

陈元生,简迎龙,罗致迪,等. 疫木隔离结合释放花绒寄甲防治松材线虫病[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):101–104.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2018.24.026

疫木隔离结合释放花绒寄甲防治松材线虫病

陈元生¹,简迎龙²,罗致迪¹,于海萍¹

(1. 江西环境工程职业学院,江西赣州 341000; 2. 江西省高安市农业局,江西宜春 330800)

摘要:为提高松材线虫病疫木除害效率及林间花绒寄甲种群数量,采用松褐天牛疫木就地隔离结合人工释放花绒寄甲的方法,开展花绒寄甲释放技术及控制松材线虫病的研究。结果表明,在3种隔离材料中以8目镀锌铁丝网的隔离效果最好,对疫木松褐天牛的控制效果达100%;在疫木覆盖8目镀锌铁丝网之后的翌年3—4月松褐天牛预蛹和蛹期释放花绒寄甲的寄生率(72.25%)极显著高于在砍伐疫木覆盖8目镀锌铁丝网时释放的寄生率(54.60%);在3—4月每堆木段0.5 m³(松褐天牛幼虫数150头左右)中以释放成虫150头/堆或者释放卵卡3 000粒/堆为最佳,寄生率高、成本低,且释放卵比释放成虫寄生率更高;采用8目镀锌铁丝网罩隔离疫木联合人工释放花绒寄甲来处理疫木的生物除害方法,明显控制住了松褐天牛传播松材线虫病的途径,提高了林间花绒寄甲种群数量,致使松材线虫对健康松树的致死率显著下降,病死木减退率达92.91%,防治效果达85.08%,且极显著优于林间释放花绒寄甲+疫木现砍现烧措施。表明疫木隔离结合释放花绒寄甲能有效控制松材线虫病流行危害,值得大面积推广应用。

关键词:花绒寄甲;疫木隔离;松褐天牛;松材线虫病;释放技术;控制效果;寄生率;致死率

中图分类号: S763 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2018)24–0101–03

松材线虫病是松树的一种毁灭性流行病害^[1],防治难度较大,尚无简便、经济可行的防治技术,目前生产上主要采取砍伐病死疫木及其周围可能感病的活立木来控制该病。由于不能科学除治疫情,效率十分低下,即使加大砍伐林木力度也难以遏制松材线虫病的扩散蔓延,防治工作陷入极其困难和尴尬的处境,其原因包括:一是未能有效控制松材线虫病的主要传播媒介——松褐天牛(*Monochamus alternatus* Hope)而切断其传播链条;二是未能做好疫木的有效除害、安全利用与监管,致使疫情不断扩散蔓延。花绒寄甲(*Dastarcus helophoroides* Fairmaire)是天牛类昆虫的主要天敌,寄生松褐天牛的生物型为花斑花绒寄甲^[2],以幼虫寄生于松褐天牛的老龄幼虫和蛹上,是松褐天牛有效的寄生性天敌^[3–4]。目前,我国有关花绒寄甲的研究较多,大规模繁殖和小范围防治技术也日渐成熟,但在松褐天牛的防治上未能形成规模,也未能取得理想效果,主要受限于当前的防治技术和方法^[5]。

在疫木处理和利用方面,我国林业工作者进行了大量研究^[6–9],提出并实践了疫木运输集中熏蒸、水浸、热处理、微波处理等方法,但这些方法可能会造成疫木下山及运输过程中的疫木流失等;另一种方法是采用就地现砍现烧或熏蒸除害方法清理疫木^[10]。目前,生产上通常把林间释放花绒寄甲控制松褐天牛和就地现砍现烧或熏蒸除害方法清理疫木结合进行。问题是现砍现烧或熏蒸除害方法,虽然对疫木进行了清理除害,但也杀灭了天敌(把释放的及林间自然生长的花绒寄甲等

天敌昆虫连同疫木一同烧毁或熏蒸杀死了),浪费了防治投入。这是利用花绒寄甲等天敌昆虫控制松褐天牛防治松材线虫病必须突破的瓶颈。为解决这个难题,笔者所在实验室采用疫木砍伐后不下山,林内就地隔离加人工释放花绒寄甲的生物除害方法,旨在解决现砍现烧或熏蒸除害方法难以解决的问题。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及小区设置

试验区主要设在江西省赣州市峰山国家森林公园管理处的南田村和东风村,试验林地林分为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)纯林,树龄10~40年,胸径6~40 cm,平均树高7.5 m,郁闭度0.7~0.9。近年来,该林区出现大量由松材线虫病及松褐天牛造成的马尾松枯死现象,每年都会在冬季清理枯死木及进行综合治理,虽然病枯死现象有所改善,但疫情仍然存在,2014—2016年在以下所有试验小区均设置了APF-I型高效诱剂,每6 670 m²挂1个。

小区设置:在南田村和东风村分别设置3个试验小区,即A小区为覆盖隔离材料和释放花绒寄甲试验区(A1南田村园塘坑26.67 hm²,A2东风村老虎坑23.07 hm²);B小区为林间释放花绒寄甲+疫木现砍现烧(B1南田村竹筒坑1.87 hm²,B2东风村高楼坑2.33 hm²);C小区为对照区,不放天敌也不处理疫木,只挂诱捕器(C1南田村狐狸坑2.60 hm²,C2东风村知青点2.13 hm²)。

1.2 供试材料

供试隔离材料:(1)8目镀锌铁丝网,铁丝直径0.04 mm,网眼为3 mm×3 mm;(2)8目尼龙细纱网网袋,由3股直径0.08 mm聚酰胺线织成,网眼约为3 mm×3 mm;(3)聚丙烯编织的塑料布。供试花绒寄甲:本试验所选择的花绒寄甲是寄生松褐天牛生物型的花斑花绒寄甲,采自江西省赣州市峰山国家森林公园,试验用虫为室内人工繁育的第1代。

收稿日期:2017–07–21

基金项目:江西省科技计划(编号:20151BBF60069);江西省科技计划重大项目(编号:20143ACF60005);江西省林业科技创新项目(编号:201409)。

作者简介:陈元生(1967—),男,江西赣州人,博士,教授,主要从事昆虫生物学和森林病虫害防治研究。E-mail:cys0061@163.com。

1.3 试验方法

1.3.1 不同隔离材料的筛选 在南田村与东风村 2 个试验村的 A 小区,于 2014—2016 年冬季清理松材线虫病死树和诱木时,使用油锯锯倒死亡松树,先将其枝桠锯断后,再将伐倒木连同锯下的枝桠锯成 1 m 左右,就近选择合适场所将锯断的木段及枝桠堆放成一堆,每堆约 0.5 m³,分别覆盖“1.2”节所述隔离材料,隔离材料接口处用细铁丝扎实,周边用细土压实,防止天牛逃逸。3 种隔离材料为 3 个处理,每处理重复 5 次。翌年 6 月底检查各处理内木段上松褐天牛羽化孔数、隔离材料内松褐天牛成虫数量,剖开检查木内天牛幼虫数、蛹数,检查各松木堆内松褐天牛的羽化逃逸情况,比较防治效果。

1.3.2 花绒寄甲疫木释放技术试验 花绒寄甲疫木释放技术试验在南田村和东风村的 A 小区进行,所采用的隔离材料为 8 目镀锌铁丝网,疫木截锯及覆盖方式同“1.3.1”节。

1.3.2.1 释放时间试验 设置 2 个释放时间:处理 I,在砍伐疫木(诱木)覆盖 8 目镀锌铁丝网时释放花绒寄甲;处理 II,在覆盖 8 目镀锌铁丝网之后的翌年 3—4 月松褐天牛预蛹和蛹期释放,花绒寄甲成虫释放量为 150 头/堆(每个疫木堆约 0.5 m³);处理 III(对照,CK),不释放花绒寄甲,每个处理重复 5 次。至木段内松褐天牛羽化结束,在 I、II、III 处理内随机抽取 5 根木段,统计天牛死亡数、存活数、花绒寄甲寄生数,统计寄生率。

1.3.2.2 释放密度试验 在覆盖 8 目镀锌铁丝网之后的翌年 3—4 月释放,花绒寄甲成虫释放量设 100、150、200、250 头/堆(每个疫木堆约 0.5 m³)4 个处理(依次标记为 E1、F1、G1、H1),花绒寄甲卵释放量设 2 000、3 000、4 000、5 000 粒/堆 4 个处理(依次标记为 E2、F2、G2、H2),每个处理重复 3 次。翌年 5 月调查各松木堆内松褐天牛各虫态数量及成虫羽化情况,再剖木调查花绒寄甲数量,计算花绒寄甲寄生率。

1.3.3 隔离材料与花绒寄甲合用对松材线虫病的控制效果

A 小区为用隔离材料覆盖疫木+人工释放花绒寄甲,除了“1.3.1”节、“1.3.2”节试验外,全部疫木的隔离材料均采用 8 目镀锌铁丝网,每个疫木堆均释放花绒寄甲成虫 150 头。B 小区为林间释放花绒寄甲,每 667 m² 释放花绒寄甲成虫 150 头,病死松树及诱木在冬季清理时采用现砍现烧处理。C 小区为对照区,不放天敌也不处理疫木,只挂诱捕器。于 2014—2016 年冬季病死树清理前全面调查各试验区防治前(2014 年春)及防治后(2017 年春)的病死松树,按如下公式计算各试验地内病死树数量的减退率及 2 种处理措施的防治效果^[11]。

病死木减退率=(防治前病死木数量-防治后病死木数量)/防治前病死木数量×100%;

防治效果=(防治区病死木减退率-对照区病死木减退率)/(100%-对照区病死木减退率)×100%。

1.3.4 试验数据分析 所有数据的统计分析均采用 SPSS 13.0 统计软件进行方差分析(one-way ANOVA)、t 检验和线性回归分析。

2 结果与分析

2.1 不同隔离材料的筛选

于 2014—2016 年冬季清理松材线虫病死树和诱木的同时开展 3 种不同隔离材料对松褐天牛的隔离作用试验。由表 1 可知,隔离效果最好的是 8 目镀锌铁丝网,在整个隔离处理过程中,松褐天牛羽化无一逃逸现象,8 目镀锌铁丝网虽然有些许生锈,但无破损即铁丝具有抗松褐天牛成虫啃咬特性,防治效果达 100.00%;其他 2 种隔离材料在试验前期效果都很好,但在后期由于材料老化,都有不同程度的破损,且少量松褐天牛能咬破材料从而逃逸,所以防治效果不太理想,但 8 目尼龙细纱网略好于塑料布。

表 1 不同隔离材料对松褐天牛的隔离效果

处理	处理时间 (年-月-日)	调查木堆数 (堆)	羽化数 (孔)	松褐天牛数量(头)				防治效果 (%)	隔离材料破损情况
				幼虫	蛹	成虫	羽化逃逸		
8 目镀锌铁丝网	2014-12-04	5	1 117	82	103	1 117	0	100.00	无破损,但有些许生锈
	2015-11-12	5	894	34	72	894	0	100.00	
	2016-12-17	5	762	57	98	762	0	100.00	
8 目尼龙细纱网	2014-12-04	5	1 296	94	107	1 113	183	85.88	材料老化,部分有破孔
	2015-11-12	5	901	44	69	742	159	82.35	
	2016-12-17	5	698	27	74	537	161	76.93	
塑料布	2014-12-04	5	1 306	111	95	952	354	72.89	天牛咬出多个破孔
	2015-11-12	5	885	76	53	569	316	64.29	
	2016-12-17	5	698	84	49	414	284	59.31	

2.2 疫木释放花绒寄甲时间

不同时间释放花绒寄甲对松褐天牛寄生率的影响极显著(图 1),在覆盖 8 目镀锌铁丝网之后的翌年 3—4 月松褐天牛预蛹和蛹期释放(处理 II)时,花绒寄甲对松褐天牛的寄生率最高,达 72.25%;在砍伐疫木(诱木)覆盖铁丝网时释放(处理 I),花绒寄甲对松褐天牛的寄生率略低,为 54.60%,两者差异极显著,且两者都比未释放天敌的对照组寄生率(4.28%)高很多。这说明在松褐天牛老龄幼虫至蛹期释放花绒寄甲优于在刚盖 8 目镀锌铁丝网时释放,另外未释放天敌的对照组中也可能存在天敌寄生但寄生率很低,说明花绒寄甲在赣南松树林内分布广泛,但种群数量较低,必须大量补充人工繁育的花绒寄甲,

才能达到控制松褐天牛防治松材线虫病的目的^[12]。

2.3 疫木释放花绒寄甲虫态及密度

由图 2 可知,低释放量(E1 即成虫 100 头/堆的寄生率为 55.75%,E2 即卵 2 000 粒/堆的寄生率为 61.11%)与其他释放量(成虫 150~250 头/堆,卵 3 000~5 000 粒/堆)对松褐天牛的寄生率差异均达显著水平,其他不同释放量间对松褐天牛的寄生率(70.09%~79.55%)差异不显著,但从成本考虑,以释放成虫 150 头/堆或者释放卵 3 000 粒/堆为最佳。释放花绒寄甲卵及成虫同一组对松褐天牛的寄生率平均值差异均不显著,但释放花绒寄甲卵的寄生率略高于成虫的寄生率。说明在翌年 3—4 月(松褐天牛老龄幼虫和蛹期)最适宜

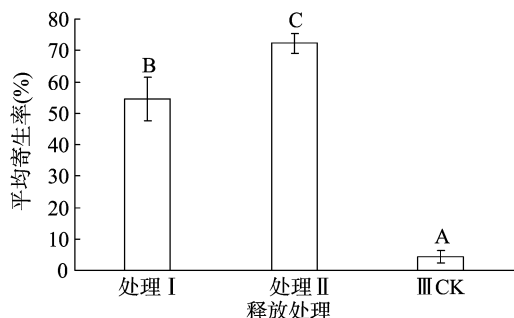


图1 花绒寄甲不同释放时间处理后松褐天牛寄生率

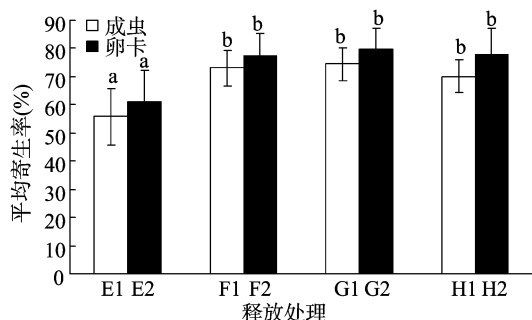


图2 释放不同数量花绒寄甲成虫和卵对松褐天牛的寄生作用

卵 3 000 粒/堆。

2.4 隔离材料与花绒寄甲联合作用对松材线虫病的控制效果

3 个小区经 3 年试验显示,3 种试验措施对松材线虫病的控制作用即对周围健康松树的病死木减退率差异极显著(表 2)。以疫木隔离 + 释放花绒寄甲协同作用的效果最好,能控制松褐天牛传播松材线虫病的途径,致使松材线虫对健康松树的致死率显著下降,病死木减退率达 92.91%,相对于对照,防治效果达 85.07%;而释放花绒寄甲 + 疫木现砍现烧措施的防治效果极显著低于疫木隔离 + 释放花绒寄甲措施,防治效果只有 37.25%;对照(只挂诱捕器不放天敌也不处理疫木)对松材线虫病也有一定的控制作用,病死木减退率为 52.52%,这说明诱捕器化学引诱作用对松褐天牛也具有一定的控制作用,须与其他措施协同作用,才能起到较好的防治效果。

表 2 隔离材料与花绒寄甲联合作用对松材线虫病的控制效果

处理	病死木总数量(株)		病死木减退率(%)	防治效果(%)
	防治前	防治后		
疫木隔离 + 释放花绒寄甲	405	29	92.91 ± 0.62A	85.07A
释放花绒寄甲 + 疫木现砍现烧	137	41	70.21 ± 1.88B	37.25B
对照	201	93	52.52 ± 6.62C	

注:同列数据后不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

3 结论与讨论

实际上,我国松褐天牛等松材线虫的媒介昆虫的迁飞能力很有限,松材线虫病的扩散蔓延主要是由于疫木扩散流通造成的^[8]。因此,松材线虫病的疫木清理除害处理是目前控制该病传播蔓延最基本的技术措施,也是关键措施^[9,13-14]。但这个基本措施实施起来难度较大,特别是一些较偏远的山区,要做到 100% 清理松材线虫、100% 控制松褐天牛传播松

材线虫是很困难的,造成松材线虫病长期防治效果不好。

张冬生等介绍了一种直接用 8 目镀锌铁纱网罩住疫木的方法,发现大量松褐天牛成虫羽化但无一逃逸,确保了疫木的除害效果,而套袋熏蒸处理则在温度较高的 10 月杀虫效果比较好,但存在部分成虫逃逸现象,故整体除害效果不理想^[15]。来燕学等采用松褐天牛疫木就地隔离,同时加上人工助放管氏肿腿蜂的方法,开展了控制松材线虫病的试验,结果显示,铁丝网、渔网和聚丙烯布隔离疫木对松材线虫病的发生都有较好的控制效果,但铁丝网隔离效果最好^[16],本研究结果与之相似。本研究隔离效果最好的也是 8 目镀锌铁丝网,其他 2 种材料虽然成本比 8 目镀锌铁丝网低些,但在试验后期都有破损、天牛逃逸现象,效果不理想。与来燕学等的研究^[16]不同的是本试验采用的是人工释放花绒寄甲而不是肿腿蜂。本研究认为,在疫木砍伐隔离期,释放花绒寄甲优于释放肿腿蜂,因为在疫木砍伐期(11 月至翌年 3 月)疫木内松褐天牛幼虫处于中老龄幼虫和蛹期。肿腿蜂对松褐天牛的低龄幼虫具有一定控制作用,但无法制服个体较大的中老龄幼虫,而花绒寄甲是松褐天牛的专食性天敌,专食松褐天牛老龄幼虫和蛹。

本研究结果表明,经过 3 年试验,明显控制住了松褐天牛传播松材线虫病的途径,松材线虫对健康松树的致死率显著下降,病死木减退率达 92.91%,防治效果达 85.07%,且显著优于释放花绒寄甲 + 疫木现砍现烧措施。说明疫木隔离 + 释放花绒寄甲协同措施能保证羽化后的松褐天牛无法飞出,而其中的花绒寄甲却可以穿过隔离网眼扩散,既杀灭了松褐天牛,又保护了天敌昆虫,有利于天敌种群的建立,达到了扑灭松材线虫的目的。而林间释放花绒寄甲 + 疫木现砍现烧措施虽然烧灭了松褐天牛及松材线虫,但也杀灭了天敌(把释放的及林间自然的花绒寄甲等天敌昆虫连同疫木一同烧毁),浪费了防治投入,不利于天敌种群的建立,所以效果不太理想。由此可见,疫木隔离 + 释放花绒寄甲协同措施已成为我国松材线虫防控的一种应用前景好、无公害的防治方法,值得大面积推广应用。

铁丝网罩隔离疫木联合人工释放花绒寄甲的处理方法既达到了疫木除害的目的,又可以利用疫木天然繁育花绒寄甲,快速建立天然天敌种群,从而更有效地控制松褐天牛种群。但如何最有效地利用疫木繁育最大量的花绒寄甲,花绒寄甲疫木释放技术是个关键。在覆盖 8 目镀锌铁丝网后的翌年 3—4 月松褐天牛预蛹和蛹期释放花绒寄甲比在砍伐疫木(诱木)覆盖 8 目镀锌铁丝网时释放效果更好、寄生率更高;在每堆木段 0.5 m³ (松褐天牛幼虫数 150 头左右)以释放成虫 150 头/堆或者释放卵 3 000 粒/堆为最佳,寄生率高、成本低;在江西赣南的 3—4 月释放卵比释放成虫更佳,虽然差异不显著,但在人工繁殖花绒寄甲时,卵的繁殖成本远低于成虫。所以从防治效果、经济效益等方面综合考虑,在大面积利用花绒寄甲防治疫木松褐天牛中,采用释放花绒寄甲卵的方式更为经济适用,这一点与杨远亮等的试验结果^[17]一致。

参考文献:

- [1] 杨宝君,潘宏阳,汤坚,等. 松材线虫病[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [2] 张翌楠. 松褐天牛的天敌昆虫调查及生物防治技术研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2006:43-44.

刘道奇,余永昌,张开飞,等.多旋翼植保无人机喷雾均匀性试验[J].江苏农业科学,2018,46(24):104-108.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.027

多旋翼植保无人机喷雾均匀性试验

刘道奇¹,余永昌²,张开飞²,董慧锋²,赵彬彬²,秦超彬²,邢金龙¹,李 赫²

(1.河南省农业科学院长垣分院,河南长垣 453400; 2.河南农业大学,河南郑州 450002)

摘要:为精确测试多旋翼植保无人机在不同高度、相对作业速度下的喷雾作业均匀性参数,针对河南农业大学研制的 3W16-10 型 8 轴 16 旋翼植保无人机,采用相对运动的方法模拟其田间作业场景,为了探究该多旋翼植保无人机喷雾作业效果,制订相应的试验方案并采用多次试验取平均值的方法安排试验,计算出在不同作业高度、相对飞行速度、喷雾压力条件下植保无人机在喷雾作业过程中线性方向各点的沉积量、均匀性,并绘制拟合曲线,建立了飞行速度、飞行高度、喷雾压力的喷雾均匀性关系模型。通过单因素试验和响应曲面法优化 3W16-10 型多旋翼植保无人机喷雾均匀性试验得到的最佳作业参数为:飞行高度 1.39 m,飞行速度 2.38 m/s,喷雾压力 0.5 MPa,此时沉积均匀性变异系数为 0.172,相对误差为 8%。

关键词:多旋翼植保无人机;作业高度;喷雾;飞行速度;沉积量;均匀性;单因素试验;响应曲面法

中图分类号:S252+.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)24-0104-05

近年来,我国农用植保无人机发展迅速,据农业部相关部门统计,截至 2016 年 5 月,全国在用的农用无人机共有 178 种,全国农业航空技术 95% 以上用于航空植保作业^[1]。其中,多旋翼植保无人机受到越来越广泛的关注,主要是由于其制造原材料成本的降低,作业极为高效,并且对人体造成的污染较少,采用低量或超低量喷雾可以降低农药使用量,提高农药利用率,同时还能减少作业过程对环境的污染^[2-9]。多旋翼植保无人机在农业植保的应用方面愈加频繁,目前国内已经有许多中小型企业进行多旋翼植保无人机的研发与生产。

多旋翼植保无人机在我国发展年限较短,多数由企业拼装而成,整机及零部件缺乏相应的行业制造规范,作业可靠性不高,飞行控制系统依然具有一定的缺陷,在作业过程中易发生各种事故,并且缺乏熟练的飞手进行植保作业,这些问题都造成了多旋翼植保无人机的作业效果一直无法得到广大农民的认可,其作业参数对作业效果的影响一直缺乏相应的理论和数据支持。本研究在现有条件下,对 3W16-10 型 8 轴 16 旋翼植保无人机进行进一步试验测试,主要探究飞行高度、飞行速度、喷雾压力对喷雾均匀性的影响,以期多旋翼植保无人机喷雾作业参数的确定和作业环境的选择提供理论依据,减少多旋翼植保无人机施药过程中的农药损失,提高农药利用率。

收稿日期:2017-08-04

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-04-PS23)。

作者简介:刘道奇(1992—),男,河南信阳人,硕士,主要从事农业机械化研究。E-mail:15704485800@163.com。

通信作者:李 赫,博士,副教授,主要从事农业机械化研究。E-mail:chungbuk@163.com。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

试验采用的材料与设备由 3W16-10 型多旋翼植保无人机及其配套喷雾系统、雾滴收集装置、环境参数检测装置、数

[3]秦锡祥,高瑞桐.花绒坚甲生物学特性及应用研究[J].昆虫知识,1988,25(2):109-112.

[4]杨忠岐.利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展[J].中国生物防治,2004,20(4):221-227.

[5]张彦龙,杨忠岐,张翌楠,等.利用花绒寄甲防治越冬后松褐天牛试验[J].林业科学,2014,50(3):92-98.

[6]骆有庆,蒋 平.松树虫害木存放及剖板处理防止松墨天牛传播[J].中国森林病虫,2000,19(4):4-7.

[7]蒋 平,何志华,赵锦年,等.松材线虫罹病木的烘压处理试验[J].中国森林病虫,2000,19(6):30-31.

[8]李永成,赵翔翔,周茂建,等.加强疫木管理遏制松材线虫病扩散蔓延[J].中国森林病虫,2005,24(1):36-39.

[9]闫 闯,宋崇康,罗致迪,等.松材线虫病疫木除害技术综述[J].安徽农业科学,2017,45(19):152-154.

[10]来燕学.林内就地火烧病死木防治松材线虫病试验[J].江苏林业科技,2000,27(6):28-32.

[11]杨忠岐,王小艺,张翌楠,等.释放花绒寄甲和设置诱木防治松褐天牛对松材线虫病的控制作用研究[J].中国生物防治学报,2012,28(4):490-495.

[12]罗致迪,陈元生,于海萍,等.赣南花绒寄甲松树林间自然寄生率调查研究[J].环境昆虫学报,2015,37(5):1070-1074.

[13]沈彩周,何龙喜.江西省松材线虫病的防控思路 and 措施[J].林业科技开发,2014,28(6):6-9.

[14]郑礼平.松材线虫病疫木林间就地除害技术[J].现代农业科技,2017(2):106-107.

[15]张冬生,黄水生,廖三腊,等.用铁纱网罩处理松材线虫病疫木的方法介绍与应用[J].生物灾害科学,2016,39(1):59-61.

[16]来燕学,王亚红,王小艺,等.松褐天牛疫木隔离结合人工释放管氏肿腿蜂防治松材线虫病[J].中国生物防治学报,2012,28(4):460-465.

[17]杨远亮,杨忠岐,王小艺,等.应用花绒寄甲防治松褐天牛[J].林业科学,2013,49(3):103-109.