

Efeito da adubação nitrogenada em cobertura na severidade da ferrugem comum do milho

Igor Souza Pereira¹, Márcia Toyota Pereira

¹ Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Campus Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, E-mail: igor@iftm.edu.br

² Faculdade Presidente Antônio Carlos, Campus Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: mtoyotap@gmail.com

Recebido: 23/05/2017; Aceito: 23/10/2017

RESUMO

A adubação nitrogenada pode interferir positivamente ou negativamente na intensidade de diversas doenças das plantas. Neste contexto, este estudo objetivou avaliar o efeito da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura na severidade da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi*). O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Prudente de Morais (MG), utilizando-se o híbrido de milho-verde AG 4051. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos constituíram da aplicação de cinco doses de N (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) na forma de ureia em cobertura. Foram realizadas cinco avaliações (em intervalo semanal) da severidade da doença em 3 folhas marcadas (2 acima e 1 abaixo da espiga) em seis plantas por parcela e ao final, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). A equação polinomial quadrática ($y = 707,9 + 3,34x - 0,0107x^2$) foi a que melhor se ajustou ($R^2 = 0,86$). A severidade da doença aumentou até a dose estimada de 157 kg ha⁻¹ (máximo da doença). Nitrogênio em deficiência desfavorece as doenças causadas por patógenos biotróficos por não fornecer a quantidade suficiente de nutrientes para o seu desenvolvimento em tecidos infectados.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Puccinia sorghi*, ureia

Effect of nitrogen fertilization in common rust of corn severity

ABSTRACT

Considering that nitrogen (N) fertilization can interfere positively or negatively in the intensity of various plant diseases. Therefore, the effect of nitrogen doses applied in topdressing on the severity of common corn rust (*Puccinia sorghi*) was evaluated. The experiment was conducted in EPAMIG Experimental Farm, Prudente de Morais (MG) using corn-green hybrid AG 4051. The randomized block experimental design was adopted with three replications. The treatments where five N doses (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) in urea form were applied in topdressing. Five evaluations of disease severity was applied in three marked leaves (2 upper and 1 lower of ear) in six plants by plot and in the end, the area under disease progress curve (AUDPC) was calculated. The quadratic equation ($y = 707,9 + 3,34x - 0,0107x^2$) was best adjusted ($R^2 = 0,86$). The disease severity increased until estimated dose of 157 kg ha⁻¹ (maximum of disease). Deficiency of nitrogen impairs diseases caused by biotrophic pathogens for not providing the sufficient quantity of nutrients for its development in infected tissues.

Key words: *Zea mays*, *Puccinia sorghi*, urea.

As ferrugens, pertencentes à Ordem *Pucciniales*, são fungos fitopatogênicos classificados como biotróficos obrigatórios, dos quais muitas espécies são agronomicamente importantes afetando negativamente a produtividade de cereais como o trigo, a aveia, o sorgo e o milho entre outras espécies (BETTGENHAEUSER et al., 2014; KEMEN et al., 2015).

É importante relatar que esses fungos se multiplicam abundantemente e sob condições favoráveis se dispersam rapidamente, mesmo a partir de um inóculo inicial baixo, podendo dar origem a epidemias severas. No entanto, caso as condições ambientais sejam desfavoráveis, o inóculo presente, ainda que em elevada quantidade, não é suficiente para garantir progresso epidêmico (GODOY, 2000; AGRIOS, 2005).

O milho (*Zea mays* L.) pode ser atacado por três espécies de ferrugem (*Puccinia sorghi* Schw., *P. polysora* Underw. e *Physopella zae* (Mains) Cummins & Ramachar), cuja ocorrência e severidade variam conforme as condições climáticas e o nível de resistência do cultivar ou híbrido plantado (DUDIENAS et al., 2013). Dentre essas, destaca-se a ferrugem comum do milho, causada pelo fungo *P. sorghi*, que é de ocorrência comum na região Centro-Sul do país (GODOY, 2000).

Esse patógeno possui urediniosporos caracteristicamente escuros e arredondados, produzidos em urédias alongadas, de cor marrom canela escura e por se estabelecer no cartucho das folhas, a infecção resulta no desenvolvimento de pústulas em faixas transversais nas folhas, podendo, porém, ocorrer em toda a parte aérea da planta. Nas folhas, as urédias podem coalescer e sob condições favoráveis formar grandes aéreas necróticas (DUDIENAS et al., 2013).

A ocorrência da ferrugem comum do milho é favorecida pela ocorrência de longos períodos de temperaturas entre 16 e 23 °C, umidade relativa do ar superior a 90% e precipitação frequente, mantendo a superfície foliar úmida. Possui hospedeiros secundários de ocorrência comum, do gênero *Oxalis*, denominados vulgarmente de trevo (AGRIOS, 2005).

Diante dos aspectos epidemiológicos da interação milho e *P. sorghi* e da importância dessa cultura para o país, é que deve ser estudado o efeito de nutrientes nessa interação, em especial o nitrogênio (N), quarto elemento mais abundante nas plantas, essencial na produção de aminoácidos, enzimas, hormônios, fitoalexinas, compostos fenólicos entre outros componentes celulares (TAIZ; ZAIGER, 2013).

A cultura do milho, direcionada para a comercialização de espigas de milho-verde no período de entressafra, demanda de irrigação e de um sistema de produção mais tecnificado, onde a adubação nitrogenada em cobertura desempenha papel de suma importância. O nitrogênio é um dos principais nutrientes

responsáveis pelo aumento no rendimento de espigas de milho-verde bem como de sua qualidade (FREIRE et al., 2010).

Adversamente, o nitrogênio está relacionado com o acréscimo de doenças foliares em diversas culturas, sendo o nutriente mais reportado afetando as doenças em plantas como *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici* em trigo (*Triticum aestivum*) (SHANER; FINNEY, 1977); *Cercospora zae-maydis* (CALDWELL et al., 2002); *P. sorghi* (BLUM et al., 2000) entre outros.

Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura na severidade da ferrugem comum do milho (*P. sorghi*) no híbrido AG 4051 na região central de Minas Gerais.

O experimento foi instalado em julho de 2007 na Fazenda Experimental da EPAMIG, no Município de Prudente de Moraes, MG, localizada a 19°27'15'' latitude sul, 44°09'11'' longitude oeste e 732 m de altitude. O solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa (EMBRAPA, 2013), apresentava as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm: pH em água de 5,4; 4,46 cmol_c dm⁻³ de H⁺ + Al³⁺; 0,00 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺; 2,56 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ e 0,37 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹); 105 mg dm⁻³ de K e 24,0 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); V = 42%. Previamente à instalação do trabalho, foi realizada a calagem do solo visando elevar a saturação por bases a 60%.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de nitrogênio (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha⁻¹ de N), na forma de ureia, divididas em três aplicações em cobertura nos estádios V3, V6 e V9, respectivamente, com três, seis e nove folhas totalmente expandidas.

O híbrido de milho-verde utilizado foi o AG 4051. A irrigação foi realizada utilizando o sistema de aspersão convencional, sendo a lâmina de água calculada em função da evapotranspiração de referência, precipitação pluvial e o coeficiente da cultura (Kc). No plantio, em todas as parcelas, foi aplicado o equivalente a 10 kg ha⁻¹ de N (ureia) juntamente com P (superfosfato simples) e K (cloreto de potássio), sendo as recomendações das doses destes dois últimos nutrientes baseadas em resultados de análise de solo. Ainda na adubação de plantio, foi adicionado o equivalente a 50 kg ha⁻¹ de FTE BR-12 como fonte de micronutrientes. As adubações seguiram as recomendações para o Estado de Minas Gerais (FREIRE et al., 1999).

As avaliações da severidade da doença foram realizadas em seis plantas previamente marcadas em que foram selecionadas três folhas por planta marcada, sendo duas acima e uma abaixo da espiga. Tais plantas foram selecionadas dentro de parcelas constituídas de cinco linhas de plantas espaçadas de 1,00 m x 0,20 m, com uma área de 35 m² (7,0 m x 5,0 m). O

delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições.

A severidade da ferrugem foi avaliada a partir do início da fase de florescimento das plantas e seguiu até a estabilização da doença, totalizando cinco avaliações que ocorreram em intervalo semanal. Para avaliação da severidade, foi utilizado escala diagramática adaptada de Azevedo (1997) para doenças foliares do milho.

De posse dos valores de severidade da ferrugem, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) determinada pela equação proposta por Sharner e Finney (1977):

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i),$$

em que n é o número de avaliações; y a intensidade da doença; t o tempo quando da avaliação da intensidade da doença.

Os dados obtidos da AACPD foram submetidos aos testes de normalidade dos erros e de homocedasticidade de variâncias, respectivamente, por meio dos testes de Shapiro-Wilks e Bartlett e à análise de variância pelo teste de F ao nível de 5% de probabilidade com posterior comparação de médias da AACPD pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e à análise de regressão empregando o software Sisvar[®] (FERREIRA, 2014).

O ponto de máximo foi determinado por meio da derivada primeira da equação de regressão de segundo grau. O gráfico foi gerado utilizando-se o programa computacional Excel para Windows[®].

Os resultados da análise de variância para a variável AACPD calculada para a ferrugem comum do milho evidenciaram efeito significativo ($p < 0,05$) da aplicação de dose de nitrogênio em cobertura (Tabela 1). O coeficiente de variação calculado pode ser considerado relativamente baixo para trabalhos de avaliação de doença em campo, com valor de 9,93%.

Tabela 1. Análise de variância para AACPD da ferrugem comum do milho sob aplicação de doses de nitrogênio em cobertura. Prudente de Morais, MG.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F calc.	Pr>F _c
Doses de N	4	135281,87	33820,47	4,44	0,0349
Bloco	2	229999,73	114999,85	15,11	0,0019
Erro	8	60905,02	7613,13		

CV (%) = 9,93

A adubação de cobertura com nitrogênio resultou num acréscimo da ferrugem comum do milho no híbrido AG 4051, observado pelo maior valor para AACPD nas

doses de 60 a 240 kg ha⁻¹ de N, que foram agrupados pelo teste de Scott-Knott e que diferiram da testemunha sem adubação com o nitrogênio (Figura 1).

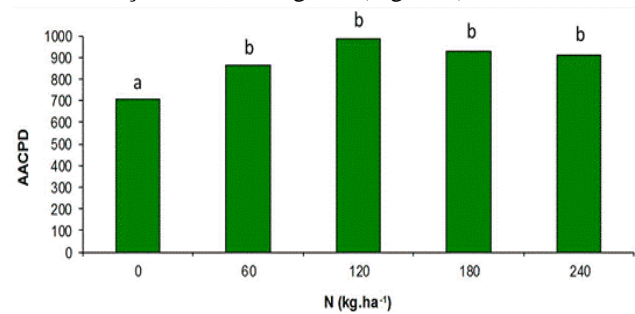


Figura 1. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) no híbrido de milho-verde AG 4051 sob diferentes doses de nitrogênio (kg ha⁻¹). Médias com mesmas letras não diferem estatisticamente, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Prudente de Morais, MG.

O aumento da severidade da ferrugem comum do milho, decorrente do acréscimo de nitrogênio em cobertura, já havia sido descrita por Blum et al. (2000) para os híbridos AG 12, AG 28, AG 303 e AG 9012 no Brasil. Esses autores relataram, ainda, que a doença não interferiu na produtividade dos híbridos avaliados, ou seja, apesar do acréscimo da severidade da ferrugem comum do milho houve também um acréscimo de produtividade.

Pela análise de regressão para os dados de AACPD, foi possível ajustar um modelo que explicasse a ferrugem comum do milho no híbrido AG 4051 adubado com diferentes doses de nitrogênio (Figura 2). Foi verificado comportamento quadrático com máxima AACPD, ou seja, maior severidade, na dose de nitrogênio calculada em 157,6 kg ha⁻¹ resultando numa AACPD máxima de 971,15 para essa dose. Para a dose 0, a AACPD mínima foi de 707,89.

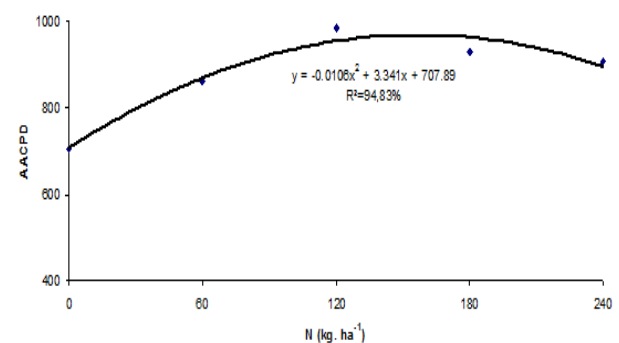


Figura 2. Efeito da aplicação de doses de nitrogênio na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) no híbrido de milho-verde AG 4051. Prudente de Morais, MG.

O N está correlacionado com a ocorrência de doenças de plantas de diferentes modos, onde o excesso ou a falta desse nutriente pode incrementar ou reduzir a severidade (AGRIOS, 2005). O excesso de N leva a

formação de tecidos jovens e tenros, favorecendo a severidade de doenças causadas pela *Cercospora zeae-maydis* (CALDWELL et al., 2002), *Fusarium* spp. (SZULK et al., 2008) e *P. sorghi* (BLUM et al., 2000) em milho (*Zea mays*); *Erysiphe graminis f.sp. tritici* em trigo (*Triticum aestivum*) (SHANER; FINNEY, 1977) entre outros.

Esse acréscimo pode ser explicado pela redução da produção de compostos fenólicos com atividade antifúngica ou fungistática e a redução na produção de ligninas nas folhas quando o nitrogênio é fornecido em excesso para as plantas. O excesso de nitrogênio provoca ainda, o aumento na quantidade de aminoácidos e amidas nas células vegetais, favorecendo a infecção por parasitas biotróficos, como é o caso da *P. sorghi* (YAMADA, 1995).

É importante destacar que o nitrogênio é um nutriente essencial para a cultura do milho, sendo essa espécie altamente responsiva. Especificamente para esse híbrido, há ganhos em produtividade com o acréscimo das adubações nitrogenadas em cobertura (FREIRE et al., 2010).

A severidade da ferrugem comum do milho (*Puccinia sorghi* Schw.) é intensificada com o aumento da adubação nitrogenada até a dose de 157,6 kg ha⁻¹ de N em cobertura na forma de ureia

Referências Bibliográficas

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5 ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005. 952p.
- AZEVEDO, L. A. S. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. São Paulo-SP: LASA, 1997. 114 p.
- BETTGENHAEUSER, J.; GILBERT, B.; AYLIFFE, M.; MOSCOU, M. J. Nonhost resistance to rust pathogens – a continuation of continua. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 05, n. 11, p. 01-15, 2014. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2014.>. Acesso em 05 maio 2017.
- BLUM, L. E. B.; SANGOI, L.; KOTHE, D. M.; SIMMLER, A. O. Efeito do nitrogênio na intensidade da ferrugem comum e das podridões do colmo de híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre-RS, v. 06, n. 02, p. 257-264, 2000.
- BOLONHEZI, D.; PÂNTANO, A.P. Severidade de ferrugem polissora em cultivares de milho e seu efeito na produtividade. **Summa Phytopathologica**, Botucatu-SP, v. 39, n. 01, p. 16-23, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052013000100003>. Acesso em: 05 maio 2017.
- CALDWELL, P. M.; WARD, J. M. J.; MILES, N.; LAING, M. D. Assessment of the effects of fertilizer applications on gray leaf spot and yield in maize. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 86, n. 08, 859-866, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.8.859> Acesso em: 23 out. 2017.
- DUDIENAS, C.; FANTIN, G. M.; AILDSON, P. DUARTE, A. P.; TICELLI, M.; BÁRBARO, I. M.; FREITAS, R. S.; LEÃO, P. C. L.; CAZENTINI FILHO, G.; BOLONHEZI, D.; PÂNTANO, A. P. Severidade de ferrugem polissora em cultivares de milho e seu efeito na produtividade. **Summa Phytopathologica**, Botucatu-SP, v. 39, n. 01, p. 16-23, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052013000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 maio 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília-DF: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 38, n. 02, p. 109-112 2014.
- FREIRE F. M.; FRANÇA G. E.; VASCONCELLOS, C. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVES, V. M. C.; PITTA, G. V. E. Milho Verde. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa-MG: UFV. 1999. p. 195-196.
- FREIRE, F. M.; VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; PEDROSA, M. W.; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. L. T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v. 9, n. 03, p. 213-222, 2010. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/313/pdf_132>. Acesso em: 23 out. 2017.
- GODOY, C. V. O clima que traz a ferrugem. **Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas-RS, v. 20, s.n., p. 52-54, 2000. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/o-clima-que-traz-a-ferrugem>. Acesso em: 05 maio 2017.
- KEMEN, A. C.; AGLER, M. T.; KEMEN, E. Host-microbe and microbe-microbe interactions in the evolution of obligate plant parasitism. **New Phytologist**, Lancaster, UK, v. 206, n. 04, p. 1207-1228, 2015. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13284/full>. Acesso em: 23 out. 2017.
- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977. Disponível em: <http://apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Articles/Phyto67n08_1051.PDF>. Acesso em: 05 maio 2017.
- SZULK, P., WALIGÓRA, H.; SKRZYPCZAK, W. Susceptibility of two maize cultivars to diseases and pests depending on nitrogen fertilization and on the method of magnesium application. **Nauka Przyroda Technologic**, Poznan, v. 02, n. 02, 2008. Disponível em: <http://www.npt.up-poznan.net/tom2/zeszyt2/art_11.pdf>. Acesso em: 05 maio 17.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre-RS: Artemed, 2013. 954 p.

YAMADA, T. **A nutrição mineral e a resistência das plantas às doenças**. Piracicaba-SP: Potafos. 1995. p. 01-03. (Informações Agronômicas, 72.). Disponível em:< <https://goo.gl/IRxAB2> >. Acesso em 05 maio 2017.