

新烟碱类药剂用于厚芯胶合板防白蚁可行性研究*

高 婕 马红霞 李兴伟 陈利芳

(广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 新烟碱类药剂是全球最大的一类植物源杀虫剂。文章研究了第一代新烟碱类药剂吡虫啉、噻虫啉和第二代新烟碱类药剂噻虫嗪对家白蚁的毒性, 探讨了 3 种药剂用于厚芯胶合板防白蚁的可行性。研究表明, 噻虫嗪和噻虫啉对家白蚁 *Coptotermes formosanus* 毒力高于吡虫啉; 3 种药剂在 140 ℃ 以下具有良好的热稳定性, 采用单板预处理方式, 对板材胶合性能无显著影响 ($P < 0.05$), 3 种药剂浓度 9.6 mg/kg 即可提升板材防白蚁蛀蚀等级至 10 级。

关键词 吡虫啉; 噻虫啉; 噻虫嗪; 厚芯胶合板; 白蚁防治

中图分类号: S785 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2021) 03-0111-05

Effect of Neonicotinoid Pesticides on the Termite Resistance of Thick-core Plywood

GAO Jie MA Hongxia LI Xingwei CHEN Lifang

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/ Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Neonicotinoid pesticides is the largest type botanical pesticides in the world. Pyrimethanil and thiacloprid as the first generation of neonicotinoid pesticides and thiamethoxam as the second generation of neonicotinoid pesticides are studied on the toxicity of termite, and the termite resistance effect of thick-core plywood treated by the neonicotinoid pesticides are explored. Results show that thiacloprid and thiamethoxam have greater toxicity than pyrimethanil on termite; all of the three tested pesticides have good thermal stability under 140 ℃, and can be used as termite-killing agents for thick-core plywood. Plywood with agent concentration of 9.6 mg/kg, has good physical-mechanical properties and its termite resistance grade is from 6 up to 10.

Key words pyrimethanil; thiacloprid; thiamethoxam; thick-core plywood; termite resistance

厚芯胶合板是以 4~8 mm 超厚单板为芯板组坯而成的胶合板。与传统胶合板相比, 厚芯胶合板可减少胶粘剂用量, 具有生产效率更高、更环保的优点^[1], 但由于芯板部分多以杨木、松木等速生林木材为主, 且很大程度上保留了木材本身的性能, 因此易受到白蚁蛀蚀^[2-3], 限制了厚芯胶合板在南方地区, 特别是墙体材料、户外建材等方面的应用。

新烟碱类药剂是继有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类杀虫剂后的第四代杀虫剂。随着有机氯、有机磷等^[4]高毒白蚁化学药剂退出市场, 新烟碱类药剂以其高效防蚁效果和对哺乳动物低毒、环境友好的特点, 被世界各国广泛推广。目前, 新烟碱类药剂主要用于土壤处理防止地下白蚁入侵建筑物, 该类药剂通过选择性控制昆虫神经系统的烟碱型乙酰胆碱酯酶受体, 阻断

* 基金项目: 国家重点研发计划课题 (2018YFD06003032), 广东省重点领域研发计划 (2020B020216002)。

第一作者: 高婕 (1985—), 女, 工程师, 主要从事木竹材利用研究工作, E-mail: 2252033308@qq.com。

通信作者: 马红霞 (1981—), 女, 正高级工程师, 主要从事木材保护与木 / 竹基复合材料技术研究工作, E-mail: lkymhx@sinogaf.cn。

昆虫中枢神经系统正常传导,从而导致昆虫出现麻痹而死亡^[5]。吡虫啉作为第一代新烟碱类药剂,其使用浓度是有机磷杀白蚁剂如毒死蜱浓度的1/20 ~ 1/10,是拟除虫菊酯如氯氰菊酯使用浓度的1/5 ~ 1/2.5,已被美国国家环境保护署公布为替代毒死蜱的主要防治白蚁制剂之一^[6]。

新烟碱类杀虫剂自1991年上市以来,经过多次改进,已开发出多种系列产品。本文以第一代新烟碱类药剂吡虫啉、噻虫啉和第二代新烟碱类药剂噻虫嗪为研究对象,探讨其用于厚芯胶合板防白蚁的可行性。

1 材料与方法

1.1 材料

桉树单板,厚度1.2 mm,辐射松单板,厚度7.5 mm,平均含水率均为6%;胶合板用酚醛树脂,太尔胶粘剂(广东)有限公司提供,固含分别为44.17%、55.79%。供试药剂为新烟碱类药剂吡虫啉、噻虫啉、噻虫嗪,含量分别为95%、96%、97%,均购自市场。供试白蚁为家白蚁 *Coptotermes formosanus*,取自广东省林业科学研究院院内。

1.2 主要试验仪器

美国PE热重分析仪,型号Pyris1;美国TA差示扫描量热仪,型号Q20,参照物为高压不锈钢空坩埚。

1.3 试件制备

1.3.1 药剂处理单板工艺 试验采用单板预处理工艺,即先对单板进行药剂处理,然后干燥、热压成板。根据GB/T27651-2011^[7]防腐木材的使用分类和要求,吡虫啉处理南方松类木材浓度为21 mg/kg左右,因此本试验中设定药剂试验用量为9.5、24、38、50 mg/kg。将每种药剂制成水乳制剂后,稀释至上述4个浓度,然后分别对单板进行加压处理,制得12组药剂处理单板。其中,加压处理具体工艺参数为:前真空-0.1 MPa,处理时间10 min;加压至10 MPa,处理10 min;后真空-0.1 MPa,处理时间10 min。

1.3.2 压板工艺 单板干燥至含水率10%左右,然后涂胶、组坯、热压。其中以酚醛树脂为胶粘剂的板材双面涂胶量为180 g/m²,热压温度125℃,热压时间1.2 mm/min,热压压力2 MPa;以脲醛树脂为胶粘剂的板材双面涂胶量为160 g/m²,热压温度115℃,热压时间1.0 mm/min,热压压

力2 MPa。板材为5层,中间芯层为辐射松厚单板,上下各两层桉树单板。

1.4 性能测试

1.4.1 药剂对家白蚁毒力测定 采用药膜法比较3种药剂对家白蚁的毒性差异。用乙醇将3种药剂分别配成1 000 mg/L的母液。根据预试验结果,将吡虫啉和噻虫啉母液等比稀释为0.097、0.290、0.880、2.640、7.930 mg/L,噻虫嗪母液等比稀释为0.804、3.210、12.820、51.200、139.000 mg/L。

取1 mL药剂滴在直径为90 mm的滤纸上,自然晾干后放入直径为90 mm的干净培养皿中;投入30只个体大小一致的健康工蚁,置于28℃,相对湿度85%的环境中,每天观察记录白蚁死亡数量。测试期间注意保持滤纸的湿润。每一试验条件重复3次,如果空白对照击倒率或死亡率大于20%,则重新进行试验。

以药物浓度对数值为自变量 X ,96 h平均累计死亡率 Y 为因变量,计算药物的毒力回归方程,求出药剂的 LC_{50} ,作为药剂对家白蚁毒力评价指标^[8-9]。

1.4.2 药剂热稳定性 采用热重分析仪测试药剂的热解温度。试验条件为:样品从35℃升温到400℃,升温速率10℃/min;氮气气氛,气体流量20 mL/min。

1.4.3 药剂在板材中最佳用量 (1) 药剂处理浓度对板材抗白蚁蛀蚀性能影响 根据GB/T 18260-2015^[10],测试未经药剂处理的对照试样和经药剂处理试样的抗白蚁蛀蚀情况,每一试验条件重复3次。测试试样为根据1.3制备的厚芯胶合板,板材用胶粘剂为酚醛树脂。

(2) 药剂对板材胶合强度影响 根据GB/T 17657-2013^[11]人造板及饰面人造板理化性能试验方法测试未经药剂处理的对照试样和经药剂处理试样的胶合强度,根据GB/T 9846-2015^[12]普通胶合板对板材性能进行评价,分析药剂对板材胶合强度影响程度。

1.5 数据分析

用Excel 2010对数据进行整理,采用统计软件JMP 11.0.0对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 药剂对家白蚁毒力测定结果

从图1可以看出,供试药剂吡虫啉和噻虫

噻虫嗪浓度达到 0.88 mg/L 后白蚁累计死亡率明显增加；其中吡虫啉引起白蚁死亡率较高的时间段为 72~96 h 和 96~120 h，噻虫嗪引起白蚁死亡率时间段为 48~72 h、72~96 h。噻虫嗪供试浓度下对白蚁均有较高毒效，且随时间延长白蚁死亡率明显增加。其中引起白蚁较高死亡率的时间段为 48~72 h 和 72~96 h。

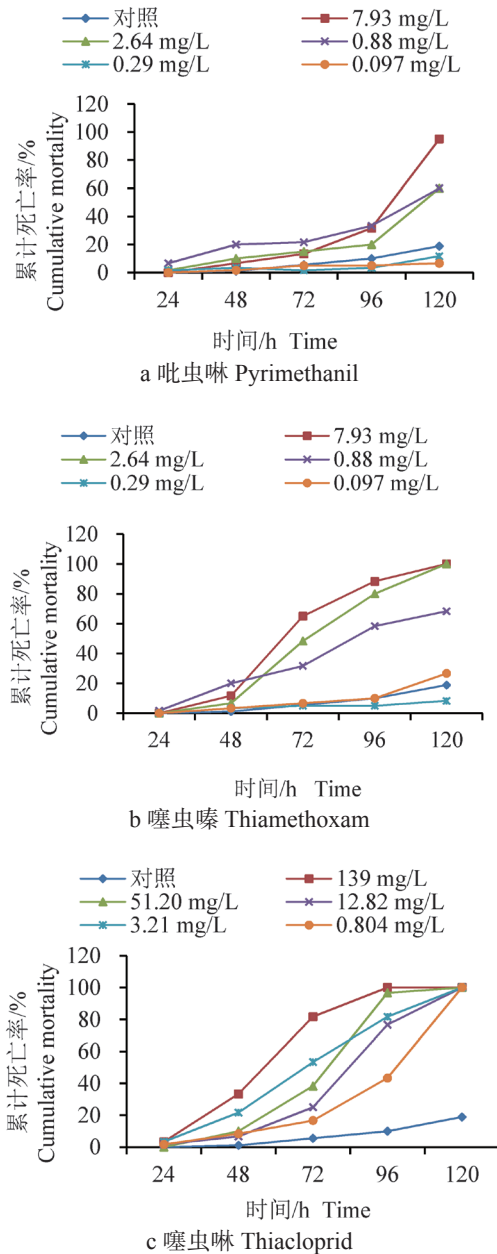


图 1 白蚁连续接触供试药剂时的累计死亡率
Figure 1 Cumulative mortality of *C. formosanus* by impregnated filter method

根据计算得出的 LC_{50} 来看，3 种新烟碱类药剂吡虫啉、噻虫嗪和噻虫啉的 LC_{50} 分别为 14.86、4.04 和 3.40 mg/L (表 1)，噻虫嗪和噻虫啉对白蚁

毒力高于吡虫啉。

2.2 药剂热稳定性能

采用单板预处理方式对板材进行药剂处理，因此必须保证药剂在板材热压温度条件下不挥发、不降解^[13]。厚芯胶合板最高热压温度一般不超过 140℃，根据 3 种药剂热重测试结果，如图 2 所示，吡虫啉、噻虫嗪和噻虫啉的起始降解温度为 277.5、301.5 和 219.20℃，因此 3 种药剂均可用于厚芯胶合板，其压板过程不会影响药剂药效。

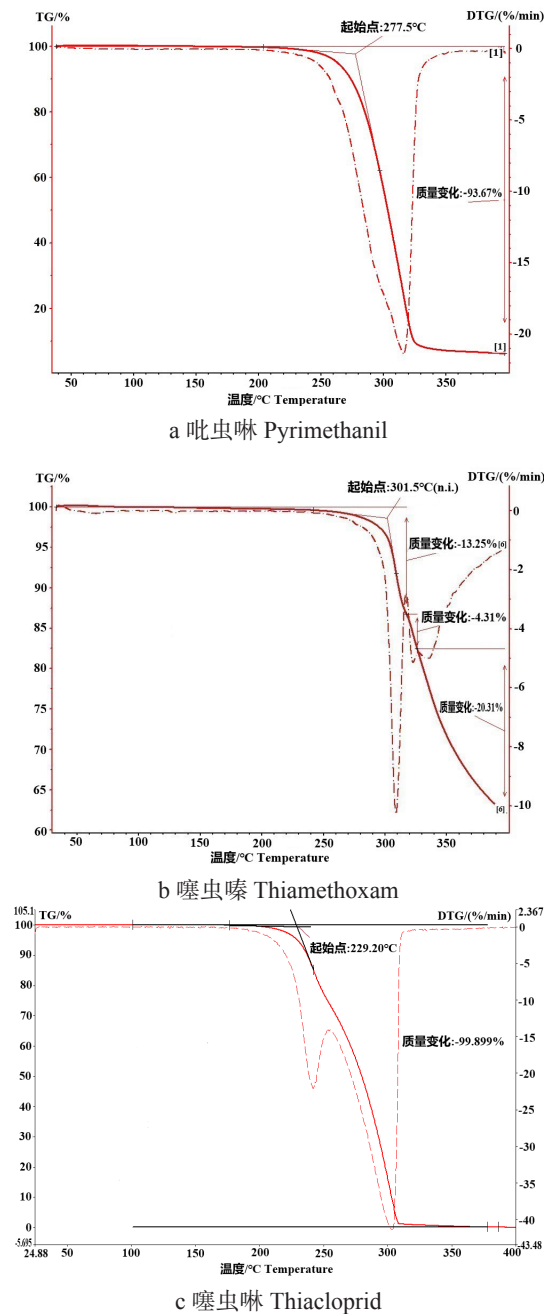


图 2 供试药剂 TG/DTG 曲线
Figure 2 TG/DTG curves of tested insecticide

表 1 药剂对白蚁毒力的 96 h 测定结果
Table 1 Toxicity of tested insecticide to *C. formosanus* after 96 h of treatment

白蚁药剂种类 Termiticides	毒力回归方程 Virulence regression equation ($y=ax+b$)	LC ₅₀ 值 / (mg.L ⁻¹) LC ₅₀ Value	相关系数 Correlation coefficient
吡虫啉 Pyrimethanil	$y=0.751\ 9x+4.118\ 2$	14.86	0.98
噻虫嗪 Thiamethoxam	$y=1.191x+4.278\ 3$	4.04	0.97
噻虫啉 Thiacloprid	$y=1.706\ 2x+4.092\ 7$	3.40	0.98

表 2 不同药剂浓度处理单板的吸药量
Table 2 Absorption dosage of treated vaneer with different concentration of the three termiticides

药剂 Termiticides	药剂浓度 / (mg.kg ⁻¹) Termiticides concentration			
	9.5	24	38	50
吡虫啉 Pyrimethanil	9.99 ± 1.30	28.30 ± 1.10	40.70 ± 3.71	53.67 ± 5.70
噻虫嗪 Thiamethoxam	11.94 ± 1.10	24.00 ± 3.56	43.57 ± 4.87	50.90 ± 7.06
噻虫啉 Thiacloprid	11.32 ± 1.06	26.54 ± 2.30	41.93 ± 4.58	55.45 ± 2.78

注：表中数据为平均值 ± 标准差。
Note: dates are expressed as ± standard deviation.

2.3 药剂对板材性能影响

2.3.1 药剂处理浓度对板材抗白蚁蛀蚀性能影响
药剂处理单板吸药量如表 2 所示。从白蚁测试结果来看，马尾松对照试样白蚁平均蛀蚀等级为 5 级，说明测试结果有效；对照板材试样抗白蚁蛀蚀等级为 6 级，主要被蛀蚀部位为芯层厚单板部分，其蛀蚀比例达 50 % 以上。3 种药剂处理厚芯胶合板抗白蚁等级均达到 10 级（图 3），即使本试验最低处

理浓度试样均未受到白蚁蛀蚀。因此，3 种新烟碱类药剂均可用于木质材料类白蚁防治。
2.3.2 药剂处理浓度对胶粘剂胶合性能影响 胶合板胶合性能测试结果如图 4 所示。从试验结果可以看出，所有试样均表现出良好的胶合性能，超出标准要求的 0.7 MPa。随着处理药剂浓度增加，板材胶合强度呈增长趋势，甚至高于对照试样。分析原因可能与药剂中表面活性剂有关。药

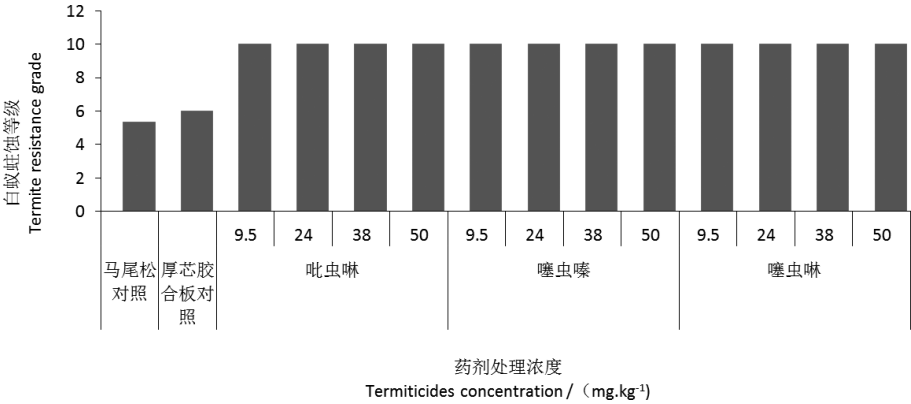


图 3 药剂处理厚芯胶合板白蚁防治效果
Figure 3 Termite resistance of plywood treated by tested insecticide

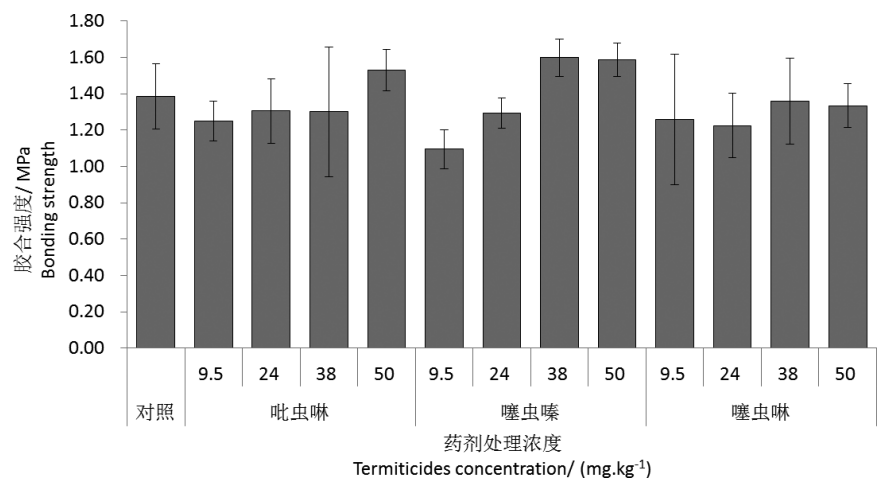


图 4 酚醛树脂厚芯胶合板胶合强度
Figure 4 Bonding strength of thick-core plywood bonded with PF

剂处理浓度增加，单板中表面活性剂含量也随之增加，提高了酚醛树脂在单板表面的润湿性能，从而有利于胶粘剂在单板表面铺展渗透的均匀性。但该因素未对胶合性能结果产生显著差异 ($P<0.05$)。

3 结论

3.1 吡虫啉、噻虫啉、噻虫嗪 3 种新烟碱类药剂在 140℃条件下具有良好的热稳定性，对酚醛树脂胶合影响不显著，可采用单板预处理工艺制备防白蚁功能厚芯胶合板。

3.2 本试验中，3 种药剂即使在最低药剂浓度 9.5 mg/kg 条件下，也可赋予厚芯胶合板良好的防白蚁效果。

参考文献

[1] 吴秉岭. 杨木、桉木厚芯实木复合板力学性能研究 [D]. 雅安：四川农业大学, 2014.

[2] 王剑菁, 马红霞, 陈利芳, 等. 湿加松木材防腐可处理性研究[J]. 广东林业科技, 2015, 31(2): 84-88.

[3] 何雪香, 彭仕尧, 曹永建, 等. 14种速生桉木材对家白蚁天然抗蛀性的室内测试[J]. 林业与环境科学, 2017,

33 (1) : 9-15.

[4] 何利文, 赵秦, 林雁, 等. 吡虫啉在白蚁防治中的研究进展[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(2): 85-87.

[5] 张梅凤, 范金勇, 张宏伟, 等. 新烟碱类杀虫剂的研究进展[J]. 世界农药, 2009, 31(1): 22-25; 52.

[6] 陈少波, 陈瑞英, 陈雪霞. 吡虫啉防治家白蚁的室内药效试验[J]. 华东昆虫学报, 2002, 11(1): 91-94.

[7] 中国林业科学研究院木材工业研究所. GB/T27651-2011 防腐木材的使用分类和要求[S]. 北京：中国标准出版社, 2011.

[8] 张宗炳. 杀虫剂的毒力测定原理方法应用[M]. 北京：科学出版社, 1988.

[9] 王艳斌, 周祥, 徐刚, 等. 5%阿维菌素乳油对台湾乳白蚁毒力测定的SPSS 分析[J]. 生态毒理学报, 2017, 12(1): 305-312.

[10] 中国林业科学研究院木材工业研究所. GB/T 18260-2015 木材防腐剂对白蚁毒效实验室试验方法[S]. 北京：中国标准出版社, 2015.

[11] 中国林业科学研究院木材工业研究所. GB/T 17657-2013 人造板及饰面人造板理化性能试验方法[S]. 北京：中国标准出版社, 2013.

[12] 中国林业科学研究院木材工业研究所. GB/T 9846-2015 普通胶合板对板材[S]. 北京：中国标准出版社, 2015.

[13] 金菊婉, 周定国. 木质复合材料防腐方法综述[J]. 南京林业大学学报（自然科学版）, 2009, 33(6): 131-126.