EFEITO DE NANOPARTÍCULAS DE COBRE E QUITOSANA NO CONTROLE DA MANCHA MARROM NA CEVADA

Giovanna Vitoria Bueno (PIBIC/CNPq), Paula Cristina Rodrigues Cemensati (Co-orientadora), Dauri José Tessmann (Orientador). E-mail: djtessmann@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá, PR.

Ciências Agrárias / **Agronomia** / **Fitossanidade** / **Fitopatologia**

Palavras-chave: *Bipolaris sorokiniana*. *Hordeum vulgare*. Nanotecnologia.

RESUMO

A cevada (*Hordeum vulgare*) é um dos principais cereais de inverno cultivados no sul do Brasil, destinada sobretudo à indústria cervejeira. Sua produtividade e qualidade, no entanto, são severamente afetadas pela mancha marrom, doença causada pelo fungo *Bipolaris sorokiniana*. O controle atual depende do uso intensivo de fungicidas, o que traz riscos ambientais e favorece o surgimento de resistência, tornando necessário o desenvolvimento de estratégias alternativas. Nesse contexto, o uso de nanopartículas de cobre associadas à quitosana surge como uma alternativa promissora, devido à sua ação antifúngica e capacidade de induzir respostas de defesa em plantas. Este estudo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de nanopartículas de cobre associadas à quitosana (Chi-CuO NPs) no controle da mancha marrom em cevada. Plantas da cultivar Imperatriz foram cultivadas em vasos e inoculadas com suspensão de conídios de *B. sorokiniana* (1×10^4 conídios mL^{-1}) no estádio de elongação. A severidade da doença foi avaliada aos 7 dias após a inoculação. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo os dados submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste LSD ($p \leq 0,05$). O ensaio foi realizado em duplicata. As plantas inoculadas apresentaram sintomas típicos da mancha marrom da cevada, contudo, as doses testadas não tiveram efeitos comparáveis ao controle com fungicidas, mostrando que a avaliação de outras doses pode elucidar o efeito de NPCu no controle da mancha marrom na cevada.

INTRODUÇÃO

A mancha marrom está entre as principais doenças da cevada, causada por *Bipolaris sorokiniana*, que afeta folhas, colmos, espigas e raízes, reduzindo a área fotossintética e comprometendo a produtividade e a qualidade dos grãos (Forcelini et al., 2005; De Mori e Minella, 2012). O controle da doença baseia-se principalmente na aplicação de fungicidas, sendo favorecida por condições de alta umidade e temperaturas elevadas (Informações Técnicas, 2022).
Nesse contexto, as nanopartículas têm despertado interesse devido ao seu potencial para aumentar a eficiência no controle de doenças e reduzir impactos ambientais.

Entre eles, as nanopartículas de quitosana contendo íons de cobre (NPCu) têm demonstrado atividade antifúngica contra *B. sorokiniana*, reduzindo o crescimento micelial, a germinação de conídios e a severidade da doença em plantas de trigo (Xie et al., 2024). Dessa forma, o uso dessas NPs surge como uma alternativa promissora para o manejo da mancha marrom em cevada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Maringá (UEM). No estudo foram utilizados isolados de *Bipolaris sorokiniana* provenientes da coleção de fungos do referido laboratório. Para a produção de conídios, os isolados foram cultivados *in vitro* em meio de aveia-ágar (OMA), conforme descrito por Hok (1954). O meio de cultura foi autoclavado e posteriormente vertido em placas de Petri de 90 mm de diâmetro, utilizando-se aproximadamente 20 mL de meio por placa.
Inicialmente, o isolado foi cultivado nas placas de Petri por sete dias, mantidas em câmara de crescimento de microrganismos, com temperatura controlada de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após esse período, fragmentos de micélio com meio de cultura (plugs) de 5 mm de diâmetro foram coletados das colônias e transferidos para o centro de novas placas. As placas inoculadas foram incubadas, favorecendo o crescimento micelial e a posterior produção de esporos. A coleta dos esporos e o preparo da suspensão de inóculo foram realizados aos 14 dias após a inoculação das placas. Para a quantificação da concentração de conídios, foi utilizado um hemacitômetro, ajustando a suspensão para a concentração de 1×10^4 conídios mL^{-1}.
As plantas de cevada, da cultivar Imperatriz, foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 2 litros, contendo substrato composto por solo, areia e vermiculita. Em cada vaso foram semeadas dez sementes e posteriormente, realizou-se a adubação com NPK na proporção 10:10:10. Dois dias antes da inoculação do patógeno, as plantas foram tratadas com os tratamentos expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentrações de quitosana, cobre livre, nanopartículas de quitosana contendo cobre e fungicida comercial utilizadas nos ensaios para o controle da mancha marrom na cevada.

Tratamento	Quitosana ($g\ L^{-1}$)	Cu^{2+} ($mmol\ L^{-1}$)	Inoculação fúngica[1]	Pidiflumetofem + Protioconazol ($g\ L^{-1}$)
Controle +	0.00	0.00	Com	0.00
Controle -	0.00	0.00	Sem	0.00
Miravis Pro	0.00	0.00	Com	1,51
NP 0.3	0.0625	0.00	Com	0.00
NP 0.6	0.125	0.00	Com	0.00
Cu 0.3	0.00	0.3	Com	0.00
Cu 0.6	0.00	0.6	Com	0.00
NPCu 0.3	0.0625	0.3152	Com	0.00
NPCu 0.6	0.125	0.625	Com	0.00

A inoculação do fungo *Bipolaris sorokiniana* foi realizada por meio da pulverização da suspensão de esporos sobre as folhas das plantas, utilizando pulverizador manual,

até o ponto de início de escorrimento. Nas plantas testemunhas foi pulverizada água destilada e 0,8% de Tween 20. Após a inoculação, as plantas foram cobertas com sacos plásticos para formação de câmara úmida, favorecendo a infecção do patógeno. Após 48 horas, os sacos foram removidos e as plantas permaneceram em câmara de crescimento sob temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas, por 7 dias.
As avaliações da severidade da mancha marrom foram realizadas aos 7 dias após a inoculação, utilizando a escala diagramática proposta por Fetch e Steffenson (1999), estimando-se a porcentagem de tecido foliar com sintomas da doença.
O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada vaso considerado uma unidade experimental. Os dados obtidos nas avaliações de severidade foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo Kruskal–Wallis com ajuste de Holm ($p<0,01$). O experimento foi realizado em duas repetições independentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas inoculadas mostraram sintomas típicos de mancha marrom da cevada aos 7 dias após a inoculação (Figura 1). Os sintomas observados foram manchas necróticas com e sem a presença de halos amarelados, em formato oval, variando de tamanho e em alguns casos lesões coalescidas.
As doses de nanopartículas avaliadas, tanto em sua forma isolada (Cu e Quitosana), quanto em seu encapsulamento (NPCu), não foram comparáveis ao tratamento das plantas com o controle com fungicida, que foi o único tratamento ao reduzir a nota de severidade da mancha marrom entre os tratamentos avaliados (Figura 2).
Ao analisar os dados, é possível observar uma tendência à redução da severidade da doença por tratamentos contendo as nanopartículas, indicando a hipótese de que um ajuste de dose pode levar ao controle da mancha marrom.

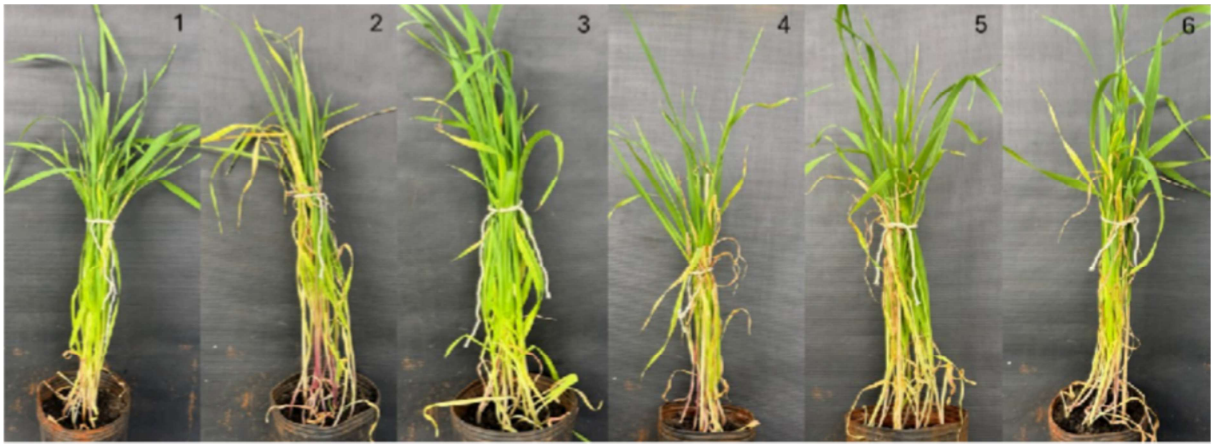


Figura 1. Plantas de cevada inoculadas com *Bipolaris sorokiniana* submetidas aos tratamentos: 1 – Controle Negativo (sem inoculação e tratamento); 2 – Controle Positivo (com inoculação e sem tratamento); 3 – Controle Fungicida Miravis Pro; 4 – 0,6 Cu; 5 – 0,6 NP; e 6 – 0,6 NPCu.

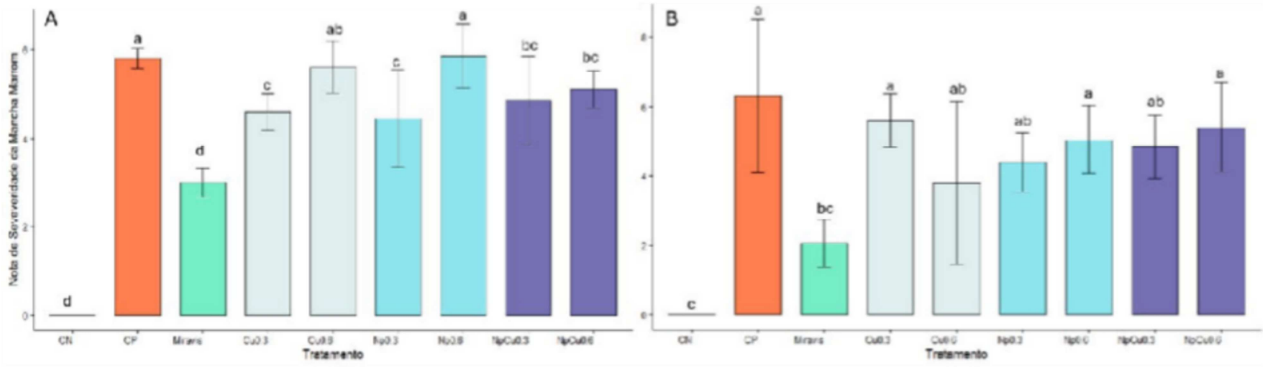


Figura 2. Gráfico de barras das notas médias e desvio padrão de severidade de mancha marrom na cultivar de cevada Imperatriz submetida a tratamentos com diferentes doses de nanopartículas de quitosana (Np), cobre (Cu) e nanopartículas de quitosana carregadas com cobre (NpCu) no primeiro (A) e segundo experimento (B).

Nota: Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste Kruskal–Wallis com ajuste de Holm (p<0,01).

CONCLUSÕES

A inoculação de *B. sorokiniana* foi efetiva, mostrando sintomas típicos de lesões de mancha marrom da cevada. As doses avaliadas das nanopartículas de cobre, quitosana e cobre+quitosana (0,3 e 0,6) não foram capazes de reduzir os sintomas da mancha marrom a níveis comparáveis ao fungicida testado. Estudos futuros buscarão avaliar doses superiores das nanopartículas avaliadas a fim de elucidar seu efeito no manejo da mancha marrom.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

DE MORI, C.; MINELLA, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 28 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 139). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do139.htm>. Acesso em: 28 de mai de 2025.

FETCH JR, T.G.; STEFFENSON, B.J. Rating scales for assessing infection responses of barley infected with Cochliobolus sativus. Plant Disease, v. 83, n. 3, p. 213-217. 1999.

FORCELINI, C.A. REIS, E.M. Doenças da cevada. In.: KIMATI, H., AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., CAMARGO, L.E., RESENDE, J.A.M. Manual de Fitopatologia, vol. 2. Doenças de Plantas Cultivadas. Piracicaba: Ceres. p. 237-241. 2005.

Hok, K. A. Studies of the nutrition of myxomycete plasmodia. American Journal of Botany, 41(10), 792-799. 1954.