

比利时马铃薯晚疫病预警系统及其在我国的应用

谢开云

车兴壁

(中国农科院蔬菜花卉研究所, 北京 100081) (重庆市植保植检站, 重庆 400020)

Christian Ducatillon

Francois Serneels

(C. A. R. A. H-Ferme Experimentale et Pedagogique, 301, rue de l' Agriculture-7800 ATH, Belgium)

摘要: 利用晚疫病预测预报模型可以准确地预报晚疫病发生的时间, 指导薯农适时适量地用药。比利时利用 CARAH 模型 15 年来取得了很好的效果, 消除了由晚疫病造成的损失并减少了杀菌剂的施用量。本文详细地介绍了该模型的起因、数据的收集和具体的运用, 并根据此模型在中国的初步应用提出了利用该预测预报的建议。

关键词: 马铃薯; 晚疫病; 预测预报; 预警系统

中图分类号: S532

文献标识码: A

文章编号: 1001-0092 (2001) 02-0067-05

1 前言

由晚疫病菌 (*Phytophthora infestans*) 引起的马铃薯晚疫病是马铃薯生产中最重要病害, 也是所有粮食作物中引起损失最大的病害。由于 A1 和 A2 交配型的出现, 晚疫病菌的生理小种变化很快, 使许多抗性品种的抗性很快丧失, 给马铃薯生产带来巨大的损失。为减少此病害造成的损失, 各国科学家都在研究最佳的防治药剂和防治措施, 目前市场上有很多药剂对晚疫病有很好的防治效果。尽管许多新型药剂对人、畜和环境的副作用都很小, 但任何农化产品都将对环境产生一定的影响, 而且药剂防治中还普遍存在着施用不及时和滥用农药的问题。为此许多科学家都在探索晚疫病的预测预报方法, 以保证及时用药和杜绝滥用农药。目前世界上有多种晚疫病的预测预报模型, 都有一定的准确性和实用价值, 本文将介绍比利时开发出的一种预测预报模型, 此模型在比利时已应用了 15 年, 从未出现过失误, 该国 15 年来, 从未因晚疫病而给生产带来任何损失。我们曾赴比利时进行过实地考

收稿日期: 2001-03-10

作者简介: 谢开云 (1965), 男, 中国农科院蔬菜花卉研究所, 博士学位, 从事马铃薯育种、晚疫病防治及病毒、类病毒检测技术等方面的研究

察, 并邀请了比利时的专家到重庆进行了实地指导, 对此模型有一定的了解, 并开始在重庆的主要马铃薯生产县进行试用。

之所以开发此预测预报模型是有其客观原因的, 这主要是和比利时的自然条件相关。一方面, 因为有较好的土壤和气候条件以及完善的生产体系, 比利时的马铃薯生产水平处于世界生产水平的前列, 平均单产达 $45\text{t}/\text{hm}^2$ 左右。比利时全国的马铃薯种植面积为 6 万多 hm^2 , 主要品种为“宾杰”(BINTJE), 其种植的面积在 80% 以上。比利时将马铃薯的晚疫病感病程度分为 1~10 级, 1 级为最感病, 10 级为最轻, BINTJE 在 2~3 级间, 为极易感晚疫病的品种。但因为该品种的品质、食口性、加工性很好, 尽管它已经种植了 40 多年, 但仍是比利时的主要品种, 是生产薯条、薯片和全粉的主要原料。另一方面, 由于比利时是一个靠海的国家, 降雨量大, 湿度大, 晚疫病发生较重。20 年前, 晚疫病发生严重, 尽管农民喷药高达 15 次, 但仍抑制不了流行, 危害损失仍很重。为了减轻晚疫病造成的损失, 15 年前, 比利时埃诺省 (HAINAUT) 的农业应用研究中心 (Centre for Applied Research in Agriculture-Hainaut, CARAH) 开始研究晚疫病预警系统。随着预警系统的应用, 目前比利时几乎没有因晚疫病而给薯农造成任何损

失并且还可以减少农药的用量。

该模型是一个基于气象观察数据(降雨、相对湿度和温度)和晚疫病菌的侵染规律而进行预测预报的模型。从 1986 年,开始在比利时使用这个模型,后又针对性地改进使之更为适用。这个模型主要需要气象参数,也需一些田间观察以确保此模型的准确性。

收集气象数据的方法有很多种,在此模型开始应用的时候,采用的是简易的温、湿度记录仪,以收集每小时的温度和湿度数据;由专人收集和气象观察站的数据并进行分析,描绘病害发生曲线图(侵染循环图);根据该模型预报晚疫病发生的准确时间(误差不超过 1 天);再提前 23 天通知马铃薯生产者进行药剂防治,形成一个完整的预警系统(Warning System)。

在此预警系统刚开始应用的时候,只设有 2 个人工气象观察站,逐渐地发展到 4 个、8 个和 10 个,设备也由最初的人工记录仪更新为自动记录仪,预警范围也由埃诺省扩大到了整个比利时。现在的自动气象观察站可以记录每分钟的降雨、温度和湿度,每天可以取一次数据,各站的数据通过 MODEN 传输到处理中心。每天早上 6:30,系统开启计算机,通过 MODEN 自动依次将各站的数据收取到研究中心,7:00 自动关机。选择在早上 6:30~7:00 读取数据是因为该时段很少有人用电话,数据传输不易中断。研究人员上班后,打开电脑进行数据处理和模拟,一般每周可进行 3 次模拟。

我国是世界上最大的马铃薯种植国,也是马铃薯晚疫病危害最严重的国家之一。进行晚疫病的预测预报将对马铃薯生产和减少环境污染起到重要的作用。

2 利用 CARAH 模型 (C. Ducattillon) 进行晚疫病预测预报的步骤

2.1 收集相关的气象资料

首先应在马铃薯种植地区设置气象观察站。在比利时,由于该国的地势比较平坦,每个气象观察站可以覆盖 30 公里内的范围。收集的气象资料应包括:每日的最低气温、最高气温、平均气温、降雨量、每小时的相对湿度和温度。使用的气象资料观察设备可能用简单的温湿度周记录仪或日记录仪,价格为 200~300 美元/套(在中国周温湿度记

录仪每套只需 1200 元左右),同时也可以全用全自动温湿度记录仪,价格为 2000~3000 美元/套,但两者对预测结果没有差别,只是后者更方便和快捷,节省人工费用。

表 1 每日应收集的气象数据记录

日期	时刻	降雨量	相对湿度	温度
月 日	0			
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			
月 日	0			
	1			
	2			
	3			
	:			
	:			
	:			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			

2.2 预测晚疫病发生的严重程度

根据表 1 收集到的数据,将相对湿度 90%的时间标记出来,再将湿润期间各小时的温度进行平

均, 得到湿润期间的平均温度。然后根据 Guntz-Divoux 模型计算晚疫病的潜在侵染程度。潜在侵染程度与相对湿度 $>90\%$ 期间的长短 (湿润期) 和此期间的平均温度相关。 $>90\%$ 的相对湿度持续的时间越长, 在此期间平均温度越高, 则发生晚疫病侵染的程度越严重。可根据表 2 确定将发生晚疫病的严重程度。

当温度低于 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 晚疫病菌不能正常生长, 即使相对湿度 (Relative Humidity, RH) 达到了其生长发育所必需的要求 ($\text{RH}>90\%$) 也不会有晚疫病发生的可能。当温度越高, 相对湿度达到 90% 以上的持续时间越长, 晚疫病发生的程度越严重。例如, 在湿润期间, 当平均温度为 $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 只有当湿润期达到 $16\text{ h } 30\text{ min}$ 以上才可能发生轻微的晚疫病侵害, 在此平均温度下, 要发生极严重的晚疫病侵害, 湿润期需持续的时间要在 $25\text{ h } 30\text{ min}$ 以上。而当湿润期间的平均温度达到 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 只需 $10\text{ h } 45\text{ min}$ 就可能发生轻微的晚疫病侵害, 而只需 20 h , 就会发生极严重的晚疫病侵害。不管湿润期间平均温度多高, 但叶片保持湿润的时间应达到一定的限度, 这与各的实际情况相关 (生理小种、病菌数量和品种抗性等), 但一般应在 8 h 以上。

表 2 晚疫病发生的严重程度与湿润期持续的时间和湿润期间的平均温度的关系

湿润期间 平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿润期 (相对湿度大于 90%) 持续的时间 (h)			
	轻	中等	重	极重
7	16.30	19.30	22.30	25.30
8	16.00	19.00	22.00	25.00
9	15.30	18.30	21.30	24.30
10	15.00	18.00	21.00	24.00
11	14.00	17.30	20.30	23.30
12	13.30	17.00	19.30	22.30
13	13.00	16.00	19.00	21.30
14	11.30	15.00	18.00	21.00
15	10.45	14.00	17.00	20.00
16	10.45	13.00	16.00	19.00
17	10.45	12.00	15.00	18.00
18	10.45	11.00	14.00	17.00

注: ①如果温度范围为 $19\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, 在比利时采用与 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 相同的数据。如果平均温度为 $23\sim 26\text{ }^{\circ}\text{C}$, 则只有轻度侵染。如果超过 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, 即使达到了一定的湿润期, 也不会发生侵染; ②如果湿润期被中断的时间不超过 3 h , 该湿润期将连续计算。如果中断的时间超过 4 h , 则应计算为两个不同的湿润期。

2.3 计算晚疫病的侵染周期

根据 CARAH 模型和多年的观察经验, 每个侵染循环 (incubation cycle) 需要获得 7 分才能完成孢子成熟—孢子萌发—新孢子侵染的过程。如果得够 7 分, 一次侵染循环结束, 而此时没有采取喷药防治, 则可以看到每侵染叶片上的病斑和其上的白色菌丝体。每天的得分根据 Guntz-Divoux 和 Conce 的方法进行计算。具体得分根据表 3 进行计算。这两种得分方法有一定的差异, 可根据当地实际情况选择最佳的模型。

$\sum (S_i) = 7$ (S_i 表示一次侵染循环开始后各天的得分)

一旦出现了表 2 中的任何一种情形, 晚疫病菌的孢子将进入叶片内, 即开始进入侵染循环, 此时不再依赖外界的相对温度高低就可以继续进行下去, 因为叶片内的相对湿度能保证在 100% 。只要得到以后每天的平均温度, 就可以根据表 3 中提供的数据得到一个分数, 然后将每天得到的分数进行累加, 得够 7 分表明一个侵染循环已经结束, 新的侵染循环即将开始。从表中可以看出, 在 $8\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 得分为 0, 而在 $16\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 得分很高, 因为此温度范围是晚疫病菌最适宜生长的温度范围。如果温度较低, 则累计达到 7 分的天数越多, 完成一次侵染循环, 可能需要近 10 天左右的时间; 而当温度较高时, 完成一个侵染循环 (孵育期) 可能只需 $4\sim 5$ 天的时间。在比利时, 在 10 年前还采用 Guntz-Divoux 的方法进行预测, 但由于近年来生理小种的变化, 现在一般采用 Conce 的参数进行模拟, 预测的误差一般不会超过 1 天。

表 3 侵染循环每天侵染曲线得分的计算

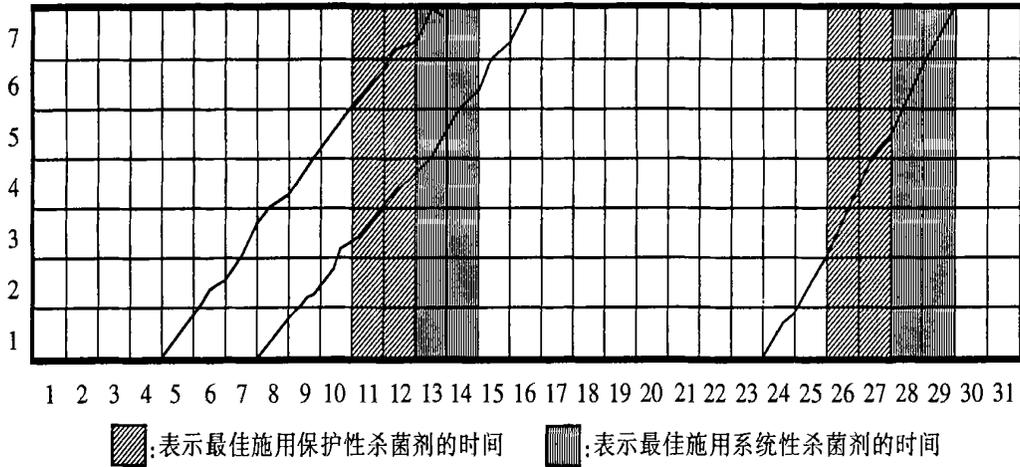
Guntz-Divoux 方法		Conce 方法	
温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	得分	温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	得分
<10	0	<8	0
$10\sim 12$	0.25	$8.1\sim 12$	0.75
$12.5\sim 14$	0.5	$12.1\sim 16.5$	1
$14.5\sim 17$	1	$16.6\sim 20$	1.5
$17.5\sim 20$	2	>20.1	1
$20.5\sim 23$	1		

每日的极端最高温度和极端最低温度对孵育过程有不同的影响, 如果日最低气温低于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 马铃薯叶片将被冻死, 晚疫病病菌也不能存活, 此侵染循环被中断; 如果日最高气温超过 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 且持续

时间超过 1 h 以上, 当天侵染曲线得分为 0 分; 如果日最高气温超过 35 °C 时, 且持续时间超过 1 h 以上, 侵染循环过程被中止。

2.4 发出预警信息指导农民进行药剂防治

按照表 3 提供的数据将每天的得分绘制如下侵染循环曲线。



晚疫病菌侵染循环曲线图

图中曲线的意义及用药时期的确定:

第 1 条曲线表示, 侵染循环始于某月 5 日, 当日得分为 0.75, 以后每天的得分分别为 0.75, 1.0, 1.0, 0.75, 0.75, 0.75, 0.75, 0.75, 到第 9 天积分达到 7, 表明此侵染循环已完成。因此第 7 天 (11 日) 或第 8 天 (12 日) 是最佳的喷施保护性杀菌药剂的时期, 如果没有喷药, 则在田间可以观察到白色的菌丝。

第 2 条曲线表示, 第 2 个侵染循环的开始, 但它开始时, 前一个循环尚未完成, 表明它的菌源是相同的, 只是开始时间不同。而且无需再次施药, 因为上一次施药的药效可以持续到此次循环结束。如果没有能在 12 日及时喷洒保护性杀菌剂, 则可以有 13 日或 14 日施用系统性杀菌剂。

第 3 根曲线表示新的侵染循环, 其孢子来源于前两次循环。但由于完成其侵染循环所需的时间短, 其最佳的施药时期分别为 26 日、27 日 (保护性) 和 28 日、29 日 (系统性)。

预警系统就是根据侵染循环曲线的发展趋势, 判断准确的用药时间。目前在比利时发布预测预报信息的方式有如下几种方式: 电话、传真、电子邮件、普通信函等方式。如果因为下雨或其他原因耽误了最佳的用药时间, 可以及时用系统性的杀菌剂进行补救。

3 CARAH 模型在我国应用中应注意的事项

3.1 气象资料的收集

目前根据我国的实际情况, 可以有两种方便的形式进行气象数据的收集利用: 1) 利用各县气象站现在的条件和设备, 目前我国县级气象站都运行良好, 他们对每日的温度、湿度和降雨等都有详细的记录, 但他们并不记录每小时的温度和湿度, 从他们的记录纸上可以得到这些数据; 2) 利用简易的温湿度记录仪进行数据收集, 只需花 1000 多元人民币即可购买一套, 再做一个简易的百叶窗 (离地面 1~1.5 m) 就可以收集到此模型所需要的数据。

将收集到的数据按表 1 的格式记录下来, 一般季节无需每天进行抄录, 但在生长季节 (特别是晚疫病的高发季节) 可以每两天收集和整理各气象站的数据, 一旦发现有新的侵染循环发生 (有足够的湿润期和较适宜的温度), 就应每天收集数据, 并绘制侵染循环曲线, 当得分达到 3~4 分时就可以预报准确的施药时间。

一般在我国的北方马铃薯主产区能形成湿润期 (相对湿度大于 90% 且持续时间达 8~10 h) 的机会并不多, 只要能进行准确预测并适时施用杀菌剂, 对晚疫病的防治是比较容易的。但在我

国多雨的南方马铃薯产区, 如云南, 由于生长季节的雨雾天气比较多, 形成湿润期的机会很多, 所以对这些地区进行预测的工作量要大得多, 也重要得多。

3.2 模型的应用

任何一种模型都有一定的局限性, 都必须与当地的实际情况进行不断磨合后才能正确的应用于特定的自然生态区域。在应用这些模型进行预测预报时, 还应设置一些田间观察点, 以验证模型的准确性和对模型所用的参数进行校正。在没有正式应用此模型时, 可以收集当地的历史资料(生长季节的温度和相对湿度)进行分析和模拟, 看往年晚疫病的发生情况是否符合此模型所做的侵染循环曲线, 如果基本符合, 则表明此模型可应用于当地的晚疫病预测预报, 如果与模型相距甚远, 则可试试其他预测预报模型。几乎所有的预测预报模型都是基于气象数据(降雨、相对湿度和温度)而作的。

根据我们在重庆市的应用结果来看, 该模型是基本符合当地晚疫病发生规律的, 但与比利时不同的是, 在重庆夏季可能出现极端最高温超过 35℃ 的天气, 这时晚疫病菌可能会死亡, 侵染循环也会因此而终止。

3.3 预测结果的发送

由于我国农村的情况与国外大不一样, 预测预报的结果不可能通过电话、传真和电子邮件等现代化的通讯手段来传送。但我国许多农村仍保存着有线广播, 这是发送信息的最好方式, 可能充分地利用。另外, 在没有有线广播的地区, 可以利用电视这些媒体进行发送。目前几乎每个县都有自己的电视台, 当植保部门能进行准确预测预报时, 可以结合其他科技信息一起发送到农户家中。在以上两种方式都不可能利用时, 可以利用当地的各级农技站发布信息并同时提供适宜的药剂, 也能起到同样的效果。

4 结 语

CARAH 模型是一个很好的关于晚疫病预测预报模型并在比利时成功地应用了 10 多年。由于此模型是基于气象条件(温度、湿度和降雨等)和晚疫病菌生长特点而形成的, 应该能应用于各种生态条件。由于此方法所需的气象参数很容易得到且模型很简单, 它可以应用于我国不同的马铃薯主产区, 但需要对其参数进行认真的比较和校正, 以便对当地马铃薯晚疫病进行准确的预测预报。

POTATO LATE BLIGHT WARNING SYSTEM IN BELGIUM AND ITS APPLICATION IN CHINA

XIE Kai-yun

(Institute of Vegetables and Flowers, CAAS, Beijing, 100081; Chongqing Plant Protection and Quarantine Station, Chongqing, 400020)

CHE Xing-bi

DUCATILLON, Christian and SERNEELS, Francois

(C. A. R. A. H-Ferme Experimentale et Pedagogique, 301, rue de l'Agriculture-7800 ATH, Belgium)

ABSTRACT: It can forecast the exact epidemic time of LB and help the proper application of fungicides by using of LB forecasting models. In the past 15 years, great impacts had been achieved with the application of CARAH-Model in Belgium. Furthermore, the loss caused by LB was eliminated and the use of fungicides was reduced. The background, data collection and operation of the CARAH Model were introduced in detail in this paper. Suggestions on how to use the model in China were presented as well according to the primary application.

KEY WORDS: potato; late blight; forecast; warning system