

雷雨天气对负氧离子浓度的影响

卢振礼¹ 杨成芳² 崔广暑¹ 安源¹ 张文琴¹ 秦兰¹

(1 山东省日照市气象局,日照 276826; 2 山东省气象台,济南 250031)

摘要 空气负氧离子含量已经成为康养、生态旅游区域评价的主要指标之一,沿海区域的空气负氧离子含量较高,受雷雨等天气因子的影响显著。本文利用日照大沙洼国家森林公园空气负氧离子逐日监测数据、闪电定位仪监测数据和自动气象站雨量、雨强监测资料,分析检验雷雨天气相关气象因子与空气负氧离子浓度变化率的关系。结果表明:①雷雨天气与负氧离子浓度的变化率具有显著相关性,雷雨时负氧离子的浓度变化率高于无雷雨时的负氧离子浓度变化率。②在发生雷雨的初始阶段,雷雨因子对空气负氧离子浓度变化率的影响较明显,随着雷雨的持续,雷雨因子对空气负氧离子浓度影响趋于平缓,并呈现出波动变化。③雷雨过程中,降雨强度和空气负氧离子浓度变化率存在显著正相关关系,降雨越强空气中的负氧离子含量增加越明显;闪电强度和空气负氧离子浓度变化率也存在显著正相关关系,闪电强度越强空气中负氧离子含量增加越明显。④由负氧离子浓度变化率与降雨强度、闪电强度建立的回归模型及其检验可知,对降雨强度大于 1.0 mm/5min、负闪电强度大于 50 kA 的雷雨天气,模型对负氧离子变化率的预测准确率较高;对降雨强度小于 1.0 mm/5min、负闪电强度小于 45 kA 的雷雨天气,模型对负氧离子变化率的预测能力略显不足。

关键词 雷雨;空气负氧离子;强度;变化率

中图分类号: P49 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20200161 **文献标识码:** A

引言

空气负离子大多是由自由电子和氧分子结合的含氧负离子,也称为“空气负氧离子”,国内外专家学者研究表明,空气中“负氧离子”的含量会影响到人体舒适度,促进人体健康,长期生活在负氧离子含量较高的地域,还可治愈一些慢性疾病^[1-10]。负氧离子是大气中不稳定粒子,随着环境、时间的变化会有较大变化^[5,11-15],受人类活动的影响也比较明显。目前,关于负氧离子产生源的研究观点基本可归纳为:森林植被、动力水源地、平流水源地、空气射线和紫外线、元素辐射、大气闪电、降雨及人造技术应用等^[16-17]。

影响空气负氧离子浓度(ANOIC)的气象因子主要包括空气温度、相对湿度、风力、气压、光照时数等。空气负氧离子与气温、相对湿度的关系研究较多,其中有学者认为空气负氧离子与气温正相

关^[8,18-19],也有学者认为空气负氧离子与气温负相关^[15,20],多数学者认为空气负氧离子与相对湿度正相关^[20-24],个别学者认为空气负氧离子与气温、风速不具有显著相关性^[25]。风力、气压、光照时数的研究也有较大分歧,有分析表明空气负氧离子与风力、气压、光照时数有显著相关性^[26-30]。也有文章研究表明空气负氧离子与风力、气压、光照时数不具有显著相关性^[20,31-33]。

降雨天气对 ANOIC 的影响研究同样存在分歧,降雨量对空气负氧离子不具有显著相关性^[34-35]的结论,同降雨量与空气负氧离子具有显著相关性^[8,36-38]的结论相互对立。还有学者认为降雨量对空气负氧离子不但具有显著相关性,且降雨强度与空气负氧离子也存在显著相关性^[25]。此外,闪电频次、次数对空气负氧离子具有显著相关性,发生闪电时,可以产生巨量的小粒径空气负氧离子^[5,13,39]。尽管 ANOIC 与气象因子关系已有很多研究,但雷

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家重点研发计划项目(2018YFC150790X)、国家自然科学基金项目(41975055)共同资助

作者简介:卢振礼,男,1968年生,硕士,高级工程师,主要从事气象环境学、交通气象研究,Email:lzl03121@163.com

收稿日期:2020年4月29日;定稿日期:2020年11月19日

雨天气因子对 ANOIC 的影响作用的深入研究还比较鲜见。本文分析了大沙洼国家森林公园的 ANOIC 与雷雨天气因子相关性,研究雷雨天气发生前后 ANOIC 的变化规律,为今后的相关研究和空气负氧离子(ANOI)合理开发应用提供一些技术参考。

1 研究区资料和研究方法

1.1 研究区资料

大沙洼国家森林公园,濒临黄海中北部,是沿海休闲、康养、旅游目的地之一,属暖温带湿润季风区大陆性气候,四季分明,冷热季和干湿季区别明显。年平均气温 13.0℃,年降雨日数 72 d,年平均降雨量 762.5 mm。降雨主要集中在 5 月初至 9 月底,占全年降雨量的 80% 以上,6、7、8 月的降雨量最多,雷雨发生率最高。10 月初至次年 4 月底降雨量较少,雷雨发生率低。

1.2 监测数据和研究方法

6 要素自动气象监测设备和负氧离子监测设备位于大沙洼国家森林公园内,监测站点分别位于(35°31'N,119°36'E)和(35°32'N,119°37'E)。自动气象站距离海岸线约 150 m,负氧离子监测设备距离海岸线 300 m。闪电定位仪采用山东省内组网设备,“三点”和“四点”定位模式确定闪电位置。设备分别使用江苏省无线电科学研究所的“DZZ4”自动气象站及成都倍立公司的“BL-flz200”型号负氧离子检测仪。

从 2019 全年的气象资料中筛查雷雨发生的时间段,统计发现雷雨天气主要集中在 5—9 月,因而气象资料和负氧离子资料选取范围均为 5—9 月。利用户外型空气负离子设备对大沙洼森林公园内空气负氧离子浓度进行测量,负氧离子数据每 0.5 min 更新一次。自动雨量设备监测降雨量,雨量 5 min 累计一次,在此基础上统计降雨强度。闪电数据来自山东省闪电定位组网监测设备,主要采用三点定位模式,闪电频次不定时监测汇总上传,筛选闪电强度数据,分析闪电强度和空气负氧离子变化率之间的关系。监测数据输入 EXCEL 表格初步处理,运用 SPSS19.0 软件进行统计分析、检验。

2 结果与分析

2.1 雷雨天气对空气负氧离子浓度影响结果

为了解雷雨天气发生前后空气负氧离子的变化

情况,分析雷雨天气因素与空气负氧离子的相关性。由于空气负氧离子浓度数值每天会有较大差别,每天的早午晚的本底值(本文的本底值指雷雨前的空气负氧离子浓度原有数值)也会有较大差别,不利于比较不同天气时的空气负氧离子浓度变化情况,因而选择 ANOIC 10 min 变化率分析雷雨天气对空气负氧离子变化的影响。通过统计分析 2019 年 5—9 月气象数据和负氧离子数据(以 10 min 为 1 个时次,共 57 个时次),得到雷雨天气时空气负氧离子浓度变化率的总体情况(图 1)。

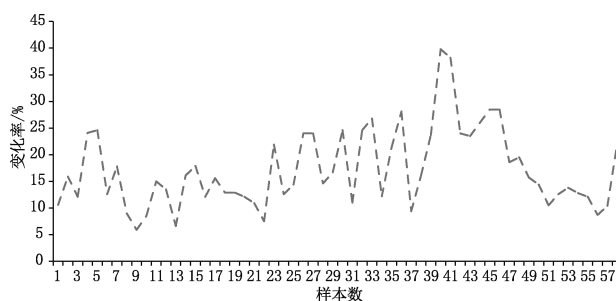


图 1 2019 年大洼森林公园 5—9 月雷雨天气时 10 min 空气负氧离子浓度变化率

图 1 表明,雷雨天气发生时,空气负氧离子浓度有明显增加的趋势,10 min 空气负氧离子变化率平均值为 17.2%,最大值为 39.8%,最小值为 5.9%。通过空气负氧离子浓度变化率与雷雨发生时的气象数据对比发现,变化率数值较高时,对应的雷雨天气一般闪电强度值较大同时降水强度也较大;而数值较小时,对应的雷雨天气一般闪电强度值较小同时降水强度也较小,可见雷雨天气对空气负氧离子变化率影响较为明显。

雷雨天气对空气负氧离子浓度变化率影响主要取决于降雨和闪电两方面的作用^[13,25],降雨对空气负氧离子的贡献主要由于雨滴在坠落过程中,与空气发生急速摩擦、撞击阻挡物,如与树木、农田、礁石撞击等,产生类似于雷纳德(Lenard)效应的结果,进而产生空气负氧离子浓度增加效应。闪电对空气负氧离子浓度增加的贡献主要表现为两种形式:①闪电可以击穿空气,产生大量的负电荷与大气分子结合,主要以 $O^{2-}(H_2O)_n$ 、 $OH^-(H_2O)_n$ 和 $CO_2^-(H_2O)_n$ 的形式存在;②强大的负地闪可以从云层向近地面输送大量的负电荷,从而增加空气负氧离子。

2.2 不同天气影响结果对比

对比不同天气对空气负氧离子浓度的影响,统

计有雷雨和无雷雨时的空气负氧离子数据,首先分析在有闪电无降雨、有降雨无闪电、有闪电有降雨天气条件下,负氧离子浓度的 10 min 的变化率,不同天气各选取 10 个时次样本数据,共计选取 30 个统计时次数据。分析发现(图 2),曲线的总体走势具有较大的波动性,当有闪电有降雨时,空气负氧离子浓度有显著跳变趋势,其变化率与其它 2 种天气条件相比具有显著差异。还可知,在雷雨天气发生的初始阶段,降雨和闪电对空气负氧离子浓度的增长率作用比较明显,此后随着降雨的持续,负氧离子浓度的增长率变得平缓,直至近于停止增长阶段,总体呈现波动变化状态。

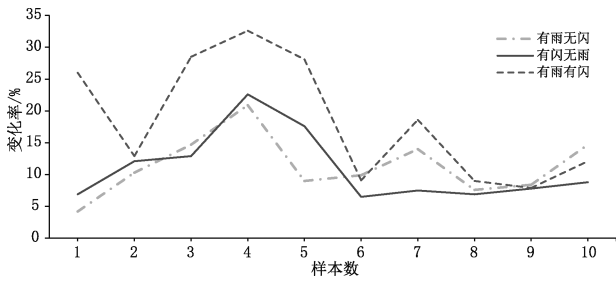


图 2 不同天气 10 min 空气负氧离子浓度变化率

然后在无雷雨天气条件下,统计分析负氧离子浓度的 10 min 的变化率(图 3),曲线的总体走势具有较小的波动性,平均数值仅为 3.6%。这进一步说明雷雨天气与空气负氧离子变化率具有较强的相关性。

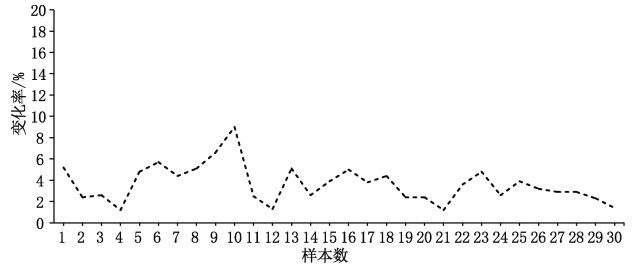


图 3 无雷雨天气 10 min 空气负氧离子浓度变化率

2.3 雷雨天气负氧离子浓度的影响因子分析

2.3.1 降雨强度对负氧离子浓度的影响

根据雷雨天气过程中降雨强度的大小,降雨数据分为 2 组。降雨强度大于平均值的为 1 组,降雨强度小于平值的为 2 组,统计对应的负氧离子浓度变化率,通过独立样本 t 检验(表 1)。降雨强度大的一组 and 降雨强度小的一组方差方程的 Levene 检验结果为:假定组内方差相等的前提条件不成立 ($F=9.959, p<0.01$),假定组内方差不相等的前提条件成立。 t 检验结果表明:降雨强度大的一组 and 降雨强度小的一组负氧离子浓度变化率存在显著差异 ($t=-5.290, p<0.01$),前者大于后者的负氧离子浓度变化率,降雨强度大于平均值的一组的负氧离子浓度变化率要高于降雨强度低的第 2 组数值,说明降雨强度对负氧离子浓度变化具有显著性影响。

表 1 10 min 空气负氧离子浓度变化率与降雨强度的独立样本 t 检验

	方差方程 Levene 检验		均值方程 t 检验				
	F	显著性水平	t	自由度	显著性水平 (双侧)	差分 95% 置信区间	
						下限	上限
假设方差相等	9.959	0.005	-5.816	20	0.000	-1.74362	-0.82305
假设方差不相等			-5.290	9.109	0.000	-1.83113	-0.73554

将雷雨时的负氧离子浓度变化率和对应的降水强度绘制成直方图和曲线图,可更加直观的看到两者的对应关系(图 4)。从图中可以看到,当雷雨天气发生时,随着 5 min 降雨量增大 10 min 负氧离子浓度变化率相应也增大,降雨量和空气负氧离子浓度变化率存在正向相关性。

2.3.2 闪电强度对负氧离子浓度影响

根据雷雨天气过程中闪电强度的大小,采用相同的分组方式,按照闪电强度大小分为 2 组,统计闪

电强度大的一组 and 闪电强度小的一组相对应负氧离子浓度变化率情况,并进行独立样本 t 检验(表 2)。检验结果为:方差方程 Levene 假定组内方差相等的前提条件成立 ($F=0.175, p=0.680 >0.05$),当组内方差相等时,闪电强度大的一组 and 闪电强度小的一组负氧离子浓度变化率存在显著差异 ($t=-5.984, p<0.01$),前一组的负氧离子浓度变化率大于后一组的负氧离子浓度变化率。同样,闪电强度大小对空气负氧离子浓度变化率具有显著性影响。

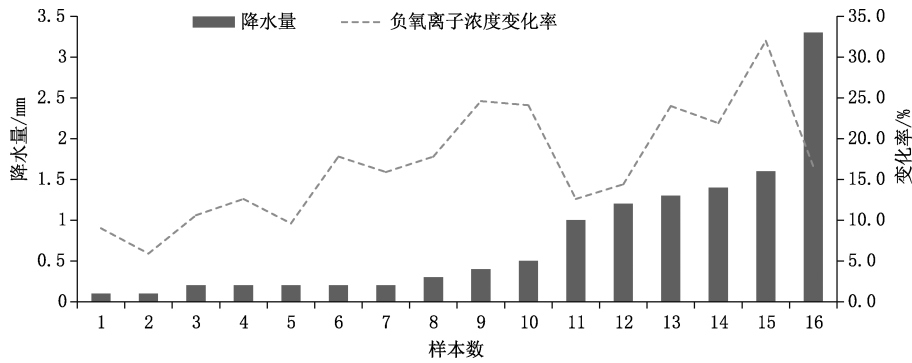


图 4 5 min 降水量(降雨强度)和 10 min 空气负氧离子浓度变化率对比

表 2 10 min 负氧离子浓度变化率与闪电强度的独立样本 t 检验

	方差方程 Levene 检验		均值方程 t 检验				
	F	显著性水平	t	自由度	显著性水平 (双侧)	差分 95% 置信区间	
						下限	上限
假设方差相等	0.175	0.680	-5.984	21	0.000	-10.11375	-4.89702
假设方差不相等			-5.703	15.316	0.000	-10.30534	-4.70542

将雷雨时的负氧离子浓度变化率数据与闪电强度数值绘制成柱状图和曲线图(图 5),从柱状图和曲线图可直观地看到,当雷雨天气发生时,随着闪电

强度增大负氧离子浓度变化率也相应地显著增大,说明闪电强度和负氧离子浓度变化率也存在显著正相关性。

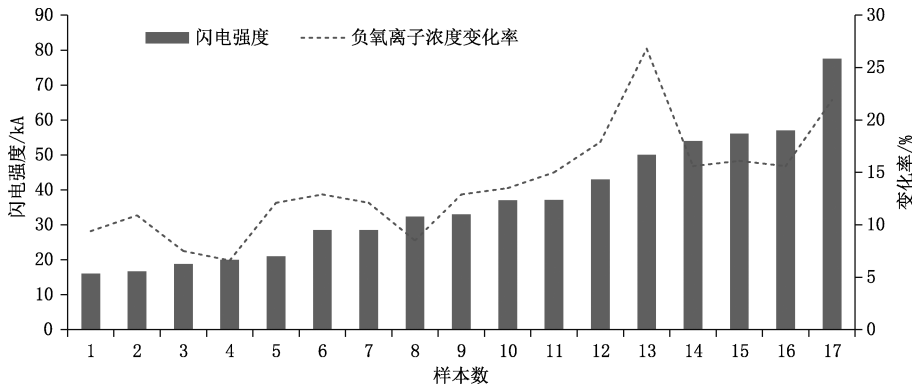


图 5 闪电强度和 10 min 空气负氧离子浓度变化率对比

2.4 负氧离子浓度变化率与雷雨因子回归分析

以上分析表明,4 种天气条件下(图 2、3)的负氧离子浓度变化率存在显著性差异。为了能够预测雷雨天气因子对负氧离子浓度变化率影响结果,还需要对它们之间的关系进行回归分析。分析表明,负氧离子浓度 10 min 变化率与降雨强度和闪电强度均具有显著相关关系(p 值分别为 0.002 和 0.005,均通过 0.01 显著性检验),决定系数 R^2 为 0.539,说明负氧离子浓度变化率与雷雨因子之间的回归模型,具有中等程度以上的可信度,这与前文的分析结

果具有一致性。

根据回归分析得到线性回归模型:

$$Y = 11.352 + 2.096X_1 + 0.136X_2$$

其中, Y 为负氧离子浓度 10 min 变化率, X_1 为降雨强度(单位: mm/5min), X_2 为闪电强度(单位: kA, 负地闪)。利用统计模型,根据不同天气情况下的降雨强度和闪电强度,预测相应的负氧离子浓度变化率,并对回归模型的预测结果进行检验,将预测值和实测值绘制曲线进行对比分析(图 6)。

从图 6 可以看出,两条曲线总体走势基本保持

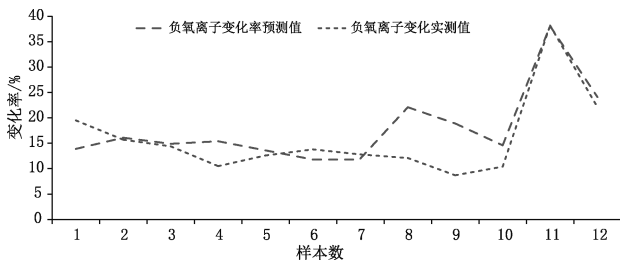


图 6 10 min 空气负氧离子浓度变化率的预测值与实测值对比

一致,预测值的误差大致分布在 ANOIC 变化率 15%~25% 范围内,这区间对应的降雨强度大致为 0~1.0 mm/5min,闪电强度大致在 -45~-20 kA 范围。负氧离子浓度变化率在 25%~40% 范围内,预测值和实际值保持了很好的一致性,这一区间所对应的降雨强度一般大于 1.0 mm/5min,对应的负闪电强度一般大于 50 kA,说明模型对较强雷雨天气条件下预测的准确率要高于其对强度较弱(降雨强度小于 1.0 mm/5min、负闪电强度小于 45 kA 范围内)的雷雨天气,对强度较弱的雷雨天气负氧离子变化率预测能力略显不足,需要辅助监测设备加以订正。

3 讨论

除无降雨无闪电天气外,其他 3 种天气条件下,负氧离子浓度变化率曲线的最大波峰和最低波谷之间的数值差距均较大,其中有降雨有闪电的差距最大。分析波峰和波谷处的负氧离子浓度数值发现,最大波峰处对应的负氧离子浓度本底值较小,负氧离子浓度仅为 2126 个/cm³。而在最低波谷处,对应的负氧离子浓度本底值较大,负氧离子浓度达到 5807 个/cm³。这说明,负氧离子浓度变化率除了受到雷雨因子强弱影响,还取决于负氧离子浓度本底值的大小,本底值越小变化率越大。本文进一步研究还发现,空气负氧离子浓度同一月份当中每日的本底值存在较大差异,这一点与有些学者的研究结果一致^[13,28-29]。

虽然闪电对负氧离子浓度的增长率具有一定影响作用,但这种影响作用不具有持续性,因为大气电离产生的自由电子不够稳定,由此增加的负氧离子浓度维持时间相对较短^[40]。降雨强度在一定程度上对负氧离子浓度会产生影响,在降雨发生的前期表现的比较明显,在降雨产生后的稳定持续阶段,负

氧离子浓度增加幅度变得不再明显,甚至出现停止增加现象(图 2)。

通过图 3 还可以看出,在无闪电无降雨条件下,对应曲线存在 2 个数值异常偏高点,对比分析发现这两点均出现在雷雨刚结束不久的时段内,数据出现异常也是可以理解的。此外在没有雷雨天气发生时,相邻的几天负氧离子浓度本底值有时相差较大,说明负氧离子浓度数值变化除了受降雨和闪电强度影响外,还受其他因子的影响。究竟还有那些因子对空气负氧离子浓度有显著影响,还需要结合实际情况,进一步深入研究才能得到解释。本文在温度、湿度、气压等气象条件相对稳定的时间段内,利用降水强度、闪电强度对空气负氧离子浓度 10 min 变化率做出相关性分析和回归分析,并得到了显著性检验结果。

4 结论与讨论

(1)雷雨天气时,10 min 空气负氧离子浓度变化率有增加的趋势,其变化率平均值为 17.2%,最大值达到 39.8%。空气负氧离子浓度变化率数值较高时,对应的雷雨天气一般闪电强度值较大同时降水强度也较大;而变化率数值较小时,对应的雷雨天气一般闪电强度值较小同时降水强度也较小,雷雨天气和空气负氧离子浓度变化率有较好的相关性。

(2)在无闪电无降雨、无闪电有降雨、有闪电无降雨、有闪电有降雨 4 种天气条件下,10 min 空气负氧离子浓度变化率总体上差距较大,其中有闪电有降雨、无闪电有降雨、有闪电无降雨天气发生时,空气负氧离子浓度均会增加。在发生雷雨的初始阶段,雷雨因子对空气负氧离子浓度变化率的影响较明显,随着雷雨的持续,雷雨因子对空气负氧离子浓度影响趋于平缓,并呈现出波动变化状态。

(3)雷雨过程中,降雨强度和空气负氧离子浓度变化率存在显著正相关关系,降雨越强 10 min 空气负氧离子浓度变化率增加越明显。闪电强度和空气负氧离子浓度变化率也存在显著正相关关系,闪电强度越强 10 min 空气负氧离子浓度变化率越大,这一点通过柱状图和曲线图得到了验证。

研究发现,空气负离子浓度的逐日本底值存在很大差异性,需对空气负氧离子与其它气象因子及气象因子之外的因子关系作进一步研究,探求其中

原因并加以解释。

参考文献

- [1] 韩佳佳,陶宗明,张辉.一种基于迁移率分析的空气负离子浓度检测方法[J].气象科技,2019,47(5):747-751.
- [2] 张明,李敏,莫月琴.空气负离子观测仪的封装结构设计及仿真[J].气象科技,2015,43(4):582-586.
- [3] 石强,钟林生,吴楚材.森林环境中空气负离子浓度分级标准[J].中国环境科学,2002,22(4):320-323.
- [4] 蔡子颖,姚青,韩素芹,等.21世纪以来天津细颗粒物气象扩散能力趋势分析[J].中国环境科学,2017,37(6):2040-2046.
- [5] 曹建新,张宝贵,张友杰,等.海滨、森林环境中空气负离子分布特征及其与环境因子的关系[J].生态环境学报,2017,26(8):1375-1383.
- [6] 贺江华,谭益民,周兰芳.室内空气负离子与PM_{2.5}、PM₁₀浓度的关系[J].中南林业科技大学学报,2014,34(5):96-100.
- [7] 毛成忠,张明,刘艳玉,等.空气负氧离子浓度与主要气象因子拟合实验[J].绿色科技,2017(19):202-205.
- [8] 张勇,陈兰英,刘婷,等.峨眉山景区负氧离子浓度变化特征及预测模型研究[J].气象与环境学报,2018,34(2):61-68.
- [9] 刘燕,王业成,王让会,等.南京浦口区大气负离子的时空特征及其与气象条件的关系[J].长江流域资源与环境,2017,26(5):706-712.
- [10] Tikhonov V P, Tsvetkov V D, Litvinova E G. Generation of negative air ions by plants upon pulsed electrical stimulation applied to soil [J]. Journal of Plant Physiology, 2004, 51: 414-419.
- [11] 姚益平,郁珍艳,李正泉,等.浙江省空气负离子浓度分布特征[J].气象科技,2019,47(6):1006-1013.
- [12] 毛成忠,于乃莲,杜佳乐,等.典型城市区与森林区空气负氧离子特征比较分析[J].气象科技,2014,42(6):1083-1089.
- [13] 谭静,陈正洪,罗学荣,等.湖北省旅游景区大气负氧离子浓度分布特征以及气象条件的影响[J].长江流域资源与环境,2017,26(2):314-323.
- [14] 韦朝领,王敬涛,蒋跃林,等.合肥市不同生态功能区空气负氧离子浓度分布特征及其与气象因子的关系[J].应用生态学报,2006,17(11):2158-2162.
- [15] 陈兵红,应俊辉,靳全锋,等.丽水市空气负氧离子分布特征及影响因素[J].浙江农业科学,2018,59(8):1444-1448.
- [16] 徐凯健,曾宏达,张仲德,等.亚热带福建省森林生长季与气温、降水相关性的遥感分析[J].地球信息科学,2015,17(10):1249-1259.
- [17] 叶宏萌,郑茂钟,姜嘉琪,等.校园空气负氧离子浓度分布与空气质量评价[J].鸡西大学学报,2015,15(4):153-156.
- [18] 尚媛媛,王红波,陶勇,等.赤水市大气负氧离子的时空特征及其与气象因子的关系[J].中低纬山地气象,2018,42(4):43-48.
- [19] 张建国,徐文俊,崔会平,等.衢州大橘海森林公园空气负离子浓度变化[J].浙江农林大学学报,2016,33(1):26-32.
- [20] 刘新,吴林豪,张浩,等.城市绿地植物群落空气负离子浓度及影响要素研究[J].复旦学报(自然科学版),2014,50(2):206-212.
- [21] 邓玲,廖春花,李学敏,等.山岳型景区空气负离子浓度分布特征及其与气象要素相关性研究综述[J].气象科技,2017,45(5):882-888.
- [22] 陈兵红,应俊辉,靳全锋,等.白云山国家森林公园空气负氧离子分布特征[J].浙江农业科学,2019,60(2):337-339.
- [23] 李巧云,李高飞,廖菊阳,等.湖南省森林植物园空气负氧离子浓度特征及影响要素研究[J].湖南林业科技,2019,46(1):18-23.
- [24] 王薇.空气负离子浓度分布特征及其与环境因子的关系[J].生态环境学报,2014,23(6):979-984.
- [25] 司婷婷,罗艳菊,赵志忠,等.吊罗山热带雨林空气负氧离子浓度与气象要素的关系[J].资源科学,2014,36(4):788-792.
- [26] 穆丹,梁英辉.佳木斯绿地空气负离子浓度及其与气象因子的关系[J].应用生态学报,2009,20(8):2038-2041.
- [27] 厉曙光,张亚锋,李莉,等.喷泉对周围空气负离子和气象条件的影响[J].同济大学学报,2002,30(3):352-355.
- [28] 顾小丽,钱燕珍,鲍岳建,等.宁波市负氧离子浓度分布与预测模型及其在旅游气象中的应用[J].气象与环境学报,2013,29(6):128-133.
- [29] 丛菁,孙立娟.大连市负氧离子浓度分布及预测模型的建立[J].气象与环境学报,2013,6(4):44-47.
- [30] 耿生莲,王志涛,辛永清,等.西宁市城市典型绿地空气负离子浓度特征研究[J].山西林业科技,2016,45(4):4-9.
- [31] 王非,李冰.城市森林空气负离子浓度及气象因子的相关性[J].东北林业大学学报,2016,44(2):18-38.
- [32] 陈雅芬.空气负离子与气象要素的关系研究[D].合肥:南昌大学,2008.
- [33] 汤秋娜.漠河县空气负离子空间分布特征研究[D].哈尔滨:哈尔滨师范大学,2017.
- [34] 何宁,林明丽,赵红云,等.湘潭负氧离子浓度变化与气象要素的相关分析[J].贵州气象,2016,40(2):65-69.
- [35] 丁丽华,顾振海,吴丹,等.开化县负氧离子浓度预测模型的建立[J].浙江农业科学,2017,58(11):1957-1960.
- [36] 李华玲,周莉,桓桂香,等.南宁市空气负离子浓度变化初探[J].广西科学院学报,2012,28(4):309-311.
- [37] 李慧.贵州省部分森林公园空气负氧离子资源初步研究[D].贵阳:贵州大学,2008.
- [38] 汪炎林.喀斯特洞穴空气负(氧)离子时空分布特征及影响因素研究[D].贵阳:贵州师范大学,2019.
- [39] 金琪,严婧,杨志彪,等.湖北春季大气负氧离子浓度分布特征及其与环境因子的关系[J].气象科技,2015,43(4):728-733.
- [40] 欧阳建明,邵福球,邹德斌.大气等离子体中负氧离子产生和演化过程数值模拟[J].物理学报,2011,60(11):45-48.

Effect of Thunderstorms on Negative Oxygen Ion Concentration

LU Zhenli¹ YANG Chengfang² CUI Guangshu¹ AN Yuan¹
ZHANG Wenqin¹ QIN Lan¹

(1 Rizhao Meteorological Service, Shandong, Rizhao 276826; 2 Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031)

Abstract: The content of negative oxygen ions in air has become one of the main evaluation indexes for health and tourist areas. The value of negative oxygen ions in the coastal area is high, and it is significantly influenced by thunderstorms and other weather factors. In this paper, the daily monitoring data of air negative oxygen ions, the data of lightning, rainfall and rainfall intensity from the automatic weather station in the Rizhao Dashawa National Forest Park are used to analyze and verify the relationship between the variation rate of the negative oxygen ion concentration and the meteorological factors related to thunderstorm weather. The results shows: (1) The variation rate of the negative oxygen ion concentration is closely related to thunderstorm weather. The variation rate of negative oxygen ion concentration in thunderstorm weather is higher than that in no-thunderstorm weather. (2) In the initial stage of the thunderstorm, the influence of thunderstorm factors on the change rate of air negative oxygen ion concentration is obvious. With the increasing duration of the thunderstorm, the influence of the thunderstorm factors on the concentration of negative oxygen ions tends to be gentle, with a state of fluctuation. (3) During thunderstorms, there is a significant positive correlation between rainfall intensity and variation rate of the negative oxygen ion concentration. The stronger the rainfall, the more obvious the increase of the negative oxygen ion concentration in the air. There is also a significant positive correlation between lightning intensity and variation rate of the negative oxygen ion concentration. The higher the lightning intensity, the higher the variation rate of the negative oxygen ion concentration becomes. (4) According to the regression model established by the numerical change rate of negative oxygen ion concentration and the intensity of rainfall and lightning, for thunderstorms with a rainfall intensity of greater than 1.0 mm per 5 minutes and a negative lightning intensity of greater than 50 kA, the model has a high accuracy in predicting the change rate of negative oxygen ions. For thunderstorms with a rainfall intensity of less than 1.0 mm per 5 minutes and a negative lightning intensity of less than 45 kA, the ability of the model to predict the change rate of negative oxygen ions is slightly inadequate.

Keywords: thunderstorm; air negative oxygen ion; intensity; change rate