



INTERAÇÃO ENTRE SILICATO DE POTÁSSIO E TRICHODERMA HARZIANUM NO DESENVOLVIMENTO DO TRIGO E NO CONTROLE DA FERRUGEM

INTERACTION BETWEEN POTASSIUM SILICATE AND TRICHODERMA HARZIANUM IN WHEAT DEVELOPMENT AND RUST CONTROL

Rosana Taschetto Vey

Inocular Soluções Agrícolas Ltda – RS, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1434-2813>

E-mail: rosanatasvey@gmail.com

Luana da Silva Cadore

Bayer Crop Science, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1665-6405>

E-mail: luanascadore@yahoo.com.br

Fenando Sintra Fulaneti

Centro Universitário Afya Ji-Paraná – RO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6074-7873>

E-mail: fernando.sintrafulaneti@gmail.com

Janaina de Fatima Spanevello

Verde Plan Assessoria Agrícola e Pecuária Ltda – RS, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9754-7931>

E-mail: jana_spanevello@hotmail.com

Matheus Martins Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4555-7852>

E-mail: math.ferreira10@yahoo.com.br

Antonio Carlos Ferreira da Silva

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1050-1656>

E-mail: acfsilva@smail.ufsm.br

Submetido: 28 mar. 2025

Aprovado: 22 jan. 2026

Publicado: 13 fev. 2026

E-mail para correspondência:

rosanatasvey@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da utilização de silicato de potássio e produtos biológicos à base de *Trichoderma* no crescimento, rendimento e na redução da severidade da ferrugem das folhas na cultura do trigo. O experimento foi realizado em vasos na casa de vegetação da Universidade Federal de Santa Maria. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições, constituídas por um vaso contendo três plantas. Os produtos utilizados foram Trichodermil® e silicato de potássio. Sendo os tratamentos: T1- Sem aplicação; T2 - Fungicida; T3 - 1,5 L.ha⁻¹ de silicato de K; T4- 2,5 L.ha⁻¹ de silicato de K; T5 - Trichodermil®; T6- Trichodermil® + 1,5 L.ha⁻¹ de silicato de K; T7- Trichodermil® + 2,5 L.ha⁻¹ de silicato de K. Conclui-se com este trabalho que *Trichoderma harzianum* e silicato de potássio aumentam o número de perfilhos, diminuem a severidade de *Puccinia triticina* e aumentam a produtividade.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L. *Puccinia triticina*. *Trichoderma* spp. Severidade.

Abstract: The objective of this work was to verify the effects of using potassium silicate and *Trichoderma*-based biological products on the growth, yield, and reduction of leaf rust severity in wheat crops. The experiment was conducted in pots in the greenhouse of the Federal University of Santa Maria. The experimental design used was randomized, with seven treatments and four replications, each pot containing three plants. The products used were Trichodermil® and potassium silicate. The treatments were: T1 - No application; T2 - Fungicide; T3 - 1.5 L.ha⁻¹ of K silicate; T4 - 2.5 L.ha⁻¹ of K silicate; T5 - Trichodermil®; T6 - Trichodermil® + 1.5 L.ha⁻¹ of K silicate; T7- Trichodermil® + 2.5 L.ha⁻¹ of K silicate. This work concludes that *Trichoderma harzianum* and potassium silicate increase the number of profiles, decrease the severity of *Puccinia triticina*, and increase productivity.

Keywords: *Triticum aestivum* L. *Puccinia triticina*. *Trichoderma* spp. Severity.

Introdução

O trigo, assim como as demais culturas agrícolas, também é acometido por várias doenças que prejudicam seu desenvolvimento e consequentemente reduzem a produtividade. A doença ocorre, quando houver inóculo do patógeno, disponibilidade de hospedeiro e condições ambientais favoráveis para que ocorra a infecção ⁽¹⁾. Dentre as principais doenças que atacam a cultura do trigo, a ferrugem da folha é a mais comum, ocorrendo em praticamente em todas as regiões onde o cereal é cultivado ⁽²⁾. Os danos variam de acordo com o estádio de desenvolvimento da cultura, dependendo também da suscetibilidade da cultivar, da virulência da raça fisiológica e das condições ambientais ⁽²⁾.

Na cultura do trigo podem ocorrer três ferrugens: a ferrugem da folha (*Puccinia triticina* Eriks), a ferrugem linear ou amarela (*Puccinia striiformis* West. f. sp. *Tritici* Eriks. & E. Henn) e a ferrugem do colmo (*Puccinia gaminis* Pers.: Pers. f. sp. *Tritici* Eriks. & Henn) ⁽³⁾. A ferrugem

da folha é uma doença causada pelo fungo *Puccinia triticina* (=*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*) que pode ocorrer desde as primeiras folhas até a maturação da planta. O patógeno causador da ferrugem da folha do trigo sobrevive no verão - outono, parasitando plantas voluntárias que se constituem na principal fonte de inóculo primário no Brasil ⁽²⁾. Temperatura entre 15°C e 20°C e mais de 6 horas de molhamento foliar contínuo favorecem o aparecimento da doença ⁽³⁾.

O fungo causador da ferrugem da folha manifesta-se através de pústulas de formato arredondado, apresentando coloração amarelo-alaranjada, dispostas de forma desordenada na folha. Este patógeno é considerado um parasita obrigatório, sendo perpetuado além da cultura do trigo, também em plantas voluntárias. A formação das pústulas ocorre pelo rompimento da epiderme através dos uredósporos. Estes esporos são de coloração laranja escuro medindo cerca de 20 a 28 µm. Os teliósporos apresentam coloração café e se formam nas bainhas e folhas no final do ciclo da cultura ⁽⁴⁾.

Segundo Alves *et al.* ⁽²⁾, dentre as alternativas para o controle da ferrugem do trigo, está a resistência genética, porém o patógeno possui grande habilidade em suplantar genes de resistência. Outra medida é a redução do inóculo primário através da eliminação de plantas voluntárias. A alternativa mais utilizada é a aplicação de fungicidas sistêmicos do grupo químico dos triazóis, estrubilurinas ou mistura destes, e a aplicação deve ocorrer quando a doença atingir o LDE (limiar de dano econômico).

Um método de controle de doenças que vem sendo bastante estudado é o controle biológico, o qual utiliza de microrganismos, dentre eles o fungo *Trichoderma* sp. ⁽⁵⁾. O *Trichoderma harzianum* atua principalmente por micoparasitismo, que consiste no contato físico do fungo com o seu hospedeiro, e as suas hifas se enrolam ao redor deste por estruturas especializadas que degradam a parede celular do hospedeiro, além de sua versatilidade de ação, sendo utilizadas no controle de fitopatógenos através da associação ou não de parasitismo, antibiose e competição.

Trichoderma sp. tem sido utilizado como indutores de resistência de plantas contra doenças, bem como promotores de crescimento de plantas e aumento da biomassa radicular representando uma alternativa capaz de minimizar o impacto de produtos químicos ⁽⁶⁾.

A nutrição das plantas também é fator importante para tentar minimizar o ataque dos patógenos, podendo aumentar ou diminuir a resistências das plantas aos patógenos, estes elementos são divididos em macro e micronutrients ⁽⁷⁾. Os macronutrientes são exigidos em maiores quantidades pelas plantas, são eles: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio,

enxofre, já os micronutrientes também são essenciais, porém exigidos em menores quantidades sendo: ferro, boro, manganês, cobre, zinco, molibdênio e cloro ⁽⁸⁾.

O elemento químico silício (Si) não era considerado um elemento benéfico, pois, até então não se tinha dados sobre a ação deste nutriente para o crescimento e desenvolvimento das plantas. No entanto, iniciaram-se vários estudos com a utilização do silício e, a partir do decreto lei número 4.954 (que regulamenta a lei 6.894 de 16/01/1980), aprovado em 14 de janeiro de 2004 ⁽⁹⁾, que dispõe sobre a legislação de fertilizantes, o silício está sendo considerado um nutriente benéfico para as plantas.

As fontes de Si aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para uso na agricultura, são: escória silicatada, silicato de Ca, silicato de Ca e Mg, silicatos de B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, silicato de K e termofosfatos ⁽⁹⁾. Até então o silício era fornecido para as plantas somente via uso de escórias de siderurgia na forma de silicatos de cálcio e magnésio, os quais são fontes de baixíssima solubilidade em água e dependendo da origem podem apresentar traços de metais pesados ^(10,11).

A importância da adubação com silício para as plantas está relacionada principalmente ao aumento da produtividade através de várias ações indiretas, como aumento do teor de clorofila e da capacidade fotossintética, folhas mais eretas, reduzindo o acamamento, redução da toxidez de B, Fe, Mn, aumento da absorção de nutrientes e aumento da tolerância ao ataque de doenças ^(10,12), tornando, então, a planta mais resistente a estresses bióticos e abióticos.

Considerando a elevada toxicidade dos fungicidas utilizados no controle de *Puccinia triticina*, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da utilização de produtos biológicos à base de trichoderma e silicato de potássio no desenvolvimento de plantas de trigo, bem como, no rendimento da cultura e redução da severidade da ferrugem das folhas.

Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos e no Laboratório de Interação Planta-Microrganismos, do Departamento de Biologia, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS. As sementes de *Triticum aestivum* L. cultivar BRS 374, safra 2015/2016 foram adquiridas através da EMBRAPA Trigo de Passo Fundo, RS,. A cultivar BRS 374 possui estatura baixa com 76 cm, seu rendimento médio é de 7.700 kg.ha⁻¹, possui ciclo precoce com 80 dias até o espigamento e 136 dias até a maturação, sendo o grão semiduro ⁽¹³⁾. Apresenta moderada resistência à mancha da gluma e ao ódio, sendo

moderadamente resistente/moderadamente suscetível a manchas foliares, e é moderadamente suscetível ao vírus do mosaico e do nanismo amarelo da cevada (VNAC) e suscetível à ferrugem da folha e à giberela. É resistente ao crestamento, à debulha natural e à geada na fase vegetativa. É moderadamente resistente/resistente ao acamamento e moderadamente resistente/moderadamente suscetível à germinação na espiga. É indicada para o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná ⁽¹³⁾.

A semeadura foi realizada em 21 de junho de 2016, utilizando-se sete sementes por vaso. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Cada repetição foi constituída por um vaso plástico contendo três plantas. Os tratamentos foram distribuídos conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos tratamentos experimentais utilizados na pesquisa.

Tratamentos	
T1*	Sem aplicação
T2	Fungicida
T3	1,5 L.ha ⁻¹ de silicato de K
T4	2,5 L.ha ⁻¹ de silicato de K
T5	Trichodermil® (1,11 mL.kg ⁻¹ sementes)
T6	Trichodermil® + 1,5 L.ha ⁻¹ Silicato de K
T7	Trichodermil® + 2,5 L.ha ⁻¹ Silicato de K

Fonte: Vey, (2026).

Cada vaso foi preenchido com 4 kg de solo anteriormente peneirado para eliminar os torrões e impurezas. Uma amostra do solo foi encaminhada para o laboratório de análise química da UFSM afim de analisar suas propriedades físico-químicas, para posterior adubação. Em relação às propriedades químicas do solo, este apresentou-se da seguinte forma: pH em água 4,59, índice SMP 5,48, matéria orgânica 2,0%, argila 16%, textura 4, Ca 1,1, Mg 0,4, relação Ca/Mg 2,8, Al 1,47, H+Al 7,9, CTC efetiva 3,2, saturação (%) Al 45,9 e Bases 18, S 15, P (Mehllich) 3,8, K 77,9.

A correção do solo foi realizada com base no Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina para a cultura do trigo ⁽¹⁴⁾. De acordo com as recomendações, foi necessário o equivalente a 300 kg.ha⁻¹ de adubo composto de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) na fórmula 05-20-20 na semeadura e 150 kg.ha⁻¹ de

nitrogênio na forma de ureia (45%) de cobertura. Para aplicação do fertilizante nos vasos, calculou-se a área do vaso através da fórmula: $A = \pi \cdot r^2$ onde, A= área, π = a razão entre o perímetro de um círculo e o seu diâmetro e r= raio do vaso. Baseado neste cálculo, obteve-se o valor de 0,43m², a partir disso, pode-se calcular a quantidade de fertilizante por vaso, resultando em 05-20-20. A adubação foi realizada no dia da semeadura.

Cinco dias após a emergência das plântulas realizou-se o desbaste deixando três plantas por vaso. Para os tratamentos que foram submetidos ao produto biológico a base de *Trichoderma harzianum* (Trichodermil® SC 1306®, suspensão concentrada, 2.109 conídios viáveis/mL⁻¹) utilizou-se a dose de 1,11 mL.kg⁻¹ de sementes.

O produto utilizado a base de silício foi Sol Sílica® da Solferti Indústria de Fertilizantes Ltda, produto líquido concentrado enriquecido com potássio contendo 25% de óxido de silício (SiO₂) solúvel, garantia do produto óxido de potássio (K₂O) solúvel em água 15% p/p (207g/L), silício (Si) solúvel em água 12% p/p (165,6g/L). Este produto possui recomendação para algumas hortaliças, flores, frutíferas e culturas anuais incluindo o trigo, sendo recomendada a aplicação por pulverização na parte aérea. Os tratamentos constituídos pela aplicação foliar com silicato de potássio (T3, T4, T6 e T7) foram realizados em três aplicações, sendo a primeira aos 30 dias após a semeadura, momento em que as plantas se encontravam no estágio vegetativo, as duas seguintes aplicações ocorreram com intervalo de 15 dias após a primeira.

O tratamento com fungicida foi realizado, seguindo as duas últimas datas de aplicação com silicato de potássio (aos 45 e 60 dias após a semeadura) fase de emborrachamento da cultura, sendo utilizado nas duas aplicações o fungicida Priori Xtra® (Acoxystrobin 200 g.L⁻¹, Ciproconazol 80g.L⁻¹) na dose de 300 mL.ha⁻¹ conforme a recomendação técnica do produto. Todas as aplicações foram realizadas com borrifador de pressão, utilizando um volume de calda necessário para o molhamento uniforme das folhas.

Para que ocorresse a incidência do fungo *Puccinia triticina*, causador da ferrugem da folha no trigo, realizou-se a inoculação aos 75 dias após a semeadura. As pústulas do fungo *Puccinia triticina*, foram obtidas em plantas adultas em uma lavoura de trigo no interior da cidade de São Pedro do Sul - RS onde, já havia a incidência da doença. A coleta foi realizada com o auxílio de um pincel para a retirada das pústulas e estas foram armazenadas em um recipiente para serem utilizadas posteriormente. A inoculação foi realizada pelo método Costa *et al.*⁽¹⁵⁾ com adaptações. As pústulas coletadas foram diluídas em óleo mineral (Soltol 170) e colocou-se uma gota desta solução em uma folha de cada planta e espalhou-se sobre ela. Após a inoculação em todas as plantas, estas foram pulverizadas com água mais espalhante adesivo

tween®20 (seis gotas de tween®20 para 500 mL de água) para melhor aderência do fungo nas folhas. Para ocorrer a penetração do fungo, todas as plantas foram cobertas com uma lona plástica para manter umidade elevada por um período de dezesseis horas.

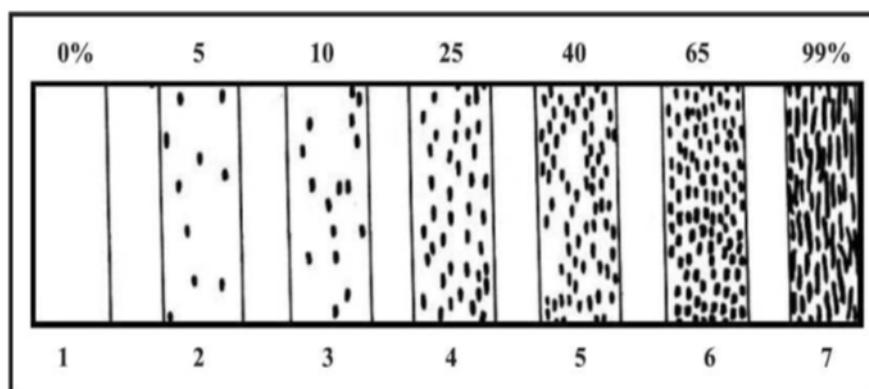
Foram realizadas avaliações de altura de plantas, contagem de número de folhas, severidade de ferrugem e determinação das variáveis de rendimento do trigo (número de espigas por planta e comprimento (cm); número de grãos por espiga e peso de 1000 grãos)

Para a avaliação de altura de plantas, mediu-se o comprimento da parte aérea desde a superfície do solo até o ápice da folha bandeira, com início aos vinte dias após a semeadura, sendo realizada uma avaliação a cada sete dias, totalizando seis medições até o início da emissão de espigas na fase de emborrachamento.

Realizou-se a contagem do número de folhas desde a emergência das plântulas até o início do perfilhamento, sendo realizada uma contagem a cada sete dias, totalizando três avaliações. Após o início do perfilhamento, realizou-se a contagem do número de perfilhos a cada sete dias até a estabilização dos mesmos.

A avaliação de severidade da ferrugem na folha foi realizada após o aparecimento dos primeiros sintomas da doença nas plantas. Para esta avaliação foi utilizada a escala diagramática de COBB modificada por Barcelos⁽¹⁶⁾, para a ferrugem do trigo (Figura 1). As avaliações foram realizadas semanalmente, sendo utilizada uma nota para a folha inoculada com o patógeno de cada planta, em cada vaso, somando cinco avaliações.

Figura 1 – Escala diagramática de COOB modificada para a severidade de *Puccinia levis* var. *panici-sanguinalis*⁽¹⁶⁾. Notas: 1 = 0%, 2 = 5%, 3 = 10%, 4 = 25%, 5 = 40%, 6 = 65% e 7 = 99% de área foliar lesionada pela ferrugem.



Fonte: Barcelos, (1982).

A partir dos dados da severidade das folhas analisadas, foram calculadas a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), pela equação proposta por Shaner e Finney ⁽¹⁷⁾ descrita abaixo.

n-1

$$\text{AACPD} = \sum [(y_i + y_{i+1}) / 2] \times (t_{i+1} - t_i)$$

Onde:

n é o número de avaliações;

y a intensidade de doenças;

t o tempo quando da avaliação da intensidade da doença;

i e i+1 representam as observações de 1 a n.

Os dados de severidade foram utilizados para calcular a área abaixo da curva do progresso da ferrugem na folha do trigo (AACPFF). A colheita foi realizada manualmente no dia 24 de novembro de 2016, onde, foram colhidas duas plantas por vaso, sendo que cada vaso representou uma repetição. As espigas de cada planta foram trituradas manualmente para separação dos grãos, para avaliação dos componentes de rendimento do trigo foram determinados os seguintes parâmetros: número de espigas por planta e comprimento (cm), obtidos pela média de seis espigas coletadas ao acaso; número de grãos por espiga obtidos pela média de três espigas coletadas ao acaso e peso de 1000 grãos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para a variável altura de plantas (Tabela 2) indicaram diferenças ($P<0,05$) entre os tratamentos nas avaliações 4 e 5, destacando-se os tratamentos 2, 3 e 6 como superiores, enquanto os tratamentos 1 e 7 apresentaram os menores valores nessas avaliações.

Tabela 2 – Altura de plantas (cm) de trigo tratadas com Trichoderma e silicato de K com intervalos de sete dias entre as avaliações (Aval.).

Tratamento	Aval. 1 (cm)	Aval. 2 (cm)	Aval. 3 (cm)	Aval. 4 (cm)	Aval. 5 (cm)	Aval. 6 (cm)
T 1- Controle	19,316 a*	29,458 a	30,375 a	31,791 b	33,416 b	34,708 a
T 2 – Fungicida	22,583 a	31,933 a	33,175 a	36,583 a	37,791 a	38,666 a
T 3 - 1,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	24,341 a	31,433 a	32,833 a	36,016 a	36,958 a	37,708 a
T 4 - 2,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	21,741 a	30,683 a	31,500 a	33,591 a	34,625 b	36,333 a
T 5 - Trichodermil®	20,908 a	29,783 a	31,616 a	34,058 a	35,358 b	36,325 a
T 6 - Tric.+1,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	21,166 a	28,391 a	30,750 a	34,500 a	39,333 a	41,291 a
T 7 - Tric.+2,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	17,208 a	26,341 a	27,566 a	29,666 b	33,541 b	38,083 a
CV %	16,11	12,27	8,24	7,09	7,64	8,53

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Vey, (2026).

Conforme abordado por Shang *et al.* ⁽¹⁸⁾ as relações hormonais envolvidas na emissão e no desenvolvimento de perfilhos são bastante complexas, envolvendo o equilíbrio entre auxinas e citocininas, que determinam os processos de dominância apical e superação de dormência em gemas laterais. Esta diferença pode ter ocorrido devido a planta estar em estágio de perfilhamento, tendo um crescimento mais rápido das plantas e causando esta diferença entre elas, sendo que apenas neste estágio ocorreu diferença na altura de plantas, mantendo-se no final sem diferença estatística entre todos os tratamentos realizados.

Realizou-se a contagem do número de folhas desde a emergência até o início do perfilhamento da cultura. No estágio de perfilhamento os tratamentos com 1,5 L.ha⁻¹ de silicato de potássio (T3) e trichoderma (T5) apresentarem maior número de folhas. O *Trichoderma* promove o perfilhamento, além da capacidade de indução de resistência sistêmica suprimindo o crescimento de patógenos ⁽¹⁹⁾ (Tabela 3).

Tabela 3 – Contagem do número de folhas de trigo tratadas com Trichoderma e silicato de K.

Tratamento	Contagem 1	Contagem 2	Contagem 3
T 1- Controle	1,75 a	3,00 a	3,41 c
T 2- Fungicida	1,91 a	3,08 a	4,16 b
T 3- 1,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	1,83 a	3,08 a	5,08 a
T 4- 2,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	1,83 a	3,00 a	4,25 b
T 5- Trichodermil®	2,00 a	3,00 a	4,75 a
T 6- Tric. + 1,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	2,00 a	3,00 a	4,41 b
T 7- Tric. + 2,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	1,83 a	3,00 a	3,58 c
CV%	9,86	8,16	10,79

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Vey, (2026).

Na Tabela 4, estão apresentados os dados de médias do número de perfilhos por planta, realizada a cada sete dias após o início do perfilhamento, totalizando seis avaliações. Pode-se verificar que na primeira avaliação não houve efeito significativo dos tratamentos ($p \leq 0,05$). Nas duas últimas avaliações, observa-se que os tratamentos T3, T6 e T7 apresentaram-se com maior número de perfilhos tendo em média 11 perfilhos na última avaliação, mostrando que estes tratamentos foram superiores aos demais, sendo que as menores quantidades de perfilhos foram nos tratamentos T1, T2 e T5 na última avaliação. Com isso, pode-se verificar que os tratamentos que apresentaram maior número de perfilhos foram os tratamentos com aplicação de silicato de potássio.

Tabela 4 – Contagem (Cont.) do número de perfilhos de trigo tratadas com Trichoderma e silicato de K.

Tratamento	Cont. 1	Cont. 2	Cont. 3	Cont. 4	Cont. 5	Cont. 6
T 1- Controle	2,00 a	2,66 b	4,33 c	5,55 b	6,33 c	7,89 b
T 2- Fungicida	2,66 a	3,66 a	4,89 b	5,66 b	7,11 b	7,22 b
T 3- 1,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	2,85 a	4,00 a	6,66 a	7,22 a	8,44 a	10,55 a
T 4- 2,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	2,66 a	3,78 a	4,33 c	4,77 c	6,44 c	8,33 b
T 5- Trichodermil®	2,92 a	4,00 a	4,50 c	4,72 c	6,11 c	7,88 b
T 6- Tric. + 1,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	2,44 a	3,00 b	5,33 b	7,55 a	8,66 a	11,11 a
T 7- Tric. + 2,5 L.ha ⁻¹ Silic. K	2,41 a	3,11 b	4,00 c	4,22 c	8,55 a	12,11 a
C.V. %	13,20	14,88	6,65	5,57	5,58	8,68

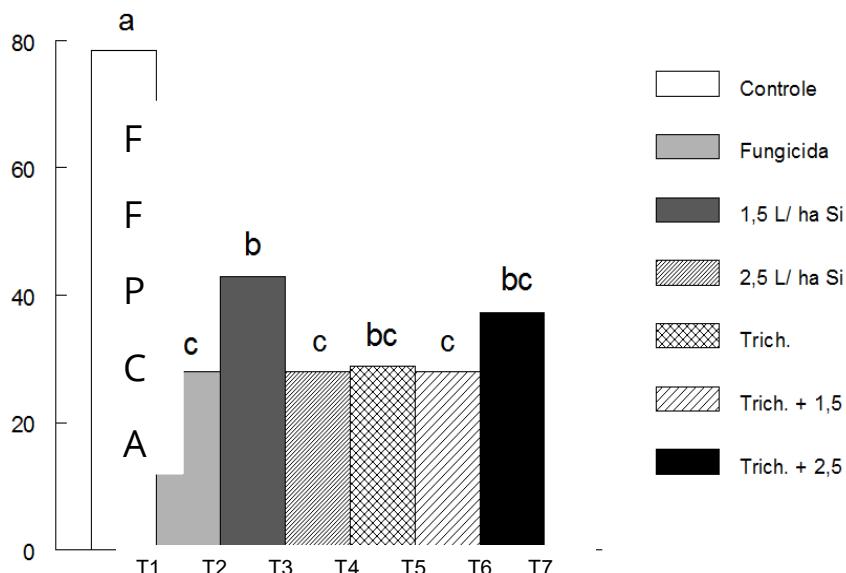
* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Vey, (2026).

Para avaliação da severidade da ferrugem na folha do trigo, houve efeito significativo dos tratamentos ($p \leq 0,05$) para o número de perfilhos em todas as avaliações nas plantas tratadas com fungicida e supridas com Trichoderma e silicato de potássio (Figura 2). A maior diferença na redução da severidade da doença foram os tratamentos: com fungicida (T2), silicato de potássio 2,5 L.ha⁻¹ (T4) e silicato de potássio 1,5 L.ha⁻¹ juntamente com trichoderma (T6), sendo que os tratamentos T5 e T7 não diferiram dos tratamentos T2, T3, T4 e T6.

Diante disso, podemos verificar a eficiência da utilização de silicato de potássio na redução da severidade da ferrugem na folha do trigo. Trabalhos realizados por outros autores comprovam a capacidade do silício em reduzir a severidade de doenças em várias culturas. Em videira, os fosfitos de potássio são promissores no controle do míldio e representam uma alternativa aos fungicidas utilizados ⁽²⁰⁾. Algumas culturas são supridas com silício apresentaram maior resistência à ferrugem tropical, devido a maior atividade das enzimas de defesa ⁽²¹⁾. A utilização de silicato de potássio também reduziu a severidade do ódio em mudas de *Eucalyptus* ⁽²²⁾. Em soja, foi verificada redução da severidade da ferrugem- asiática, e do número de lesões com a aplicação de silicato de alumínio e fungicida ⁽¹¹⁾.

Figura 2 – Área abaixo da curva de progresso da ferrugem da folha (AACPFF) do trigo (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*), após aplicação de Trichoderma e silicato de Potássio na cultura do trigo, cultivar BRS 374.



*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Vey, (2026).

Acredita-se que a redução da severidade de doenças quando aplicado silício, ocorre devido a formação de uma barreira física a patógenos pela deposição do silício na superfície da folha, o que previne a penetração de patógenos nos tecidos da planta⁽¹¹⁾.

Domiciano *et al.*⁽²³⁾, estudando folhas de sorgo supridas com silício, encontraram em observações feitas em microscópio eletrônico de varredura acoplado a microanálise de raios-X que a distribuição desse elemento foi uniforme em toda a superfície das folhas, seguindo um padrão linear que corresponde às células de sílica, acúmulo que impactou, levando a aumento no período de incubação e a redução no número de lesões.cm⁻², área abaixo da curva de progresso da mancha marrom e severidade desta doença. Pode-se verificar na Figura 2, que os melhores resultados na redução da severidade da ferrugem na folha do trigo, foram com a utilização de silicato de potássio e de Trichoderma.

Outros estudos já foram realizados, utilizando fungos do gênero *Trichoderma* spp. no controle de fitopatógenos. Ribeiro *et al.*⁽²⁴⁾ utilizaram o produto Trichodermil® no pós-colheita

de mamão, o qual reduziu o grau de agressividade do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. Em um estudo conduzido por Yao *et al.* (25) verificaram isolados de *Trichoderma* spp, para potencial controle da requeima da batata (causado pelo fungo *P. infestans*), os autores observaram que a severidade incidência da doença foi significativamente reduzida quando comparada as plantas em que não houve aplicação, sendo o isolado de *Trichoderma* HNA14 o que mais apresentou resultado significativo. O manejo do feijão-caupi com uso de *Trichoderma* spp. tem potencial par reduzir a podridão radicular (*Rhizoctonia solani*), além de aumentar a produtividade da cultura (26). Na Tabela 5, para o componente comprimento de espiga, os tratamentos com trichoderma + 1,5 L.ha⁻¹ de silicato de potássio (T6) e trichoderma + 2,5 L.ha⁻¹ de silicato de potássio (T7) apresentaram superioridade diferindo significativamente dos demais tratamentos.

Tabela 5 – Avaliação dos componentes de rendimento de trigo tratados com trichoderma e silicato de potássio.

Tratamento	Nº de espigas/planta	Comp. de espiga (cm)	Nº de grãos/espiga	Peso de 1000 grãos (g)
T1 – Controle	14,666 b	6,388 b	25,000 c	36,29 c
T2 – Fungicida	9,500 c	6,333 b	28,555 c	38,62 b
T3- Silicato de K 1,5 L.ha ⁻¹	19,166 a	6,833 b	36,000 b	40,24 a
T4- Silicato de K 2,5 L.ha ⁻¹	12,833 b	6,555 b	38,000 b	38,45 b
T5- Trichodermil 1,11 mL.kg ⁻¹ sementes	15,333 b	6,805 b	42,777 a	38,44 b
T6- Trichodermil 1,11 mL.kg ⁻¹ +1,5 L.ha ⁻¹ Si K	19,833 a	7,100 a	36,555 b	39,03 b
T7- Trichodermil 1,11 mL.kg ⁻¹ +2,5 L.ha ⁻¹ Si K	14,833 b	7,416 a	41,888 a	38,14 b
C.V. %	11,00	4,76	6,59	1,38

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Vey, (2026).

Em relação ao número de espigas por planta, os tratamentos com Trichoderma e silicato de potássio (T3 e T6) apresentaram-se com maior número de espigas. Já para a variável número de grãos por espiga, os tratamentos 5 e 7, resultaram em maior número de grãos por espiga comparando com os demais tratamentos realizados. E por fim, para variável peso de mil grãos, realizou-se a pesagem de mil grãos de cada tratamento onde, o tratamento T3 (silicato de K 1,5 L.ha⁻¹) apresentou peso de 40,24 g, sendo que o menor peso obtido foi no tratamento controle com 36,29 g.

Comparando as variáveis que demonstram o rendimento da cultura do trigo com a incidência da ferrugem na folha, pode-se verificar que entre os tratamentos que obtiveram a menor severidade da doença (T2, T4, T5, T6 e T7), apenas os tratamentos T5 e T6 apresentaram as melhores médias levando em consideração as variáveis de comprimento de espigas, número de espigas por planta e número de grãos por espigas e, para a variável peso de mil grãos, o melhor resultado foi o tratamento com aplicação de silicato de potássio 1,5 L.ha⁻¹ (T3) o que indica um melhor rendimento para a cultura. Isso significa que, a menor severidade da doença, permitiu com que a planta tivesse uma melhor expressão de produção, bem como, um maior peso dos grãos produzidos no tratamento com a aplicação de 1,5 L.ha⁻¹ de silicato de potássio.

Oliveira *et al.*, (12), quando utilizaram silício via solo, observaram que houve melhorias nas características agronômicas e aumento da massa se sementes por planta, para a cultura da soja, além disso houve incremento do vigor das sementes. Em batata, a utilização de silício via foliar, reduz a severidade da requeima e a incidência de canela-preta, e aumenta a produtividade e o teor de matéria seca dos tubérculos (27).

O aumento no número de grãos por espiga nos tratamentos com silicato de potássio e *Trichoderma* sp pode estar relacionado à maior taxa fotossintetizante, pois o silício pode modificar a arquitetura da planta (12). Ademais, o uso de *Trichoderma* spp. auxilia indiretamente no aumento da produtividade, através da manutenção da sanidade da planta e pela liberação de metabólitos secundários (6).

Considerações Finais

A aplicação de *Trichoderma harzianum* e silicato de potássio não promove alterações na altura das plantas de trigo, mas contribui para o aumento do número de perfilhos sob as condições do estudo.

Além disso, esses tratamentos reduzem a severidade da ferrugem causada por *Puccinia triticina* e proporcionam ganhos expressivos na produtividade, evidenciando seu potencial no manejo integrado da cultura.

Referências

- 1 Maciel J, et. al. Doenças da cultura do trigo no Brasil. *Rev Plantio Direto*. 2020;10-17.
- 2 Alves GC, et al. Escala diagramática para quantificação da ferrugem da folha do trigo. *Multi-Science J*. 2015;1(1):128-33. doi: 10.33837/msj.v1i1.59
- 3 Finger G, et al. Mecanismos de defesa do trigo contra a ferrugem da folha por genes e proteínas. *Summa Phytopathol*. 2017;43:354-358. doi: 10.1590/0100-5405/167114
- 4 Reis EM. Doenças do trigo V: ferrugens. Passo Fundo: Embrapa/CNPT; 1991.
- 5 Gabardo G, et. al. *Trichoderma asperellum* e *Bacillus subtilis* como antagonistas no crescimento de fungos fitopatogênicos in vitro. *Brazilian Journal of Development*. 2020;6(8):55870-55885. doi: 10.34117/bjdv6n8-123
- 6 Monte E, Bettoli W, Hermosa R. *Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: Embrapa; 2019.
- 7 Zambolim L, Ventura J. A resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. In: Luz WC. *Revisão anual de patologia de plantas*. Passo Fundo: UPF; 1993.
- 8 Batista MA, Inoue TT, Esper Neto M, Muniz AS. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In : Brandão-Filho JUT, Freitas PSL, Berian LOS, Goto R *Hortaliças-fruto*. Maringá: Eduem; 2018.
- 9 Brasil. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de janeiro de 1980. *Diário Oficial da União*. 2004; p.27.
- 10 Mahmood S, et. al. Mecanismos de remoção de escória contra elementos potencialmente tóxicos no solo e nas plantas para o desenvolvimento da agricultura sustentável: uma revisão crítica. *Sustainability*. 2021;13(9):5255.
- 11 AHAMMED GJ, et al. Mechanisms of silicon-induced fungal disease resistance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021;165:200-206.
- 12 Oliveira S, et. al. Aplicação de silício via solo no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de soja. *Semina Cienc Agrar*. 2015;36(5):3029-3042. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p3029
- 13 Caierão E, et al. BRS 374 – wheat cultivar. *Crop Breed Appl Biotechnol*. 2013;13:212–214.
- 14 Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. *Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre: Evangraf; 2016.
- 15 Costa RV, et al. Desenvolvimento de metodologia para inoculação de *Colletotrichum graminicola* em colmo de milho. *Circular Técnica*. 2010;139.

16 Barcellos AL. As ferrugens de trigo no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Trigo no Brasil. Campinas; 1982.

17 Shaner G, Finney RE. The effects of nitrogen fertilization on the expression of slowmildwing in knox wheat. *Phytopathology*. 1977;67:1051–1055. doi: 10.1094/Phyto-67-1051.

18 Shang Q, et. al. Controle genético, hormonal e ambiental do perfilhamento em trigo. *The Crop Journal*. 2021;9(5):986-991.

19 Mello, S. C. M. et al. Controle de Doenças de Plantas. In: Fontes, E. M. G, Valadares-Inglis, M. C. Controle Biológico de Pragas da Agricultura. 1ed. Brasília: Embrapa, p.291-325, 2020.

20 Bleyer G, et. al. Juntos para um melhor: Aprimoramento de uma estratégia baseada em modelo para o controle do míldio da videira pela adição de fosfonatos de potássio. *Plants*. 2020;9(6):710.

21 Verma KK, et. al. Influência do silício em estratégias de biocontrole para o manejo do estresse biótico visando a proteção, o desempenho e o melhoramento de culturas. *Plants*. 2021;10(10):2163.

22 Caiafa KF, et al. Effect of different varieties and silicon fertilizer on rooting efficiency, productivity of mini-cuttings and powdery mildew disease of eucalypt. *J Exp Agric Int*. 2019;1–12.

23 Domiciano GP, et. al. Wheat resistance to spot blotch potentiated by silicon. *Journal of Phytopathology*. 2010;158:334-343. doi: 10.1111/j.1439-0434.2009.01623.x

24 Ribeiro JG, Serra IM, Araújo MU. Uso de produtos naturais no controle de antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. *Summa Phytopathol*. 2016;42:160–164. doi: doi.org/10.1590/0100-5405/2023

25 Yao Y. Biological control of potato late blight using isolates of *Trichoderma*. *Am J Potato Res*. 2016;93:33–42.. doi: 10.1007/s12230-015-9475-3

26 Júnior AF. Promoção de crescimento em feijão-caupi inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp. no Cerrado. *Rev Caatinga*. 2014;27(3):190–199.

27 Rodrigues FA, Dallagnol LJ. Silício e controle de doenças em plantas. In: Avanços do silício para a agricultura sustentável e a saúde humana: aumento da nutrição e prevenção de doenças. Cham: Springer Nature Switzerland; 2024. p. 381–413.



10.31072/rcf.v16i2.1501

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da Creative Commons Attribution License. A licença permite o uso, a distribuição e a reprodução irrestrita, em qualquer meio, desde que creditado as fontes originais.



Open Access