

人工增雨在崇阳森林防火中的应用

魏华兵¹, 熊力书² (1. 湖北省咸宁市气象局, 湖北咸宁 437100; 2. 湖北省崇阳县气象局, 湖北崇阳 437100)

摘要 在对崇阳近年来森林火灾发生情况调查的基础上, 分析崇阳森林火灾发生的原因以及人工增雨在崇阳森林防火中的作用和发展前景。结果表明, 崇阳森林火灾呈明显的季节性特征, 与崇阳降雨的季节性气候特点相关; 崇阳林业发展迫切需要利用现代技术, 提高森林火灾的防御和控制能力; 崇阳人工增雨作业的增雨效果明显, 人工增雨技术在崇阳森林防火中应用切实可行, 发展前景良好。

关键词 人工增雨; 森林防火; 应用

中图分类号 S762 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)01-0118-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.01.036

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of Artificial Precipitation in Forest Fire Prevention in Chongyang

WEI Hua-bing¹, XIONG Li-shu² (1. Xianning Meteorological Bureau of Hubei, Xianning, Hubei 437100; 2. Chongyang Meteorological Bureau of Hubei, Chongyang, Hubei 23700)

Abstract Based on the investigation of Chongyang forest fire in recent years, the causes of Chongyang forest fire and the role and development prospects of artificial precipitation in forest fire prevention were analyzed. The results showed that the forest fires in Chongyang had obvious seasonal characteristics, associated with seasonal climate characteristics of Chongyang rainfall; the urgent need to use modern technology development Chongyang forestry, improve the prevention and control of forest fire; Chongyang artificial rainfall operations rain enhancement effect was obvious, and artificial precipitation technology in Chongyang forest fire prevention in practical application had good prospects for development.

Key words Artificial rainfall; Forest fire prevention; Application

崇阳县是鄂东南的一个山区林业县, 全县山地面积约 15.33 万 hm^2 , 占全县国土总面积的 78%, 现有林地面积 12.6 万 hm^2 , 全县森林覆盖率达 59.1%。崇阳县每年大小森林火灾常发, 严重危害和影响林业发展, 森林火灾不仅造成林木的直接损毁, 而且会造成林地受损, 林地的生态环境变劣, 从而间接引发气象灾害或地质灾害。研究表明^[1-4], 森林火灾的发生与降水量、气温、湿度、风速等气象要素密切相关; 森林防火工作也与林区天气情况密不可分, 大风和干旱等不利天气会增加森林防火的难度, 造成火灾的蔓延, 间接加重森林火灾危害程度。多年来, 为解决农业抗旱, 崇阳县经常有计划地在农业生产干旱期开展人工增雨作业, 利用高炮和火箭人工增雨作业装备, 在有利的天气条件下, 适时开展人工增雨作业, 有效地缓解或解除了农业干旱。农业抗旱中人工增雨的成功做法, 能否在防范崇阳森林火灾中借鉴。为此, 笔者概述了近年来崇阳森林火灾发生的情况、森林火灾的原因和人工增雨作业情况, 分析人工增雨在崇阳森林防火中的作用和发展前景。

1 森林火灾的特点和成因分析

1.1 森林火灾发生情况 根据崇阳县森林防火办资料, 2007—2011 年共发生大小森林火灾 225 次, 平均每年 45 次(表 1), 其中较大森林火灾 44 次, 平均每年 9 次。从表 1 可以看出, 崇阳森林火灾多发生在秋季、冬季和春季, 夏季虽然气温高、雷暴多发, 但由于雨水较多, 林地潮湿, 植物体内水分增多, 可燃性降低, 基本无森林火灾发生。崇阳森林火灾呈明显的季节性特征, 表现为冬季>春季>秋季>夏季, 冬春之交是森林火灾发生最为频繁的时期, 而且森林火灾发生的

次数随着气候变暖呈增加趋势。据林业部门不完全统计, 崇阳每年投入森林灭火用于调动车辆和人员的费用高达 800 多万元。

表 1 2007—2011 年崇阳县各月森林火灾

Table 1 Forest fires in Chongyang County from 2007 to 2011

年份 Year	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.	合计 Total
2007	3	8	7	5	2	5	2	32
2008	2	10	8	3	6	1	3	33
2009	3	10	7	5	7	5	6	43
2010	7	12	19	1	1	3	2	45
2011	9	25	17	5	3	6	7	72

1.2 森林火灾发生的天气气候原因 森林火灾的发生具备可燃物、火源和氧气 3 个条件。人类活动离不开火和氧气, 氧气存在于空气中, 无法人为控制; 火源伴随人类生产活动的各个过程, 也无法杜绝。因此, 可燃物成为决定森林火灾能否发生的主要条件。森林可燃物的易燃程度及燃烧蔓延情况与其含水率有关^[5], 森林植被的含水率随季节和时间的变化而变化, 这种变化与天气气候条件密切相关。王慕莲等^[6]、袁启光等^[7]研究表明, 气温、降水、相对湿度的综合作用是影响森林可燃物含水率变化的主要气象因素。因此, 当地气候背景和气象要素的时间变化情况是影响其森林火灾发生的重要原因。

崇阳县属亚热带季风气候, 温和多雨, 四季分明, 年降水量 1 600 mm 左右, 平均气温 17.1 $^{\circ}\text{C}$ 。崇阳春夏季气温升高, 雨水较多; 秋冬季气温下降, 雨水偏少。每年 4—5 月开始进入雨季, 6 月中旬进入梅雨期, 常出现暴雨洪涝成灾; 7 月上旬梅雨期结束, 转入高温天气, 常发生伏旱; 9 月进入秋季后雨水迅速减少, 秋季后至次年春季的降水总量约占全年降水

作者简介 魏华兵(1970—), 男, 湖北天门人, 高级工程师, 从事气象观测和气象服务研究。

收稿日期 2018-03-21

的 1/3,多数年份都有大小程度不同的秋、冬旱或春旱天气发生。从崇阳降水的气候情况看,崇阳虽然降雨充沛,但全年降雨分配较为不均,呈现明显的季节性变化特征,这是影响崇阳森林火灾季节性发生的主要气候因素。

林地的森林植被随季节发生变化,温度变化是季节变化的重要标志,气温影响植物生长和水分吸收,造成森林可燃物含水率的变化,不同气温条件下的蒸发作用也影响森林可燃物含水率。降水量和相对湿度直接影响森林可燃物的含水量,特别是死的可燃物受影响更大。研究表明,江西月平均气温在 0~10℃时,森林火灾发生次数最多,月平均气温>20℃时,一般不发生森林火灾;月降水量超过 100 mm,且分布均匀时,较少发生森林火灾;相对湿度在 75%以上不发生森林火灾,55%~75%可能发生,55%以下可能发生大火灾。鉴于以上研究结果,统计了崇阳县 1981—2010 年的气温、降水和相对湿度(表 2)。

表 2 1981—2010 年崇阳县气象要素资料

Table 2 Meteorological elements of Chongyang County from 1981 to 2010

月份 Month	平均气温 Average temperature/°C	降水量 Precipitation mm	相对湿度 Relative humidity/%
1	4.8	68.6	77
2	7.2	88.0	76
3	11.1	130.7	77
4	17.4	190.8	76
5	22.4	213.2	77
6	25.8	265.1	79
7	29.0	230.7	76
8	28.2	146.8	77
9	24.1	70.1	76
10	18.5	82.4	75
11	12.5	75.7	75
12	6.9	42.2	74

从表 2 可以看出,崇阳 5—9 月月平均气温均在 20℃以上,其他月均低于 20℃,12 月至次年 2 月月平均气温均在 0~10℃。崇阳森林火灾应在 10 月至次年 4 月发生,且 12 月至次年 2 月为火灾多发期。从降水资料看,9 月以后降水迅速减少,至次年 2 月,降水量均低于 100 mm,其 6 个月的平均总雨量仅占全年雨量的 1/3,故秋冬季为崇阳森林防火的重要时期。从相对湿度看,崇阳相对湿度全年各月变化趋势平缓,多在 75%左右,无季节性变化特征。但相对湿度受天气影响较大,在连续干旱天气条件下,相对湿度的持续偏低,会造成森林火灾的上升。2011 年春季的持续干旱,造成 1—5 月连续相对湿度低于 75%,同年森林火灾次数呈多发趋势,较往年偏多近 1 倍。

1.3 森林火灾的人为原因 崇阳县地处幕阜山脉北麓,山林地多呈块连片,森林面积较大。每年秋冬季干旱期,因长时间无雨和较低的空气湿度,造成林地的树枝、落叶和死树迅速干枯,林内可燃物载量增多。秋冬时节进入林区的人员急剧增多,野外生产、生活用火点多面广,火源难于管理。冬

春季,林区因农业和林业生产需要,常有人为野外烧荒、烧芭茅的情况,这也是引起崇阳森林大火的重要原因。据森林防火办统计,90%以上的森林大火都是人为使用明火引发的。

2 人工增雨在森林防火中的应用

崇阳县人工增雨作业装备主要是地面增雨作业设备,崇阳县现有三七双管高炮 2 门,江西产 BL 系列火箭发射架 2 台。覆盖全县各乡镇的人影作业炮点 12 个,县气象台建有涵盖卫星云图和天气雷达资料实时显示的人工增雨业指挥综合业务系统。这些作业装备和基础设施是进行人工增雨作业必备的条件,也是实施森林防(灭)火计划的物质基础。

2.1 人工增雨作业的物理原理 人工增雨主要是通过改变云体粒子相态或谱分布,促使云体胶性不稳定发展,由影响其微物理过程进而间接引起宏观动力过程变化,从而提高云的降雨效率来增加降水量。其物理原理包括静力和动力催化过程。冷云降水一般是由冰晶通过贝吉龙过程及随后的淞附或碰并过程形成,静力催化是在冷云中引入适量的人工冰晶加强上述过程,使云产生更多的降水。动力催化是在云的过冷却部位引入大量人工冰晶(浓度 $10^2 \sim 10^4$ 个/L),使云中过冷水迅速转化为冰晶并加强凝华过程,释放量冻结潜热和凝结潜热增加云体温度和浮力,促使云体在垂直和水平方向发展延长云的生命期,从而增加降水。

2.2 人工增雨作业的效果分析 国内大量的人工增雨作业实践结果表明,正确的人工增雨作业可以使自然降雨量增加,人工增雨的大小与自然云条件以及催化作业技术水平有关。客观、科学地评价人工增雨的作业效果一直是人工影响天气学科的重要内容^[8]。目前,县级人工影响天气机构在人工增雨效果评估的观测仪器、取样设备较缺乏,精细的人工增雨效果评估还存一定困难。根据高树俊^[9]提出的适合市县 2 级人工增雨效果评估实际情况的简便设计方法,利用崇阳县 2007 年以来的区域自动气象站观测资料^[10],计算其作业影响区和对比区的平均雨量,对崇阳 2007 年以来农业抗旱中历次的人工增雨作业效果进行了评估,结果见表 3。从表 3 可以看出,崇阳人工增雨作业的增雨效果在 20%~90%,多数增雨效果均超过了 30%,平均增雨效果也接近 50%。

2.3 人工增雨作业在崇阳森林灭火中的应用 基于人工增雨作业良好的增雨效果,近年来,崇阳县森林防火办多次要求在崇阳森林灭火中进行人工增雨作业,2007 年以来,共成功进行 3 次人工增雨森林灭火作业,具体情况见表 4。从表 4 可以看出,3 次人工增雨作业效果明显,不考虑云体、地形差异等原因,平均增雨效果都在 30%以上,其在抑制林火蔓延、减轻森林火灾损失上具有很好的效果,这可以从森林灭火的效果上得到验证。由于森林火灾的发生时间和地点具有较强的随机性,火灾的强度也不一致,森林灭火的人工增雨作业受天气条件的制约明显,如果森林火灾发生后,无有利的降雨天气形势,无法进行人工增雨森林灭火作业。

3 人工增雨作业在崇阳森林防火中的发展前景

3.1 崇阳森林防火的发展态势 近年来,随着退耕还林、低

产林改造、森林湿地公园等一批林业生态项目的实施,崇阳县宜林荒山地将逐渐被消灭。根据崇阳县林业发展规划,全县林地面积将达 14.67 万 hm^2 ,森林覆盖率将超过 61%。由于山区植被的恢复、林地面积的扩大、林地植被的增加,林内可燃物明显增多,崇阳山区植被中多夹杂有特别易燃的草本芭茅,在秋冬季节的干旱天气,其枯萎后的着火点低,极易引发森林火灾,火险隐患极大,加重了森林防火任务。同时,随

着农业产业调整,大量农村青壮年劳力外出务工,林业专业扑火队伍很难稳定,使得火灾扑救人员组织难度越来越大。综合林业发展情况分析,随着崇阳县林地面积的扩大,森林防火的任务量增加,传统森林火灾的人员监测和人力灭火方式不仅维持困难,而且远不能满足崇阳森林防火的需要。森林防火工作迫切需要利用高科技手段和现代技术,来提高崇阳森林防火的防御和控制能力。

表 3 2007—2011 年历次人工增雨作业效果

Table 3 The effect of artificial precipitation from 2007 to 2011

作业时间 Working hours	作业地点 Working site	作业装备 Operation equipment	耗弹量 Consumption capacity	影响区平均雨量 The average rainfall in affected zone//mm	对比区平均雨量 The average rainfall in control zone//mm	增雨效果 Precipitation enhancement effect//%
2007-08-03	天城镇	高炮	30 发	28.0	20.9	33.9
2007-08-12	天城镇	高炮	20 发	0.3	0.0	—
2007-08-16	白霓镇	高炮	30 发	18.4	15.0	22.6
2007-08-20	沙坪镇	高炮	30 发	12.6	7.9	59.5
2008-07-30	石城镇	火箭、高炮	5 枚、70 发	7.5	4.1	82.9
2009-07-24	天城镇	火箭、高炮	13 枚、90 发	64.1	38.7	65.6
2011-04-21	白霓镇	火箭	10 枚	8.9	6.2	43.5
2011-05-02	青山镇	火箭	12 枚	23.8	16.5	44.2
2011-05-21	路口镇	火箭、高炮	10 枚、70 发	67.6	45.7	47.9
平均效果 Average effect						49.0

表 4 2007—2011 年人工增雨森林灭火作业情况

Table 4 Forest fire suppression operation of artificial precipitation from 2007 to 2011

森林火灾发生时间 The forest fire occurrence time	森林火灾发生地点 The forest fire occurrence site	作业装备 Operation equipment	耗弹量 Consumption capacity	作业区雨量 The average rainfall in affected zone//mm	对比区雨量 The average rainfall in control zone//mm	灭火效果 Fire extinguishing effect
2007-12-13	沙坪镇泉湖村	高炮	40 发	6.6	5.0	火场无明火
2009-02-13	桂花林场	高炮、火箭	40 发、4 枚	4.6	3.0	火场无明火
2011-02-08	港口乡古市林场	火箭	5 枚	6.0	3.8	火场无暗火

3.2 崇阳降水变化趋势 根据崇阳 1955 年建站以来的降水资料分析,崇阳降水量年际变化大,最大降水量 2 132.1 mm,最小降水量 961.7 mm,年际间最大相差 1 170.4 mm。从图 1 可以看出,2000 年以后,降水量呈减少

趋势,年际间降水差异变大,出现连续少雨干旱的年份增多,2010 年 11 月至 2011 年 5 月,崇阳出现了持续少雨的天气,降水较常年偏少,为历史罕见,持续干旱天气造成了 2011 年冬春季森林火灾的多发。

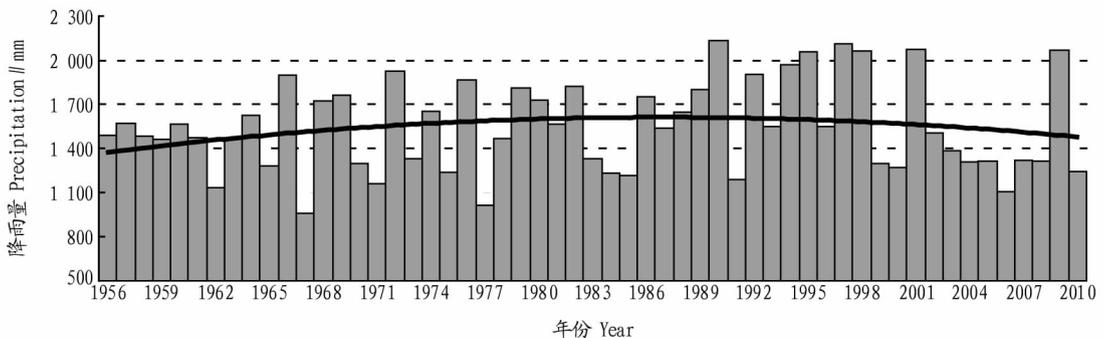


图 1 1956—2011 年崇阳县年降水量及变化趋势

Fig. 1 Annual precipitation and variation trend in Chongyang county from 1956 to 2011

3.3 人工增雨作业在森林防火期应用的可行性 崇阳秋冬季降水少,水资源呈季节性缺乏,2000 年后降水减少,极端干

旱天气的多发,造成崇阳水资源临时性的缺乏。相关资料显 (下转第 185 页)

肥的现象,导致西洋参减产^[12]。

容器的尺寸会影响植物在确定时间内所能达到的规格和质量,容器太小植物在生长季会出现根系生长受阻的现象^[13],这就是西洋参容器苗根部粗短的原因。另外,容器越深排水效果越好,排水不良可能导致植物的根毛死亡,影响植物对营养和水分的吸收^[13]。容器的颜色也对植物生长有一定影响,黑色容器可以增加容器土壤温度,有利于西洋参生长。林下太阳辐射对人参的形态特征及光合生理特性均有较大影响^[14],都是处在相同的林下环境中,且都是腐殖质土壤,容器苗栽植西洋参不仅产量高,而且处在林下环境人参皂苷等含量也比大棚裸根苗栽植的西洋参含量高。

(3)虽然林下容器苗栽植和大棚裸根苗栽植西洋参产量均较高,但林下容器苗栽植具有更高的效益。在生态效益上,林下容器栽植西洋参不会大面积扰动林下土壤,达到林药兼收的目的;在经济效益上,林下容器苗栽植西洋参成本更低,且市场更好,价格更高;在社会效益上,林下容器苗栽植西洋参可以通过更换容器土壤继续栽植,且可以防止鼠害等,具有很大的推广价值。因此,林下容器苗栽植方式更加适合西洋参的推广栽植。

(上接第 120 页)

示,自然降水仅占空中云水资源的 12%,开发空中水资源具有很大潜力。分析崇阳森林防火期近 30 年的降雨资料可知,每年 9 月至次年 4 月,降雨日数平均每月为 10~12 d,出现 5 mm 以上的降水天气过程平均每月 5~6 次,其中 10 mm 以上中等强度以上降水过程 2~3 次。崇阳多年人工增雨作业的增雨效果多在 30% 以上,每月有 5~6 次的人工增雨作业机会至少可以增加 1 mm 以上的降雨量,李涵茂等^[11]研究表明,1 mm 降水量是引起土壤湿度变化的有效降水阈值。因此,在森林防火期多次进行有效的森林防火人工增雨作业是可行的。

目前,崇阳的人工增雨作业在森林防火中仅在森林灭火上尝试应用,而在春季培育幼龄林的成活和降低秋冬季干旱的高森林火险天气上,还有更大的应用空间。在森林防火期,可以通过气象干旱的动态监测,利用有利的天气过程,增加人工增雨作业次数,提高森林防火期云体的降水效果,增加秋冬季林地的土壤湿度和森林可燃物的含水率,实现人工增雨从森林灭火向降低火森林火灾风险等级的森林防火方

参考文献

- [1] 刘芳. 西洋参林下种植技术[J]. 南方农业, 2018, 12(3): 52-53, 55.
- [2] 魏晓雨. 西洋参成功引种后化学成分和遗传稳定性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [3] 臧日华. 浅析西洋参的经济价值及发展状况[J]. 特种经济动植物, 2007, 10(9): 39-40.
- [4] 周长吉. 现代温室工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 3.
- [5] 于立娟. 人参设施生产中温度环境的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2008.
- [6] 高海燕, 王井源, 韩莲花, 等. 人参设施栽培研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(12): 5265-5266, 5271.
- [7] PROCTOR J T A, PALMER J W. Optimal light for greenhouse culture of American ginseng seedlings[J]. Journal of ginseng research, 2017, 41(3): 370-372.
- [8] 程海涛, 张亚玉, 张连学, 等. 土壤环境与人参生长关系的研究进展[J]. 中药材, 2011, 34(2): 313-317.
- [9] 张亚玉. 不同生长环境下人参根区土壤肥力特性研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [10] 刘哲, 王南, 武晓林, 等. 不同土壤环境下种植的人参皂苷含量的比较分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(2): 737-739.
- [11] THOMAS S C LI. 土壤水分对西洋参生长的影响[J]. 特产研究, 2000(4): 60-62.
- [12] 刘琪璟, 戴洪才, 王贺新. 林下人参生理特性和生长与林内生态因子的关系[J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 353-359.
- [13] 章银柯, 包志毅. 园林苗木容器栽培及容器类型演变[J]. 中国园林, 2005(4): 55-58.
- [14] 郝乘仪, 李妍. 林下参研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2011, 32(2): 105-108.

式转变, 全面发挥人工增雨技术在森林防火中的作用。

参考文献

- [1] 朱亚萍, 敬晓剑. 秋季林火成因及人工增雨效果分析[J]. 黑龙江气象, 2003(1): 30, 32.
- [2] 孙科辉, 肖金香, 冯敏玉, 等. 江西森林火灾与火险天气分析及综合预防技术措施[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(3): 394-398.
- [3] 董加成. 浅谈森林火灾发生原因及防范措施[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(12): 141, 203.
- [4] 肖健. 气象因子对森林火灾的影响及防火对策[J]. 中国林业, 2010(7): 41.
- [5] 傅美芬, 张灿. 森林可燃物含水率与火险级关系的研究[J]. 西南林学院学报, 1991, 11(1): 51-58.
- [6] 王慕莲, 陈光刚, 傅美芬, 等. 森林可燃物含水率与气象条件相关性的初步研究[J]. 西南林学院学报, 1990, 10(1): 11-20.
- [7] 袁启光, 张同智. 大兴安岭林区可燃物含水量变化分析及预报方法研究[J]. 林业勘察设计, 2010(3): 39-41.
- [8] 张自国. 人工增雨效果检验绝对增雨量效果评估方案[J]. 内蒙古气象, 2003(4): 56-58.
- [9] 高树俊. 一种人工增雨效果评估简便设计方法[J]. 山东气象, 2003(4): 39-40.
- [10] 马秀玲, 杨雷斌, 彭八慧, 等. 基于区域雨量站资料的人工增雨效果评估系统[J]. 气象水文海洋仪器, 2008(2): 56-58.
- [11] 李涵茂, 方丽, 贺京, 等. 基于前期降水量和蒸发量的土壤湿度预测研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(14): 252-257.