

干季中云南松对纵坑切梢小蠹伴生菌 (*Leptographium yunnanense*) 抗性的变化*

廖周瑜^{1,2}, 叶辉², 吕军², 林雁²

(1 西南林学院 环境科学与工程系, 云南 昆明 650224;

2 云南大学 生命科学学院, 云南 昆明 650091)

[摘要] 利用云南半帚孢测试了干季中云南松抗性的变化规律。结果表明, 云南松抗性的相对强弱与降雨量及环境温度均表现出一定程度的负相关关系, 相关系数分别为 $r = -0.7798$ 和 $r = -0.4627$, $|r_{0.05}| = 0.811$, $P > 0.05$ 。在干季前期, 温度较低, 降雨量偏少, 松树的针叶及韧皮含水量较低, 伴生菌的生长力较低, 云南松的抗性相对增强, 这一时期内纵坑切梢小蠹危害较轻; 而干季后期, 温度逐渐升高, 降雨量也有所增加, 松树含水量较高, 伴生菌的生长力增强, 云南松的抗性相对减弱, 因此该时期内纵坑切梢小蠹的蛀干危害较严重。

[关键词] 云南松; 纵坑切梢小蠹; 云南半帚孢(*Leptographium yunnanense*); 抗性变化

[中图分类号] S763.380.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)09-0084-05

纵坑切梢小蠹(*Tomicus piniperda* L.) 是云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.) 的主要蛀干害虫, 被称为云南松的“癌症”, 给当地林业生产和生态环境造成了严重破坏^[1]。云南境内独特的气候条件形成了干、湿两个分明的季节, 干季发生于当年的11月至次年5月, 降雨稀少; 湿季为6~10月, 雨量充足^[2]。纵坑切梢小蠹对云南松的危害大体可分为蛀梢期和蛀干期两个时期, 在蛀干期严重蛀食树干韧皮组织, 破坏养分正常输送, 最终致死云南松^[3~6]。而纵坑切梢小蠹对云南松严重的蛀干危害以及蠹害的大爆发是在干季中发生的^[5~7]。已有的研究结果表明^[8,9], 适度的干旱有助于提高云南松的抗性, 温度对纵坑切梢小蠹携带的致病真菌(简称伴生菌)的生长、侵染能力以及云南松的抗性都有重要的影响, 并可导致二者之间对比力量的变化^[10]。这表明环境中水热条件对云南松的抗性有着重要影响。

蠹害的形成是在一定环境条件下, 云南松的抗御反应与纵坑切梢小蠹的蛀害攻击及其伴生菌的生长侵染之间相互作用的结果。研究发现^[11], 云南半帚孢(*Leptographium yunnanense*) 是云南纵坑切梢小蠹携带的主要伴生菌, 对纵坑切梢小蠹的成功蛀害具有重要意义^[11,12]。当将伴生菌接入寄主树木后, 树木韧皮在接种点周围逐渐形成一个纵向的长

椭圆形深棕色的坏死区域, 即韧皮反应区, 反应区的长度反映了伴生菌的生长和侵染力以及松树抗性之间的相对强弱。在相同条件下, 反应区长, 表明伴生菌的生长和侵染力相对较强, 而松树的抗性相对较弱; 相反, 反应区短, 表明松树的抗性相对较强, 而伴生菌的生长和侵染力相对较弱^[13]。因此, 国外常用伴生菌来测试寄主树木的抗性^[13]。

本研究选择云南松分布最主要的, 也是纵坑切梢小蠹危害较为严重的滇中地区的云南松林^[2,14], 利用云南半帚孢测试干季中云南松抗性的变化, 综合分析云南松抗性与环境中水热条件变化之间的关系, 探讨云南松蠹害发生发展规律, 以期对云南松蠹害时空变化规律有一个较全面的认识。

1 材料与方法

1.1 云南松样树的选择及其含水量的测定

野外试验工作在昆明市东郊金殿后山的云南松纯林内进行。供试云南松树龄15年, 大小和长势基本一致, 立地条件相同。分别在干季的11月及次年1~5月和湿季的6月下旬, 测定云南松针叶和韧皮的含水量以及接种伴生菌后松树韧皮反应区长度。每次随机选择云南松样树10棵, 在其胸高处(1.3m)于树径相对位置取1块1.5cm × 1.5cm的韧皮, 同

* [收稿日期] 2003-08-18

[基金项目] 云南省自然科学基金项目(1999C0012M)

[作者简介] 廖周瑜(1970-), 男, 四川阆中人, 副教授, 理学博士, 主要从事植物生态与保护研究。

时从树冠基部枝条端部随机取松针20束,所取韧皮和针叶分别装入铝盒中密封,置于冰壶中带回实验室,采用烘干法^[15]分别测定每棵样树针叶及韧皮的水分含量,取平均值,以g/kg表示。

1.2 云南松韧皮反应区及伴生菌生长长度的测定

纵坑切梢小蠹伴生菌——云南半帚孢是从蛀害云南松的纵坑切梢小蠹体上分离所得,分离方法见文献^[16],用PDA培养基在室温下培养,备用。

取直径12 cm 灭菌培养皿,倒入20 mL 已灭菌的PDA培养基,在培养皿中心点处接与打孔器孔径(0.5 cm)同样大小的伴生菌。在样树胸高处(1.3 m)的另两个对称点接种,用上述打孔器对称各打一深及木质部的孔,移去韧皮部,接入与孔径同样大小连同培养基的上述培养的伴生菌(菌龄15 d),再盖上移去的韧皮部;在距接菌点斜下方5 cm处(以减少孔间影响)接种PDA培养基作对照。与此同时,在试验林地内放置当日接入供试伴生菌的培养皿5皿。15 d后,测量样树接种点上下韧皮反应区的纵向长度,取平均值即为韧皮反应区的长度(Reaction zone length, RZL);在垂直的两个方向上测量培养皿中菌落半径,取平均值即为伴生菌的生长长度(Fungus growth length, FGL)。

1.3 云南松抗性指数的确定

韧皮反应区及其长度是寄主抗性与伴生菌的侵

染相互作用的结果,可以反映相同条件下寄主抗性的强弱^[13]。但韧皮中伴生菌的生长除受环境温度等因素的影响外,还受寄主树木组织抗性的影响,由于伴生菌在韧皮中的生长长度(FGL₂)与其所导致的反应区长度有正相关关系^[17]。因此,本研究中假设伴生菌在PDA培养基的生长主要受环境温度的影响,而不受培养基等其他因素的影响,则可以伴生菌在培养基中的生长长度(FGL₁)作为参照,按下列抗性指数(Resistance index, Ri)公式来反映云南松抗性的相对大小。

$$Ri = 1 - \frac{\text{韧皮反应区中伴生菌的生长长度(FGL}_2\text{)}}{\text{同温度下培养皿中伴生菌的生长长度(FGL}_1\text{)}}$$

由于该抗性指数公式消除了环境中温度因子对伴生菌本身生长和侵染力的影响,因此,可用该指数公式来计算并比较不同温度和降雨量时云南松抗性的相对变化情况。

2 结果与分析

2.1 试验期内云南松针叶及韧皮含水量的变化

试验期间11月至次年的4月降雨量都很少,月均降雨量为30 mm,而且这一时期温度也较低,月均温度为12.08℃;进入湿季后降雨量明显增加,仅5月份的降雨量(189 mm)就比整个干季降雨量的总和(180 mm)还多,湿季内温度也略有升高(表1)。

表1 试验期试区降雨量、温度及云南松含水量的变化

Table 1 The variation of temperature, precipitation and the water content of *P. yunnanensis* in different months

月份 Month	月均降雨量/mm Average precipitation per month	月均温度/ Average temperature per month	针叶含水量/(g·kg ⁻¹) Water content of needle leaf	韧皮含水量/(g·kg ⁻¹) Phloem water content
11	50	12.8	596.9	684.9
1	35	9	577.0	680.3
3	45	13.9	576.1	672.6
4	16	17.9	565.2	671.3
5	189	18.2	602.0	689.9
6	119	19.5	620.5	706.1

注:数据来源于云南省气象局1999至2000年气象资料。

Note: Data is from Yunnan Provincial Weather Bureau (1999-2000).

云南松韧皮含水量和针叶含水量与环境中降雨量的变化趋势相对一致,即在干季开始时,针叶含水量与韧皮含水量稍高,随时间推移,逐渐降低,在3~4月份,含水量都达到最低水平,进入湿季后再次增加(表1)。

韧皮含水量较高,其变化相对较稳定,变化范围为670~710 g/kg,变幅为40 g/kg;而针叶含水量变化较大,为560~630 g/kg,变幅为70 g/kg(表1)。

这表明相对于环境水分状况,针叶含水量比韧皮含水量更敏感。

经计算,针叶含水量与降雨量的相关系数 $r = 0.7347$,韧皮含水量与降雨量的相关系数 $r = 0.677$, $r_{0.05} = 0.811$, $P > 0.05$,未达显著水平。表明云南松含水量与降雨量之间仅呈一定程度的正相关。

2.2 云南松韧皮反应区及伴生菌生长长度的变化

云南松接种点韧皮反应区长度(RZL₁)及伴生菌在培养皿中生长长度(FGL₁)的变化如图1所示, RZL₁与FGL₁在1月份气温最低时其长度都达到最小, 随时间推移和温度逐渐上升而逐渐增大。

对照处理的韧皮反应区长度(RZL₂)变化较小, 而接菌后韧皮反应区长度(RZL₁)显著增加(图1), 说明伴生菌对韧皮组织的侵害作用远远大于对照接种的机械伤害, 接菌后所形成的韧皮反应区主要是由伴生菌的侵染生长引起的。

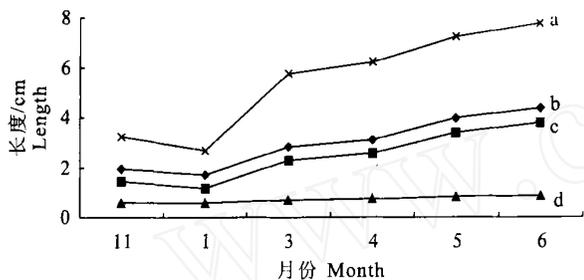


图1 云南松韧皮反应区长度及伴生菌生长长度的变化

a 培养皿中伴生菌生长长度; b 接菌点反应区长度; c 反应区内伴生菌生长长度; d 对照点反应区长度

Fig. 1 Reaction zone length (RZL) and fungal growth length (FGL) in different months

a FGL₁ in PDA plates; b RZL₁ induced by the fungus' invasion; c FGL₂ within the RZL₁; d RZL₂ induced by the sterilized PDA culture medium

根据韧皮反应区长度与其内伴生菌生长的纵向长度的关系式 $Y_{RZL_1} = 0.5103 + 1.0173X_{FGL_2}^{[17]}$, 求得 RZL₁ 内伴生菌生长长度 FGL₂, 见图1中曲线c。经与试验期内降雨量和温度变化的统计分析表明, 培养皿中伴生菌的生长长度与温度极显著相关, 相关系数为 $r = 0.9424$, $r_{0.01} = 0.917$, $P < 0.01$ 。接伴生菌后韧皮反应区长度与树木韧皮含水量的相关系数 $r = 0.5852$, 与降雨量的相关系数 $r = 0.7106$, $r_{0.05} = 0.811$, $P > 0.05$, 表明其虽有一定的正相关, 但不显著; 而与温度的相关系数 $r = 0.9382$, $r_{0.01} = 0.917$, $P < 0.01$, 相关极显著。这些结果说明, 培养皿中伴生菌的生长以及接伴生菌后松树韧皮反应区长度的变化, 与环境温度呈极显著正相关, 而与树木韧皮含水量及降雨量有一定程度的正相关, 但不显著, 表明环境温度对伴生菌的生长和接种伴生菌后韧皮反应区长度的影响更为密切。

2.3 干季中云南松抗性的变化

干季中云南松抗性的变化见图2, 图3。由图2, 3可以看出, 在试验期内, 从11月至次年3月温度先下降, 然后逐渐上升, 但总体上较低; 降雨量逐渐减少, 云南松含水量也逐渐下降, 此期间云南松的抗性相对较强, 抗性指数逐渐增加, 从0.56(11月)上升至0.603(3月); 之后, 温度逐渐升高, 而含水量和降雨量先降低后又再增加, 云南松抗性指数相对减弱, 其抗性指数逐渐减小, 从0.603(3月)逐渐降至0.53(5月)。进入湿季后, 抗性指数进一步降低。

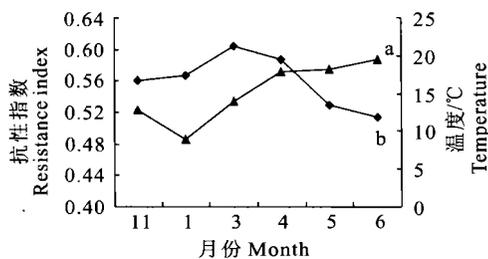


图2 云南松抗性与温度的关系
a. 月均温度; b. 抗性指数

Fig. 2 Relationship between the resistance of Yunnan pine to *L. yunnanense* and temperature

a. Average temperature per month; b. Resistance index

统计分析结果表明, 云南松抗性与环境温度之间的相关系数 $r = -0.4627$, 与降雨量的相关系数 $r = -0.7798$, $|r_{0.05}| = 0.811$, $P > 0.05$, 说明云南松抗性与环境温度和降雨量之间存在一定程度的负相关。因此, 在一定的干旱和低温条件下, 伴生菌的

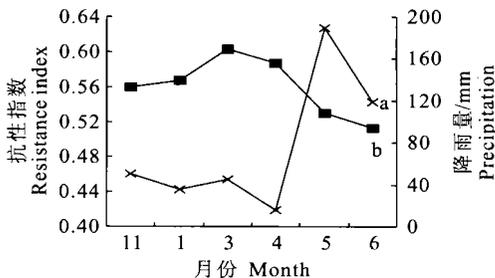


图3 云南松抗性与降雨量的关系
a. 月均降雨量; b. 抗性指数

Fig. 3 Relationship between the resistance of Yunnan pine to *L. yunnanense* and precipitation

a. Average precipitation per month; b. Resistance index

生长和侵染力较低, 云南松的抗性相对增强; 而在一定的湿润和较高温度条件下, 伴生菌的生长和侵染力增强, 云南松的抗性相对减弱。云南松的抗性随温度的降低和降雨量的减少而增强。这些结果反映出适度的干旱, 能在一定程度上提高云南松自身对外

来病原菌的抗御作用,而在温度相对适中条件下,其抗御作用又相对减弱。该结果与前人的研究报道^[7,8]一致。

3 讨 论

云南松抗性的相对强弱与环境温度和降雨量之间均呈现一定程度的负相关,表明适度的低温和干旱有利于增强云南松的抗性,而在相对温暖湿润条件下,云南松的抗性相对较弱。当然,这种负相关关系有一定限度,当环境中水热条件变化超过了这一限度而影响树木正常生理代谢时,云南松的抗性减弱,易受蠹害。因此,在一些特别干旱的山脊等区域,云南松蠹害较重^[14]。

就干季中云南松的抗性变化来看,在干季前期环境温度较低,降雨量偏少,气候干冷,云南松的抗性相对较强,因此,这一时期内蠹虫从11月开始进行蛀干危害,但危害情况并不很严重;而到了干季后期,温度升高,降雨量也有所增加,气候干热,该条件下伴生菌的生长侵染力增强,而云南松的抗性相对减弱,因此,这一时期蠹虫的蛀干危害较为严重^[2~7]。

本研究结果可以较好地阐释云南松蠹害在空间上的分布规律。在滇西北如丽江、中甸等地,由于温度较低,降雨偏少,纵坑切梢小蠹及其伴生菌的生长发育受到环境条件,特别是低温因子的更大抑制,蠹

虫和伴生菌的攻击侵染能力下降,云南松的抗性表现相对增强,因此,在这些地区蠹虫危害较轻;而在滇南及滇中如昆明、楚雄、曲靖、蒙自等地区,由于温度较高,雨水较多,纵坑切梢小蠹的生长发育加快,伴生菌的生长侵染力增强,云南松的抗性表现相对减弱,因此,这些地区蠹害猖獗,此起彼伏,纵坑切梢小蠹攻击松树树干及树木死亡现象更为常见和严重,并经常有蠹害大发生^[5~7],而且在温度相对较高的阳坡、林缘、山脊区域以及郁闭度低的林内,云南松更易遭受蠹害^[18]。

从整体上看,一年之内云南松的抗性在温度偏低、降雨量偏少的干季中相对较强,在湿季相对较弱,而纵坑切梢小蠹严重的蛀干危害以及云南松大面积受害致死的时期却发生在干季,即发生在云南松抗性最强的时期。笔者认为,这是云南松与纵坑切梢小蠹及其伴生菌之间长期的相互作用与适应所产生的协同进化的结果。云南松在纵坑切梢小蠹蛀害攻击厉害的时期,其抗性也相应地达到相对较强,从而在一定程度上阻碍了纵坑切梢小蠹及其伴生菌的蛀食侵染,相应地减轻蠹害程度。

综上所述,蠹害与环境气候条件之间有着密切的关系,一定的气候条件改变了云南松和纵坑切梢小蠹及其伴生菌之间的相互作用,进而影响到蠹害时空上的发生与分布。

[参考文献]

- [1] 牛明德,卢南. 云南纵坑切梢小蠹的扩散危害及防治初报[J]. 森林病虫通讯, 1992, (3): 15- 16
- [2] 云南植被编写组. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] 叶辉. 纵坑切梢小蠹(*Tan icus piniperda* L.)大发生原因探讨[J]. 云南大学学报(自然科学版), 1992, 14(2): 211- 215
- [4] 叶辉. 纵坑切梢小蠹对云南松蛀害研究[J]. 昆虫学报, 1999, 42(4): 394- 400
- [5] Ye Hui On the binomy of *Tan icus piniperda* (L.) (Co1, Scolytidae) in the Kunming region of China[J]. Journal Appl Ent, 1991, 112: 366- 369.
- [6] Ye Hui, Li L i-sa. Preliminary observations on the trunk attacks by *Tan icus piniperda* (L.) (Co1, Scolytidae) on Yunnan pine in Kunming, China[J]. Journal Appl Ent, 1996, 119: 331- 333
- [7] 王海林, 陈尚文, 吴钰, 等. 昆明地区松纵坑切梢小蠹发生规律及其综合治理的初步研究[J]. 西南林学院学报, 1987, 2(8): 33- 40
- [8] 段焰青, 叶辉, 陈善娜, 等. 云南松接入小蠹伴生真菌后韧皮过氧化物酶的变化[J]. 云南大学学报, 2000, 22(1): 68- 70
- [9] 李天星, 陈善娜, 叶辉. 不同水分状况下云南松抗病性的研究(I)[J]. 云南大学学报, 1999, 21(5): 419- 421.
- [10] 廖周瑜, 叶辉, 吕军. 温度对纵坑切梢小蠹伴生菌——云南半帚孢生长的影响[J]. 林业科学研究, 2002, 15(3): 338- 342
- [11] Zhou Xu-dong, Karin J, Michel M, et al A new *Lep tographium* species associated with *Tan icus piniperda* in South Western China[J]. Mycoscience, 2000, 41: 573- 578
- [12] Solheim H, Langstrom B. Blue stain fungi associated with *Tan icus piniperda* in Sweden and preliminary observations on their pathogenicity[J]. Ann Sci For, 1991, 48: 149- 156
- [13] Krokene P, Solheim H. What do low-density inoculations with fungus tell us about fungal virulence and tree resistance[A]. Lieutier F, Mattson W J, Wagner M R. Physiology and Genetics of Tree-phytophage Interaction (*International symposium*) [C]. Paris: NRA press, 1997. 353- 362

- [14] 李丽莎,王海林,柴秀山,等. 云南松纵坑切梢小蠹危害及生物学特性研究[J]. 云南林业科技, 1997, (2): 1- 7.
- [15] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1991.
- [16] 周旭东,叶 辉,丁骅孙. 云南松纵坑切梢小蠹蛀干期虫坑真菌类群初步研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(5): 556- 560.
- [17] 段焰青. 云南松对纵坑切梢小蠹伴生真菌抗性的年变化规律研究[D]. 云南昆明: 云南大学, 1999.
- [18] 李丽莎,王海林,柴秀山,等. 纵坑切梢小蠹危害与环境关系研究[J]. 云南林业科技, 1997, (2): 8- 13.

Resistance response of *Pinus yunnanensis* to inoculation with
Leptographium yunnanense, a fungus associated with
Tomicus piniperda during the drought season

LIAO Zhou-yu^{1,2}, YE Hui², LU Jun², LIN Yan²

(1 Department of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry College, Kunming, Yunnan 650224, China;

2 School of Life Science, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650091, China)

Abstract: This paper reports the resistance response of Yunnan pine (*Pinus yunnanensis*) to inoculation with *Leptographium yunnanense*, a pathogenic fungus associated with *Tomicus piniperda* attacking *Pinus yunnanensis* during the drought season in Kunming region. Results indicated that there is a certain negative relationship existed between the Yunnan pine's resistance and precipitation, and environmental temperature, and the correlation coefficient is $r = -0.7798$ and $r = -0.4627$ respectively, $|r_{0.05}| = 0.811$, $P > 0.05$. In the earlier drought season, both the temperature and the precipitation are lower, and the water content of the Yunnan pine is also lower, under these conditions, the fungus' growth and its virulence are weaker, the Yunnan pine's resistance is relatively stronger, so the *Tomicus* attacks during this period is not serious; however, in the later drought season, the temperature rises gradually, and the precipitation also increases, so does the water content of Yunnan pine, under these conditions, the Yunnan pine's resistance is relatively weaker, but the fungus' growth and its virulence are relatively stronger, so during this period, the *Tomicus* attacks (especially trunk attacks) are very serious. These results are constant with the *Tomicus* attacks under the natural conditions, and could give a better reason for the spacial and temporal distribution of *Tomicus* attacks.

Key words: *Pinus yunnanensis*; *Tomicus piniperda* L.; *Leptographium yunnanense*; resistance variation