

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.04.006

烟草靶斑病预测模型构建及数字化应用研发

冉渝澳¹, 金亚波², 王振国³, 成鑫¹, 孙佳照¹, 罗建钦²

1. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400715;

2. 广西中烟工业责任有限公司, 南宁 530000;

3. 重庆市烟草公司 奉节分公司, 重庆 404600

摘要: 为准确预测烟草靶斑病在田间发生动态, 本研究采用 SPSS Statistics 26, R4.2 与 JAVA-SE 对温度、湿度、降雨量等因素进行分析, 并建立病情指数预测系统, 旨在对烟草生产基地靶斑病在田间发病情况进行预警和防控指导。结果表明, 10 d 平均温度(X_1)、10 d 平均湿度(X_2)和日最高温度 10 d 平均(X_4)3 种气象因素与烟草靶斑病病情指数具有较强相关性。在不同时间段下环境因素与病情指数灰色关联度不同, 根据病情指数与上述因素建立多元回归预测模型: $Y = -50.454 + 0.414X_1 + 0.184X_2 + 1.313X_4$ 。在重庆巫山烟草种植地区选取 3 个验证点(天蒜村、腰栈村和龙淌村)对模型进行验证, 准确率为 88.8%。基于 J2EE 平台, 集成 Spring 应用框架开发烟草靶斑病病情指数预测系统, 将预测模型注入用户端应用组件, 经过分析生成交互界面, 包含实地病情预警、发病程度判断及防治措施建议等, 研究结果可为烟草病害数字化、智能化预警防控提供重要参考。

关键词: 烟草靶斑病; 气象因素; 灰色关联度;

预测模型; 预测系统

中图分类号: S432

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2024)04-0040-10

Construction and Application of a Tobacco Target Spot Disease Prediction Model and Digital Platform

RAN Yu'ao¹, JIN Yabo², WANG Zhengu³CHENG Xin¹, SUN Jiazhao¹, LUO Jianqin²

1. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. China Tobacco Guangxi Industrial CO., LTD., Nanning 530000, China;

3. Fengjie Branch of Chongqing Tobacco Company, Chongqing 404600, China

收稿日期: 2023-11-10

基金项目: 广西中烟工业有限责任公司项目“基于烟叶质量保障的生产技术数字化模型构建”(0633-224042118J00)。

作者简介: 冉渝澳, 硕士研究生, 主要从事烟草病害信息化研究。

通信作者: 罗建钦, 高级农艺师。

Abstract: In order to accurately predict the dynamics of tobacco target spot disease in the field, a disease index prediction system was established. SPSS Statistics 26, R4.2 and JAVA-SE were used to analyze the factors such as temperature, humidity and rainfall affecting the incidence of target spot disease in tobacco production bases in the field. The results show that there is a strong correlation between the meteorological factors of 10-day average temperature(X_1), 10-day average humidity (X_2), and 10-day average daily maximum temperature (X_4) with the tobacco target spot disease index. The grey correlation between environmental factors and disease index varied at different time periods. A multiple regression prediction model based on the disease index and appeal factors: $Y = -50.454 + 0.414X_1 + 0.184X_2 + 1.313X_4$ was established. The model was validated in three selected validation sites in the tobacco growing area of Tiansu-an, Yaozhan, Longtang in Wushan, Chongqing, with an accuracy rate of 88.8%. Based on the J2EE platform, the Spring application framework was integrated to develop a tobacco target spot disease index prediction system. The prediction model was injected into the user application component, and an interactive interface was generated after analysis, including on-site disease warning, disease severity judgment, prevention and control measures and suggestions. This study provides important reference for the digitization and intelligent warning and control of tobacco diseases.

Key words: tobacco target spot; ecological factors; grey correlation degree; forecast model; prediction system

烟草生产中, 准确了解目标植物的生长情况, 做到精准防控, 能够最大程度减少农药施用所带来的环境污染, 并减少人力物力的投入, 做到经济效益最大化. 重庆地处中国西南地区, 具有西南地区典型的地貌特征, 是我国烤烟主要生产基地之一^[1-2]; 其中, 渝东北地区为烟草重要生产地, 山地面积超过 60%, 全区海拔 156~1 680 m^[3]. 烟草靶斑病是由瓜亡氏革菌 [*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk]担孢子引起的一种叶部真菌病害^[4-5], 可危害寄主植物田间生长^[6-7]. 烟草靶斑病发病面积较大, 发病程度较严重, 对烟草生长构成了显著威胁^[8], 部分植烟地区因其造成的损失达 90%以上^[9], 是西南地区主要烟草病害. 烟草病害的调查测报是烟草病害防控的基础工作之一^[10]. 伏颖^[11]对烟草靶斑病病原菌侵染条件进行了研究, 结果发现环境影响因素较多, 尤其是温度和湿度, 气候干燥、相对湿度低时, 靶斑病不发生或少发生, 25~30 °C 最有利于发病. 刘欣茹等^[12]对烟草靶斑病有性孢子进行了分析, 发现清晨和晚间高湿度环境下有利于有性孢子形成. 曹哲铭等^[13]对吉林省烟草靶斑病发生动态进行了分析, 采用旬平均气温与旬平均湿度 2 个参数进行二元线性回归分析, 其预测结果准确率超过 85%. 目前在病害监测预警方面也有一些研究, 如祁雪莲等^[14]对黑龙江省野火病的预警研究, 郭赛等^[15]对烟草花叶病毒建立预测模型, 胡凤莲等^[16]对安康市烟草病害进行预测研究; 但由于烟草种植的复杂性, 以及缺少科技力量支持, 导致预测预警机制不规范、不完善, 严重制约了烟草行业的健康可持续发展. 笔者参考前人研究, 在数据分析与试验论证的基础上对烟草靶斑病流行情况进行了系统调查, 分析该病害成因并建立病情指数预测模型, 并将预测模型在重庆渝东北烟草生产基地进行验证. 通过 J2EE 平台集成 Spring 框架进行预测平台开发应用. 本研究主要对烟草靶斑病病情指数进行预测, 对烟草病害严重程度进行预警, 以推进烟草实际生产中病害预警平台智能信息化.

1 材料与方法

1.1 数据获取

模型研究入参数据参考前人对烟草靶斑病病原菌特性、田间发病情况、发病预测预警等方面的文献资料,通过对中国知网、Web of Science 数据库中文献进行检索,总结烟草靶斑病进展,分析影响烟草靶斑病发病情况的因素。

1.2 分析方法

1.2.1 相关系数分析

相关系数分析方法用于分析与研究对象成因的相关因素,本文采用 Pearson 相关系数分析法^[17]。对调查地区烟草靶斑病的病情指数以及大气温度、大气湿度、当地降雨量等进行分析,筛选出与病情指数相关的影响因素。

1.2.2 方差分析

方差分析又称“变异数分析”或“F 检验”,是由 R. A. Fisher 发明,用于对 2 个及 2 个以上样本均数差别的显著性检验^[18]。本研究运用方差分析法检验 3 个试验样地中烟草靶斑病病情指数是否因存在显著性差异而造成结果误差。

1.2.3 回归分析

回归分析是明确研究目标与相关因素的相互依赖定量关系的一种统计分析方法^[19]。通过分析变量间的因果关系,建立回归模型,根据实际调查数据求解模型的各个参数,评价回归模型是否能够很好地拟合实测数据。本试验采用相关系数分析法寻找出与烟草靶斑病病情指数密切的环境因素,去除共线性较强的因素后进行回归分析,拟合烟草靶斑病病情指数预测多元回归式。

1.2.4 灰色关联度分析

灰色关联度为模糊数学中一种宏观分析方法,主要应用在较为复杂的实际生境分析^[20-22]。本研究中,将不同气候类别与烟草靶斑病病情指数分别看为一个本征性灰色系统,烟草靶斑病病情指数(Y_i)当作该系统的参照序列,把各种气候参数(X_j)当作该系统的比较序列,并把不同时间段的烟草靶斑病病情指数与气象参数数值作为该序列在第 k 个时间段效果的白化值,以此进行多序列关系分析,它的大小反映出不同类型的气象参数与烟草靶斑病病情指数在不同时间范围的相互联系紧密程度。某气象参数与烟草靶斑病病情指数变程间 Y_i 关联度值越大,则关系就越密切。

1.2.5 烟草靶斑病预测系统构建

本模型系统基于 J2EE 平台,该平台为分布式应用环境,可以作为一套分布式组件将运算系统搭载在多台服务器上^[23-24]。集成 Spring 应用框架,采用前后端分离模式构建,该构建方法可允许开发者根据需要选择使用某一个模块^[25]。架构集成了 RESTApi 开放接口技术、JDBC 数据库应用技术、IoTDB 时序数据存储技术、Json 文档模型配置技术、模型版本迭代管控技术、Java Bean IOC 模型适配运算技术等。借助前端框架,注入用户端应用组件,构建烟草靶斑病病害预测模型系统(图 1)。

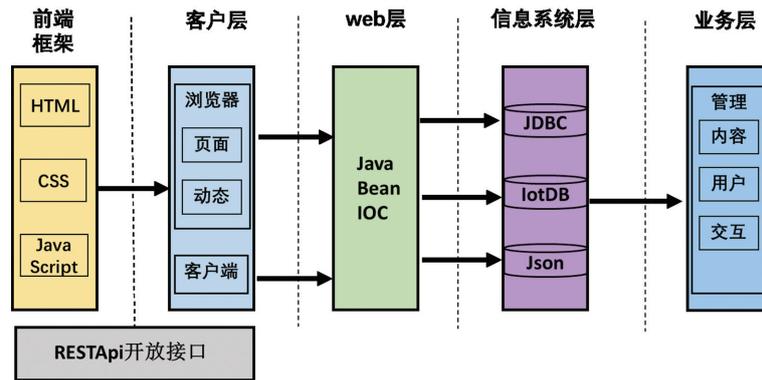


图1 烟草靶斑病预测系统体系结构及功能模块结构图

1.3 模型结果验证

1.3.1 验证地点选择

模型验证调查地点为重庆市巫山县笃坪乡天蒜村、腰栈村和龙淌村烟草种植地。试验地整体较平($\leq 2^\circ$), 种植期间按常规措施管理, 不施用农药, 试验地周边 10 m 内未种植其他农作物。调查时间为烟草移栽大田后第一次发现靶斑病起至 2022 年 8 月 19 日烟草全部采收完毕。

1.3.2 调查品种

调查烟草品种为“云烟 87”, 该品种在我国种植面积超过 46.67 万 hm^2 ^[26], 西南地区亦广泛种植^[27]。相关研究发现, “云烟 87”在打顶后株高约 100 cm, 采摘叶片 22 片左右, 大田生育期 100 d 左右, 评价质量较好, 且为我国优质烟草育种重要亲本^[28-30]。

1.3.3 调查方法

调查方法采用“五点取样法”, 在田间固定 5 点取样, 每点 20 株, 以叶片为单位分级调查, 计算病情指数。每间隔 7 d 调查一次, 如遇雨天则在每隔 5~10 d 内完成调查。调查方法及计算病情指数方法按照国家标准执行^[31]。

1.3.4 烟草靶斑病预测模型验证

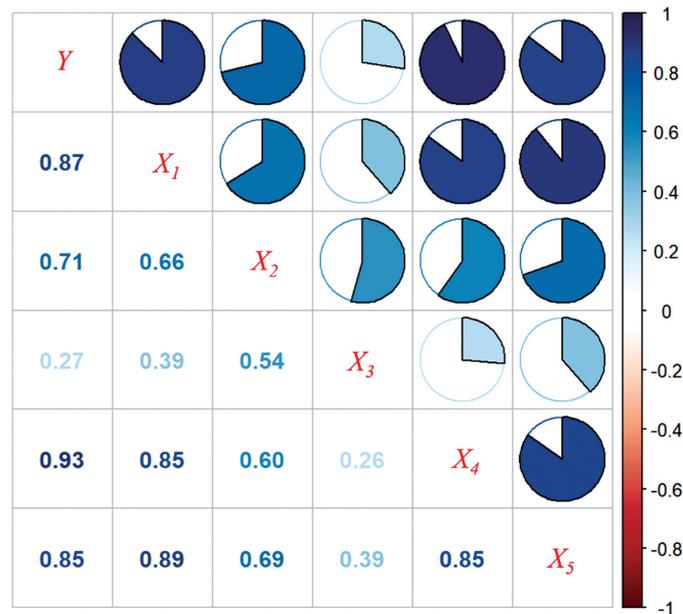
对构建好的模型进行验证, 验证方法为生产实践验证, 验证地点选取重庆巫山烟草种植地区 3 个烟草种植点(笃坪乡天蒜村、腰栈村和龙淌村), 每个种植地区进行 2 次验证。对调查好的数据进行处理分类, 导入模型系统。将收集模型预测结果与烟田中靶斑病实际发生情况进行比较, 采用平均百分比进行模型精准度计算。

2 结果与分析

2.1 烟草靶斑病预测因子分析

通过搜集并阅读文献, 整理出温度、湿度、降雨等因素作为烟草靶斑病病情指数(Y)的预测因子, 将采集参数设置为 10 d 平均气温(X_1)、10 d 平均湿度(X_2)、10 d 平均降雨量(X_3)、日最高气温 10 d 平均(X_4)、日最低气温 10 d 平均(X_5)。

采用相关分析法研究烟草靶斑病病情指数与 5 个气象因子之间相关性, 结果见图 2; 同时采用共线性诊断去掉共线性较强的因素, 通过对相关结果进行分析筛选出 10 d 平均气温(X_1)、10 d 平均湿度(X_2)和日最高气温 10 d 平均(X_4)作为烟草靶斑病病情指数(Y)的预测因子。



Y 为烟草靶斑病病情指数, X_1 为 10 d 平均气温, X_2 为 10 d 平均湿度, X_3 为 10 d 平均降雨量, X_4 为日最高气温 10 d 平均, X_5 为日最低气温 10 d 平均。

图 2 烟草靶斑病病情指数与不同气候参数相关性分析

2.2 烟草靶斑病预测模型建立

采用 SPSS Statistics 26 软件对预测因子 X_1 、 X_2 和 X_4 与烟草靶斑病病情指数 Y 进行回归分析。方差分析 3 个试验基地中烟草靶斑病发病情况没有明显差异, 因此将 3 个试验基地作为一个整体单元考虑。根据烟草靶斑病病情指数与气象条件相拟合, 得到烟草靶斑病多元回归预测式: $Y = -50.454 + 0.414X_1 + 0.184X_2 + 1.313X_4$ 。该模型中, R^2 为 0.909, 表明拟合效果较好; 德斌-沃森值为 2.108, 接近 2, 表明变量各观察值相对独立; 3 个变量 VIF 值均小于 5, 表明各组间不存在多重共线性。

2.3 烟草靶斑病预测系统开发

烟草靶斑病预测系统的构建分为 3 个模块。

2.3.1 基础模型管理模块

基础模型管理模块主要负责基础模型的定义、配置和版本迭代管理。模型定义包含名称、分类和实现目标、输出目标等, 模型的配置包括模型储存文档的创建和编辑, 模型的版本迭代包含版本的生成、保存。

2.3.2 模型实例化管理模块

模型实例化管理模块即将基础模型(基础类)应用到实际生成基地(实例类)的过程。基础类是模型的基础构件集合, 实例类是生成基地独占的模型构件集合, 其目标即根据生产基地的实际环境对模型进行本地化扩展配置。本模块包含基地的创建(名称、GIS 信息和配套属性), 模型装配(模型版本实例化), 本地化模型实参和固参的修改配置。

2.3.3 实例化应用开放模块

实例化应用开放模块是模型生产应用的框架服务体系, 本体系包含 2 个主接口: ① UI 人机直接测验, 即在用户端直接输入变量形参, 当即验证输出, UI 框架会依据模型配置自动适配 UI 组件, 为验证者提供人机输入接口; ② 数据文档批量测验, 系统为用户提供批量数据测验接

口,即用户通过批量导入的方式进行测验,支持的文档类型包括 TXT 格式纯文本和 Excel 表
单.系统提供标准格式档,用户按格式批量生产文档,并进行上传,模型系统运算后并将结果
以文档流形式或字节流形式同步回馈给用户.文档流支持 TXT 和 Excel,字节流支持 XML 和
JSON 格式.

2.4 烟草靶斑病模型精准度验证

2.4.1 烟草靶斑病动态变化

基于前人研究筛选出与烟草靶斑病发病密切相关的因子,同时分析试验地烟草靶斑病发病
动态.2022 年春、夏季在试验地对烟草靶斑病发病动态进行调查.采用方差分析对天蒜村、腰
栈村与龙淌村试验基地中烟草靶斑病病情指数进行分析,方差齐性检验 p 值为 0.668,说明其
方差分析具有可信性,ANOVA 组间显著性为 0.985,说明 3 个试验地中靶斑病病情指数比较
差异无统计学意义.

3 个试验基地烟草靶斑病病情指数随时间变化关系如图 3.龙淌村与天蒜村试验基地在 5 月
22 日出现烟草靶斑病,腰栈村试验基地在 5 月 28 日出现烟草靶斑病,其中龙淌村试验基地烟
草靶斑病发病初始值最高.在 8 月 19 日烟草采收时天蒜村试验基地烟草靶斑病病情指数最高.

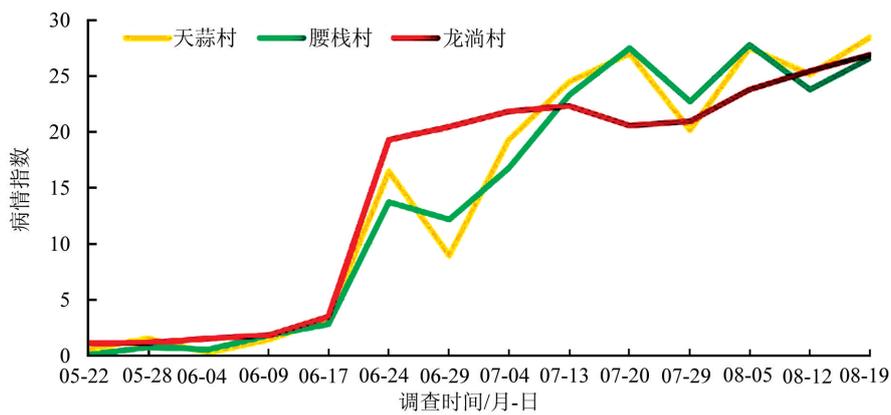


图 3 烟草靶斑病病情指数时间变化曲线

2.4.2 烟草靶斑病病情指数与气象条件灰色关联度分析

对烟草靶斑病病情指数与调查气象参数值进行灰色关联度分析.将 3 个调查基地的每个时
间段病情指数与相关分析与去共线性分析后的气象参数进行关联矩阵分析,拟合后求出每个时
段的关联度结果(表 1).

表 1 烟草靶斑病病情指数不同时间与气象因素的灰色关联度值

时间	气象参数		
	X_1	X_2	X_3
5 月 22 日至 6 月 29 日	0.662 2	0.654 6	0.648 6
7 月 4 日至 7 月 29 日	0.700 1	0.628 2	0.658 7
8 月 5 日至 8 月 19 日	0.789 2	0.635 8	0.686 0

由表 1 可知,10 d 平均气温(X_1)在每个时间段都是与烟草靶斑病病情指数关联程度最大

的因素. 而在 10 d 平均湿度(X_2)与日最高气温 10 d 平均(X_4)中, 10 d 平均湿度在 5 月 22 日至 6 月 29 日、7 月 4 日至 7 月 29 日与烟草靶斑病病情指数的密切程度大于 10 d 平均湿度这一气象参数, 在 8 月 5 日至 8 月 19 日两者的密切程度则相反.

2.4.3 模型实例输出

对应 UI 人机形式, 系统提供输出形式, 信息界面包含输出的汇总结果, 时序结果散列点, 历史测验数据表单等. 为模型应用化及展示界面友好化, 将烟草叶斑病病情指数与危害级别进行划分, 划分依据参考前人研究与基地调查实况分析^[1], 其中, 风险等级 0 代表无, 1 为轻度发生, 2 为中等偏轻发生, 3 为中等发生, 4 为中等偏重发生, 5 为严重发生, 划分结果见表 2.

表 2 烟草靶斑病病情指数与危害级别、预警对应关系

病情指数	0	$0 < Y \leq 5$	$5 < Y \leq 15$	$15 < Y \leq 30$	$30 < Y \leq 40$	$Y > 40$
风险等级	0	1	2	3	4	5
风险描述	无	绿色预警	绿色预警	黄色预警	红色预警	红色预警

通过 UI 人机形式将引起烟草靶斑病发病气象因子导入系统, 得到烟草靶斑病病情指数预测数据. 通过加载调查基地信息, 系统将显示输入日期、输入站点、输入建模因子类别及数值、烟草靶斑病病情指数、风险等级、风险描述等, 系统输出图文界面显示如图 4. 输出界面后台可以加载烟草靶斑病病情指数历史信息.



系统界面分别显示靶斑病预警地点、人参因子、烟草靶斑病预测病情指数、烟草靶斑病预警等级、烟草靶斑病历史发病情况以及防治指导建议. 审图号 GS(2023)2767 号.

图 4 烟草靶斑病病情指数预测系统输入界面及结果界面(以验证点为例)

2.4.4 烟草靶斑病预测模型验证结果

模型精准度验证用于评估模型的性能,通过测量模型在给定数据集上的预测准确性,可以了解模型对于目标任务的完成情况.对 3 个验证点模型输出数据与大田实际发病情况进行分析,模型精准度分别为 89.1%,86.6%和 90.6%(表 3).

表 3 烟草靶斑病预测系统验证

验证地	预测病情指数	实际病情指数	验证时间
天蒜村	6.4	5.7	2023 年 7 月 18 日
腰栈村	8.2	7.1	2023 年 7 月 22 日
龙淌村	5.8	6.4	2023 年 7 月 28 日

3 结论与讨论

本研究通过分析前人文献资料,对烟草靶斑病发病情况进行模型构建,明确烟草靶斑病病情指数与烟草大田整体生育期间的关系为非线性.在生育期前期,两者的关系为线性,在达到适宜发病条件后,两者出现非线性关系.以试验点天蒜村、腰栈村和龙淌村烟草种植地烟草病情指数与发病时间的统计数据作为模型验证,3 个模型验证基地在 6 月下旬时段均发生了烟草靶斑病快速增长的过程,通过查阅记录得知从 6 月 15 日开始整个笃坪乡存在断续小雨天气,长时间段空气湿度较大加之气温的快速上升,促成了靶斑病暴发,这与前人研究结果相似^[32-34].之后病情指数随时间推移虽有正增长或负增长,但在 8 月 19 日对烟草进行采摘前整体为正相关关系.采用相关性分析研究不同气象参数与烟草靶斑病病情指数之间的联系,明确了 10 d 平均气温、10 d 平均湿度与日最高气温 10 d 平均与烟草靶斑病病情指数显著相关.本研究采用模糊数学中灰色关联度对烟株不同时段的病情指数进行分析,该方法在国内外普遍应用于实际生境与智能模块分析中^[35-38].采用灰色关联度分析不同时间段烟草病情指数与不同气象因素的密切程度,结果表明在不同时间段 10 d 平均湿度与日最高气温 10 d 平均值影响烟草靶斑病发病情况的关联度值不同,而 10 d 平均气温一直是影响烟草靶斑病发病的重要因素.3 种气象参数影响烟草靶斑病发病情况关联度顺序不同,但都为正相关.

模型采用 J2EE 平台,集成 Spring 框架搭建了烟草靶斑病病情指数预测平台,支持人机直接测验与数据导入两种方式,通过对病情指数危害程度进行划分,系统根据入参因子输出不同危害等级进行预警提示.加载 GIS 地理信息系统可为使用者提供快速切换功能.加载基地互连信息系统可将基地状况信息化.系统输出结果供烟草相关工作者简便、直观地了解到烟草靶斑病田间发病动态等相关信息,使用过程中仅需获得气象数据即可对烟草靶斑病进行预警.大范围应用时数据可通过气象站获取,小范围应用时可通过手持照度仪进行获取.系统将烟草靶斑病病情指数、预警结果采用数字化形式清晰表达,可为使用人员提供烟田中靶斑病发病情况预测预警,通过不同的预警等级提供合理的防治建议.

本研究尽管在数据处理时采用方差分析表明 3 个调查地之间烟草靶斑病病情指数比较差异无统计学意义,但有研究表明,山地气候复杂,具有多重生态特征,在不同的环境影响下从

而导致局部气候发生变化^[39]。因此,将预测系统应用在不同地区时需要调整入参参数及系数来确保系统稳定性与精准性。

参考文献:

- [1] 孙计平,吴照辉,李雪君,等. 21世纪中国烤烟种植区域及主栽品种变化分析[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(3): 86-92.
- [2] 陈雪梅,周建华,杨淑梅. 城市山地公园地形地貌的保护与利用研究——以重庆、贵州地区为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2014, 39(4): 57-64.
- [3] 凌天孝,李志鹏,张晓帆,等. 巫山烟区海拔高度对烤烟常规化学成分含量及其协调性的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(5): 73-76.
- [4] COSTA A S. Mancha aureolada erqueima do fumo causades por *Corticium colani* [J]. Biologico, 1948, 14: 113-114.
- [5] 王左斌,吴元华,赵秀香,等. “噬肽菌净”对烟草靶斑病的抑菌作用及田间药效试验[J]. 烟草科技, 2007, 40(9): 61-64.
- [6] ELLIOTT P E, LEWIS R S, SHEW H D, et al. Evaluation of Tobacco Germplasm for Seedling Resistance to Stem Rot and Target Spot Caused by *Thanatephorus cucumeris* [J]. Plant Disease, 2008, 92(3): 425-430.
- [7] WANG X Y, YU G CH, ZHAO J Y, et al. Functional Identification of *Corynespora cassicola*-Responsive miRNAs and Their Targets in Cucumber [J]. Frontiers in Plant Science, 2019, 10: 668.
- [8] 谈文. 国外近年暴发流行的一种新病——烟草靶斑病[J]. 烟草科技, 1995, 28(2): 41-42.
- [9] 吴元华,王左斌,刘志恒,等. 我国烟草新病害——靶斑病[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(6): 22, 51.
- [10] 丁伟. 烟草有害生物的调查与测报[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [11] 伏颖. 烟草靶斑病菌遗传分化、侵染特性及致病机理研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2011.
- [12] 刘欣茹,张杰,王学坚,等. 烟草靶斑病有性孢子形成环境条件及致病性的田间观测[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2020, 35(2): 221-226.
- [13] 曹哲铭,李北,赵昌洲等. 烟草2种病害的增长模型及赤星病预测模型研究[J]. 吉林农业大学学报, 2023, 45(5): 539-546.
- [14] 祁雪莲,刘晓宇,孟军. 黑龙江省烟草野火病预警方法研究[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(8): 81-86.
- [15] 郭赛,吴伶. 基于气象因子的烟草普通花叶病毒非线性预测模型[J]. 湖南农业科学, 2019(6): 101-105.
- [16] 胡凤莲,刘宏. 安康市烟草病害预测系统研究[J]. 安徽农学通报(上半月刊), 2012, 18(3): 94-95.
- [17] 徐克学. 生物数学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [18] 何晓群,刘文卿. 应用回归分析[M]. 2版. 北京: 中国人民大学出版社, 2007.
- [19] 张甜,李爽. Stata 统计分析与行业应用案例详解[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2017.
- [20] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [21] 孙佳照,吴筱萌,徐悦,等. 小贯小绿叶蝉与其主要天敌空间关系研究方法的比较[J]. 植物保护, 2021, 47(5): 190-197.
- [22] 程鸿浩,陈诗燕,吴筱萌,等. 茶园花蓟马种群数量与茶叶中生化物质关系的数学分析[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(12): 148-157.
- [23] 董文莉,孟洛明. 基于XML和J2EE的NGOSS数据管理方案[J]. 电子科学技术评论, 2005(4): 39-42, 16.
- [24] 吴其庆. J2EE编程思想与实践[M]. 北京: 北京冶金工业出版社, 2004.
- [25] 林信良. Spring技术手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [26] 马文广,周义和,刘相甫,等. 我国烤烟品种的发展现状及对策展望[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(1): 116-122.
- [27] 曾昭松,吴才源,龙立汪,等. 烤烟品种云烟87生产技术研究进展[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(9): 38-40.

- [28] 叶湛睿, 杨悦章, 鲁松霖, 等. 四川凉山烟区云烟 87 的特征、质量及防病减害措施[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(20): 56-57.
- [29] 吴红红. 复配多肽对强酸性土壤条件下“云烟 87”的生长与品质调控[D]. 武汉: 湖北大学, 2021.
- [30] 李永平, 王颖宽, 马文广, 等. 烤烟新品种云烟 87 的选育及特征特性[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(4): 38-42.
- [31] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 烟草病虫害分级及调查方法: GB/T 23222—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [32] SHEW HD. Infection and Development of Target Spot of Flue-Cured Tobacco Caused by *Thanatephorus cucumeris*[J]. Plant Disease, 1990, 74(12): 1009.
- [33] GONZALEZ M, PUJOL M, METRAUX J P, et al. Tobacco Leaf Spot and Root Rot Caused by *Rhizoctonia solani* Kühn[J]. Molecular Plant Pathology, 2011, 12(3): 209-216.
- [34] 邹海露. 湖南烟草靶斑病病原鉴定与生防菌筛选[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2021.
- [35] SUN J ZH, ZHANG L, LIZ ZH, et al. Study on Biological Control Model of *Empoasca onukii* Matsuda-Take Tea Garden Ecology as an Example[J]. Entomological Research, 2021, 51(12): 595-601.
- [36] 毕守东, 张书平, 余燕, 等. 安徽省茶园假眼小绿叶蝉优势种天敌的评判[J]. 植物保护学报, 2019, 46(4): 910-917.
- [37] 杨绍闻, 党耀国, 王俊杰, 等. 灰色关联模型关联序结果的稳定性检验方法及应用[J]. 控制与决策, 2023, 38(6): 1679-1686.
- [38] 方能炜, 刘兰徽, 邢镛等. 自相关结合灰色关联度的轴承早期故障诊断方法[J/OL]. 机械科学与技术: 1-5 [2024-02-26]. <https://doi.org/10.13433/j.cnki.1003-8728.20220165>.
- [39] RAHBK C, BORREGAARD M K, COLWELL R K, et al. Humboldt's Enigma: What Causes Global Patterns of Mountain Biodiversity? [J]. Science, 2019, 365(6458): 1108-1113.

责任编辑 苏荣艳