

陈冰,林汉龙,宋祖钦,等.基于经验法则的水稻细菌性条斑病气候年型分析[J].气象研究与应用,2020,41(1):26-30.

Chen Bing,LinHanlong,Song Zuqin,et al. Climatic year pattern analysis of rice bacterial leaf streak based on the rule of thumb[J]. Journal of Meteorological Research and Application,2020,41(1):26-30.

基于经验法则的水稻细菌性条斑病气候年型分析

陈冰¹,林汉龙²,宋祖钦¹,陈观浩^{3*},何泽华¹,王春霞¹

(1.广东省化州市气象局,广东 化州 525100; 2.广东省化州市笪桥镇农业技术推广站,广东 化州 525132;

3.广东省化州市病虫测报站,广东 化州 525100)

摘要:利用广东省化州市1989–2016年晚稻细菌性条斑病资料和同期气象资料,采用合成分析和秩相关分析,筛选出影响细菌性条斑病发生的关键气象因子;基于经验法则,利用水稻细菌性条斑病发生阶段的温度、降水距平,判别细菌性条斑病发病程度,并确定了细菌性条斑病发生流行的气候年型与预测指标。经历史回代,判别细菌性条斑病发病程度符合率为82.1%,并进行了2017–2019年的外延指标判别,符合率达100%,综合判别符合率在83%以上。

关键词:细菌性条斑病;经验法则;气象因子;气候年型

中图分类号: P468

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.1.06

引言

水稻细菌性条斑病(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*)是中国水稻生产上的重要常发病害,一般年份造成水稻损失15%–25%,发病严重的可达40%–60%,对水稻安全生产构成严重威胁^[1]。大量研究表明,气象条件是影响水稻细菌性条斑病发病程度的必要条件之一^[2–3],且在菌源、品种抗病性、肥水管理、防治力度等条件基本具备并相对稳定的情况下,病害流行与否及发病程度主要决定于气象条件^[4–5],尤其是其中的温度与雨水(湿度)等因素^[2],水稻细菌性条斑病为气传性流行病害,在没有降水的“干”热风则很难传播^[5]。

探索和揭示气象条件对病害发生流行的影响规律,并利用气象数据来分析和预测农业病害发生发展一直是诸多学者研究和关注的重点和热点。国内对于水稻细菌性条斑病发生、发展、流行,有不少学者开展了定性和定量气象分析研究,但多偏重于水稻细菌性条斑病气象预测模型等,如地域的单一气

象因子的水稻细菌性条斑病中期预报^[6–7],以气象因子与其他因子综合的细菌性条斑病发生面积预报研究^[8–9],基于雨日、雨量、温度及其他因子的区域预报^[10–11],基于前期病害和温湿度的细菌性条斑病病叶率和病情指数发展动态预报^[12]。目前,国内已对小麦白粉病和棉铃虫的不同气候年型指标进行过研究^[13–14],但有关水稻细菌性条斑病气候年型指标的研究尚未见报道。因此,利用1989–2019年化州市水稻细菌性条斑病的病情数据和同时期气象资料,分析气象因子对细菌性条斑病发病程度的影响,并应用经验法则分析方法,判别分析细菌性条斑病不同气候年型的发病程度,以期为进一步有效防控水稻细菌性条斑病的危害提供科学依据。

1 资料来源与方法

1.1 资料来源

晚稻细菌性条斑病发病程度历史资料来自化州市病虫测报站1989–2019年系统监测资料,其中1989–2016年资料作为分析样本($n=28$),2017–2019

收稿日期:2019-11-25

基金项目:广东省科技计划项目(2013B020416002),茂名市科技计划项目(2019455)

作者简介:陈冰(1973–),女,高级工程师,主要从事应用气象及气象服务研究。E-mail:522033051@qq.com

* 通讯作者:陈观浩(1957–),男,推广研究员,主要从事农作物有害生物生态学与预测预报研究。E-mail:cgh7909986@126.com

年资料作为检验样本。为了简化分析过程将植保部门划分的 5 级(1、2、3、4、5 级分别表示轻、中偏轻、中等、中偏重和重发生)分级标准归为 3 个级,即 1 和 2 级为轻度发生,3 和 4 级为中度发生,5 级为重度发生。

化州市晚稻细菌性条斑病发生流行时期在 8-9 月份,该时期为化州市晚稻水稻分蘖、孕穗至抽穗阶段,也是细菌性条斑病侵染-潜育-发病(溢出菌脓)-再侵染-病害扩展蔓延的阶段,因此,以 8 月上旬-9 月下旬为分析研究时段。化州市 8-9 月逐旬平均气温、降水、相对湿度、日照时数及雨日等气象资料由化州市气象局提供。

1.2 研究方法

(1)合成分析方法:为了更好地凸显细菌性条斑病轻度发生年份和重度发生年份的气候特点,采用合成分析和距平分析方法,对轻度年份和重度年份的相应气象因子(如旬气温、降水等)序列分别进行平均,减去该要素 1989-2016 年的同期平均值,可以得到轻度年份和重度年份气象要素距平值,然后对比两个不同年份序列变化特点,找出影响病害发病程度的关键气象因子。

(2)秩相关分析:在样本数据或其变换值不是正态分布的情况下采用,对等级尺度观测的资料有很好的分析灵敏度,用秩相关分析法进行影响细菌性条斑病发病程度气象因子的筛选,利用 SPSS 统计软件进行分析。Spearman 秩相关系数的计算公式为:

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (1)$$

式中, R_s 为 x 因子与 y 因子之间的秩相关系数; $\sum_{i=1}^n D_i^2$ 为 x 因子和 y 因子两者秩号差的平方和。

(3)经验法则(thumb rules):印度学者 Deb Kumar Das 首先将经验法则应用到了虫害发生预测预报方面,取得了较好效果。即是利用病虫害发生流行关键时段两个气象因子距平值(该时段气象因子值与气候平均值之差)分别作为纵横坐标,两因子之间最好为显著的负相关(如温度与降水),将不同距平值(正、负值)分别点入相应的坐标图中,不同的象限位置可代表病虫害的不同发生流行程度,据此来判断预测病虫害发生流行程度^[13]。

2 结果与分析

2.1 影响晚稻细菌性条斑病发生的关键气象因子

细菌性条斑病在适温高湿气象条件下容易大发生流行。有研究表明,降水、雨日、气温、湿度、日照等是影响细菌性条斑病发生流行的关键气象因子^[3,11]。通过合成分析和距平分析结果表明:8 月上旬-9 月下旬温度、降水、雨日、日照、湿度等在重度和轻度发生年份的大部时段呈现比较明显的反相位关系(图 1)。8 月-9 月逐旬气温、降水、湿度、雨日、日照距平的变化呈现出如下规律:轻度发生年份该阶段气温偏高,

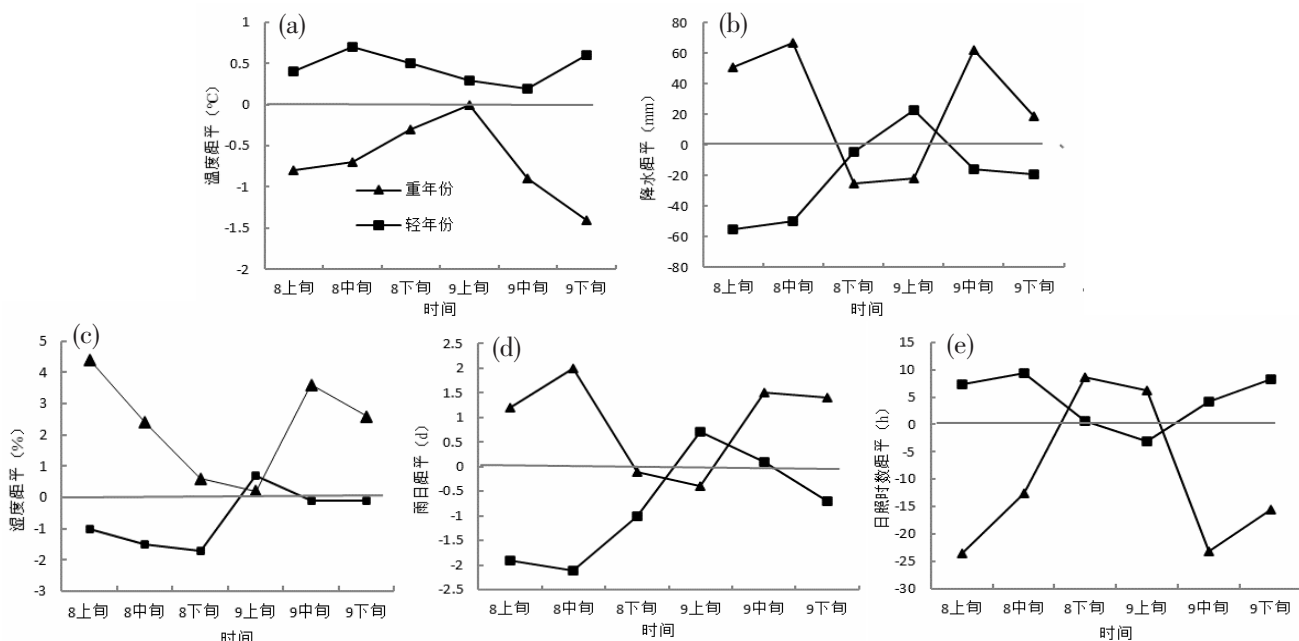


图 1 8 月上旬-9 月下旬逐旬气象因子在细菌性条斑病轻年份和重年份的对比

而大部分时段降水偏少、湿度偏低、雨日偏少,日照偏多;重度发生年份气温偏低,而大部分时段降水偏多、湿度偏高、雨日偏多,日照偏少。

为了进一步明确气象因子与细菌性条斑病发生的相关关系,将 28a 的病灾等级序列与温度、降水、雨日、湿度、日照因子分别进行秩相关分析(表 1)。结果表明,细菌性条斑病发病程度与 8 月上旬-9 月下旬降水、雨日、湿度存在极显著正相关关系,说明降水、雨日越多,湿度越大,越有利于该病的发生流行,发病程度就越重,反之则轻;细菌性条斑病发病程度与温度、日照存在极显著负相关关系,即温度低,日照少,细菌性条斑病发病程度重,反之则轻。

表 1 化州市晚稻细菌性条斑病发病程度
影响因子的秩相关分析

气象因子	秩相关系数	P 值
温度	-0.7224	0.0000
降水	0.6547	0.0000
雨日	0.7124	0.0000
湿度	0.5601	0.0019
日照	-0.5379	0.0032

从以上分析可知,合成分分析与秩相关分析得到的结果相同。文献记载^[4],25-30℃是细菌性条斑病发病的最适宜温度。化州市双季晚稻细菌性条斑病主要发生期 8-9 月旬平均气温为 22.8-29.8℃,适宜该病发病。10 月中旬-下旬旬平均气温为 20.1-27.0℃,温度偏低,田间病害发生受到明显抑制,流行速率下降,且此时晚稻已进入乳熟至黄熟期,细菌性条斑病菌赖以生存的寄主营养衰退,植株抗病能力增强,病情趋于稳定,很少扩展。在主要发生发展流行期,气温以略偏低比较适宜病害的发生流行;多雨或高湿不仅有利于病菌的侵入和传播,而且降水量过大,雨日偏多,日照不足,不利于排水露田,使禾苗组织柔嫩,抗病力降低;降水、雨日均与气温和湿度密切相关,如果降水量大、雨日多,会使气温下降,湿度上升;天气晴朗、日照充足不利于细菌性条斑病发生流行,充足的光照对病菌有抑制作用,由于日照与温度相关显著,一般日照时间长,温度上升。虽然与晚稻细菌性条斑病发病程度的相关系数雨日高于降水,但经回测和预测,发现降水的符合率高于雨日。综合气象因子关联程度与生物学、生态学意义,同时考虑经验法则所选因子限制,选用温度和降水

2 个因子作为预测指标判别的关键气象因子。

2.2 细菌性条斑病气候年型与判别预测指标

根据历史资料(1989-2016 年)及 2017-2019 年资料,计算出 8 月上旬-9 月下旬气温距平和降水距平,并把细菌性条斑病发病程度 5 级分级标准归为 3 个级(表 2)。

表 2 细菌性条斑病流行期 8-9 月气温距平、
降水距平及发病程度

年份	A (℃)	B (mm)	发病程度
1989	-0.06	-118.6	中度
1990	0.44	-241.0	轻度
1991	-0.06	-17.8	中度
1992	0.04	-73.5	轻度
1993	-0.16	-18.6	中度
1994	-0.66	133.9	重度
1995	-0.56	188.7	重度
1996	-0.36	50.4	重度
1997	-1.06	11.6	重度
1998	0.54	-123.5	中度
1999	-0.26	-13.9	中度
2000	-0.06	-86.7	轻度
2001	0.34	157.2	中度
2002	-0.86	376.6	重度
2003	0.04	-97.1	中度
2004	0.04	-196.2	轻度
2005	0.04	13.0	中度
2006	-0.56	1.2	中度
2007	-0.46	69.2	中度
2008	0.14	51.7	中度
2009	0.54	237.2	中度
2010	0.04	48.7	中度
2011	0.64	-229.2	轻度
2012	-0.06	-115.2	中度
2013	0.14	141.5	中度
2014	0.74	-49.0	轻度
2015	0.84	-14.4	轻度
2016	0.74	-85.5	轻度
2017	1.04	18.6	中度
2018	0.14	209.1	中度
2019	0.64	-25.8	轻度

注:发病程度为化州市病虫测报站 5 级发病程度合并为 3 级后的发病程度。A 为 8 月上旬-9 月下旬气温平均值与历年同时段气温平均值之差,B 为 8 月上旬-9 月下旬降水量平均值与历年同时段降水量平均值之差。下同。

根据数据分析,并按照经验法则,当 A-B+(即气温距平为负,降水距平为正,下同)时,发病程度为重度;A+B+或 A-B-时,发病程度为中度;A+B-时,发病程度为轻度(图 2)。

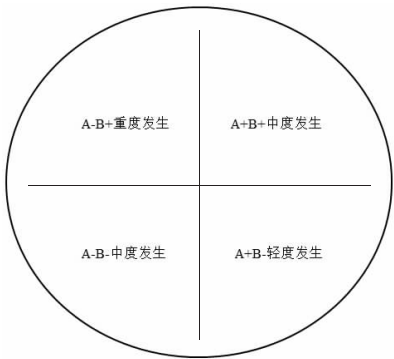


图 2 经验法则判别图示

将历史不同年份和近 3a 的温度与降水距平按经验法则点入相关象限,判定细菌性条斑病发病程度(图 3),结果表明,重度发生年份全部符合,符合率达到 100%(5/5);轻度发生年份只有 2000 年误判为中度发生,属于报而未出成为空报,符合率达 87.5%(7/8);中度发生年份 1998 年、2003 年、2006 年和 2007 年中,前 2a 误判为轻度发生,属于出而未报成为漏报,后 2a 误判为重度发生。在 28a 的回测中,有 23a 回测结果完全符合实际发生等级,判别符合率为 82.1%,同时误判的 5a 各相差 1 级,属于基本符合。2017-2019 年的外延预报结果与实况一致,判别符合率达 100%,综合判断符合率达 83.9%,收到了较好的社会经济效益。

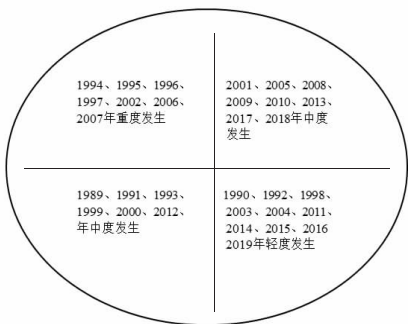


图 3 1989-2019 年温度、降水距平判别结果

中度发生年份 1998 年和 2003 年(均为高温少雨型)误判为轻度的原因,可能与这两年的 8-9 月份气候反差较大有关,即前期(移植-分蘖)气温高,降雨少,为轻度发生趋势,但细菌性条斑病盛发期(8 月下旬-9 月下旬)降水增加,湿度增大,气温较低,

使细菌性条斑病一度流行;中度发生年份 2006 年和 2007 年误判为重度年份,虽为低温多雨年,但由于这两年的 8-9 月份都有 1 或 2 旬的降水偏少,湿度偏低,并配合相应的气温偏高,抑制了细菌性条斑病发生流行。总体看,一般情况下,若不出现异常的特殊年份,如前期或后期出现异常气候(包括强台风)或波动性较大的气候变化,该预测指标基本判断正确,符合率较高。

根据经验法则,按照温度、降水距平确定了气候年型与细菌性条斑病发病程度的关系,并组建病害预测指标表(表 3)。当 8 月上旬-9 月下旬气温距平为正值、降水距平为负值时,气候年型为高温少雨型,病害为轻度发生年份,反之气候年型为低温多雨型,病害为重度发生年份;当 8 月上旬-9 月下旬气温距平为正值(负值)、降水距平为正值(负值)时,气候年型为高温多雨型(低温少雨型),病害为中度发生年份,由此将细菌性条斑病划分为高温少雨型轻度发生年,高温多雨型、低温少雨型中度发生年及低温多雨型重度发生年 4 种年型,并得到相应温度、降水判别预测指标。

表 3 晚稻水稻细菌性条斑病气候年型及预测指标			
气候年型	发病程度	A (℃)	B (mm)
高温少雨型	轻度	>0	≤0
高温多雨型	中度	>0	>0
低温少雨型	中度	≤0	≤0
低温多雨型	重度	≤0	>0

3 结论与讨论

基于经验法则对水稻细菌性条斑病盛发期进行气候年型分析,确定了化州市晚稻细菌性条斑病重、中、轻 3 种发病程度的 4 种气候年型以及相应温度、降水判别预测指标,本研究结果与沈建新、黄佳仁等^[15-16]的定性分析相同,并在其定性研究的基础上实现了气候年型预测指标的定量化。应用不同气候年型与相应温度、降水判别预测指标,对化州市细菌性条斑病发生情况进行了历史资料回代和 2017-2019 年预报检验,结果比较准确。研究结果为水稻细菌性条斑病气象条件评估与预测预报提供理论基础,为病害测报工作的定量化作了尝试,同时对水稻病虫害气象服务工作的开展有重要的应用价值和意义。

由于影响水稻细菌性条斑病发病程度的因素很

多,除了与气象条件关系密切外,菌源量、品种抗性、肥水管理及防治等因素也对发病程度有影响^[17],本研究没有考虑综合因素影响,因而细菌性条斑病的发病程度预测与实况存在一定偏差。因此,有待就多因素环境因子对细菌性条斑病发生流行的影响及其预测指标作进一步研究。

参考文献:

- [1] Niño-liu D O, Ronald P C, Bogdanove A J. Xanthomonas oryzae pathogens: model pathogens of a model crop [J]. Molecular Plant Pathology, 2006, 7(5): 303–324.
- [2] 张荣胜, 陈志谊, 刘永锋. 水稻细菌性条斑病研究进展 [J]. 江苏农业学报, 2014, 30(4): 901–908.
- [3] 翁邦佐, 吴明河, 卢东, 等. 气象因子对晚稻细菌性条斑病发病程度的影响 [J]. 中国植保导刊, 2010, 30(2): 31–32.
- [4] 童贤明, 徐鸿润, 朱灿星. 水稻细菌性条斑病发生及流行因子分析 [J]. 植物保护学报, 1995, 22(2): 97–101.
- [5] 许志刚, 刘凤权, 沈秀萍, 等. 水稻白叶枯病和条斑病的流行与预测 (综述) [J]. 西南农业大学学报, 1998, 20(5): 567–572.
- [6] 朱庆春, 陈冰, 陈红春, 等. 化州市晚稻细菌性条斑病发生的气象预测模型研究 [J]. 中国植保导刊, 2013, 33(3): 44–46.
- [7] 吴冠清, 陈观浩, 周成, 等. 晚稻细菌性条斑病发病程度模糊预测 [J]. 江西植保, 2009, 32(1): 29–31.
- [8] 周志军. 晚稻细菌性条斑病预测方式的探讨 [J]. 植物保护, 1992, 18(4): 9–11.
- [9] 封光华, 刘友胜, 孙同心, 等. 晚稻细菌性条斑病流行趋势预测模型的研究 [J]. 江西农业学报, 1998, 10(2): 54–58.
- [10] 陈征, 诸葛龙, 黄英, 等. 水稻细菌性条斑病系统管理模型的研究 [J]. 计算机与农业, 1999, (1): 20–26.
- [11] 李仲惺, 楼珏, 卢华金. 水稻细菌性条斑病发病程度与发病因子关系探讨 [J]. 中国稻米, 2016, 22(4): 62–64.
- [12] 刘瑞强, 陈观浩, 胡福胜. 应用数学模型模拟水稻细菌性条斑病发生动态 [J]. 江西植保, 2007, 30(1): 21–22.
- [13] 姚树然, 霍治国, 司丽丽. 基于经验法则的小麦白粉病气候年型分析 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(4): 981–986.
- [14] 于玲, 杨彬云, 相云, 等. 不同气候年型棉铃虫气象指标系统的研究 [J]. 中国农业气象, 2000, 21(3): 27–32.
- [15] 沈建新, 董国堃, 张水妹, 等. 水稻细菌性条斑病发生流行与综防技术 [J]. 植物保护, 2002, 28(1): 33–34.
- [16] 黄佳仁, 张德英, 彭树初, 等. 湖南水稻细菌性条斑病发生因子及其防控对策 [J]. 湖南农业科学, 1992, (2): 36–38.
- [17] 陈观浩, 吴冠清, 陈端, 等. 化州市水稻细菌性条斑病流行规律及测报防治 [J]. 广东农业科学, 2008, (11): 67–69.

Climatic year pattern analysis of rice bacterial leaf streak based on the rule of thumb

Chen Bing¹, Lin Hanlong², Song Zuqin¹, Chen Guanhao^{3*}, He Zehua¹, Wang Chunxia¹

(1. Huazhou Meteorological Service, Huazhou Guangdong 525100; 2. Daqiao Agricultural Technology Extension Station, Huazhou Guangdong 525132; 3. Forecast Station of Plant Disease and Insect Pests of Huazhou, Huazhou Guangdong 525100)

Abstract: Based on the data of bacterial leaf streak of late rice from 1989 to 2016 in Huazhou, Guangdong Province, and the meteorological data of the same period, the key meteorological factors affecting the occurrence of bacterial leaf streak were screened out by using synthetic analysis and rank correlation analysis. Based on the rule of thumb, the occurrence degree of bacterial leaf streak was determined by the temperature and precipitation in the occurrence stage of bacterial leaf streak, and the climatic year pattern and prediction index of bacterial leaf streak were determined. After historical regression, the coincidence rate of judging the incidence of bacterial stripe disease was 82.1%. The 2017–2019 extension index was judged, the compliance rate reached 100%, and the comprehensive judged compliance rate was above 83%.

Key words: bacterial leaf streak; rule of thumb; meteorological factor; climatic year pattern