

基于物联网技术的日光温室黄瓜白粉病预警系统研究

王晓蓉¹, 吕雄杰², 贾宝红²

(¹天津市农业科学院, 天津 300192; ²天津市农业科学院信息研究所, 天津 300192)

摘要:运用物联网技术实现对日光温室黄瓜的生长环境包括空气温湿度与土壤温湿度和白粉病发病状况进行了实时动态监测和采集, 并采取 Logistic 回归模型建立日光温室黄瓜白粉病预警模型, 以期探索基于物联网技术的日光温室黄瓜白粉病预警系统的设计与构建。研究结果表明: 湿度特征变量(最大空气湿度)、温度特征变量(最大空气温度)对日光温室黄瓜白粉病的发病概率均有显著影响, 且基于物联网技术构建日光温室黄瓜白粉病预警系统是可行的。

关键词: 日光温室; 黄瓜; 白粉病; 物联网; 预警模型

中图分类号: S642.2

文献标志码: A

论文编号: cjas16040015

Construction of Cucumber Powdery Mildew Early Warning System in Solar Greenhouse Based on Internet of Things

Wang Xiaorong¹, Lv Xiongjie², Jia Baohong²

(¹Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300192, China;

²Institute of Information Science, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300192, China)

Abstract: In order to explore the design and construction of cucumber powdery mildew warning system in solar greenhouse, internet of things technology was used to conduct the real-time dynamic monitoring of the incidence of cucumber powdery mildew and cucumber growth environment in solar greenhouse. The growth environment included temperature and humidity of air and soil. Logistic regression model was used to construct cucumber powdery mildew warning model. The results showed that humidity characteristic variable (maximum air humidity) and temperature characteristic variable (maximum air temperature) had significant effects on the incidence probability of cucumber powdery mildew in solar greenhouse. And it was feasible to construct cucumber powdery mildew warning system in solar greenhouse with internet of things.

Key words: Solar Greenhouse; Cucumber; Powdery Mildew; Internet of Things; Warning Model

0 引言

黄瓜白粉病是一种广泛发生的世界性病害^[1], 一般在黄瓜生长中、后期病情发展传播迅速, 会导致大量减产, 造成较为严重的经济损失^[2]。近几年, 黄瓜白粉病的发生愈发严重^[3], 成为黄瓜三大病害之一^[4], 特别是对日光温室黄瓜的影响甚为严重^[5]。目前研究表明, 白粉病的发生流行主要取决于温室的温湿度^[6]。白粉菌产生分生孢子的适温为 15~30℃, 相对湿度 80%

以上, 且分生孢子发芽和侵入的适宜相对湿度为 90%~95%^[7]。为此, 研究温室黄瓜白粉病发生流行情况与温室内温度、湿度等环境影响因素的关系, 构建病害发生监测预警模型, 有利于及时制定预防计划, 实现绿色化、高效化的防治^[4]。

目前, 传统农业正在向现代农业转型, 农业物联网技术正是农业走向信息化、智能化的必然条件^[8]。近年来, 中国农业物联网进入了快速发展阶段, 智能感

基金项目: 天津市科技支撑计划资助项目“基于物联网技术的设施蔬菜病害预警与诊断研究”(15ZCZDNC00120)。

第一作者简介: 王晓蓉, 女, 1982 年出生, 山西太原人, 助理研究员, 硕士, 研究方向: 农业信息化、农业发展战略、农业经济与管理等方面研究。通信地址: 300192 天津市南开区白堤路 268 号农科大厦 23 楼 2303 室 天津市农业科学院, Tel: 022-87670309, E-mail: wxr276@126.com。

通讯作者: 吕雄杰, 男, 1977 年出生, 湖北武汉人, 副研究员, 硕士, 主要从事农业信息技术应用研究。通信地址: 300192 天津市南开区白堤路 268 号农科大厦 20 楼 2006 室 天津市农业科学院信息研究所, E-mail: 378666409@qq.com。

收稿日期: 2016-04-13, **修回日期:** 2016-06-24。

知、无线传感网、云计算与云服务等物联网技术正在向农业产业各个领域渗透^[9]。其中,将物联网技术运用到精准农业中,可有效提高农业生产力,特别是可有效解决制约精准农业发展的重要问题——如何简便快速地采集到作物的环境信息和生长信息^[10]。同样,开展黄瓜病害发生情况调查研究亦需要实时跟踪监测、分析和处理温室温湿度、黄瓜生长状况等海量信息^[11],若只依靠人工,不仅工作量大而繁琐,费时费力,而且较难保证数据采集的质量与时效性,而运用物联网技术则可有效解决这些问题^[12]。为此,笔者将农业物联网关键技术与黄瓜白粉病发生预测模型相结合,探索基于物联网技术的日光温室黄瓜白粉病监测预警系统的构建,旨在为今后利用物联网技术探索作物病害流行规律和构建相关模拟模型奠定前期基础。

1 系统构成

基于物联网技术的日光温室黄瓜白粉病监测预警系统由3个部分组成,即感知层、网络层和应用层。感知层可实现环境信息数据采集;网络层可实现环境信息数据传输;应用层可实现环境信息数据统计分析,并进行及时预警和科学决策。

1.1 感知层

针对日光温室内生产环境的特点,选取国家农业信息化工程技术研究中心研制的具有自主知识产权,且能够适应温室中高温、高湿的生产环境,精度和稳定性满足设施生产需求的无线传感器。空气温度传感器,测量范围-20~70℃,测量精度±0.1℃,工作温度-20~70℃;空气湿度传感器,测量范围0~100% RH,测量精度±2% RH,工作温度-20~70℃;土壤温度传感器,测量范围-20~100℃,测量精度±0.2℃;土壤湿度传感器,测量容积含水率,单位%,量程0~100%,测量精度±3%。

1.2 网络层

网络层分为2种子网,分别为温室内部感知节点间的自组织网络和温室与监控中心的通信网络。温室内部感知节点间的自组织网络通过 ZigBee 连接各种传感器,实现对温室内环境信息数据的自动采集,进而实现各节点数据在温室中继设备汇聚、传输。温室与监控中心的通信网络是温室环境数据通过温室内部自组织网络在温室中继节点汇聚后,执行控制器通过串口服务器将 485 协议转换为网络协议,然后再通过交换机与无线网桥连接,最终将环境监测数据通过无线传输方式传回到监控中心^[13]。

1.3 应用层

监控中心系统由服务器、操作台及物联网监控软件等组成。该系统使用 Eclipse 3.4 作为软件开发环

境,数据库为 Mysql 5.0, Tomcat 5.5 作为浏览器查看服务器。服务器配置为 DELL 双路四核塔式服务器,处理器为 Xeon E 5620,开发工具为 Eclipse 3.4+icharts 1.2+Tomcat 6.0,技术框架为 Spring 2.5+Struts 2.5+Hibernate 3.0。物联网监控软件部署在监控中心服务器上,具备以列表和曲线的形式对历史数据和实时数据进行展示的功能,另外还可以对历史数据进行下载和分析。

2 数据采集

2014年在天津市现代农业科技创新基地选取4栋种植相同品种黄瓜的日光温室,对黄瓜白粉病病害发生情况进行全年调查,发现其中一个日光温室发生了较为严重的白粉病。具体发病情况如下:春茬黄瓜自定植以来,从2014年3月20日开始发现发生白粉病,至2014年3月25日白粉病已经很严重,一直持续至2014年4月底;秋冬茬黄瓜从2014年9月1日开始发生白粉病,一直持续至2014年12月底。

与此同时,运用日光温室黄瓜白粉病监测预警系统,采用无线传感器采集温室内的主要环境因子,利用无线传输实现数据的自动获取与传输,实现对温室内空气温度、空气湿度、土壤温度、土壤湿度的全天候不间断监测。

3 黄瓜白粉病预测模型构建

3.1 模型选取和变量定义

将黄瓜白粉病是否发生作为因变量,最高空气温度、最大空气湿度、最高土壤温度、最大土壤湿度作为自变量,进行模型分析。由于黄瓜白粉病是否发生的分析属于二分类因变量的分析,使用非线性函数效果较佳,其中 Logistic 分布是最常用的一种函数,一般运用 Logistic 回归模型对分类因变量与连续或分类自变量之间的非线性关系进行估计^[14],为此,本研究选择 Logistic 回归模型进行分析。

首先,列出黄瓜白粉病是否发生(Y)的线性概率模型,见公式(1)。

$$Y = F(\text{温度特征变量, 湿度特征变量}) + \text{随机扰动} \quad (1)$$

然后,根据公式(1)列出黄瓜白粉病是否发生(Y)的 Logistic 回归模型,见公式(2)。其中, P_r 表示黄瓜白粉病是否发生(Y)的发生概率, α 和 β 表示常数和回归系数, X 是自变量,

$$P_r = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X)}} \quad (2)$$

由于研究对象黄瓜白粉病是否发生(Y)包含一个以上的自变量,则令 $Z = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$, n 表示自

变量的个数,因此 Logistic 回归模型(2)可以变为 Logistic 回归模型(3)。

$$P_r = \frac{1}{1 + e^{-z}} \dots\dots\dots (3)$$

模型中各变量的名称与定义详见表1。

表1 Logistic 回归模型的变量名称与定义

变量	变量名称	变量定义
因变量	黄瓜白粉病是否发生(Y)	不发生=0,发生=1
自变量	最高空气温度(X_1)	实际数值
	最高土壤温度(X_2)	实际数值
	最大空气湿度(X_3)	实际数值
	最大土壤湿度(X_4)	实际数值

3.2 模型检验

运用 SPSS 16.0 进行 Logistic 回归,选择 Backward (Wald)方法对数据进行模拟计量,将 Wald 值不显著的自变量(土壤温度、土壤湿度)逐次剔除,再逐次回归,直到模型系数的混合检验(Omnibus Tests of Model

Coefficients)、最大似然平方的对数值检验(-2loglikelihood=36.720)、Hosmer-Lemeshow 检验、最终预测分类检验、最终模型参数检验等检验结果良好,获得最终模型。

模型系数的混合检验:取显著性水平 0.05,考虑到自由度 $df=2$,可查出卡方临界值 5.991。计算的卡方值 36.897,大于临界值,并且相应的 Sig. 值小于 0.05,因此在显著性水平为 0.05 的情况下,模型通过检验,见表 2。

最大似然平方的对数值检验:用于检验模型的整体性拟合效果,该对数值为 36.720,大于卡方临界值 5.991,该检验通过。见表 2。

Hosmer-Lemeshow 检验:取显著性水平 0.05,根据自由度数目 $df=8$,得到卡方临界值 15.507。计算得到 Hosmer-Lemeshow 检验的卡方值为 1.029,小于 15.507,并且 Sig. 值大于 0.05,表明该检验通过。见表 2。

最终预测分类的准确度如表 3 所示,白粉病发生预测正确率为 98.6%;白粉病不发生的概率为 60.0%。总的预测正确率为 96.0%,模型效果较好^[15]。

表2 模型系数的混合检验

模型系数的混合检验				模型摘要			Hosmerand-Lemeshow 检验		
	卡方值	自由度	显著性	最大似然平方的对数值	Cox-Snell 拟合优度	Nagelkerke 拟合优度	卡方值	自由度	显著性
Step	36.897	2	0.000						
Block	36.897	2	0.000	36.720	0.217	0.562	1.029	8	0.998
Model	36.897	2	0.000						

表3 预测分类表

观测值		预测值		
		白粉病发生		正确概率/%
		0	1	
白粉病发生	0	6	4	60.0
	1	2	139	98.6
总比例				96.0

最终模型的变量检验如表 4 所示,B 对应的是最终模型参数估计值:常数项为-46.186,最大空气湿度的回归系数为 0.597,最高空气温度的回归系数为-0.054。从 Sig. 值来看,最大空气湿度回归系数的置信度接近 100%,而最高空气温度的回归系数只有 40%以上。从模型模拟结果可知,湿度特征变量(最大空气湿度)、温度特征变量(最大空气温度)对日光温室黄瓜白

粉病的发病概率均有显著影响,其中最大空气湿度与其呈显著正相关,最大空气温度与其呈较显著的反向相关。

3.3 模型建立

根据表 4 可建立线性关系,见公式(4)。

$$Z = -46.186 + 0.597H_a - 0.054T_a \dots\dots\dots (4)$$

式中: H_a 、 T_a 分别代表最大空气湿度、最高空气温度。

将上面的关系式代入 Logistic 回归模型(3),得到最终黄瓜白粉病发生预测模型(5)。

$$P_r = \frac{1}{1 + e^{46.186 - 0.597H_a + 0.054T_a}} \dots\dots\dots (5)$$

4 结论与讨论

本研究将农业物联网技术与黄瓜白粉病发生预测模型相结合,建立了基于物联网技术的日光温室黄瓜白粉病监测预警系统。该系统一方面采取 Logistic 回

表4 模型中的变量检验

	<i>B</i>	<i>S.E.</i>	<i>Wald</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Exp(B)</i>
最高空气温度	-0.054	0.095	0.321	1	0.571	0.947
最大空气湿度	0.597	0.149	16.132	1	0.000	1.816
常数	-46.186	13.090	12.450	1	0.000	0.000

归模型构建黄瓜白粉病发生预测模型,探明了黄瓜白粉病发生概率与温室内主要环境因子之间的关系,同时模型检验结果较优,表明系统模型在预测温室黄瓜白粉病发生方面具有较强的实用性;另一方面系统综合运用无线传感器、通信网络传输、信息智能处理等农业物联网技术,实现对黄瓜日光温室环境因子变化情况及黄瓜白粉病病情的实时、动态、线上监测与及时、精准防控,转变传统农业信息监测与管理方式,为探索日光温室栽培管理的精准化、信息化、现代化发展奠定了一定的基础。

今后日光温室黄瓜白粉病监测预警系统仍有较大的完善空间,主要有以下3个方面:一是增加日光温室环境调控功能,当温室内温度或湿度超过系统设定临界值时,系统发送指令给风机,从而开启温室通风口,以降低温室内温度和湿度;二是实现预警模型的系统嵌入,运用BP神经网络构建日光温室黄瓜白粉病预警模型,结合嵌入式技术,完善和强化整个系统的预警功能;三是进一步改进日光温室黄瓜白粉病预警模型,丰富模型自变量,把品种抗性、栽培管理水平等非环境因素作为补充^[6],考虑到随着时间的推移,病原菌的致病性及环境耐受力也会发生变化^[17],所以需不断对回归方程进行校正,保持模型的滚动发展,以达到预警效果动态最佳。

参考文献

- [1] 刘苗苗,刘宏宇,顾兴芳,等.黄瓜白粉病抗性遗传规律及分子标记研究进展[J].中国蔬菜,2009(24):7-12.
- [2] 冯东昕,李宝栋.主要瓜类作物抗白粉病育种研究进展[J].中国蔬菜,1996(1):55-59.
- [3] 李付军,王佰晨,吴红,等.防治黄瓜白粉病田间药效试验[J].现代园艺,2015(16):6.
- [4] 尹哲,原锴,谷培云,等.京郊温室大棚黄瓜白粉病流行预测模型构建[J].中国植保导刊,2014(3):46-48.
- [5] 张淑霞,孙兆法,宋朝玉,等.温室黄瓜白粉病的发生与防治[J].西北园艺:蔬菜专刊,2009(1):28-29.
- [6] 吕佩珂,苏慧兰,高振江,等.中国现代蔬菜病虫害原色图鉴[M].呼和浩特:远方出版社,2008:174-175.
- [7] 王爱英.黄瓜白粉病流行主导因素及病害防治的初步研究[D].保定:河北农业大学,2003:17-20.
- [8] 许世卫.我国农业物联网发展现状及对策[J].中国科学院院刊,2013,28(6):686-692.
- [9] 赵春江.对我国农业物联网发展的思考与建议[J].农村工作通讯,2014(7):25-26.
- [10] 瞿华香,赵萍,陈桂鹏,等.基于无线传感器网络的精准农业研究进展[J].中国农学通报,2014,30(33):268-272.
- [11] 李明,赵春江,杨信廷,等.温室蔬菜病害预警体系初探——以黄瓜霜霉病为例[J].中国农学通报,2010(6):324-331.
- [12] 焦俊,张水明,杜玉林,等.物联网技术在农田环境监测中的应用[J].中国农学通报,2014,30(20):290-295.
- [13] 吕雄杰,陆文龙,王艳,等.基于物联网技术的日光温室黄瓜智能灌溉控制系统研究[J].天津农业科学,2014,20(9):34-37.
- [14] 王济川,郭志刚.Logistic回归模型——方法与应用[M].北京:高等教育出版社,2001:10-17.
- [15] 卢纹岱.SPSS for Window 统计分析[M].北京:电子工业出版社,2006:323-326.
- [16] 徐宁.塑料大棚黄瓜白粉病和霜霉病流行预测和管理系统的研究[D].南京:南京农业大学,2003.
- [17] 范绍强,谢咸升,李峰,等.山西省小麦条锈病流行趋势预测模型研究[J].中国农业生态学报,2007,15(4):113-155.