

文章编号:1673-8411 (2019) 04-0066-06

# 广西贺州市城区空气质量与气象条件的关系研究

黄远盼, 黎馨, 欧徽宁

(贺州市气象局, 广西 贺州 542899)

**摘要:** 利用 2015–2017 年贺州市环境监测数据和气象观测资料, 分析研究空气质量与大气环流形势、气象要素之间的对应关系, 结果表明: 污染天气具有明显的月度变化和季节变化气候特征, 冬季为污染天气出现的主要季节; 城区空气质量与日雨量、日平均气温、相对湿度和平均风速呈负相关, 与气压呈正相关, 降水、高温、风速加大对贺州市污染物清除有利; 当贺州市受变性冷高压影响、弱冷空气渗透、西南暖低压控制、锋前暖低压影响时, 容易导致污染物聚集, 产生污染天气。秋季晴空辐射较强时, 容易导致贺州市出现以臭氧为主要污染物的光化学污染天气。

**关键词:** 空气质量; 气象要素; 大气环流

**中图分类号:** X16

**文献标识码:** A

## Study on the relationship between air quality and meteorological conditions in Hezhou City

Huang Yuanpan Li Xin, Ou Huining

(Hezhou Meteorological Service, Hezhou Guangxi 542499)

**Abstract:** Based on the environmental monitoring data and meteorological observation data of Hezhou City from 2015 to 2017, the corresponding relationship between air quality, atmospheric circulation situation and meteorological elements was analyzed. The results showed that the pollution weather had obvious monthly and seasonal climate characteristics, and winter was the main season of pollution weather. The air quality of urban area was negatively correlated with daily rainfall, daily average temperature, relative humidity and average wind speed, and positively correlated with air pressure. Precipitation, high temperature and increasing wind speed were beneficial to the removal of pollutants in Hezhou. When Hezhou was affected by denatured cold high pressure, weak cold air infiltration, southwest warm low pressure and warm low pressure before the front, it was easy to cause pollutant accumulation and pollution weather. When the clear air radiation was strong in autumn, it was easy to cause the photochemical pollution weather with ozone as the main pollutant in Hezhou City.

**Key words:** air quality; meteorological elements; atmospheric circulation

### 引言

近年来随着人民群众生活水平的提高, 人们对空气质量的要求也越来越高。2001 年 6 月 5 日起, 按照国家环保总局和中国气象局联合发文要求, 全国 47 个环境保护重点城市开展环境空气质量预报,

国内关于空气质量的研究也提升到全新高度<sup>[1-3]</sup>。罗森波等<sup>[4]</sup>分析广州市 10 个典型的空气高污染过程与天气系统以及与气象要素间的关系, 得出了秋冬季高污染天气易发生在变性高压脊和高压出海后回流天气中。纪忠萍等<sup>[6]</sup>采用相关性统计方法对广州市空气高污染的变化特征进行分析, 建立了广州季

收稿日期: 2018-09-22

基金项目: 贺州市科技攻关项目“贺州市空气质量预报概念模型研究与应用”(贺科攻 1708031)

作者简介: 黄远盼(1985-), 男, 工程师, 主要从事天气预报预警服务工作。E-mail: 287620097@qq.com

节性的污染天气概念模型。李琼等<sup>[7]</sup>研究认为大气污染物浓度不仅与当天的天气类型有着密切的关系,还与前期天气系统及其持续时间有重要关系。国内其他学者通过对空气质量预报模式、大气污染物扩散条件、重污染天气个例等进行深入研究,取得了一系列研究成果<sup>[8-14]</sup>。

贺州市位于广西东北部,多山地地形,其中北部为萌诸岭余脉,西部为都庞岭山脉,东部为两广交界的云开大山,南部有大桂山,形成了贺州市四周高、中间低的地形,大气污染物不易扩散,导致贺州市秋冬季节多污染天气。造成空气污染的因素较多,除了人类活动的污染物排放和外部污染物的输入,气象条件也是导致区域空气污染的重要因子<sup>[15-17]</sup>。通过分析贺州市 2015–2017 年的环境监测资料和气象观测资料,研究贺州市空气质量与气象条件之间的关系,归纳总结造成空气污染过程的天气形势特征和主要气象要素,为做好贺州市环境空气质量预报提供科学依据。

1 资料和方法

1.1 资料

环境监测资料取自贺州市环境监测站 2015–2017 年逐小时实况监测,监测站点设在贺州市环保小区和政协大楼。两个站点日监测数据平均值为贺州市环境监测数据。气象观测资料取自 2015–2017 年贺州市地面气象探测中心气象要素观测数据和中国气象局信息中心下发的全国地面气象观测资料和探空资料。

1.2 方法

对 2015–2017 年贺州市环境监测数据进行季节、月度进行算术平均,分析空气质量的季节变化和月度变化。进一步对环境监测数据和气象要素的逐日资料进行相关性分析,研究空气质量与气象要素之间的关系特征。分析 2015–2017 年贺州市空气质量为轻度污染以上时间段的大气环流特征,研究出现污染天气的大气环流背景。

2 贺州市空气质量变化特征分析

按季节统计 2015–2017 年贺州市环境监测数据可以发现,贺州市空气质量季节变化特征明显,冬季空气质量最差,出现污染日数为 67d,占总污染日数的 68.4%;夏季空气质量最好,未出现污染;春季和秋季分别占污染日数的 11.2%和 20.4%,春季比

秋季的空气质量略好。

对 2015–2017 年贺州市城区环境监测数据进行逐月分析发现,空气质量指数(Air Quality Index,简称 AQI)各主要污染物浓度具有明显的月变化。12 月至 2 月是 AQI 指数峰值区,6–8 月为低值区,9 月份开始 AQI 值上升明显。 $O_3$  浓度在 9–10 月份为高值区,3 月份最低,说明在 9–10 月份  $O_3$  对大气污染贡献率最大。

3 气象要素对空气质量的影响

对 2015–2017 年贺州城区环境监测数据和贺州市气象观测资料进行相关性分析,结果如表 1 所示。分析发现,贺州市主要污染物和 AQI 指数与日雨量、日平均气温、相对湿度和平均风速呈负相关的关系,与气压呈正相关关系。

表 1 贺州市主要污染物与气象要素的相关系数

	日雨量	日平均温度	气压	日平均相对湿度	平均风速
AQI	-0.27	-0.13	0.27	-0.42	-0.28
PM <sub>10</sub>	-0.28	-0.12	0.26	-0.45	-0.26
PM <sub>2.5</sub>	-0.22	-0.18	0.29	-0.38	-0.26
O <sub>3</sub> -8h	-0.1	0.27	0.004	-0.63	-0.16

3.1 降水的影响

结合贺州市气候特点,将日降水量分为无降水、0.0–5.0mm、5.1–25.0mm、25.1–50mm、>50.0mm 五个等级,统计 2015–2017 年间贺州市城区环境监测数据和日降水量的关系,结果如表 2 所示。分析表明,三年间出现污染的日数有 83%出现在无降水的天气,14%的污染日数出现在降水量小于 5mm 的天气,当日降水量超过 25mm 时不会出现污染天气,说明降水对贺州市城区空气质量具有明显的清洁作用,降水量越大,空气质量越好。

表 2 贺州市日降水量与主要污染物的变化关系

日雨量 (mm)	PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub> -8h	PM <sub>2.5</sub>	AQI	污染日数
无降水	76	89	49	74	83
0.0–5.0	52	56	34	54	14
5.1–25.0	39	49	25	43	3
25.1–50.0	31	48	22	38	0
> 50.0	30	49	21	35	0

3.2 气温的影响

按照贺州市的气候特点,将贺州市日平均温度分为<10.0℃、10.1–20.0℃、20.1–30.0℃、>30.0℃四个

级别,分析贺州市城区空气质量与日平均温度之间的变化关系,结果如表3所示。分析表明,当贺州市城区平均温度升高时,空气质量先转差再转好。当平均温度超过20℃时,污染日数明显减小,平均温度超过30℃时,没有出现污染天气。这种变化趋势主要是因为当温度较低时说明有较强冷空气南下影响,前期风速大对大气清洁作用明显。当平均温度回升,冷空气势力减弱,为均压场控制,对大气污染物的扩散不利。当平均气温回升到20℃以上时,对大气加热作用明显,有利于垂直对流,有利于污染物的扩散。

表3 贺州市日平均温度与主要污染物的浓度变化关系					
平均温度(℃)	PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub> 8h	PM <sub>2.5</sub>	AQI	污染日数
< 10.0	50	49	34	53	5
10.1-20.0	75	65	50	72	72
20.1-30.0	54	76	34	56	23
> 30.0	56	74	33	55	0

3.3 风向风速的影响

风向风速对空气质量有重要影响。风向主要决定了污染物的外部输入或者输出,而风速对本地污染物的扩散有很大影响。分析贺州市城区空气质量与风向关系可以发现,贺州市城区出现污染天气时大部分是在北风天气,占污染日数的56%,东风次之,占25%;出现在南风天气的污染日数只占5%。主要原因是贺州市北部为大理石加工企业密集区,东部为新城区建设工地密集区,北风和东风造成外部污染物输入明显。

分析2015-2017年环境监测数据发现,贺州市秋冬季节偏北风日平均风速小于2m·s<sup>-1</sup>时,对大气污染物的积聚非常有利,当冷空气南下,日平均风速加大到3.5m·s<sup>-1</sup>时,城区空气质量明显改善。同时分

析还发现,当冷空气影响初期,PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>和AQI有明显的加大、然后再减小的变化特征,这是因为在冷空气南下过程初期,将北部污染物向本地输送,同时冷空气前锋风力较大,容易产生扬尘。随着冷空气继续影响,本次污染物继续向下风方向输出,冷锋后降水造成地面扬尘减少,空气质量逐渐转好。

3.4 气压与秋冬季城区空气质量的关系

通过分析表明,秋冬季节贺州市空气质量与24小时变压有密切关系,当连续出现负变压时,AQI指数上升明显,当出现正变压时,AQI为下降的过程,并且正变压越大,AQI指数下降越明显。这种变化关系主要与地面气压场有关,当地面场为均压场或者低压控制时,不利于大气污染物的扩散。当24小时变压为正时,说明有冷空气南下影响,正变压越大,冷空气越强,风速越大,对大气污染物的清除作用越明显。

4 贺州市城区污染天气的大气环流特征

前文分析表明,贺州市城区污染天气主要出现在秋冬季节和春季,夏季没有出现过污染天气。对2015-2017年出现污染天气的环流特征进行综合分析发现,导致贺州市出现污染天气的环流形势主要有以下几种类型。

4.1 变性冷高压型

统计发现,三年间由变性冷高压导致的污染日数占总数的47%,综合分析这些污染天气的环流特征,得到变性冷高压导致污染天气的地面和高空环流配置如图1所示。500hPa副高东北西南带状分布,华北大槽东移受副高阻挡东移缓慢,导致冷高压缓慢东移出海,逐渐变性,贺州受变性冷高压底部或后部影响(如图1a所示),24h变压小于2hPa或者为负变压,且24h变温为正。此时850hPa为偏南气流,

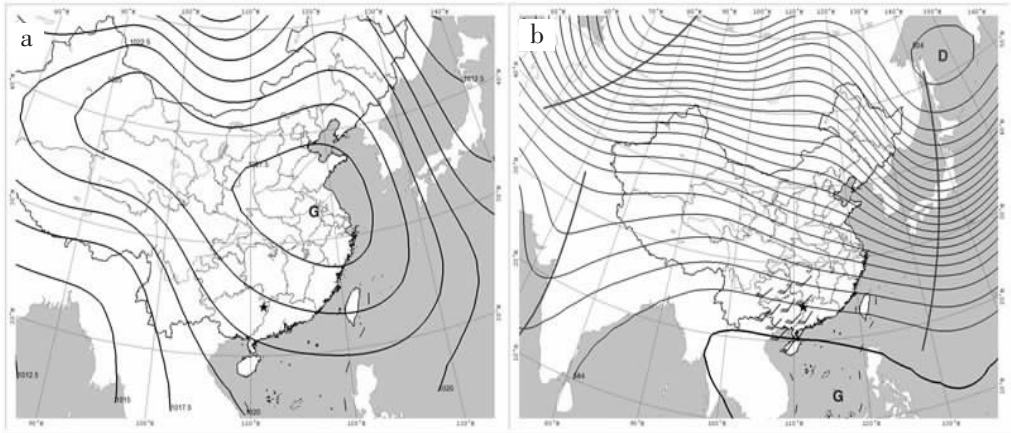


图1 变性冷高压影响的环流形势配置(a.海平面气压环流形势,b.850hPa风场和500hPa高度场)

风速小于  $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 有利于出现低层逆温;  $500\text{hPa}$  为一致的偏西到西北气流 (如图 1b 所示), 大气呈稳定状态, 不利于大气污染物的扩散。

#### 4.2 冷空气渗透型

北方冷空气缓慢向南渗透, 造成贺州低层大气出现逆温导致污染天气的出现, 这种形势下出现污染日数占总污染日数的 23%, 中低层环流形势配置如图 2 所示。 $500\text{hPa}$  为两槽一脊或一槽一脊, 东部槽线位置偏北, 并且上游没有出现如阻塞形势崩溃

等导致槽线快速东移的系统, 造成东部槽线移动缓慢 (如图 2b 所示), 进而引导冷高压向南移动速度缓慢, 主要以渗透的形式影响华南地区 (如图 2a 所示)。受渗透冷空气影响, 贺州地面吹弱偏北风, 风速小于  $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $850\text{hPa}$  吹弱偏南风, 风速在  $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  左右。 $500\text{hPa}$  高层为平直偏西气流或者西北气流, 副高强度较强, 北侧边界位于  $20^{\circ}\text{N}$  附近, 进一步阻挡冷空气快速南下, 造成贺州长时间的静稳大气状态。

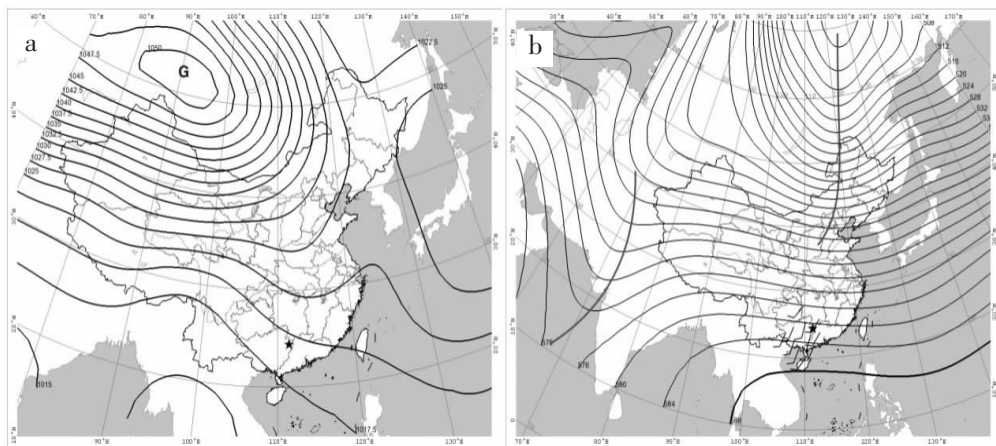


图 2 冷空气渗透影响的环流形势配置 (a. 海平面气压环流形势, b.  $850\text{hPa}$  风场和  $500\text{hPa}$  高度场)

#### 4.3 西南暖低压型

西南暖低压造成的污染日数占总数的 17%。对这些污染天气的环流形势进行综合分析, 得出造成污染天气的西南低压环流形势配置如图 3 所示。冷空气东移出海后, 我国西南地区有低压槽向北伸展, 并逐渐在云贵地区形成闭合低压中心, 贺州市受

暖低压环流控制 (如图 3a 所示), 吹弱偏南风, 24 小时负变压在  $4\text{hPa}$  以上。 $850\text{hPa}$  偏南气流加大, 风速在  $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  以上, 可达到急流强度;  $500\text{hPa}$  副热带高压强度偏弱, 位置偏南, 贺州上空处于槽前或者波动东移影响 (如图 3b 所示), 造成贺州市空气湿度加大, 增加了大气悬浮颗粒物的浓度。

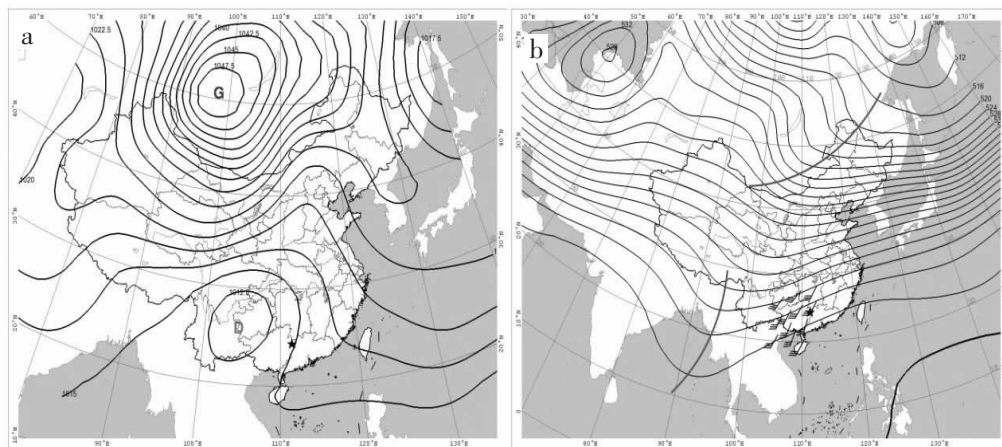


图 3 西南暖低压影响的环流形势配置 (a. 海平面气压环流形势, b.  $850\text{hPa}$  风场和  $500\text{hPa}$  高度场)

#### 4.4 秋季晴空辐射型

秋季贺州市在太阳辐射较强的晴天,AQI 值也容易达到污染级别,主要污染物为  $O_3$ ,这种由臭氧引发的污染天气占总污染日数的 7%。贺州市高层 500hPa 为槽后偏西北气流影响,有利于出现晴空天气。低层 850hPa 为东北气流控制,温度露点差在  $10^{\circ}\text{C}$  以上。地面为较强的冷高压环流控制,为 2-3 级偏北风,气温上升明显,最高气温在  $28^{\circ}\text{C}$  以上。强太阳辐射、高温的气象条件下,容易产生光化学反应,形成臭氧。

#### 4.5 锋前暖区型

锋前暖区造成的污染日数占总数 5%。图 4 为锋前暖区导致污染天气的环流形势配置。高压中心气压一般小于 1040hPa,冷空气前锋进到湖南南部后移动减慢,贺州市处在冷锋前暖区内,24h 变压为负变压或弱的正变压,24h 正变温可达  $3^{\circ}\text{C}$  以上,地面吹小于  $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  的偏南风(如图 4a 所示)。850hPa 为西南到偏南风,风速在  $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  以下。500hPa 东部槽较深,位置偏北,移动缓慢,导致冷空气势力到华南地区时移动速度缓慢。锋前暖区的下沉气流对污染物扩散不利,造成污染物堆积。

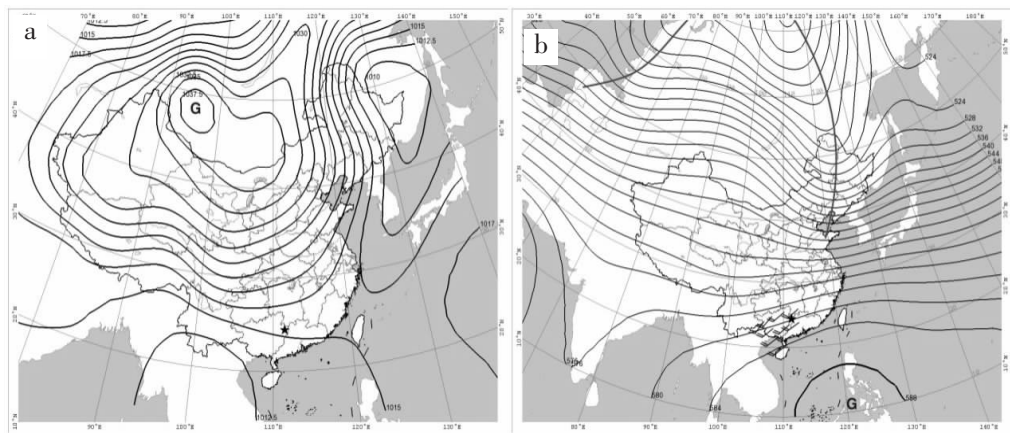


图 4 锋前暖区影响的环流形势配置(a.海平面气压环流形势,b.850hPa 风场和 500hPa 高度场)

### 5 小结与讨论

(1)贺州市空气质量总体较好,具有明显的月度变化和季节变化气候特征。9 月份开始贺州市 AQI 明显上升,在 12 月份到次年 2 月达到高峰。污染天气主要出现在冬季和秋季,以轻度到中度污染为主,夏季未出现过污染天气。

(2)贺州市空气质量与日雨量、日平均气温、相对湿度和平均风速呈负相关的关系,与气压呈正相关关系。其中降水对空气质量的转好作用最明显,降水强度越大,空气质量越好,降水量级为大雨以上时,空气质量为优或良。

(3)导致贺州市出现污染天气的环流系统主要有变性冷高压影响、冷空气渗透、西南暖低压影响、秋季晴空强辐射、锋前暖区影响五种类型,其中变性冷高压影响造成的污染日数占 47%,主要是因为变性冷高压导致的均压场风速小,并且低层出现逆温,大气呈稳定状态,不利于大气污染物的扩散。与其他

研究成果不同的是,冷空气渗透也是造成贺州市出现污染天气的重要环流系统。主要是因为贺州市地处华南,当冷空气前锋到达华南时,南下势力减弱,主要以渗透的方式影响贺州,造成低层逆温,使污染物积聚。

本研究忽略了外部污染源的输送,并且贺州市环境监测业务起步较晚,使用三年的观测资料来研究污染天气过程和天气系统的关系具有一定的局限性,在今后随着观测数据的积累,研究还有待继续深入。

#### 参考文献:

- [1] 吴兑,邓雪娇.环境气象学与特征气象预报[M].北京:气象出版社,2001,278-379.
- [2] 周亚军,熊亚丽,肖伟军,等.广州空气污染指数特征及其与地面气压型的关系[J].热带气象学报,2005,21(1):93-99.
- [3] 陈磊,俞科爱,林宏伟,等.宁波市大气混合层厚度变化特征及其与空气污染的关系[J].气象与环境学报,

- 2017,33(4):40-47.
- [4] 罗森波, 罗秋红, 谢炯光, 等. 广州市空气污染与气象条件关系的统计分析 [J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 567-573.
- [5] 张建忠, 孙瑾, 王冠岚, 等. 北京地区空气质量指数时空分布特征及其与气象条件的关系 [J]. 气象与环境科学, 2014, 37(1): 33-38.
- [6] 纪忠萍, 罗森波, 邝建新, 等. 广州市空气污染的变化特征及预报 [J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 574-581.
- [7] 李琼, 李福娇, 叶燕翔, 等. 珠江三角地区天气类型与污染潜式预报及污染浓度的关系 [J]. 热带气象学报, 1999, 15(4): 363-369.
- [8] 陈玲, 夏冬, 贾志宏, 等. 东莞市近地面臭氧质量浓度变化特征 [J]. 广东气象, 2011, 33(1): 60-61.
- [9] 吴燊先, 吴铠华, 莫雨淳, 等. 桂林市空气质量特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34(4): 38-41.
- [10] 吴燊先, 吴铠华, 郑凤琴, 等. 2011 年广西主要城市空气质量分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33(4): 54-56.
- [11] 吴燊先, 郑凤琴, 莫雨淳, 等. 南宁市空气质量状况分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32(2): 39-42.
- [12] 李明华, 陈超, 曾丹丹, 等. 惠州市空气质量特征分析 [J]. 广东气象, 2018, 40(2): 31-35.
- [13] 田翠翠, 褚艳玲. 深圳市龙华新区 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度分布特征及来源分析 [J]. 广东气象, 2014, 36(5): 46-50.
- [14] 林巧美, 陈裕强, 陈璟, 等. 揭阳市空气污染特征及气象条件分析 [J]. 气象研究与应用, 2018, 39(3): 76-79.
- [15] 董蕙青, 阙秀美. 2002 年广西三城市空气质量状况及与气象条件的关系 [J]. 广西气象, 2003, 24(2): 27-30.
- [16] 曹亚平, 祁秀香, 钱湘红, 等. 2015 年南沙区 PM 质量浓度与气象要素相关性分析 [J]. 广东气象, 2018, 40(2): 36-38.
- [17] 陈吟晖, 姜丽萍, 朱舒曼. 中山市地面气象要素与环境空气质量的关系 [J]. 广东气象, 2006, 28(2): 36-39.

(上接第 52 页)

资源丰富、灾害较少,宜大力发展高产优质名茶。海拔高的地区气温低,茶树易受冻害,不宜种植。该区划仅根据 2 个气候因子进行分析,而土壤肥力、种植习惯等因子的影响未纳入考虑范围内,有待以后进一步研究补充完善<sup>[12]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 金志凤, 封秀燕. 基于 GIS 的浙江省茶树栽培气候区划 [J]. 茶叶, 2006(1): 7-10.
- [2] 张玮玮. 湖北省茶树种植气候区划 [J]. 气象科学, 2011, 31(2): 153-159.
- [3] 兰日坤. 昭平县茶叶栽培的气候条件分析 [Z]. 昭平县农业气候资源分析和区划, 1982: 86-90.
- [4] 陈惠, 岳辉英. 福建省茶树生长的气候适应性 [J]. 广西气象, 2005, 26(S1): 16-18.
- [5] 谢金霞, 范文娟. 昭平县茶叶生产的气候优势及生产对策 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29(1): 64-65.
- [6] 陈勇. 基于 GIS 的文成县茶树栽培气候区划 [J]. 广东气象, 2013, 35(2): 36-38.
- [7] 苏永秀, 李政, 孙涵. 基于 GIS 的广西甘蔗种植气候区划 [J]. 中国农业气象, 2006, 27(3): 252-255.
- [8] 金志凤, 王治海, 姚益平, 等. 浙江省茶叶气候品质等级评价 [J]. 生态学杂志, 2015, 34(5): 1456-1463.
- [9] 朱华松, 李波, 唐宁琳. 紫金县茶叶种植气候适应性分析 [J]. 气象研究与应用, 2018, 39(2): 59-62.
- [10] 王强, 王馨, 王清. 茶树生长发育对环境条件的要求 [J]. 四川农业科技, 2011(12): 28-29.
- [11] 苏永秀, 李政, 丁美花, 等. 基于 GIS 的广西沙田柚种植气候区划研究 [J]. 果树学报, 2005, 22(5): 500-504.
- [12] 钟晓云, 李敬源, 叶瑜, 等. 苍梧县砂糖桔种植气候区划 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34(4): 57-60.