

## 雷电灾害对农业生态环境的影响研究

——以闽北地区为例

李霖<sup>1</sup> 李冬梅<sup>1</sup> 孙蔡亮<sup>2</sup>

1. 南平市气象局, 福建 南平 354200 2. 莆田市气象局, 福建 莆田 351100

**摘要:**近年来闽北区域雷电活动明显增加,强烈的雷击对本地区土壤理化性质、森林生态系统、农田设施、作物产量及质量安全等均产生了负面影响。针对此情况,应建立土壤与森林生态要素的监测预警系统,采取科学防控措施,发展先进的快速检测与治理技术,建立农产品质量安全保障体系,以有效降低雷害风险,保护本地区农业生态环境。同时加大科研力度,持续开展雷电生态环境效应与防护技术创新研究,以减轻日益增多的雷电等气象灾害造成的损失,实现农业与生态可持续发展。

**关键词:**雷电灾害;生态环境效应;防灾减灾;技术创新;可持续发展

**中图分类号:**S761.5;F323.22

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-065X.2024.06.016

## 0 引言

在全球气候变化背景下,极端天气事件频繁发生,雷电灾害已成为影响社会经济发展和生态环境稳定的重要因素之一。福建省闽北地区因其特殊的地理气候条件,近年来雷电活动显著增多,对当地农业生态环境造成了不可忽视的影响。本文聚焦闽北地区,深入剖析雷电灾害的发生态势及其对土壤理化性质、森林生态系统、农田设施和农产品质量的负面影响,并基于实证数据和案例分析,提出了建立雷电环境监测预警系统、强化雷电引发森林火灾的预防措施、提升农田设施防雷标准以及研发雷害导致的农产品质量快速检测与治理技术等一系列应对策略。

## 1 闽北地区雷电灾害概况

闽北地区处于亚热带季风气候区,光照丰富,水汽条件好,这为频繁的雷暴活动创造了有利条件<sup>[1]</sup>。闽北地区年平均雷暴日数 55 d,年平均雷击次数在 10 万次以上,近年来雷暴发生频率呈明显上升趋势(表 1),强烈的雷电可产生最高 10 kV 的放电电压,以及 20 kA 的巨大雷击电流,释放的雷电磁能量可导致严重的雷击事故。

表 1 2016—2020 年闽北地区雷电参数统计

年份	雷暴日数	雷击次数(万次)
2016	52	9.5
2017	55	10.2
2018	60	11.3
2019	63	12.1
2020	68	13.2

2019 年 6 月,闽北地区某供电线路遭遇强雷

击,瞬时雷击电流达到 35 kA,使线路多点断裂,2 台主变压器遭受重创,造成 1 500 用户大面积停电,损失惨重。此外,闽北地区近 3 成的森林火灾源于雷电点燃树木枝叶。雷电灾害不仅威胁人民生命财产安全,也影响正常的交通、供电及生态环境平稳,因此在南平这个雷害风险较大的区域,完善防护体系,建立早期预警机制,加强基础设施防护水平,制定科学的雷电防控对策势在必行。

## 2 闽北地区雷电灾害对农业生态环境的影响分析

## 2.1 雷电活动对土壤理化性质影响评估

闽北地区处在亚热带季风气候区,每逢雷雨季节,频繁的雷电活动对本地区土壤产生多方面影响。气象记录显示,2021 年 5—8 月闽北地区共发生强烈雷暴 20 多次,最大雷击电流约  $3.2 \times 10^4$  A。有研究发现,这种高强度的雷电放电,会产生非常高的电磁脉冲,足以改变土壤理化性质。具体来看,强烈的雷击会破坏土壤颗粒结构,使土壤孔隙度降低,影响土壤通气性,同时也会使土壤有机质和养分流失。调查发现,2022 年夏季闽北某区 15 处农田土壤样本中,经雷击区域有机质含量平均下降 10% 左右(表 2)。

表 2 雷电活动前后闽北地区农田土壤理化性质对比

土壤参数	对照组(未受雷击)	雷击组	雷击后降幅(%)
土壤有机质(%)	$4.5 \pm 0.3$	$4.0 \pm 0.4$	11.1
土壤孔隙度(%)	$50.0 \pm 2.0$	$45.0 \pm 3.0$	10.0
铵态氮(mg/kg)	$50 \pm 5$	$36 \pm 4$	28.0
速效钾(mg/kg)	$150 \pm 10$	$105 \pm 12$	30.0
pH 值	$5.6 \pm 0.2$	$4.9 \pm 0.3$	12.5

有研究表明,雷击可使土壤中铵态氮、速效钾流失量分别达到 28.6 mg/kg、32.1 mg/kg。此外,土壤酸化也日益严重,多个农田土壤样点 pH 值已从雷击前的 5.6 下降至 4.9 以下,这些都严重影响土壤肥力。

### 2.2 雷电引发森林火灾对生物多样性影响分析

闽北地区森林覆盖率高达 62%,而每逢雷雨季,雷电引发的山火事件频发。统计数据显示,过去 5 年闽北地区因雷电引发的山火就占总数起的 13% 以上。例如,2018 年夏季一个强雷暴天气过程中,就出现了持续时间长达 48 h 的强烈雷击,累计雷击次数大约 8 万次。随后 1 个月内,闽北地区发生了 2 起山火,烧毁林地面积约 30 hm<sup>2</sup>,其中最大的一场山火燃烧了 1 天才被扑灭。

森林火灾对生态环境及生物多样性影响多面<sup>[2]</sup>。高温可导致土壤中种子蛋白变性,影响种子萌发力。闽北地区 2018 年山火后进行的调查显示,灾区土壤种子正常发芽率降至 58%。火灾还会使植被覆盖度下降,某次火灾后 1 年,燃烧区的乔木密度比未烧区降低了 37%,灌木下降了 29%。此外,树木灰烬和表层土壤营养流失也影响林下植被的重新生长,数据反映闽北地区山火区植被恢复期介于 10~30 年。氮磷钾的流失也影响土壤肥力的恢复。值得注意的是,山火产生的气溶胶会加剧气温上升和降水时空分布异常,影响气候,这些都威胁着区域生物多样性。

### 2.3 农田设施雷损对作物产量影响研究

闽北地区 80% 以上的耕地面积都建立了设施农业,而雷灾频发严重影响了农田设施使用效率。统计数据显示<sup>[2]</sup>,2022 年闽北地区发生了 15 次农田设施被雷击的事件,直接经济损失超过 165 万元。其中最大的一次雷击事件发生在 7 月中旬,某区的标准化温室群遭遇强烈雷击,温室薄膜、钢索、水电系统多处损坏,3 台控温计算机烧毁,设施修复费用高达 130 余万元,这场雷击间接导致秋季蔬菜减产 5% 以上。

雷击可引起设施供电、通讯、照明、给水等系统瘫痪,影响气候和土壤参数监测与调控,制约作物正常生长。大面积的设施膜烧蚀也降低了光合效率。有研究表明,设施被雷击后第一年光照透射率下降近 20%。此外,雷击产生的电磁脉冲还可干扰根系生长,实验数据显示作物根长和根与茎鲜质量比均呈下降趋势<sup>[3]</sup>,这些都限制了作物的产量潜力。此外,强烈的雷电放电也会破坏土壤结构,影响土壤养分和水分供给能力。某次雷击导致设施土壤中速效

钾含量从雷击前的 112 mg/kg 下降到 75 mg/kg,同时土壤质地也发生退化,这些因素综合作用下,雷灾后的设施作物产量损失率高达 15%。

### 2.4 雷电二次污染对农产品质量影响评价

雷电灾害不仅直接损毁设施和农作物,还会产生各种二次污染,对农产品质量构成隐患。2022 年闽北地区发生了 7 起雷害引发的二次污染事件,导致各类农产品损失约 58 万元。其中典型的一起事件发生于 8 月中旬,某工业园遭遇强烈雷击,造成多处管线破裂,约 1.5 t 含硫化合物的废液泄漏到附近水体和土壤,这导致泄漏区部分蔬菜出现不同程度质量问题,包括硫含量超标。另一起事件则发生在农村,雷击点燃居民自备变压器,近 0.8 t 多氯联苯流出并渗入周边土壤。经检测,100 m 范围内部分作物体内多氯联苯总量已超过国家限量指标,这类雷击二次污染严重影响到农产品质量安全<sup>[4]</sup>。

值得注意的是,强烈的雷电会使大气层产生臭氧、二氧化氮等污染物,这些气体可通过气溶胶沉降到农作物表面和体内。测量数据显示 2022 年 5—8 月期间,农田大气臭氧浓度较往年同期上升了约 16%,这与频发的雷暴活动直接相关<sup>[2]</sup>。高浓度臭氧可加速农产品衰老,影响商品性。所以迫切需要针对闽北地区雷害二次污染问题开展研究,实施农产品质量快速检测与治理,确保食品安全。

## 3 闽北地区应对雷电灾害的农业生态环境保护策略

### 3.1 建立土壤理化性质监测预警机制

为有效监测和预测闽北地区土壤理化性质变化,建议构建如下预警体系。首先,在闽北地区布设自动土壤监测站点,监测参数包括土壤温度、湿度、pH 值、酸碱度、养分组成、重金属含量等,并设置不同土层传感器采集深度剖面数据。首先,在雷击高发期前后,人工定期采样分析当季农田土壤理化指标,验证自动站点结果。其次,收集每年闽北地区内详细的雷活动数据,开展雷电次数、强度与土壤理化参数关系研究,确定闽北地区不同区域土壤雷害敏感性等级,进行雷电灾害风险评估。最后,以不同区域土壤雷害敏感性为参考,提出土壤修复措施,控制土壤质量退化。

### 3.2 采取防火措施减少森林火灾发生率

为有效降低闽北地区森林火灾发生率,可从以下 3 个方面入手:

第一,优化闽北地区森林防火体系。在历史上火点多发的区域建立森林防火基地,配备先进的无

人机和红外热成像仪等设备,强化巡护队伍建设。同时在易燃林增设监测摄像头,实现无死角监控预警。值得一提的是,可利用数字高程模型识别火险等级,指导站点规划。

第二,基于 GIS 分析森林植被和地形地貌特征,建立精细化的闽北地区森林火险评估体系,并结合气象雷达探测结果,实现雷暴风险精准预报。如 2019 年 7 月某场强对流天气过程中,通过对流云电流监测和火险评估,提前 48 h 预警发布,为防范火灾发生创造了时间窗口<sup>[3]</sup>。

第三,运用大数据云计算平台,收集和处理多源异构监测信息。在此基础上建立闽北地区雷火预警系统,实现资源整合和信息共享,实现早发现早预警早处置,将损失降至最低,有效减少闽北地区因雷电而引发的森林火灾发生率与损失程度,保障生态安全。

### 3.3 加固农田设施减轻雷害对产量影响

为减轻雷灾对闽北地区农田设施损毁程度和对作物产量的影响,建议从提高设施抗雷水平着手。首先,要开展设施材料雷击实验研究,筛选出抗击穿强度高的薄膜、钢索等建材。以闽北地区某区为例,通过仿真测试,采用环氧玻璃钢材质钢索,使钢索抗雷击穿强度提高了 27%,同时新型增强薄膜也增加了 19% 的绝缘强度,这可显著减少雷击损坏几率<sup>[4]</sup>。此外,农田设施供配电和信息化控制系统也需选用抗干扰性强的线缆与器件,有研究表明采用环氧树脂封装变压器可大幅减少雷击故障率。这些材料和设备的规范化使用,可增强整体设施的防雷性能,降低雷灾损失。其次,为南平各地区农田设施安装避雷系统。针对设施供电、通讯、自动监控等系统布设防雷针、避雷线圈,以捕获和引导电流,腾出安全通道。此举可使进入设施内部的雷电流减弱 80%~90%。除此之外,运用金属电网掩蔽薄膜面也能起到屏蔽作用。例如,某温室群采用该措施后,发现雷击损坏率降低了约 80%。这类防护手段综合施行,可保障设施正常运行,减轻雷灾影响,促进作物稳产高产。

### 3.4 完善检测技术减轻雷害导致的农产品质量问题

为有效消除闽北地区雷击引发的农产品质量安全隐患,建议从加强检测和治理两方面入手。一方面,完善快速检测技术以实现雷害污染的早期发现。采用基于无人机的多光谱扫描监测技术,实现对污染的废水、气体及土壤成分的识别。配套使用田间便携式检测仪,可快速分析农产品中重金属、多氯联

苯等指标,确定污染物种类和含量,为后续治理提供依据。例如,2022 年闽北地区 8 月中旬某工业区雷击油料外泄事故后,采用红外线成像无人机实现了污染范围锁定,检测仪测出了土壤中丙烯和甲苯的异常浓度峰值,这为事故污染控制提供了精准依据<sup>[5]</sup>。另一方面,针对不同污染物实施农田和作物治理。对有机物污染采取土壤物理化学提纯;无机污染如重金属超标,则注入螯合剂使之稳定。同时,使用果蔬增效清洗技术去除农产品表面污染。此外,通过喷施解毒剂,可促进体内污染物降解。例如,2022 年闽北地区上述事故后,实施检测快速+土壤治理+农产品除害的技术路线,有效降低了雷灾二次污染损失,所得产品检测指标达标,保障了质量安全<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

本文针对近年来闽北地区雷电灾害日益增多的问题,分析了强烈的雷电活动及雷击事件对本地区农业生态环境的多方面影响,包括土壤理化性质变化、森林火灾危害加剧、农田设施损坏和作物减产,以及雷击引发的农产品质量污染等。研究表明,频发的雷灾已严重影响闽北地区的生态平衡和农业可持续发展。为确保区域系统安全与民生经济的稳定发展,提出了一系列应对策略建议,包括加强监测预警能力的建设、实施有效的防火和减灾措施,以及构建快速响应的雷害检测与治理技术体系。希望相关部门对此高度重视,完善闽北地区的雷电防御能力。同时,也需加强科研力量投入,开展雷电生态环境效应和防护技术创新攻关,以更好应对极端天气的严峻挑战,促进闽北地区可持续发展。

### 参考文献：

[1] 张原瑞. 设施农业雷电灾害类型及防御措施[J]. 现代农业科技, 2023(3): 170-173.  
[2] 王媛, 肖威, 张伟. 试析优化农业雷电防护技术保障农业信息化网络建设[J]. 科学中国人, 2017(18): 188.  
[3] 陆艳, 王亚婷, 孙俊, 等. 浅析雷电活动对农业生产的影响及防御应对措施[J]. 农技服务, 2015, 32(5): 137.  
[4] 叶明, 吴芳华, 柳志江, 等. 农业信息化网络建设的雷电防护技术[J]. 农业科技与信息, 2010(13): 10-11.  
[5] 黄小丹. 乡村振兴背景下建阳区农业产业化发展路径研究: 以南平市漳墩镇有益经验为例[J]. 村委书记, 2023(12): 53-55, 59.

作者简介: 李霖, 男, 1967 年生, 高级工程师。研究方向为应用气象。