

李煜姗,王嘉琦,岳旭,等,2020.黎川县烤烟种植强降水灾害风险评估与区划[J].气象与减灾研究,43(2):137-143.

Li Yushan, Wang Jiaqi, Yue Xu, et al, 2020. Risk assessment and zoning of heavy precipitation for flue-cured tobacco planting in Lichuan county[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 43(2):137-143.

黎川县烤烟种植强降水灾害风险评估与区划

李煜姗,王嘉琦,岳旭,段艺萍

江西省气象服务中心,江西 南昌 330096

摘要: 强降水严重影响烤烟生长和品质形成,对烤烟种植区进行强降水灾害风险区划将有利于烤烟种植的防灾减灾。利用 2006—2018 年 5—6 月降水量、2010—2018 年烤烟产量和地形资料,采用层次分析法和灾害风险指数法,对江西省黎川县烤烟种植强降水灾害风险进行评估和区划。以单日降水强度、5 日累计降水强度和海拔、坡度、河网密度为危险性因子,以烤烟产量为暴露性因子,以烤烟减产率为脆弱性因子,构建烤烟种植强降水灾害风险评价指标和模型。利用模型对县域各乡镇进行风险评估,并按低风险、中风险、高风险四个等级进行风险区划。结果表明,宏村镇烤烟种植强降水灾害风险等级最高,龙安镇、社莘乡以及县域东北部的厚村乡、洵口镇、湖坊乡、熊村镇为中等风险区,县域其他地区为低风险区或轻风险区。

关键词: 灾害风险,烤烟,强降水,评估,区划

中图分类号: P49;S422

文献标识码: A

文章编号: 1007-9033(2020)02-0137-07

doi: 10.12013/qxyjzjy2020-018

Risk Assessment and Zoning of Heavy Precipitation for Flue-Cured Tobacco Planting in Lichuan County

Li Yushan, Wang Jiaqi, Yue Xu, Duan Yiping

Jiangxi Provincial Meteorological Service Center, Nanchang 330096, China

Abstract: Heavy precipitation seriously influences the growth and quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), thus, the risk zoning of heavy precipitation in tobacco planting areas is beneficial to prevent and reduce risks induced by heavy precipitation. Based on the data of daily precipitation intensity from May to June during 2006–2018, tobacco yields and terrain data during 2010–2018, the risks of heavy precipitation on tobacco planting were evaluated and regionalized in Lichuan county of Jiangxi province, using the Analytic Hierarchy Process and Disaster Risk Index methods. The 1-day and 5-day accumulative precipitation intensities, altitude, slope, river density, tobacco yield, and reduction rate of yield were used to construct the risk assessment index and model. Then, the risk of each town was assessed using this model, and the risks were regionalized as slight, low, moderate, and high level risks. Results showed that tobacco planting in Hongcun town presented the highest-level risk of heavy precipitation, Long'an town, Sheping town, and the northeast region (Houcun, Xunkou, Hufang, and Xiongkun towns) of Lichuan county exhibited the moderate-level risk, most regions of Lichuan county had the low or slight-level risk.

Key words: disaster risk; flue-cured tobacco; heavy precipitation; assessment; regionalization

0 引言

气象灾害是我国农业生产中面临的主要问题,

严重制约农业可持续发展,开展农业气象灾害风险评估和区划有利于提升区域应对气象灾害的能力,降低经济损失。烤烟是一种耐旱怕涝的经济作物,

收稿日期: 2020-03-10; 修订日期: 2020-04-19.

基金项目: 2020 年江西省烟草专卖局科技项目“江西省烟区气候特征及适宜性区划研究”;2014 年江西省气象服务中心自筹经费项目“连续强降水对江西烟叶的影响分析”。

作者简介: 李煜姗,硕士,助理工程师,主要从事气象灾害及气象服务研究, E-mail:liyushan529@163.com.

在我国种植广泛。土壤水分状况是烤烟生长和品质形成的重要环境因子(Kawase et al,2013),烤烟需水规律为“前期少、中期多、后期少”,合理的田间水分管理有利于优质烤烟的形成(彭新辉等,2009)。在育苗期,利用薄膜技术可较好地控制烤烟幼苗生长所需水分。但在大田期,田间水分状况主要受降水尤其是强降水的影响。烤烟的生育期为3月下旬至7月中旬,其中大田期适宜的月平均降水量为100—130 mm(刘吉勤,2018)。5月中旬至7月上旬是烤烟成熟期,同时也是我国南方地区的主汛期,强降水天气极易发生。强降水一方面会导致江河洪水泛滥、烟田毁坏、烤烟倒伏;另一方面导致土壤出现渍害,从而影响烤烟根系生长及养分吸收(Nurhidayati et al,2017)。强降水过后的高温高湿天气,会加重烤烟病虫害的发生(刘洋等,2012)。与此同时,降水过多还会导致烤烟内在品质和感官呼吸质量下降(周翔等,2009;范海晶等,2017)。因此,有必要对烤烟种植区域进行强降水灾害风险评估和区划,以提升应对灾害的能力。

目前有关烤烟种植强降水灾害风险区划的研究较少,且现有的研究中选取的灾害风险指标多聚焦于降水量、气温等气象因子(陆魁东等,2008;严志雁等,2019)。综合来看,气象因子对烤烟强降水灾害风险有重要影响,但烤烟强降水灾害风险同时也受其他因子的制约,如地形和河流分布。地形因子主要包括烤烟种植区的海拔、坡度和坡向,这不仅会直接影响区域小气候,也会对烤烟生长、产量以及品质产生重要影响(李洪勋,2007)。研究显示,种植区海拔与烤烟烟碱和总氮含量为负相关关系(冯吉等,2009)。种植在排水良好的丘陵地区的烤烟外观特征和烟气品质均高于平地及洼地(曹景林等,2000)。而河流分布则会影响到区域对雨水的消纳能力,进而对烟田洪涝灾害产生影响。因此,在烤烟种植强降水灾害风险区划过程中考虑地形、河流分布以及烤烟产量等因子有利于提高区划结果的准确性。

黎川县是江西省重要的烤烟种植区,全县14个乡镇均有烤烟种植,面积超过1 300 hm²,产值近亿元。但黎川县是我国典型的烤烟种植多雨区,强降水灾害较为严重。因此,有必要对黎川县各乡镇开展烤烟种植强降水灾害风险评估和区划。文中利用5—6月逐日降水量、烤烟产量和地形资料,采用层次分析法和灾害风险指数法,对江西省黎川县烤烟种植强降水灾害风险进行评估和区划,以期对烤烟种植的强降水灾害防御提供参考。

1 资料和方法

1.1 研究区概况

黎川县地处赣闽边界,位于抚州地区东南部(116°42′—117°10′E,26°59′—27°35′N),属中亚热带湿润性季风气候,年平均气温17.9℃,年平均降水量1 800 mm,雨季集中在5—6月。黎川县辖14个乡镇,自然条件优越,土壤类型以紫砂土为主,适宜种植烤烟。

1.2 资料来源

降水数据来源于江西省气象信息中心提供的黎川县25个气象站2006—2018年5—6月逐日降水量观测资料;地形数据来源于江西省国土部门提供的1:25万数字高程模型(DEM)资料,空间分辨率为100 m×100 m;烤烟产量数据来源于江西省黎川县烟草公司提供的2010—2018年14个乡镇烤烟种植面积、产量资料。

1.3 资料处理

强降水灾害风险评估是对研究区域内强降水灾害发生的危险程度、承载体的暴露性和脆弱性以及防灾减灾能力的综合评价。由于黎川县烤烟种植以传统的家庭独立种植为主,灾害来临时难以形成有效的应对措施,防灾减灾能力弱,基本可以忽略。因此,强降水灾害发生风险值(R)的计算式:

$$R = D \cdot E \cdot V \quad (1)$$

式中, D 为致灾因子危险性; E 为承灾体暴露性; V 为承灾体脆弱性。

1.3.1 指标选取

参考谈丰等(2014)对暴雨灾害危险性指标的选取,将单日降水强度、5日累计降水强度作为直接危险性指标,同时加入地形因子,将坡度、高程、河网密度作为强降水灾害间接危险性指标。坡度、高程、河网信息均由Arcgis基于DEM数据提取(黄娟等,2008)。单日降水强度和5日累计降水强度计算公式:单日降水强度=日降水量大于50 mm频次×1+日降水量大于80 mm频次×2+日降水量大于100 mm频次×3;5日累计降水强度=5日累计降水量大于100 mm频次×1+5日累计降水量大于150 mm频次×2+5日累计降水量大于200 mm频次×3。载体暴露性指标为各乡镇2010—2018年烤烟平均单产。载体脆弱性指标则选取了重灾年份2016年相对于2015年的各乡镇烤烟减产率。

1.3.2 参数标准化

文中采用[0,1]均匀分布的标准化方式对各风

险评价指标进行无量纲处理,以消除量纲不同而带来的影响,提高计算精度。

1.3.3 风险评价模型构建

根据各因子的重要程度,利用 yaahp 软件进行层次分析,得到因子权重。利用各评价指标及其权重系数计算得到风险指数值。参考王晓云等(2001)提出的根据各级风险出现的频率来确定划分标准,文中使用的划分标准:将各乡镇风险指数从小到大排列,0—15%为低风险,15%—45%为低中风险,45%—90%为中风险,90%—100%为高风险。利用 Arcgis 工具将风险指数在空间上进行表达,得到黎川县烤烟种植强降水灾害风险等级空间分布图。

2 结果与分析

2.1 强降水发生频率和强度

表 1 给出了黎川县各乡镇 5—6 月单日强降水灾害年平均发生数量和强度。分析发现,黎川县各乡镇单日降水量大于 50 mm 强降水的平均发生数量为 3.39 次,其中洵口镇最多,湖坊乡次之,德胜镇最少,远低于平均值。单日降水量大于 80 mm 强降水的发生数量,洵口镇仍最多,远大于平均值;日峰镇和德胜镇较少。单日降水量大于 100 mm 强降水的发生数量,洵口镇仍最多,为平均值的 2.2 倍;熊村镇最少,仅为均值的一半左右。单日降水强度,洵口镇仍是最大,高于平均值 60.2%;德胜镇最小,比

表 1 黎川县各乡镇 5—6 月单日强降水灾害年平均发生数量和强度

Table 1 Frequency and intensity of daily heavy rainfall during May and June in each village and town of Lichuan county

区域	发生数量/次			降水强度/次
	降水量 >50 mm	降水量 >80 mm	降水量 >100 mm	
日峰镇	3.30	0.80	0.50	6.40
宏村镇	3.25	1.08	0.58	7.17
洵口镇	4.10	1.90	1.20	11.50
熊村镇	3.45	1.00	0.27	6.27
龙安镇	3.18	1.45	0.82	8.55
德胜镇	2.85	0.85	0.31	5.46
潭溪乡	2.89	1.11	0.58	6.84
湖坊乡	4.09	1.18	0.45	7.82
荷源乡	3.80	1.10	0.63	7.89
厚村乡	3.92	1.23	0.69	8.46
社莘乡	3.70	0.90	0.40	6.70
樟溪乡	2.70	0.90	0.50	6.00
西城乡	3.09	0.55	0.36	5.27
中田乡	3.09	1.00	0.36	6.18
平均值	3.39	1.08	0.55	7.18

平均值低 24.0%。综合看来,黎川县各乡镇 5—6 月单日强降水发生数量和强度表现出明显的空间差异特征,其中,洵口镇的单日强降水灾害发生最严重,德胜镇最轻。

表 2 给出了黎川县各乡镇 5—6 月 5 d 累计强降水的年平均发生数量和强度。分析发现,各乡镇 5 d 累计降水量大于 100 mm 强降水的平均发生数量为 8.11 次,其中,洵口镇最多,日峰镇最少,远小于平均值。5 d 累计降水量大于 150 mm 强降水的发生数量,洵口镇仍较多,远大于平均值;日峰镇较少。5 d 累计降水量大于 200 mm 强降水的发生数量,洵口镇仍最多,为平均值的 1.6 倍;熊村镇最少,仅为平均值的一半左右。5 d 累计降水强度,洵口镇仍最大,比平均值高出 36.4%;日峰镇最小,比平均值低 25.0%。综合看来,黎川县各乡镇 5—6 月 5 d 累计强降水发生数量和强度也表现出明显的空间差异特征,其中,洵口镇的 5 d 累计强降水灾害发生最严重,日峰镇最轻。

2.2 地形因子

强降水发生后,地形地貌和江河分布成为影响灾害发生的重要因素。高程反映了地形起伏变化,由于地表径流为高地势流向低地势,因此认为平均高程越小,强降水灾害风险越大(翁莉等,2015)。坡度表示地表的倾斜程度,通过径流对地表的冲刷而产生风险,一般认为坡度为 20°—50°较易发生滑坡,

表 2 黎川县各乡镇 5—6 月 5 d 累计强降水年平均发生数量和强度

Table 2 Frequency and intensity of 5-day accumulated heavy rainfall during May and June in each village and town of Lichuan county

区域	发生数量/次			降水强度/次
	降水量 >50 mm	降水量 >80 mm	降水量 >100 mm	
日峰镇	5.90	2.60	1.80	16.5
宏村镇	7.83	3.58	2.00	21.0
洵口镇	9.90	5.10	3.30	30.0
熊村镇	8.64	3.64	1.09	19.2
龙安镇	7.73	4.09	2.64	23.8
德胜镇	6.92	3.00	1.54	17.5
潭溪乡	9.32	4.21	2.32	24.7
湖坊乡	9.55	4.82	1.91	24.9
荷源乡	8.40	4.57	2.70	25.6
厚村乡	9.23	4.15	2.38	24.7
社莘乡	8.30	4.00	2.60	24.1
樟溪乡	7.40	3.30	1.60	18.8
西城乡	7.27	2.82	1.45	17.3
中田乡	7.09	3.55	1.82	19.6
平均值	8.11	3.82	2.08	22.0

且以坡度 25.3°—44.6° 发生概率最高(郭果等, 2013)。河网密度为各乡镇辖区内主要径流长度与辖区面积的比值,比值越大河网密度越大。连续强降雨引发的山洪会使河水上涨外溢,淹没周围农田,因此认为河网密度越大,强降雨灾害风险越大(王莹等,2019)。图 1 给出了黎川县各乡镇的坡度、高程和河网密度,分析发现三者的差异程度从大到小依次为高程、坡度、河网密度。高程图(图 2)显示黎川县地势总体表现为南高北低,由东北部、东部和南部渐次向地势平缓的中部和西北部倾斜。县域东北部和东南部为低山区,高程为 500—1 000 m。低丘陵主要分布在中部腹地至西北部洪门水库一带,山区向低丘陵延伸的过渡地带则为中高丘陵区。从各乡镇平均高程来看,德胜镇平均高程最高(551 m),厚村乡次之(496 m),日峰镇最低(130 m)。黎川县各乡镇平均坡度为 10°—25°,与高程相似,县域东北部和东南部坡度较大。其中,厚村乡和德胜镇平均坡度较大,为 20°左右;日峰镇坡度最小,仅为 10°。黎川县县境内河流较多、水系发达,各乡镇间河网密度差

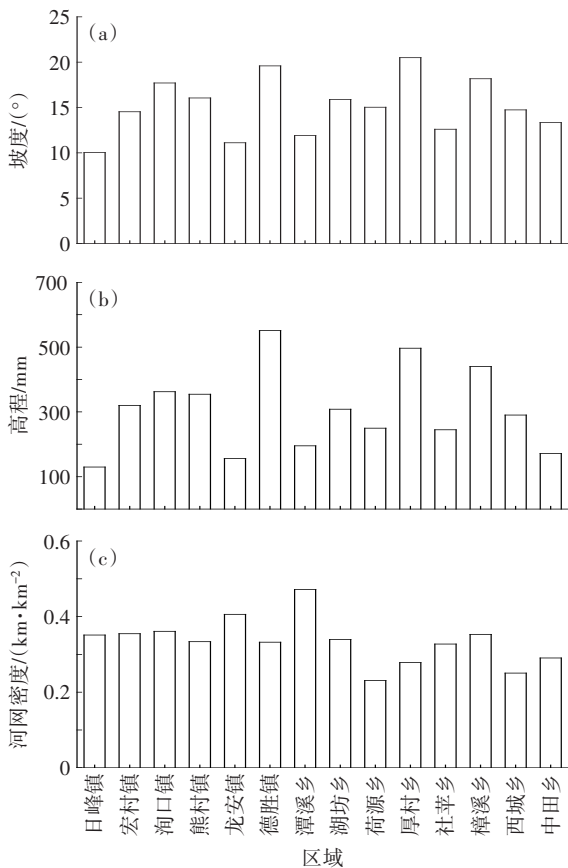


图 1 黎川县各乡镇的平均坡度(a)、高程(b)和河网密度(c)
Fig. 1 Slope (a), elevation (b) and river network density (c) of each village and town in Lichuan county

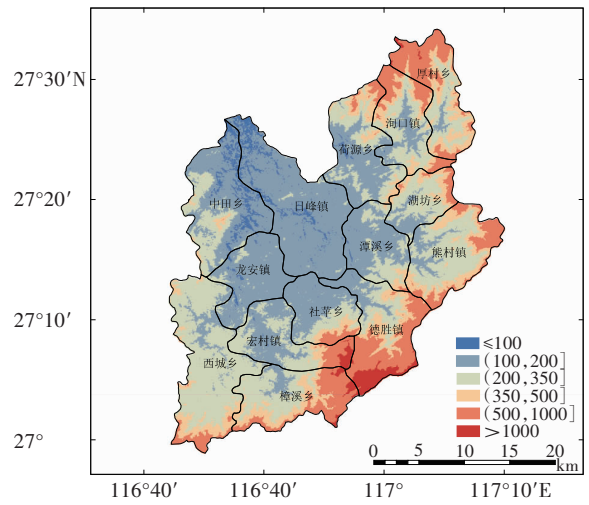


图 2 黎川县高程图(单位:m)
Fig. 2 Elevation map of Lichuan (unit:m)

异较小(标准偏差 0.08),平均河网密度为 0.33 km/km²。河网密度最大的为潭溪乡,达 0.47 km/km²;荷源乡最小,为 0.23 km/km²。

2.3 产量因子

分析 2010—2018 年黎川县烤烟平均单产(图 3a)发现,平均值为 1.91 t/hm²,最高的是樟溪乡(2.04 t/hm²),最低的是宏村镇(1.83 t/hm²),各乡镇间差异较小,标准偏差仅为 0.06。分析 2016 年

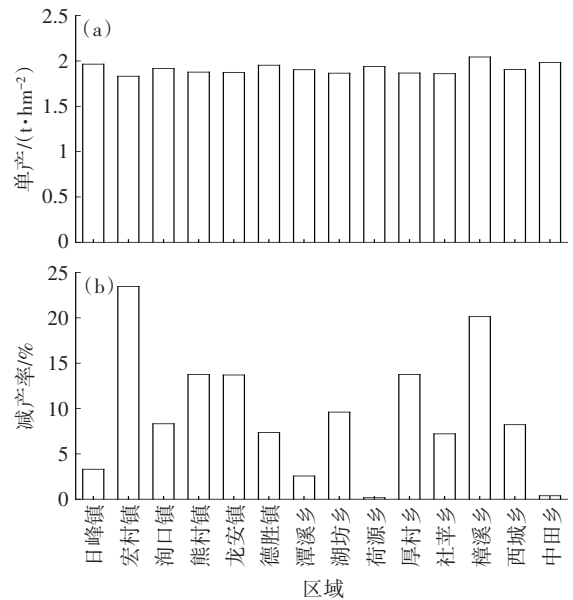


图 3 黎川县各乡镇烤烟 2010—2018 年平均单产(a)和 2016 年相对于 2015 年的减产率(b)
Fig. 3 The Average yield of flue-cured tobacco during 2006 - 2018 (a) and the reduction rate of 2016 compared to 2015 (b) in each village and town of Lichuan county

相对于2015年黎川县烤烟减产率(图3b)发现,全县平均为9.42%,各乡镇烤烟都存在不同程度的减产。其中南部的宏村镇及樟溪乡减产率最高,分别达23.5%和20.1%;中部及西北部的荷源乡、中田乡、潭溪乡、日峰镇减产率较低,仅为0.2%—

3.3%;其他乡镇减产率介于二者之间,为7.2%—13.4%。

2.4 风险评价模型的建立和风险区划

对具有不同物理意义且数值差异较大的各风险评价指标进行归一化处理(表3)。

表3 黎川县各乡镇烤烟种植强降水灾害风险评价指标标准化值

Table 3 Standardized value of risk evaluation indexes in each village and town for flue-cured tobacco planting in Lichuan county

区域	平均单产	减产率	坡度	高程	单日降水强度	5日累计降水强度	河网密度
日峰镇	0.37	0.14	0.00	1.00	0.18	0.00	0.20
宏村镇	1.00	1.00	0.43	0.55	0.30	0.33	0.50
洵口镇	0.59	0.35	0.73	0.45	1.00	1.00	0.55
熊村镇	0.79	0.58	0.58	0.47	0.16	0.20	0.52
龙安镇	0.80	0.58	0.10	0.94	0.53	0.54	0.43
德胜镇	0.43	0.31	0.91	0.00	0.03	0.08	0.73
潭溪乡	0.66	0.10	0.18	0.85	0.25	0.61	0.09
湖坊乡	0.84	0.41	0.56	0.58	0.41	0.62	0.51
荷源乡	0.49	0.00	0.48	0.72	0.42	0.68	0.25
厚村乡	0.83	0.58	1.00	0.13	0.51	0.61	0.43
社莘乡	0.87	0.30	0.25	0.73	0.23	0.56	0.46
樟溪乡	0.00	0.86	0.78	0.26	0.12	0.17	1.01
西城乡	0.65	0.35	0.45	0.62	0.00	0.06	0.41
中田乡	0.29	0.01	0.31	0.90	0.15	0.23	0.00

表4给出了烤烟种植强降水灾害风险评价指标权重系数。分析发现,所有指标中降水因子的影响最大,具体为5日累计降水强度因子权重最大,单日降水强度的影响次之,河网密度的权重为第三位,地形因子(坡度、高程)所占权重最小。

表4 烤烟种植强降水灾害风险评价指标权重系数

Table 4 Weight coefficient of each risk evaluation index for flue-cured tobacco planting

序号	强降水评价指标	权重系数
1	坡度	0.07
2	高程	0.05
3	河网密度	0.12
4	单日降水强度	0.26
5	5日累计降水强度	0.51
6	烤烟产量	1.00
7	烤烟减产率	1.00

利用风险评价模型计算得到各乡镇烤烟种植强降水灾害的风险指数(表5)。结果表明,宏村镇的烤烟强降水灾害风险指数值最高,为2.37;中田乡、日峰镇、德胜镇的烤烟强降水灾害风险指数值较低,均小于1.0。根据表5所列的风险指数,并制定了烤烟种植强降水灾害的潜在风险等级划分基准(表6),并利用Arcgis工具对结果进行可视化(图4)。由图4可以看出,黎川县大部分区域烤烟种植强降

水灾害风险较低,其中中田乡、日峰镇和德胜镇为低风险区,是黎川县烤烟种植强降水灾害风险较低的地区。宏村镇烤烟强降水灾害风险等级最高,达高风险级别。县域东北部的厚村乡、洵口镇、湖坊乡、熊村镇、龙安镇和社莘乡为中等风险级别。根据黎川县烟草公司提供的2010年6月18日暴雨洪涝灾害对成熟采烤期烤烟的影响数据(各乡镇绝收、严重和中轻度受灾烟田的面积)综合来看,日峰镇、中田乡、樟溪乡、西城乡、洵口镇、荷源乡受灾程度相对较低,而宏村镇、龙安镇、潭溪乡、社莘乡、熊村镇、湖坊乡、德胜镇、厚村乡受灾程度相对较高,其中有11个乡镇的受灾程度符合本研究的风险区划等级,风险区划准确率约为78.6%。

表5 黎川县各乡镇烤烟种植强降水灾害风险指数

Table 5 Risk index of heavy rainfall for flue-cured tobacco planting in each village and town of Lichuan county

区域	风险指数 R	区域	风险指数 R
日峰镇	0.63	湖坊乡	1.80
宏村镇	2.37	荷源乡	1.05
洵口镇	1.85	厚村乡	1.99
熊村镇	1.64	社莘乡	1.63
龙安镇	1.90	樟溪乡	1.16
德胜镇	0.94	西城乡	1.14
潭溪乡	1.21	中田乡	0.52

表6 烤烟种植强降水灾害风险等级划分标准
Table 6 Risk classification standard of heavy rainfall for flue-cured tobacco planting in Lichuan county

序号	风险指数 R 区间	风险等级
1	$R \leq 1.0$	低风险
2	$1.0 > R \leq 1.5$	中风险
3	$1.5 > R \leq 2.0$	高风险
4	$R > 2.0$	极高风险

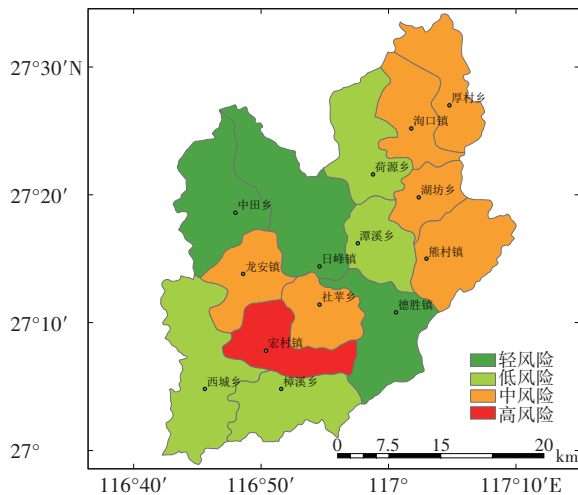


图4 黎川县烤烟种植强降水灾害风险区划
Fig. 4 Disaster risk zoning of flue-cured tobacco planting in Lichuan county

3 小结与讨论

文中构建了灾害风险评估模型,对黎川县烤烟种植强降水灾害风险进行了精细化区划,将其分为四个不同等级的风险区,与王彦亭等(2010)研究结果较为一致,可用于评估黎川县各乡镇烤烟种植的适宜性。根据灾害风险区划结果,在低风险和低风险区域,可充分发挥气候和地理优势,大力发展烤烟种植产业,但仍需注意防范连续性强降水灾害。对于中风险区域,需选择地势较高的田地种植烤烟,并加强排水设施建设;根据天气预报,在强降水来临前及时采取适当的农业技术措施(如开沟排水等),减轻连续强降水灾害带来的风险。对于高风险区域,建议调整种植结构,改种其他耐水性经济作物。

还验证了风险评估模型的预报精度,与实际调查结果相比,风险区划准确率约为78.6%。准确率可能与调查样本数量以及各地烤烟种植面积差异有关,加强强降水灾害的实地调查有望提高风险评估模型预报精度。

本研究中烟叶强降水灾害风险评估模型只考虑了降水强度、地形、河网密度等因子,未考虑土壤的

机械组成、保水能力等因子的影响,日后还需要对其进行深入研究。

参考文献(References)

- 曹景林,林国平,周应兵,等,2000. 皖南不同地貌和不同类型土壤香料烟质量特征分析[J]. 中国烟草科学,21(3):25-28. Cao J L, Lin G P, Zhou Y B, et al, 2000. Quality characteristics of oriental tobacco in different landforms and different types of soil in southern Anhui province[J]. Chin Tob Sci, 21(3):25-28. (in Chinese)
- 范海晶,崔莲,李旭,等,2017. 延边地区大田期降水分布特征及对烤烟产质的影响[J]. 吉林农业,24(2):93-94. Fan H J, Cui L, Li X, et al, 2017. Distribution characteristics of precipitation in field period and its influence on yield and quality of flue-cured tobacco in Yanbian area[J]. Jilin Agri, 24(2):93-94. (in Chinese)
- 冯吉,孙光伟,刘丹,等,2009. 不同海拔、打顶时期及留叶数对烤烟数量及品质的影响[J]. 山西农业科学,47(11):1937-1940,1946. Feng J, Sun G W, Liu D, et al, 2009. Effects of different altitude, topping period and remained leaf number on yield and quality of flue-cured tobacco[J]. Shanxi Agri Sci, 47(11):1937-1940,1946. (in Chinese)
- 郭果,陈筠,李明惠,等,2013. 土质滑坡发育概率与坡度间关系研究[J]. 工程地质学报,21(4):607-612. Guo G, Chen Y, Li M H, et al, 2013. Statistic relationship between slope gradient and landslide probability in soil slopes around reservoir[J]. J Eng Geol, 21(4):607-612. (in Chinese)
- 黄娟,申双和,殷剑敏,2008. 基于DEM的江西潦河流域河网信息提取方法[J]. 气象与减灾研究,31(1):49-53. Huang J, Shen S H, Yin J M, 2008. Drainage network extraction in Liaohe based on DEM[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 31(1):49-53. (in Chinese)
- Kawase M, Hanba Y T, Katsuhara M, 2013. The photosynthetic response of tobacco plants overexpressing ice plant aquaporin McMIPB to a soil water deficit and high vapor pressure deficit[J]. J Plant Res, (126):517-527.
- 李洪勋,2007. 贵州地貌与烤烟生产[J]. 中国农学通报,23(7):525-528. Li H X, 2007. Landscapes and tobacco production in Guizhou[J]. Chin Agric Bull, 23(7):525-528. (in Chinese)
- 刘吉勤,2018. 吉县烤烟生长的气候条件分析[J]. 农业与技术,38(2):233. Liu J Q, 2018. Analysis on the climate conditions of flue-cured tobacco growth in Ji county[J]. Agri Technol, 38(2):233. (in Chinese)
- 刘洋,陈庆园,姜于兰,等,2012. 兴义市降雨量变化对烟草生长及病害发生的影响[J]. 贵州农业科学,40(6):93-95. Liu Y, Chen Q Y, Jiang Y L, et al, 2012. Influence of the change of rainfall on tobacco growth and disease occurrence in Xingyi city[J]. Guizhou Agri Sci, 40(6):93-95. (in Chinese)
- 陆魁东,黄晚华,肖汉乾,等,2008. 气候因子小网格化技术在湖南烟草种植区划中的应用[J]. 生态学杂志,27(2):290-294. Lu K D, Huang W H, Xiao H Q, et al, 2008. Application of climate factors gridding technology in tobacco planting regionalization in Hunan

- province[J]. *Chin J Ecol*, 27(2):290-294. (in Chinese)
- Nurhidayati T, Chanifah H, Purnobasuki H, et al, 2017. Growth responses of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) varieties to water logging stress[J]. *Biosci Res*, (14):574-581.
- 彭新辉,易建华,周清明,2009. 气候对烤烟内在质量的影响研究进展[J]. *中国烟草科学*,30(3):68-72. Peng X H, Yi J H, Zhou Q M, 2009. Advance in effects of climatic conditions on internal quality of flue-cured tobacco[J]. *Chin Tob Sci*, 30(1):68-72. (in Chinese)
- 谈丰,姜彤,方玉,2014. 龙岩市烟叶气象灾害风险评价与区划[J]. *南京信息工程大学学报(自然科学版)*,6(2):144-151. Tan F, Jiang T, Fang Y, 2014. Study on meteorological disaster risk assessment and zoning of tobacco plantations in Longyan, Fujian province[J]. *J Nanjing Univ Info Sci Technol (Nat Sci Edition)*, 6(2):144-151. (in Chinese)
- 王晓云,潘莉卿,李炬,等,2001. 北京城近郊区火险气象等级预报方法[J]. *气象科技*,29(4):51-54. Wang X Y, Pan L Q, Li J, et al, 2001. Prediction method of the meteorological grade of forest fire risk in the suburb of Beijing[J]. *Meteoro Sci Technol*, 29(4):51-54. (in Chinese)
- 王彦亭,谢剑平,李志宏,等,2010. 中国烟草种植区划[M]. 北京:科技出版社:66-73. Wang Y T, Xie J P, Li H Z, et al, 2010. Tobacco planting regionalization in China[M]. Beijing:Science Press:66-73. (in Chinese)
- 王莹,张晓月,张琪,等,2019. 暴雨灾害风险及其对农业影响的评估[J]. *气象科学*,39(1):137-142. Wang Y, Zhang X Y, Zhang Q, et al, 2019. Assessment on storm disaster risk and its impact on agriculture[J]. *J Meteorol Sci*, 39(1):137-142. (in Chinese)
- 翁莉,马林,徐双凤,2015. 城市暴雨灾害风险评估及防御对策研究:以江苏省南京市为例[J]. *灾害学*,30(1):130-134. Weng L, Ma L, Xu S F, 2015. The urban rainstorm disaster risk assessment and defensive measures: A case study of Nanjing of Jiangsu province[J]. *J Catastr*, 30(1):130-134. (in Chinese)
- 严志雁,苏小波,吴辉,等,2019. 基于模糊隶属度的烟草还苗期气象风险评估方法[J]. *南方农业学报*,50(2):315-322. Yan Z Y, Su X B, Wu H, et al, 2019. Meteorological risk assessment method for tobacco in seedling stage based on fuzzy membership degree[J]. *J Sou Agri*, 50(2):315-322. (in Chinese)
- 周翔,董建新,张教侠,等,2009. 降水与烤烟感官评吸质量的关系[J]. *中国烟草科学*,30(2):53-56. Zhou X, Dong J X, Zhang J X, et al, 2009. Relationship between precipitation and sensory quality of flue-cured tobacco leaves in Shandong[J]. *Chin Tob Sci*, 30(2):53-56. (in Chinese)