

刘静,刘璐,成丹.湖北烤烟低温连阴雨灾害时空分布特征[J].华中农业大学学报,2024,43(5):140-148.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2024.05.016

## 湖北烤烟低温连阴雨灾害时空分布特征

刘静<sup>1</sup>,刘璐<sup>2</sup>,成丹<sup>1</sup>

1. 湖北省气象服务中心/湖北省烟草气象研究重点实验室,武汉 430205;  
2. 恩施土家族苗族自治州气象局,恩施 445000

**摘要** 为更好地防御低温连阴雨灾害对湖北烤烟的产量与品质带来的不利影响,构建烤烟不同生育期的低温连阴雨判别指标,并利用湖北烤烟种植区32个国家气象观测站1975—2020年逐日气象数据,深入分析湖北烟区低温连阴雨7项灾害指标的时空分布特征。结果表明:(1)时间上,过程平均气温、日平均降水量及平均总降水量等3项指标均为低—高—低演变过程,以成熟前期最高、伸根期最低,过程平均日数均在5 d左右,而年平均过程次数、年平均过程日数、灾害频率均以成熟后期最多、旺长期最少,其中灾害频率在这2个时期分别为每10 a发生6、1次;(2)空间上,气温、降水在不同生育期南北差异一致,北部烟区气温低,南部烟区降水多、强度大,而过程平均日数在伸根期、旺长期南部大于北部,成熟后期则相反;(3)灾害频率空间差异显著,前3个生育期,南部烟区较北部烟区发生频率更高,成熟后期南北相当,灾害频率均高达56%以上,过程平均持续5.7 d。

**关键词** 烤烟; 低温连阴雨; 生育期; 灾害频率; 时空分布

**中图分类号** S572; S162.5<sup>+4</sup> **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2024)05-0140-09

烤烟自20世纪初引进我国后,迅速成为国民经济的一大支柱,尤其在各主产区,其不仅是地方经济发展的推动力,更是农户收入的主要来源之一<sup>[1]</sup>。这种高价值作物对国内烟草制造业至关重要,其产业链涵盖了从种植、加工到销售的各个环节,为农村经济带来了活力和就业机会<sup>[2]</sup>。在全球烟草市场中,中国扮演着重要角色,对优质烤烟的需求持续不减,促进了生产和国际贸易<sup>[3]</sup>。

农业气象灾害,即对农作物产量和质量构成威胁的气象条件,已成为威胁全球农作物安全的关键挑战之一<sup>[4-5]</sup>。随着全球气候变化的加剧,极端气候事件愈发频繁,对农业生产的影响日益显著,严重制约了农业的可持续发展。在众多气象灾害中,季节性低温连阴雨尤为突出<sup>[6]</sup>,如长江中下游的春季连阴雨以及华西秋雨,不仅导致作物因水分过剩而受损,还因缺乏光照引发一系列生长问题。刘雅星等<sup>[7]</sup>的研究进一步证实了连阴雨对河南地区农业的巨大危害,长时间、大面积的阴雨天气易引起烂种、烂秧、赤霉病等。同样,陈学芹等<sup>[8]</sup>也指出,在低温连阴雨天气下,农作物所依赖的光、温、水、气等能量和物质资源与正常时期存在显著差异,这直接关系到农作物

的产量和品质。更为深入的研究还发现,烟叶品质的提升不仅需要精细的培育技术和种植管理,还需要一个适宜的生态环境<sup>[9]</sup>。韩敏等<sup>[10]</sup>强调了云南地区特有的气候条件,尤其是7至8月间阴雨寡照天气对烤烟生长的不利影响,严重情况下甚至可能导致烤烟的死亡。而刘晓迎等<sup>[11]</sup>的分析则揭示了河南烟区浓香型烤烟的生长需求与该区域光温水变化规律之间的紧密匹配关系,尽管该地区拥有“雨热同期日照足”的气候优势,但连阴雨及冰雹、大风、高温热浪等气象灾害仍可能对烟叶的生长产生负面影响。陈英英等<sup>[12]</sup>研究表明,在气候变暖的背景下,部分地区的低温冷害风险有所缓解,而高温热害的危险性则普遍呈现出加剧的趋势。

湖北省位于长江中游地区,已成为国内著名的高品质烤烟生产基地。通过国家数据网查询结果显示,2021年湖北省的烤烟种植面积达到了51.2万hm<sup>2</sup>,总产量高达5.9万t。然而,湖北的烤烟种植业近年来频繁受到低温连阴雨灾害的冲击,其中2016年超长梅雨、2017年超长秋季连阴雨、2020年超长梅雨及秋季连阴雨均对湖北烟叶生产造成严重的损失。针对这一问题,本研究利用现有的气象数据深

收稿日期:2023-11-23

基金项目:中国烟草总公司湖北省公司科技项目(027Y2022-006);烤烟气象服务中心开放式研究基金项目(KYZX2023-07)

刘静,E-mail:286565947@qq.com

通信作者:刘璐,E-mail:279815215@qq.com

入分析了湖北烤烟在各个生长阶段遭受低温连阴雨灾害的时空差异特征,旨在为当地烟叶生产种植和管理提供科学依据,以期最大程度地规避或降低由此类灾害天气带来的不利影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域

湖北省作为长江流域中一个关键的烟草种植区域,其烟叶产区划分受到地理环境和历史种植规模的影响。全省烟区分为4个主要类别<sup>[13-14]</sup>:第1类以十堰市为中心,涵盖鄂西北地区;第2类集中在恩施州,覆盖鄂西南地区;第3类仅包含神农架林区;而第4类则围绕襄阳市和宜昌市,延展至鄂西北部。本研究根据湖北省烟草公司规划了湖北西部的烤烟种植区域,该区域既包括现有的植烟区,也包含有潜力的新植烟区。为了深入研究,共选定了32个国家气象观测站作为数据采集点,站点分布情况如图1所示。图1中的地图来源于国家基础地理信息中心(<http://www.ngcc.ngcc/>)1:100万中国矢量地图。

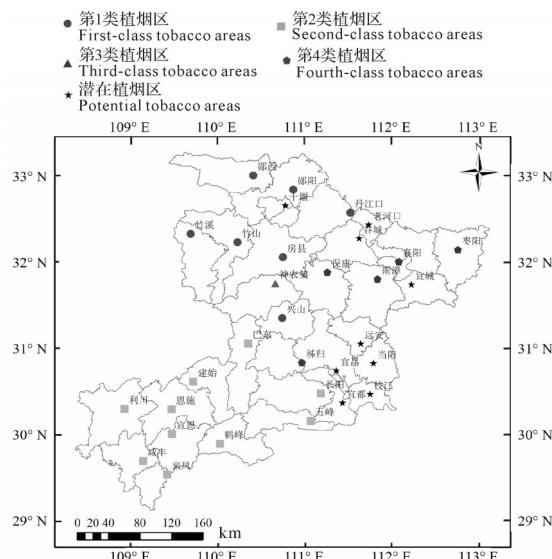


图1 湖北西部烤烟种植区国家气象观测站点分布图

Fig.1 Distribution map of National Meteorological Observation Stations in the western Hubei flue-cured tobacco planting region

### 1.2 气象数据

湖北烤烟种植区共32个国家气象观测站1975—2020年逐日平均气温、降水量、日照时数等数据,由湖北省气象信息与技术保障中心提供,已进行质量控制。

### 1.3 湖北烤烟生育期时段

经过湖北烤烟农业气象试验站的详细生育期观测,并结合当地的移栽时间、实际生长情况、终烤时间及生产气候区划的分析<sup>[15-16]</sup>,湖北烤烟整个大田生育期被划分为4个主要阶段:伸根期、旺长期、成熟前期和成熟后期。整个生育期大约持续110 d。具体而言,伸根期从4月下旬至5月下旬,标志着从移栽到团棵期的生长发育;旺长期紧随其后,从6月上旬延续到7月上旬,覆盖了团棵期至现蕾期的生长高峰;接下来是成熟前期,从7月中旬至8月上旬,此时烤烟从现蕾期过渡到最下部烟叶的成熟;最后,成熟后期从8月中旬一直持续到9月中旬,直至最上部烟叶的采收结束。

### 1.4 低温连阴雨判别指标

基于之前学者对烤烟生长发育受低温连阴雨天气影响的研究<sup>[17-20]</sup>,结合DB42/T 1374—2018《连阴雨等级》和DB41/T 2071—2020《连阴雨预警信号等级划分》中河南、云南、贵州等主要烤烟产区对此类天气的标准定义,并考虑烤烟不同发育阶段生长特性以及湖北烤烟种植区的地域特点,本研究通过分析平均气温、日降水量、日照时数及低温连阴雨持续的日数,综合制定了湖北烤烟低温连阴雨灾害指标(表1)。

表1 湖北烤烟低温连阴雨灾害指标

Table 1 Hubei flue-cured tobacco low-temperature continuous rainfall disaster indicator

生育期 Flue-cured tobacco growth periods	T/°C	S/h	降雨 Rainfall	
			P;D	$\bar{P}/\text{mm}$
伸根期 Root extension stage	$\leq 17$			$\geq 4$
旺长期 Rapid growth stage	$\leq 20$	$\leq 3$	首日和末日 $P \geq 0.1 \text{ mm}$ , 且 $D \geq 4 \text{ d}$ , 允许1日 $P < 0.1 \text{ mm}$ , 或 $D \geq 7 \text{ d}$ , 允许 不相邻2日 $P < 0.1 \text{ mm}$	$\geq 7$
成熟前期 Re-maturity stage	$\leq 26$			$\geq 7$
成熟后期 Post-maturity stage	$\leq 24$			$\geq 4$

注 Note: T: 单日平均气温 Daily average temperature; S: 单日日照时数 Daily sunshine duration; P: 单日降雨量 Daily precipitation; D: 持续日数 Duration;  $\bar{P}$ : 过程日平均降雨量 Average daily rainfall during the period.

### 1.5 低温连阴雨灾害指标统计方法

统计湖北烤烟种植区各站历年各个生育期低温

$$\text{连阴雨过程的7项指标,即: } T_L = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n};$$

$$P_L = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}; \quad P_S = \frac{P_Z}{F_Z}; \quad D_L = \frac{D_Z}{F_Z}; \quad F_L = \frac{F_Z}{Z};$$

$$N_L = \frac{N_Z}{Z}; \quad V = \frac{S}{Z}.$$

公式中,  $T_L$  为过程平均气温,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $T_i$  为低温连阴雨过程发生期间每日平均气温,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $n$  为低温连阴雨过程时间,  $\text{d}$ ;  $P_L$  为过程日平均降水量,  $\text{mm}$ ;  $P_i$  为低温连阴雨过程发生期间每日降水量,  $\text{mm}$ ;  $P_S$  为过程平均总降水量,  $\text{mm}$ ;  $P_Z$  为低温连阴雨过程的总降水量,  $\text{mm}$ ;  $F_Z$  为低温连阴雨过程的总次数;  $D_L$ : 过程平均日数,  $\text{d}$ ;  $D_Z$  为低温连阴雨过程的总时间,  $\text{d}$ ;  $F_L$ : 年平均过程次数;  $Z$  为统计时间,  $\text{a}$ ;  $N_L$  为年平均过程日数,  $\text{d}$ ;  $N_Z$  为发生低温连阴雨过程的总时间,  $\text{d}$ ;  $V$  为灾害频率,  $\%$ ;  $S$  为发生低温连阴雨过程的时间,  $\text{a}$ 。

表2 1975—2020年湖北烤烟各生育期低温连阴雨灾害各指标统计值

Table 2 Statistics of various indicators for consecutive rainy low temperature disasters during flue-cured tobacco growth periods in Hubei Province from 1975 to 2020

序号 Sequence number	生育期 Flue-cured tobacco growth periods	伸根期 Root extension stage	旺长期 Rapid growth stage	成熟前期 Pre-maturity stage	成熟后期 Post-maturity stage
灾害指标平均情况 Average condition of disaster indicators	过程平均气温/ $^{\circ}\text{C}$ Average temperature	13.9	18.6	23.4	20.1
	过程日平均降水量/mm Average daily precipitation	9.0	14.6	20.2	12.6
	过程平均总降水量/mm Average total precipitation	46.3	67.8	107.9	71.7
	过程平均日数/d Average number of days	5.1	4.7	5.4	5.7
	年平均过程次数 Mean frequency per year	0.22	0.11	0.26	0.56
	年平均过程日数/d Mean duration in days per year	1.17	0.56	1.39	3.23
总数 Total	灾害频率/% Disaster frequency	22.4	11.4	26.1	56.5
	过程总次数 Total number of processes	330	94	384	831
灾害指标极端情况 Extreme conditions of disaster indicators	出现时间/a* Years of occurrence	10	5	12	26
	过程平均气温最低值/ $^{\circ}\text{C}$ Lowest average temperature throughout the process	11.68(2001)	17.40(2000)	21.21(2002)	17.04(1994)
	过程日平均降水量最大值/mm Maximum daily average precipitation during the process	17.11(1988)	26.43(1999)	53.79(1990)	29.43(2012)
	过程平均时间最大值/d Maximum average number of days during the process	8.00(2005)	7.00(2015)	7.13(2020)	9.54(2013)

注: \*表示含1年内1次或以上; 括号中的数字表示年份。Note: \* indicates 1 time or more within one year. The numbers in brackets indicate the years.

图2展示了1975—2020年间过程平均气温、过程日平均降水量和过程平均日数3项指标的年际变化曲线。由图2可知, 上述指标呈现出波动性变化, 但并没有明显的趋势性变化。

## 2.2 湖北烤烟不同生育期低温连阴雨过程平均气温空间分布

图3揭示了1975—2020年湖北烤烟在不同生育

## 2 结果与分析

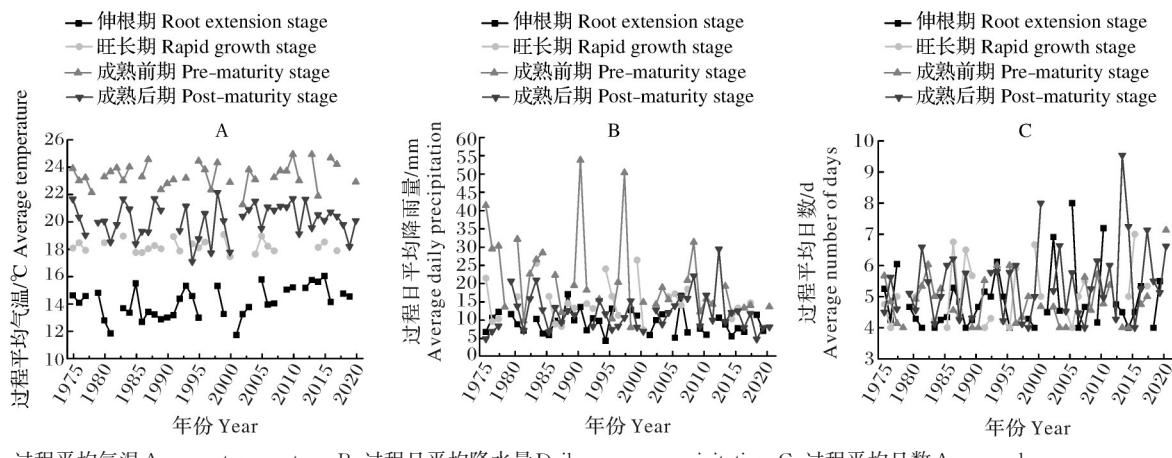
### 2.1 湖北烤烟各生育期低温连阴雨灾害时间变化规律

表2展示了1975—2020年湖北烟区在不同生育期遭受低温连阴雨灾害的7项指标统计结果。统计分析表明, 湖北烤烟在不同生长阶段表现出显著的差异。前3项指标, 即过程平均气温、过程日平均降水量和过程平均总降水量, 呈现低—高—低的趋势, 其中成熟前期达到峰值, 伸根期则处于最低点, 气温差异可达10  $^{\circ}\text{C}$ , 降水量相差接近1倍。各生育期的过程平均持续日数约为5 d, 以成熟后期的5.7 d为最长, 旺长期的4.7 d为最短。年平均过程次数(即发生频率)和年平均过程日数均以成熟后期最多, 旺长期最少, 其年发生频率分别为每10年约发生6次和1次, 相差近6倍。

表2 1975—2020年湖北烤烟各生育期低温连阴雨灾害各指标统计值

Table 2 Statistics of various indicators for consecutive rainy low temperature disasters during flue-cured tobacco growth periods in Hubei Province from 1975 to 2020

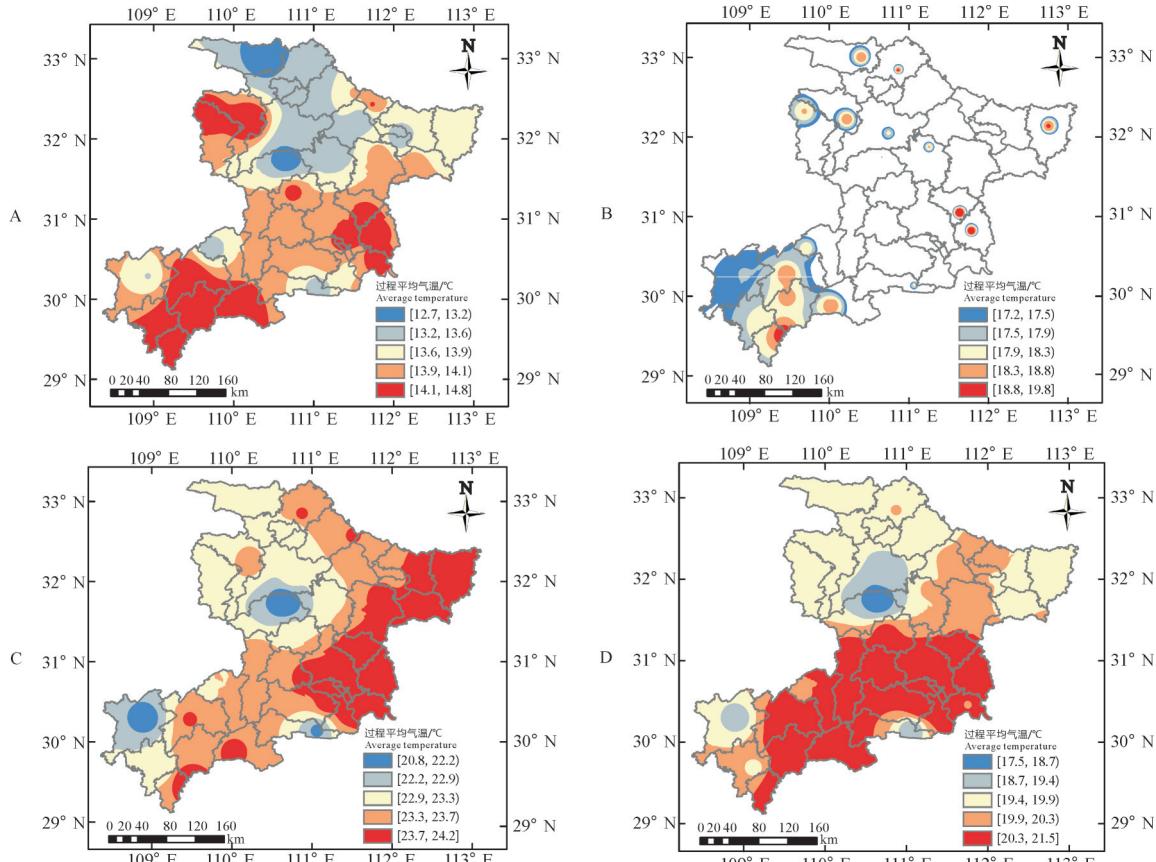
期遭受低温连阴雨灾害过程平均气温的空间分布情况。在伸根期, 低温连阴雨过程的平均气温为12.7~14.8  $^{\circ}\text{C}$ , 其中最严重的低温区域位于十堰烟区北部以及神农架烟区。旺长期时, 除了恩施烟区的西南部外, 其他烟区基本未受到低温连阴雨灾害的影响, 而恩施烟区西南部的日平均气温则为17.2~19.8  $^{\circ}\text{C}$ 。到了成熟前期, 低温连阴雨过程的平均气温升高至



A:过程平均气温 Average temperature; B:过程日平均降水量 Daily average precipitation; C:过程平均日数 Average days.

图2 1975—2020年湖北烤烟各生育期低温连阴雨灾害3项指标的年际变化

Fig.2 The interannual variations during the cool-weather continuous rainfall disasters in different growth stages of flue-cured tobacco in Hubei Province from 1975 to 2020



A:伸根期 Root extension stage; B:旺长期 Rapid growth stage; C:成熟前期 Pre-maturity stage; D:成熟后期 Post-maturity stage.

图3 湖北烤烟1975—2020年低温连阴雨灾害过程平均气温空间分布图

Fig.3 Spatial distribution maps of average temperature during the low temperature continuous rainy disaster process in Hubei flue-cured tobacco from 1975 to 2020

20.8~24.2 °C,此时重低温区主要分布在恩施烟区的利川站、宜昌烟区的五峰站以及神农架烟区,而其他种植烟区的平均气温大多在22.9~23.7 °C。最后,在成熟后期,平均气温介于17.5~21.5 °C,重低温区则位于

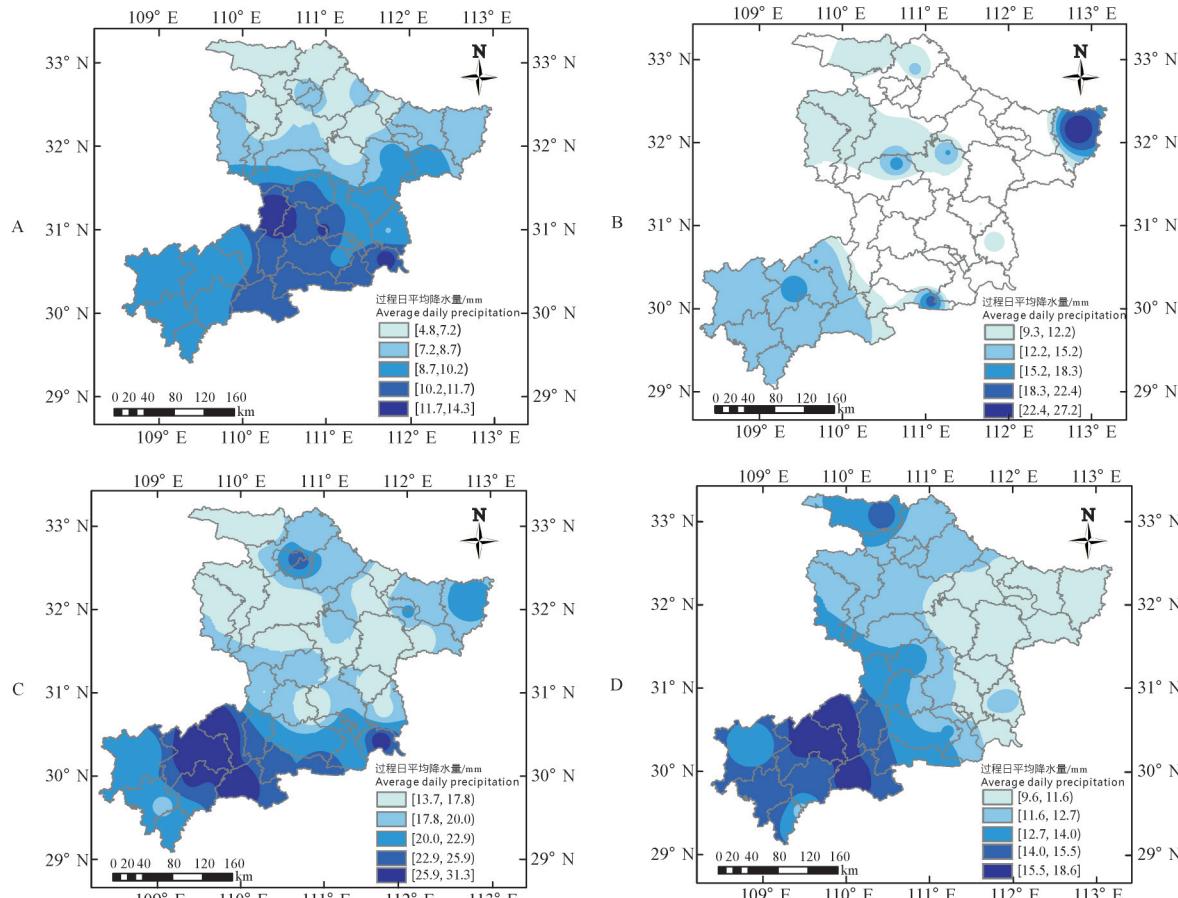
十堰烟区、襄阳烟区西部及恩施烟区西南部。

### 2.3 湖北省烤烟不同生育期低温连阴雨过程日平均降水量空间分布

图4展现了1975—2020年湖北烤烟在不同生育

期遭受低温连阴雨灾害的过程日平均降水量的空间分布情况。在伸根期,日降水量介于4.8~14.3 mm,总降水量则在21.7~80.1 mm区间内(图略),其中北部烟区的降水量较南部少,而降水量的高值区主要位于恩施烟区巴东站和鹤峰站,以及宜昌烟区秭归站和五峰站。进入旺长期,日降水量范围为9.4~27.2 mm,总降水量为37.4~108.7 mm,此时降水量

的高值区分布在恩施烟区利川站和咸丰站、宜昌烟区秭归站,以及襄阳烟区枣阳站。成熟前期的日降水量为13.7~31.3 mm,总降水量为76.7~168.7 mm;而在成熟后期,日降水量则为9.6~18.6 mm,总降水量为48.3~100.9 mm。在这2个阶段,北部烟区的降水量同样比南部少,而降水量的高值区则位于恩施烟区建始站、恩施站和鹤峰站。



A:伸根期 Root extension stage;B:旺长期 Rapid growth stage;C:成熟前期 Pre-maturity stage;D:成熟后期 Post-maturity stage.

图4 湖北烤烟1975—2020年低温连阴雨灾害过程日平均降水量空间分布图

Fig.4 Spatial distribution maps of daily average precipitation during low temperature continuous overcast and rainy disaster process in Hubei flue-cured tobacco from 1975 to 2020

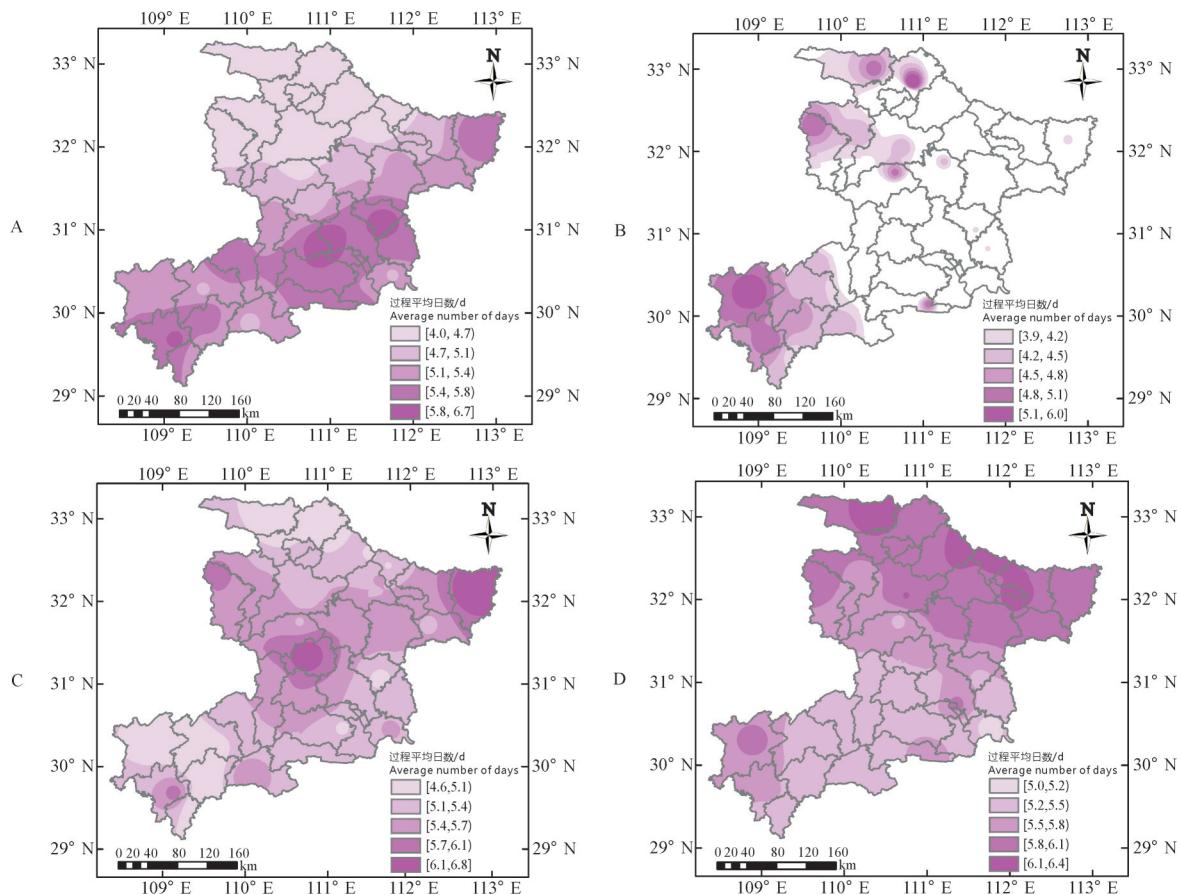
## 2.4 湖北烤烟不同生育期低温连阴雨过程平均日数空间分布

图5显示了1975—2020年湖北烤烟在不同生育期遭受低温连阴雨灾害过程平均日数的空间分布情况。在伸根期,低温连阴雨过程平均持续时间为4.0~6.7 d,北部烟区的持续时间普遍短于南部,宜昌烟区秭归站过程持续时间最长。旺长期时,恩施烟区西南部的低温连阴雨过程平均持续时间为4.0~6.0 d。进入成熟前期,这一过程的平均持续时间为4.6~6.8 d,其中宜昌烟区兴山站和襄阳烟区枣阳站

持续时间最长,而其他烟区大部分持续时间集中在5.0~5.5 d。最后,在成熟后期,过程平均持续时间为5.0~6.4 d,此时北部烟区的持续时间长于南部,特别是十堰烟区郧西站和丹江口站过程持续时间最长。

## 2.5 湖北烤烟不同生育期低温连阴雨灾害频率空间分布

图6展示了1975—2020年湖北烤烟在不同生育期遭受低温连阴雨灾害的频率空间分布情况。在伸根期、旺长期和成熟前期,恩施烟区西部是低温连阴雨过程的重灾区。特别是在伸根期,利川站和咸丰



A:伸根期 Root extension stage; B:旺长期 Rapid growth stage; C:成熟前期 Pre-maturity stage; D:成熟后期 Post-maturity stage.

图5 湖北烤烟1975—2020年低温连阴雨灾害过程平均日数空间分布图

Fig.5 Spatial distribution maps of the average number of days of low temperature continuous rainy disaster process in Hubei flue-cured tobacco from 1975 to 2020

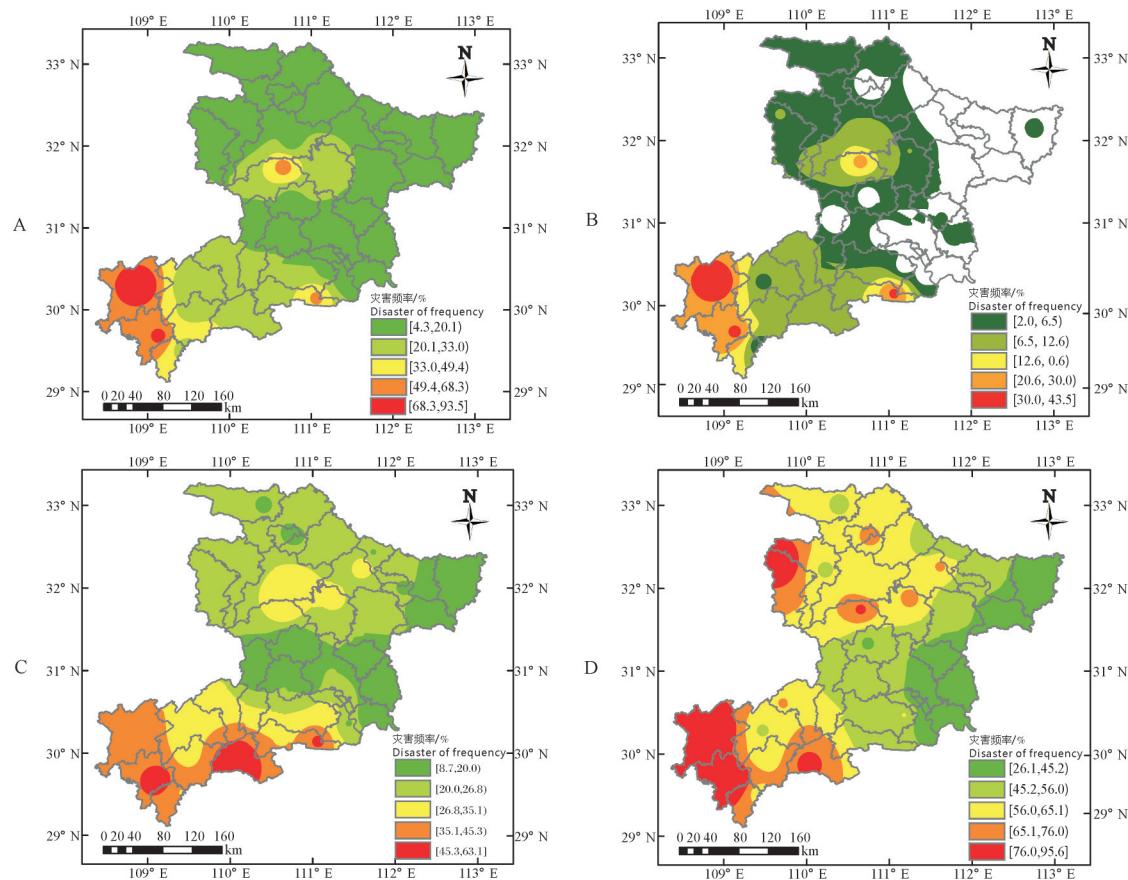
站的灾害频率分别高达93.5%、73.9%;而在成熟前期,鹤峰站和咸丰站的灾害频率也分别达到63.0%、52.2%。进入成熟后期,重灾区则转移到十堰烟区和恩施烟区,灾害频率均超过了50%,尤其是恩施烟区咸丰站和利川站,以及十堰烟区竹溪站,其灾害频率分别高达95.7%、93.5%、91.3%。

### 3 讨 论

本研究基于1975—2020年湖北烤烟种植区32个国家气象观测站逐日平均气温、降水量、日照时数等数据,结合低温连阴雨判别指标,分析了湖北烤烟生育期低温连阴雨灾害的时空分布特征。本研究结果表明,湖北烤烟在不同生育期遭受的低温连阴雨灾害程度不均,过程平均气温、日平均降水量及平均总降水量等3个指标均为低—高—低演变过程,以成熟前期最高、伸根期最低;过程平均日数均在5 d左右;年平均过程次数、年平均过程日数、灾害频率均以成熟后期最多、旺长期最少,其中灾害频率2个生

育期相差近6倍。湖北烤烟的气温、降水在不同生育期南北差异一致,北部烟区气温低,南部烟区降水多、强度大;过程平均日数在伸根期、旺长期南部大于北部,成熟后期则反之。湖北烤烟灾害频率空间差异显著,伸根期、旺长期和成熟前期南部烟区较北部烟区发生频率更高,成熟后期十堰、恩施烟区发生频率相当,均高达56%以上,过程平均持续5.7 d。

低温连阴雨天气对烟叶生长和品质的影响不容忽视。陈雪芹等<sup>[8]</sup>研究指出,长时间低温冷害会严重干扰烟叶的生长周期,导致产量和品质下降。湖北烤烟种植区,特别是恩施和神农架烟区,因地理位置和气候条件,成为重低温灾区。对此,保温防寒措施和适宜的播种、移植时机选择成为关键。刘晓迎等<sup>[11]</sup>研究发现,连阴雨天气伴随的日照不足、低温、高湿等条件,对烟叶的生长发育极为不利。湖北烟区因地理和气候差异,连阴雨持续时间和影响程度不同。因此,针对不同生育期和区域,应采取不同的措施,如排水防渍涝和病害预防治理,以确保烟叶的



A:伸根期 Root extension stage; B:旺长期 Rapid growth stage; C:成熟前期 Pre-maturity stage; D:成熟后期 Post-maturity stage.

图6 湖北烤烟1975—2020年低温连阴雨灾害频率空间分布图  
Fig.6 Spatial distribution maps of low temperature continuous rainy disaster frequency in Hubei flue-cured tobacco from 1975 to 2020

正常生长和品质稳定。

8—9月是湖北烤烟种植区低温连阴雨灾害频发时期,对烤烟成熟后期生长影响显著。翟治国等<sup>[6]</sup>研究表明,过多低温连阴雨会限制植物生长、阻碍营养吸收并增加病虫害风险。因此,需及时排水、喷施叶面营养液肥,以增强抗性;同时,选用抗病品种,结合农业和药剂防治,减少化学防治次数。综合考虑气候和作物特性,合理调整烤烟种植,以优化生态环境,提升烟叶品质。

随着全球气候变化和人类活动的影响,气候变暖可能扩大湖北适宜种植烤烟的区域,但同时也提高了低温连阴雨灾害的风险。韩敏等<sup>[10]</sup>研究表明,高风险灾害的发生频率将上升,而中等及以下风险则会下降。特别是在湖北烤烟成熟后期,十堰和恩施烟区遭遇重灾,咸丰站、利川站和竹溪站的灾害频率分别高达95.7%、93.5%和91.3%。因此,在风险较低的区域增加烤烟种植面积是可行的,而在高风险区域,则需要调整种植结构以规避风险。

本研究仅考虑了气温、降水量和日照时数这3个气象要素,其他自然和社会因素对烤烟品质的影响尚未得到充分探究。此外,气象数据站点分布的不均匀性也可能导致结果中气象因素的误差。为了更准确地评估湖北烟区的气候风险并优化烤烟生产,未来研究应致力于获取更精细的气象数据,并结合具体烟区情况进行分析,以提供更科学的决策支持。

## 参考文献 References

- [1] 吕凯,熊镇贵,朱凯,等.我国烤烟生产的历史回顾与探讨[J].昆明学院学报,2011,33(3):48-52.LÜ K, XIONG Z G, ZHU K, et al. Review and discussion on history of flue-cured tobacco production in China [J]. Journal of Kunming University, 2011, 33(3):48-52(in Chinese with English abstract).
- [2] 曹鲁.基于气候适应性的宣州区烟草产业发展路径研究[D].合肥:安徽农业大学,2022.CAO L. Study on the development path of tobacco industry in Xuanzhou District based on climate adaptability [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2022(in Chinese with English abstract).
- [3] 曾晓珊,张波,孙思思,等.气候变化背景下贵州烤烟生长季

- 气候适宜度评价分析[J].中国烟草科学,2023,44(4):9-16.
- ZENG X S, ZHANG B, SUN S S, et al. Climatic suitability analysis of flue-cured tobacco growing season in Guizhou in the context of climate change [J]. Chinese tobacco science, 2023, 44(4):9-16(in Chinese with English abstract).
- [4] 陈瑞漂,兰宗宏,石金伟.农业气象灾害变化特征对农作物产量的影响探究[J].农业灾害研究,2023,13(2):142-144.LI-AN R P, LAN Z H, SHI J W. Study on the influence of changing characteristics of agro-meteorological disasters on crop yield [J]. Journal of agricultural catastrophology, 2023, 13(2): 142-144(in Chinese with English abstract).
- [5] 高振环.探究农业气象灾害对农作物的影响[J].农业灾害研究,2022,12(3):137-139.GAO Z H. Exploration of the impact of agrometeorological disasters on crops [J]. Journal of agricultural catastrophology, 2022, 12 (3) : 137-139 (in Chinese with English abstract).
- [6] 翟治国,周晓天,叶丽,等.皖东地区秋季连阴雨天气对农作物的影响及防控对策[J].安徽农学通报,2017,23(20):116-117.
- ZHAI Z G, ZHOU X T, YE L, et al. Influence of continuous rainy weather in autumn on crops in eastern Anhui Province and its prevention and control countermeasures [J]. Anhui agricultural science bulletin, 2017, 23(20):116-117(in Chinese).
- [7] 刘雅星,李凤秀.河南省连阴雨过程监测评估方法研究[J].河南科学,2021,39(10):1608-1614.LIU Y X, LI F X. Observation and evaluation standard of continuous rain process in Henan Province [J]. Henan science, 2021, 39 (10) : 1608-1614 (in Chinese with English abstract).
- [8] 陈雪芹,彭玉芬,王珊珊.低温连阴雨天对福建三明市农业生产的影响[J].气象水文海洋仪器,2012,29(4):60-62.CHEN X Q, PENG Y F, WANG S S. Effect of cryogenic continuous rain days on agricultural production in Sanming of Fujian Province [J]. Meteorological, hydrological and marine instruments, 2012, 29(4):60-62(in Chinese with English abstract).
- [9] 孙延国,马兴华,姜滨,等.烟草温光特性研究与利用:Ⅱ.气象因素对山东主栽烤烟品种生长发育及产质量的影响[J].中国烟草科学,2020,41(3):44-52.SUN Y G, MA X H, JI-ANG B, et al. Investigation and utilization of temperature and light characteristics of tobacco: Ⅱ . effects of meteorological factors on growth, development, yield and quality of main varieties in Shandong tobacco-growing areas [J]. Chinese tobacco science, 2020, 41(3):44-52(in Chinese with English abstract).
- [10] 韩敏,杨鹏武,何雨苓,等.阴雨寡照灾害对云南烤烟的种植风险预测[J].中国农学通报,2022,38(4):69-75.HAN M, YANG P W, HE Y Q, et al. Prediction of the disaster risk of overcast and rainy days on flue-cured tobacco planting in Yunnan [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2022, 38(4): 69-75(in Chinese with English abstract).
- [11] 刘晓迎,左璇,刘雅星,等.河南浓香型烟叶产区气候条件分析[J].河南农业科学,2017,46(3):52-58.LIU X Y, ZUO X, LIU Y X, et al. Analysis of climate condition in producing areas of strong flavor type tobacco leaves in Henan [J]. Journal of Henan agricultural sciences, 2017, 46 (3) : 52-58 (in Chinese with English abstract).
- [12] 陈英英,王雅新,陈正洪,等.鄂西烟草种植区气象灾害的时空变化分析[J].华中农业大学学报,2023,42(2):186-193.
- CHEN Y Y, WANG Y X, CHEN Z H, et al. Temporal and spatial changes of meteorological disasters in tobacco growing areas in western Hubei Province [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2023, 42 (2) : 186-193 (in Chinese with English abstract).
- [13] 刘军,任永建,陈正洪,等.湖北烤烟化学成分与气候因子的关系及烟区差异化分析[J].中国农学通报,2023,39(17):64-71.LIU J, REN Y J, CHEN Z H, et al. Relationship between chemical components and climatic factors of flue-cured tobacco in Hubei and analysis of differences in tobacco areas [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2023, 39(17):64-71 (in Chinese with English abstract).
- [14] 蔡长春,邓环,赵云飞,等.湖北省植烟区生态气候因子的主要成分分析和区域划分[J].烟草科技,2011,44(2):64-69.CAI C C, DENG H, ZHAO Y F, et al. Regionalization and principal component analysis of eco-climate factors of tobacco growing areas in Hubei Province [J]. Tobacco science & technology, 2011, 44(2):64-69(in Chinese with English abstract).
- [15] 李进平,高友珍.湖北省烤烟生产的气候分区[J].中国农业气象,2005, 26(4): 250-255.LI J P, GAO Y Z. Study on climate division of flue-cured tobacco planting in Hubei Province [J]. Agricultural meteorology, 2005, 26 (4) : 250-255 (in Chinese with English abstract).
- [16] 刘静,阳威,成丹,等.地表温度日较差对湖北烟区烤烟化学成分的影响[J].中国农学通报,2022,38(20):97-104.LIU J, YANG W, CHENG D, et al. Effects of surface diurnal temperature range on chemical constituents of flue-cured tobacco in Hubei tobacco-growing areas [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2022, 38(20) : 97-104 (in Chinese with English abstract).
- [17] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003.LIU G S. Tobacco cultivation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003(in Chinese).
- [18] 李秀,期汝兴,李成鹏,等.玉溪烤烟气象灾害指标分析及检验[J].云南科技管理,2017,30(5):49-53.LI X, QI R X, LI C P, et al. Analysis and test of meteorological disaster index of flue-cured tobacco in Yuxi [J]. Yunnan science and technology management, 2017, 30(5):49-53(in Chinese).
- [19] 藏照阳,张艳玲,王建伟,等.贵州省烤烟种植主要气象风险因素的时空分布特征分析[J].烟草科技,2021,54(12):17-27.ZANG Z Y, ZHANG Y L, WANG J W, et al. Spatial and temporal distributions of meteorological risk factors for flue-cured tobacco growing in Guizhou Province [J]. Tobacco science & technology, 2021, 54(12):17-27(in Chinese with English abstract).

- [20] 石艳,张东海,周永水,等.贵州区域性低温阴雨过程综合强度定量评估方法[J].中低纬山地气象,2020,44(5):41-46.  
SHI Y, ZHANG D H, ZHOU Y S, et al. A quantitative meth-

od for assessment of low temperature overcast and rain process in Guizhou Province[J]. Mid-low latitude mountain meteorology, 2020, 44(5): 41-46 (in Chinese with English abstract).

## Spatial and temporal distribution characteristics of low-temperature continuous rainfall hazards for flue-cured tobacco in Hubei Province

LIU Jing<sup>1</sup>, LIU Lu<sup>2</sup>, CHENG Dan<sup>1</sup>

1. Hubei Provincial Meteorological Service Center, Hubei Provincial Key Laboratory of Tobacco Meteorology, Wuhan 430205, China; 2. Meteorological Bureau of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, China

**Abstract** The indicators for discriminating low-temperature and persistent rain at different growth stages of flue-cured tobacco were established to better defense against the adverse effects of low temperature and persistent rain disasters on the yield and quality of flue-cured tobacco in Hubei Province. The data of daily meteorology from 32 national meteorological observation stations in the tobacco planting areas of Hubei Province from 1975 to 2020 were used to in depth analyze the spatiotemporal distribution characteristics of seven disaster indicators related to the low temperature and persistent rain in the tobacco planting areas of Hubei Province. The results showed that three indicators including the average temperature during the process, the average daily precipitation, and the average total precipitation all followed an evolutionary pattern of low-high-low in terms of time, with the highest at the early stage of maturity and the lowest at the stage of root extension. The average number of days in the process was about 5 days. The average annual number of processes, the average annual days of process, and the frequency of disasters were the highest at the late stage of maturity and the lowest at the stage of vigorous growth. Among them, the frequency of disasters occurred 6 and 1 times every 10 years at these two stages, with a difference of nearly 6 times. In terms of space, there were consistent differences in temperature and precipitation between the north and south at different stages of growth. The tobacco growing areas in the northern had lower temperatures, while the tobacco growing areas in the southern had more precipitation with higher intensity. The average days of the process in the southern part was longer than that in the northern part at the stage of root extension and vigorous growth, while the opposite was true at the late stage of maturity. There was a significant spatial difference in the frequency of disasters. The frequency of disasters at the first three stage of growth in tobacco growing areas in the southern was higher than that in tobacco growing areas in the northern. The frequency of disasters at the late stage of maturity was equivalent to that in tobacco growing areas in the north and south, with an average duration of over 56% and an average duration of 5.7 days. It will provide a scientific basis for the planning of tobacco cultivation in Hubei and the defense against disasters of low-temperature and persistent rain.

**Keywords** flue-cured tobacco; low-temperature and persistent rain; growth stage; disaster frequency; spatiotemporal distribution

(责任编辑:陆文昌)