

Indicador do momento para a primeira aplicação de fungicidas visando ao controle econômico de doenças do trigo

- Cálculo do Limiar de Dano Econômico (LDE) -

Erlei Melo Reis, Sandra Maria Zoldan e Beatriz Germano

Equipe de Fitopatologia da OR Melhoramento de Sementes Ltda.

Introdução

Os fungicidas constituem-se numa ferramenta importante para minimizar os danos causados pelas doenças sendo uma medida emergencial, rápida e eficiente, porém, o seu uso aumenta o custo de produção. Em consequência devem ser aplicados seguindo-se critérios que assegurem o retorno econômico ao reduzirem os danos causados e o menor impacto negativo no ambiente.

As doenças do trigo alvo do controle pela aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos são, o oídio, as ferrugens, as manchas foliares e a giberela.

Quando se decide pelo controle de doenças através do uso de fungicidas, deve-se ter em mente os fatos de que *“os agricultores cultivam a terra (Ex. o trigo) para ganharem dinheiro e que tanto a falta como o excesso do uso de medidas de controle, como por exemplo, o uso de fungicidas, pode reduzir o lucro dos produtores”* (Main, 1977). Por isso, devem ser usados com critério que considere o custo benefício de sua utilização.

A assistência técnica tem a disposição diversos critérios quanto a tomada de decisão para o momento da aplicação de fungicidas (Reis, 2013). Um desses seria o tratamento preventivo ou protetor que não leva em conta a quantidade de doença nem o custo do controle. Outra possibilidade seguida por alguns produtores, porém não recomendada pela pesquisa, é a aplicação de fungicida quando o cereal atingir um determinado estágio fenológico. Esse critério não leva em conta a quantidade de doença e geralmente é feito atrasado, ou seja, a quantidade de doença já ultrapassou o limiar de ação (LA). Em geral, quando aplicados atrasados, com alta intensidade das doenças, os fungicidas não tem poder para reverter os danos que são irreversíveis.

Segundo as Indicações (2013), o critério mais racional, e por isso recomendado, indicador do momento para a aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos é o limiar de dano econômico (LDE). O LDE deve ser calculado para cada doença, em função do potencial de

rendimento da lavoura, do custo de controle, do valor do preço do trigo, do coeficiente de dano causado pela doença alvo do controle e da eficiência do fungicida.

Esse cálculo deve ser feito anualmente e para cada situação de lavoura, com a assistência de Técnicos Rurais e de Engenheiros Agrônomos. O valor do LDE não é fixo.

A relação dos fungicidas recomendados pela pesquisa constam em Indicações (2013). Essa publicação é anualmente revisada e atualizada pelas instituições de pesquisa de trigo.

Conceitos básicos:

Dano: é qualquer redução na quantidade (kg/ha de grãos) e/ou qualidade da produção resultante do ataque de uma doença na lavoura de trigo.

Perda: Redução do retorno financeiro (R\$) por unidade de área devido à ação de doenças.

Incidência da doença. É a proporção de indivíduos ou órgãos (folhas, espigas, grãos) numa amostra de plantas com a presença de sintomas/sinais da doença. Não considera a quantidade de doença no órgão. A unidade da incidência é a porcentagem.

A incidência é um método objetivo, simples, sensível, rápido, preciso e reproduzível independentemente do avaliador. Portanto, o uso do LDE é baseado na incidência foliar das doenças do trigo.

Uma vantagem da incidência é sua sensibilidade que permite separar pequenas diferenças entre tratamentos. Sua limitação é representar apenas a fase inicial da epidemia sendo seu valor máximo confiável de 90%. No entanto, tem sido usada na quantificação de danos e, portanto, como unidade do LDE, em cereais de inverno. Isso por que, nas doenças dessas culturas, o LDE se situa na faixa de 10 – 30% de incidência dentro de uma margem de segurança para seu uso.

Na determinação da incidência numa amostra, considera-se *doente* a folha que tiver no mínimo uma pústula esporulante da ferrugem da folha, ou uma colônia de oídio, e/ou uma mancha foliar maior do que 2 mm de comprimento.

Severidade da doença. É a área estimada de um órgão (ex. folha) revestida por sintomas e ou sinais. Pouco usada em trabalhos de campo por ser trabalhosa e subjetiva.

Patossistema simples: Considera na quantificação apenas uma doença isoladamente por folha, planta e/ou lavoura (ex. ferrugem da folha). Raramente numa lavoura ocorre apenas uma doença, por isso, sugere-se usar o patossistema múltiplo.

Patossistema múltiplo: Considera o conjunto de doenças ocorrentes na lavoura no momento de sua quantificação. Reflete a realidade presente no momento da vistoria

considerando-se que numa folha, planta e/ou lavoura ocorrem mais de uma doença; explica melhor a estimativa dos danos. Portanto, tem-se funções matemáticas para o patossistema simples e múltiplo (Tabela 1).

Intensidade de doença – ID. Uma vez tendo sido calculado o valor da ID (incidência foliar), pela equação acima, ela corresponde ao valor do LDE que se deseja saber com indicador da quantidade máxima de doença tolerável economicamente na lavoura. O critério de quantificação é a incidência foliar das doenças.

Critério indicador do momento para a primeira aplicação. Limiar de dano econômico – LDE. O Limiar de Dano Econômico (LDE) corresponde a intensidade (ex. incidência foliar) da doença na qual o benefício do controle iguala ao seu custo ou a intensidade da doença que causa perdas iguais ao custo do controle (Equação 1). Se o LDE for alcançado, é recomendado o controle da doença, pois, caso seja ultrapassado, as perdas decorrentes serão irrecuperáveis. Por esse motivo, os fungicidas não devem ser aplicados de forma preventiva (sem doença) ou tardiamente (ultrapassando o LDE), ou seja, o controle químico das doenças deve ser realizado quando os valores da incidência atingirem o LDE.

$$\text{LDE} = C_c/C_d = 1/1 = 1 \quad (1)$$

O LDE é determinado utilizando-se como base de cálculo a fórmula de Munford & Norton (1984), modificada por Reis *et al.* (2001) para ser aplicada em doenças foliares causadas por fungos que necessitam do controle com fungicidas (Equação 2).

$$\text{ID} = C_c/(P_p \times C_d) \times E_c, \text{ na qual,} \quad (2)$$

ID = intensidade da doença;

C_c = custo do controle;

P_p = preço da tonelada de trigo;

C_d = coeficiente de dano; e

E_c = eficiência do controle considerando um determinado fungicida. Fornecido pela pesquisa.

Equações das funções de dano

Na quantificação dos danos é necessário, em experimentos de campo, gerar o gradiente da doença avaliando sua intensidade em diferentes estádios fenológicos, determinar o rendimento de

grãos e estabelecer por análise de regressão, a relação entre o rendimento e a intensidade da doença em diferentes estádios fenológicos (Tabela 1).

Coefficiente de Dano - Cd

Função de dano e o coeficiente de dano (segundo membro da equação): é a relação entre o rendimento de grãos e a intensidade de uma doença. Em geral é representada por uma função linear que mostra a quantidade de grãos que se deixa de produzir para cada 1,0% de aumento da incidência, número de lesões, número de pústulas ou severidade da doença (Tabela 1).

Funções de dano para doenças do trigo.

Equações da função de dano com respectivos coeficientes de dano para patossistema simples e múltiplo estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações lineares de dano para doenças fúngicas (patossistema simples e múltiplo) da parte aérea do trigo

Doenças	Estádio de Desenvolvimento ¹	Equação noormalizada	R ²
Ferrugem da Folha	Afilhamento	R ² = 1.000 – 5,57 I ³	0,95
	Elongação	R = 1.000 – 6,43 I	0,90
Oídio	Afilhamento	R = 1.000 – 5,49 I	0,72
Manchas Foliaves	Elongação	R = 1.000 – 7,66 I	0,80
Patossistema Múltiplo ⁴	Elongação	R = 1.000 – 19,14 I	0,55

¹Zadoks et al. (1974); ²Rendimento (Kg ha⁻¹); ³Incidência foliar; ⁴Oídio, ferrugem e manchas foliaves.

Cálculo do LDE

Com as equações da função de dano pode-se calcular o LDE, e usar esse valor na tomada da decisão em relação à necessidade ou não do controle químico de uma determinada doença ou grupo de doenças com base econômica.

A seguir demonstra-se um exemplo do cálculo do LDE para controle de doenças foliaves no trigo Ônix, com base no patossistema múltiplo (Tabela 1).

$$ID = [Cc/(Pp \times Cd)] \times Ec \quad (3)$$

Cc = valor obtido de Picinini *et al.* (1998) = US\$ 30.00/ha (dólar a R\$ 2,30 = R\$ 69,00) (Ver Boller et al., 2013).

Pp = preço da tonelada do trigo, por exemplo US\$ 175.00 (dólar R\$ 2,30 = R\$ 402,50)

Cd = tomado da Tabela 1 (R= 1.000 - 3,813 I no estágio de quarto nó visível); considerando-se o rendimento potencial (Rp) da lavoura de 3,5 t/ha tem-se: $3,813 \times 3,5$ (R = 3.500 - 13,34 I); como o cálculo é feito por tonelada de trigo, tem um Cd = 0,01334

Ec = referente à eficiência de controle do fungicida (80% ou 0,8).

Substituindo estes valores na fórmula tem-se:

$$ID = (69 / 402,50 \times 0,01334) \times 0,8 = 10,3\% \text{ de Incidência};$$

A aplicação do fungicida no trigo com base no LDE, nesse caso, corresponde a uma incidência de doenças foliares, no estágio de quarto nó visível, de 10,0%. Isto significa que para cada 10,0% de incidência foliar em cultivar com suscetibilidade semelhante ao Ônix, tem-se uma perda de R\$ 69,00/ha.

Sugere-se como limiar de ação (LA) diminuir 5 pontos da incidência calculada para o LDE, portanto o LA, nesse caso é de 5,0 a 10,0%.

Limiar de ação – LA. Considerando-se que para o controle econômico das doenças não se deve permitir que sua intensidade ultrapasse o LDE, a aplicação racional dos fungicidas deve ser feita com um valor inferior ao LDE. Tanto a implantação da medida de controle como a ação do fungicida, demanda tempo; por isso, a pulverização deve ser feita quando a intensidade da doença atingir o limiar de ação (LA), sugerindo-se uma redução do valor do LDE. Consequentemente, o valor do LA é menor do que o do LDE.

Cálculo do dano causado por uma doença em trigo. Com as funções de dano se pode calcular o dano (kg/ha) atual causado por uma doença (Equação 4).

$$\text{Dano (D)} = \text{Cd} \times \text{I onde:} \quad (4)$$

Cd = coeficiente de dano

I = incidência quantificada na lavoura

Toma-se como exemplo uma incidência de 40%, logo:

$$D = 0,01334 \times 40$$

$$D = 0,5336 \text{ t/ha}$$

Cálculo da perda causada por uma doença em trigo. As funções de dano também permitem o cálculo da perda (R\$/ha) atual causada pela doença Equação 5).

$$\text{Perda (P)} = P_p \times C_d \times I \text{ onde:} \quad (5)$$

P_p = preço do produto (nesse caso o trigo)

C_d = coeficiente de dano

I = incidência atual quantificada na lavoura (40%);

$$P = R\$ 402,50 \times 0,01334 \times 40$$

$$P = R\$ 214,77$$

Considerações finais

O LDE é um critério no qual há necessidade de monitoramento constante de doenças. Monitorar doença e calcular o LDE não é tarefa para ser executada pelo produtor. É, sim, decisão técnica realizada pelo Agrônomo treinado em epidemiologia e apto para identificar e quantificar doenças. Com base no LDE assume-se que a doença está presente na lavoura; não sendo, assim, realizado controle preventivo ou protetor, que por sua vez não leva em conta a presença de doença e nem o custo do controle. O critério do LDE também não está atrelado a um determinado estágio fenológico da planta. O critério da aplicação considerando o estágio fenológico, também não leva em conta a quantidade de doença e geralmente ocorre de forma atrasada, ou seja, a quantidade de doença já ultrapassou o limiar de ação. O LDE pode necessitar mais trabalho e tempo para ser executado, no entanto, quando realizado o monitoramento pelo LDE verifica-se que no momento da aplicação do fungicida as doenças estão com baixa intensidade, que o tratamento não está atrasado e que os fungicidas apresentam eficiência de controle esperada, prevenindo inclusive alguns inconvenientes de redução da sensibilidade.

Outro detalhe importante é que os envolvidos com assistência técnica imaginam que com o uso de LDE haverá obrigatoriamente a redução do número de aplicações de fungicidas. Isso nem sempre ocorre. Pelo contrário, com base no LDE, conhecendo-se o período de proteção dos fungicidas e com nova operação de monitoramento, considerando o valor LDE para reaplicações, pode sim haver necessidade de mais aplicações se comparado a um programa de aplicação preventiva ou por estágio fenológico de desenvolvimento. O LDE, não deve ser ultrapassado ao longo do ciclo da cultura, por isso, dependendo do cultivar e do clima a lavoura pode requerer 1, 2 ou até 3 ou 4 aplicações de fungicida. Lavouras conduzidas em monocultura e plantio direto e/ou aquelas com cultivares suscetíveis à ferrugem da folha, dependendo do clima, na maioria das vezes, sempre necessitarão da aplicação de fungicidas.

O fungicida aplicado numa cultura tem como objetivo o controle de uma doença causada por fungo, por exemplo, ferrugens, oídios e manchas foliares. Admite-se que as doenças causem

danos e perdas e que a aplicação do fungicida vai garantir um retorno econômico do investimento. Se não ocorrer uma doença causada por fungo deve-se aplicar fungicida na cultura? De certa forma, a pesquisa vem trabalhando com correlações que envolvem a fisiologia da planta e a presença do fungicida. Porém, o fato é que para determinadas situações de cultivo (reação do genótipo, condições de clima, presença de inóculo) algumas doenças podem não atingir nível de dano, e assim, o custo da aplicação pode não ser coberto pelo ganho de rendimento ou pela lucratividade, sem contar que houve aplicação desnecessária de agrotóxico no meio ambiente.

Algumas considerações extraídas de Zadoks & Schein (1979) sobre a evolução das estratégias de controle de doenças de plantas merecem ser consideradas:

- (i) “Os aspectos econômicos e a pressão ambiental determinaram um novo direcionamento nas estratégias de controle de doenças e de pragas”.
- (ii) “Esse novo enfoque conscientizou pesquisadores de que se deve manter a doença em intensidade subeconômica, um elemento chave do controle”.
- (iii) “Para cada doença em cada cultura se deve determinar a intensidade tolerável da doença. No período de 1930 a 1960, a doutrina martelada nas mentes dos agricultores pelos cientistas, agentes de extensão e vendedores, era de que a lavoura deveria ser mantida sem nenhum sintoma de doenças. Isso não é necessário e é antieconômico”.
- (iii) “Como resultado deste novo enfoque, em 1968 foi proposto pela FAO o conceito de manejo integrado de doenças de plantas (MID)”.
- (iv) Portanto, o “propósito do controle da moléstia é prevenir para que o seu dano não exceda o nível de lucro – LDE”.
- (v) O nível da doença (sua intensidade) deve ser mantido abaixo do LDE.
- (vi) “A análise econômica do processo de manejo de doenças é fundamental na tomada de decisão quanto ao momento do controle”.
- (vii) “O LDE é a quantidade de doença que justificaria o custo da medida artificial de controle”.
- (vii) O LDE é a quantidade máxima de doença tolerada economicamente numa lavoura.
- (viii) “A ciência agrônômica tem a obrigação de quantificar os danos causados pelas doenças em qualquer cultura e determinar o LDE”.

O gatilho (peça que detona o tiro em arma-de-fogo) para aplicação de fungicida numa cultura se chama momento.

Qual o gatilho para a aplicação de fungicida no pré-fechamento da folhagem na cultura da soja? Quantos cm entre as folhas de linhas paralelas? Qual o gatilho para o critério início da doença? Que valor de severidade ou de incidência? Qual o gatilho para preventivo? Se nesse caso a doença deve estar ausente, o fungicida pode ser aplicado em qualquer momento que satisfaça essa condição. Qual o gatilho para estágio fenológico? Ao atingir aquele estágio, por exemplo, floração, se aplica não considerando a doença e sua intensidade.

O tempo passa e os critérios sem fundamento científico vão sendo mudados; novas propostas vão surgindo, no entanto, a “*ciência busca a verdade e sendo encontrada prevalecerá*” (Behe, 1997).

O gatilho do LDE é a **intensidade** da doença (ID ou LDE) e o dano correspondente. A **intensidade** é influenciada por práticas culturais [rotação de culturas e monocultura (manchas foliares), plantio direto x convencional, época de semeadura], sanidade da semente, clima na safra, ciclo do cultivar e reação do cultivar x raças virulentas ou agressivas do patógeno. Portanto, todo e qualquer fator que tenha reflexo na intensidade da doença é considerado, ou contemplado no critério do LDE.

Referências Bibliográficas

- BEHE, M. A caixa preta de Darwin. Rio de Janeiro. Jorge Zahar Editora Ltda. 300p., 1997.
- BERGAMIN FILHO, A. & AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 289p.:il.
- BOHATCHUK, D.A., CASA, R.T., BOGO, A., KUHNEM JUNIOR, P.R., REIS, E.M. & MOREIRA, E.N. Modelo de ponto crítico para estimar danos de doenças foliares do trigo em patossistema múltiplo. Tropical Plant Pathology 33: 363-369. 2008
- BOLLER, W.; BRUSTOLIN, R.; DE ROSSI, R. L. Análise econômica da aplicação de fungicidas em órgãos aéreos da soja e do trigo. Passo Fundo: Berthier. 2013. 248.
- CASA, R.T., HOFFMANN, L.L., PANISSON, E., MENDES, C.S. & REIS, E.M. Sensibilidade de *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* a alguns fungicidas. Fitopatologia Brasileira 27: 626-630. 2002

FEDERATION OF BRITISH PLANT PATHOLOGISTS. Terminology Sub-Committee. A guide to the use of terms in plant pathology. Kew, Commonwealth Mycological Institute. 1973. 55p. (Phytopathological Papers, 17).

JAMES, W.C. & SHIH, C.S. Relationship between incidence and severity of powdery mildew and leaf rust on winter wheat. *Phytopathology* 63:183-187. 1973.

JESUS JUNIOR, W.C., VALE, F.X.R. & BERGAMIN FILHO, A. Quantificação de Danos e Perdas. In: VALE, F.X.R., JESUS JUNIOR, W.C. & ZAMBOLIM, L. Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas. Belo Horizonte: Ed. Perfil, 2004. pp. 273-203.

MUNFORD, J.D. & NORTON, G.A. Economics of decision making in pest management. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v.29, p.157-174, 1984.

NUTTER, F.W. & JENCO, J.H. Development of a critical-point yield loss model to estimate yield losses in corn caused by *Cercospora zea-maydis*. *Phytopathology* 82:994. 1992.

NUTTER, F.W., TENG, P.S. & ROYER, M.H. Terms and concepts for yield, crop loss, and disease thresholds. *Plant Disease* 77: 211-215. 1993.

PICININI, E.C., FERNANDES, J.M.C., IGNACZAK, J.C. & AMBROSI, I. Impacto econômico do uso do fungicida propiconazol na cultura do trigo (*Triticum aestivum*). *Fitopatologia Brasileira* 21: 362-368. 1996.

REIS, E.M. & CASA, R.T. Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle. 2. ed. rev. atual. Lages: Graphel, 2007. 176p.

REIS, E.M., CASA, R.T. & FORCELINI, C.A. Relação entre a severidade e a incidência da ferrugem da folha do trigo, causada por *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. *Fitopatologia Brasileira* 21: 369-372. 1996.

REIS, E.M., CASA, R.T. & HOFFMANN, L.L. Efeito do oídio causado por *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*, sobre o rendimento de grãos de trigo. *Fitopatologia Brasileira* 22: 492-495. 1997.

REIS, E.M., CASA, R.T., HOFFMANN, L.L. & MENDES, C.M. Effect of leaf rust on wheat grain yield. *Fitopatologia Brasileira* 25: 67-71. 2000.

REIS, E.M., LEITES, A. & FORCELINI, C.A. Relações entre intensidade da ferrugem da folha, refletância da radiação solar e rendimento de grãos na cultura do trigo Embrapa 16. *Fitopatologia Brasileira* 31: 447-454. 2006.

REUNIÃO da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (6:2012 jul.-ag., 29-2, Londrina, PR). Informações técnicas para o trigo e triticale - safra 2013. 220p.

ZADOKS, J.C. CHANG, T.T. & KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereal. *Weed Research* 14: 415-421. 1974.