

文章编号:1001-7380(2018)05-0028-04

无人机在米楮虫害防治中的应用与效果研究

黄云鹏¹,管建仲²,林峰铭¹,李恩佳^{1*}

(1. 福建三明林业学校,福建 三明 365000; 2. 尤溪县西城林业站,福建 尤溪 365100)

摘要:无人机的发展应用给各行业生产和发展带来了新的技术手段,通过对比无人机防治与传统人工防治的效果,探讨无人机在米楮虫害防治应用中的可行性,结果表明:无人机防治比传统人工防治节省药剂1倍,提高工作效率12倍;防治4周后的防治效果良好,将虫口密度从防治前的350头/株降至了3头/株,防治效果为人工粉炮防治的30倍。

关键词:无人机;米楮;竹节虫;苏云金杆菌;防治

中图分类号:S763.49; S776.28; S792.17

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2018.05.006

Research on application and effect of UAV in prevention and control of pests in *Castanopsis carlesii*

Huang Yunpeng¹, Guan Jianzhong², Lin Fengming¹, Li Enjia^{1*}

(1. Fujian Sanming Forestry School, Sanming 365000, China; 2. Forestry Work Station, Xicheng Town, Youxi 365100, China)

Abstract: The development and application of UAV brings new technical means to various industries. Feasibility of application of UAV in prevention and control of pests in *Castanopsis* could be confirmed in this paper. By comparing the effect of UAV control and traditional manual control, the result showed that UAV control saved 50% pesticide dose, improved work efficiency by 12 times. The number of insect declined from 350 to 3 per plant. The effect of prevention and control is 30 times of artificial control after four weeks.

Key words: UAV; *Castanopsis carlesii*; Stick insect; *Bacillus thuringiensis*; Prevention and control

米楮 [*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hay]. 壳斗科锥属乔木,为我国亚热带山区重要阔叶树种,在闽中、闽北地区有天然分布,由于早期天然米楮林经历了皆伐炼山更新或受人为因素的干扰,米楮林抵抗病虫害能力降低,近几年有病虫害爆发的趋势^[1-2];特别竹节虫对米楮的危害情况较为严峻,尤溪县有着大面积的天然米楮林,其中近200 hm²的米楮林受到严重的破坏,根据竹节虫在各省的分布情况及其形态辨别,确定危害三明尤溪县天然米楮林的竹节虫为异尾华枝 (*Sinophasma mirabile* Gunther),春末为幼虫期,6月羽化,主要寄主为甜楮和米楮,7月为危害的高峰期^[3-5]。

20世纪50年代就有关于贵阳地区竹节虫对米

楮危害的文献记录,时隔30 a再度爆发,但由于当时的技术手段、防治药剂的限制,米楮林较高,因此防治效果不佳^[6],随着无人机技术的发展,无人机在林业领域的应用愈发广泛,在森林病虫害的监测方向发展较为迅速^[7],同时也为森林病虫害防治提供了有效的技术手段,但福建多为山地、丘陵地形,地势恶劣复杂,无人机在森林病虫害防治的研究不足,给防治工作带来诸多困难。因此,研究无人机在森林病虫害防治中的应用迫在眉睫。

1 试验地概况

试验地设于三明市尤溪县西城镇的米楮天然林分内,尤溪县气候为中亚热带季风性湿润气候,

收稿日期:2018-08-02;修回日期:2018-09-13

基金项目:福建省林业厅项目“无人机在森林消防及林业苗圃的应用研究”(闽林科[2017]3号)

作者简介:黄云鹏(1964-),男,福建南平人,教授级高级工程师,大学本科毕业。研究方向为森林培育。

*通信作者:李恩佳(1990-),男,福建三明人,工程师,硕士。研究方向为森林保护、森林培育。E-mail: fjljenjia@126.com。

地处 E117°48'30"—118°40'00",N25°50'36"—26°26'30" 之间,年平均气温 19.2 ℃,极端低温-7.8 ℃,极端高温 40.3 ℃,年均降雨量1 300—1 700 mm,夏季高温多雨,2018 年气候异常,降雨量骤减,温度较高,7 月平均气温26.9—28.7 ℃,极端高温为 37.5 ℃,上旬降雨量为 19.2—68.2 mm^[8],3 块试验地的经纬度分别为 E118°6'43",N26°13'32";E118°7'6",N26°13'11";E118°4'35",N26°21'6";每块试验地里留宽 500 m 缓冲带隔离出无人机试验区 and 人工粉炮试验区,同时保证试验边界离缓冲带边界 50 m 以上。

2 研究方法

2.1 样地的设置及数据采集

试验时间:2018 年 7 月 2 日调查防治前的竹节虫口密度,7 月 3 日开始防治试验。
以 3 个受竹节虫危害的米楮天然林小班为试验重复,于清晨7:00—9:00时,在每个小班内采用福建顶冠信息技术有限公司改装的“4 轴 8 旋翼无人机”(DG-021,载重量 20 kg)喷施森得保粉剂(16 000 IU/mg 苏云金杆菌,用量为3.75 kg/hm²),飞行速度 5 m/s,飞行高度 5 m(距树冠);以传统人工防治 3 个样地,样地面积为1 000 m²,每个样地内丢放 4 个苏云金杆菌粉炮(传统人工防治丢放 30—45 个粉炮/hm²)^[9];对照组:与试验组竹节虫危害情况一致的 3 个样地,不采取任何防治措施,只调查虫口密度、有虫株率等情况。

虫口调查方法:无人机及传统人工防治试验前调查虫口密度,防治后每隔 7 d,调查虫口密度变化情况,虫口密度调查方法采用标准枝法。

标准枝法:由于竹节虫具有在傍晚下树的习性^[6],因此在 17:00 采集米楮样树树冠下层枝条统计虫口数量,便可计算出虫口密度,具体方法:在树冠下层的东、南、西、北 4 个方向各取长度 0.5 m 的标准枝,统计虫口数量,将 4 个标准枝的虫口数量取平均值,最后算出样树的虫口数量等指标^[10-11]。

$$\text{每株虫口密度} = \frac{\text{调查总活虫数}}{\text{调查株数}};$$
$$\text{有虫株率}(\%) = \frac{\text{有虫株数}}{\text{调查总株数}} \times 100;$$
$$\text{虫口密度下降率}(\%) = \frac{\text{上次调查的虫口密度} - \text{本次调查的虫口密度}}{\text{上次调查的虫口密度}} \times 100$$

2.2 样地情况

样地情况如表 1 所示。

表 1 试验地概况

序号	林班-大班-小班	经纬度	海拔/m	面积/hm ²
1	26-13-4	E118°6'43" N26°13'32"	198	15.5
2	29-8-10	E118°7'6" N26°13'11"	186	14.9
3	30-8-1	E118°4'35" N26°21'6"	01	22.9

3 结果与分析

3.1 防治效率

无人机防治单位面积的用药量比粉炮防治的用药量节省 1 倍,防治速率比人工粉炮防治提高了 12 倍,大大提高了防治的效率(见表 2)。在现阶段,农村基层青壮年外出务工,出现劳动力紧缺,用工紧张,无人机防治有利于缓解基层林业虫害防治工作中的用工难问题;随着林业发展,公路、马路进山,无人机飞行半径逐渐加大,为无人机在林业虫害防治中的推广使用创造了可行性条件,也解决了防治人员无法到达险陡地区的病虫害防治。

表 2 竹节虫防治效率

防治方法	无人机防治	粉炮防治
用药量	3.9 kg/hm ²	60 个粉炮(约 7.5 kg)/hm ²
防治速率	80 hm ² /(d·架)	6 hm ² /(人·d)
缺点	需要专业飞手、需要无人机起降公路等较平地	需要经验丰富的粉炮投掷手、对于人无法到达的悬崖峭壁防治较困难

3.2 防治效果

3.2.1 无人机在虫害防治中对虫口密度及各时期虫口密度下降率 从图 1 可以看出,采用无人机防治米楮林内的竹节虫虫口密度总体比传统人工粉炮防治竹节虫的虫口密度低,2 种防治方法均能够使虫口密度下降低于未经防治的米楮林竹节虫的虫口密度;未经防治的米楮林竹节虫虫口密度在 7 月 2 日至 7 月 23 日期间缓慢增加,由于受寄主食物等因素影响,竹节虫虫口数量达到环境容纳量,也由此可知,7 月为米楮林内竹节虫种群逻辑斯蒂增长的后半期,天然林内竹节虫数量也达到最高峰,对米楮林危害也较大;无人机防治中,米楮竹节虫防治后的虫口密度呈持续下降状态,在防治后第 2 周(7 月 16 日)虫口密度降至 100 只/株左右;参照对照组,7 月 23 日天然米楮林竹节虫虫口密度达最

大,无人机防治将虫口密度降低至 50 只/株,大大减轻了竹节虫的危害,让虫害疫情得到有效控制,到 7 月 30 日,竹节虫的虫口密度降低到最低,平均虫口密度仅 3 只/株,为粉炮防治的约 30 倍,达到了“有虫不成灾”标准;传统人工粉炮防治中,米槠在第 1 周时的竹节虫虫口密度略有上升,由于粉炮在林分中以投掷点为中心的竹节虫先受到苏云金杆菌的感染发病,以投掷点为中心呈辐射状向四周虫口控制效果逐渐减弱,再向四周的竹节虫传染,期间需要一定的侵染过程,在此期间,竹节虫的虫口数量还在增加,第 2 周后才开始出现虫口密度下降的趋势,7 月 23 日即第 3 周后虫口密度依旧未得到有效控制,虫口密度约为 200 只/株,相对于无人机防治,人工粉炮防治起效较慢。

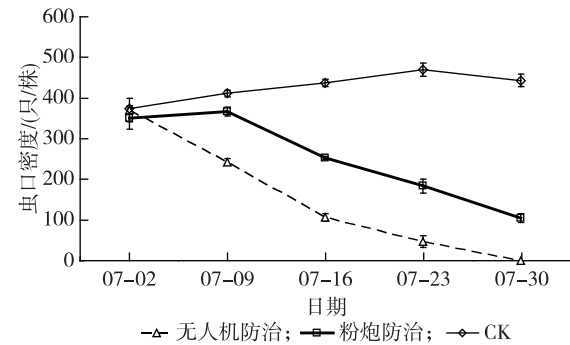


图 1 米槠林竹节虫防治虫口密度动态变化

从表 3 对比图 1 可知,防治第 1 周至第 4 组虫口密度下降率为正值表示虫口密度相对于上周是下降的,当下降率为负数时表示相对于上周上升;无人机防治第 1 周至第 4 周的虫口密度下降率逐步增加,说明无人机防治随着时间延长,效果越来越好;粉炮防治与无人机相比虫口密度下降率在第 1 周为负数,说明第 1 周粉炮防治还没起效,在第 2 周才开始见效,并且下降率均比无人机低,说明其效果略差于无人机;对照组未防治的米槠林竹节虫虫口密度下降率在达到环境容纳量之前为负数,虫口密度上升,之后虫口密度才回落;防治第 1 周后,无人机防治虫口下降率与粉炮防治及对照组的下降率差异极显著,粉炮防治与对照组差异不显著;第 2 周,无人机防治与粉炮防治及对照组的虫口下降率差异极显著;第 3 周无人机防治与粉炮防治虫口密度差异显著,分别于对照组的虫口下降率差异极显著;最后 1 周,无人机防治与粉炮防治及对照组的虫口下降率差异极显著。

表 3 各时期虫口密度下降率 %

日期	无人机	粉炮	CK
07-09	(34.36±3.71) aA	(-4.90±0.20) bB	(-10.17±1.76) bB
07-16	(55.89±5.36) aA	(30.94±1.87) bB	(-9.13±6.08) cC
07-23	(54.87±7.51) aA	(27.45±7.29) bA	(-9.795±7.51) cB
07-30	(99.61±0.34) aA	(42.47±5.30) bB	(5.51±0.77) cC

同行内数据(平均值±标准误)后,不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)

表 4 虫口下降密度方差分析

时间	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
07-09	处理间	0.362 8	2	0.188 8	83.481 7	0.000 1
	处理内	0.014 1	6	0.002 3		
	总变异	0.381 5	8			
07-16	处理间	0.642 5	2	0.335 4	134.915 1	0.000 1
	处理内	0.015 6	6	0.002 5		
	总变异	0.676 3	9			
07-23	处理间	0.601 3	2	0.304 5	25.232 4	0.001 4
	处理内	0.073 3	6	0.012 5		
	总变异	0.663 4	8			
07-30	处理间	1.366 7	2	0.691 4	506.546 5	0.000 1
	处理内	0.008 7	6	0.001 5		
	总变异	1.368 2	8			

3.2.2 无人机在虫害防治中对有虫株率的控制

从图 2 可知,无人机防治与人工粉炮防治的米槠林竹节虫有虫株率在防治后的前 2 周情况大体一致,均没有发生太多的下降,特别是防治后第 1 周几乎没变化;对照组的竹节虫有虫株率从第 1 周至最后始终为 100%,没有防治措施,竹节虫危害疫情居高不下;第 3 周开始,无人防治的有虫株率开始下降,并且比粉炮防治的有虫株率下降快;第 4 周,无人机防治的竹节虫有虫株率急剧下降至最小,仅为 1.8%,粉炮防治的有虫株率在 60% 以上,粉炮防治的有虫株率依旧很高,无人机防治喷撒苏云金杆菌粉剂相对于粉炮更均匀,覆盖面更广,粉剂飘散更远,粉剂在林冠层停留时间更长久,能做到全林分均匀覆盖,林分内各株米槠虫口动态情况较一致,粉炮防治以投掷点为中心向四周防治效果减弱,有虫株率下降较慢。

4 结论与讨论

无人机防治效率高、节省人力成本,无人机防治更能够适应现阶段农村用工紧张的生产环境,仅需要 2—3 名的无人机操作手便可完成森林病虫害的防治工作。无人机防治能做到林分的防治全覆

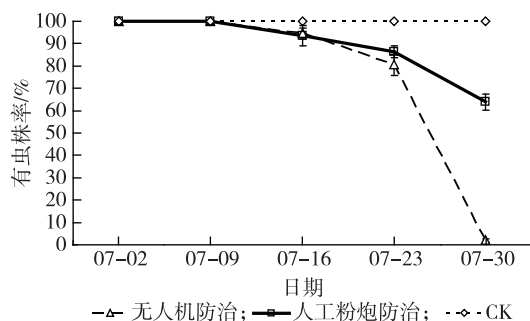


图2 米楮林竹节虫有虫株率动态变化

盖,能克服山区等各种恶劣地形对人工防治的阻碍;森林病虫害防治宜选择清晨或傍晚林分湿度较大时进行,9:00—17:00防治效果不佳,有效防治时间较短,对森林病虫害防治工作效率有较高的要求,无人机防治极大提高了工作效率。传统人工防治受到传统生物防治效率较低、防治速度慢的局限,防治效果不佳;采用无人机防治生物粉剂扩散范围广,能够同时让更多害虫受到侵染发病死亡,达到“治早,治小,治了”的防治效果。

无人机防治4周后的防治效果良好,将虫口密度从防治前的350只/株降至3只/株,达到了控制虫害发生的作用,而人工粉炮防治第3周,虫口密度在200只/株,虫情缓解不明显。可见,无人机防治相对于粉炮防治起效快,削弱了生物防治起效慢的弊端,为生物防治提供了较高效的实施手段;其次,无人机防治米楮林竹节虫有虫株率能够在4周内从100%降至1.8%,高效地保护米楮林免受竹节虫的危害,而粉炮防治第3周的有虫株率为64%,且防治效果不充分,不平衡,容易造成控制后的虫害再次爆发。

气候反常,降雨减少,气温高,为竹节虫的发育提供了良好的环境条件,促进了竹节虫的发育,缩短了发育所需天数,造成竹节虫的代数增加,引发了较为罕见的米楮林内的竹节虫爆发危害,而观察近年来的气候变化,异常的气候已为常态,森林病虫害的疫情愈加严峻,对于米楮林竹节虫的防治工作应在有效预测预报的基础上,提早介入,在5月初

进行生物防治,有效地做到疫情的防控。无人机的设备改进、续航能力的提升,有助于进一步提高森林病虫害的防治效率。

目前,无人机林业防治费用在400—450元/hm²,传统的粉炮林业有害生物防治费用仅为30元/hm²,在高效防治效果的背后,需要较高的成本投入。因此,无人机在林业有害生物防治中的研究,应着重在提高效率、降低成本等方面需要深入研究。另外,无人机在林业有害生物防治领域应建立相关的法律法规、行业标准,让无人机真正成为提高林业工作效率的技术手段。

参考文献:

- [1] 陈美高.福建三明天然米楮林与米楮人工林群落学特征的比较研究[J].武汉植物学研究,1998(2):124-130.
- [2] 胡双成,熊德成,黄锦学,等.福建三明米楮次生林在不同更新方式下的初期细根产量[J].应用生态学报,2015,26(11):3259-3267.
- [3] 陈树椿.危害我国林业的竹节虫及其生物学简介[J].森林病虫害通讯,1999(5):34-37,42.
- [4] 陈培昶,陈树椿.中国重要竹节虫的鉴别、生物学及其防治[J].北京林业大学学报,1997,19(4):72-77.
- [5] 包其敏,金觉远,包文斌,等.异尾华枝虫生物学特性及防治[J].森林病虫害通讯,2000(3):15-17.
- [6] 万志民,李西林.贵阳市西南米楮林被竹节虫危害的调查[J].贵州林业科技,1984(1):31-33.
- [7] NEBIKER S, LACK N, ABÄCHERLI M, et al. Light-weight multi-spectral UAV sensors and their capabilities for predicting grain yield and detecting plant diseases [J]. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, XLI-B1:963-970.
- [8] 常云妮,钟全林,程栋梁,等.尤溪天然米楮林植物碳氮磷的化学计量特征及其分配格局[J].植物资源与环境学报,2013,22(3):1-10.
- [9] 浙江省衢州市马尾松毛虫综合防治试验技术指导小组.马尾松毛虫虫口密度调查的不同取样方法及空间分布型的研究[J].林业科技通讯,1983(12):23-27.
- [10] 王静,洪宇,张瑞,等.林业害虫调查方法刍议[J].林业科技情报,2015,47(2):55-57.
- [11] 林乃铨,邹明权,郭剑雄,等.茶丽纹象甲冬季幼虫期防治试验初报[J].福建茶叶,2004(1):5.