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.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.02.023

鄂西烟草种植区气象灾害的时空变化分析

陈英英,王雅新,陈正洪,孟丹,贾文茜,曾琦

湖北省气象服务中心,武汉 430205

摘要 为明确气候变化对鄂西烟草气象灾害危险性的影响,基于已建立的干旱、低温冷害、连阴雨、暴雨、高温热害的危险性指标体系,利用鄂西18个国家气象站观测数据开展近60年来烟草高影响气象灾害的危险性指数分析,并进行前30 a和后30 a的对比。结果表明,从时间维度看,后30 a鄂西烟草种植区干旱、连阴雨和暴雨危险性总体有所减轻;而鄂西南干旱危险性加重,水分条件逐渐成为影响当地烟叶生产的主要因子之一。在气候变暖背景下,低温冷害和高温热害的危险性分别呈现出部分减轻和普遍加重的趋势。分区域来看,枣阳、南漳等地持续受干旱影响,低温冷害集中在高海拔地区,高温热害则分布于河谷地带。五峰、兴山是冰雹、大风的相对高发中心,需防范强对流天气带来的危害。鄂西地区由于地理位置不同,影响烟叶生产的主要气象灾害及气候变化有所差异。从综合气象灾害危险性分布来看,除巴东北部、建始北部局地外,后30 a恩施大部分地区气象灾害综合危险性等级仍在"中等"及以上,以鹤峰最为严重。

关键词 鄂西;烟草;气象灾害;气候变化;空间分布;防灾减灾

中图分类号 S572;S42 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)02-0186-08

烟草作为十大税收行业榜首,对于促进地方经济发展和助农增收都具有重要意义。烟叶是支撑烟草行业生存和发展的重要原料,从2001年起全国共有22个省份连续按国家计划种植、收购烤烟烟叶,2020年湖北烤烟种植面积达30 591 hm^2,位列全国第7位[1]。一直以来,气象灾害是造成烟叶产量和质量损失的主要原因,有关云南、贵州等烟草种植大省烤烟烟叶气象灾害的研究已有许多[2-6],相关研究主要关注灾害指标的建立与创新,但由于烟叶气象灾害空间差异显著,上述研究成果只能适用于某一区域。孟丹等[7]利用1961—2010年常规观测资料,借助GIS平台分析了鄂西烟草种植气象灾害危险性的空间分布,指出影响湖北西部烟草种植的主要气象灾害是干旱、低温冷害、连阴雨、暴雨和高温热害,但没有对其时间演变特征进行分析。

近年来,受全球变暖气候变化趋势的影响[8],极端天气气候事件呈现出不同的时空演变特征[9],主要农作物[10]、经济作物的气象灾害时空分布特征也随之改变,变化更趋复杂、极端性也更强,对灾害风险特征的认识及其对气候变化的响应亟待解决[11-12]。在气候变化背景下,影响鄂西地区烟草生产的主要气象灾害已经发生变化,未来对烟草生长的影响将更为复杂多变,开展气象灾害危险性的时空变化分析有助于烟草行业高质量发展。研究气候变化这一不可控自然因素的影响,在空间上量化鄂西不同烤烟地区气象风险的动态特征,可为合理调整鄂西烟草种植布局和种植方案、修订防灾减灾对策提供科学支撑,最大程度减少气象风险对烟草种植业带来的损失。

湖北烤烟烟叶种植区主要位于其西部的恩施、宜昌、襄阳、十堰等4个市州的18个县、市[13],该区域地形多变、地貌复杂,是湖北省内气象灾害多发区。本研究基于近60年来18个烟草种植县、市的国家气象站观测资料,利用构建的干旱、低温冷害、连阴雨、暴雨、高温热害的危险性指标以及冰雹次数、大风日数的空间分布特征,分析比较前30 a和后30 a单一气象灾害及综合气象灾害的危险性指数分布,探讨气候变化对鄂西烟草种植气象灾害危险性的影响,以期为烟草部门积极采取有效应对措施提供技术支撑,以降低或避免气候变化对烤烟产量和质量带来的威胁,保障湖北烟草业经济的可持续发展。

收稿日期:2022-05-14
基金项目:湖北省烟草公司科技项目(027Y2021-020;027Y2020-004);中国烟草总公司科技项目(110202102037)
陈英英,E-mail:brisk007@163.com
通信作者:陈正洪,E-mail:chenzh64@126.com

1　资料与方法

1.1　资料来源

1)气象数据。房县、竹山、竹溪、郧西、保康、南漳、枣阳、秭归、兴山、五峰、利川、宣恩、巴东、恩施、鹤峰、咸丰、建始、来凤等18个国家气象站1961－2020年的常规观测资料(含日降水、最大日降水、日平均气温、日最高气温、日照时数等气象要素),以“1961－1990年”和“1991－2020年”2个时段进行统计,分别称为“前30 a”和“后30 a”(下同),数据来源于湖北省气象信息与技术保障中心。

2)基础地理信息数据。湖北西部植烟区边界及1∶25万DEM数据(90 m×90 m),来源于湖北省烟草公司和湖北省气象局应急减灾处。地图来源于国家基础地理信息中心(http://www.ngcc.cn/ngcc/)1:100万中国矢量地图。鄂西具体烟区分布如图1所示。

图1　湖北西部植烟区及国家气象站分布图

Fig.1　The distribution of tobacco planting area and national meteorological stations in western Hubei

1.2　研究方法

1)主要气象灾害的指标选取和权重划分。气象条件是影响烟叶生长发育的关键因素,体现在适宜性分布[14-16]和风险区划2个方面,本研究重点从气象灾害的角度进行分析。通过设计调查问卷、聘请烟草行业专家根据经验给出每种气象灾害的评价分值,统计得出鄂西烟草种植气象灾害按照影响从大到小的顺序依次为干旱、低温冷害、连阴雨、冰雹、暴雨、高温热害和大风[7]。结合鄂西烟草实际种植情况,参考专家打分和层次分析结果,最终得到鄂西烟草种植的主要致灾因子的权重系数分别为干旱0.35、低温冷害0.25、连阴雨0.2、暴雨0.1、高温热害0.1。需要说明的是,风、雹对于烟叶尤其是成熟期烟叶影响很大,但均属于局地突发性灾害,国家气象站观测能力有限,暂未列入综合气象灾害危险性评价指标,仅对其分布特征进行定性分析。上述列出的5种对烟叶生产具有不利影响的气象灾害及危险性指标选取依据为:

①干旱。对烟叶的感官和化学成分中的氮碱比、钾、糖碱比、总氮和总糖产生显著不利影响,根据国家标准GB/T 32136—2015《农业干旱等级》,选取烟叶生育期内(5－8月)的干旱年数(降水距平百分率＜－20%的年数)和干旱最长天数(连续无有效降水最长持续天数)分别代表平均和极端状况的干旱指标等权相加。

②低温冷害。在烟叶生长早期,低温冷害会使根系代谢能力下降、旺长受阻、易现早花,以5月下旬－6月上旬的日平均气温≤13 ℃累计天数为判定指标;在烟叶成熟中后期,低温冷害会使烟叶光合作用受阻,烟叶细胞受损、化学成分改变,品质下降,以9月日平均气温≤18 ℃累计天数为判定指标。由于前期低温可通过田间管理措施进行补救,而后期低温则直接影响烟叶质量,因此,分别赋予前期和后期0.4、0.6的权重,二者结果相加。

③连阴雨。对烟叶整个生育期都有重要影响,以发生频率(连阴雨发生次数)和强度(连阴雨最长持续天数)作为判定指标等权相加。其中,连阴雨定义为5－9月连续7 d或以上日降水量＞1 mm且日照时数＜0.5 h的过程。

④暴雨。定义为日降水量≥50 mm的过程,会造成低洼地排水不良,烟田积水及山坡烟地土肥流失,影响烟株正常生长,使烟叶化学成分中烟碱、总氮、总糖、氯和糖碱比打分降低。烟叶生育期内(5－9月)的暴雨频率(年均暴雨日数)和强度(最大日降水量)均有影响,分别赋予0.7、0.3的权重,二者结果相加。

⑤高温。在烟叶生长期内出现温度≥35 ℃的高温天气时,干物质的消耗大于积累,烟叶的质量明显降低;成熟期温度过高,即使时间短也会破坏叶绿素,影响光合作用,造成“高温逼熟”,同时烟碱含量会不成比例地增高。由于鄂西地区高温日数和有害积温的空间分布基本一致,选取7月中旬－8月上旬的高温日数作为危险性指标。

2)气象灾害危险性评价模型。对每个危险性指标值进行归一化处理,去除指标量级和量纲间的差异,各指标归一化值的加权值代表此灾害的危险性指数。综合危险性指数计算模型为:$M=\sum\alpha_i X_i$,其

中，M为综合危险性指数，X_i为第i种灾害的危险性指数，α_i为第i种灾害的权重。

3)空间数据分析方法。为提升危险性分析的精细化程度，利用ArcGIS软件空间分析模块中的反距离权重插值、多元回归插值、自然断点分级等方法来完成鄂西烟草种植区气象灾害危险性评价。在以回归法建立国家气象站的海拔高度、经度、纬度与各危险性指标的相关关系时发现，只有气温类的危险性指标与经纬度、海拔高度的相关性可以通过统计检验，而干旱、连阴雨、暴雨等灾害的危险性指标则与之关系不显著。因此，将低温冷害和高温热害的危险性指数与经度、纬度、海拔高度进行多元线性回归获取精细化分布(表1)，均通过0.01水平的显著性检验。其他灾害类型则通过反距离权重插值后以县域为单位绘制空间分布图。

表1 多元回归方程

Table 1 Polynomial regression equation

灾害类型 Disaster types		方程 Equation	拟合系数 Fitting coefficient
低温冷害 Chilling damage	前30 a The previous 30 years	$Y_{生长前期}=0.174L_{on}+0.044L_{at}+0.001H-20.909$	$R^2=0.751$
		$Y_{生长后期}=0.138L_{on}+0.083L_{at}+0.001H-18.076$	$R^2=0.882$
	后30 a The last 30 years	$Y_{生长前期}=0.104L_{on}+0.056L_{at}+0.001H-13.582$	$R^2=0.776$
		$Y_{生长后期}=0.086L_{on}+0.085L_{at}+0.001H-12.389$	$R^2=0.898$
高温热害 High temperature and high heat damage	前30 a The previous 30 years	$Y=-0.122L_{on}-0.001H+14.426$	$R^2=0.485$
	后30 a The last 30 years	$Y=-0.079L_{on}-0.001H+9.503$	$R^2=0.497$

注 Note：Y：危险性模拟指数值 Risk simulation index；L_{on}：经度，(°) Longitude，(°)；L_{at}：纬度，(°) Latitude，(°)；H：海拔高度，m Altitude，m.

2 结果与分析

2.1 主要气象灾害危险性指数分析

1)干旱。从图2可以看出，前30 a和后30 a鄂西植烟区干旱危险性指数空间分布发生较大变化。前30 a干旱危险性大致呈北高南低的分布趋势，恩施大部地区为轻到中度干旱，枣阳、南漳、秭归等地发生干旱的危险性最大；后30 a，恩施南部地区的干旱危险性加重2个等级以上，鄂西中部及郧西成为干旱较轻的区域，枣阳、南漳发生干旱的危险性仍然较大，秭归因迁站干旱危险性明显减小。从自然断点法获取的危险性分布图中可以看出，总体趋势鄂西植烟区后30 a干旱危险性有所减轻，主要是指标“干旱最长持续天数”的贡献，平均值由20.61 d减小为17.39 d，归一化后的干旱危险性指数平均值由0.45降为0.38。

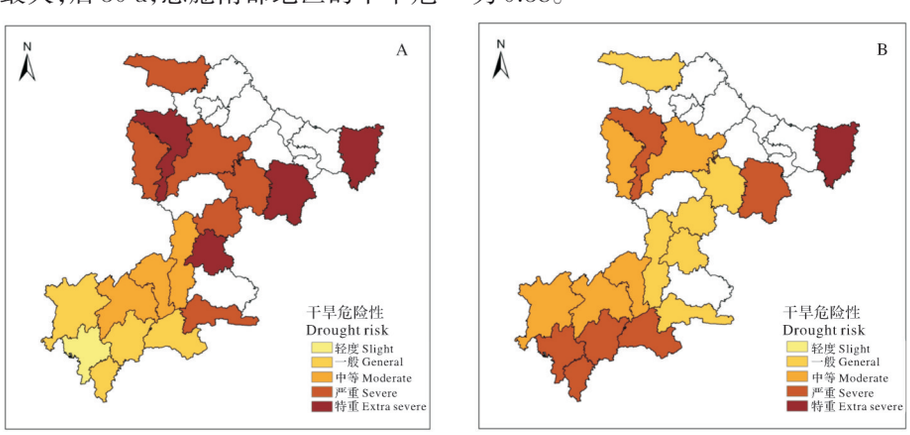

图2 1961－1990年(A)与1991－2020年(B)干旱危险性指数

Fig.2 Drought risk index for 1961－1990(A) and 1991－2020(B)

2)低温冷害。从图3可以看出，前30 a和后30 a鄂西植烟区低温冷害危险性指数的空间分布基本一致。总体来说，低温冷害与海拔高度存在显著相关，这也可以从表1中得以体现，前30 a，生长早期和生长中后期的拟合复相关系数分别达到0.751、0.882，后30 a则分别为0.776、0.898。表现为海拔越高、低

温冷害的危险性越大，低温冷害最重的地区分布于神农架林区周边及恩施地区的高山地带。定量对比来看，后 30 a 鄂西地区南部低温冷害的危险性程度比前 30 a 略有减轻，以五峰表现最为明显，说明在全球气候变暖的背景下，低温冷害的威胁在逐渐减小，但减小的幅度具有地区差异化特性。

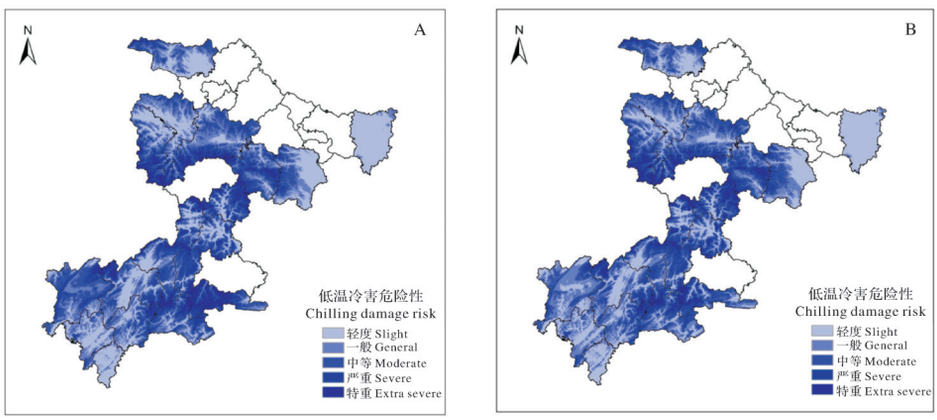

图 3　1961—1990 年（A）与 1991—2020 年（B）低温冷害危险性指数

Fig.3　Chilling damage risk index for 1961—1990（A） and 1991—2020（B）

3）连阴雨。从图 4 可以看出，前 30 a 和后 30 a 鄂西植烟区连阴雨危险性指数变化明显，危险性等级除郧西由“一般”变为“中等”、枣阳维持“轻度”不变外，其他县市的连阴雨危险性均有不同程度的降低，以鄂西南地区最为显著，多数危险性降低 1～2 个等级，这与图 2 干旱危险性分布的演变特征存在较好的呼应。由图 3 可以看出，后 30 a 连阴雨危险性为“严重”及以上等级的地区仅有咸丰、利川、来凤、鹤峰。总体来看，无论是前 30 a 还是后 30 a，鄂西连阴雨危险性指数均呈现北少南多的空间分布特征。

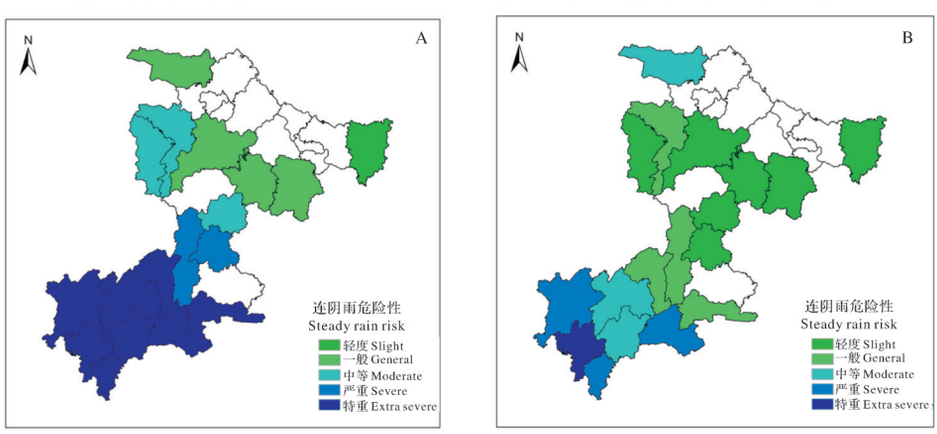

图 4　1961—1990 年（A）与 1991—2020 年（B）连阴雨危险性指数

Fig.4　Steady rain risk index for 1961—1990（A） and 1991—2020（B）

4）暴雨。从图 5 可以看出，前 30 a 和后 30 a 鄂西植烟区暴雨危险性指数的总体空间分布呈现鄂西南明显多于鄂西北的特点，这与“暴雨日数”和“最大日降水量”的空间分布规律密不可分。与前 30 a 相比，后 30 a 暴雨危险性指数有所降低，暴雨危险性为“特重”等级的市、县仅有建始和鹤峰，占比 11%，比例低于前 30 a 的 39%。

5）高温热害。图 6 显示，高温热害的分布同样与海拔存在相关，但相关性不及低温冷害显著。这是由于高温热害还与地形地貌存在关联，如热害最严重的兴山、秭归、巴东，均位于三峡河谷，竹山也是三面环水一面环山的特殊地势，不利于热量扩散。对比发现，后 30 a 高温热害强度增大，高温热害危险性增大的覆盖面积高于低温冷害减轻的面积，说明全球气候变暖对夏季的增温效应呈现出更为普遍的特点。需要说明的是，秭归高温热害略有减轻主要受 1997 年三峡大坝移民、气象观测站址变迁使探测环境显著变化所导致。

6）冰雹和大风。从图 7 来看，前 30 a 鄂西植烟区的南部为冰雹相对多发区，年均冰雹发生次数为 0.62～0.96 次，后 30 a 冰雹灾害明显减少、且空间差异变小，以五峰年均冰雹发生次数最多，为 0.40～0.44 次。

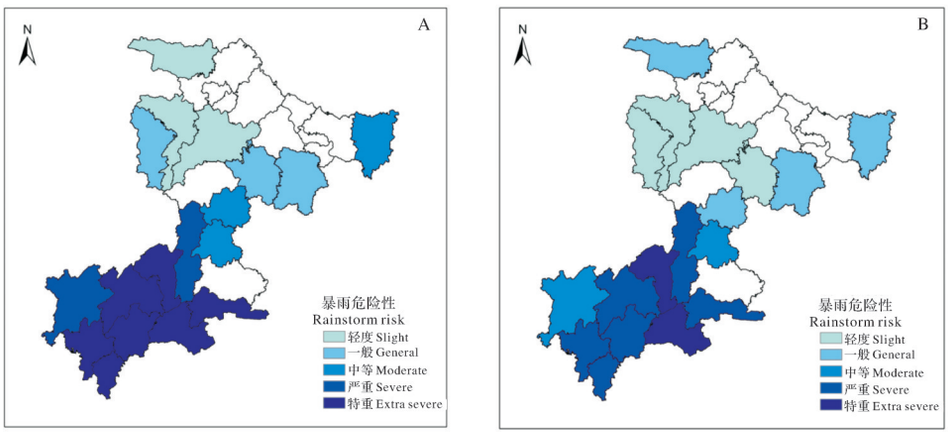

图5 1961—1990年(A)与1991—2020年(B)暴雨危险性指数

Fig.5 Rainstorm risk index for 1961—1990(A) and 1991—2020(B)

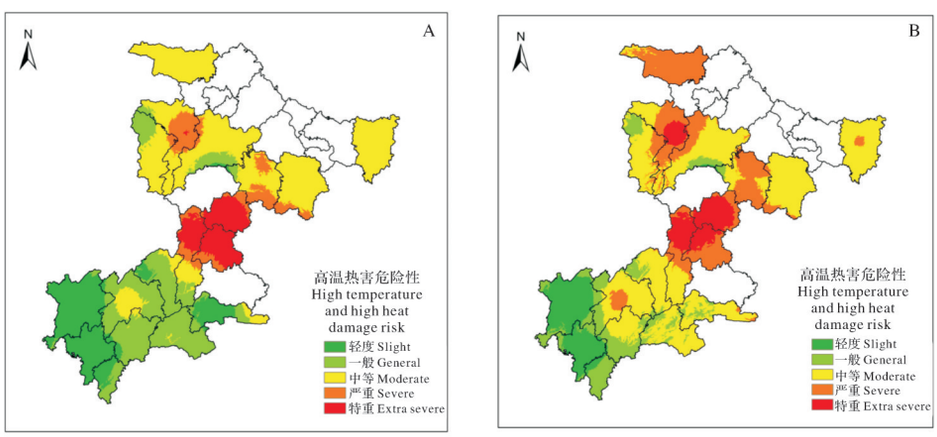

图6 1961—1990年(A)与1991—2020年(B)高温热害危险性指数

Fig.6 High temperature and high heat damage risk index for 1961—1990(A) and 1991—2020(B)

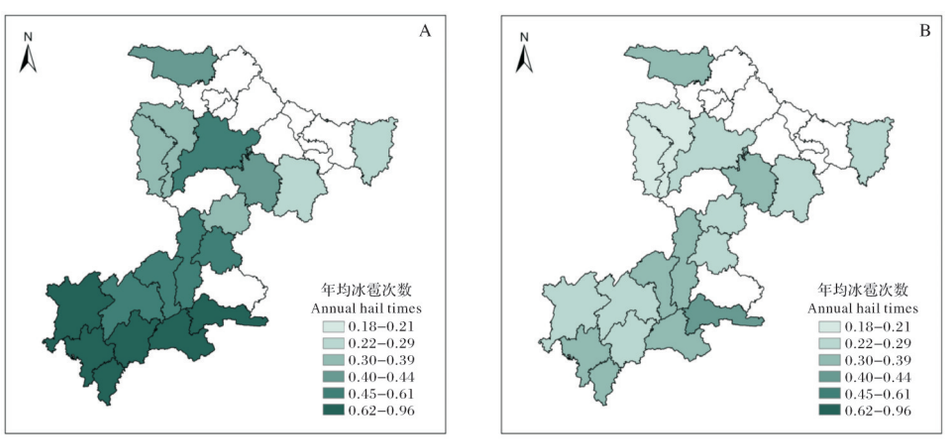

图7 1961—1990年(A)与1991—2020年(B)年均冰雹次数分布

Fig.7 Annual hail times for 1961—1990(A) and 1991—2020(B)

大风灾害时间尺度上的变化与冰雹类似,鄂西植烟区后30 a年均大风日数明显下降(图8),大风多发中心兴山前30 a年均大风天数为5.92~8.40 d、后30 a降为1.97~3.42 d。由于冰雹和大风灾害的局地性较强,此处有关冰雹和大风灾害等强对流天气的分析结果仅代表国家气象站的观测情况,但在一定程度上仍然可以反映气候变化趋势。

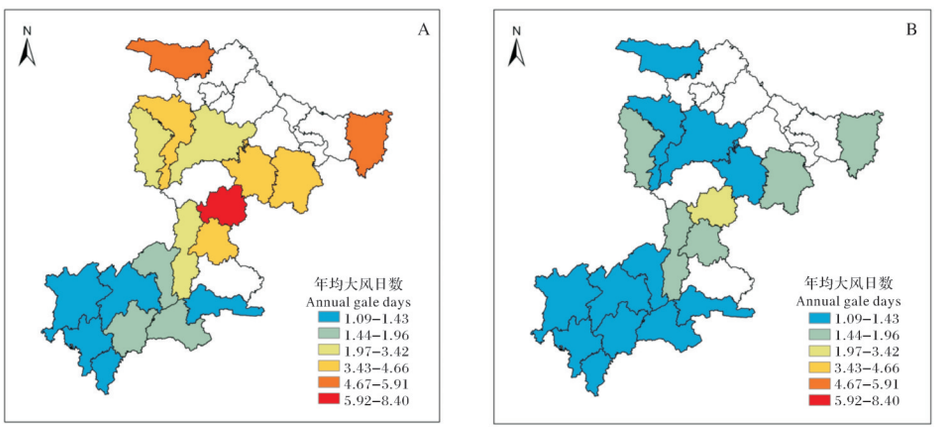

图 8　1961－1990 年（A）与 1991－2020 年（B）年均大风日数分布

Fig.8　Annual gale days for 1961－1990（A） and 1991－2020（B）

2.2　气象灾害综合危险性评价与区划

由于地理位置差异导致影响烟叶生产的主要气象灾害也有所不同，不能一概而论[17]。运用 GIS 栅格计算功能，分别计算前 30 a 和后 30 a 鄂西植烟区气象灾害综合危险性指数，并根据自然断点分级法将危险性分成 5 级，得到鄂西烟草种植区气象灾害综合危险性分布图（图 9）。结果显示，与前 30 a 相比，后 30 a 鄂西大部烟区气象灾害综合危险性减轻，危险性等级较大的地区分布在鹤峰、咸丰、宣恩、来凤、恩施、利川、建始、兴山、五峰西部、巴东南部等地。

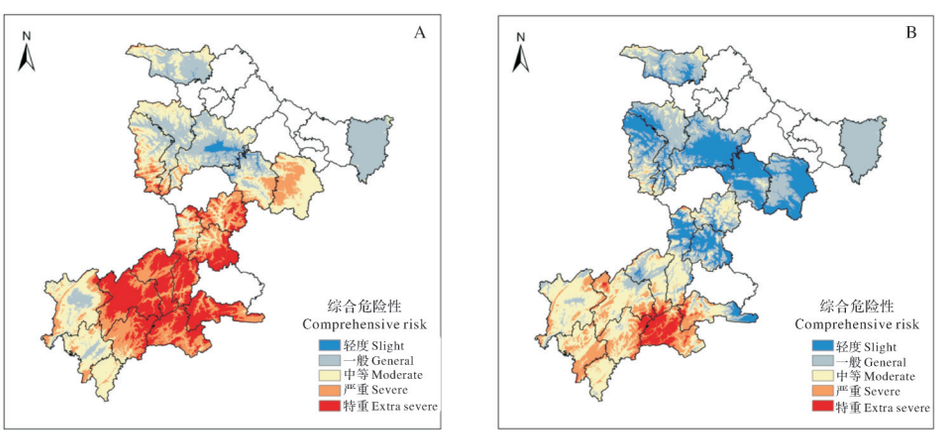

图 9　1961－1990 年（A）与 1991－2020 年（B）综合危险性分布

Fig.9　Comprehensive risk distribution for 1961－1990（A） and 1991－2020（B）

3　讨　论

气候变化对于农作物、经济作物的产量和质量有明显影响[18-19]，其中由于大气环流异常造成的年降雨量时空分布不均导致的暴雨洪涝和干旱造成的农业受灾面积波动较大[20]，与本研究结果一致。后 30 a 鄂西烟草种植区气象灾害危险性分布随气候变化的改变表现在：鄂西南地区干旱情况有所加重、连阴雨和暴雨危险性减轻。鄂西植烟区干旱总体趋势是略有减轻，与赵海燕等[21]提出的“1951—2018 年湖北干旱受灾面积存在减小趋势”的结论相吻合。低温冷害和高温热害的危险性则呈现出区域性减轻和大范围加重的规律。

对于局地性强、影响严重的冰雹和大风灾害来说，后 30 a 风雹灾害均有所减轻，空间分布与前 30 a 基本一致。但目前的分析仅利用国家站的观测数据，对于风雹类小尺度天气现象代表性不足，后期将考虑利用多普勒雷达资料、风云四号卫星资料和 CLDAS 等高分辨率再分析资料等开展精细化研究。

从县域分布来看，后 30 a 恩施州大部地区气象灾害综合危险性等级有所减轻，但除巴东北部、建始北部局地外，大部地区危险性等级仍在“中等”及以上，以鹤峰最为严重，水分条件逐渐成为影响当地烟叶生产的主要因子之一。恩施州烟叶种植相对密集，需防范由于气候变化导致的季节性旱情和极端

暴雨的影响。鄂西其他地区气象灾害综合危险性相对较小，可适当增加烟叶种植面积。五峰、兴山需重点防范冰雹、大风等强对流天气带来的危害。

本研究参考农业气象灾害指标和烟草生长的极端条件所选取的灾害危险性指标具有一定的科学性，后期仍需深入探讨各指标的地区适用性及其对烟叶生产的综合影响，最大限度地避免或减少气象灾害损失。

参考文献 References

[1] 闫新甫，孔劲松，罗安娜，等. 近20年全国烤烟产区种植规模消长变化分析[J]. 中国烟草科学，2021，42(4)：92-101. YAN X F，KONG J S，LUO A N，et al. Changes in planting scale of flue-cured tobacco production regions in China in recent 20 years[J]. Chinese tobacco science，2021，42(4)：92-101 (in Chinese with English abstract).

[2] 李仁山，邓小华，陈冬林，等. 湖南主产烟区烤烟气象灾害及应对措施[J]. 作物研究，2007，21(2)：111-113. LI R S，DENG X H，CHEN D L，et al. Meteorological disasters of flue-cured tobacco in main tobacco-producing areas of Hunan and countermeasures[J]. Crop research，2007，21(2)：111-113 (in Chinese with English abstract).

[3] 蒋欣芸，吴锦慧，李华伟，等. 红河州烤烟气象灾害风险区划[J]. 农村实用技术，2021(5)：133-134. JIANG X Y，WU J H，LI H W，et al. Meteorological disaster risk zoning of flue-cured tobacco in Honghe Autonomous Prefecture[J]. Nongcun shiyong jishu，2021(5)：133-134 (in Chinese).

[4] 张菡，刘晓璐，房鹏. 四川烤烟主产区冰雹灾害风险评估[J]. 气象科技，2016，44(3)：468-473. ZHANG H，LIU X L，FANG P. Risk assessment of hail disasters in main tobacco growing areas of Sichuan Province[J]. Meteorological science and technology，2016，44(3)：468-473 (in Chinese with English abstract).

[5] 陈家金，黄川容，孙朝锋，等. 基于GIS的福建省烤烟气象灾害综合风险区划[J]. 中国农业气象，2016，37(6)：711-719. CHEN J J，HUANG C R，SUN C F，et al. Comprehensive risk division of meteorological disasters for tobacco based on GIS in Fujian Province[J]. Chinese journal of agrometeorology，2016，37(6)：711-719 (in Chinese with English abstract).

[6] 张艳，柯莉萍，杨承梅，等. 威宁县清香型烤烟种植的气候条件及影响其品质的主要气象灾害分析[J]. 气象水文海洋仪器，2021，38(2)：41-44. ZHANG Y，KE L P，YANG C M，et al. Climatic conditions of fen-flavor flue-cured tobacco cultivation in Weining and analysis of main meteorological disasters affecting its quality [J]. Meteorological，hydrological and marine instruments，2021，38(2)：41-44 (in Chinese with English abstract).

[7] 孟丹，陈正洪，李建平，等. 基于GIS的湖北西部烟草种植气象灾害危险性分析[J]. 中国农业气象，2015，36(5)：625-630. MENG D，CHEN Z H，LI J P，et al. Analysis on meteorological disasters risk of tobacco planting based on GIS in western Hubei Province[J]. Chinese journal of agrometeorology，2015，36(5)：625-630 (in Chinese with English abstract).

[8] 赵宗慈，罗勇，黄建斌. 全球增暖1.5 ℃的再思考——写在SR15发表之后[J]. 气候变化研究进展，2019，15(2)：212-216. ZHAO Z C，LUO Y，HUANG J B. Thinking again on global warming of 1.5 ℃ after the IPCC published SR15[J]. Climate change research，2019，15(2)：212-216 (in Chinese with English abstract).

[9] 翟盘茂，刘静. 气候变暖背景下的极端天气气候事件与防灾减灾[J]. 中国工程科学，2012，14(9)：55-63，84. ZHAI P M，LIU J. Extreme weather/climate events and disaster prevention and mitigation under global warming background[J]. Engineering sciences，2012，14(9)：55-63，84 (in Chinese with English abstract).

[10] 万能涵，杨晓光，刘志娟，等. 气候变化背景下中国主要作物农业气象灾害时空分布特征(Ⅲ)：华北地区夏玉米干旱[J]. 中国农业气象，2018，39(4)：209-219. WAN N H，YANG X G，LIU Z J，et al. Temporal and spatial variations of agro-meteorological disasters of main crops in China in a changing climate (Ⅲ)：drought of summer maize in North China plain[J]. Chinese journal of agrometeorology，2018，39(4)：209-219 (in Chinese with English abstract).

[11] 韩兰英，张强，杨阳，等. 气候变化背景下甘肃省主要气象灾害综合损失特征[J]. 干旱区资源与环境，2019，33(7)：107-114. HAN L Y，ZHANG Q，YANG Y，et al. Change characteristics of meteorological disaster losses under climatic change in Gansu Province [J]. Journal of arid land resources and environment，2019，33(7)：107-114 (in Chinese with English abstract).

[12] 黄国勤. 中国南方稻田耕作制度发展的成就、问题及战略对策[J]. 华中农业大学学报，2022，41(1)：1-20. HUANG G Q. Achievements，problems and strategic countermeasures of development of paddy field farming systems in Southern China[J]. Journal of Huazhong Agricultural University，2022，41(1)：1-20 (in Chinese with English abstract).

[13] 许自成，黎妍妍，毕庆文，等. 湖北烟区烤烟气候适生性评价及与国外烟区的相似性分析[J]. 生态学报，2008，28(8)：3832-3838. XU Z C，LI Y Y，BI Q W，et al. Evaluation on climatic feasibility of tobacco-growing areas in Hubei and its similarity to that of foreign tobacco-growing areas[J]. Acta ecologica sinica，2008，28(8)：3832-3838 (in Chinese with English abstract).

[14] 张国，朱列书，王奎武，等. 主要气象因子对烟草生长发育影响研究进展[J]. 作物研究，2006，20(5)：486-489. ZHANG G，ZHU L S，WANG K W，et al. Research progress on the influence of main meteorological factors on tobacco growth and development[J]. Crop research，2006，20(5)：486-489 (in Chinese with English abstract).

[15] 杨志清. 云南省烤烟种植生态适宜性气候因素分析[J]. 烟草科技，1998，31(6)：40-42. YANG Z Q. Analysis on climatic factors of ecological suitability of flue-cured tobacco planting in Yunnan Province[J]. Tobacco science & technology，1998，31(6)：40-42. (in Chinese with English abstract).

[16] 李玲燕，徐宜民，王树声. 气候因子对烤烟香气物质的影响研究进展[J]. 中国烟草科学，2015，36(1)：107-113. LI L Y，XU Y

M, WANG S S. Advance in effects of climatic factors on aroma components of flue-cured tobacco[J]. Chinese tobacco science, 2015, 36(1): 107-113 (in Chinese with English abstract).

[17] 李祎君，吕厚荃. 气候变化背景下农业气象灾害对东北地区春玉米产量影响[J]. 作物学报，2022，48(6)：1537-1545. LI Y J, LÜ H Q. Effect of agricultural meteorological disasters on the production corn in the Northeast China[J]. Acta agronomica sinica, 2022, 48(6): 1537-1545 (in Chinese with English abstract).

[18] 汤晋，李文，陈洋庚，等. 气候变化影响了江西省主要农作物产量吗？——基于江西省30年省级数据的实证[J]. 东北农业科学，2021，46(6)：103-108. TANG J, LI W, CHEN Y G, et al. Does climate change affect the production of major crops in Jiangxi Province? an empirical study on 30 years of provincial data in Jiangxi Province[J]. Journal of northeast agricultural sciences, 2021, 46(6): 103-108 (in Chinese with English abstract).

[19] 郭文慧，顾润源，丁锋. 蒲公英和车前草在山东境内的春季物候特征及对气候变化的响应[J]. 草业学报，2021，30(12)：27-38. GUO W H, GU R Y, DING F. Spring phenological characteristics of dandelion and plantain in Shandong Province and their responses to climate change[J]. Acta prataculturae sinica, 2021, 30(12): 27-38 (in Chinese with English abstract).

[20] 姜灵峰，崔新强. 近20 a我国农业气象灾害变化趋势及其原因分析[J]. 暴雨灾害，2016，35(2)：102-108. JIANG L F, CUI X Q. Analysis on variation tendency and cause of China's agrometeorological hazards in the latest 20 years[J]. Torrential rain and disasters, 2016, 35(2): 102-108 (in Chinese with English abstract).

[21] 赵海燕，张文千，邹旭恺，等. 气候变化背景下中国农业干旱时空变化特征分析[J]. 中国农业气象，2021，42(1)：69-79. ZHAO H Y, ZHANG W Q, ZOU X K, et al. Temporal and spatial characteristics of drought in China under climate change[J]. Chinese journal of agrometeorology, 2021, 42(1): 69-79 (in Chinese with English abstract).

Temporal and spatial changes of meteorological disasters in tobacco growing areas in western Hubei Province

CHEN Yingying, WANG Yaxin, CHEN Zhenghong, MENG Dan, JIA Wenqian, ZENG Qi

Hubei Provincial Meteorological Service Center, Wuhan 430205, *China*

Abstract　The observation data of 18 national meteorological stations in western Hubei Province were used to conduct risk index analysis of tobacco high impact meteorological disasters in recent 60 years based on the established risk index system of damages caused by drought, chilling, steady rain, rainstorm, high temperature and high heat, and make comparison between the previous and the last 30 years to identify the effects of climate changes on tobacco meteorological disaster risk in western Hubei. The results showed that the risk of drought, steady rain and rainstorm in tobacco growing areas in western Hubei Province reduced overall in the past 30 years in term of time dimension. But the risk of drought in southwestern Hubei Province increased, indicating that water condition had gradually become one of the main factors affecting local tobacco production. Under the background of climate warming, the risk of chilling and high temperature and heat damage had shown a trend of partial mitigation and general aggravation. Regionally, Zaoyang, Nanzhang and other places were continuously affected by drought. The chilling damage was concentrated in high altitude areas, while high temperature and heat damage was distributed in river valleys. Wufeng and Xingshan were relatively high incidence centers of hail and gale, so it was necessary to prevent the damage brought by severe convective weather. It could be seen that the main meteorological disasters and climate changes affecting tobacco production in western Hubei Province were different due to different geographical locations. From the distribution of comprehensive meteorological disaster risk, except the northeastern Badong and the northern part of Jianshi, the comprehensive risk level of meteorological disasters in most areas of Enshi in last 30 years was still "medium" or above, with Hefeng being the most serious.

Keywords　western Hubei; tobacco; meteorological disasters; climate change; space distribution; disaster prevention and mitigation

（责任编辑：陆文昌）