



ASSOCIAÇÃO DE SILÍCIO E FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM NA FOLHA DO TRIGO E A SUA PRODUTIVIDADE

Otacir Hirsch¹, Ana Paula Mourais Mourão Simonetti², Kelly Jackeline Silva do Valle³

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o efeito de aplicações de silício via foliar sobre a incidência da ferrugem da folha do trigo, e a sua produtividade. O delineamento utilizado foi o DBC, totalizando 10 tratamentos e 4 repetições, sendo as combinações: T1 (testemunha) T2 (200 mL ha⁻¹ silício e 0 mL ha⁻¹ fungicida) T3 (400 mL ha⁻¹) T4 (600 mL ha⁻¹) T5 (800 mL ha⁻¹) fungicida: (Trifloxystrobina® + Protiocanazol®) T6 (0 mL ha⁻¹ silício e 400 mL ha⁻¹ fungicida) T7 (200 mL ha⁻¹ e 400 mL ha⁻¹) T8 (400 mL ha⁻¹ e 400 mL ha⁻¹) T9 (600 mL ha⁻¹ e 400 mL ha⁻¹) T10 (800 mL ha⁻¹ e 400 mL ha⁻¹). Os parâmetros avaliados foram a incidência da doença na folha, conforme escala de Alves et al. (2015); tamanho da espiga (cm), massa de 1000 grãos (g), produtividade (kg ha⁻¹), número de grãos por espiga e pH. Concluiu-se que o uso de silício não influencia no número de grãos e tamanho da espiga de trigo; a massa de mil grãos foi pouco influenciada nesse experimento, apenas sendo o T2 superior ao T9; o uso de 400 e 600 mL de silício influenciou positivamente o peso hectolítrico e a produtividade do trigo em relação a testemunha; tanto o uso de fungicida, quanto a associação de fungicida com o silício proporcionaram menor severidade da doença no trigo, em relação a testemunha.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum* L., *Puccinia triticina*, rendimento.

1. INTRODUÇÃO

A expectativa de produção de trigo (*Triticum aestivum* L.) para safra 2023/24, é de 20,2 % a mais em relação à safra anterior, sendo a área plantada de mais de 3 mil hectares, com relação a produtividade a expectativa é de 23% a mais (CONAB, 2024). Apesar do cenário favorável para a cultura do trigo no Brasil, há diversos fatores que limitam a obtenção de alto rendimento, entre eles as doenças e pragas. A perda anual da produção pode ultrapassar os 50% de perdas na produtividade (EMBRAPA, 2006).

Segundo ANIKSTER *et al.*, (1997), a *Puccinia triticina* (Ferrugem da folha do trigo), é considerada uma das principais doenças da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). Foi observado uma redução no rendimento de grão de superior a 40% causada pela ferrugem da folha, quando utilizado cultivares mais suscetíveis, inviabilizando inclusive o cultivo do trigo (BARCELLOS *et al.* 1997). Barcellos e Ignaczac (1978), demonstraram que os danos causados pela *Puccinia triticina* no trigo podem chegar a 50% no rendimento. Já, PICININI *et al* (1996), comprovou uma redução no rendimento de grão de até 80% na cultivar BR 34.

A nutrição da planta é fator importante para a obtenção desses altos índices de produtividade, além da consequente proteção à planta. O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, 27%, massa, sendo superado apenas pelo oxigênio (EPSTEIN, 1994). O efeito da proteção mecânica das plantas ao aplicar silício, é atribuído, sobretudo, ao depósito de silício na forma amorfa (SiO₂.nH₂O), na parede celular do vegetal. Ao acumular o silicato nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de silício cuticular, que pela diminuição da transpiração de água pelas plantas seja menor (KORNDFER, PEREIRA e CAMARGO, 2004).

Em estudos realizados com silício (Si) conseguiu-se observar os efeitos benéficos no controle de problemas fitossanitários, sendo capaz de aumentar a tolerância das plantas ao ataque de insetos e patógenos (EPSTEIN, 2001). Segundo Goussain (2002), o silício pode conferir resistência à planta pela sua deposição, formando uma espécie de barreira mecânica, impedindo assim a penetração e entrada pelo patógeno.

Além disso, Nojosa, Resende e Resende, (2006) afirmam que o silício pode proporcionar um aumento na produtividade, mas de acordo Délano-Frier *et al.* (2004) a indução de resistência nas plantas, poderá modificar seu metabolismo, assim podendo reduzir a produtividade. Com vista nos aspectos fitossanitários de indução de resistência, este trabalho tem como objetivo analisar o efeito de aplicações de silício via foliar sobre a incidência de doenças como também avaliar o crescimento e produtividade da cultura do trigo em condições de campo.

¹Instituição: Engenheiro Agrônomo E-mail: otacir.agro@gmail.com.

²Instituição: Centro Universitário Assis Gurgacz E-mail: anamourao@fag.edu.br

³Instituição: Centro Universitário Assis Gurgacz E-mail: kellyjackelinesilvadovalle@gmail.com



2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo na fazenda do Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias - CEDETEC localizado no Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel, no Paraná com latitude 24°93'S e longitude de 53°51'O e altitude de 682 metros o qual teve início no mês 05 de 2016.

Para realização do experimento foi utilizada a espécie *Triticum aestivum* L variedade cultivada SABIA®, cedida pelo CEDETEC. O silício utilizado foi o SUPA SILICA® (9,02 % de Si e 24,13 % de K₂O) da empresa Agrichem®. Foi semeado em um solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de acordo com EMPRAPA (1999), adotou-se espaçamento de 0,17 cm com 60 sementes por metro.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 10 tratamentos e 4 repetições; sendo as seguintes combinações: Testemunha (T1- sem aplicação, usando somente água), Tratamento 2 (T2) 200 mL ha⁻¹ de silício; tratamento 3 (T3) 400 mL ha⁻¹ de silício; tratamento 4 (T4) 600 mL ha⁻¹ de silício; tratamento 5 (T5) 800 mL ha⁻¹; fungicida (Trifloxystrobina + Protiocozol) na dose recomendada de 0,4 L p.c. ha. 6 (T6) 400 mL ha⁻¹ de fungicida; 7 (T7) 200 mL de silício e 400 mL ha⁻¹ de fungicida; 8 (T8) 400 mL de silício e 400 mL ha⁻¹ Fungicida; 9 (T9) 600 mL de silício e 400 mL ha⁻¹ de fungicida; 10 (T10) 800 mL de silício e 400 mL ha⁻¹ de fungicida.

As sementes de trigo foram semeadas a campo em uma área estimada em 300 m², sendo cada uma das 40 parcelas experimentais, com dimensionamento de 5 m de comprimento e 1,36m de largura (8 linhas), totalizando 6,8 m² cada parcela. Para a avaliação descartou-se as 2 linhas de bordadura de cada extremidade, utilizando-se apenas as seis linhas centrais.

A aplicação dos tratamentos (doses de silício e fungicida) foi realizada em duas épocas, sendo aos 30, e 60 dias após a emergência (D.A.E). Foram selecionadas 10 plantas aleatórias nas linhas centrais e identificado com etiquetas brancas para realizar as avaliações nas mesmas plantas. A aplicação dos tratamentos foi realizada com pulverizador manuais, costal com capacidade 20 litros, com bico leque 110.02 calibrado com volume de calda para 250 L ha⁻¹. As aplicações ocorreram na parte da manhã por motivo de melhores condições climáticas favorecendo a pulverização e diminuindo a perda de deriva.

A colheita ocorreu de forma semimecanizada, de cada repetição foi retirado 10 espigas para realizar as avaliações de tamanho de espiga e número de grãos, após isso com um auxílio de uma régua medindo 1 m² colocou-se no centro da parcela deixando de fora as linhas da borda, logo em seguida utiliza-se uma foice para cortar as plantas, juntando as trilhadas logo em seguida com auxílio de uma trilhadora.

Os parâmetros avaliados foram: avaliação da doença, utilizando a escala diagramática proposta por Alves et al. (2015), onde observou-se a incidência da doença nas 10 plantas identificadas em folhas medianas, massa de mil grãos (g) sendo contadas 1000 sementes de cada repetição e posteriormente pesadas, produtividade (Kg por ha⁻¹), realizada através da pesagem de toda a parcela descartando as 2 linhas de bordadura, pesando somente 6 linhas centrais; tamanho da espiguetta (cm) utilizando uma régua graduada para realizar as mediações, número de grãos por espiga, serão debulhadas manualmente a espiga e contado seu número de grãos. Para o número de grão e tamanho das espigas foram coletadas 10 amostras aleatórias em cada repetição. Após ter realizado a debulha é analisado os parâmetros massa demil grãos e peso hectolitro de cada repetição.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANAVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, através do programa estatístico ASSISTAT 7.7 (SILVA et al., 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos resultados da análise de variância, se obteve diferenças significativas para a massa de mil grãos, peso hectolitro, severidade da doença e produtividade sendo que os demais componentes avaliados não se diferenciaram estatisticamente entre si, como pode ser verificado na tabela 1.

Tabela 1 – Número de grão por espiga, Tamanho da espiga, Massa de mil grãos, peso hectolitro, severidade e produtividade Kg ha⁻¹, em função das diferentes doses de silício e fungicida.

Tratamentos	Número de grão por espiga	Tamanho da espiga (cm)	Massa de mil grãos (g)	pH	Severidade	Produtividade kg ha ⁻¹
T1 (só água)	38,82 a	8,55 a	37,40 ab	73 c	3,72 a	1792 cde
T2 (200 mL Si)	40,25 a	8,95 a	39,41 a	73,75 bc	2,33 bc	1742 de



T3 (400 mL Si)	39,35 a	8,82 a	37,23 ab	76,25 ab	2,70 b	2445 ab
T4 (600 mL Si)	39,05 a	8,57 a	37,54 ab	76,75 a	2,50 b	2842 a
T5 (800 mL Si)	42,70 a	9,20 a	37,60 ab	75,25 abc	2,34 bc	2167 bcd
T6 (400 mL Fu)	41,95 a	9,12 a	38,05 ab	76,25 ab	1,52 cd	2083 bcde
T7 (400 mL Fu x 200 mL Si)	40,75 a	9,10 a	37,57 ab	75,25 abc	1,36 d	1542 e
T8 (400 mL Fu x 400 mL Si)	39,75 a	8,75 a	37,87 ab	76 ab	1,32 d	2192 bcd
T9 (400 mL Fu x 600 mL Si)	39,55 a	9,05 a	37,02 b	76 ab	1,30 d	2375 abc
T10 (400 mL Fu x 800 mL Si)	39,05 a	8,82 a	38,22 ab	75 abc	1,04 d	2561 abc
D.M.S.	6,88	1,12	2,26	2,61	0,95	584
CV (%)	7,05	5,18	2,46	1,43	19,54	11,04
F cal	0,85 ns	0,97 ns	2,10 *	4,86 *	18,43 *	11,18 *

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

Como observa-se na tabela obteve-se média superior na massa de mil grãos no tratamento 2 (0 mL ha⁻¹ de fungicida e 400 mL ha⁻¹ de silício), em relação ao tratamento 9 (400 mL ha⁻¹ de fungicida e 600 mL ha⁻¹ de silício), porém estatisticamente iguais aos demais tratamentos; indicando que com a quantia mínima de silício (200 mL ha⁻¹), já se alcançou interessante massa de mil grãos. Em trabalho realizado a campo comprovaram o efeito do silício em parâmetros produtivos e de crescimento, como segundo Singh, Singh e Singh, (2005a) ao estudarem uso de silício em diferentes épocas e doses em duas colheitas consecutivas, onde mostrou um aumento na altura, produção de matéria seca, número de panícula por metro quadrado e produtividade. Também mostrou médias superiores na aplicação de silício cultivado em vasos com solo, obtendo um aumento na altura da planta, área foliar e matéria seca (GONG *et al.*, 2003).

Quanto ao Peso hectolítrico, observou-se que a testemunha foi significativamente inferior aos demais tratamentos, indicando que o uso de silício melhora a qualidade do trigo, sendo o tratamento 4 aquele que numericamente obteve destaque nesse quesito, alcançando o pH de 76,75.

Quanto a severidade da doença, o T1 (testemunha) obteve a maior taxa de incidência da doença em relação aos demais tratamentos, seguido dos tratamentos apenas com aplicação de silício; enquanto os tratamentos com a associação de silício e fungicidas (T7, T8, T9 e T10) apresentaram menores valores, indicando menor severidade da doença.

O T4 (600 mL ha⁻¹ de silício) apresentou a maior média em produtividade por ha⁻¹, diferenciando estatisticamente de alguns tratamentos, inclusive a testemunha, mas sendo igual estatisticamente aos tratamentos 3, 9 e 10. Entre os tratamentos com doses de silício, os tratamentos com 400 (T3) e 600 mL ha⁻¹ (T4) apresentaram maior produtividade média como mostra a Figura 2. Esse resultado corrobora com Ayres (1966), que obteve um aumento de 18 % na produtividade de cana de açúcar aplicando uma quantidade de 6200 kg ha⁻¹ de silício. O uso de silício também mostrou um aumento na produção de grão, quando se comparada com a testemunha que chegou a 43% com a cultivar BR18 e a 100% na BR40 (LIMA FILHO e TSAI, 2007).

O T4 (600 mL ha⁻¹ de silício) apresentou a maior média em produtividade por ha⁻¹, diferenciando estatisticamente de alguns tratamentos, inclusive a testemunha, mas sendo igual estatisticamente aos tratamentos 3, 9 e 10. Entre os tratamentos com doses de silício, os tratamentos com 400 (T3) e 600 mL ha⁻¹ (T4) apresentaram maior produtividade média como mostra a Figura 2. Esse resultado corrobora com Ayres (1966), que obteve um aumento de 18 % na produtividade de cana de açúcar aplicando uma quantidade de 6200 kg ha⁻¹ de silício. O uso de silício também mostrou um aumento na produção de grão, quando se comparada com a testemunha que chegou a 43% com a cultivar BR18 e a 100% na BR40 (LIMA FILHO e TSAI, 2007).

5. CONCLUSÃO

Concluiu-se que o uso de silício não influencia no número de grãos e tamanho da espiga de trigo; a massa de mil grãos foi pouco influenciada nesse experimento, apenas sendo o T2 superior ao T9; o uso de 400 e 600 mL de silício influenciou positivamente o peso hectolítrico e a produtividade do trigo em relação a testemunha; tanto o uso de fungicida, quanto a associação de fungicida com o silício proporcionaram menor severidade da doença no trigo, em relação a testemunha.



6. REFERÊNCIAS

- ANIKSTER, Y.; BUSHNELL, W.R.; EILAM, T.; MANISTERSKI, J.; ROELFS, A.P. Puccinia recondita causing leaf rust on cultivated wheats, wild wheats, and rye. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v.75, n.12, p.2082-2086, 1997.
- AYRES, A. S. Calcium silicate slag as grown stimulant for sugarcane on low-silicon soils. *Soils Science*, Baltimore, v. 101, n. 3, p. 216-227, Sept. 1966.
- BARCELLOS, A.L.; MORAESFERNANDES, M.I.B. de; ROELFS, A.P. Ferrugem da folha do trigo (Puccinia recondita): durabilidade da resistência. *Summa Phytopathologica*, Jaboticabal, v.23, n.2, p.101-117, 1997.
- BARCELLOS, A.L.; IGNACZAC, J.C. Efeito da ferrugem da folha em diferentes estádios de desenvolvimento do trigo. In: Reunião Anual Conjunta de Pesquisa de Trigo, 10, Porto Alegre RS, 1978. Solos e **Técnicas Culturais, Economia e Sanidade**. Passo Fundo, Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. 1978. pp. 212-219
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 7 sétimo levantamento, abril 2024.
- DÉLANO-FRIER, J. P.; MARTÍNEZ-GALLARDO, N. A.; DE LA VEGA, O. M.; SALAS-ARAIZA, M. D.; VARGAS, P.; BORODANENKO, A. The effect of exogenous jasmonic acid on induced resistance and productivity in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) is influenced by environmental conditions. *Journal of Chemical Ecology*, New York, v. 30, n. 5, p. 1001-1034, May 2004.
- EPSTEIN, E. Silício em plantas: fatos e conceitos. Em: DATNOFF, L. E. ; NYDER, G. H. ; KORNDÖRFER, G.H. (Eds.). **Silício na agricultura**. Holanda: Elsevier Science, 2001. 403 p.
- GONG, H.; CHEN, K.; CHEN, G.; WANG, S.; ZHANG, C. Effects of silicon on growth of wheat under drought. *Journal of Plant Nutrition*, v. 26, p. 1055-1063, 2003.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. de. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura** . 3. ed. Uberlândia-MG: GPSi, 2004. 23 p. (Boletim técnico, 1).
- LIMA FILHO, O. F. de TSAI, S. M. **Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementada com silício** . Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Boletim de pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Agropecuária Oeste 41, 2007.34p.
- NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S. et al. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba-SP: FEALQ, 2006. 263 p.
- PICININI, E.C., FERNANDES, J.M.C., IGNACZAC, J.C.; AMBROSI, I. Impacto econômico do uso do fungicida propiconazole na cultura do trigo (*Triticum aestivum*). *Fitopatologia Brasileira*, v. 21, p.362-368. 1996.
- RODRIGUES, F.A. **Fertilização silicatada na severidade da queima das bainhas (*Rhizoctonia solani* Kühn) do arroz**. Dissertação (Mestrado) - Dep. de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 100p., 2000.
- SINGH, A. K.; SINGH, R.; SINGH, K. Growth, yield and economics of rice (*Oryza sativa*) as influenced by level and time of silicon application. *Indian Journal of Agronomy*, New Delhi, v. 50, n. 3, p. 190-193, Jul. 2005a.