

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2023.01.003

基于数字模型的烟草 主要病害预测技术研究进展

陈海涛¹, 王利祥², 冉渝澳³, 孙佳照³

1. 重庆烟草科学研究所, 重庆 400020;
2. 重庆市烟草公司巫山分公司, 重庆 404700;
3. 西南大学植物保护学院, 重庆 400715

摘要: 随着现代数字技术的发展, 数字模型预测技术正成为破解烟草主要病害预防的关键, 目前在烟草病害监测预警方面已有一些专用的软件与技术, 但由于烟草生产种植的复杂性和地区环境条件的差异性, 如何提高数据的精准度仍是预测工作的重难点。因此本文综述了近年来科研工作者在烟草主要病害预测模型中主导预报因子的筛选及数据处理方法的研究进展, 提出了烟草病害预测模型面临的主要挑战, 同时指出烟草病害监测信息化的未来发展趋势, 以期能为烟草病害防控数字化转型提供思路和方法。

关键词: 烟草病害; 预测模型;
预报因子; 发展趋势

中图分类号: S435.72

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2023)01-0018-07

Progress of Research on the Prediction of Major Tobacco Diseases Based on Numerical Models

CHEN Haitao¹, WANG Lixiang², RAN Yuao³, SUN Jiazhao³

1. Chongqing Tobacco Science Research Institute, Chongqing 400020, China;

2. Wushang Branch of Chongqing Tobacco Company, Chongqing 404700, China;

3. School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: With the development of modern digital technology, digital model prediction technology is becoming the key to decipher the prevention of major tobacco diseases. There are some special software and technology in tobacco disease monitoring and early warning, but due to the

收稿日期: 2022-12-02

基金项目: 中国烟草总公司重点研发项目(110202102027)。

作者简介: 陈海涛, 博士, 高级农艺师, 主要从事烟草植保研究与技术推广。

通信作者: 丁伟, 教授, 博士生导师。

complexity of tobacco production and cultivation, and the differences in regional environmental conditions, how to strengthen the accuracy of data is still a major difficulty in prediction work. Therefore, this paper reviews the progress of research on the screening of dominant forecast factors and data processing methods in tobacco disease prediction models, and the main challenges faced by tobacco disease prediction models in recent years, also points out the future development trend of tobacco disease monitoring information technology, in order to provide ideas and methodological references for the digitalized transformation of tobacco disease prevention and control.

Key words: tobacco disease; informatization; predictors; development trend

数字模型是针对参照某种事物系统的特征或数量依存关系,采用数学语言,通过定量分析,概括地或近似地表述出的一种数学结构.烟草病害的发生是指烟草在生物或非生物因子的影响下,发生一系列形态、生理和生化上的病理定性变化的现象.将烟草病害发生的定性实际问题转化为相应的定量数学问题,然后对该问题进行计算分析,再将结果回归到生产实际的整个过程,就是烟草病害的数字模型构建.通过分析导致烟草病害发生的各种环境因子,并预防其对烟草产生的潜在伤害,就可实现种植预期效益和目标^[1-2].数字模型的发展依托于计算机的飞速发展,依托计算机强大的处理技术突破传统单维度分析,从而采用多维度分析,更贴近复杂动态的生活实境.因此数字模型应用在多种领域,包括人工智能、金融支付、智能制造等.在农业生产上,数字农业同样发挥了重要作用.数字农业是将信息作为农业生产要素,用现代信息技术对农业对象、环境和全过程进行可视化表达、数字化设计、信息化管理的现代农业,是国家的基础支柱产业,是农业生产向智能化转型的必然趋势^[3-4].数字农业使信息技术与农业各个环节实现有效融合.根据目前国内智慧农业市场发展阶段和大致行业分布,当前在农业产业链上提供信息化服务的企业和占比主要分为精细化种养殖、农机自动驾驶、无人机植保、软件及数据平台服务^[5].近些年,全国在植保科研、推广及等领域大面积应用物联网技术,在病虫害实时视频监控、害虫性诱自动监测、气候模拟实时监测等方面做了有益尝试,科研工作者研发了一些可用于病虫害实时监控的设备和应用系统^[6].植保数字化平台建设需要把生产与实际紧密结合,充分考虑病虫害监测预警的区域性和针对性,同时也需要注意基础数据来源的准确性.以强化研究对象精确性、增强实际应用性为目的,在总体上可以实现监测区域布局和数据智能采集,应用于生境监控、远程诊断、区域预报、分类指导等^[7-9].针对传统病害监测手段存在时耗长、人工成本高、数据质量不高等问题,将性诱捕技术与物联网技术相结合,开发基于物联网的智能监测系统,实现对目标病害的自动计数,从而实现植物病害测报的自动化和智能化,提高监测的效率^[10].植物病害预测模型的发展主要经历了3个阶段(图1):第1阶段是由经验为主导的模型,如经验法、历期法等^[11].这些模型构建简单,使用方便,多是把实践经验和规律加以总结,应用在生产中;第2阶段是由数学建模为主的多种数学指导模型,通过收集大量实验信息,采用数学分析将结果转化为预测模型,经典模型有多元回归、灰色预测模型、马尔科夫链等^[12-16];第3阶段是计算机辅助建模,通过向计算机程序导入大量数据,构建出可以预测当下及未来多年烟草病害的发病情况,代表模型有神经网络、支持向量机、随机森林等^[17-21].在烟草病害准确预测的基础上,烟草病害信息化检测系统用于智能分析烟草病害发展情况,并做出及时、有效和正确的指导,在最大程度上挽回经济损失,提高经济效益.

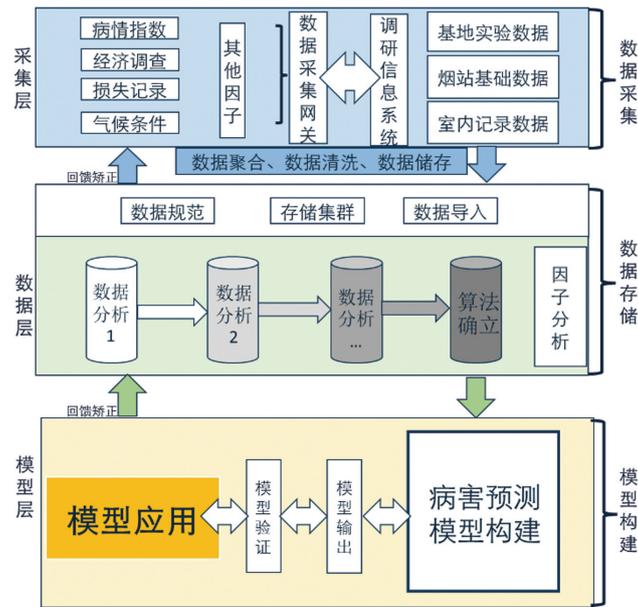


图 1 预测模型运算逻辑

1 烟草病害分类及相关预测模型

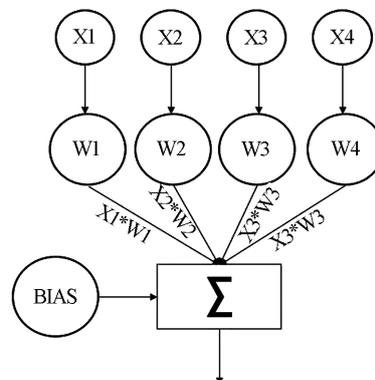
1.1 烟草青枯病及预测模型

烟草青枯病(Tobacco bacterial wilt)是由青枯雷尔氏菌(*Ralstonia solanacearum* Smith,)引起的一种毁灭性土传病害^[22-23]. Li等^[24]通过研究证实土壤 pH 值在 4.5~5.5 的范围内是青枯病发病的最适土壤条件. 韦颖文等^[25]通过对广东雷州土壤与气象因素的分析, 采用灰色系统与多元回归方法建立了青枯病发病预测模型(图 1). 多元线性回归模型的基本预测公式为:

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+\dots+b_nX_n+K$$

其中 b_0 为常数项, b_1 到 b_n 为回归系数, K 为常数.

石名旺等^[26]通过对吴川地区的气候条件与青枯病发病情况的统计, 总结出灰色系统预报模型的精准度高于多元线性回归模型. 数学预测模型相对经验法能够客观准确预测出青枯病的发病情况. 董一雷等^[27]采用人工神经网络方法, 运算原理如图 2. 对四川宜宾地区青枯病发病情况进行了预测. 采用人工神经网络模型预测青枯病发病情况准确率可达 90% 以上, 超过了一般数学模型所预测的病害发生情况的准确率.

图 2 神经网络模式^[28]

1.2 烟草野火病及预测模型

烟草野火病是由丁香假单胞菌烟草致病变种(*Pseudomonas syringae* pv.tabaci)引起,野火病可直接破坏叶片组织,同时分泌毒素,还会对叶片细胞造成伤害.首次由美国人 Wolf 和 Foster 在 1917 年报道^[1, 29].杨信东等^[30]对气候条件进行研究,建立多元回归方程预测野火病发病情况,明确了温度、降雨等气候因素是造成烟草野火病发病的重要气候条件.刘晓宇^[31]使用 MATLAB 建立了野火病病情随机森林决策树预警模型,原理如图 3,采用计算机语言进行模型构建可以快速处理大量数据,可有效对烟草野火病发病时间及病情指数做出预判.

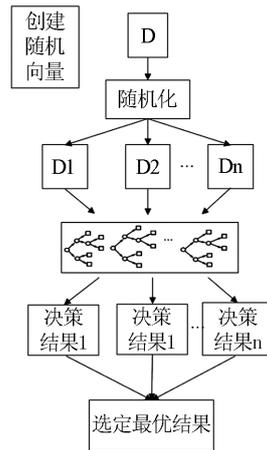


图 3 随机森林增长模型^[28]

1.3 烟草赤星病及预测模型

烟草赤星病(tobacco brown spot)是为害烟草生产的一种真菌性病害.该病具有间歇性和暴发性特点,重点侵染中后期的烟叶,使得叶片破烂^[1].黎妍妍等^[32]通过对环神农架烟区烟草病情指数进行调查,采用一元多次方程对烟草发病情况与时间关系构建模型.云南省农业科学院农业环境资源研究所研究人员通过对当地烟草赤星病高发期时段的调查研究^[33],采用 7—8 月气候数据与发病情况数据建立了多元一次线性时序模型.通过时序模型可以预判每年烟草赤星病发病动态,宏观掌握该地区赤星病盛发期情况.袁守超^[34]对吉林地区 4 年赤星病发病情况与气候条件进行调查,通过不同数学模型对比,最终认为逻辑斯蒂增长模型(图 4)与其他预测模型相比具有较好的预测结果.

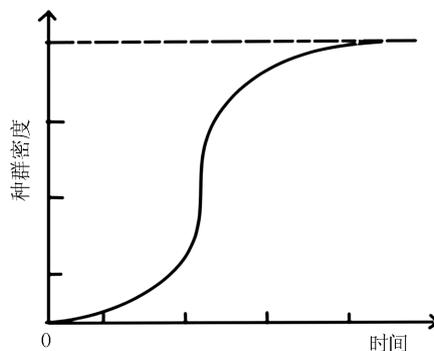


图 4 逻辑斯蒂增长模型^[35]

1.4 烟草靶斑病及预测模型

烟草靶斑病(Tobacco target spot)是一种重要的烟草叶部病害,其流行快、发病重、传播迅猛,在世界多个国家和地区发生,为害严重且防治困难^[36].曹哲铭等^[37]采用SPSS软件建立多种预测模型 $Y = -42.654 - 0.285X_1 + 4.260X_2 - 0.361X_3 + 0.162X_4 + 0.04X_5 + 0.103X_6 - 0.015X_7$,通过不同气候变量来预测烟草靶斑病病情指数.同时采用历年靶斑病病情指数与时间的关系建立时序模型,通过对模型精准度进行对比,筛选出3次函数与逻辑斯蒂增长模型,能够较为准确地预测靶斑病发病情况.

1.5 烟草根结线虫病及预测模型

烟草根结线虫病是由根结线虫(*Meloidogyne* spp.)感染所引起的一种土传病害,严重为害作物根系,造成农作物减产^[38].目前国内外已经报道的根结线虫有100多种,其中为害烟草生长的主要是南方根结线虫(*Meloidogyne incognita*)^[1, 39].江其朋等^[40]通过对凉山地区的土壤进行分析,明确土壤中交换性镁、交换性钙及pH值等与根结线虫数量显著相关.黄阔等^[41]分析出沙质土壤是根结线虫发病的重要因素.吉贵锋等^[42]和董昆乐^[43]针对调查样地的根结线虫病发生时间与发病情况进行分析,采用经验预测模型,预测出在7月上旬是当地根结线虫病发病高峰期.

2 烟草病害预测模型类别

2.1 基于不同模型对烟草病害进行分类

目前,烟草病害预测模型大致可分为以数理统计为主的数学模型与各种程序开发的计算机模型,而传统的经验预测因不具有定性和定量因素,现已极少使用.在数理统计模型中回归分析因处理问题广泛、所需数据量适中、操作简便等优点,最常应用于对各种病害进行预测.由于病害发生需多种条件,且发生情况较为复杂,因此多元非线性回归模型在病害预测体系中最常用^[44-45].灰色系统在处理难定性及定量问题中应用广泛,其原理是通过公式将不确定性量转化为灰色量,再通过运算转化为确定分析量.该方法优点是不必获取全部信息量或信息类别,通过时序模型即可掌握病害变化,因此在植物病害预测中应用广泛^[46-52].近年来计算机发展迅速,依托程序处理的复杂模型逐渐被应用在烟草病害预测中.人工神经网络是一种高纬度非线性数据信息处理技术,具有自适应性强、处理数据量大、非线性拟合性强等优点,被广泛使用在烟草病害预测中^[39-52].此外,随机森林、支持向量机等模型也被应用在病害发生情况预测领域^[53].

2.2 基于预测时间长短进行分类

烟草病害预测根据时间长短分为短期、中期、长期和超长期预测^[1].短期预测其期限对烟草病害一般为1周内,常用于对近期内病害发生为害情况进行预测,指导近期病害具体防治工作;中期预测是对病害发生为害情况在10~19 d进行预测,用于指导防治某种病害工作方案的制订;长期预测是对病害发生为害情况在3个月以上的预测,预测结果呈现的是病虫害发生的大趋势;超长期预测则对整个烟叶生产过程具有指导意义^[1].

3 烟草病害预测模型面临的挑战及发展趋势

3.1 烟草病害预测模型面临挑战

烟草病害复杂多样,其病因有植物自身因子、生物致病因子、非生物致病因子、生长竞争因子、微生态因子、人为因子^[54].在烟草病害预测模型中,大部分科研工作者把目光集中于气候因素、土壤因素等植物外环境,而忽视了植物内环境及生物因素在病害中的影响,建立的预测模型在系统稳定性及精准性上有所欠缺.现今对于烟草病害数据情况掌握较少,不少科研工

作者使用的数据在5年以内,有的数据存在缺失,所构建出的模型具有极大偶然性.目前可用于烟草病害的模型有数10种,对模型评判的指标只有准确率一项,针对模型实际应用的便捷性、数据容纳性、使用广泛性等没有界定标准,因此在实际生产中很难将模型准确应用.

3.2 烟草病害预测模型发展趋势

1)准确预测烟草病情.需要考虑各种生物因素如微生态因素、植物自身因素等对病害的影响,并将生物因素指标纳入到模型体系中.

2)关注病害-病害以及病害-虫害交互作用.当植物与周围生物产生相互关系时,其原有生态环境平衡发生改变,引起植物自身做出反应,使得植物病害情况发生改变,其受到种间竞争、种间互惠等的影响.考虑种间作用对烟草病害发生情况的影响可以较大程度消除各种因素多重共线性带来的模型中过拟合现象.

3)开发烟草病害预测专业模型.现存在的预测模型高度依赖开发者对预测模型的先验知识,针对烟草病害预测表达非专一化,其可能存在部分非适用情况.开发专业用于烟草病害预测模型以及智能信息监测系统,除考虑模型精准性与稳定性外,还要考虑系统适用性,做到烟草病害监测信息化与智能化分析.

参考文献:

- [1] 丁伟.烟草有害生物的调查与测报[M].北京:科学出版社,2018.
- [2] 张兆扬,陈征,李朋彦,等.现代烟草农业背景下的烟农专业合作社发展浅析[J].湖南农业科学,2015(6):96-99.
- [3] 魏祥帅.江苏数字农业建设发展思考[J].江苏农村经济,2021(7):29-31.
- [4] 李丽君.智慧农机在数字农业发展应用中的“润果”模式探索[J].当代农村财经,2022(10):15-19.
- [5] 许诺.数字农业的转型之路[J].数据,2022(10):6-8.
- [6] 黄冲,刘万才.试论物联网技术在农作物重大病虫害监测预警中的应用前景[J].中国植保导刊,2015,35(10):55-60.
- [7] 张晨光,詹有松,许新新,等.数字化赋能农作物病虫害监测预警体系的建设[J].浙江农业科学,2022,63(5):1082-1087.
- [8] 文韬,洪添胜,李立君,等.橘小实蝇成虫诱捕监测装置的设计与试验[J].农业工程学报,2014,30(11):37-44.
- [9] ELIOPOULOS P A, POTAMITIS I, KONTODIMAS D C. Estimation of Population Density of Stored Grain Pests via Bioacoustic Detection [J]. Crop Protection, 2016, 85: 71-78.
- [10] 邱荣洲,赵健,池美香,等.基于物联网的害虫智能监测系统设计与实现[J].福建农业学报,2020,35(2):235-242.
- [11] 温晓慧.浅谈作物病虫害的预测方法[J].黑龙江科技信息,2010(25):241.
- [12] 江平,康晓慧.用逐步回归分析模型预测水稻稻瘟病流行趋势[J].广东农业科学,2014,41(12):72-74,84.
- [13] 刘诚,孙志鹏,季振义,等.不同耕作方式下气候条件对小麦条锈病的影响:基于面板数据极大似然分位回归模型的分析[J].四川农业大学学报,2018,36(5):605-610.
- [14] 吴宁.基于灰色关联分析和优化SVM的葡萄霜霉病短期预测[D].上海:上海海洋大学,2020.
- [15] 南都国,于连波,辛惠南,等.灰色聚类分析在农作物病害预测预报中的应用[J].黑龙江八一农垦大学学报,1997,9(1):1-6.
- [16] 杨德伟,卓景愉,许浩然.小麦白粉病的灰色预测与马尔可夫链法预测的研究[J].植物病理学报,1990,20(1):67-72.
- [17] 秦华.基于自适应神经网络的葡萄病害发生预测研究[D].保定:河北农业大学,2009.
- [18] 谢泽奇,张会敏.基于深度学习算法的农作物灾害预测研究[J].现代电子技术,2021,44(4):107-110.
- [19] 熊凯,杨启良,杨春曦,等.基于病害高发期气象因子的三七病害发生率预测[J].农业工程学报,2020,36(24):170-176.
- [20] 徐敏,徐经纬,谢志清,等.随机森林机器学习算法在江苏省小麦赤霉病病穗率预测中的应用[J].气象学报,2020,78(1):143-153.

- [21] 袁培森, 曹益飞, 马千里, 等. 基于 Random Forest 的水稻细菌性条斑病识别方法研究 [J]. 农业机械学报, 2021, 52(1): 139-145, 208.
- [22] 丁伟, 刘颖, 张淑婷. 中国烟草青枯病志 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [23] HAYWARD A C. Biology and Epidemiology of Bacterial Wilt Caused by *Pseudomonas Solanacearum* [J]. Annual Review of Phytopathology, 1991, 29: 65-87.
- [24] LI S L, LIU Y Q, WANG J, et al. Soil Acidification Aggravates the Occurrence of Bacterial Wilt in South China [J]. Frontiers in Microbiology, 2017, 8: 703.
- [25] 韦颖文, 邓艳, 施仲美, 等. 预测桉树青枯病发生流行模型的研究 [J]. 广西林业科学, 1998, 27(4): 170-173.
- [26] 石明旺, 林雪坚, 吴光金, 等. 桉树青枯病测报模型的研究 [J]. 中南林学院学报, 1997, 17(2): 26-31.
- [27] 董一雷. 大数据平台下的烟草主要病虫害预测研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2020.
- [28] 刘瑜. Python 编程从零基础到项目实战: 微课视频版 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [29] LUCAS G B. Diseases of Tobacco(Third Edition)[M]. Raleigh: publisher unknown, 1975: 397-405.
- [30] 杨信东, 李葵花, 高洁, 等. 烟草野火病“天气促病指数”表解模型的建立 [J]. 吉林农业大学学报, 2002, 24(2): 86-90.
- [31] 刘晓宇. 黑龙江烟草产量预测及病害预警方法研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
- [32] 黎妍妍, 李锡宏, 黄凯. 环神农架烟区烟草赤星病流行动态研究 [J]. 安徽农业科学, 2021, 49(23): 168-170.
- [33] 云南省烟草赤星病预测预报及防治研究. 云南省, 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 2001-01-01.
- [34] 袁守超. 吉林省烟草三种叶部病害预测模型及防治指标的研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2021.
- [35] 徐荣辉. 逻辑斯蒂方程研究及应用 [J]. 忻州师范学院学报, 2011, 27(5): 28-30.
- [36] COSTA A S. Mancha Aureolada Erequieima do Fumo Causades por *Corticium Colani*[J]. Biologico, 1948, 14: 113-114.
- [37] 曹哲铭, 李北, 赵昌洲, 等. 烟草赤星病、靶斑病增长模型及预测模型研究 [J/OL]. 吉林农业大学学报, (2020-09-03)[2022-02-16]. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2020.5721>.
- [38] MWAGENIW, BLOK V, DAUDI A, et al. The Importance of Tropical Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* SPP.) and Factors Affecting the Utility of *Pasteuria Penetrans* as a Biocontrol Agent [J]. Nematology, 2000, 2(8): 823-845.
- [39] JONES J T, HAEGEMAN A, DANCHIN E G J, et al. Top 10 Plant-Parasitic Nematodes in Molecular Plant Pathology [J]. Molecular Plant Pathology, 2013, 14(9): 946-961.
- [40] 江其朋, 江连强, 龚杰, 等. 影响四川凉山地区烟草根结线虫病发生的关键因子分析 [J]. 中国烟草学报, 2021, 27(6): 89-98.
- [41] 黄阔, 武霖通, 丁伟, 等. 烟草根结线虫病发生规律及综合防治方法 [J]. 植物医生, 2018, 31(3): 57-59.
- [42] 吉贵锋, 王永, 赵红朝, 等. 豫西烟区烟草主要病虫害发生规律及综合防治技术研究 [J]. 农业与技术, 2015, 35(2): 34-35.
- [43] 董昆乐. 2012 年河南省宜阳县烟草病虫害预测预报分析 [J]. 生物灾害科学, 2013, 36(4): 374-378.
- [44] 宋立新. 概率论与数理统计 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2003.
- [45] 刘泽. 统计学基础 [M]. 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2017.
- [46] 刘坤, 钱永德, 张福军. 蚁群灰色神经网络模型在稻瘟病预测中的应用 [J]. 自动化仪表, 2013, 34(2): 30-33.
- [47] 陈观浩, 张耀忠, 董鹏. 早稻叶瘟灰色灾变长期预测模型 [J]. 山地农业生物学报, 2003, 22(6): 509-511.
- [48] 滕明佳. 小麦赤霉病灰色预测及综合防治 [J]. 云南农业大学学报, 2000, 15(3): 240-241.
- [49] 陈立波. 攀枝花烤烟病虫害测报体系的建设与成效及改进建议 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.
- [50] 王刚. 我国烟草病虫害预测预报工作进展与展望 [J]. 中国烟草科学, 2004, 25(1): 44-46.
- [51] 高灵旺, 陈继光, 于新文, 等. 农业病虫害预测预报专家系统平台的开发 [J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 154-158.
- [52] 李祚泳, 彭荔红. 基于人工神经网络的农业病虫害预测模型及其效果检验 [J]. 生态学报, 1999, 19(5): 759-762.
- [53] 刘勇昌. 基于光谱分析的烟草花叶病毒病和马铃薯 Y 病毒病诊断模型 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2021.
- [54] 丁伟. 论植物医学 [J]. 植物医学, 2022, 1(1): 5-17.