

EPIFITOLOGIA E CONTROLE DE PHYTOPHTHORA INFESTANS AGENTE DA "REQUEIMA" DO TOMATEIRO¹

LUCILA M. de A. MASCHIO² e IVAN B.M. SAMPAIO³

RESUMO - Para previsão de epifitias e controle de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Barry em culturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), foi analisada a regressão entre grau de infecção e fenômenos macroclimáticos importantes na região temperada sempre úmida de Colombo, PR. Foi detectada uma equação passível de ser introduzida no sistema de produção local e, também, com bom poder de previsão, tal seja: $Y = -0,8671 + 0,0209 X_1 X_2$, onde em uma seqüência de dez dias, Y representa grau de infecção, e $X_1 X_2$, a soma do número de chuvas iguais ou superiores a 0,1 mm vezes o número de temperaturas noturnas iguais ou superiores a 10°C. Verificou-se que o produto $X_1 X_2$ igual a 40 indica a proximidade de uma epifítia. Conseqüentemente, concluiu-se que a aplicação de defensivos deve ocorrer sempre que $X_1 X_2$ estiver alcançando o valor 40. Experimentos de campo comprovaram o controle de epifitias, com base na equação acima apresentada.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum* Mill., clima Cfb, infecção, chuvas, temperaturas noturnas.

EPIPHYTOLOGY AND CONTROL OF PHYTOPHTHORA INFESTANS THE LATE BLIGHT FUNGUS, ON TOMATO PLANTS

ABSTRACT - To predict and control *Phytophthora infestans* in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), an analysis was made of the regression between the degree of infection and important macroclimatic phenomena of the humid temperate region of Colombo, PR. The following equation, with good forecasting potential, appropriate to the local production system, was discovered: $Y = -0.8671 + 0.0209 X_1 X_2$, where during a sequence of ten days, Y represents the degree of infection, and $X_1 X_2$ the sum of the number of rains equal or greater than 0.1 mm time the number of night time temperatures equal to or greater than 10°C. It was found that the sum of $X_1 X_2$ equal to 40 indicates the approach of an epiphyte. It was therefore determined that the application of fungicides should be made whenever $X_1 X_2$ reaches the value of 40. Field trials proved epiphyte control using the equation presented above.

Index terms: *Lycopersicon esculentum* Mill., Cfb climate, infection, rains, night temperature.

INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná tem importado, anualmente, muitas toneladas de tomate, para atender a própria demanda. Foi previsto que, para 1981, o custo da importação deverá exceder 200 milhões de cruzeiros.

A Região Metropolitana de Curitiba reúne qualificações geoeconômicas para abastecer os mercados do Estado, em várias épocas do ano. Entretanto, a produção varia de acordo com o grau de requeima correspondente às diferentes safras. Neste aspecto, a doença causada pelo fungo *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, gera desordens de comercialização. É bastante provável que seja a principal diretriz da tendência dos mercados para a

oferta externa, tida como menos instável que a local.

A resistência de plantas à *P. infestans* está sob controle poligênico, enquadrando-se na hipótese gene-para-gene, de Flor (1942). Na região em questão, a introdução de cultivares exóticas com resistência horizontal foi insuficiente para reduzir a um nível tolerável a taxa de desenvolvimento do patógeno. Conseqüentemente, o controle químico ainda é um dos procedimentos mais viáveis para o controle da requeima.

O tratamento de plantas com defensivos tem possibilitado o controle de *Phytophthora* spp. (Jones 1973 e Krasnoschekova & Panchulidze 1973 e Raicu & Stan 1973). Entretanto, tratamentos rotineiros, mesmo que bem conduzidos, apenas eventualmente atingirão o patógeno no momento mais propício ao controle. Implicam riscos de perdas nas colheitas (Boyd 1973) e - mesmo considerando a eficiência de tratamentos curativos (Kiss 1974) -, de uso indiscriminado de defensivos.

¹ Aceito para publicação em 17 de setembro de 1981.

² Eng.^o Agr.^o Fitopat., M.Sc., EMBRAPA/IAPAR, Caixa Postal 2301, CEP 80000 - Curitiba, PR.

³ Eng.^o Agr.^o Estatíst., M.Sc., Univ. Fed. de Minas Gerais, Caixa Postal 567, CEP 30000 - Belo Horizonte, MG.

Diversos pesquisadores têm relacionado epifitias de *P. infestans* com condições meteorológicas a nível de macroclima (Beaumont 1947, Cramer 1967 e Tsuchiya & Ozaki 1974) ou de microclima (Thomas 1946). Trabalhos desta natureza, para várias culturas e patógenos, têm gerado "serviços de advertência", que informam ao agricultor o momento adequado para a aplicação de defensivos. Este momento pode ser previsto, com grande exatidão, com o auxílio da estatística. No Ceilão, Kerr & Rodrigo (1967) desenvolveram uma equação de regressão múltipla para a previsão exata, com três semanas de antecedência, da incidência de *Exobasidium vexans* em culturas de chá. No Brasil, Andrade (1951), manipulando, com temperaturas medianas, chuvas acumuladas e ocorrência de requeima, calculou linhas de regressão que permitiram prever epifitias de requeima e um controle cuja eficiência foi de 85%, em 16 anos.

Em Colombo, PR, foi analisada, pelo método do "qui-quadrado" (Araujo 1974), a relação entre ocorrência de requeima e fenômenos meteorológicos noturnos e diurnos a nível de macroclima. Foram selecionadas como significativas para as epifitias freqüências de: a. chuvas, em 24 horas; b. temperaturas noturnas iguais ou superiores a 10°C, e c. temperaturas noturnas inferiores ao ponto de orvalho. Nesta base foi planejado o presente trabalho, o qual teve como objetivo a detecção de uma equação para previsão e controle de epifitias de requeima em tomateiros em condições de clima Cfb de Köppen e adaptável a uma agricultura de média tecnologia.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante quatro anos, na região metropolitana de Curitiba, mais especificamente no município de Colombo, PR, foi efetuado o registro diário de: a. infecção média de tomateiros de diferentes cultivares e idades, desenvolvidas sob diversos sistemas de produção, e b. fenômenos meteorológicos a nível de macroclima.

Os graus de infecção durante a fase vegetativa das plantas variaram em uma escala arbitrária com pontos extremos zero e cinco. Ao valor zero, correspondeu ausência de sintomas. Ao valor cinco, correspondeu nível máximo de danos, caracterizado por sintomas e sinais muito desenvolvidos mais paralização no crescimento das plantas. Posteriormente, também foi lido o grau de infecção dos frutos, o qual variou entre zero e dez. O valor mínimo indicou ausência de frutos lesados; e o máximo, todos os frutos le-

sados. À média das duas leituras, correspondeu o grau de infecção da fase reprodutiva.

A ocorrência de uma epifítia foi estimada pela análise da relação entre grau de infecção (variável Y) e as seguintes variáveis climáticas, em seqüências de dez dias:

X_1 = número de precipitações pluviométricas iguais ou superiores a 0,1 mm, medidas a cada seis horas (leituras às 9, às 15 e às 21 horas);

X_2 = número de temperaturas mínimas noturnas iguais ou superiores a 10°C, lidas às 9 horas da manhã seguinte;

X_3 = número de temperaturas noturnas (quantas ocorreram) após as 21 horas, inferiores ao ponto de orvalho registrado nessa hora, e/ou inferiores ao ponto de orvalho registrado às 9 horas do dia seguinte.

Os fenômenos meteorológicos foram lidos em postos situados nas proximidades das culturas. Todas as interações de X_1 , X_2 e X_3 , bem como a interação tríplice ($X_1X_2X_3$), foram também consideradas como variáveis independentes. A seleção e incorporação das variáveis em equações que permitissem prever ou definir a ocorrência da doença foi feita pelo método "Step-wise".

A eficiência de equação considerada neste trabalho como a mais viável para o agricultor da região foi testada durante dois anos, em experimentos de campo, em parcelas subdivididas. Às parcelas, corresponderam métodos de controle à requeima mais um tratamento testemunho, sem utilização de defensivos. Às subparcelas, corresponderam as cultivares Santa Rita (com certa tolerância ao patógeno) e Miguel Pereira (muito suscetível). As plantas foram cultivadas no sistema de produção usual na região, variando apenas quanto a: a. métodos para controle de requeima, exceto, evidentemente, no tratamento que testou o método do agricultor; e b. adubação, a qual, no experimento 2, foi baseada na análise de solo. O espaçamento entre parcelas foi de 4 m e cada qual teve como bordadura duas linhas perimetrais de plantas. O defensivo utilizado foi à base de etileno-bis-ditiocarbamato de manganês e zinco. A eficiência de cada um dos métodos de controle foi avaliada pela produção comerciável e pelo grau de infecção dos frutos, por *P. infestans*, conforme já foi explicado. Visando facilitar a leitura, esta parte do trabalho foi sumariada ao máximo, enfocando apenas eventos estritamente ligados ao teste da equação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações entre as variáveis envolvidas no estudo da epifitologia de *P. infestans* constam da Tabela 1, e serviram de base para uma seleção das variáveis das equações de regressão.

A Tabela 2 apresenta a menor equação fundamental e as equações de regressão resultantes da incorporação gradativa das variáveis X_2 , X_3 , $X_1X_2X_3$ e X_2X_3 , que permitem definir ou prever as possibilidades de epifitias.

TABELA 1. Coeficiente de correlação entre as diversas variáveis que influem no aparecimento de *P. infestans* sobre tomateiro, em Colombo, PR (n = 48).

Variáveis	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	Y
X ₁	0,4018	0,5166	0,9398	0,8214	0,6660	0,8344	0,7732
X ₂		0,0974	0,6270	0,2985	0,4262	0,4294	0,4521
X ₃			0,4487	0,8246	0,8855	0,7263	0,3412
X ₁ X ₂				0,7758	0,6945	0,8544	0,8521
X ₁ X ₃					0,8897	0,9679	0,6763
X ₂ X ₃						0,8913	0,5503
X ₁ X ₂ X ₃							0,7715

r > 0,2854 = significativo a 5%

r > 0,3699 = significativo a 1%

TABELA 2. Equações que permitem definir ou prever a ocorrência de *P. infestans* em condições de campo, em Colombo, PR, com o desvio padrão para os coeficientes e valor de r² para cada equação.

Equação	Desvio padrão dos coeficientes ^a	r ²
Y = - 0,8671 + 0,0209 X ₁ X ₂	0,0018	0,7261 (1)
Y = - 0,5028 + 0,0230 X ₁ X ₂ - 0,0671 X ₂	0,0024	0,7372 (2)
	0,0486	
Y = - 0,3437 + 0,0244 X ₁ X ₂ - 0,0805 X ₂ - 0,0504 X ₃	0,0027	0,7431 (3)
	0,0504	
	0,0502	
Y = - 0,0148 + 0,0164 X ₁ X ₂ - 0,0693 X ₂ - 0,1609 X ₃ + 0,0018 X ₁ X ₂ X ₃	0,0044	0,7695 (4)
	0,0486	
	0,0692	
	0,0008	
Y = - 0,2579 + 0,0153 X ₁ X ₂ - 0,0256 X ₂ - 0,0025 X ₁ X ₂ X ₃ - 0,0234 X ₂ X ₃	0,0045	0,7763 (5)
	0,0618	
	0,1249	
	0,0010	
	0,0206	

^a Na ordem de apresentação na equação.

Na obtenção das equações constantes da Tabela 2, as variáveis X₁ e X₁X₂X₃ foram eliminadas, devido à alta correlação com as demais consideradas importantes.

Como se pode verificar nas equações de (1) a (5), a incorporação da interação tríplice e da variável X₂X₃ resultou em grande variação dos valores dos coeficientes de X₁X₂ e de seus desvios padrões, em virtude da correlação alta existente entre essas variáveis. Por outro lado, o aumento de precisão refletido no valor de r² não foi substan-

cialmente compensador para a inclusão daquelas duas variáveis. Considerou-se, por estes motivos, que as equações (4) e (5) não são as mais apropriadas sob o ponto de vista objetivo e prático.

A equação (3) constituirá problema para o agricultor, que dificilmente conhecerá por verificação própria a temperatura noturna inferior ao ponto de orvalho (X₃), ou, se a conhecer, raramente será capaz de substituir corretamente os valores na equação.

Por esse aspecto, a equação (1) foi a que apre-

sentou maior simplicidade. Em comparação com a equação (3), perdeu apenas 1,7% de precisão. Considerando que contém as variáveis de mais fácil mensuração (X_1 e X_2) e elimina aquela cujo conhecimento ao agricultor é mais problemático (X_3), essa perda de precisão é plenamente compensada.

Para que não haja manifestação do patógeno, a equação (1) exige $Y = 0$, ou seja,

$$0 = -0,8671 + 0,0209 X_1 X_2; \quad (1.1)$$

para que isto ocorra, é necessário que:

$$X_1 X_2 = 41,48, \text{ que é a solução da equação (1.1).}$$

Como o valor de $X_1 X_2$ é produto de números inteiros, o valor mais compatível e seguro para representar aquele limite é 40.

Quando $X_1 X_2$ ultrapassar o valor 40, uma epifítia poderá ser esperada. Logo, a aplicação de defensivos deverá ser conduzida antes de ser atingido este valor, pois em pouco tempo ele poderá ser ultrapassado. Assim, por exemplo, o produto crítico em determinada data poderá ser 27 ($X_1 = 3$, $X_2 = 9$ e vice-versa), 36 ($X_1 = 4$, $X_2 = 9$ e vice-versa) etc. Em um dia, ou menos, com ocorrência de novas condições favoráveis, o valor 40 poderá ser alcançado ($X_1 = 4$, $X_2 = 10$, por exemplo) ou ultrapassado ($X_1 = 5$, $X_2 = 9$, por exemplo), favorecendo a infecção.

Considerando-se que as 48 amostras que constituíram a matriz analisada neste trabalho corresponderam a 48 períodos de dez dias de leitura, o produto $X_1 X_2$ deverá ser observado em iguais intervalos de tempo. Nas épocas mais favoráveis ao fungo (chuvosas e com temperaturas noturnas iguais ou superiores a 10°C) a aplicação de defensivos deverá ocorrer tantas vezes quantas o produto $X_1 X_2$ se aproxima de 40, em períodos de dez dias, contados sempre a partir do dia seguinte ao do tratamento fitossanitário. Nas épocas pouco favoráveis ao fungo (secas e com noites mais frias), nem sempre o produto $X_1 X_2$ se aproxima suficientemente de 40, e, conseqüentemente, nem sempre o fungicida será aplicado dentro do período em questão. Neste último caso, cada dia de leitura deve ser considerado como o último de seqüência de dez dias. Apenas o primeiro evento ocorreu durante os dois anos correspondentes aos testes da equação (1.1) no campo.

Na Tabela 3 encontram-se os principais resultados dos experimentos que testaram a eficiência da equação (1.1).

Os resultados do Experimento 1 estão indicando que o programa de tratamentos fitossanitários baseado na equação (1.1) foi, entre os programas

TABELA 3. Resultados de dois experimentos conduzidos em diferentes anos, que testaram a eficiência da equação $Y = -0,8671 + 0,0209 X_1 X_2$ quanto ao controle de queimeira em Colombó, PR.

Relação $X_1 X_2$ obedecida	Grau de infecção dos frutos por <i>P. infestans</i>		Produção comercial*	
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2
$X_1 X_2 < 40$ (base: equação 1)	0,45 d**	0,00 b	71,80 a	35,93 a
$X_1 X_2 < 80$ (ampliação do valor 40)	1,08 c	.	54,70 b	.
$X_1 X_2 < 160$ (idem anterior)	2,87 b	.	32,33 c	.
$X_1 > 4$ e $X_2 = 8$ (base: estudo preliminar)	.	0,13 b	.	21,68 b
Agricultor (base: intensidade de sintomas)	.	0,09 b	.	18,06 b
Sem fungicida	6,30 a	0,86 a	5,32 d	1,95 c
C.V. parcelas	2,32	12,81	1,91	2,88
C.V. subparcelas	1,29	6,45	1,52	2,04

* = Frutos sadios, perfeitos, forma e tamanho dentro dos padrões comerciais.

** = Valores afetados por letras iguais não diferem significativamente, segundo o teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

testados, o que melhor controlou a requeima.

No Experimento 2, as plantas foram menos afetadas pela doença. O grau de infecção foi baixo, mesmo no tratamento sem fungicida. Mesmo assim, o tratamento sem fungicida diferiu dos demais, quanto ao grau de infecção.

Os resultados de ambos os experimentos sugerem que - independentemente, ou não, de propiciar melhor controle da requeima - a defesa das plantas baseada na equação (1.1) propicia condições, possivelmente fitossanitárias, para maior produtividade.

No ano agrícola de 1972/73, quando foi conduzido o Experimento 2, o programa fitossanitário baseado na equação proposta mostrou-se mais econômico que aquele conduzido pelo agricultor local (Araujo 1974).

CONCLUSÕES

1. A proximidade de uma epítia de *P. infestans* na região de Colombo, PR, pode ser estimada pela equação:

$$Y = -0,8671 + 0,0209 X_1 X_2$$

2. O controle do patógeno ($Y > 0$) deverá ser feito com defensivos químicos, sempre que o produto do número de precipitações pluviométricas iguais ou superiores a 0,1 mm (X_1), pelo número de temperaturas noturnas iguais ou superiores a 10°C (X_2), estiver próximo a 40, durante períodos de dez dias consecutivos.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Sidival Lourenço, da EMBRAPA/DTC, que contribuiu, para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C.A. Bases para a previsão do aparecimento de surtos de "requeima" do tomateiro em São Paulo. Arq. Inst. Biol., São Paulo, 20:150-1, 1951.
- ARAUJO, L.M. de. O qui-quadrado aplicado ao estudo da epifitologia de *Phytophthora infestans* em Colombo, PR. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA MERIDIONAL, Londrina, PR. Relatório anual do Instituto de Pesquisa Agropecuária Meridional. Colombo, 1974.
- BEAUMONT, A. The dependence on the weather of the dates outbreak of potato blight epidemics. Trans. Brit. Mycology Soc., 31:45-53, 1974.
- BOYD, A.E.W. Potato blight control in east and southeast Scotland. Annals of Applied Biology, 74(1):41-58, 1973.
- CRAMER, H.H. Defensa vegetal y cosecha mundial. Sección de Asesoramiento de Farbenfabrikern, Bayer Ag. Leverkusen, 1967. 555p.
- FLOR, H.H. Inheritance of pathogenicity in *Melampsora lini*. Phytopathology, 32:653-9, 1942.
- JONES, J.P. Evaluation of some fungicide treatments for phytotoxicity to tomato and control of late blight and leaf mold. Plant Dis. Rep., 57(7):612-4, 1973.
- KEER, A. & RODRIGO, W.R.F. Epidemiology of tea blister blight (*Exobasidium vexans*). III. Spore deposition and disease prediction. Trans. Brit. Mycology. Soc., 50:49-55, 1967.
- KISS, H.F. The control of *Phytophthora* epidemics in once over mechanical harvest tomato plantations. In: Rev. Plant Pathol., 53(11):4226-700, 1974.
- KRASNOSHCHKOVA, T.V. & PANCHULIDZE, L.T. Efficiency of some fungicides against *Phytophthora* disease of tomato. Rev. Plant. Pathol., 52(11): 3503-906, 1973.
- RAICU, C. & STAN, G. *Phytophthora parasitica* Dast, simptomatologie, combatere. Rev. Hort. Vitic., 3, 1973.
- THOMAS JUNIOR, W.D. Two aids for the study of potato-late blight epidemiology. Phytopathology, (36):322, 1946.
- TSUCHIYA, S. & OZAKI, M. Studies on the forecasting method in early manifestation of potato late blight in Nemuro and Kushiro District. Rev. Plant. Pathol., 53(4):320, 1974.