

玉米叶部病害流行动态及预测预警研究进展*

傅俊范, 景殿玺, 刘震, 周如军

沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110866

摘要: 玉米叶部病害发生危害日趋严重, 已成为我国玉米产区的主要病害。作者结合近年来对玉米叶部病害流行动态及预测预警研究工作基础, 根据植物病害流行病学原理以及相关研究报道, 系统综述了我国玉米叶部病害发生危害、病害流行动态预测模型构建、病害损失估计、新型栽培模式对玉米叶部病害流行影响等方面的研究进展。

关键词: 玉米叶部病害; 流行动态; 预测预警; 新型栽培模式

中图分类号: S435.131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5684(2016)06-0651-05

DOI: 10.13327/j.jlau.2016.3457

引文格式: 傅俊范, 景殿玺, 刘震, 等. 玉米叶部病害流行动态及预测预警研究进展[J]. 吉林农业大学学报, 2016, 38(6): 651-655.

Review of Epidemic Dynamics and Forecasting & Warning of Maize Leaf Disease

FU Junfan, JING Dianxi, LIU Zhen, ZHOU Rujun

College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China

Abstract: Maize leaf disease was increasingly serious and became one of the main diseases of maize production areas in China. Based on the research of epidemic dynamics, forecasting and warning of maize leaf disease in recent years, according to the principle of plant disease epidemics and related research reports, this paper reviewed the research progress of occurrence, harm, epidemic dynamics, epidemical forecasting and effects of new cultivation patterns on maize leaf disease in China.

Key words: maize leaf disease; epidemic dynamics; forecasting and warning; new cultivation pattern

玉米是全世界产量最高的粮食作物, 适生性强, 增产潜力大, 已成为我国第一大粮食作物。改革开放以来, 畜牧业飞速发展, 人民生活水平普遍提高, 玉米作为多用途作物在食用、饲用、工业原料及出口商品等各方面发挥着重要作用。玉米病害严重影响玉米产量, 是制约玉米产业健康发展的重要因素, 每年因病害造成的产量损失为 6%~10%, 严重时超过 30%^[1-2]。我国发现的玉米病害有 40 余种^[3], 其中玉米大斑病、玉米灰斑病、玉米纹枯病及玉米弯孢菌叶斑病等叶部病害发生普

遍, 危害严重, 引起国内外学者的极大关注。近年来, 为保障玉米产业可持续性发展, 大面积推广了多种玉米新型栽培模式, 增大了玉米栽培密度, 改变了植株群体结构, 影响了玉米田间环境与菌源基数, 导致玉米叶部病害的发生特点和流行规律也随之改变。现将近年来我国玉米叶部病害流行动态及预测预警研究进展综述如下。

1 玉米叶部病害的流行危害

近年来, 随着全球气候异常、栽培制度变革及

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(31171791), 国家“粮丰工程”项目(2011BAD16B12, 2012BAD04B03)

作者简介: 傅俊范, 男, 蒙古族, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事植物病害流行病学和药用植物病理学研究。

收稿日期: 2016-07-30

玉米品种更换,玉米叶部病害发生流行加重,给玉米生产带来了极大危害。目前,我国发生较严重的玉米叶部病害有玉米纹枯病、大斑病、灰斑病、弯孢菌叶斑病、锈病、北方炭疽病等,其中玉米纹枯病、大斑病和灰斑病呈逐渐上升趋势,并造成较大经济损失。

玉米大斑病 [*Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard et Suggs] 在玉米植株整个生活史内均能发病,自然条件下植株生长到中后期特别是抽穗期发病严重。该病害主要危害植株叶片,严重时也能危害苞叶、叶鞘。玉米大斑病曾于1970年与1977年在美国东南部佛罗里达州和东部新泽西州暴发流行^[4];1986—1988年在以色列大面积流行^[5],1971—1975年在我国吉林省持续流行,致使感病品种减产约50%。刘杰等^[6]报道,2012年我国东北、华北等大部玉米主产区玉米大斑病大流行,其中黑龙江省平均病株率为50%以上,最高达100%。吉林省偏重发生,平均病株率为80%以上,最高达100%,发病程度达3级以上的地块占20%。辽宁北部、中部等地普遍发病,一般田块病株率为30%~50%,重发地块病株率可达70%^[6]。近年来该病在不同地区仍处于流行状态。

自1956年Nablson报道玉米弯孢菌叶斑病 [*Curvularia lunata* (Walk) Boed.] 发生以来,随后世界各地均有相关报道^[7-10]。20世纪90年代中后期,该病害在我国华北、东北玉米主产区发病严重,造成了严重的经济损失^[11-14]。1996年辽宁省弯孢菌叶斑病大流行,辽西地区玉米生产田、种田受害尤为严重,全省受害面积达16.8万hm²,其中1.6万hm²绝收,减产25万t,减产率20%以上,造成了严重的经济损失^[15]。近年来由于抗性品种推广,玉米弯孢菌叶斑病流行危害趋于平稳。

玉米灰斑病 (*Cercospora zeaе-maydis* Tehon & Daniels) 又称尾孢菌叶斑病,是一种世界玉米产区普遍发生的叶部病害。Tehon等^[16]在1925年首次报道了玉米灰斑病在美国伊利诺斯州发生。吴纪昌等^[17]报道了在辽宁丹东地区首次发现玉米灰斑病,随后辽宁各地相继发生并流行。近年来,随着免耕法与少耕法的推广,加之病原菌适应性较强,玉米灰斑病日趋严重,严重制约了玉米种植业的健康发展。

玉米纹枯病 (*Rhizoctonia solani* Kühn) 是世界

各玉米产区普遍发生且危害严重的病害之一^[18-19],该病侵染叶鞘导致叶片枯死。戚佩坤^[20]在1966年报道了玉米纹枯病发生于我国吉林省。刘岗山等^[21]调查研究发现,2005年湖南省江华县玉米纹枯病病株率为60%~80%,发病严重的田块可达100%,当年该县因玉米纹枯病损失玉米6840t。唐海涛等^[22]调查结果表明,该病害在南方玉米产区普通年份病株率约为40%,严重年份可达70%,部分品种、部分地区发病率100%。近年来,由于玉米栽培密度不断加大和菌源持续积累,加之玉米冠层内高温高湿,玉米纹枯病容易流行成灾,已成为影响我国玉米生产的主要病害之一。

2 玉米叶部病害流行动态预测模型构建

由于系统工程学、生物数学和计算机科学对定量流行病学发展的促进利用,植物病害流行动态模型应运而生。田家伦等^[23]对玉米播种密度、追施氮肥量、播种时间与玉米大斑病流行规律进行系统研究,构建了玉米大斑病与农业调控关系的总回归模型及6个子模型。李海春等^[24-25]研究发现 Logistic 模型能够拟合玉米大斑病流行时间动态,不同玉米品种间模型参数存在差异,但病斑扩展速率差异不显著;根据模型推导可得,玉米大斑病指数增长期从玉米出苗到7月末,逻辑斯蒂期从7月末到9月初,衰退期从9月初到玉米生育后期,病害最佳防治时期为玉米出苗后至6月中旬。李海春等^[26]使用幂指数模型模拟玉米弯孢菌叶斑病传播动态,推导出该病害1个月最远传播距离16m,2个月最远传播距离28m。李金堂等^[27]研究结果表明,Weibull模型可较好拟合玉米弯孢菌叶斑病流行时间动态,病情曲线下面积(AUDPC)随接种后时间的变化情况可用直线模型来描述。Paul等^[28]以 Logistic 模型与 Cart 模型构建了玉米灰斑病风险评估模型。薛腾等^[29]通过研究沈阳地区玉米灰斑病发现,病害单向传播梯度可选用指数模型与 Gompertz 模型拟合;病害平行于垄向及垂直于垄向传播规律可用高斯模型表达;病害二维传播过程符合圆形模型与椭圆形模型;通过模型推导得知,病害传播距离为20~50m。于舒怡等^[30]研究并构建了玉米纹枯病周期性脉冲 Logistic 模型,并根据模型推导,明确了辽宁省沈阳地区玉米纹枯病流行时期。

3 玉米叶部病害损失估计

病害是否需要防治与如何防治,取决于病害造成的经济损失以及防治成本与防治的最终效益。通过调查确定病害流行程度,并根据损失估计模型预测出所致损失,为病害防控提供理论依据。刘正等对玉米纹枯病危害损失程度进行了定量研究,并建立了病情指数与病株率及损失率的关系模型: $DI = 0.8558 / [1 + 25.8178 \text{EXP}(-5.81497H)]$, $Y = 0.5912 / [1 + 23.3426 \text{EXP}(-7.74145DI)]$, 式中 DI 为病情指数 ($0 < DI < 0.8558$), H 为病株率 ($0 < H < 1$), Y 为损失率 ($0 < Y < 0.5912$)^[31]。梁继农等^[32]研究发现玉米纹枯病病情严重程度与产量损失呈显著直线相关,严重程度每提高一个等级,产量损失约提高 10%。傅俊范等研究了玉米弯孢菌叶斑病引起的产量损失,认为该病害对玉米产量有显著影响,可减产 1.67%~36.95%,平均产量损失率 15.38%,产量损失率与病情指数呈正相关,并构建了病害损失估计模型:关键期病情模型 $L = 2.8219 + 0.7402x_1$, 多期病情模型 $L = 1.073 + 0.426x_1 + 0.170x_2$, 式中 L 为玉米产量损失率, x_1 为授粉期病情指数, x_2 为灌浆后期病情指数^[33-34]。李金堂等^[35]通过田间小区人工接种试验,观察比较了玉米大斑病、弯孢菌叶斑病及灰斑病单独发生与混合发生的流行过程以及对玉米产量损失的影响。研究结果表明,初期混发病害间无显著负相关性,随着病情发展,负相关性逐渐增大并达到显著水平,说明病害间有明显的抑制作用;病害混发时造成产量损失并不完全等于各病害单独造成损失之和,其中大斑病与弯孢菌叶斑病混发、弯孢菌叶斑病与灰斑病混发所造成的损失为各病害单独造成损失之和的 76%~88%,大斑病与灰斑病混合发生所造成的损失与 2 种病害各自引起产量损失之和相近,3 种病害同时发生时最终损失率约为各自造成损失之和的 67%~72%^[35]。

4 新型栽培模式对玉米叶部病害流行动态的影响

近年来,我国玉米栽培增产技术研究达到了新高度,玉米模式化栽培技术在全国各玉米产区得到较好的推广应用。围绕提高土地生产力、资源利用率、劳动生产率、经济效益等问题,提出具

有共性及区域性特点的优化栽培技术方案,并向以耐密、抗逆、高产品种与机械化为载体的简化高产优质高效栽培方向发展。在此背景下,新型玉米栽培模式的提出对于保障我国粮食产量增加,促进农村经济体系优化具有重要意义。但是,随着栽培密度增加,玉米植株群体分布改变,田间环境与病原基数也相应发生改变,导致玉米病害流行规律因受新型栽培模式与保护性耕作的影响而随之改变。

傅俊范等^[36]报道了双株栽培模式对玉米大斑病流行时间的动态影响。双株栽培模式包括双株定向栽培模式和双株紧靠栽培模式。根据植物病害流行病学原理,通过田间试验设计及人工接种技术,对双株定向栽培模式、双株紧靠栽培模式和常规栽培模式下玉米大斑病发生流行动态进行了比较研究。结果发现,双株定向栽培模式和双株紧靠栽培模式的病情指数低于常规栽培模式。通过 SPSS 11.5 软件对比分析,Logistic 模型适用于描述双株定向栽培模式、双株紧靠栽培模式和常规栽培模式下玉米大斑病流行时间动态。

于舒怡等^[37]对吉林省四平地区免耕、平播、常规及宽窄行 4 种栽培模式进行调查,玉米大斑病流行严重程度依次为免耕>平播>常规>宽窄行。文德^[38]研究报告,比空栽培模式是指在原垄的条件下种 2 垄、空 1 垄,密度 6 万株/hm² 以上。其优点是空出 1 垄作为通风透光通道,从栽培上创造良好的通风透光条件,使植株之间养分、水分和光照等方面的利用效率提高,起到最小相互干扰、最大发挥密植的增产作用。在此基础上,景殿玺等^[39]对二比空栽培模式与常规栽培模式对玉米弯孢菌叶斑病发生流行动态的影响进行了比较研究,结果发现二比空栽培模式的发病程度、初始病情、传播速率均低于常规栽培模式。葛立胜等^[40]报道了玉米双株定向栽培技术。刘震等^[41]根据比较流行病学原理,通过人工接种试验,研究了双株定向栽培模式与常规栽培模式的玉米纹枯病流行动态差异,研究结果表明玉米双株定向栽培模式冠层内温湿度均低于常规栽培模式,进而导致双株定向栽培模式的玉米纹枯病病情轻于常规栽培模式,研究同时发现不同栽培模式的玉米纹枯病流行时间动态均可用 Logistic 模型拟合。

5 玉米叶部病害流行成灾原因分析

根据植物病害流行病学原理分析,玉米品种抗

病性变化、田间菌源积累残留、极端气候条件以及栽培制度变革导致的田间小气候适宜发病是引致近年来玉米叶部病害流行成灾的根本原因。

玉米品种选育过程中过分注重垂直抗病性,使得选育得到的玉米品种对某一病害抗性强,但对其他病害抗性弱,容易导致次要病害转化为主要病害。以往选育推广的玉米品种如“掖单13”对大斑病抗性强,但由于玉米抗大斑病基因与抗弯孢菌叶斑病基因为对位基因,使得该品种对弯孢菌叶斑病呈现感病甚至高感,导致1996年弯孢菌叶斑病在辽宁大面积爆发流行^[42]。菌源在田间残留,通过病残体越冬,成为次年病害流行的初侵染来源。1995年辽宁西部绥中县沿海平原玉米弯孢菌叶斑病大发生,病田面积2 633 hm²,发病率达100%,田间残留大量的病残体,导致1996年绥中县病害大流行,成灾面积4万hm²^[43]。

植物病害发生流行主要取决于环境的温度、湿度条件。以玉米大斑病为例,从拔节到出穗期间,气温适宜,且又遇连续阴雨天,病害发展迅速,容易大流行。近几年即使在正常气候条件下,大斑病会在吉林、黑龙江、辽宁北部以及山西北部等东北、华北玉米主产区严重流行,2012年北方玉米产区6~8月雨量充沛,高湿中温的环境对病菌孢子的产生、萌发、侵染有利,加速大斑病的流行蔓延。同时,全球气候变暖也使得很多植物病害流行规律改变,玉米弯孢菌叶斑病属高温高湿病害,原本发生于华北玉米产区,但由于气温升高,使得“南病北移”,东北玉米产区在气温高、雨量大的年代也容易发生该病害,严重时流行成灾,应引起重视。土壤脊薄也能导致玉米抗病能力下降。近年来,玉米田农家有机肥用量减少,特别是平原地区大多数地块连续多年打白茬,造成植株生长后期脱肥,降低了抗病能力,导致玉米大斑病易于流行。如1995年绥中县对209个试验点土壤化验分析发现,土壤有机质含量平均值由1982年的1.04%下降到0.98%,特别是土壤中速效钾含量大幅度下降,钾含量100 mg/kg以下的耕地由1982年的21.5%上升到88.5%,出现大面积贫钾区,植株普遍存在缺素症状,降低了植株抗病性,加重了病害造成的产量损失^[44]。

玉米田多年重茬、种植密度加大、秸秆还田等栽培管理措施导致菌源大量积累,进一步加重了玉米叶部病害发生流行的趋势^[45]。近年来,我国

玉米成为种植面积第一大的粮食作物,已经很难进行合理轮作倒茬。各地普遍推广高密度栽培,造成了作物生长中后期通风透光差。玉米种植密度增加,植株间距缩小,使得玉米纹枯病病原体更加容易传播,而且因密度增加导致的通风透光差,使得冠层内温湿度升高,高温高湿环境有利于该病害发生流行。针对这些问题,建议在玉米栽培过程中,清除病残体以减少次年初侵染来源,选育玉米品种必须注重多抗性育种^[46],增施有机肥以恢复地力,合理制定栽培制度,综合以上手段以减轻玉米叶部病害流行,才能保证玉米产业持续健康发展。

参考文献:

- [1] 吕国忠,陈捷,白金铠,等.我国玉米病害发生现状及防治措施[J].植物保护,1997,23(4):20-21.
- [2] 李宝英.玉米主要病害发生趋势及防治对策[J].黑龙江农业科学,2004(6):48-49.
- [3] 杨建福.吉林省玉米病虫害诊治专家系统[D].长春:吉林农业大学,2006.
- [4] Leach C M, Fullerton R A, Young K. Northern leaf blight of maize in New Zealand; relationship of drechslera turcico airspora to factors influencing sporulation, conidia development and chlamydospore formation[J]. Phytopathology, 1977, 67:629-636.
- [5] Levy Y. Analysis of epidemics of northern leaf blight on sweet corn in Israel[J]. Ecology and Epidemiology, 1989,79(11):1243-1245.
- [6] 刘杰,姜玉英,曾娟.2012年玉米大斑病重发原因和控制对策[J].植物保护,2013,39(6):86-89.
- [7] Boedijn K B. On some phragmosporous Dematiaceae[J]. Bull Jard Bot Buitenz Series III, 1933,13(1):120-134.
- [8] McKeen W E. A hitherto unreported corn disease[J]. Plant Disease Reporter, 1952,36:143.
- [9] Nelson R R. A new disease of corn caused by *Curvularia maculans*[J]. Plant Disease Reporter, 1956,40:210-211.
- [10] Mandokhot A M, Chaudhary K C B. A new leaf spot of maize incited by *Curvularia clavata*[J]. Netherlands Journal of Plant Pathology, 1972,78:65-68.
- [11] 陈刚,张铁一.玉米尾孢菌叶斑病的发生与危害[J].辽宁农业科学,1993(4):29-31.
- [12] 张定法,徐瑞富,张希福,等.玉米弯孢霉叶斑病菌生物学特性研究[J].植物病理学报,1997,27(4):307-309.
- [13] 张定法,刘鸣韬,徐瑞富,等.玉米弯孢菌叶斑病综合治理研究[J].河南农业科学,2001(4):17-18.
- [14] 石洁,刘玉瑛,魏利民.玉米弯孢菌叶斑病原菌的研究[J].沈阳农业大学学报,2000,31(5):479-481.
- [15] 赵廷昌,王文生,徐秀德,等.辽宁省发生玉米弯孢菌叶斑

- 病[J].辽宁农业科学,1996(6):42.
- [16] Tehon L R, Daniels E. Notes on parasitic fungi of Illinois[J]. *Mycologia*, 1925, 17:240-249.
- [17] 吴纪昌,马丽君,孙义,等.玉米一种新病害——尾孢菌叶斑病(*Cercospora zeae-maydis*)大发生[J].玉米科学,1992(1):67-68.
- [18] 杨华.玉米纹枯病抗源筛选、抗性 QTL 定位及其应用研究[D].雅安:四川农业大学,2004.
- [19] 刘志恒,徐秀德.玉米病虫害原色图鉴[M].北京:中国农业科学技术出版社,2009:89.
- [20] 戚佩坤.吉林省栽培植物真菌病害志[M].北京:科学出版社,1966:33.
- [21] 刘岗山,蔡万青.江华玉米纹枯病重发原因与防治对策[J].湖南农业科学,2006(5):79,81.
- [22] 唐海涛,荣延昭,杨俊品.玉米纹枯病研究进展[J].玉米科学,2004,12(1):93-96,99.
- [23] 田家伦,殷世才.旋转回归分析在预防玉米大斑病中的应用[J].曲靖师专学报,1998,18(6):11-15.
- [24] 李海春,傅俊范,李金堂,等.玉米大斑病病斑扩展 Logistic 模型对比研究[J].江苏农业科学,2007(3):64-65.
- [25] 李海春,傅俊范,王新一,等.玉米大斑病病情发展及病斑扩展时间动态模型的研究[J].南京农业大学学报,2005,28(4):50-54.
- [26] 李海春,傅俊范,潘荣光,等.幂指数模型模拟玉米弯孢菌叶斑病传播梯度的试验[J].沈阳农业大学学报,2005,36(3):304-306.
- [27] 李金堂,傅俊范,严雪瑞,等.玉米弯孢菌叶斑病时间流行动态分析及产量损失测定[J].沈阳农业大学学报,2006,37(6):835-839.
- [28] Paul P A, Munkvold G P. A model-based approach to preplanting risk assessment for gray leaf spot of maize[J]. *Phytopathology*, 2004, 94(12):1350-1357.
- [29] 薛腾,李海春,傅俊范,等.玉米灰斑病空间流行动态模拟模型组建及传播距离研究[J].植物病理学报,2009,39(2):194-202.
- [30] 于舒怡,傅俊范,李海春,等.玉米纹枯病周期性脉冲 Logistic 模型研究[J].玉米科学,2011,19(3):141-144.
- [31] 刘正,黄保宏,王波.玉米纹枯病为害损失的定量研究[J].安徽农业科学,1996,24(4):350.
- [32] 梁继农,陈厚德,朱华,等.玉米纹枯病产量损失测定和发生规律[J].植物保护学报,1997,24(2):101-106.
- [33] 傅俊范,白元俊,薛敏菊,等.玉米弯孢菌叶斑病流行动态及产量损失测定[J].沈阳农业大学学报,1999,30(3):204-207.
- [34] 傅俊范,白元俊,孟凡祥,等.玉米弯孢菌叶斑病产量损失估计模型的研制[J].沈阳农业大学学报,2000,31(5):468-471.
- [35] 李金堂,傅俊范,李海春.玉米三种叶斑病混发时的流行过程及产量损失研究[J].植物病理学报,2013,43(3):301-309.
- [36] 傅俊范,刘震,景殿玺,等.双株栽培模式对玉米大斑病流行时间动态影响[J].玉米科学,2014,22(5):141-145,152
- [37] 于舒怡,傅俊范,周如军,等.不同栽培模式对玉米大斑病发生和流行的影响[J].玉米科学,2011,19(1):132-135.
- [38] 文德.玉米栽培新技术——“二比空”[J].河北农业科技,2002(3):7.
- [39] 景殿玺,傅俊范,周如军,等.二比空栽培模式对玉米弯孢菌叶斑病流行动态影响[J].玉米科学,2013,21(5):136-139,146.
- [40] 葛立胜,景希强,何晶,等.玉米双株叶片定向超高产栽培技术研究[J].辽宁农业科学,2010(4):38-40.
- [41] 刘震,傅俊范,景殿玺,等.双株定向栽培模式对玉米纹枯病发生和流行影响的初步研究[J].玉米科学,2013,21(5):131-135.
- [42] 王晓鸣,戴法超,焦志亮,等.玉米种质资源抗弯孢菌叶斑病特性研究[J].植物遗传资源科学,2001,2(3):22-27.
- [43] 吕国忠,刘志恒,何富刚,等.辽宁省爆发一种新病害——玉米弯孢菌叶斑病[J].沈阳农业大学学报,1997,28(1):75-76.
- [44] 马洪茹,孙小平,任红波,等.玉米弯孢霉叶斑病加重发生原因及应对措施[J].现代农业科技,2010(24):179.
- [45] 尹秀玲,张璐,贾丽,等.玉米秸秆生物炭对暗棕壤性质和氮磷吸附特性的影响[J].吉林农业大学学报,2016,38(4):439-445.
- [46] 杨巍,任雪娇,杨伟光,等.高产优质多抗玉米新品种“吉农玉 876”选育报告[J].吉林农业大学学报,2014,36(4):250-252.

(责任编辑:赵立华)