

MODELOS INTEGRAL E DE PONTO CRÍTICO PARA ESTIMAR DANOS NO RENDIMENTO E SEUS COMPONENTES PELA MELANA CULTURA DO FEIJOEIRO

INTEGRAL AND THE CRITICAL POINT MODELS FOR ESTIMATING DAMAGE CAUSED BY WEB BLIGHT ON YIELD AND ITS COMPONENTS ON BEAN

Felipe Rafael Garcés Fiallos^{1,2}, Homero Voltaire Gamarra-Yáñez², Fernando Sánchez-Mora¹, Cecilia Carolina TayHing Cajas³

¹Dirección de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Finca Experimental "La María", km 7 vía Quevedo-El Empalme. C. P. 73. Mocache, Los Ríos, Ecuador.

²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Ing. Manuel Haz Álvarez, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. C. P. 73. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

³Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Campus Ing. Manuel Haz Álvarez, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. C. P. 73. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

Emails: felipegarces23@yahoo.com; neno_gamarra@hotmail.com; fernandosanchezm23@hotmail.com; ctayhing@uteq.edu.ec

RESUMO

Atualmente não existem estudos sobre os danos ocasionados por *Rhizoctonia solani* Khun [teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk] nos componentes de rendimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), pelo que o objetivo deste trabalho foi quantificar a redução no rendimento de grãos e seus componentes de rendimento causados pela infecção natural de mela, em diferentes materiais genéticos de feijão, na safra agrícola de verão 2011, no município de Quevedo, Los Ríos, Equador. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Utilizou-se as linhas Cf4 0-0-2-1, Cf6 0-0-4-9, Cf6 0-0-4-8, SER 03 e SER 08, e duas variedades estrangeiras FTS Soberano e BRS Valente. Foram quantificadas a incidência (%) e severidade em percentagem e número de lesões foliolo⁻¹, sendo esses valores obtidos integralizados na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Também foi quantificado o número de lesões foliolo⁻¹ durante os estágios reprodutivos R7 e R8. Após a colheita, foi quantificado o número de nós, vagens e grãos por planta e de grãos por vagem por planta, assim como rendimento (kg ha⁻¹). Para estimar os danos causados pela doença foram utilizados os modelos de ponto crítico e integral, realizando a análise de regressão entre a intensidade da doença (variáveis independentes), e o rendimento de grãos e seus componentes (variáveis dependentes), obtendo-se as equações da função de dano. Os resultados da presente pesquisa mostraram que os modelos de ponto crítico e integral são uma ferramenta importante para estimar danos pela mela nos componentes de rendimento, sendo mais evidente no número de grãos por plantas (p<0.01).

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizoctonia solani*, intensidade, prejuízos, componentes de rendimento.

ABSTRACT

Currently there are no studies on the damage caused by *Rhizoctonia solani* Kuhn [teleomorph *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk] on the yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), therefore the aim of this study was to quantify the reduction in grain yield and its yield components caused by natural infection of web blight in different bean genetic material, in summer 2011, in Quevedo city, Los Ríos, Ecuador. Were used lines Cf4 0-0-2-1, Cf6 0-0-4-9, Cf6 0-0-4-8, SER 03 and SER 08, and two varieties FTS Soberano and BRS Valente. Incidence (%) and percentage of severity and number of lesions leaflet⁻¹ were quantified, and these values used to calculate the area under the disease progress curve (AUDPC). Also, it was quantified the number of lesions leaflet⁻¹ during reproductive stages R7 and R8. After harvest, it was quantified the number of nodes, pods and seeds per plant, seeds per pod per plant, and yield (kg ha⁻¹). For estimating the damage caused by the disease were used integral and critical point models, performing regression analysis between disease intensity (independent variables), and grain yield and its components (dependent variable) obtaining the equations of damage function. The results of this research showed that integral and critical point models, are an important tool for estimating damage by web blight on yield components being more evident in the number of seeds per plant (p<0.01).

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., *Rhizoctonia solani*, intensity, damage, yield components.

Recibido: 7-Enero-2013. Recibido en forma corregida: 21-Enero-2013. Aceptado: 4-Marzo-2013.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ciencia y Tecnología 6(1): 17-22.

Enero - Junio de 2013

ISSN 1390-4051 impreso; ISSN 1390-4043 electrónico

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Equador é uma cultura importante na alimentação da população, por seu potencial protéico e baixo custo. Um dos fatores bióticos mais importantes que limitam a produção desta leguminosa são as doenças, as mesmas que de não ser controladas oportunamente mediante o diagnóstico correto, podem causar danos no rendimento e perdas significativas para o produtor (Garcés, 2011a), entre elas o fungo necrotrófico *Rhizoctonia solani* Khun [teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk], causador da doença denominada como mela (sintomas nos folíolos) ou podridão radicular de rizoctonia. Este patógeno reduz o rendimento e a qualidade da semente da cultura (Godoy-Lutz *et al.*, 1996). Os grupos multinucleados (grupos de anastomoses) mais representativos desta espécie fúngica em causar doença no feijoeiro, são AG1 IA, AG1 IB, AG4 (HGI, HGII e HGIII) e AG5 (González-García *et al.*, 2006).

Considera-se a mela como a doença mais destrutiva desta cultura, pela defoliação rápida e drástica que causa, e também por que as medidas de controle individuais não ajudam evitar a doença (Rodríguez *et al.*, 1999). No país, especificamente na parte central do Litoral Equatoriano, esta doença tem uma importância única, pois é a que predomina sobre outras doenças, convertendo-se assim em um problema para quem cultiva esta leguminosa (Garcés, 2011b).

Ao ser uma doença muito importante para esta leguminosa, tem sido alvo de estudos como etiologia, variabilidade genética, reação de cultivares, controle químico ou manejo integrado, e quantificação de danos, sendo este último pouco explorado.

Para a quantificação de danos existem vários métodos, entre eles os de ponto crítico, múltiplos pontos, modelo integral, superfície de resposta e sinecológico (Bergamin-Filho e Amorim, 1996). Existem vários trabalhos sobre os danos ocasionados por algumas doenças em outras culturas, encontrando em arroz (Marchetti e Bollich, 1991, Araújo *et al.*, 2006, Pereira-Goulart *et al.*, 2007), aveia (Reis *et al.*, 2008; Nerbass *et al.*, 2010), grão de bico (Navas-Cortés *et al.*, 2000), trigo (King, 1976; Reis *et al.*, 2000; Casa *et al.*, 2004; Reis *et al.*, 2006; Bohatchuk *et al.*, 2008) e milho (Nutter e Jenco, 1992; Reis *et al.*, 2007). Já em feijão, existem alguns trabalhos com os patógenos *Phaeoisariopsis griseola* (Bergamin-Filho *et al.*, 1997;), *Macrophomina phaseolina* (Mayek-Pérez *et al.*, 2003), *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Fininza, 2003), *Colletotrichum lidemuthianum* (Nkalubo *et al.*, 2007), *Sclerotinia sclerotiorum* (Ramasubramaniam *et al.*, 2008), *Uromyces appendiculatus* (Jesus-Junior *et al.*, 2011; Mersha e Hau, 2011), *Meloidogyne incognita* raça

3 e *M. javanica* (Santos *et al.*, 2012) e *Aphelenchoides besseyi* (Chaves-Barrantes e Araya-Fernández, 2012). Finalmente, com o fungo *Rhizoctonia solani* existem os trabalhos de Godoy-Lutz *et al.* (1996) e Garcés (2011a), sendo utilizadas metodologias diferentes para o cálculo de danos, não existindo atualmente informação sobre os danos nos componentes de rendimento.

Por ter pouca informação sobre os danos ocasionados pela mela no feijoeiro, o objetivo deste trabalho foi quantificar a redução no rendimento de grãos e seus componentes de rendimento causados pela infecção natural de mela, em diferentes materiais genéticos de feijão, na safra agrícola de verão 2011, no município de Quevedo, Los Rios, Equador.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido durante a safra agrícola de verão de 2011, na área experimental da Finca Experimental La María, propriedade da Universidade Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada em Quevedo, no km 7.5 via Quevedo – El Empalme, com coordenadas geográficas 79° 30' 08" de longitude oeste e 01° 00' 35" latitude sul. As condições do lugar são as seguintes: zona climática [Bosque úmido – tropical (bu-T)], temperatura média de 24.2° C, umidade relativa de 77.4%, heliofania de 823 horas luz ano⁻¹, precipitação anual de 1.537 mm, a topografia do terreno é plano, textura do solo franco argiloso e pH de 5.7.

O material genético utilizado foram as linhas Cf4 0-0-2-1, Cf6 0-0-4-9, Cf6 0-0-4-8, SER 03 e SER 08, e duas variedades estrangeiras FTS Soberano e BRS Valente, estabelecidas no campo em 13 de julho de 2011, em sistema de plantio convencional. A preparação do terreno foi realizada três dias antes da semeadura. As sementes foram previamente desinfestadas com carbendazim (ingrediente ativo) em doses de 3 cm³ por cada 500 g de sementes. A semeadura foi realizada de forma manual utilizando um espeque, colocando duas sementes por buraco, em um distanciamento de 0.20 m entre planta x 0.50 m entre fileira, resultando em uma densidade de semeadura de 100,000 plantas ha⁻¹. A área experimental continha 28 parcelas, cada uma com 7.5 m², constituída de quatro fileiras, totalizando 990 m². A adubação constou da aplicação de fosforo e potássio em doses de 100 kg ha⁻¹, aos 13 e 27 dias após a semeadura (DAS), distribuída no sulco de semeadura, sendo também pulverizado aos 68 DAS um bioestimulante foliar EVERGREEN® que continha macro e micro elementos, fitohormônios, ácidos húmicos e vitaminas, em doses de 1.5 L ha⁻¹. O manejo das plantas invasoras (arvenses) foi realizado com uma dessecação em pré-semeadura com pendimetalina e glifosato com doses de 1.5 L ha⁻¹ cada um, ajudando-se com quatro limpezas

manuais. Foram também realizadas três aplicações de inseticida, utilizando lambdacihalotrina (0.2 L ha^{-1}), metomil (0.5 kg ha^{-1}) e pyriclor (0.5 L ha^{-1}). Realizaram-se três irrigações por aspersão para compensar a necessidade hídrica da cultura, sendo aos 9, 17 e 30 DAS. Não foi utilizado nenhum fungicida na parte foliar no experimento. A colheita foi realizada aos 115 DAS, para quantificação do rendimento.

A quantificação da intensidade [incidência (%) e severidade (% e número de lesões folíolo⁻¹)] foi realizada em folíolos centrais destacados, provenientes do estrato inferior, médio e superior de quatro plantas localizadas na parcela útil (duas em cada fileira) de cada um dos tratamentos, totalizando 12 folíolos. Rapidamente foram acondicionados em sacolas plásticas, e levados ao Laboratório de Microbiologia da UTEQ. Com ajuda de um estereoscópio com lente binocular ótico de 2X de ampliação visual. A incidência (%) se definiu pela porcentagem (0 a 100) de folíolos doentes ou não. Por outro lado, a severidade (%) foi estimada dando valores (0 a 100) em função do dano ocasionado pela doença em cada um dos folíolos, entre tanto, a severidade dada pelo número de lesões folíolo⁻¹ foi quantificada mediante o número de lesões com tamanho maior ou igual a 2 mm em cada folíolo destacado. Realizou-se uma coleta semanal durante seis semanas, sendo esses valores obtidos, integralizados na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculada pela equação de integração trapezoidal, descrita em Campbell e Madden (1990). Também foi quantificado o número de lesões folíolo⁻¹ durante os estágios reprodutivos R7 (primeira vagem visível com a corola da flor pendurada ou desprendida) e R8 (início do enchimento de vagens e incremento do tamanho da semente/começo da senescência) segundo a escala descrita por Hall (1994).

Após a colheita, foi quantificado o número de nós por planta (NN), número de vagens por planta (NV), número de grãos por planta (NG), número de grãos por vagem por planta (NGV) e rendimento de grãos (R), sendo os dados desta última variável transformados à 13% de umidade, usando um determinador eletrônico portátil de umidade, transformando-se posteriormente para kg ha^{-1} .

O gradiente da intensidade da doença e do rendimento assim como seus componentes, foi gerado devido ao comportamento diferenciado do material genético. Para estimar os danos causados pela doença, foram utilizados os modelos de ponto crítico e integral (James e Teng, 1979; Bergamin-Filho e Amorim, 1996), realizando a análise de regressão entre a intensidade (incidência, severidade em porcentagem e número de lesões folíolo⁻¹) (variáveis independentes), e o rendimento de grãos e seus componentes (variável dependente), obtendo-se a equação da função de dano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta safra agrícola, as condições climáticas foram normais para esta época do ano, as mesmas foram favoráveis para infecção natural do patógeno e também para o desenvolvimento do cultivo do feijoeiro em monocultura, conseguindo o gradiente da doença e do rendimento de grãos e seus componentes.

Neste trabalho foram estimados os parâmetros de 20 equações lineares da função de dano para os componentes de rendimento (Tabela 1), e cinco equações lineares para o rendimento (Tabela 2). Os modelos integral e de ponto crítico utilizados no presente trabalho, para estimar danos no rendimento e seus componentes pela mela na cultura do feijoeiro, foram eficientes pelo menos para a maioria de componentes de rendimento.

Nos componentes de rendimento, se obteve coeficientes de determinação (R^2) altos, entre 0.79 e 0.87 para o número de nós por planta, entre 0.75 e 0.85 para número de vagens por planta, entre 0.88 e 0.97 para número de grãos por planta, e entre 0.59 e 0.72 para o número de grãos por vagem por planta, sendo explicado o evento biológico e matemático desde um 59% até 97%. Por outro lado, foram evidenciadas 14 correlações significativas neste trabalho, confirmando uma clara influência da doença no número de nós por planta, vagens por planta (exceto para o estágio fenológico R7) e de grãos por planta (Tabela 1).

O efeito da doença foi mais evidente no número de grãos por planta ($p < 0.01$). Sobre a importância deste componente de rendimento, Barili *et al.* (2010) mencionam que o número de vagens por planta, assim como grãos por vagem, são componentes importantes desta cultura. Por sua vez, a co-relação entre a doença e componentes de rendimento, foram também verificados por Araújo *et al.* (2006), que estimando os danos causados pela queima-da-bainha (*R. solani*) nos componentes de produtividade do arroz, utilizando o método de perfilhos únicos, encontraram para comprimento de panícula, porcentagem de espiguetas vazias e massa de grãos por panícula, R^2 acima de 0.97, em genótipos de ciclo precoce e médio.

Para o rendimento, as equações de dano geradas, não apresentaram significância estatística, embora tenham explicado o evento biológico e matemático desde 50% até 67%, já que seus R^2 localizaram-se entre 0.50 e 0.67% (Tabela 2). Outros autores, também obtiveram baixas relações entre doenças e o rendimento, citando entre eles os trabalhos de Jesus-Junior *et al.* (2001) estudando o efeito de *P. griesola* e *U. appendiculatus* no rendimento do feijoeiro, acharam R^2 de 0.11, 0.09 e 0.00, durante os anos 1997, 1998 e 1999, igualmente Mayek-Pérez *et al.* (2003) quem trabalhando com 64 cultivares

obtiveram um R^2 de 0.47, por sua vez, Bohatchuk *et al.* (2008) estimando danos de doenças foliares do trigo em patossistema múltiplo, utilizando modelo de ponto crítico, conseguiram R^2 desde 0.001 em crescimentos iniciais da cultura, e finalmente Ramasubramaniam *et al.* (2008) estimando os danos no rendimento e perdas económicas associadas a *S. sclerotiorum* em Dakota do Norte, EE. UU, encontraram R^2 de 0.50. Embora, existam estes trabalhos onde não houve uma relação entre a doença e o rendimento, também existem outros trabalhos que demonstram o contrario, entre eles o de

Garcés (2011a), quem encontrou uma de função de dano obtida pela relação entre o rendimento de grãos e a severidade foliar da mela, com R^2 de 0.82 e $p < 0.01$. A diferença evidente entre todos os trabalhos citados e a presente pesquisa, deveu-se provavelmente a baixa germinação em alguns materiais quando foi estabelecido o experimento no campo, o que influenciou no final do ciclo da cultura (momento da colheita), embora se tenha corrigido, tomando em conta o número de plantas à colheita.

Tabela 1. Funções de dano para mela em relação dos componentes de rendimento em feijão na safra de verão 2011, em função do número de lesões por folíolo (NLF) nos estádios fenológicos R7 e R8 e a variável Área Abaixo a Curva de Progresso da Doença com base na incidência (AACPI), severidade (AACPS) e número de lesões por folíolo (AACPNLF). Quevedo, Equador

Estádio fenológico ou variável	Equações	Coefficiente de determinação (R^2)	Significância estatística
Número de nós por planta (NN)			
R7	$NN = 13.49 - 0.914 NLF$	0.85	0.05
R8	$NN = 14.68 - 0.916 NLF$	0.87	0.05
AACPI	$NN = 15.61 - 0.010 AACPI$	0.79	0.05
AACPS	$NN = 13.03 - 0.048 AACPS$	0.85	0.05
AACPRLF	$NN = 13.34 - 0.029 AACPRLF$	0.85	0.05
Número de vagens por planta (NV)			
R7	$NV = 28.05 - 1.379 NLF$	0.75	ns.
R8	$NV = 30.15 - 1.435 NLF$	0.82	0.05
AACPI	$NV = 31.68 - 0.015 AACPI$	0.76	0.05
AACPS	$NV = 27.64 - 0.076 AACPS$	0.83	0.05
AACPRLF	$NV = 13.34 - 0.029 AACPRLF$	0.85	0.05
Número de grãos por planta (NG)			
R7	$NG = 177.59 - 14.309 NLF$	0.90	0.01
R8	$NG = 194.50 - 14.049 NLF$	0.88	0.01
AACPI	$NG = 215.22 - 0.160 AACPI$	0.91	0.01
AACPS	$NG = 172.59 - 0.775 AACPS$	0.97	0.01
AACPRLF	$NG = 175.73 - 0.461 AACPRLF$	0.91	0.01
Número de grãos por vagem por planta (NGV)			
R7	$NGV = 6.75 - 0.372 NLF$	0.67	ns.
R8	$NGV = 7.01 - 0.347 NLF$	0.59	ns.
AACPI	$NGV = 7.76 - 0.004 AACPI$	0.69	ns.
AACPS	$NGV = 6.62 - 0.020 AACPS$	0.72	ns.
AACPRLF	$NGV = 6.67 - 0.012 AACPRLF$	0.65	ns.

Tabela 2. Funções de dano (normais e transformadas para 1.000 kg) para mela em relação ao rendimento em feijão na safra de verão 2011, em função do número de lesões por folíolo (NLF) nos estádios fenológicos R7 e R8 e a variável Área Abaixo a Curva de Progresso da Doença com base na incidência (AACPDI), severidade (AACPDS) e número de lesões por folíolo (AACPNLF). Quevedo, Equador

Estádio fenológico ou variável	Equação original	Coefficiente de determinação (R ²)	Significância estatística	Equação ajustada
R7	$R = 1664.3 - 50.60 NLF$	0.61	ns.	$R = 1000 - 30.40 NLF$
R8	$R = 1696.6 - 45.04 NLF$	0.50	ns.	$R = 1000 - 26.55 NLF$
AACPI	$R = 1815.9 - 0.59 AACPI$	0.67	ns.	$R = 1000 - 0.32 AACPI$
AACPS	$R = 1622.5 - 2.44 AACPS$	0.51	ns.	$R = 1000 - 1.50 AACPS$
AACPRLF	$R = 1654.0 - 1.60 AACPRLF$	0.59	ns.	$R = 1000 - 0.97 AACPRLF$

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados da presente pesquisa mostraram que os modelos integral e de ponto crítico, são uma ferramenta importante para estimar danos pela mela nos componentes de rendimento, sendo mais evidente no número de grãos por plantas ($p < 0.01$).

As equações geradas de dano podem ser utilizadas no cálculo do limiar de dano econômico (LDE), sendo esta uma alternativa indicadora do momento para o início do controle químico da mela em cultivares suscetíveis.

A variação entre os coeficientes de dano das equações obtidas sugerem que este tipo de pesquisa continue-se realizando, em diferentes locais e anos e varias culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, L. G., A. S. Prabhu e G. B. da Silva. 2006. Método de perfílos únicos para estimar os danos causados pela queima-da-bainha nos componentes de produtividade do arroz. *Fitopatologia Brasileira*. 31(2): 199-202.
- Barili, L.D., N. Martins do Vale, da F. Rocha, D. S. Rozetto, M. M. Dacal-Coan, J. L. Meirelles-Coimbra, C. M. Medeiros-Coelho, C. Arruda de Souza. 2010. Componentes do rendimento em acessos de feijão. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 9(2): 125-133.
- Bergamin-Filho, A. e L. Amorim. 1996. Doenças de Plantas Tropicais: epidemiologia e controle econômico. *Agronômica Ceres*. São Paulo. 299 p.
- Bergamin-Filho, A., S. M. T. P. G. Carneiro, C. V. Godoy, L. Amorim, R. D. Berger and B. Hau. 1997. Angular leaf spot of *Phaseolus* beans: relationships between disease, healthy leaf area, and yield. *Phytopathology*. 87(5): 506-515.
- Bohatchuk, D. A., R. T. Casa, A. Bogo, J. P. R. Kuhnem, E. M. Reis e E. N. Moreira. 2008. Modelo de ponto crítico para estimar danos de doenças foliares do trigo em patossistema múltiplo. *Tropical Plant Pathology*. 33(5): 354-360.
- Casa, R. T., E. M. Reis, M. M. C. Blum, A. Bogo, O. Scheer e T. Zanata. 2004. Danos causados pela infecção de *Gibberella zeae* em trigo. *Fitopatologia Brasileira*. 29(3): 289-293.
- Campbell, C. L. and L. V. Madden. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Sons, New York, United States of America. 532 p.
- Chaves-Barrantes, N. F. e C. M. Araya-Fernández. 2012. Pérdidas causadas por el amachamiento del frijol (*Aphelenchoides besseyi* Christie) y reacción del germoplasma comercial al patógeno. *Agronomía Mesoamericana*. 23(1): 01-12.
- Fininza, C. 2003. Relationship between common bacterial blight severity and bean yield loss in pure stand and bean-maize intercropping systems. *International Journal of Pest Management*. 49(3): 177-185.
- Garcés, F. R. 2011a. Ocurrencia e intensidad de enfermedades foliares y radicales de fréjol en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. In: VIII Simposio Internacional de Recursos Genéticos, QUITO, Ecuador, 2011.

- Garcés, F. R. 2011b. Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela mela na cultura do feijoeiro. *Revista Ciencia y Tecnología*. 4 (1): 1-4.
- Godoy-Lutz, G., J. Arias, J. R. Steadman and K. M. Eskridge. 1996. Role of natural seed infection by the web blight pathogen in common bean seed damage, seedling emergence, and early disease development. *Plant Disease*. 80(8): 887-890.
- González-García, V., M. A. Portal-Onco and V. Rubio-Susan. 2006. Biology and systematics of the form genus *Rhizoctonia*. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 4(1): 55-79.
- Hall, R. 1994. Compendium of bean diseases. Second edition. APS Press. Minnesota, United States of America. 73 p.
- James, W. C. and P. S. Teng. 1979. The quantification of production associated with plant disease. *Applied Biology*. 4: 21-267.
- Jesus-Junior, W. C., F. X. R. do Vale, R. R. Coelho, B. Hau, L. Zambolim, L. C. Costa and A. Bergamin-Filho. 2001. Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. *Phytopathology*. 91(11): 1045-1053.
- King, J. E. 1976. Relationship between yield loss and severity of yellow rust recorded on large number of single stems of wheat. *Plant Pathology*. 25(4):172-177.
- Marchetti, M. A. and C. N. Bollich. 1991. Quantification of the relationship between sheath blight severity and yield loss in rice. *Plant Disease*. 75(8):773-775.
- Mayek-Pérez, N., C. López-Castañeda, E. López-Salinas, J. Cumpián-Gutiérrez, I. C. Joaquín-Torres, J. S. Padilla-Ramírez and J. A. Acosta-Gallegos. 2003. Effect of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. on grain yield of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and its relationship with yield stability parameters. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21(2): 168-175.
- Mersha, Z. and B. Hau. 2011. Reciprocal effects of host and disease dynamics in the bean rust pathosystem. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 118(2): 54-62
- Navas-Cortés, J. A., B. Hau and R. M. Jiménez-Díaz. 2000. Yield loss in chickpeas in relation to development of Fusarium wilt epidemics. *Phytopathology*. 90(11): 1269-1278.
- Nerbass, J. J. M., R. T. Casa, J. P. R. Kuhnem e F. A. G. Bogo. 2010. Modelos de pontos críticos para relacionar o rendimento de grãos de aveia branca com a intensidade de doença no patossistema múltiplo ferrugem da folha – helmintosporiose. *Ciência Rural*. 40(1): 1-6.
- Nkalubo, S., R. Melis, M. D. Laing and F. Opio. 2007. Yield loss associated with anthracnose disease on Ugandan market-class dry bean cultivars. *African Crop Science Conference Proceedings*. 8: 869-874.
- Nutter, F. W. and J. H. Jenco. 1992. Development of a critical-point yield loss model to estimate yield losses in corn caused by *Cercospora zea-maydis*. *Phytopathology*. 82: 994.
- Pereira-Goulart, A. C., P. G. Sousa and A. S. Urashima. 2007. Danos em trigo causados pela infecção de *Pyricularia grisea*. *Summa Phytopathologica*. 33(4): 358-363.
- Ramasubramaniam, H., L. E. del R. Mendoza and C. A. Bradley. 2008. Estimates of yield and economic losses associated with white mold of rain-fed dry bean in North Dakota. *Agronomy Journal*. 100(2): 315-319.
- Reis, E. M., R. T. Casa, L. L. Hoffmann and C. M. Mendes. 2000. Effect of leaf rust on wheat grain yield. *Fitopatologia Brasileira*. 25(1): 67-71.
- Reis, E. M., A. Leites e C. A. Forcelini. 2006. Relações entre intensidade da ferrugem da folha, refletância da radiação solar e rendimento de grãos na cultura do trigo Embrapa 16. *Fitopatologia Brasileira* 31(5): 447-454.
- Reis, E. M., J. A. P. Santos e M. M. C. Blum. 2007. Critical-point yield model to estimate yield damage caused by *Cercospora zea-maydis* in corn. *Fitopatologia Brasileira*. 32(2): 110-113.
- Reis, E. M., R. T. Casa e L. C. Bevilacqua. 2008. Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela ferrugem da folha da aveia branca. *Summa Phytopathologica*. 34(3): 238-241.
- Rodríguez, E., E. Lorenzo, M. Acosta, F. González, B. Mora y G. Godoy. 1999. Manejo de la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank)) en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Mesoamericana*. 10 (1): 99-108.
- Santos, L. N. S., F. R. Alves, L. L. Belan, P. D. S. Cabral, F. P. Matta, W. C. Jesus-Junior and W. B. Moraes. 2012. Damage quantification and reaction of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Meloidogyne incognita* race 3 and *M. javanica*. *Summa Phytopathologica*. 38(1): 24-29.