

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2021.04.016

# 建柏 *Fokienia hodginsii* Henry 幼树树皮形态及 内含物与黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* Shiraki 危害的关系

是雨霏<sup>1\*</sup>, 卢赐鼎<sup>1\*</sup>, 陈祯鸿<sup>1</sup>, 梁运<sup>1</sup>, 林建辉<sup>2</sup>, 李渊顺<sup>3</sup>,  
叶秀素<sup>4</sup>, 吴木花<sup>3</sup>, 林清兰<sup>3</sup>, 梁光红<sup>1\*\*</sup>

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 福建省林业勘察设计院, 福建 福州 350001; 3. 福建省安溪丰田国有林场,  
福建 泉州 362400; 4. 泉州市森林公园, 福建 泉州 362400)

**摘要:** [目的] 为明确黑翅土白蚁对不同树龄建柏危害差异及机制, 以提出科学有效的防治对策。[方法] 本试验以 1、2、4 a 生建柏植株为研究对象, 分别观测其地径处树皮组织的形态结构, 测定和分析其部分营养物质及植物次生物质的含量差异。[结果] 在不同林龄的建柏林分中, 1 a 生建柏树皮厚度最薄且蜡质层平整度最低, 树皮裂痕数最少, 但黑翅土白蚁被害率与被害程度最高, 表明 2 a 生及以上建柏具有一定的物理抗性; 各龄树皮中的多糖、可溶性蛋白、黄酮、总酚含量均无显著性差异 ( $p > 0.05$ ), 但可溶性糖与单宁含量则具有显著差异 ( $p < 0.05$ ), 其中 1 a 生植株可溶性糖含量最高且单宁含量最低; 4 a 生植株可溶性糖含量最低且单宁含量最高, 表明单宁含量可能是影响建柏抗虫性的化学因素之一。[结论] 黑翅土白蚁的危害程度与建柏树龄密切相关, 而不同树龄的建柏的树皮结构、蜡质层分布状态、可溶性糖和单宁含量则显著不同, 共同决定了黑翅土白蚁对建柏危害程度的差异。

**关键词:** 建柏; 黑翅土白蚁; 营养物质; 植物次生物质; 危害程度

**中图分类号:** S763.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2021)04-0134-07

建柏 (*Fokienia hodginsii* Henry) 是福建省极具特色的乡土树种和优势树种之一, 其树形优美、生态性能优越、材质优良, 符合生态林和速生丰产用材林造林要求, 具有重要应用前景<sup>[1-2]</sup>。然而, 随着建柏人工纯林面积不断增长且经营水平滞后, 导致黑翅土白蚁 (*Odontotermes formosanus* Shiraki)、黄胸散白蚁 (*Reticulitermes flaviceps* Oshina)、秩毒蛾 (*Olene* sp.)、鞭角华扁叶蜂 (*Chinolyda flagellicornis* F.Smith)、蜀柏毒蛾 (*Parocneria orientalis* Chao) 及建柏赤枯病 (*Pestotlotia* sp.) 等林业有害生物频繁发生, 严重制约建柏人工林的发展<sup>[3]</sup>。其中, 黑翅土白蚁是典型的社会性昆虫, 具

有种群基数高、繁殖速度快、危害隐蔽和传播快速等特点, 是建柏林分中的关键害虫, 常通过搭建蚁道从蚁穴接近建柏幼树根茎部位取食, 继而构建泥被拓展取食面积, 形成环割状伤口甚至新植幼苗死亡, 对建柏幼林危害率高达 70%, 导致林分缺苗甚至无法郁闭, 危害性极大<sup>[3-4]</sup>。前期调查还发现, 黑翅土白蚁对建柏的危害随着树龄增长而减弱, 推测与建柏树皮的形态结构及内部生理特性如代谢产物中的次生物质有关。前人研究发现寄主植物遭受植食性昆虫侵害时, 常通过代谢途径, 使寄主植物体内可溶性糖、多糖与可溶性蛋白等营养物质含量下调, 并分泌黄酮、单宁和总酚等次生代谢产物来

收稿日期: 2020-07-17 修回日期: 2021-01-23

基金项目: 福建省林业科技项目 [ 闽林科便函 (2018) 26 号 ]、福建省林业厅林木种苗科技攻关项目 [ 闽林科便函 2016) 7 号 ] 资助

\*代表同等贡献 \*\*通讯作者: E-mail: fjlhg@126.com

影响昆虫对寄主的选择、取食和产卵等行为<sup>[5-8]</sup>。因而, 以上6种植物内含物常被广泛用作植物抗虫性指标, 评价寄主植物的抗虫性能及与植食性昆虫互作的生理机制<sup>[9-11]</sup>。目前, 国内外学者对于危害建柏的病虫害种类关注和研究很少<sup>[4]</sup>, 但日趋加重的危害显著削弱了建柏幼苗长势, 延迟幼林郁闭, 并大大增加了建柏人工林抚育成本。为此, 以不同树龄建柏受害部位树皮为研究材料, 采用扫描电镜观测受害部位树皮表面及截面微观结构, 探讨不同树龄建柏树皮微观结构与黑翅土白蚁危害程度的关系; 测定不同树龄受害部位树皮的内含物含量, 探析其含量变化与黑翅土白蚁危害程度的关系, 为建柏林分中黑翅土白蚁的生态治理及建柏速生丰产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料概况

试验地位于福建省安溪县丰田国有林场下镇工区, 是我国建柏优质种子资源基因库和福建柏种植示范基地<sup>[12-13]</sup>, 位于 118°0'5.24"~118°2'14.38" E、25°16'25.45"~25°20'53.41" N, 属典型的亚热带季风气候, 年平均温度 19.5℃, 最高温 37℃, 年降水量约 1800 mm, 无霜期 330 d, 以丘陵地形为主, 海拔 434~576 m。

该工区内主要栽植 1、2、4、8 a 生建柏纯林, 其中低龄林 (<4 a 生) 受黑翅土白蚁危害较重, 缺苗率超过 30%; 4 a 生建柏受害较轻, 不足 10% 植株地径处可见少量泥线分布, 基本不影响建柏长势; 8 a 生林分接近郁闭, 未见黑翅土白蚁危害, 长势良好。

### 1.2 研究材料与方法

#### 1.2.1 不同树龄建柏地径部位树皮结构观测

##### (1) 地径部位树皮厚度测定

在下镇工区选择建柏 1、2、4 a 生健康植株, 分别用电工刀割取地径处 (离地 1~10 cm) 树皮 (图 1), 再从下往上取 1 cm × 1 cm 小方块, 用游标卡尺测量树皮厚度, 每块树皮重复测定 3 次, 记录平均值; 每个龄级重复取样和测量 5 株。

##### (2) 地径部位树皮表面与横截面结构观测

按上述方法割取地径及以上 (离地 1~10 cm) 树皮, 采用冰袋保鲜带回实验室, 取地径处 (离地 2 cm) 树皮的小方块样品 (2 mm × 2 mm) 2 块, 分别用于观测树皮表面和横截面结构, 各重



图 1 建柏地径部位受害症状及树皮取样部位 (白圈)  
Fig. 1 Infested bark by *O. formosanus* and sampled bark of *F. hodginsii*

复 3 组。样品经纯水清洗后, 用 5% 戊二醛固定液浸泡 24 h, 取出后间歇用磷酸缓冲液清洗样品 3 次, 每次清洗间隔 10~15 min, 再用 1% 锇酸固定 4 h; 使用不同浓度 (50%、70%、80%、90%、100%) 酒精逐级脱水, 每次脱水间隔 15 min; 最后用 100% 环氧丙烷置换 2 次; 再将样品放入临界点干燥器 (日立 HITACHI HCP-2) 处理至充分干燥; 将样品固定在观察台后用离子镀膜仪 (EIKO IB-5) 喷金<sup>[14]</sup>, 在扫描电镜 (JEOL JSM-6380LV) 下观测建柏树皮表面裂痕密度 (条· $\mu\text{m}^{-2}$ )、蜡质层密度 (颗粒个数· $\mu\text{m}^{-2}$ )、粗糙程度和周皮组织致密度 (周皮细胞个数· $\mu\text{m}^{-2}$ )。

#### 1.2.2 不同树龄建柏树皮部分内含物的测定

##### (1) 制样方法

将上述树皮样品保鲜带回实验室后, 用纯水清洗后置于铝盒内, 再置于电热恒温鼓风干燥箱 (DHG-9240A) 中, 在 105℃ 下烘干, 随后调至 80℃ 令其烘至恒质量后, 取出树皮组织置于粉碎机 (DFY-500) 中粉碎 5 min, 过 40 目筛后收集粉末样品, 密封置于干燥器中待测。

##### (2) 营养物质测定

各称取树皮样品 0.05 g, 分别采用蒽酮试剂法和苯酚-硫酸法测定可溶性糖和多糖含量<sup>[15]</sup>; 称取树皮样品 0.2 g, 采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量<sup>[16]</sup>。

##### (3) 次生物质测定

各称取树皮样品 0.25 g, 采用分光光度法、钨酸盐磷钼酸法、福林试剂法分别测定黄酮、单宁、总酚含量<sup>[15-17]</sup>。

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2007 绘制标准曲线和图表, 用 SPSS 软件 (IBM SPSS Statistics 20.0) 及 LSD 法对数据进行统计分析及其显著性检验。

计算公式: 样品内含物含量 (%) =  $(C \times V \times D) / (W \times v \times 106) \times 100\%$ , 其中,  $C$  为标准曲线测得内含物含量 ( $\mu\text{g}$ ),  $V$  为提取液总体积 (mL),  $v$  为测定时取用体积 (mL),  $D$  为稀释倍数,  $W$  为样品质量 (g) [15-17]。

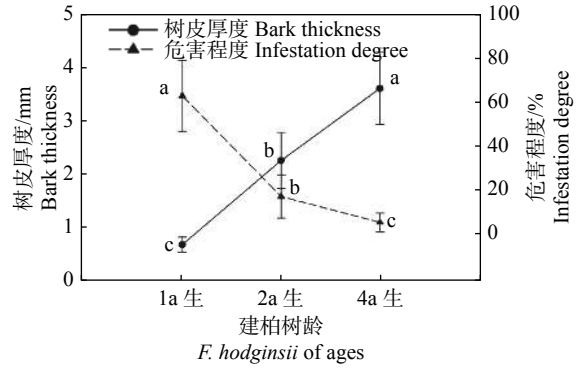
## 2 结果与分析

### 2.1 建柏树皮厚度与危害程度的关系

建柏树皮厚度表现为:  $4\text{a生} > 2\text{a生} > 1\text{a生}$ , 方差分析表明, 树皮厚度随着树龄增加呈显著增加趋势 (图 2,  $p < 0.05$ ); 从黑翅土白蚁危害程度来看, 则表现为  $4\text{a生} < 2\text{a生} < 1\text{a生}$ , 与树皮厚度趋势相反 (图 2,  $p < 0.05$ ), 树龄越大, 树皮越厚, 建柏受害越轻, 推测较厚的树皮可能具有较强的耐害能力或自愈能力。

### 2.2 树皮表面结构与危害程度的关系

扫描电镜观察发现, 不同树龄建柏的树皮组织均具不同程度裂痕密度 (图 3-1) 与蜡质层颗粒密度和平整度 (图 3-2)。其中, 不同树龄建柏的表皮裂痕密度为:  $4\text{a生} (84\text{条} \cdot \mu\text{m}^{-2}) > 2\text{a生} (64\text{条} \cdot \mu\text{m}^{-2}) > 1\text{a生} (38\text{条} \cdot \mu\text{m}^{-2})$ , 建柏外表皮裂



注: 小写字母表示不同树龄的差异 5% 水平显著性, 下同。

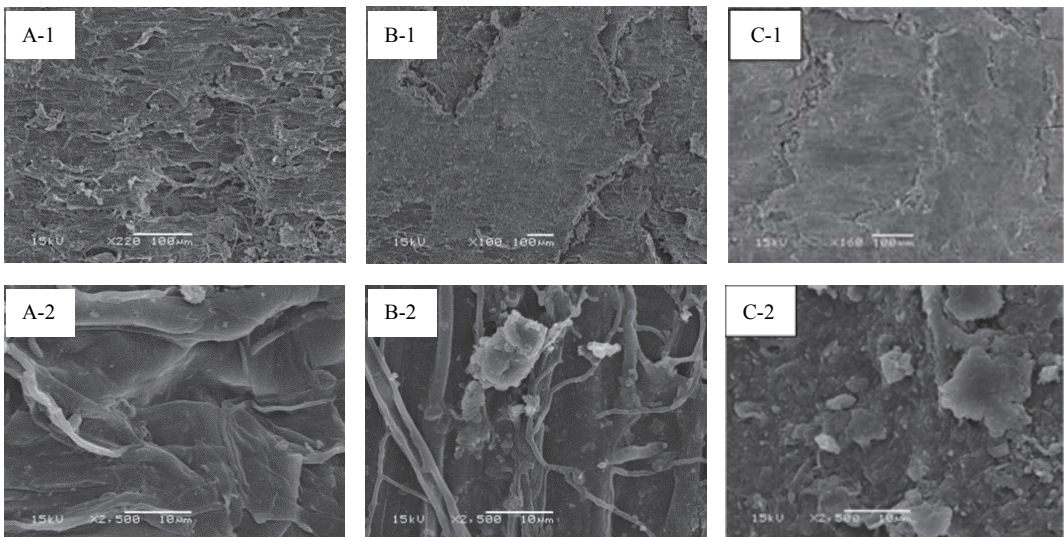
Note: Different letters on the column indicate significant difference ( $p < 0.05$ ), the same below.

图 2 不同树龄建柏的树皮厚度

Fig. 2 Bark thickness of *F. hodginsii* with different ages

痕密度越高, 说明角质化程度越高, 黑翅土白蚁的危害程度越轻, 反之则越严重, 因此建柏外表皮的高度角质化则有利于抵御害虫侵害。

不同树龄建柏周皮上的表皮蜡质层颗粒密度为  $1\text{a生} (56\text{个} \cdot \mu\text{m}^{-2}) > 2\text{a生} (42\text{个} \cdot \mu\text{m}^{-2}) > 4\text{a生} (28\text{个} \cdot \mu\text{m}^{-2})$ , 表明树龄越低, 蜡质层颗粒密度越高, 黑翅土白蚁的危害程度则越重; 蜡质层的粗糙程度为  $1\text{a生} (75\%) > 2\text{a生} (40\%) > 4\text{a生} (20\%)$ , 蜡质层表面越粗糙, 黑翅土白蚁危害越重, 因此表皮相对光滑则不利于黑翅土白蚁取食与危害。



A: 4a生, B: 2a生, C: 1a生; 1: 表皮裂痕, 2: 蜡质层。

A: 4 years old, B: 2 years old, C: 1 year old; 1: Cracks of outer skin barks, 2: Waxy layer.

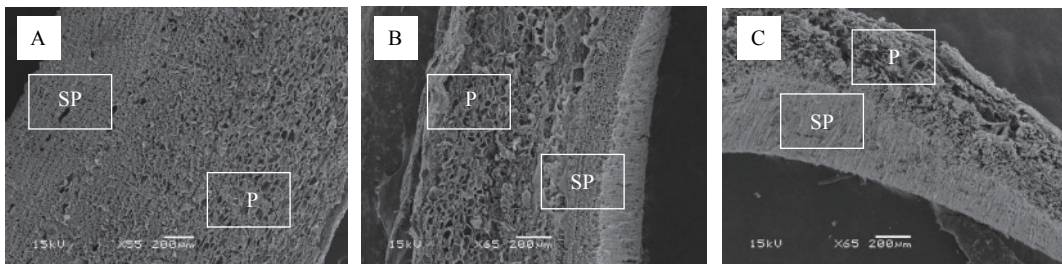
图 3 建柏树皮周皮外表皮形态

Fig. 3 Outer skin periderm morphology of *F. hodginsii*

### 2.3 树皮横截面形态与危害程度的关系

树皮横截面的电镜观察显示, 建柏树皮结构由外至内依次可分为两大部分: 即周皮组织 (P) 及次生韧皮部组织 (SP) (图 4)。其中受害程度较高的 1、2 a 生建柏树皮外表皮及木栓层部分 (属于周皮) 所占比例明显多于受害程度较轻的 4 a 生建柏, 表明外表皮及木栓层所占比例越多时, 则不

利于黑翅土白蚁危害建柏, 被害程度越轻; 1 a 生建柏周皮组织的致密度最低 ( $130 \text{条} \cdot \mu\text{m}^{-2}$ ), 细胞排列较为疏松, 有利于黑翅土白蚁的啃食; 周皮组织的致密度随树龄增长逐渐增加, 细胞排列趋于致密, 被害程度也逐渐降低。次生韧皮部总体约占树皮组织的 37%~48%, 但三者形态并无明显差异。



A: 4 a 生; B: 2 a 生; C: 1 a 生

A: 4 years old; B: 2 years old; C: 1 year old.

图 4 不同年龄建柏树皮横截面次生韧皮部 (SP) 与周皮 (P) 的形态及分布

Fig. 4 Morphology and distribution of secondary phloem(SP) and periderm (P) from intersecting surface of barks at different ages of *F. hodginsii*.

### 2.4 不同树龄建柏树皮营养物质含量与危害程度的关系

在建柏地径部位树皮的 3 种营养物质中, 可溶性糖含量所占比重 (66%~81%) 显著高于其它 2 类化合物, 且表现为: 1 a 生 < 2 a 生 < 4 a 生, 表明可溶性糖含量随树龄增大呈显著增加趋势 ( $p < 0.05$ ), 其中 4 a 生树皮内可溶性糖含量分别是 1 a 生、2 a 生建柏可溶性糖含量的 1.54、1.20 倍 (表 1), 与

其被害程度呈相反趋势, 显然, 可溶性糖含量与黑翅土白蚁危害并无关联。多糖含量相对较低, 且不同树龄之间无显著差异 (表 1); 可溶性蛋白含量极低 (约 0.2%), 不同树龄之间也无显著差异 (表 1), 推测它们与黑翅土白蚁对不同树龄的选择关联很小。因此, 不同树龄建柏树皮内的 3 种营养物质不影响黑翅土白蚁的危害程度。

表 1 各树龄建柏树皮营养物质含量与危害程度的关系

Table 1 Contents of nutrient substances in the barks of *F. hodginsii* at different ages

林分树龄 Tree age	危害程度/% Infestation degree	可溶性糖含量/% Soluble sugar	多糖含量/% Polysaccharide	可溶性蛋白含量/% Soluble protein
1 a 生	61.4 ± 15.7 a	19.92 ± 6.25 c	5.64 ± 1.21 a	0.19 ± 0.03 a
2 a 生	16.7 ± 9.6 b	25.45 ± 1.12 b	8.68 ± 1.75 a	0.16 ± 0.01 a
4 a 生	5.2 ± 4.2 c	30.64 ± 1.81 a	6.96 ± 0.32 a	0.19 ± 0.01 a

### 2.5 不同树龄建柏树皮植物次生物质含量与危害程度的关系

一般地, 黄酮和单宁等植物次生物质会阻碍昆虫对寄主植物组织的消化和吸收, 故不利于植食性昆虫的生长发育。测定结果发现, 建柏地径树皮内单宁含量较高 (均大于 10%), 在 3 种植物次生物

质中相对比例最大 (约占 72%); 鉴于 1 a 生建柏被害程度最重, 而单宁含量则显著低于 2 a 生、4 a 生树皮样品 ( $p < 0.05$ ), 推测 1 a 生建柏单宁含量与其树皮的可食性密切相关。与之相比, 4 a 生树皮样品中单宁含量最高 (35.35%), 分别是 1 a 生、2 a 生树皮中单宁含量的 3.3、2.1 倍 (表 2), 与

表2 各树龄建柏树皮植物次生物质含量与危害程度的关系

Table 2 Contents of secondary substances in the barks of *F. hodginsii* at different ages

林分树龄 Tree age	危害程度/% Infestation degree	黄酮含量/% Flavone	单宁含量/% Tannin	总酚含量/% Total phenols
1 a生	61.4 ± 15.7 a	0.90 ± 0.07 a	10.64 ± 2.74 c	2.91 ± 0.14 a
2 a生	16.7 ± 9.6 b	0.67 ± 0.07 b	16.84 ± 4.46 b	2.87 ± 0.5 a
4 a生	5.2 ± 4.2 b	0.79 ± 0.04 b	35.35 ± 4.22 a	3.00 ± 0.28 a

其被害程度差异吻合，故树皮单宁含量可能是影响建柏树皮被害程度的关键因素之一。

此外，1 a、2 a生建柏树皮内总酚含量低于4 a生树皮（表2），与不同树龄被害程度基本吻合，但三者不存在显著差异（ $p > 0.05$ ），未对黑翅土白蚁的取食与危害造成实质性影响；而1 a生建柏树皮内黄酮含量显著高于2 a生、4 a生树皮（ $p < 0.05$ ），但总含量相对很低（不足1%）（表2），也未对黑翅土白蚁的取食选择造成实质性影响。

### 3 讨论

林木的茎部各组织中，树皮因其输送营养的导管众多且韧皮部内富含营养物质，更容易遭受蛀干害虫的危害。研究发现，光肩星天牛（*Anoplophora glabripennis* Motschulsky）幼虫数量随着杨树树皮厚度的增加而不断增多<sup>[18-19]</sup>；新疆野苹果（*Malus sieversii* Roem）树皮平均每增大1 mm，则苹小吉丁虫（*Agrilus mali* Mats）的虫口数量平均增加2头<sup>[20]</sup>，表明树皮厚度在一定程度上决定了蛀干害虫危害程度的差异。但本研究发现树皮越厚，危害程度越轻，可能与二者独特的习性有关，即天牛害虫危害树皮前由成虫交配后将卵产入树皮内部，幼虫孵化后便开始持续蛀食韧皮部等造成危害；而黑翅土白蚁是群居性昆虫，能利用排泄物与部分消化的植物碎屑构筑白蚁菌圃作为“食品加工厂”，可在菌圃上培养优势菌蚁巢伞（*Termitomyces* spp.）作为食物，解决短期食物短缺矛盾，故在短期内对寄主的依赖性相对较低<sup>[21-23]</sup>。但由于建柏常通过炼山造林，不仅直接破坏地表植被导致食物资源短缺，而且地表高温迫使黑翅土白蚁退回蚁巢生活并消耗菌圃中的食物，不断增长的种群和有限食物资源的消耗矛盾日积月累，逐步加剧巢内食物短缺，迫使工蚁搭建泥线或泥被啃食建柏树皮，或搬运回巢作为菌圃原料，更加剧了对建柏幼树造成危害，可能是幼林严重被害的另一重要原因。

研究发现，糖类作为黑翅土白蚁诱料添加剂的有效成分之一<sup>[24]</sup>，含糖量越高的植株理应对该虫更具吸引力，但我们的测定结果与此不同，受害程度最轻的4 a生建柏树皮内的可溶性糖显著高于1 a生建柏（ $p < 0.05$ ），而1 a生植株树皮内单宁含量显著低于4 a生（ $p < 0.05$ ），推测单宁含量才是在黑翅土白蚁食物选择中具有关键性作用的寄主植物内含因子。进一步观察发现，受害极为严重的1 a生植株树势衰弱，可能与单宁等树体自身化学抗性较低有关，也可能是虫伤诱导次生物质含量增加导致自愈能力退化，加之养分和水分输导能力锐减，最终迅速死亡；轻、中度受伤植株还具有一定自愈能力，在未进一步受害的情况下会在伤口处迅速形成愈伤组织，可能继续生长为多年生植株。也有研究证实，单宁能够阻碍植食性昆虫对于糖类等营养物质的取食和消化，是一种有效的化学防御物质，对于筛选林木抗虫性品种具有指示作用<sup>[25]</sup>。比如2种土沉香（*Aquilaria sinensis* (Lour.) Spreng）抗虫品种的受害组织中单宁含量均显著高于感虫品种，抑制了黄野螟（*Heortia vitessoides* Moore）的生长发育<sup>[26]</sup>；抗虫桉树单宁等酚类物质也与桉树抗枝瘿姬小蜂（*Leptocybe invasa* Fisher et LaSalle）的表现紧密相关<sup>[27]</sup>；表明单宁在抵御害虫危害中确有积极作用，值得在抗虫品种选育领域进一步深入研究并加以利用。

### 4 结论

建柏遭受黑翅土白蚁的危害程度随树龄增长而呈显著下降趋势，观察受害部位树皮结构发现，树皮厚度随树龄增加而增厚，裂痕密度随树龄增加呈增加趋势，表面蜡质层也更为光滑、周皮组织更加致密，可能是高龄建柏阻止黑翅土白蚁的取食和危害的物理因素；内含物测定发现，树皮可溶性糖、单宁含量随建柏树龄增长而增加，认为营养物质与其危害程度关系不密切，但植物次生物质单宁含量

具有阻碍植食性昆虫消化寄主的重要作用<sup>[11]</sup>, 与黑翅土白蚁对不同树龄建柏的危害程度密切相关, 可能是影响危害程度的化学因素之一; 此外, 炼山造林方式直接破坏地表植被, 改变了黑翅土白蚁的生活环境和方式, 可能是建柏幼林严重被害的人为因素。

### 参考文献:

- [1] 王永安, 刘意珍, 刘舜初, 等. 我国福建柏天然林地分布初报[J]. 生态学杂志, 1984, (4): 19-23.
- [2] 黄树军, 荣俊冬, 张龙辉, 等. 福建柏研究综述[J]. 福建林业科技, 2013, 40(4): 236-242.
- [3] 王亚召, 嵇保中, 刘曙雯, 等. 白蚁取食行为多型及其机理[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(1): 181-192.
- [4] 唐缙涵, 汪国彬, 沈秋水, 等. 福建省沿海地区建柏病虫害种类初步调查[J]. 亚热带农业研究, 2020, 16(3): 181-192.
- [5] 陈明顺, 仵均祥, 张国辉. 植物诱导性直接防御[J]. 昆虫知识, 2009, 46(2): 175-186.
- [6] Dey P M. Plant biochemistry[M]. Toronto: Academic Press, 1997. 1-554.
- [7] 陈红松, 黄立飞, 姜建军, 等. 扶桑绵粉蚧寄主选择行为及其与寄主叶片生化物质含量的相关性[J]. 南方农业学报, 2019, 50(4): 768-774.
- [8] 唐中华, 于景华, 杨逢建, 等. 植物生物碱代谢生物学研究进展[J]. 植物学通报, 2003, 20(6): 696-702.
- [9] 孙倩, 张廷伟, 魏君玉, 等. CO<sub>2</sub>浓度升高条件下不同程度豌豆蚜危害对紫花苜蓿叶片营养物质和次生代谢物质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2019, 27(1): 92-99.
- [10] 吴梅梅, 杨丽荣, 杨小振, 等. 蚜虫侵染对西瓜幼苗生理生化指标的影响[J]. 果树学报, 2015, 32(5): 943-949.
- [11] 杨乃博, 伍苏然, 沈林波, 等. 植物抗虫性研究概况[J]. 热带农业科学, 2014, 34(9): 61-68+89.
- [12] 林钦固, 林百兰. 白蚁林场成福建柏示范区[N]. 安溪新闻, 2011-11-11.
- [13] 刘敬灶. 福建柏初级种子园营建及管理技术研究[J]. 福建林业科技, 2008, 20(1): 216-218, 230.
- [14] Davis C L, Donkin C J, Hinch S A, et al. The microbiology of pine bark composting: An electron-microscope and physiological study[J]. Bioresource Technology, 1992, 40(3): 195-204.
- [15] 姜永幸. 棉蚜的取食行为及棉花抗蚜的生理生化机制[D]. 北京, 中国农业科学院, 1994.
- [16] 李维宇. 三种蝗虫不同发育阶段虫体内含物的测定与比较分析[D]. 长春, 吉林农业大学, 2014.
- [17] 王伟. 桉树对枝瘿姬小蜂抗性及其机制研究[D]. 北京, 中国林业科学研究院, 2012.
- [18] 赵博光, 李周直, 葛庆杰. 光肩星天牛在杨树上产卵部位的选择[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19(3): 29-33.
- [19] 温俊宝, 叶刚, 李镇宇, 等. 杨树受光肩星天牛危害程度与树皮厚度的关系[J]. 河北林果研究, 1998, 13(2): 40-44.
- [20] 梅闯, 闫鹏, 艾沙江·买买提, 等. 新疆野苹果(*Malus sieversii*)受苹小吉丁虫危害程度与树皮厚度、径阶的关系[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(4): 24-30.
- [21] 梁世优, 王成盼, 殷学杰, 等. 培菌白蚁菌圃微生物降解木质纤维素的研究进展[J]. 昆虫学报, 2019, 62(11): 1325-1334.
- [22] 王成盼, 梁世优, 殷学杰, 等. 蚁巢伞对木质纤维素的降解作用[J]. 应用与环境生物学报, 2019, 25(3): 729-735.
- [23] 钱茜, 李赛飞, 文华安. 白蚁菌圃真菌多样性研究进展[J]. 菌物学报, 2011, 30(1): 12-17.
- [24] 黄求应. 黑翅土白蚁觅食行为学基础及诱杀系统的研究[D]. 武汉, 华中农业大学, 2006.
- [25] 孙萍, 郭树平, 李海霞. 杨树单宁含量与青杨天牛危害的关系[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(5): 51-52.
- [26] 朱诚祺, 张蒙, 马涛, 等. 土沉香对黄野螟抗性机理的初步研究[J]. 中国森林病虫, 2017, 36(5): 5-8, 12.
- [27] 李晓琼, 刘亚珍, 周晓果, 等. 桉树抗桉树枝瘿姬小蜂理化因子的多元回归分析[J]. 广西科学, 2017, 24(2): 188-195.

# Relationship between *Odontotermes formosanus* Shiraki Infestation and Host Bark Micro-morphology and Contents of *Fokienia hodginsii* Henry

SHI Yu-fei<sup>1</sup>, LU Ci-ding<sup>1</sup>, CHEN Zhen-hong<sup>1</sup>, LIANG Yun<sup>1</sup>, LIN Jian-hui<sup>2</sup>, LI Yuan-shun<sup>3</sup>,  
YE Xiu-su<sup>4</sup>, WU Mu-hua<sup>3</sup>, LIN Qing-lan<sup>3</sup>, LIANG Guang-hong<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China; 2. Fujian Provincial Forestry Survey and Design institute, Fuzhou 350001, Fujian, China; 3. Anxi Fengtian National Forest Farm, Quanzhou 362400, Fujian, China; 4. Quanzhou Forest Park, Quanzhou 362400, Fujian, China)

**Abstract:** [Objective] To clarify the mechanism of *Odontotermes formosanus* Shiraki infestation to *Fokienia hodginsii* Henry et Thomas with different ages in order to develop effective control measures. [Method] Based on the damaged degree of *F. hodginsii*, the micro-morphological structure of infested bark tissue from 1-, 2- and 4-year-old *F. hodginsii* was observed by using scanning electron microscope. Then the difference of some nutrient contents and plant secondary substances were measured and analyzed to determine the relationship between infestation degree and variation of these substances. [Result] One-year-old *F. hodginsii* had the highest infestation degree by *O. formosanus*, while it had the thinnest bark thickness, the lowest smoothness of waxy layer, and the lowest density of bark cracks, indicating that older host (> 1-year-old) individuals had certain physical resistance to *O. formosanus*. The polysaccharides, soluble protein, flavonoids and total phenols within bark of all trees showed no significant difference ( $p > 0.05$ ), but the contents of soluble sugar and tannin were significantly different among the trees with different age ( $p < 0.05$ ). The soluble sugar content was the highest and tannin content was the lowest in the bark of the 1-year-old *F. hodginsii*, while the soluble sugar content was the lowest and tannin content was the highest in the bark of the 4-year-old host, indicating the content of tannin was probably one of the key chemical factors to influence the resistance of *F. hodginsii*. [Conclusion] The damaged degree by *O. formosanus* is closely related to the ages of *F. hodginsii*, while the bark microstructure, waxy layer distribution, content of soluble sugar and tannin from different samples are significantly different, which determine conjointly their resistance to *F. hodginsii*.

**Keywords:** *Fokienia hodginsii* Henry; *Odontotermes formosanus* Shiraki; nutrition substances; secondary substances; infestation degree

(责任编辑: 崔 贝)