 陈贵红, 2003. 三种玉米蚜虫种群的生态位分析. 应用生态学报, 14(9): 1481–1484.]

Fulford M, 2008. Description of the Yunnan shoot borer, *Tomicus yunnanensis* Kirkendall & Faccoli sp. n. (Col, Scolytinae), an unusually aggressive pine shoot beetle from southern China, with a key to the species of Tomicus. *Bryologist*, 1819: 25–39.

Gao YF, Zhang Y, Zhang Z, Wu W, 2012. Shooting feeding behavior of *Tomicus yunnanensis* on *Pinus yunnanensis* trees. *Journal of Northwest Forestry University*, 27(6): 97–100. [高艳飞, 张英, 张真, 吴伟, 2012. 云南切梢小蠹蛀食云南松枝梢行为研究. 西北林学院学报, 27(6): 97–100.]

Huang WB, Wang HL, 2009. Study on fluctuation and harmfulness of *Tomicus piniperda* population. *Forest Inventory and Planning*, 34(3): 101–106. [黄万斌，王海林, 2009. 纵坑切梢小蠹种群变动及危害规律研究. 林业调查规划, 34(3):101–106.]

Li LS, Liu HP, Chen P, Li HR, Långström B, 2006. Comparison study on ecological characteristics of *Tomicus piniperda* and *T. minor*. *Journal of West China Forestry Science*, 35(1): 1–5. [李丽莎, 刘宏屏, 陈鹏, 李浩然, 布朗斯壮姆, 2006. 两种切梢小蠹生态学特性比较研究. 西部林业科学, 35(1): 1–5.]

Li LS, Wang HL, 1997. Study on harmfulness and biological characteristics in *Tomicus yunnanensis*. *Yunnan Forestry Science and Technology*, (2): 1–7. [李丽莎, 王海林, 1997. 云南松纵坑切梢小蠹危害及生物学特性研究. 云南林业科技, (2): 1–7.]

Li X, Zhang Z, Wang HB, Cao P, Han PD, 2009. Identification of *Tomicus* species in China. The Second Forestry Science Conference in China. [李霞, 张真, 王鸿斌, 曹鹏, 韩平定, 2009. 我国切梢小蠹鉴定方法研究及一新种发现. 第二届中国林业学术大会. 南宁.]

Liu J, Shen Y, Wang HB, Kong XB, 2003. Investigation and analysis on the vertical distribution of two *Tomicius* species. *Yunnan Forestry Science and Technology*, (3): 83–85. [刘俊, 沈燕, 王鸿斌, 孔祥波, 2003. 两种小蠹虫在云南松树干垂直分布的调查分析. 云南林业科技, (3): 83–85.]

Lu J, Zhao T, Ye H, 2014. The shoot-feeding ecology of three *Tomicus* species in Yunnan province southwestern China. *Journal of Insect Science*, 14(37): 110–112.

Lv ZX, Yang ZF, Wang GY, Bu WL, 1995. The niche of corn borer and peach borer and their interspecific competition in corn. *Acta Agricultural Zhejiangensis*, 7(1): 31–34. [吕仲贤, 杨樟法, 王桂跃, 卜卫良, 1995. 玉米螟和桃蛀螟在玉米上的生态位及其种间竞争. 浙江农业学报, 7(1): 31–34.]

Shi WC, Li JR, Liu X, Xie H, 1995. Study on the niche of pest insect community on orange leaves. *Entomological Knowledge*, 32(5): 273–277. [石万成, 李建荣, 刘旭, 谢辉, 1995. 柑桔叶片害虫群落结构的生态位研究. 昆虫知识, 32(5): 273–277.]

Wang SH, 1998. Study on time-space ecological niche breadth of *Panonychus citri* (Mc-Gregor). 1998. *Journal of Anhui Agricultural University*, 25(4): 356–358. [王士槐, 1998. 柑桔全爪螨时间和空间生态位宽度的测定. 安徽农业大学学报, 25(4): 356–358.]

Xu QL, Yang ZX, 2002. Study of spatial niche in *Tomicus piniperda*. *Journal of Liaoning Forestry Science & Technology*, (s1): 1–10. [许庆亮, 杨振学, 2002. 纵坑切梢小蠹成虫蛀梢期空间分布型的研究. 辽宁林业科技, (s1): 1–10.]

Yang LL, Wu YR, Zhou WR, 1997. Compartive study on the niche of *Osmia excavata* Alfken and *O. jacoti* Cockerel in apple orchards. *Acta Entomologica Sinica*, 40(3): 265–270. [杨龙龙, 吴燕如, 周伟儒, 1997. 苹果园中凹唇壁蜂和紫壁蜂的生态位比较研究. 昆虫学报, 40(3): 265–270.]

Ye H, Dang CL, 1986. Study on *Tomicus piniperda* of harmful habits on *Pinus yunnanensis*. *Journal of Yunnan College* (*Natural Science Edition*), (8): 218–222. [叶辉, 党承林, 1986. 纵坑切梢小蠹对云南松危害习性研究. 云南大学学报(自然科学版), (8) : 218–222.]

Ye H, Li LS, 1994. The spatial distribution of *Tomicus piniperda* in the period of shooting feed. *Acta Entomologica Sinica*, (3): 311–316. [叶辉, 李隆术, 1994. 纵坑切梢小蠹蛀梢期空间分布. 昆虫学报, (3): 311–316.]

Ye H, Lv J, Francois L, 2004. On the bionomics of *Tomicus minor* (Hartig) (Coleoptera: Scolytidae) in Yunnan Province. *Acta Entomologica Sinica*, 47(2): 223–228. [叶辉, 吕军, Francois L, 2004. 云南横坑切梢小蠹生物学研究. 昆虫学报, 47(2): 223－228.]

Yuan F, Luo YQ, Shi J, Kari, Heliovaara, 2011. Spatial ecological niche of main insect borers in larch of Aershan. *Acta Ecologica Sinica*, 31(15): 4342–4349. [袁菲, 骆有庆, 石娟, Kari, Heliovaara, 2011. 阿尔山落叶松主要蛀干害虫的种群空间生态位. 生态学报, 31(15): 4342–4349.]

Zong SX, Yao GL, Luo YQ, Xu ZC, Wang T, 2005. Niche of main boring pests in *Hippophae rhamnoidea*. *Acta Ecologica Sinica*, 25(12): 3264–3270. [宗世祥, 姚国龙, 骆有庆, 许志春, 王涛, 2005. 沙棘主要蛀干害虫种群生态位. 生态学报, 25(12): 3264–3270.]