

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**FILIFE GODOY**

**COMBINAÇÕES DE FUNGICIDA, FOSFITO E SILICATO DE POTÁSSIO NO  
MANEJO DA FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO**

**Itaqui  
2019**

**FILIFE GODOY**

**COMBINAÇÕES DE FUNGICIDA, FOSFITO E SILICATO DE POTÁSSIO NO  
MANEJO DA FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Renata Silva Canuto de Pinho

**Itaqui  
2019**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

G589c Godoy, Filipe

Combinações de fungicida, fosfito e silicato de potássio no manejo da ferrugem da folha do trigo / Filipe Godoy. 2019.  
30 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2019.  
"Orientação: Renata Silva Canuto de Pinho".

1. *Puccinia triticina*. 2. Caracteres de produtividade. 3. Severidade. 4. Controle. I. Título.

FILIFE GODOY

**COMBINAÇÕES DE FUNGICIDA, FOSFITO E SILICATO DE POTÁSSIO NO  
MANEJO DA FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação em  
Agronomia da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Agronomia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13 de junho de 2019.

Banca examinadora:

*Renata Silva Canuta de Pinho*

---

Profª. Drª. Renata Silva Canuta de Pinho  
Orientadora  
(UNIPAMPA)

*Paulo Jorge de Pinho*

---

Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho  
(UNIPAMPA)

*Bruna Canabarro Pozzebon*

---

Drª. Bruna Canabarro Pozzebon  
(UNIPAMPA)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, aos meus amados pais, Tania Regina Soares Vieira e Ademir Vieira, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

Dedico a todos que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho!

## AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar condições e me permitir a realização deste trabalho, e por ser meu maior apoio, principalmente nas horas mais difíceis.

À minha família, por não medir esforços para me manter aqui, e pelas inúmeras palavras de incentivo amor e carinho.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Silva Canuto de Pinho pela oportunidade de realização deste estudo, valiosa orientação e apoio depositado em mim.

Ao Prof. Dr. Paulo Jorge de Pinho e Dr<sup>a</sup>. Bruna Canabarro Pozzebon, que aceitaram o convite para participar da banca e pelo tempo disponibilizado.

Aos professores da Universidade, minha gratidão pelos ensinamentos e contribuição profissional.

À Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Campus Itaqui, pela oportunidade de realização deste curso.

Aos engenheiros agrônomos e trabalhadores terceirizados do Campus, que dispuseram tempo e auxílio na condução deste estudo.

A todos os colegas que de alguma forma contribuíram para realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço a Deus mais uma vez, por ter colocado pessoas de grande coração no meu caminho, pois contribuíram muito para que esta conquista fosse possível.

Fica minha eterna gratidão pela cidade de Itaqui, sei que “aqui continua a minha terra”, e não importa para onde eu for, “nosso adeus não é para sempre”.

## RESUMO

Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito da combinação de fungicida, fosfito e silicato de potássio, aplicados via foliar, no manejo da ferrugem da folha do trigo (*Puccinia triticina*), e efeitos nos caracteres de produtividade. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui-RS na safra 2018, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: Testemunha; Fungicida + Fungicida; Fosfito + Fosfito; Silicato + Silicato; Fungicida + Fosfito; Fungicida + Silicato; Fosfito + Fungicida; Silicato + Fungicida; Fosfito + Silicato; Silicato + Fosfito, realizando a primeira aplicação no início da alongação do colmo, e a segunda, 15 dias após. A severidade da ferrugem foi avaliada semanalmente em vinte plantas por parcela, analisando a folha bandeira e planta inteira. Com os dados de severidade foi determinada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os caracteres de produtividade avaliados foram: matéria seca, número de espigas por metro, peso de espiga, número de grão por espiga, peso de grão por espiga, peso de mil grãos, peso do hectolitro e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O tratamento fosfito + fungicida apresenta controle eficaz da doença, proporcionando incremento de produtividade. As diferentes combinações de fosfito e silicato de potássio não são eficientes no controle da ferrugem da folha do trigo.

Palavras-chave: *Puccinia triticina*. Caracteres de produtividade. Severidade. Controle.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the combination of fungicide, phosphite and potassium silicate, applied route leaf, in the management of wheat leaf rust (*Puccinia triticina*), and effects on productivity characters. The experiment was conducted in the experimental area of the Federal University of Pampa, Campus Itaqui-RS in the 2018 harvest, in a randomized complete block design with ten treatments and four replications. The treatments were: Witness; Fungicide + Fungicide; Phosphite + Phosphite; Silicate + Silicate; Fungicide + Phosphite; Fungicide + Silicate; Phosphite + Fungicide; Silicate + Fungicide; Phosphite + Silicate; Silicate + Phosphite, performing the first application at the beginning of stem elongation, and the second, 15 days after. The severity of the rust was evaluated weekly in twenty plants per plot, analyzing the flag leaf and whole plant. Severity data determined the area below the disease progress curve (AACPD). The productivity characteristics evaluated were: dry matter, number of ears per meter, spike weight, number of grains per spike, weight of grains per spike, weight of a thousand grains, weight of hectoliter and productivity. Data were submitted to analysis of variance by the F test and the means of the treatments, grouped by the Scott-Knott test at 5% probability. The phosphite + fungicide treatment presents effective control of the disease, providing an increase in productivity. The different combinations of phosphite and potassium silicate are not efficient in the control of wheat leaf rust.

Keywords: *Puccinia triticina*. Productivity characters. Severity. Control.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados meteorológicos de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) de agosto/2018 a outubro/2018, na estação experimental da Universidade Federal do Pampa – Campus Itaqui/RS.....	16
Figura 2 – Escala diagramática de Coob (1892), modificada para a severidade de <i>Puccinia levis</i> var. <i>panici-sanguinalis</i> (BARCELLOS, 1986)..	17
Figura 3 – Severidade (%) da ferrugem da folha do trigo ( <i>Puccinia triticina</i> ) observada em intervalo de sete dias em folha bandeira (FB), decorrente de combinações de fungicida (Fun), silicato (Sil) e fosfito (Fos) de potássio, aplicados via foliar, em Itaqui (RS), 2018.....	20
Figura 4 – Severidade (%) da ferrugem da folha do trigo ( <i>Puccinia triticina</i> ) observada em intervalo de sete dias em planta inteira (PI), decorrente de combinações de fungicida (Fun), silicato (Sil) e fosfito (Fos) de potássio, aplicados via foliar, em Itaqui (RS), 2018.....	21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estádios de desenvolvimento do trigo de acordo com a Escala fenológica de Zadoks et al. (1974). .....	14
Tabela 2 – Área abaixo da curva de progresso da doença da folha bandeira (FB) e planta inteira (PI) decorrente de combinações de fungicida (Fun), silicato (Sil) e fosfito (Fos) de potássio, aplicados via foliar, no manejo da ferrugem da folha do trigo, em Itaqui (RS), 2018.. .....	19
Tabela 3 – Matéria seca (MS, em t ha <sup>-1</sup> ), número de espigas por metro linear (NEML), peso de espigas (PE, em g), número de grão por espiga (NGE), peso de grão por espiga (PGE, em g), peso de mil grãos (PMG, em g), peso hectolitro (PH, em g) e produtividade (PR, em t ha <sup>-1</sup> ). .....	24

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	26
	REFERÊNCIAS.....	27
	APÊNDICES.....	30

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais produzidos no mundo, principalmente pela grande demanda dos seus derivados utilizados na alimentação humana (SILVA et al., 2015). No Rio Grande do Sul, o cultivo desse cereal integra os sistemas de rotação e sucessão de cultura com a soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays* L.) sob o sistema de semeadura direta (PICCININ et al., 2013). No entanto, a cultura é acometida por diversas doenças que afetam o seu desenvolvimento, comprometendo a produtividade e a qualidade dos grãos.

Dentre as doenças, a ferrugem da folha (*Puccinia triticina* Erikss) tem ocupado lugar de destaque, podendo causar reduções no rendimento de grãos de até 80% em cultivares suscetíveis (ASSUNÇÃO; TORRES, 2013). As condições de ambiente para a sobrevivência da *P. triticina* são as mesmas requeridas pela a cultura, e os seus sintomas ocorrem desde o início do perfilhamento até a maturação dos grãos (DANELLI et al., 2011).

O controle da ferrugem da folha do trigo é feito basicamente pela aplicação de fungicida, o que faz aumentar os custos de produção. O uso desses produtos pode causar intoxicação em plantas e pessoas, contaminação ambiental pela deriva, contaminação de afluentes por escoamento superficial, e quando aplicados fora do período indicado podem deixar resíduos nos grãos. Ainda, existe o risco de ocorrer seleção de patógenos resistentes aos fungicidas, principalmente aqueles com mecanismo de ação mais específico (WORDELL FILHO et al., 2013).

A partir desta situação, o uso de produtos denominados indutores de resistência em plantas podem ser utilizados como métodos alternativos de manejo da doença, aplicados de forma isolada ou combinados. Os fosfitos ( $H_2PO_3^-$ ) e os silicatos, fonte de silício (Si) têm a capacidade de ativar mecanismos de defesa das plantas, como aumento da produção de fitoalexinas, hidrolases, pectina, lignina e acúmulo de compostos fenólicos, podendo expressar repostas morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas que limitam a atividade do patógeno em seus tecidos (DALIO et al., 2012; MONTES et al., 2015).

Diversos trabalhos com outras culturas têm demonstrado o efeito positivo da aplicação via foliar de silicatos e fosfitos, aplicados associados com fungicidas ou isolados. Oliveira et al. (2015), evidenciaram que a associação desses produtos junto com fungicida causou redução significativa na severidade da ferrugem asiática

da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Neves e Amaral (2017), na safra de 2016 utilizando o silicato de potássio, observaram que a dose de 4,0 L ha<sup>-1</sup>, apresentou menor incidência e severidade da brusone (*Pyricularia oryzae*) do trigo. Em videiras o fosfito é alternativa eficaz para o controle do míldio da videira (*Plasmopara viticola*), com resposta similar à proporcionada por fungicidas (PEREIRA et al., 2012).

São poucos os estudos relacionados ao uso desses produtos no controle da ferrugem do trigo, porém demonstram grande potencial se trabalhados corretamente. Os fosfitos, independente das fontes testadas, não apresentam ação sobre a ferrugem da folha quando aplicados isoladamente, porém, quando testados associados a fungicidas, apresentam eficácia no controle da doença, sem incremento de produtividade (SANTOS et al., 2011). Os produtos a base de silício (Si) foram testados na safra 2009 sem efeito sobre a doença (WORDELL FILHO et al., 2013), o que abre uma lacuna para realização de mais estudos.

Com base nesse contexto, objetivou-se com esse estudo, avaliar o efeito da combinação de fungicida, fosfito e silicato de potássio, aplicados via foliar, no manejo da ferrugem da folha do trigo, relacionando os efeitos nos caracteres de produtividade.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA – Campus Itaqui RS, localizada a 29°09'21.68"S, 56°33'02,58"W, e altitude de 74 m, na safra agrícola de 2018. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Cfa (verão quente sem estação seca definida), precipitação pluviométrica média anual de 1438 mm, e solo classificado como Plintossolo argilúvico distrófico de textura arenosa, com declividade de 0,5% (EMBRAPA, 2018).

A cultivar utilizada para realização do experimento foi a TBIO Sinuelo, sendo seu cultivo indicado para região. A cultivar apresenta o ciclo médio a tardio (125 a 135 dias da germinação a colheita) e moderada suscetibilidade a ferrugem da folha, sendo um fator determinante para sua escolha (BIOTRIGO, 2019).

Os manejos da cultura foram realizados através da escala de Zadoks et al. (1974), sendo essa frequentemente utilizada em diversos estudos pelo fácil entendimento e detalhamento das fases (Tabela 1). A escala descreve os estádios morfológicos externos que envolvem o crescimento e desenvolvimento da planta, sendo dividida em 10 estádios, cada uma subdividida em sub-fases de 0 a 9, detalhando a cultura.

TABELA 1 – Estádios de desenvolvimento do trigo de acordo com a Escala fenológica de Zadoks et al. (1974).

<b>Estádio</b>	<b>Descrição</b>	<b>Sub- fase</b>
0	Germinação	0.0 – 0.9
1	Crescimento da plântula	1.0 - 1.9
2	Afilhamento	2.0 - 2.9
3	Alongamento do colmo	3.0 - 3.9
4	Emborrachamento	4.0 - 4.9
5	Espigamento	5.0 - 5.9
6	Florescimento	6.0 - 6.9
7	Grão leitoso	7.0 - 7.9
8	Grão pastoso	8.0 - 8.9
9	Maturação	9.0 - 9.9

Fonte: Zadoks et al. (1974).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 1) Testemunha (sem controle); 2) Fungicida + Fungicida; 3) Fosfito + Fosfito; 4) Silicato + Silicato; 5) Fungicida + Fosfito; 6) Fungicida + Silicato; 7) Fosfito + Fungicida; 8) Silicato + Fungicida; 9) Fosfito + Silicato; 10) Silicato + Fosfito. Os tratamentos estudados se referem à ordem de aplicação, combinada ou não, de fungicida (10% de trifloxistrobina + 20% de tebuconazol p/v), fosfito de potássio (51,7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 44% de K<sub>2</sub>O p/v) e silicato de potássio (23,7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 10% de Si p/v). A dose empregada de fungicida foi de 0,6 L ha<sup>-1</sup>, enquanto que para o fosfito e silicato de potássio a dose foi de 1,0 L ha<sup>-1</sup>. Sendo, a primeira aplicação no início do estágio 3 (Tabela 1), fase que o patógeno encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento devido o fechamento das entrelinhas (NAVARINI; BALARDIN, 2012), e a segunda aplicação, 15 dias após.

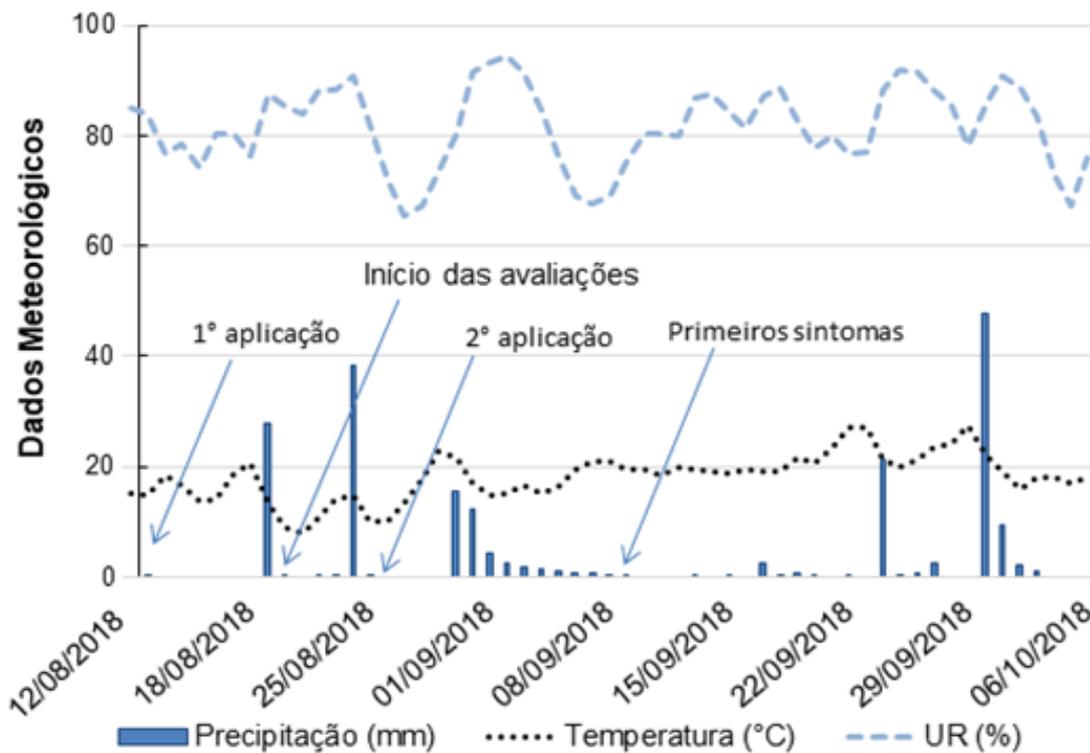
Dez dias antes da semeadura da cultura, a área foi dessecada com aplicação de glifosato (1800 g i.a. ha<sup>-1</sup>). A semeadura da cultura ocorreu no dia 29 de maio de 2018, pelo método de semeadura direta sobre palhada da cultura do milho, na profundidade de 0,05 m, com espaçamento entre linhas de 0,17 m e densidade de semeadura de 300 sementes m<sup>2</sup>. As dimensões de cada parcela eram de 2 m de largura (~ 11 linhas) e 5 m de comprimento, totalizando 10 m<sup>2</sup>, espaçamento entre parcelas de 0,5 m. No momento da semeadura foi utilizado 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-20-20, 85 kg ha<sup>-1</sup> de SPT (Superfosfato Triplo) e 18 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (Cloreto de Potássio). Em cobertura foi aplicado 70 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia), parcelado em duas vezes, sendo 40 kg ha<sup>-1</sup> de N no início do estágio 2 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no início do estágio 3 (Tabela 1).

Quando a cultura se encontrava no estágio 2 (Tabela 1), foi feito o controle das plantas daninhas com aplicação do herbicida bentazone (720 g i.a. ha<sup>-1</sup>). No estágio 7 (Tabela 1) foi detectado a presença de insetos como o pulgão-da-espiga (*Sitobion avenae*) e lagarta-militar (*Spodoptera frugiperda*). O controle dessas pragas foi através da pulverização do inseticida deltametrina (5 g i.a. ha<sup>-1</sup>).

Os tratamentos foram aplicados nas primeiras horas da manhã, período em que a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (~1,3 m/s) se encontravam favoráveis para absorção e translocação dos produtos (AZEVEDO; FREIRE, 2006). Os dados de temperatura, umidade relativa e datas de cada aplicação se encontram na figura 1. Ainda, constam informações do período de

avaliações, realizadas entre 18/08/2018 e 06/10/2018, e data de surgimento dos primeiros sintomas da ferrugem da folha. Os tratamentos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, na velocidade de 3,6 km ha<sup>-1</sup>, utilizando-se ponta tipo leque XR 11002 na pressão de trabalho de 200 kPa, gerando uma vazão de 250 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi feita com a barra próxima à cultura (0,1 m barra/planta), buscando evitar a deriva para as parcelas vizinhas.

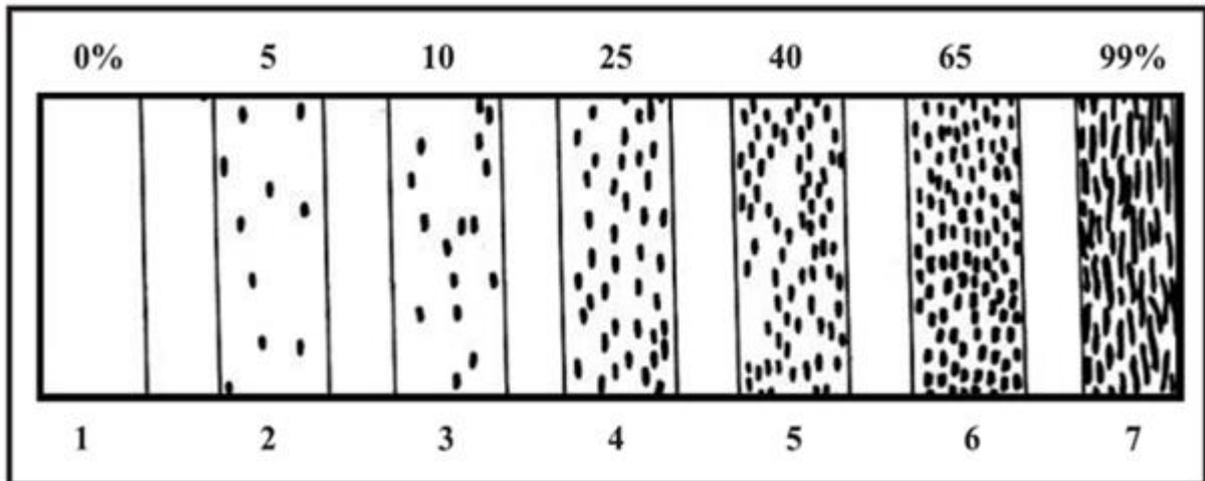
FIGURA 1 – Dados meteorológicos de precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) de agosto/2018 a outubro/2018, na estação experimental da Universidade Federal do Pampa – Campus Itaqui/RS.



Fonte: Autor, 2019.

As avaliações da severidade da ferrugem da folha do trigo tiveram início uma semana após a primeira aplicação dos tratamentos. Foram avaliadas 20 plantas da parte central de cada parcela escolhidas ao acaso, avaliando-se a folha bandeira e a planta inteira, utilizando a escala diagramática de Cobb (1892), modificado por Barcellos (1986) para ferrugem do trigo (Figura 2). A escala possui sete notas, onde: 1 = 0%; 2 = 5%; 3 = 10%; 4 = 25%; 5 = 40%; 6 = 65%; 7 = 99% de área foliar lesionada pela ferrugem. As avaliações foram realizadas a cada sete dias, totalizando oito avaliações, entre os estádios vegetativos 3 e 8 (Tabela 1).

FIGURA 2 – Escala diagramática de Coob (1892), modificada para a severidade de *Puccinia levis* var. *panici-sanguinalis* (BARCELLOS, 1986).



Fonte: Barcellos, 1986.

A partir dos dados da severidade da folha bandeira e da planta inteira foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), pela equação proposta por Shaner e Finney (1977), descrita abaixo.

$n-1$

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

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  $n$ .

Quando a cultura se encontrava no estágio 9 (Tabela 1), foram coletadas quatro amostras de 25 cm, cortando as plantas rente ao solo, totalizando um metro para determinação da massa seca (MS). Para determinação do caractere, a amostra foi submetida à secagem em estufa com ventilação forçada de ar sob temperatura de 55 °C por 72 horas, com posterior pesagem. Após a pesagem foram estimadas as quantidades de MS por hectare da cultura.

No dia 25 de outubro de 2018 foi coletado 1 m<sup>2</sup> de amostra, e feito a debulha manual para determinação da umidade do grão. Utilizou-se um medidor de umidade de grãos digital, onde foi constatado que a umidade estava em 16%, procedendo-se a colheita. Após a colheita, os grãos passaram por secagem, ajustando-se o teor de umidade para 13%. Posteriormente, avaliou-se o número de espigas por metro

(NEM), o peso de espiga (PE), o número de grãos por espiga (NGE), o peso de grãos por espiga (PGE), o peso de mil grãos (PMG), o peso hectolitro (PH) e a produtividade (PR).

O NEM, foi definido pela contagem das espigas, em três amostras de um metro linear nas quatro linhas centrais de cada parcela. PE, NGE, e PGE foram obtidos pela média de quinze espigas coletadas, ao acaso, nas quatro linhas centrais de cada parcela, essas coletadas no momento da colheita. As espigas foram pesadas, após foi feita a debulha manual, realizando a contagem de grãos por espiga e pesagem dos grãos por espiga. O PMG foi determinado pela contagem de quinhentos grãos multiplicado por dois obtidos da trilha das amostras coletadas no momento da colheita. De cada parcela foram colhidos quinze metros lineares, realizando a trilha para determinação do PH e PR. As avaliações dos caracteres seguiram a metodologia previamente descrita por VESOHOSKI et al. (2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste *F* e as médias dos tratamentos, agrupadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados meteorológicos do ano de 2018 (Figura 1), as condições foram favoráveis, tanto para o desenvolvimento da cultura, como para a ferrugem da folha do trigo (*Puccinia triticina*). Esse fungo pode causar infecção na planta dentro de um período de três a seis horas de molhamento foliar, em temperaturas em torno de 20°C (DANELLI et al., 2011; PIRES et al., 2009).

Os valores da AACPD são maiores na PI, pois o fechamento das entrelinhas da cultura favorece o desenvolvimento dos primeiros focos da doença (OLIVEIRA et al., 2013). Logo, quando analisada a severidade da PI, observou-se que as folhas do baixeiro são as mais afetadas, o que elevando os valores quando comparados somente com a FB, que teve o foco da doença mais tardio (Tabela 2).

Houve diferença entre os tratamentos para a variável AACPD em FB e PI. O controle foi considerado eficiente para os tratamentos fungicida + fungicida e fosfito + fungicida, que não diferiram entre si (Tabela 2), apresentando controle próximo de 85% na FB e 75% em PI (Figura 3 e 4). O tratamento fungicida + fungicida manteve a doença em níveis baixos por todo o período de avaliação, apresentando valores finais de severidade de 15% em FB e 25% para PI (Figura 3 e 4).

TABELA 2 – Área abaixo da curva de progresso da doença da folha bandeira (FB) e planta inteira (PI) decorrente de combinações de fungicida (Fun), silicato (Sil) e fosfito (Fos) de potássio, aplicados via foliar, no manejo da ferrugem da folha do trigo, em Itaqui (RS), 2018.

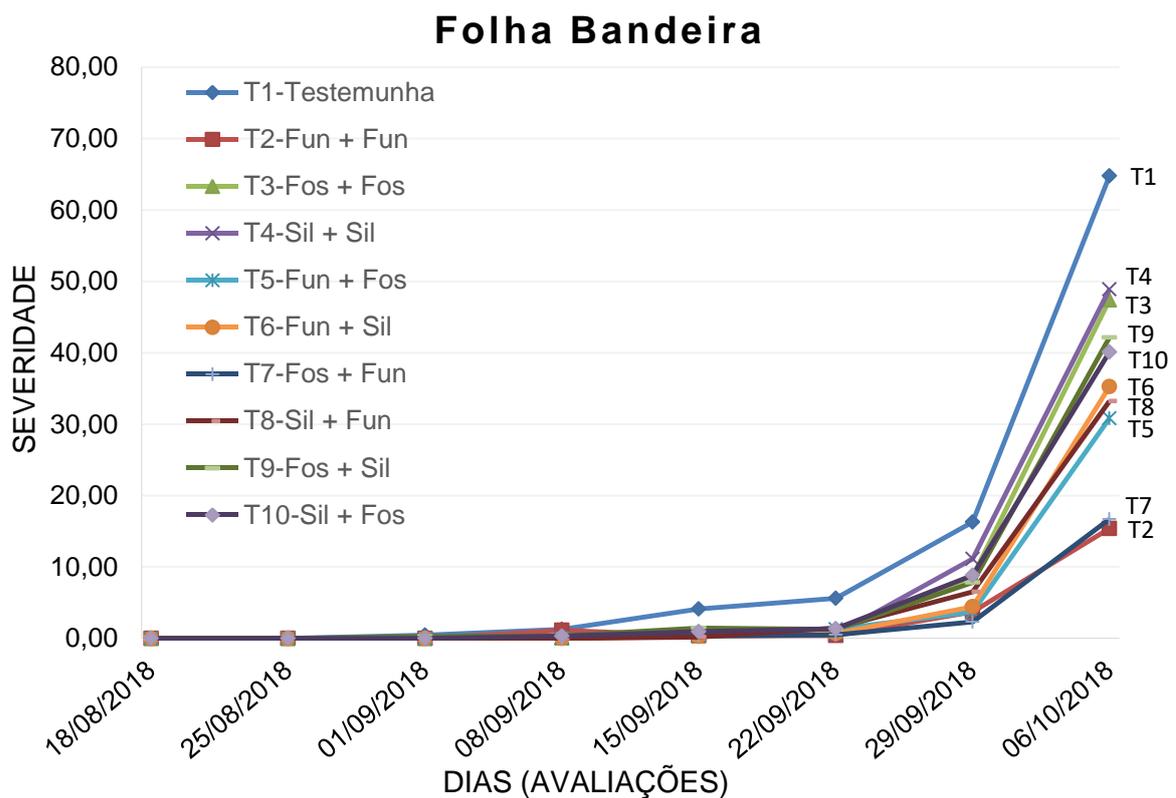
Tratamento	FB	PI
Testemunha	93,41 d	119,74 e
Fun + Fun	62,47 a	72,76 a
Fos + Fos	75,38 c	97,26 c
Sil + Sil	77,52 c	104,52 d
Fun + Fos	68,03 b	84,74 b
Fun + Sil	68,69 b	84,66 b
Fos + Fun	61,73 a	74,99 a
Sil + Fun	70,52 b	85,49 b
Fos + Sil	76,69 c	101,76 d
Sil + Fos	75,47 c	97,69 c
C.V. (%)	15,69	15,69

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2019.

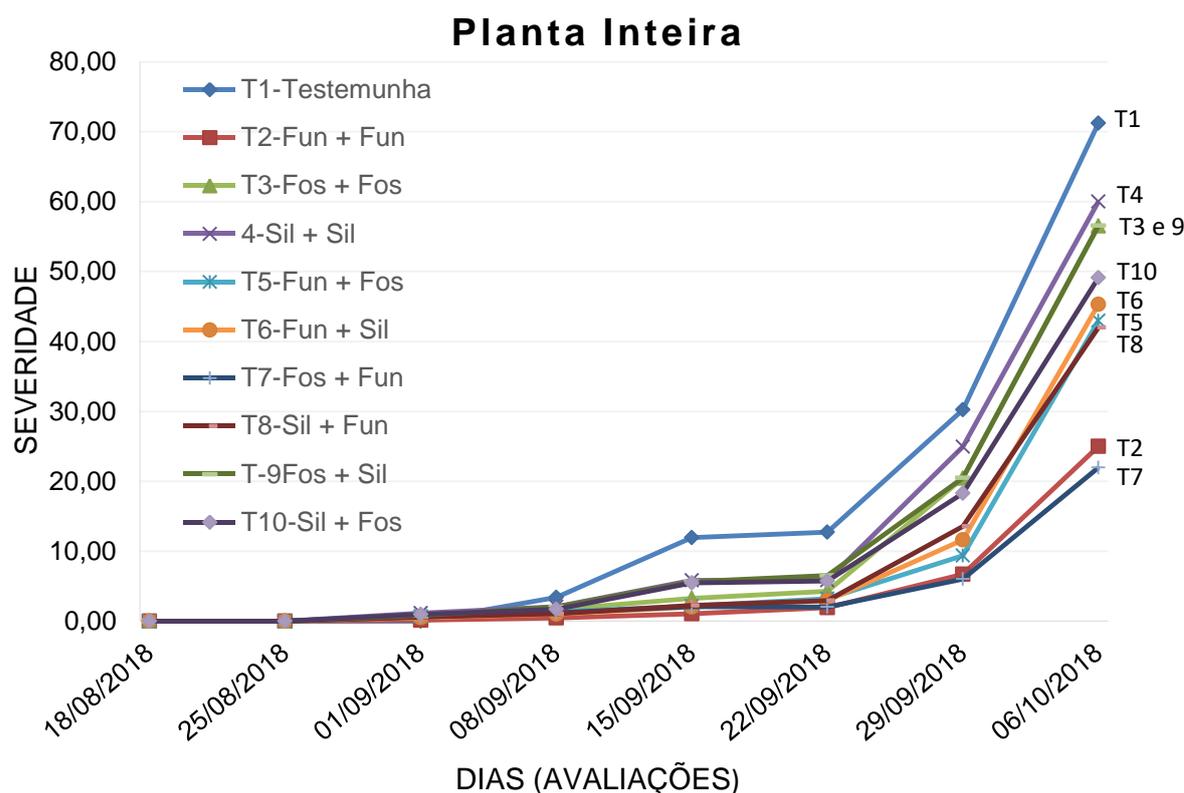
Tormem et al. (2013), evidenciaram que os programas mais eficazes para o controle da ferrugem da folha do trigo são compostos pela mistura de triazol com estrobilurina, composição do fungicida utilizado no trabalho. Os fungicidas do grupo dos triázóis atuam na síntese de esteróis e possuem efeito curativo, ao passo que as estrobilurinas atuam na respiração mitocondrial e seu efeito maior é na germinação do esporo (BARRO et al., 2017; TORMEM et al., 2013). Ainda, esses produtos apresentam alta translocação via xilema e parcial ou nula via floema. Por isso, os fungicidas sistêmicos diferem dos não sistêmicos, por sua habilidade de redistribuição dentro dos órgãos tratados, principalmente folhas, proporcionando um controle mais efetivo e prolongado das doenças (SANTOS et al., 2018).

FIGURA 3 – Severidade (%) da ferrugem da folha do trigo (*Puccinia triticina*) observada em intervalo de sete dias em folha bandeira (FB), decorrente de combinações de fungicida (Fun), silicato (Sil) e fosfito (Fos) de potássio, aplicados via foliar, em Itaqui (RS), 2018.



Fonte: Autor, 2019.

FIGURA 4 – Severidade (%) da ferrugem da folha do trigo (*Puccinia triticina*) observada em intervalo de sete dias em planta inteira (PI), decorrente de combinações de fungicida (Fun), silicato (Sil) e fosfito (Fos) de potássio, aplicados via foliar, em Itaqui (RS), 2018.



Fonte: Autor, 2019.

O tratamento fosfito + fungicida apresentou-se como uma boa opção para o manejo da doença (Tabela 2), apresentando níveis de controle de 83% em FB e 78% em PI. Os níveis de severidade para esse tratamento foram de 17% em FB e 22% em PI (Figura 3 e 4). Os efeitos positivos já citados pelo uso do fungicida causaram efeito sinérgico com os fosfitos, à medida que esses produtos atuam direta ou indiretamente sobre as doenças, diretamente quando inibe o desenvolvimento do patógeno e, indiretamente, quando induz à planta a produção de substâncias como os compostos fenólicos, fitoalexinas e hidrolases que atuarão contra o patógeno (DALIO et al., 2012). Resultados similares foram encontrados por Nozaki e Kliemann (2016), onde o uso fosfito de potássio aliado ao fungicida obteve controle eficiente da antracnose do feijoeiro (*Colletotrichum lindemuthianum*), além de reduzir custos econômicos e ter menor impacto ambiental. Efeitos positivos também foram evidenciados em um estudo visando o controle da requeima do tomateiro (*Phytophthora infestans*), onde a mistura de fosfito de potássio e fungicida reduziu drasticamente a severidade da doença quando comparada com a aplicação isolada dos produtos (TÖFOLI et al., 2012). No presente estudo, evidencia-se que a

ordem de aplicação do fungicida foi fundamental, à medida que o tratamento fosfito + fungicida foi mais eficaz que o tratamento fungicida + fosfito.

Não houve diferença entre os tratamentos fungicida + fosfito, fungicida + silicato e silicato + fungicida (Tabela 2), apresentando controle próximo do considerado eficiente, sendo 70% na FB e 60% para PI (Figura 3 e 4). Assim, os níveis de severidade se mantiveram baixos em FB ao longo das avaliações, sendo 31, 35 e 33% respectivamente (Figura 3). Já para PI, a severidade da doença foi maior em relação à FB, atingindo níveis de 43, 45 e 42% respectivamente (Figura 4). Estes resultados podem ser explicados pela presença de fungicida em ambos os tratamentos, sendo este grupo, eficiente no controle da ferrugem do trigo (TORMEM et al., 2013). Porém, não descartando os efeitos ocasionados pelo fosfito e silicato de potássio, tendo em vista que a deposição de Si nas folhas aumenta os teores de lignina, dificultado a penetração dos fungos. Além do aumento da resistência a penetração, esses produtos deixam as folhas mais eretas, o que permite maior penetração da luz solar, fator que é desfavorável a germinação dos esporos de *Puccinia triticina* (MENECALE et al., 2015).

Os Tratamentos fosfito + fosfito, silicato + silicato, fosfito + silicato e silicato + fosfito (T10) apresentaram controle mediano da doença, sendo superiores apenas ao tratamento testemunha. Esses tratamentos não diferiram entre si na FB (Tabela 2) apresentando valores de severidade de 47, 49, 42 e 40% respectivamente (Figura 3). Já para a PI houve diferença os grupos, onde silicato + silicato e fosfito + silicato, que apresentaram valores de severidade de 60 e 57% respectivamente, diferindo de fosfito + fosfito e silicato + fosfito que apresentaram 57 e 49%, respectivamente (Figura 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Wordell Filho et al. (2013), onde o silicato de potássio nas doses e número de aplicações não foram eficientes no controle da ferrugem da folha do trigo. No entanto, em trabalhos realizados com abobrinha de moita e videira, utilizando diferentes doses e fontes de silicato de potássio, apresentam eficiência no controle do oídio e míldio respectivamente, segundo os autores o produto foi capaz de impedir o desenvolvimento do fungo nas estruturas das plantas (PEREIRA et al., 2012; RAMOS et al., 2013). No milho, o fosfito de potássio na dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup> apresentou controle intermediário de doenças foliares (SILVA et al., 2018). A associação de fosfito e silicato de potássio reduziu a severidade da ferrugem asiática da soja, diferindo somente da testemunha (OLIVEIRA et al., 2015). Embora

não tenha sido possível evidenciar respostas contundentes quanto ao uso de fosfito e silicato de potássio, isoladamente ou associado, mesmo em aplicações preventivas (antes dos primeiros sintomas), verificou-se redução nos níveis finais de severidade quando comparado com a testemunha.

O Tratamento testemunha apresentou aumento progressivo da severidade da doença, o que pode ser explicado pela ausência de controle, ambiente favorável e suscetibilidade da cultivar. Os primeiros focos da doença nesse tratamento foram encontrados no dia 08 de agosto (Figura 2), manifestando progresso semanal, apresentando na última avaliação os maiores níveis de severidade, 65% em FB e 71% em PI (Figura 3 e 4). Esse fato destaca a importância de se realizar controle de doenças na cultura do trigo, indo de acordo com diversos autores, que evidenciam em seus estudos que todas as práticas de manejo disponíveis devem ser adotadas, visando manter a população de organismos nocivos abaixo do limiar de dano econômico (BARRO et al., 2017; NAVARINI; BALARDIN, 2012; TORMEN et al., 2013).

A severidade da doença não afetou a variável MS entre os tratamentos (Tabela 3), fato que pode ser explicado pela metodologia utilizada, que foi através da matéria seca total (planta inteira). Neste caso, a separação morfológica da planta (folhas superiores e inferiores, colmo e espiga), seria o mais indicado, avaliando de forma separa cada uma dessas estruturas, buscando resultados mais precisos.

Os caracteres NEML e PE diferiram entre os tratamentos (Tabela 3), tendo os menores resultados nos tratamentos que apresentaram maiores índices de severidade de 50 a 70%. A manutenção da sanidade das folhas do trigo é de grande importância, pois evita o abortamento de espigas, sendo um fator primordial na redução destes caracteres (SOUZA et al., 2013).

As variáveis NGE, PGE, PMG e PH não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 3). Resultado similar ocorreu em um experimento realizado com a cultura do trigo, utilizando silicato de potássio e fungicida, em conjunto ou isolados, para o controle da ferrugem, onde as aplicações não causaram diferença nas variáveis de NGE, PGE e PMG (WORDELL FILHO et al., 2013). Tratamentos com aplicações de fosfito e silicato de potássio, isoladamente ou associados com fungicida, visando controlar a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd), também não interferiram na variável PMG (OLIVEIRA et al., 2015). Na cultura do feijoeiro, os tratamentos com fosfito e

fungicida para o controle da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) foram capazes de causar diferença na variável PMG (NOZAKI; KLIEMANN, 2016). Santos et al. (2011), obtiveram os melhores resultados nas variáveis PMG e PH, no tratamento com mistura de fosfito + fungicida, estes resultados segundo os autores, foram atribuídos ao controle efetivo das doenças foliares estudadas no caso.

TABELA 3 – Matéria seca (MS, em t ha<sup>-1</sup>), número de espigas por metro linear (NEML), peso de espigas (PE, em g), número de grão por espiga (NGE), peso de grão por espiga (PGE, em g), peso de mil grãos (PMG, em g), peso hectolitro (PH, em g) e produtividade (PR, em t ha<sup>-1</sup>).

Tratamento	MS	NEML	PE	NGE	PGE	PMG	PH	PR
Testemunha	3,73 a	49,00 b	1,29 b	31,27 a	0,91 a	30,28 a	79,86 a	2,27 d
Fun + Fun	4,32 a	63.75 a	1,50 a	35,83 a	1,09 a	30,62 a	79,58 a	3,47 a
Fos + Fos	4,88 a	61.25 a	1,30 b	33,87 a	1,00 a	30,57 a	78,96 a	2,98 b
Sil + Sil	4,40 a	56.50 b	1,48 a	36,30 a	1,05 a	31,26 a	79,73 a	2,76 c
Fun + Fos	3,89 a	57.50 b	1,43 a	34,35 a	1,01 a	31,40 a	79,91 a	3,02 b
Fun + Sil	4,37 a	54.50 b	1,45 a	33,68 a	1,05 a	31,90 a	80,01 a	2,85 c
Fos + Fun	4,04 a	63.75 a	1,44 a	35,05 a	1,04 a	31,84 a	79,64 a	3,32 a
Sil + Fun	4,18 a	59.00 a	1,48 a	35,07 a	1,05 a	31,16 a	79,92 a	3,04 b
Fos + Sil	3,93 a	63.75 a	1,36 b	33,18 a	0,96 a	30,77 a	78,78 a	2,80 c
Sil + Fos	3,80 a	56.00 b	1,34 b	32,91 a	0,97 a	30,99 a	80,04 a	2,71 c
C.V. (%)	15,88	7,66	6,88	5,98	7,26	4,15	3,01	9,06

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2019.

Entre os caracteres avaliados, a PR foi o que demonstrou maior influência no estudo realizado (Tabela 3). O tratamento testemunha obteve a menor PR, ficando abaixo da média do estado que foi de 2,7 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018). Esse fato pode ser explicado pelos altos níveis da doença nesse tratamento, causando danos significativos tanto em FB quanto para PI (Figura 3 e 4). Danos severos, ou perda das folhas próximas da espiga (folha bandeira e uma abaixo) podem causar redução de até 19,26% no rendimento de grãos, ainda as folhas do baixeiro contribuem entre 15 a 20% do rendimento final da cultura (SOUZA et al., 2013).

Os tratamentos silicato + silicato, fungicida + silicato, fosfito + silicato e silício + fosfito, não diferiram entre si na variável PR, sendo superior somente ao tratamento testemunha (Tabela 3). Observa-se que o tratamento fungicida + silicato apresentou maior PR neste grupo, fato que pode ser atribuído a este tratamento ter

obtido controle mais eficaz da doença (Figura 3 e 4), porém o incremento de produtividade não foi o suficiente para diferir dos demais tratamentos. Houve comportamento semelhante entre os tratamentos fosfito + fosfito, fungicida + fosfito e silicato + fungicida, que apresentaram rendimento superior ao grupo anterior, porém não diferiram entre si (Tabela 3). Esses tratamentos atribuíram controle da doença de 50 a 70% em FB (Figura 3), demonstrando o potencial da cultivar em aproveitar o restante da área foliar convertendo em produtividade. Esta situação traz a necessidade de novos estudos, que podem e devem ser realizados a fim de fornecer maiores subsídios para o real entendimento dos efeitos da aplicação desses produtos no incremento de produtividade, considerando os efeitos no controle da doença.

Os tratamentos fungicida + fungicida e fosfito + fungicida apresentaram as maiores produtividades, não havendo diferença estatística entre estes tratamentos (Tabela 3). Tal efeito pode ser atribuído devido à redução da severidade da doença frente ao efeito protetor proporcionado pelos tratamentos, que mantiveram a doença em níveis baixos por todo o ciclo da cultura (Figura 3 e 4). Resultados similares foram encontrados por Santos et al. (2011), na cultura do trigo, onde os autores constataram controle de doenças, e incremento de produtividade nos tratamentos com fosfitos e fungicidas isolados ou associados. Resultados positivos também foram encontrados em outras culturas como milho, soja, feijão e uva onde a associação desses produtos causou redução na severidade das doenças, resultando em incremento ou não na produtividade (SILVA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2015; NOZAKI; KLIEMANN, 2016; SILVA et al., 2013; PEREIRA et al., 2012).

O incremento da produtividade das culturas quando tratadas com fosfito de potássio também pode estar atrelada a composição desse produto, sendo uma fonte de potássio para as plantas (NOZAKI; KLIEMANN, 2016). Ainda, o uso de fungicidas do grupo dos triazóis e estrobilurinas acarreta em controle mais efetivo da ferrugem da folha, mantendo a área foliar saudável por mais tempo, causando impactos positivos no rendimento final (BARRO et al., 2017).

Essas constatações demonstram o efeito promissor do uso de fosfito de potássio associado a fungicidas, à medida que se tem controle de doenças de plantas, quebra do ciclo de patógenos resistentes, redução de impactos ambientais, redução de custos e incremento de produtividade.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O uso de fosfito de potássio associado ao fungicida apresenta controle eficaz da ferrugem da folha do trigo, proporcionando incremento na produtividade, apresentando-se como uma alternativa interessante no manejo de doenças da cultura.

As diferentes combinações de fosfito e silicato de potássio não são eficientes no controle da ferrugem da folha do trigo.

## REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, M.; TORRES, A. L. Eficácia versus viabilidade econômica do controle químico e genético da ferrugem da folha em trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 7, p. 1141-1146, 2013.
- AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2006. 47 p.
- BARCELLOS, A. L. Ferrugem da folha do trigo no Brasil em 1984 e 1985: ocorrência e virulência. **Reunião nacional de pesquisa de trigo**, Londrina, v. 14, n.1, p. 117-131, 1986.
- BARRO, J. P.; FORTE, C. T.; TRENTIN, D.; SCARIOT, M.; MILANESI, P. M. Effectiveness of different fungicide formulations and number of applications in controlling wheat leaf rust. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 4, p. 276-280, 2017.
- BIOTRIGO GENÉTICA. Cultivar **TBIO Sinuelo**, 2019. Disponível em: [http://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio\\_sinuelo/21](http://biotrigo.com.br/cultivares/portfolio/tbio_sinuelo/21) Acesso: 02 mai. 2019.
- COBB, N. A. Contributions to the economic knowledge of Australian rusts (Uredineae). **Agricultural Gazette of New South Wales**, Sydney, v.3, p. 181-212, 1892.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos - safra 2018/19 – terceiro levantamento**. Companhia Nacional de Abastecimento, v.6, p.1-127, 2018.
- DALIO, R. J. D.; RIBEIRO, P. M.; RESENDE, M. L. V.; SILVA, A. C.; BLUMER, S.; FORESTI, V. F.; OSSWALD, W.; PASCHOLATI, S. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 20, n. 1, p. 206-243, 2012.
- DANELLI, A. L. D.; REIS, E. M.; FIALLOS, F. R. G. Etiologia e intensidade de manchas foliares em cultivares de trigo em três locais do Rio Grande do Sul, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, Universidade Nacional de Trujillo, Peru, v. 2, n. 3, p. 149-155, 2011.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 2018. 353p.
- MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. especial, p.435-454, 2015.
- MONTES, R. M.; MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A. **O uso do silício no manejo de pragas**. São Paulo: Instituto Biológico, 2015. 13p. (Documento Técnico, 17).

NAVARINI, L.; BALARDIN, R. S. Foliar diseases and control by fungicides on yield and quality of wheat grains. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, n. 4, p. 294-299, 2012.

NEVES, J. C.; AMARAL, D. R. Uso de silicato de potássio no manejo de brusone no trigo. **Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT**, v. 1, n. 1, p.102-128, 2017.

NOZAKI, M. H.; KLIEMANN, O. A. Avaliação do uso de fosfito no controle da antracnose em feijoeiro comum. **Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 31, p. 19-25, 2016.

OLIVEIRA, G. M.; PEREIRA, D. D.; CAMARGO, L. C. M.; BALAN, M. G.; CANTERI, M. G.; IGARASHI, S.; SAAB, O. J. G. A. Control of wheat leaf rust (*Puccinia triticina*) at different timings of fungicide application. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 80, n. 4, p. 436-441, 2013.

OLIVEIRA, G. M.; PEREIRA, D. D.; CAMARGO, L. C. M.; SAAB, O. J. G. Fosfito e silicato de potássio no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p. 60-65, 2015.

PEREIRA, V. F.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; VITORINO, L. R. R. Fosfito de potássio no controle do míldio da videira e características físico-químicas de uvas Merlot. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília v. 47, n. 11, p. 1581-1588, 2012.

PICCININ, G. G.; BRACCINI, A. L.; DAN, L. G.; BAZO, G. L.; HOSSA, K. R.; PONCE, R. M. Rendimento e desempenho agrônômico da cultura do trigo em manejo com *Azospirillum brasiliense*. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 22, p. 393-401, 2013.

PIRES, P. C.; FERNANDES, J. M. C.; NICOLAU, M. Modelagem do progresso temporal e do padrão espacial de lesões de ferrugem da folha em trigo. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 097-107, 2009.

RAMOS, A. R. P.; SANTOS, R. L.; AMARO, A. C. E.; FUMES, L. A. A.; BOARO, C. S. F.; CARDOSO, A. I.I. Eficiência do silicato de potássio no controle do oídio e no desenvolvimento de abobrinha de moita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 432-438, 2013.

SANTOS, F. H. dos; SANTOS, L. A; FARIA, C. M. D. R. Translocação de triazóis e estrobilurinas no controle do oídio da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.11, n.1, p.87-92, jan-abr., 2018.

SANTOS, H.A.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O.C.; MAYDE MIO, L.L. Controle de doenças do trigo com fosfitos e acibenzolar-s-metil isoladamente ou associados a piraclostrobina + epoxiconazole. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 433-442, 2011.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Purdue University, West Lafayette, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, J. A. G.; ARENHARDT, E. G.; KRÜGER, C. A. B.; LUCCHESI, O. A.; METZ, M.; MAROLLI, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 1, p. 27-33, 2015.

SILVA, J. B. G. D.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; TESSMANN, D. J.; MOTERLE, L. M.; SILVA, C. R. Controle de doenças foliares do milho com fosfito de potássio. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 1, p. 127-138, 2018.

SILVA, O. C.; SANTOS, H. A. A.; DESCHAMPS, C.; PRIA, M. D.; LOUISE, L.; MIO, M. Fontes de fosfito e acibenzolar-S-metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 072-077, 2013.

SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; BONOTO, G. O.; BAHRY, C. A.; CARON, B. O.; ZIMMER, P. D.; SCHMIDT, D. Defoliation at different growth stages on agronomic characteristics wheat. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1905-1911, 2013.

TÖFOLI, J. G.; MELLO, S. C.; DOMINGUES, R. J. Efeito do fosfito de potássio isolado e em mistura com fungicidas no controle da requeima do tomateiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.2, p.201-208, 2012.

TORMEN, N. R.; LENZ, G.; MINUZZI, S. G.; UEBEL, J. D.; CEZAR, H. S.; BALARDIN, R. S. Reação de cultivares de trigo à ferrugem da folha e mancha amarela e responsividade a fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 2, p.239-246, 2013.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 337-341, 2011.

WORDELL FILHO, J. A.; DUARTE, H. S. S.; RODRIGUES, F. A. Efeito da aplicação foliar de silicato de potássio e de fungicida na severidade da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 726-730, 2013.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, Oxford, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.

## APÊNDICES

Imagens do experimento realizado na área experimental da Universidade Federal do Pampa Campus Itaqui RS, safra 2018. Cultura no início do perfilhamento e área cercada (A e B), aplicação dos tratamentos, primeiros focos da doença (C, D e E), avaliação da severidade da doença com a escala diagramática (F, G e H), maturidade fisiológica, ponto de colheita e trilha (I, J, K).

