

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Giberela em trigo: controle químico e tecnologia de aplicação de fungicidas

Éverson Bilibio Bonfada

Passo Fundo

2018

Éverson Bilibio Bonfada

Giberela em trigo: controle químico e tecnologia de aplicação de fungicidas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Agronomia.

Orientador:
Walter Boller

Passo Fundo

2018

CIP – Catalogação na Publicação

- B713g Bonfada, Éverson Bilibio
Giberela em trigo: controle químico e tecnologia de
aplicação de fungicidas / Éverson Bilibio Bonfada. – 2018.
102 f. : il. color. ; 30 cm.
- Orientador: Dr. Walter Boller.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
de Passo Fundo, 2018.
1. Trigo - Cultivo. 2. Giberela. 3. Plantas - Efeito dos
fungicidas. I. Boller, Walter, orientador. II. Título.

CDU: 633.11

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Giberela em trigo: controle químico e tecnologia de aplicação de fungicidas”

Elaborada por

Éverson Bilíbio Bonfada

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Produção e Proteção de Plantas

Aprovada em: 15/03/2018
Pela Comissão Examinadora

Dr. Walter Boller
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dra. Carolina Cardoso Deuner
UPF

Dr. Edson Campanhela Bortoluzzi
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

Dra. Sandra Maria Zoldan
OR Sementes

Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

DEDICATÓRIA

À minha família, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por todas as conquistas e a trajetória até a realização de mais um sonho, da concretização de mais uma etapa, de mais um objetivo, enfim, por tudo.

À família, meus pais Edemilson Bonfada e Lenir Ana Bilibio Bonfada, agradeço pelo auxílio, esforço e incentivo, aos irmãos Élcio (gêmeo), Lidiane e Érick Bilibio Bonfada, agradeço a cada dia por estarem ao meu lado, sempre e em tudo.

Ao irmão Élcio, Mano, com muito carinho, em especial a ti agradeço por estar sempre ao meu lado em todos os momentos, desde quando nos conceberam a vida, pelo apoio, este trabalho também é mérito seu, é nosso.

Aos meus Orientadores, professor Dr. Walter Boller e Professora Dra. Carolina Cardoso Deuner por todos os ensinamentos, pela experiência acadêmica, técnica e profissional, pelo convívio, compreensão e pela oportunidade concedida do Mestrado em Agronomia e de tudo o que aprendi com ele, devo a vocês, Professor Boller e Professora Carolina, que são exemplos pra mim.

Ao professor Dr. Erlei Melo Reis, agradeço pelas consistentes contribuições prestadas no trabalho, amizade, incentivo, disponibilidade e estímulo.

À Dra. Sandra Maria Zoldan, pelo aceite em compor a banca de defesa e pelas sugestões ao presente trabalho.

Aos colegas e amigos, Cleiton Korcelski, pela disposição em me ajudar sempre que precisei, pelo convívio contigo, pela parceria e amizade. À Elaine Deuner, pela convivência, parceria, amizade, incentivo e pela sua empatia. À Daiana Pedroncini pela

amizade, convivência e coleguismo. Enfim, por tudo o que fizeram por mim, pelas admiráveis pessoas que são, saibam que este trabalho também é mérito de vocês.

Aos acadêmicos do curso de Agronomia da UPF, bolsistas e voluntários, Bianca Maria Odorcick, Bruno Rettore, Caroline Giongo, Giovani Pastre, Jonatas Tognon, Poliana Tais Goi e Rodrigo Coberllini Orlandi, e aos demais não citados, que estiveram no Grupo de Pesquisa pelo período do meu mestrado, pelo apoio e ajuda na execução dos experimentos de campo e laboratório, o meu Muito Obrigado!

Aos colegas e amigos do Laboratório de Fitopatologia, em especial à Bruna dos Santos Silva. Aos funcionários do Laboratório de Fitopatologia, Cinara de Andrade Cardoso e Paulo Tironi, pelo auxílio na execução do trabalho, pelos ensinamentos e pela compreensão.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelos aprendizados. Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia. À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV), à Universidade de Passo Fundo (UPF) e à CAPES pela concessão da taxa aos meus estudos.

As demais instituições colaboradoras com o estudo (Laboratório de Qualidade Industrial da Biotrigo Genética). Ao Laboratório de Cereais da UPF, na pessoa da Professora Dra. Maria Tereza Friedrich.

Aos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

BONFADA, Éverson Bilibio. Giberela em trigo: controle químico e tecnologia de aplicação de fungicidas. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

O trigo é um dos cereais de maior importância para a alimentação humana e animal. Dentre os fatores que podem afetar a produtividade da cultura e a qualidade de grãos, destaca-se a giberela, uma doença considerada de difícil controle, num cenário em que existem entraves na tecnologia de aplicação, pela dificuldade de deposição de gotas nos sítios de infecção e baixa eficácia de fungicidas. Os objetivos gerais foram: verificar se distintos grupos químicos de fungicidas, utilizados isoladamente ou em mistura são eficazes no controle de giberela em trigo, e, avaliar se alterações na tecnologia de aplicação podem melhorar a eficácia do controle químico da giberela em duas cultivares de trigo. Diante disso, este trabalho está dividido em dois capítulos. No capítulo I, foram executados três experimentos na safra de 2016, e três na safra de 2017. Os tratamentos constaram da aplicação isolada ou combinação ou mistura comercial dos grupos químicos triazol, estrobilurina, benzimidazol, ditiocarbamato, quinona, carboxamida, triazolintiona e pirazol carboxamida. O delineamento de tratamentos foi no modelo unifatorial, com número de tratamentos distinto em cada experimento, e, o delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições, cultivar TBIO Toruk (moderadamente suscetível - MS a giberela). Avaliou-se intensidade de giberela, eficácia de controle, acúmulo de desoxinivalenol (DON) em grãos, peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento. Os dados foram submetidos à análise da variância (F-Teste) e a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott, ambos a 5%. No capítulo II, foram executados dois experimentos na primeira safra e um experimento na segunda. Os tratamentos constaram de duas configurações da barra do pulverizador (com e sem assistência de cortina de correntes) e diferentes modelos de bicos/pontas de pulverização. Em ambas as safras, o delineamento de tratamentos foi no modelo bifatorial (com/sem auxílio a barra versus modelos bico/pontas) e o experimental em blocos ao acaso, com três repetições (safra 2016) e quatro (safra 2017), cultivares TBIO Toruk e Sossego (MS a giberela). Neste capítulo, avaliou-se também a deposição de calda em papéis hidrossensíveis. Os dados foram submetidos à análise da variância (F-Teste) e a comparação de médias pelo teste de Tukey, ambos a 5%. Concluiu-se que o grupo químico benzimidazol isoladamente confere redução da intensidade de giberela. A associação do fungicida ditiocarbamato a benzimidazol e/ou a mistura comercial de triazol + estrobilurina contribui para a melhoria do controle da doença. A piraclostrobina interfere na intensidade de giberela nas espigas e tem efeitos variáveis no acúmulo de DON em grãos. A aplicação sequencial da mistura comercial de estrobilurina + triazolintiona, em maior dose, apresenta aumento na eficácia de controle e no rendimento de grãos. O uso do auxílio à barra proporciona incrementos no rendimento de grãos que são variáveis conforme as condições ambientais em cada safra de trigo. Este mesmo fator, apresenta variação sobre a intensidade da doença. As cultivares respondem de maneira distinta aos tratamentos aplicados; a interação modelos de bico/ponta versus auxílio à barra de pulverização, têm influência sobre o acúmulo de DON em grãos.

Palavras-chave: 1. *Gibberela zae/Fusarium graminearum*. 2. *Triticum aestivum*. 3. Grupos químicos. 4. Modelos bico/pontas. 5. Intensidade de giberela.

ABSTRACT

BONFADA, Éverson Bilibio. Fusarium head blight in wheat: chemical control and fungicide application technology. 2018. 102 f. Dissertation (Masters in Agronomy) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

The wheat is one of the most important cereals for human and animal feed. Among the factors that can affect the crop yield and the grain's quality, it stands out the fusarium head blight (*Triticum aestivum*), a disease considered of difficult control, in a scenario in which there are obstacles in the application technology, by the difficulty of deposition of drops in sites of infection and low efficacy of fungicides. The general goals were: check if different groups of chemical fungicides, used separately or in combination are effective in the control of the fusarium head blight of wheat, and assess whether changes in application technology can improve the efficiency of chemical control of the fusarium head blight in two wheat cultivars. In addition, this work is divided into two chapters. In chapter I, three experiments were performed in the harvest of 2016, and three in the harvest of 2017. The treatments consisted of applying separately or in combination or a commercial mixture of chemical groups triazol, estrobilurina, benzimidazol, ditiocarbamato, quinona, carboxamida, triazolintiona and pirazol carboxamida. The delineation of the treatments was the unifactorial model, with a number of distinct treatments in each experiment, and the trial design in blocks randomly with four replications, cultivate TBIO Toruk (moderately susceptible – MS the fusarium head blight)⁴. It was evaluated the intensity of the fusarium head blight, effectiveness of control, accumulation of deoxynivalenol (DON) in grains, weight of hectolitre, a thousand grains of weight and income. The data were subjected to analysis of variance (F-Test) and the comparison of averages by the Scott-Knott test, both at 5%. In chapter II, two experiments were performed in the first harvest and one experiment on the second. The treatments consisted of two configurations of the sprayer boom (with and without assistance of curtain of chains) and different types of nozzles/spray tips. In both harvest, the delineation of treatments was in the bifactorial model (with/without using the spacebar versus models/nozzle tips) and the experimental in randomized blocks with three replications (2016 harvest) and four (2017 harvest), cultivars TBIO Toruk and Sossego (MS the fusarium head blight). In this chapter, it was also evaluated the spray deposition on hydrosensitive roles. The data were subjected to analysis of variance (F-Test) and the comparison of average by Tukey test, both at 5%. It was concluded that the chemical group separately benzimidazol gives the reduction of the intensity of fusarium head blight. The association of the fungicide ditiocarbamates to benzimidazole and/or the commercial mixture of Triazol + strobilurins contributes to the improvement of the control of the disease. The pyraclostrobin interferes in the intensity of the fusarium head blight in the cobs and has variable effects on the accumulation of DON in grains. The sequential application of commercial mixture of etrobilurin + triazolinethione, in higher doses, shows an increase in the effectiveness of control and grain yield. The use of aid to the bar provides increments in grain yield which are variable according to the environmental conditions in each wheat harvest. This same factor, presents a variation on the intensity of the disease. The cultivars respond differently to treatments applied; the interaction models of tip/tip versus aid to the sprayer boom, have an influence on the accumulation of DON in grains.

Key words: 1. *Gibberella zeae*/*Fusarium graminearum*. 2. *Triticum aestivum*. 3. Chemical groups. 4. Models/nozzle tips. 5. Intensity of fusarium head blight.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	<i>A cultura do trigo</i>	18
2.2	<i>Agente causal da giberela do trigo</i>	19
2.3	<i>Danos qualitativos e quantitativos</i>	19
2.4	<i>Condições ambientais favoráveis à doença</i>	23
2.5	<i>Ciclo de vida do patógeno</i>	24
2.6	<i>Manejo integrado da giberela</i>	26
2.7	<i>Controle genético</i>	27
2.8	<i>Controle cultural</i>	27
2.9	<i>Controle químico</i>	28
2.10	<i>Tecnologias de aplicação de fungicidas</i>	31
3	CAPÍTULO I	34
3.1	<i>Resumo</i>	34
3.2	<i>Introdução</i>	34
3.3	<i>Material e Métodos</i>	37
3.3.1	A cultivar de trigo TBIO Toruk	37
3.3.2	Local de execução dos experimentos e estabelecimento da cultura	38
3.3.3	Tratamentos e delineamentos	39
	Safra 2016 – Experimentos 1, 2 e 3	40
	Safra 2017 – Experimentos 1 e 2	42
3.3.4	Procedimentos	44
3.3.5	Avaliações	46
3.3.6	Teor de DON em grãos	47
3.3.7	Análise de dados	48
3.4	<i>Resultados e Discussão</i>	48
	Safra 2016 – Experimento 1	49
	Safra 2016 e 2017 – Experimento 2	51
	Safra 2016 e 2017 – Experimento 3	53
	Safra 2017 – Experimento 1	59
3.5	<i>Conclusões</i>	61

4	CAPÍTULO II	63
4.1	<i>Resumo</i>	63
4.2	<i>Introdução</i>	63
4.3	<i>Material e Métodos</i>	66
4.3.1	As cultivares de trigo TBIO Toruk e TBIO Sossego	66
4.3.2	Local de execução dos experimentos e estabelecimento da cultura	66
4.3.3	Tratamentos e delineamentos	68
	Safra 2016 – Experimentos 1 e 2	70
	Safra 2017 – Experimento 1	72
4.3.4	Procedimentos	72
4.3.5	Avaliações	73
4.3.6	Teor de DON em grãos	75
4.3.7	Deposição de calda	75
4.3.8	Análise de dados	76
4.4	<i>Resultados e Discussão</i>	77
	Safra 2016 – Experimento 1	78
	Safra 2017 – Experimento 2	80
	Safra 2017 – Experimento 1	84
4.5	<i>Conclusões</i>	87
5	CONCLUSÃO GERAL	88
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
	REFERÊNCIAS	91

1 INTRODUÇÃO

A giberela é considerada uma das doenças de maior potencial de dano na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) principalmente pela sua ampla disseminação na triticultura mundial e pela complexidade do seu controle. Dentre as estratégias de manejo da doença, o controle cultural, genético e químico apresentam limitações. Porém, a curto prazo, o controle químico é o mais utilizado, mesmo sendo reportada a sua baixa eficácia (em torno de 40 a 60% de controle).

Não obstante, as dificuldades do controle químico da giberela devem-se à tecnologia tradicional de aplicação de fungicidas, que apresenta baixa eficiência nas aplicações com as pontas de pulverização usuais, tendo apenas um ângulo de direcionamento de jato (vertical), não depositando o fungicida suficientemente sobre as espigas de trigo, as quais contêm as anteras, alvos biológicos de infecção do patógeno na fase sexuada [*Gibberella zeae* (Schwein.) Petch.] e na fase assexuada [*Fusarium graminearum* (Schwabe).]

O *F. graminearum* possui a capacidade de produzir micotoxinas, dentre elas a desoxinivalenol (DON), que tem efeito direto na qualidade dos grãos de trigo, bem como em seus derivados, que são destinados à comercialização e fabricação de produtos com vasta aplicabilidade na alimentação humana e animal, reportando sua influência na segurança alimentar destas populações. Devido à dificuldade do controle químico da doença ocorre a produção e acúmulo de micotoxinas em teores variáveis conforme as condições ambientais após a infecção na planta. Este fato contribui para os altos níveis de DON nos grãos e subprodutos de trigo, que vem aumentando nas últimas safras, o que preocupa toda a cadeia produtiva de trigo. Dessa forma, busca-se a consonância com os padrões exigidos pela legislação vigente, em relação aos limites máximos aceitáveis de micotoxinas em alimentos (BRASIL, 2013), para que não haja desvalorização do produto em cadeia comercial.

A melhoria da eficiência do controle químico da giberela visa a redução do potencial de danos causado pela doença na cultura do trigo, dada a importância deste cereal na cadeia alimentar. Contudo, a barreira tecnológica na produção do trigo poderia ser reduzida significativamente, tornando os tratamentos com fungicidas mais eficientes, por meio de protocolos específicos de controle, tendo como resultado esperado, a consonância com as normas atuais de segurança alimentar (MESTERHÁZY et al., 2011).

Não obstante, o aumento da eficiência do controle químico pela tecnologia de aplicação de fungicidas engloba uma maior deposição de calda fungicida nas espigas de trigo, pelo uso de pontas de pulverização robustas. Além disso, o uso de pontas que geram mais de um direcionamento dos jatos, em ângulos próximos a posição horizontal, com volume de calda adequado para esta deposição, fazem parte das técnicas de aplicação que conferem melhor eficácia na supressão da doença (HALLEY et al., 2008). Ainda, tendo em vista que o controle químico é a estratégia de manejo mais adotada pelos tricultores para o controle da doença, há necessidade da melhoria da eficácia deste controle, baseada na identificação de fungicidas mais potentes e também melhorias na tecnologia de aplicação, como forma de garantir quantidade e qualidade de deposição do fungicida sobre os sítios de infecção.

Neste sentido, as questões gerais do presente estudo buscam responder quais os grupos químicos de fungicidas, utilizados isoladamente ou em mistura, que apresentam maior eficácia no controle químico de giberela em trigo, e, quais os efeitos de alterações na tecnologia de aplicação, por meio do tipo de bico/ponta de pulverização, na eficiência do controle químico da giberela em trigo, dependendo da presença ou não de uma cortina de correntes na barra de pulverização.

Condicionalmente, têm-se como hipóteses gerais: 1. Se aplicações de fungicidas pertencentes a grupos químicos isolados ou combinações entre sítio-específicos ou multissítio, misturas comerciais ou ao grupo estrobilurina isolado interferem na intensidade de giberela em trigo então a aplicação de fungicidas em mistura comercial, a associação de grupos químicos sítio-específicos a multissítio, resultarão na redução da doença e, ainda a estrobilurina isolada poderá causar efeitos variáveis quando forem

aplicados sequencialmente e combinados entre grupos químicos, isolados ou em mistura. 2. Se o uso de modelos de bicos/pontas de pulverização que originam jatos com distintos ângulos e aliados ao auxílio à barra por uma cortina de correntes melhoram a cobertura de gotas nas espigas de trigo, visando o controle de giberela e conseqüente o acúmulo de toxinas DON então haverá maior eficiência de controle, com o uso de pontas com mais de um direcionamento de jato, em distintos ângulos quando forem testados com auxílio à barra na aplicação tratorizada.

Sendo assim, com base nas duas questões citadas anteriormente, objetivou-se 1. Verificar se distintos grupos químicos de fungicidas, utilizados isoladamente ou em mistura são eficazes no controle de giberela em trigo, e, 2. Avaliar se as alterações na tecnologia de aplicação, por meio dos modelos de bico/ponta de pulverização dependendo do auxílio à barra, melhoram a eficiência do controle químico da giberela, visando a redução da intensidade da doença em duas cultivares de trigo.

Em caráter específico objetivou-se: 1.1 Testar se a combinação de fungicidas utilizados isoladamente ou em mistura, com distintos grupos químicos interferem no controle de giberela e no rendimento; 1.2 Verificar se o uso de fungicida ditiocarbamato (multissítio), associado a fungicidas mono-sítios penetrantes móveis (sistêmicos), interfere no controle de giberela e no rendimento. 1.3 Avaliar se o fungicida piraclostrobina do grupo químico estrobilurina isolado, potencializa/interfere a intensidade de giberela em espigas, os teores de DON em grãos e no rendimento de trigo. 1.4 Avaliar se as misturas comerciais de fungicidas de distintos grupos químicos são eficazes no controle de giberela e no rendimento de grãos de trigo. 2.1 Verificar se há efeito de diferentes modelos de bico/pontas de pulverização dependendo da presença/ausência da assistência a barra de pulverização em aplicações de fungicidas, na redução da intensidade de giberela em trigo e da contaminação de toxinas DON. 2.2 Avaliar se há efeito do modelo de bico/ponta de pulverização na eficácia do controle químico da giberela em trigo, no peso de mil grãos, no peso do hectolitro e no rendimento de grãos dependendo da presença ou não de uma cortina de correntes na barra de pulverização na intensidade de giberela em duas cultivares de trigo. 2.3 Verificar se existem interações significativas entre os tipos de bicos/modelos de pontas e o auxílio à

barra de pulverização por uma cortina de correntes sobre a intensidade de giberela, o peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento do trigo.

Este trabalho está organizado de forma que nesta Introdução está apresentada a problemática, a justificativa, as hipóteses e os objetivos. O próximo componente deste trabalho - Revisão da Literatura - apresenta aspectos conceituais sobre o sujeito (giberela em trigo) e o objeto da pesquisa (controle da doença), com as principais descobertas sobre o assunto ocorridas nos últimos anos nas principais revistas científicas da área. Nesse componente, o último item discorre sobre as tecnologias de aplicação de fungicidas para o controle de giberela na cultura do trigo. Nos Capítulos I e II são apresentados e discutidos os resultados de nove experimentos, sendo seis no primeiro capítulo e três no segundo. O Capítulo I é sobre a interferência de fungicidas no controle de giberela e o Capítulo II é sobre o estudo de modelos de bicos/pontas de pulverização e auxílio à barra no controle de giberela em trigo. Em seguida, faz-se a Conclusão geral a respeito dos dois capítulos com seus experimentos e, por fim, apresenta-se as Considerações finais da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A cultura do trigo

O trigo é originário da Mesopotâmia Antiga e está presente na história da humanidade há aproximadamente 10 mil anos (ABITRIGO, 2016). Este cereal está entre as espécies de maior importância para a alimentação humana (FIOREZE, 2011), com vasta aplicabilidade, sendo matéria-prima para pães, massas, biscoitos, bolos e, além disso, o consumo deste cereal é incentivado pelo Guia Alimentar da População Brasileira (SCHEUER et al., 2011). Não obstante, o trigo também está presente diariamente na alimentação animal na forma de farelos, concentrados e forragem. Na indústria o trigo se destaca, pelo fato da sua farinha constituir a principal matéria-prima para fabricação de produtos panificáveis (NETO; SANTOS, 2017).

Diante da importância deste cereal, o maior produtor mundial de trigo é a União Europeia (detêm 20% da produção mundial). Dentre os países da América, a Argentina é o maior produtor, seguido do Brasil (71,3 e 17,3%, respectivamente) (USDA, 2018). Nacionalmente, a região Sul é a maior produtora com destaque para o estado do Paraná (NETO; SANTOS, 2017). Para a região Sul do Brasil houve uma redução da área cultivada de 2016 para 2017 em 10,8% (CONAB, 2018). A produtividade média da safra de trigo no ano de 2016 no Rio Grande do Sul foi de 3.214 kg/ha situando-se acima da média nacional de 3.175 kg/ha, já na safra de 2017 a média foi de 1.186 kg/ha ficando abaixo da produtividade média do trigo produzido no Brasil, de 2.215 kg/ha (CONAB, 2018). Ainda conforme a Conab, na safra de 2017 a qualidade dos grãos colhidos foi muito comprometida em virtude das condições meteorológicas ocorridas no período da colheita em boa parte do estado do RS. Pouco menos de 30% do total colhido apresentou alta qualidade para a panificação, 25% qualidade regular e cerca de 45% apresentou qualidade ruim, sendo destinado apenas ao consumo animal.

Diante disso, são inúmeros os fatores que podem afetar o desenvolvimento da cultura do trigo, seu rendimento e qualidade tecnológica, dentre eles, destacam-se os fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos, as doenças destacam-se pelos danos causados no rendimento e na qualidade de grãos.

2.2 Agente causal da giberela do trigo

A giberela em trigo, também conhecida como fusariose é causada pelo agente etiológico que apresenta a fase sexuada ou teleomórfica *G. zae* e pela forma assexuada ou anamórfica *F. graminearum*, ambas possuem capacidade de infecção. A doença pode ser economicamente devastadora, devido a sua intensidade, principalmente em trigo, cevada (*Hordeum vulgare* L.) e em outros cereais de inverno (COWGER; ARELLANO, 2013), como aveia (*Avena* spp.), triticale (*Triticum secalotricum* W.) e centeio (*Secale cereale* L.) (ZOLDAN, 2008; WEGULO et al., 2015).

A doença está presente na América do Sul, sobretudo em áreas úmidas e temperadas (NIEVINSKI, 2009), sendo que epidemias de giberela estão tornando-se cada vez mais graves e frequentes em diversas regiões nos últimos anos, causando danos no rendimento e qualidade de grãos, (ALVES, 2010), representando uma ameaça para a produção de trigo (JIN et al., 2014).

A giberela é considerada uma das maiores causadoras de danos na cultura do trigo na região Sul do Brasil (LIMA, 2012). O patógeno *F. graminearum* apresenta uma dupla ameaça, pois causa danos quantitativos, afetando o rendimento de grãos e também qualitativos, atuando como um potente produtor de micotoxinas prejudiciais a seres humanos e animais (MENKE; DONG; KISTLER, 2012).

2.3 Danos qualitativos e quantitativos

Os danos quantitativos associados à giberela em grande parte devem-se à redução da produção de grãos (ANDERSEN et al., 2014) e além disso, ocasiona danos diretos resultantes do abortamento de flores ou da formação de grãos chochos, enrugados,

ásperos, de coloração rósea a esbranquiçada (LIMA, 2004). Os danos estimados no rendimento causados pela giberela, variam conforme a intensidade da doença, a cultivar e as condições de cultivo (CASA et al., 2004), estando na ordem de 26% para o trigo e de 44% para o centeio (PANISSON; REIS; BOLLER, 2003). No entanto, na quantificação destes danos, não foram considerados os efeitos do processo de colheita, pelos grãos giberelados terem sido jogados para fora da colhedora no processo de limpeza (ventilação), o que subestima os valores reais de dano. Os danos na redução de rendimento médio de grãos de 26 cultivares de trigo foram de 394,4 kg/ha, correspondendo a 13,4% ou a 6,57 sacas de trigo/ha (CASA et al., 2004). Adicionalmente, na safra de 2007 a redução no rendimento chegou a 39,8% em estudos conduzidos em Lages/SC (CASA; KUNHEM JUNIOR, 2011, p. 74).

Em termos qualitativos, a giberela afeta negativamente a qualidade de sementes, ainda, com a agravante contaminação destes grãos com micotoxinas, particularmente DON (ANDERSEN et al., 2014), reduzindo assim, a qualidade fisiológica da semente, (CASA; KUNHEM JUNIOR, 2011, p. 76). Não obstante, a infecção por *F. graminearum* prejudica a qualidade da proteína do grão (JIN et al., 2014), sendo detectado também em sementes oriundas de espigas sadias (CASA; KUNHEM JUNIOR, 2011, p. 80). O aumento da severidade da doença em espigas de trigo determina o aumento da incidência em sementes produzidas pelas plantas infectadas, nas quais o *F. graminearum* está presente e, posteriormente, pode causar a podridão-comum-das-raízes de trigo (REIS; REIS; CARMONA, 2010).

Micotoxinas são metabólitos secundários, produzidos por uma variedade de fungos filamentosos, aparentemente sem qualquer função no metabolismo normal destes microrganismos, elas são produzidas, ainda que não exclusivamente, na medida em que o fungo atinge a maturidade (FREIRE et al., 2007).

O *F. graminearum* é capaz de produzir uma série de micotoxinas do grupo dos tricotecenos (SCUSSEL; BEBER; TONON, 2011, p. 137). Dentre esse grupo, DON é a mais significativa das micotoxinas, produzidas pelo complexo de espécies do fungo, dada a sua ocorrência em grãos e trigo em níveis preocupantes (DEL PONTE et al., 2015). Esta

micotoxina é comumente detectada em cereais e grãos, principalmente em trigo, cevada, milho e seus derivados (SCUSSEL; BEBER; TONON, 2011, p. 139). Uma relação direta entre a incidência de giberela e a contaminação do trigo com desoxinivalenol tem sido estabelecida (IMANAKA et al., 2010).

A detecção direta de DON em grãos de trigo, rações, alimentos ou derivados é feita por métodos moleculares de extração e análise da toxina. Os métodos disponíveis variam de qualitativos (rápidos, determinam a presença/ausência de determinada micotoxina - realizado na lavoura), aos métodos analíticos altamente precisos, capazes de quantificar níveis extremamente baixos de diferentes micotoxinas (sensibilidade elevada, como imunoensaio LC-MS/MS – Cromatografia Líquida com Espectrometria de Massas Sequencial) (RAN et al., 2013). A separação e detecção de compostos de interesse geralmente é realizada através de técnicas imunoenzimáticas ou cromatográficas, seguidas de métodos de detecção (TIBOLA et al., 2013). Técnicas imunoenzimáticas são específicas e baseiam-se na interação anticorpos e antígenos (RAN et al., 2013). O tipo mais comum é ELISA (“*Enzyme-linked immunosorbent assay*”) que permite detecção por comparação visual de cores a métodos mais complexos, como a espectrofotometria (TIBOLA et al., 2013).

Os teores encontrados das micotoxinas revelaram que as cultivares e as épocas de semeadura, influenciaram a síntese desses metabólitos (LIMA, 2012). A combinação de resistência genética e uso de fungicidas potentes pode ser suficiente para evitar os danos oriundos da giberela e do acúmulo de DON, uma vez que essas estratégias de controle podem apresentar-se economicamente viáveis, dependendo da região e do preço pago ao produto (SALGADO; MADEN; PAUL, 2014). Um dos fungicidas mais defendidos e testados para a limitação da severidade de giberela nos EUA é o tebuconazol, porém este mesmo fungicida não apresenta a mesma eficácia na limitação de DON (MESTERHÁZY et al., 2011). Mesmo se o efeito de redução de toxina pela aplicação de fungicidas durante a antese não for suficientemente estável ou eficaz, a aplicação de fungicida neste momento é crucial para reduzir a giberela (YOSHIDA et al., 2012). A aplicação de fungicidas como componente da gestão integrada da giberela e as avaliações de medidas

efetivas de controle tem-se centrado sobre a concentração de DON em grãos (BISSONNETTE et al., 2018).

No Brasil a Resolução RDC n° 07, de 18 de fevereiro de 2011, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), dispõem sobre os limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas ($\mu\text{g}/\text{kg}$), admissíveis para alimentos prontos ao consumidor e matérias-primas (BRASIL, 2011). Esta legislação foi alterada pela Resolução RDC n° 59, de 26 de dezembro de 2013, que prorrogou os LMT pré-estabelecidos para aplicação em 2014 para 2017 e os LMT de 2016 para 2019 (BRASIL, 2013). Nesta resolução, estão contemplados os principais grupos de micotoxinas, dentre eles a DON, contendo os teores limitantes para a comercialização de produtos e subprodutos de diversos cereais, incluindo, o trigo. A partir da existência de limites oficiais de toxina permitidos, o nível de contaminação por DON é a característica mais importante a ser determinada (MESTERHÁZY et al., 2011). As estratégias de controle de DON são decorrentes do controle da giberela, no entanto, algumas práticas como, o revolvimento do solo (aração) com incorporação dos restos culturais infectados da safra anterior, principalmente palhada de milho, são vistas como mecanismos para reduzir os níveis de DON (BEYER et al., 2006).

Compreender a relação entre giberela e acumulação de DON pode ser importante na previsão dos riscos de micotoxinas em alimentos, e pode ajudar no desenvolvimento de estratégias mais confiáveis e racionais para a complexa gestão da doença, redução da produção desta micotoxina e garantia de biossegurança dos alimentos (JI et al., 2015). Estes autores destacam ainda, que cultivares com elevado grau de resistência a giberela, não tinham necessariamente níveis de DON baixos, que cultivares com elevado grau de suscetibilidade não tinham necessariamente níveis de DON altos, ou seja, a produção de DON é um fator importante na patogênese de giberela entre as cultivares de trigo.

Devido a janela de infecção das espigas de trigo se estender ainda após o florescimento pleno, tem se estudado aplicações tardias de fungicidas (20 dias após a antese – grão leitoso), que parece ser eficaz na redução de micotoxinas (YOSHIDA et al., 2012). Estes autores destacam ainda, que infecções tardias poderiam ser controladas pela

aplicação de fungicidas sistêmicos e curativos como carbendazim, tendo em vista que este fungicida interfere na divisão nuclear de fungos (mitose), provavelmente estas características sistêmicas seriam críticas para controlar de forma eficaz o acúmulo de micotoxinas nos grãos.

2.4 Condições ambientais favoráveis à doença

A intensidade de giberela é altamente dependente das condições climáticas para o seu estabelecimento, por isso, as epidemias variam de ano para ano (CASA et al., 2004). No Sul do Brasil em anos de ocorrência do fenômeno La Niña, com períodos mais secos, a doença não é considerada problema em trigo, já em anos de ocorrência de El Niño, de maior precipitação pluvial e temperaturas acima da média, há maior ocorrência da doença (LIMA, 2004).

A alta umidade relativa do ar, precipitação pluvial e molhamento da superfície durante o período de antese e de enchimento de grãos, compreendido como período de maior suscetibilidade do hospedeiro à infecção, configuram-se como fatores de risco ambiental para o desenvolvimento da doença e contaminação por DON (D'ANGELO et al., 2014). Dentre as condições ambientais que favorecem a ocorrência da doença, destaca-se que a temperatura ideal para o seu desenvolvimento que é de 25 °C, no entanto, o fungo pode se desenvolver em uma faixa de temperatura que varia de 10 a 30 °C (ZOLDAN et al., 2011, p. 89), aliada à ocorrência de precipitação pluvial de no mínimo 48 horas consecutivas (BACALTCHUK et al., 2006). Com predominância de molhamento por 72 horas e temperatura média do ar de 20 °C, cerca de 80% das espigas do trigo podem tornar-se infectadas (REIS et al., 2005). Ressalta-se que o período de duração do molhamento dos sítios de infecção (anteras) atua como fator primordial na infecção do fungo, sendo que na ausência desse fator não há ocorrência de giberela (REIS et al., 2016). Não obstante, as safras de trigo que tiveram maior ocorrência de giberela tiveram um número elevado de períodos de molhamento e umidade relativa do ar acima de 78% (ZOLDAN et al., 2011, p. 93)

2.5 Ciclo de vida do patógeno

O desenvolvimento de uma doença parasitária é caracterizado pela ocorrência de uma série de eventos sucessivos e ordenados, no caso da giberela, o processo é cíclico e dinâmico (DANELLI; CAMERA; CERBARO, 2011, p. 31).

O patógeno garante sua viabilidade em condições adversas, como na ausência do hospedeiro e sob condições ambientais desfavoráveis, além disso, o *F. graminearum* sobrevive em restos culturais (colmos de milho, palha de trigo e demais hospedeiros infectados) produzindo macroconídios; sob condições de calor e elevada umidade do ar, a fase sexual do fungo (*G. zaeae*) desenvolve-se nos restos culturais formando peritécios negros na superfície destes resíduos que liberam os ascósporos para o ambiente (DANELLI; CAMERA; CERBARO, 2011, p. 34). Ainda, de acordo com estes autores, as principais fontes de inóculo são as sementes infectadas e a fase saprofítica em restos culturais de qualquer espécie vegetal.

Sob condições de molhamento os peritécios formados sobre os resíduos, liberam os ascósporos no ar, esporos sexuais do fungo, para o ambiente acima do dossel da cultura, tais esporos podem ser elevados por turbulência atmosférica e carregados para longas distâncias da fonte de origem (DEL PONTE et al., 2004). Esses esporos são disseminados e depositados sobre as anteras do trigo em início do florescimento (TIBOLA et al., 2013).

A giberela dos cereais de inverno é caracterizada como uma doença de infecção floral, sendo que os sítios de infecção são as anteras (REIS; CASA; TONIN, 2011, p. 61). Em contato com as espigas em florescimento, os ascósporos germinam e o tubo germinativo penetra no hospedeiro sob condições de molhamento por, no mínimo, 48 horas consecutivas e temperatura do ar entre 15 e 30 °C, a partir disso, ocorre a colonização com senescência prematura dos tecidos da espiga (TIBOLA et al., 2013). Estes autores destacam ainda, que as infecções também podem ocorrer mais tardiamente, durante a fase de enchimento de grãos, contribuindo assim para os níveis de micotoxinas em lotes de grãos aparentemente saudáveis. Em condições ambientais de 25 °C e umidade

relativa do ar acima de 90% pode ocorrer a formação abundante de micélio sobre as espiguetas (DANELLI; CAMERA; CERBARO, 2011, p. 37).

Sob condições de inoculação artificial conduzidas em casa de vegetação, em espigas de trigo, em ambiente favorável induziram danos a partir da emergência completa da espiga, antes da extrusão das anteras (LIMA, 2003), ou seja, ainda durante o espigamento (LIMA, 2004). No entanto, esses mesmos resultados não foram obtidos em trabalhos semelhantes, onde também sob condições de inoculação artificial das espigas de trigo pelo método de aspersão do *F. graminearum* não houve infecção do trigo na fase de espigamento, ou seja, antes da extrusão das anteras (BONFADA et al., 2017). Em cultivares altamente suscetíveis a giberela, quando submetidas à inoculação artificial em diferentes estádios de desenvolvimento, a janela de infecção do fungo apresentou-se ampla, bem como para o acúmulo de DON, devido à vulnerabilidade do trigo por maior tempo, não somente durante, mas também após a antese (DEL PONTE; FERNANDES; BERGSTROM, 2007).

Os sintomas da giberela em trigo podem ser percebidos visualmente nas espigas 4 a 5 dias após a ocorrência de condições climáticas favoráveis, os sintomas típicos são espiguetas despigmentadas, coloração esbranquiçada ou cor de palha, que contrastam com o verde normal de espiguetas saudáveis, e aristas retorcidas (LIMA, 2004; TIBOLA et al., 2013). Além disso, os sintomas podem ser observados em vários locais da espiga como nas aristas, glumas, ráquis, pedúnculos e nos grãos (LIMA, 2011, p. 21).

Assim como os sintomas, ocorre a presença dos sinais do patógeno, através de suas estruturas vegetativas e reprodutivas, na reprodução ocorre a formação de inóculo sobre as glumas do hospedeiro, nestas se dá a formação de uma massa rosada de macroconídios de *F. graminearum* e mais tarde, sob condições ambientais favoráveis, ocorre a formação de peritécios de *G. zae* nos tecidos senescidos (DANELLI; CAMERA; CERBARO, 2011, p. 37). O inóculo é produzido em restos culturais de várias plantas hospedeiras, como, aveia, arroz (*Oryza sativa* L.), cevada, centeio, trigo, milho (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum* spp.), dentre outras (REIS, 2011).

2.6 Manejo integrado da giberela

As estratégias de manejo incluem a adoção de práticas que podem ser enquadradas principalmente, no controle genético, químico e cultural (TIBOLA et al., 2013). Eles incluem práticas culturais, incluindo o manejo da irrigação, que reduzem a intensidade de giberela, a semeadura de cultivares resistentes ou tolerantes, controle químico (fungicidas), controle biológico (antagonistas microbianos), de sistemas de previsão da doença e outras estratégias de manejo que minimizem os danos na qualidade de grãos e reduzam o acúmulo de DON (WEGULO et al., 2015). Ainda de acordo com estes autores, a integração de duas ou mais práticas de manejo é mais eficaz e, portanto, recomendada.

A integração de cultivares moderadamente resistentes com aplicação de fungicida pode ser uma estratégia eficaz para o controle da giberela, em anos com alta intensidade da doença essa combinação é necessária para reduzi-la a níveis aceitáveis, principalmente em relação ao rendimento e acumulação de DON (WEGULO et al., 2011). Mesmo assim, não há medida de controle única e robusta pela qual se possa controlar tanto a giberela quanto a contaminação por micotoxinas em trigo (YOSHIDA et al., 2012).

As medidas de controle são dificultadas pelo fato do patógeno ter se tornado cosmopolita, com populações resistentes encontradas em todas as regiões tritícolas do mundo (SCUSSEL; BEBER; TONON, 2011, p. 156). Dentre as estratégias disponíveis, para o manejo da giberela, indica-se: a) Seleção de cultivares com maior número de genes de resistência à giberela; b) Escalonamento da semeadura, escolha do local/época menos favorável à doença; e c) Aplicações de fungicidas no florescimento pleno, sob condições de risco climático (TIBOLA et al., 2013). Destaca-se que estas ações devem ser empregadas de forma integrada (SANTANA et al., 2014). Contudo, nenhuma abordagem de controle individual oferece redução adequada da giberela e DON principalmente sob condições climáticas favoráveis durante a antese e enchimento de grãos (SALGADO; MADDEN; PAUL, 2014).

2.7 Controle genético

A resistência genética é tida como a melhor solução para o controle de giberela, porém não há cultivares altamente resistentes disponíveis (MESTERHÁZY et al., 2011). Milhares de linhagens de trigo têm sido avaliadas quanto à sua reação à giberela, ao redor do mundo, no entanto, até o momento ainda não foram obtidos materiais comerciais que conferem resistência em níveis satisfatórios à doença e que dispense o uso de outras práticas de controle (TIBOLA et al., 2013). Por outro lado, são conhecidas algumas fontes de resistência a giberela, descritas por Mesterházy (1995) sendo classificadas em cinco mecanismos: Tipo I: resistência à infecção inicial; Tipo II: resistência à disseminação do fungo na espiga; Tipo III: redução do acúmulo de DON (não correlacionadas aos tipos anteriores); Tipo IV: resistência dos grãos à infecção (mesmo que a espiga já tenha sido infectada); Tipo V: tolerância (menor dano na produtividade, mesmo com elevada infecção). As resistências Tipo I e II, são os componentes fundamentais para que se tenha uma resistência de campo (YAN et al., 2011). Entretanto, mesmo ainda não havendo cultivares de trigo com resistência completa ou imunidade a giberela, há distintas reações entre cultivares, sendo que as brasileiras na sua maioria, são suscetíveis e algumas moderadamente resistentes (DALLA NORA; FRANCO; CANTERI, 2011). No entanto, as linhagens de trigo que apresentam maior resistência no campo, por vezes, não são adaptáveis agronomicamente (FRIZON, 2016).

2.8 Controle cultural

Práticas individuais de controle cultural adotadas pelos agricultores, podem não apresentar impacto na redução do risco de giberela, mas o escalonamento de semeadura dentro da época indicada pelo zoneamento agrícola do trigo, seja em nível de região ou de propriedade, visando diferentes datas de floração é uma importante medida de prevenção da doença em cereais de inverno (ZOLDAN, 2008).

A giberela é considerada a doença do plantio direto (CASA et al., 2007), pois em cultivo intensivo das áreas em monocultura e plantio em palhada, a ocorrência da doença aumentou mundialmente com variação de intensidade de safra para safra (CASA;

KUHNEM JUNIOR, 2011, p. 74). A utilização da rotação de culturas, cujo princípio é a supressão ou eliminação do substrato apropriado para o patógeno, em relação à giberela em trigo, quando feita com gramíneas hospedeiras tem sido considerada um fator que contribuiu para o aumento do risco de epidemias (ZOLDAN, 2008).

O fungo *F. graminearum* é um dos vários agentes causais de podridão da raiz do milho, sendo que ele persiste nos restos culturais (palhada) da cultura, e, em condições de alta umidade relativa do ar por período prolongado favorece o crescimento e a esporulação em resíduos de culturas (MCMULLEN, 2012).

Assim, o conteúdo remanescente de milho na superfície do solo, antes da semeadura de trigo ou cevada, apresenta impacto na infecção por giberela, pois sobre os restos culturais de milho ocorre a formação de peritécios de *G. zae* (KELLER; THOMASON; SCHMALE, 2011). Além disso, os autores destacam que sob condições ambientais favoráveis, ocorrem picos de liberação dos ascosporos sobre trigo e cevada cultivados subsequentemente.

2.9 Controle químico

Os fungicidas apresentam-se como estratégia de controle para garantir a expressão do potencial produtivo de trigo no Brasil (CORREA et al., 2013). Nos últimos anos vêm sendo utilizados intensamente para suprimir a giberela, seus danos no rendimento e níveis de DON (WEGULO et al., 2015; MACHADO et al., 2017). A aplicação de fungicidas é vista como um dos métodos mais práticos visando o controle de giberela no sul do Brasil (ANDRIOLLI et al., 2016). Diante de suas formas de emprego é imprescindível proporcionar a proteção de toda a planta de trigo, tendo em vista que infecções por outros agentes etiológicos ocorrem em toda a parte aérea da planta (DERKSEN et al., 2010). O conhecimento necessário para a racionalização do controle químico da giberela envolve: (a) identificação dos sítios de infecção; (b) identificação de fungicida potente; (c) desenvolvimento de equipamento que deposite o fungicida cobrindo completamente a superfície das espigas; e (d) indicador sustentável do momento para ser aplicado o fungicida (REIS et al., 2013). O tipo de fungicida afeta os resultados da aplicação para o

controle de giberela (YOSHIDA et al., 2012). Os fungicidas utilizados como estratégia para a supressão de níveis de FHB e DON em culturas de cevada são bastante semelhantes aos aplicados para o trigo (WEGULO et al., 2015).

Existem cerca de sete fungicidas indicados para o controle de giberela, pertencentes aos grupos químicos estrobilurina e triazol (SILVA; BASSOI; FOLONI, 2017). Além destes, outros fungicidas são testados pelos órgãos de pesquisa e também aplicados pelos tricultores, como no caso de fungicida multissítio (mancozebe) e outros sítio-específicos (benzimidazóis). O mecanismo de ação do grupo químico das estrobilurinas (Inibidores da quinona externa – IQe) baseia-se na inibição da respiração mitocondrial atuando no bloqueio do transporte de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1 no sítio Qe, interferindo na síntese de ATP (REIS; REIS; CARMONA, 2016, p. 78). Por outro lado, o grupo químico dos triazóis (Inibidores da desmetilação do C14 – IDM) atuam sobre a integridade da membrana plasmática, promovendo a desorganização das funções da membrana, inibindo a biossíntese de esteróis (componente funcional da membrana) que resulta na alteração da sua permeabilidade e perda dos elementos intracelulares (REIS; REIS; CARMONA, 2016, p. 70). Embora alguns fungicidas IQe não sejam eficazes para o controle de giberela e o acúmulo de micotoxinas resultantes da infecção do patógeno, são utilizados em mistura a outros grupos químicos (por exemplo, IDM) para controlar doenças foliares dos cereais de inverno (BISSONNETTE et al., 2018).

Além destes grupos químicos, o uso de fungicidas com ação multissítio na célula dos patógenos está se tornando frequente. Dentre eles, o grupo químico ditiocarbamato, representado pelo mancozebe, considerado um fungicida não penetrante, protetor (sem ação curativa), (REIS; REIS, 2015, p. 37) vem sendo estudado para inserção nos programas de controle de giberela em trigo. O grupo químico ditiocarbamato (mancozebe) tem efeito direto no centro dos processos bioquímicos no interior da célula do fungo, resultando na inibição da germinação de esporos, inativação de aminoácidos, proteínas e enzimas, na desorganização do metabolismo de lipídios, respiração e produção de adenosina trifosfato (ATP) (REIS; REIS, 2015, p. 55). Os fungicidas do

grupo químico benzimidazol (carbendazim) agem sobre a integridade da tubulina, interferindo na divisão celular (mitose) (YOSHIDA et al., 2012).

A estratégia de aplicar triazóis, benzimidazol ou pré-misturas com estrobilurinas é generalizada no sul do Brasil, onde os produtores de trigo realizam aplicações sequenciais, por vezes, alternando-os entre a primeira e a segunda aplicação, para conseguir um melhor controle, maior rendimento, e, por conseguinte, melhores preços de trigo, devido à redução de DON em cereais colhidos (MACHADO et al., 2017).

Nos anos em que as condições climáticas são favoráveis para a infecção de giberela e a densidade de inóculo for alta, os danos no rendimento e na qualidade de grãos podem ainda ser elevados, mesmo em lavouras tratadas com os fungicidas mais potentes, dependendo da cultivar de trigo e do ingrediente ativo do fungicida, em média, a redução do índice da doença variou de 38 a 58% e de 38 a 52% para DON (PAUL et al., 2010).

Em todo o mundo, entre as opções disponíveis para otimizar o controle químico de giberela, pelo menos uma aplicação de um fungicida do grupo químico triazol, é de modo geral, recomendada durante o florescimento (MACHADO et al., 2017). Os fungicidas do grupo químico do triazol são amplamente utilizados na região Sul do Brasil, especificamente no norte do Rio Grande do Sul, para o controle do *F. graminearum* (SPOLTI; DE JORJE; DEL PONTE, 2012). Esses autores destacam que isolados obtidos desta região são sensíveis aos triazóis, especialmente metconazol, que é usado individualmente ou em misturas com estrobilurinas, para múltiplas doenças de trigo. Dentre os fungicidas utilizados de forma isolada, ou seja, um único grupo químico, os mais potentes são o prothioconazol e a piraclostrobina. Assim, a sua mistura deve ser mais indicada para os produtores (AVOZANI; REIS; TONIN, 2014).

Em safras de trigo com excesso de chuva, duas aplicações de fungicida no florescimento podem ser necessárias para reduzir a infecção da doença (CASA et al., 2007). O calendário de aplicação e o ingrediente ativo podem se tornar fatores cruciais para um controle de giberela ser bem sucedido (BEYER et al., 2006). Geralmente, dependendo das situações individuais de produção de trigo, tem se sugerido aplicações

adicionais para controle de giberela, que devem levar em conta as condições ambientais e o nível de resistência das cultivares, sendo estas, sete a dez dias após a aplicação inicial para se obter uma maior controle da doença (YOSHIDA et al., 2012), e também, para garantir um maior período de proteção da espiga, seja pela desuniformidade da antese do trigo, seja, pela exposição não simultânea das anteras (GARCIA Jr., 2006).

2.10 Tecnologias de aplicação de fungicidas

A tecnologia de aplicação de um produto fitossanitário auxilia no sucesso do controle de determinada doença, praga ou planta daninha. Ela estuda as características técnico/científicas de equipamentos e processos para que sejam mais eficientes e econômicos, com mínimo desperdício e contaminação humana e ambiental (BRUSTOLIN; REIS; BOLLER, 2011, p. 253). Entende-se como aplicação a deposição em quantidade e qualidade do ingrediente ativo definido sobre o alvo desejado, representado pela densidade e diâmetro de gotas. Todavia, a pulverização é um processo físico-mecânico de transformação de uma substância sólida ou líquida em partículas ou gotas uniformes (ANDEF, 2010).

Um dos problemas do controle químico da giberela é a dificuldade do fungicida em atingir o alvo, que são as anteras do trigo, seja pelo longo período de florescimento ou pela deposição insuficiente do fungicida (CASA et al., 2007). Além disso, os autores afirmam que a subsequente colonização do tecido após a infecção não tem sido eficientemente paralisada em nível de campo após a aplicação do fungicida. Diante disso, a giberela, assim como a brusone são consideradas as doenças de mais difícil manejo em cereais de inverno (REIS; CASA; TONIN, 2011, p. 55).

Os órgãos a serem protegidos pelo fungicida são as espigas, que se encontram em posição vertical, de forma cilíndrica, com a extremidade exposta a deposição, em oposição às folhas, que apresentam parte de sua superfície em posição horizontal, facilitando a deposição das pulverizações pelas tradicionais pontas de jatos cônicos e de jatos planos (BRUSTOLIN; REIS; BOLLER, 2011, p. 255). A tecnologia atualmente em uso no campo é pouco eficiente na deposição de fungicidas nas espigas do trigo e

apresenta reduzida eficácia no controle da giberela, ainda, considerando os alvos biológicos a serem protegidos, os fungicidas potentes tem potencial para o controle da doença, porém, a cobertura completa das superfícies laterais das espigas tem de ser obtida (REIS et al., 2013).

Os métodos tradicionais de aplicação de fungicidas utilizados na tentativa de suprimir a doença, comprovaram-se ineficazes para o seu controle, além do local de infecção ser de difícil deposição do fungicida e o uso de pontas de pulverização que direcionam o jato na vertical faz com que ele seja depositado sobre as folhas e no solo, não atingindo desta forma os alvos do controle da giberela, diante disso, o desafio é encontrar técnicas de aplicação com melhor eficácia na supressão da doença (HALLEY et al., 2008). Aplicações aéreas já foram testadas para a supressão de giberela e passaram a ser recomendadas nos EUA para grandes superfícies de área cultivada (HOFMAN et al., 2007).

A seleção de fungicidas potentes, aliada a época de aplicação com equipamentos e técnicas adequadas, obtendo-se máxima deposição com cobertura uniforme das espigas, irá provavelmente, resultar em uma máxima eficiência (OZKAN et al., 2012). Os autores complementam ainda, que a deposição e a cobertura de partes específicas do dossel da planta, incluem o tipo de ponta, a pressão de pulverização, o tamanho das gotas e o volume de calda aplicado por hectare afetando o risco de criação de deriva (perda do produto para o meio ambiente).

Com o uso de fungicidas protetores, a deposição do fungicida torna-se mais importante, principalmente pela sua ação ser limitada a imobilidade, tendo em vista esses aspectos, para o controle da giberela em espigas de trigo são necessários maiores ângulos de pulverização, como por exemplo, com 30° de inclinação com a vertical, porém essa técnica pode reduzir a penetração do fungicida no dossel vegetativo das plantas (DERKSEN et al., 2010). Não obstante, os autores destacam ainda que um volume de aplicação acima de 140 L/ha tende a aumentar a cobertura das espigas de trigo.

O estudo de novas tecnologias de aplicação para o controle de giberela, visam a deposição de fungicidas ao alvo na vertical. Sendo assim, a barra tradicional usada pelos produtores com bicos montados em corpos duplos giratórios, formando ângulo de 45° e o aumento do volume de calda de 200 para 400 L/ha foram apontadas como medidas efetivas para aumentar o grau de cobertura do alvo (PANISSON; BOLLER; REIS, 2004).

Portanto, enquanto cultivares completamente resistentes não estão disponíveis, a alternativa mais viável e a curto prazo para controle da giberela é melhorar a eficiência do controle químico. Sendo assim, epoxiconazol, metconazol, protioconazol e tebuconazol apresentaram a maior fungitoxicidade *in vitro* para utilização no controle da doença (AVOZANI et al., 2014). Em relação ao momento de aplicação, há evidências de que os maiores rendimentos de grãos são obtidos com aplicação no início da floração (CASA et al., 2007). Dessa forma, a curto prazo, o controle químico é a melhor estratégia para o sucesso de controle da doença, embora sua eficácia, ainda seja baixa (40-50%), devendo ser melhorada (AVOZANI et al., 2014).

3 CAPÍTULO I

Interferência de grupos químicos de fungicidas no controle de giberela em trigo

3.1 Resumo

Este trabalho objetivou testar se a combinação de fungicidas utilizados isoladamente ou em mistura, com distintos grupos químicos, interferem no controle de giberela e no rendimento de grãos; verificar se o uso do fungicida ditiocarbamato, associado a fungicidas mono-sítios sistêmicos, interfere no controle de giberela e no rendimento; avaliar se o fungicida piraclostrobina do grupo químico estrobilurina, interfere a intensidade de giberela e os teores de DON; avaliar se as misturas comerciais de fungicidas de distintos grupos químicos são eficazes no controle de giberela e no rendimento. Foram executados três experimentos na safra de 2016, e três na safra de 2017, destes, dois foram iguais em ambos. Os tratamentos constaram da aplicação isolada ou combinação ou mistura comercial dos grupos químicos triazol, estrobilurina, benzimidazol, ditiocarbamato, quinona, carboxamida, triazolintiona e pirazol carboxamida. Avaliou-se: intensidade de giberela, eficácia de controle, acúmulo de DON em grãos, peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento. Foram conduzidos com delineamento de blocos ao acaso, quatro repetições, cultivar TBIOToruk (moderadamente suscetível a giberela). Os dados foram submetidos à análise da variância (F-Teste a 5%) e a comparação de médias pelo teste de Scott-Knott, a 5%. Os fungicidas dos diferentes grupos químicos testados têm influência na eficácia de controle de giberela, (variou de 14-75%), havendo efeito significativo destes, sobre a intensidade da doença. De modo geral, o grupo químico benzimidazol isoladamente conferiu redução da intensidade de giberela. A associação do fungicida ditiocarbamato a benzimidazol e/ou a mistura comercial de triazol + estrobilurina contribui para a melhoria do controle da doença, em relação a associação a outros fungicidas sistêmicos. A piraclostrobina aumenta a intensidade de giberela nas espigas e tem efeitos variáveis no acúmulo de DON em grãos. A aplicação sequencial de misturas comerciais que contêm o grupo químico carboxamida, não reduz a intensidade da doença.

Palavras-chave: 1. Controle químico. 2. Eficácia de controle. 3. Intensidade de giberela. 4. *Triticum aestivum*.

3.2 Introdução

A giberela ocorre na maioria dos cereais de inverno, com epidemias severas, sendo considerada complexa e uma das maiores causadoras de danos para a cultura do trigo e cevada, na região Sul do Brasil (LIMA, 2012; REYNALDO; MACHADO, 2017). Além

de estar disseminada em todo o mundo, é reconhecida pela sua capacidade destrutiva, afetando o rendimento dos cereais e também a qualidade de grãos (BOTTALICO; PERRONE, 2002; COWGER; ARELLANO, 2013). Os danos, em grande parte, estão associados à redução da produção de grãos e da qualidade de sementes, ainda, são agravados pela contaminação de grãos com micotoxinas, particularmente DON (ANDERSEN et al., 2014).

Em termos de segurança alimentar, DON é altamente tóxico, o que potencializa os riscos para a alimentação humana e animal, podendo constituir, uma ameaça grave e nociva para a saúde, pelo uso de grãos contaminados com espécies de *Fusarium* (PIRGOZLIEV et al., 2002; REVERBERI et al., 2010). Essa toxina causa irritabilidade da pele, síndrome hemorrágica, recusa de alimentação, vômitos, somado a isso, é um forte inibidor da síntese proteica (DESJARDINS, 2006), diminuindo assim, a qualidade nutritiva do grão pela degradação de proteínas (JI et al., 2015).

Devido à dificuldade de controle da doença, ocorre a produção de micotoxinas em teores variáveis conforme as condições ambientais após a infecção na planta. Este fato contribui para os altos níveis de DON nos grãos e subprodutos de trigo, que vem aumentando nas últimas safras, o que preocupa toda a cadeia triticultora. Dessa forma, busca-se a consonância com os padrões exigidos pela legislação vigente, em relação aos limites máximos aceitáveis de micotoxinas em alimentos (BRASIL, 2013), para que não haja desvalorização do produto em cadeia comercial.

Dentre as estratégias de controle de giberela, o uso de fungicidas tem sido recomendada mundialmente, enquanto cultivares com alto grau de resistência genética não estão disponíveis aos triticultores. Alguns fungicidas podem não ser eficazes no controle de giberela em epidemias severas da doença, no entanto, em anos de epidemias fracas o uso de fungicida pode ser suficiente para a redução da contaminação por DON. (MESTERHÁZY et al., 2011). Diante disso, as estratégias de controle químico de DON são decorrentes do controle de giberela (BEYER et al., 2006). Quanto às doses de fungicidas, ressalta-se que a diminuição destas, tende a aumentar a quantidade de produção de micotoxinas pelo fungo (BATURO-CIESNIEWKA; LUKANOWSKI;

KOLENDA, 2011). Não obstante, há uma gama de fungicidas estudados pela pesquisa quanto aos seus efeitos no controle da doença e no acúmulo de DON, alguns fungicidas representantes do grupo químico estrobilurinas como azoxistrobina e trifloxistrobina podem resultar em aumento da acumulação de DON (EDWARDS et al., 2001).

Triazóis e estrobilurinas estão entre os fungicidas mais utilizados para o controle de *F. graminearum* (WEGULO, 2012), sendo que em estudos *in vitro* foi constatado que azoxistrobina não tem influência sobre a germinação de conídios do fungo, sobre a redução do crescimento micelial e da biomassa fúngica (AUDENAERT et al., 2010). Os autores relatam ainda, que a eficácia de fungicidas do grupo químico triazol contra espécies de *Fusarium* são uma certeza, enquanto a eficácia das estrobilurinas é duvidosa e controversa. Um dos fatores, é a aplicação de sub-doses de azoxistrobina, onde ocasiona redução significativa da doença e gera um aumento significativo no acúmulo de DON (NICHOLSON et al., 2003). Contudo, não encontrou-se na literatura trabalhos referentes a piraclostrobina isolada na contaminação de DON em grãos de trigo, apenas sua mistura com diferentes doses de metconazol (SPOLTI et al., 2013). Além destes, os fungicidas do grupo benzimidazol, especialmente o carbendazim vem sendo utilizado para o controle de giberela há muitos anos, em especial na China, onde já se tem relatos de resistência a este grupo químico. Hipoteticamente a resistência pode levar ao aumento da eficiência do fungo em produzir micotoxinas, apresentando consistência quanto a este fungicida na relação entre a incidência em espiguetas e a produção de micotoxinas (ZHANG et al., 2009).

O efeito global de fungicidas no controle de giberela tem sido limitado e os resultados variam em função de diversos fatores ambientais (clima) (WEGULO, 2012), ligados a tecnologia de aplicação e fatores inerentes ao patógeno (MESTERHÁZY; BARTÓK; LAMPER, 2003). Neste sentido, a questão geral no presente estudo busca responder quais os grupos químicos de fungicidas, utilizados isoladamente ou em mistura, que apresentam maior eficácia no controle químico de giberela e na redução da contaminação por micotoxinas em trigo. Sendo assim, objetivou-se verificar se distintos grupos químicos de fungicidas, utilizados isoladamente ou em mistura são eficazes no controle de giberela e na redução da contaminação por toxinas DON em trigo.

Em caráter específico objetivou-se: 1. Testar se a combinação de fungicidas utilizados isoladamente ou em mistura, com distintos grupos químicos interferem no controle de giberela e no rendimento; 2. Verificar se o uso de fungicida ditiocarbamato (multissítio), associado a fungicidas mono-sítios penetrantes móveis (sistêmicos), interfere no controle de giberela e no rendimento. 3. Avaliar se o fungicida piraclostrobina do grupo químico estrobilurina isolado, potencializa/interfere a intensidade de giberela em espigas, os teores de DON em grãos e no rendimento de trigo. 4. Avaliar se as misturas comerciais de fungicidas de distintos grupos químicos são eficazes no controle de giberela e no rendimento de grãos de trigo.

3.3 Material e Métodos

Considerando os objetivos específicos do trabalho, foram conduzidos seis experimentos em dois anos agrícolas consecutivos, três experimentos na safra de trigo 2016, denominados de Exp. 1, Exp. 2 e Exp. 3; e, três experimentos na safra 2017, destes, apenas o Exp. 3 foi repetido igualmente. Todos foram do tipo independentes, com finalidade aplicada, objetivos explicativos do tipo associação com interferência entre as variáveis teóricas.

3.3.1 A cultivar de trigo TBIO Toruk

A cultivar de trigo utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi TBIO® Toruk, cuja empresa obtentora é a Biotrigo Genética. Em relação às características agronômicas esta cultivar é classificada como trigo pão/melhorador, de ciclo médio, com comportamento de moderada suscetibilidade (MS) a moderada resistência (MR) à geadas na fase vegetativa e MR ao acamamento; quanto as doenças, apresenta MR a ferrugem da folha e oídio, bem como, MS a giberela e as manchas foliares (BIOTRIGO, 2016).

3.3.2 Local de execução dos experimentos e estabelecimento da cultura

Os experimentos foram conduzidos em Passo Fundo/RS, em área de lavoura experimental com as coordenadas geográficas 28°13'29,9" S, 52°23'06,1" O e altitude de 703 metros acima do nível do mar. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico, da Unidade de Mapeamento Passo Fundo, Estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008, p. 79). O clima é classificado como Cfa (subtropical úmido), de acordo com a classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Os dados meteorológicos diários de precipitação (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média do ar (°C) foram obtidos através da estação meteorológica automática do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia situada em Passo Fundo, durante o período de condução dos experimentos (data de semeadura a colheita), sendo na safra de 2016, 01/07/2016 a 21/11/2016 (Figura 1) e na safra de 2017, 26/06/2017 a 13/11/2017 (Figura 2).

Figura 1 - Dados meteorológicos diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperatura média do ar, ao longo do ciclo da cultura do trigo, com destaque para o período de antese, Passo Fundo, RS, 2016

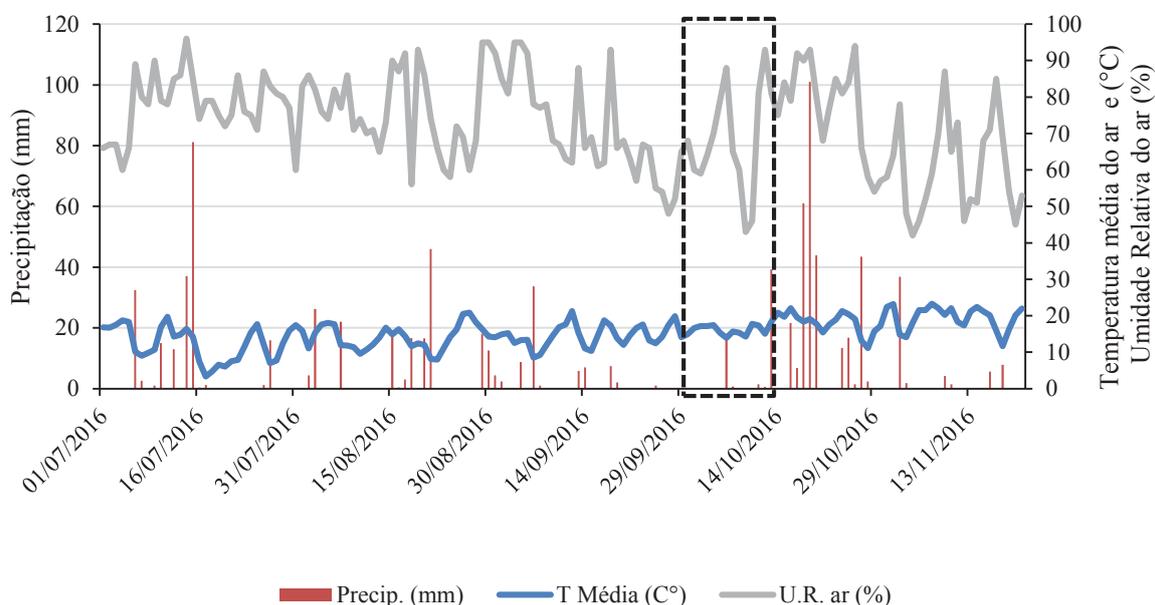
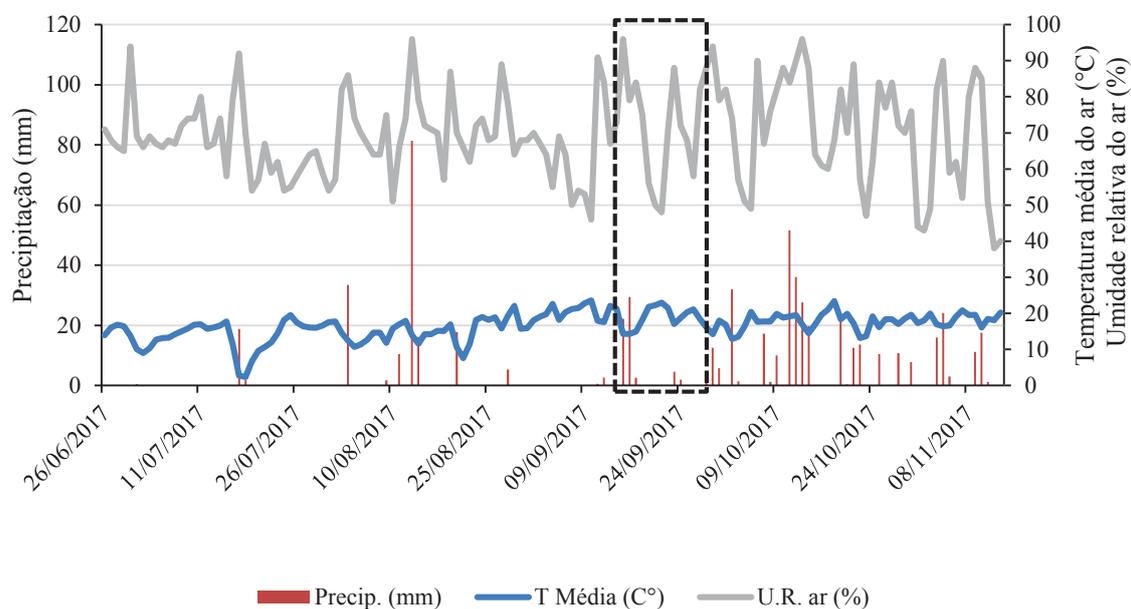


Figura 2 - Dados meteorológicos diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperatura média do ar, ao longo do ciclo da cultura do trigo, com destaque para o período de antese, Passo Fundo, RS, 2017



3.3.3 Tratamentos e delineamentos

Foi estabelecido um programa de controle de giberela com duas aplicações sequenciais de fungicidas durante o florescimento do trigo. A primeira com aproximadamente 10% antese e a segunda sete dias após, correspondentes aos estádios 60 e 65 da escala fenológica de Zadoks, Chang e Konzak (1974), respectivamente.

O tratamento “1 - Test (sem fungicida)” de ambas as safras e protocolos, não recebeu nenhuma aplicação de fungicida durante todo o ciclo da cultura, configurando uma testemunha absoluta; já o tratamento “2 - Test (controle doenças foliares)” visando o controle de doenças foliares em pré antese do trigo, teve na safra de 2016, duas aplicações do fungicida cujos i.a. são trifloxistrobina + proclorazoxol (75,0 + 87,5 g) sendo elas realizadas nos estádios 32 e 40 (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974), respectivamente. Na safra 2017, foi realizada apenas uma aplicação deste mesmo fungicida, no estágio 35 devido a menor ocorrência de doenças foliares no início do ciclo da cultura em todos os experimentos. O delineamento de tratamentos foi no modelo

unifatorial, sendo para a safra de 2016: 12 tratamentos - Exp. 1 (Tabela 2), 12 tratamentos - Exp. 2 (Tabela 3), 11 tratamentos - Exp. 3 (Tabela 5); para a safra de 2017: 12 tratamentos - Exp. 1 (Tabela 7), 13 tratamentos Exp. 2 (Tabela 8) e Exp. 3 idêntico a safra anterior (Tabela 5). O delineamento experimental utilizado nos ensaios foi em blocos casualizados (DBC), todos com quatro repetições.

Safra 2016 – Experimentos 1, 2 e 3

Tabela 1 - Fungicidas utilizados nos experimentos 1 e 2 para o controle químico de giberela na cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2016 e 2017. UPF, Passo Fundo-RS, 2018

Grupo químico	Ingrediente Ativo	Dose ¹ (g ou L p.c./ha)	Dose ² (g i.a./ha)
Triazol + Estrobilurina	Metconazol + Piraclostrobina	0,75	60,0 + 97,5
Benzimidazol	Carbendazim	0,6 L	300,0
Triazol	Tebuconazol	0,35 L	150,5
Quinona	Ditianona	125,0 g	93,75
Ditiocarbamato	Mancozebe	1125,0 g	1500,0

Fonte: Dados do autor.

¹Produto comercial; ²Ingrediente ativo.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento 1, visando o controle de giberela, cultivar TBIO Toruk, safra 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Aplicações de fungicidas	
	Estádio 60	Estádio 65
1	Test (sem fungicida)	Test (sem fungicida)
2	Test* (controle doenças foliares)	Test (controle doenças foliares)
3	Benzimidazol (B)	Benzimidazol
4	Triazol (T)	Triazol
5	Triazol + Estrobilurina ¹ (T+E)	Triazol + Estrobilurina ¹
6	Triazol + Estrobilurina ¹	Benzimidazol
7	Triazol + Estrobilurina ¹	Triazol
8	Triazol + Estrobilurina ¹	Quinona
9	Benzimidazol	Triazol + Estrobilurina ¹
10	Triazol	Triazol + Estrobilurina ¹
11	Quinona (Q)	Triazol + Estrobilurina ¹
12	Quinona	Quinona

¹Adjuvante óleo mineral 0,5 L/ha.

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos utilizados no experimento 2, visando o controle de giberela, cultivar TBIO Toruk, safra 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Aplicações de fungicidas	
	Estádio 60	Estádio 65
1	Test (sem fungicida)	Test (sem fungicida)
2	Test* (controle doenças foliares)	Test (controle doenças foliares)
3	Triazol + Estrobilurina ¹	Triazol + Estrobilurina ¹
4	Benzimidazol + Triazol (B+T)	Benzimidazol + Triazol
5	Triazol + Estrobilurina ¹	Benzimidazol + Triazol
6	Benzimidazol + Triazol	Triazol + Estrobilurina ¹
7	Ditiocarbamato + Triazol (D+T)	Ditiocarbamato + Triazol
8	Triazol + Estrobilurina ¹	Ditiocarbamato + Triazol
9	Ditiocarbamato + Triazol	Triazol + Estrobilurina ¹
10	Ditiocarbamato + Benzimidazol (D+B)	Ditiocarbamato + Benzimidazol
11	Triazol + Estrobilurina ¹	Ditiocarbamato + Benzimidazol
12	Ditiocarbamato + Benzimidazol	Triazol + Estrobilurina ¹

¹Adjuvante óleo mineral 0,5 L/ha.

Para o Exp. 3 (Tabela 4), os grupos químicos foram representados pelos ingredientes ativos e doses descritos abaixo.

Tabela 4 - Fungicidas utilizados no experimento 3, para o controle químico de giberela na cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2016 e 2017. Passo Fundo, 2018

Grupo químico	Ingrediente Ativo	Dose ¹ (L p.c./ha)	Dose ² (g i.a./ha)
Triazol + Estrobilurina	Metconazol + Piraclostrobina	0,75	60,0 + 97,5
Benzimidazol	Carbendazim	0,6	300,0
Triazol	Metconazol	0,67	60,3
Estrobilurina	Piraclostrobina	0,35	87,5
Estrobilurina	Piraclostrobina	0,45	112,5

¹Produto comercial; ²Ingrediente ativo.

Tabela 5 - Descrição do protocolo de tratamentos do experimento 3, visando o controle de giberela, cultivar TBIO Toruk, safra 2016 e 2017. Passo Fundo, 2018

(Continua)

Tratamento	Aplicações de fungicidas	
	Estádio 60	Estádio 65
1	Test (sem fungicida)	Test (sem fungicida)

Tabela 5 - Descrição do protocolo de tratamentos do experimento 3, visando o controle de giberela, cultivar TBIO Toruk, safra 2016 e 2017. Passo Fundo, 2018

(Conclusão)

Tratamento	Aplicações de fungicidas	
	Estádio 60	Estádio 65
2	Test (controle doenças foliares)	Test (controle doenças foliares)
3	Triazol + Estrobilurina ¹	Triazol + Estrobilurina ¹
4	Benzimidazol (B)	Benzimidazol
5	Triazol (T)	Triazol
6	Estrobilurina (E)	Estrobilurina
7	Estrobilurina	Triazol + Estrobilurina ¹
8	Triazol + Estrobilurina ¹	Estrobilurina
9	Estrobilurina ²	Estrobilurina ²
10	Estrobilurina ²	Triazol + Estrobilurina ¹
11	Triazol + Estrobilurina ¹	Estrobilurina ²

¹Adjuvante óleo mineral 0,5 L/ha. ²Dose de 112,5 g i.a./ha.

Safra 2017 – Experimentos 1 e 2

No Exp. 1 (Tabela 6) os tratamentos (T) 3, 5 e 7 as doses dos fungicidas foram maiores do que a recomendada, como forma de simular aumento na eficácia de controle de giberela. Os demais tratamentos foram aplicados na dose recomendada comercialmente.

Tabela 6 - Fungicidas utilizados no experimento 1, para o controle químico de giberela na cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

(Continua)

Trat.	Grupo químico	Ingrediente Ativo	Dose ¹ (g ou L p.c./ha)	Dose ² (g i.a./ha)
3 ³	Triazol + Estrobilurina	Metconazol + Piraclostroquina	1,0 L	80,0 + 130,0
4	Triazol + Estrobilurina	Metconazol + Piraclostroquina	0,75 L	60,0 + 97,5
5 ³	Estrobilurina + Triazolintiona	Trifloxistroquina + Protiocozol	0,6 L	90,0 + 105,0
6	Estrobilurina + Triazolintiona	Trifloxistroquina + Protiocozol	0,5 L	75,0 + 87,5

Tabela 6 - Fungicidas utilizados no experimento 1 para o controle químico de giberela na cultura do trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

Trat.	Grupo químico	Ingrediente Ativo	Dose ¹ (g ou L p.c./ha)	(Conclusão)
				Dose ² (g i.a./ha)
7	Estrobilurina + Triazolintiona + Carboxamida	Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafen	0,6 L	90,0 + 105,0 + 75,0
8	Estrobilurina + Triazolintiona + Carboxamida	Trifloxistrobina + Protioconazol + Bixafen	0,5 L	75,0 + 87,5 + 62,5
9	Estrobilurina + Pirazol Carboxamida	Azoxistrobina + Benzovindiflupir	200 g	60,0 + 30,0
10	Estrobilurina + Carboxamida	Piraclostrobina + Fluxaproxada	0,35 L	58,45 + 116,55
11	Estrobilurina + Triazol + Carboxamida	Piraclostrobina + Epoconazol + Fluxaproxada	1,2 L	97,2 + 60,0 + 60,0
12	Estrobilurina + Triazol + Benzimidazol	Cresoxim-metílico + Tebuconazol + Carbendazim	1,5 L	187,5 + 150,0 + 300,0

¹Produto comercial; ²Ingrediente ativo; ³Maior dose.

No Exp. 2, foi acrescentado o T13, os demais tratamentos são iguais aos da safra 2016, bem como, o Exp. 3 que foi repetido igualmente a safra de 2016.

Tabela 7 - Descrição do protocolo de tratamentos do experimento 1, visando o controle de giberela, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

(Continua)

Trat.	Aplicações de fungicidas	
	Estádio 60	Estádio 65
1	Test (sem fungicida)	Test (sem fungicida)
2	Test (controle doenças foliares)	Test (controle doenças foliares)
3 ⁴	Triazol + Estrobilurina ¹	Triazol + Estrobilurina ¹
4	Triazol + Estrobilurina ¹	Triazol + Estrobilurina ¹
5 ⁴	Estrobilurina + Triazolintiona ² (E+TL)	Estrobilurina + Triazolintiona ²
6	Estrobilurina + Triazolintiona ²	Estrobilurina + Triazolintiona ²
7 ⁴	Estrobilurina + Triazolintiona + Carboxamida ² (E+TL+C)	Estrobilurina + Triazolintiona + Carboxamida ²
8	Estrobilurina + Triazolintiona + Carboxamida ²	Estrobilurina + Triazolintiona + Carboxamida ²

Tabela 7 - Descrição do protocolo de tratamentos do experimento 1, visando o controle de giberela, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

(Conclusão)

Trat.	Aplicações de fungicidas	
	Estádio 60	Estádio 65
9	Estrobilurina + Pirazol Carboxamida ³ (E+PC)	Estrobilurina + Pirazol Carboxamida ³
10	Estrobilurina + Carboxamida ¹ (E+C)	Estrobilurina + Carboxamida ¹
11	Estrobilurina + Triazol + Carboxamida ¹ (E+T+C)	Estrobilurina + Triazol + Carboxamida ¹
12	Estrobilurina + Triazol + Benzimidazol ³ (E+T+B)	Estrobilurina + Triazol + Benzimidazol ³

¹Adjuvante óleo mineral 0,5 L/ha; ²Adjuvante óleo metilado de soja 0,5 L/ha; ³Adjuvante óleo mineral 0,5 L/ha, ambos especificados pela empresa fabricante do fungicida; ⁴Maior dose.

Tabela 8 - Descrição dos tratamentos utilizados do experimento 2, visando o controle de giberela, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

Trat.	Aplicações de fungicidas	
	Estádio 60	Estádio 65
1	Test (sem fungicida)	Test (sem fungicida)
2	Test (controle doenças foliares)	Test (controle doenças foliares)
3	Triazol + Estrobilurina ¹	Triazol + Estrobilurina ¹
4	Benzimidazol + Triazol	Benzimidazol + Triazol
5	Triazol + Estrobilurina ¹	Benzimidazol + Triazol
6	Benzimidazol + Triazol	Triazol + Estrobilurina ¹
7	Ditiocarbamato + Triazol	Ditiocarbamato + Triazol
8	Triazol + Estrobilurina ¹	Ditiocarbamato + Triazol
9	Ditiocarbamato + Triazol	Triazol + Estrobilurina ¹
10	Ditiocarbamato + Benzimidazol	Ditiocarbamato + Benzimidazol
11	Triazol + Estrobilurina ¹	Ditiocarbamato + Benzimidazol
12	Ditiocarbamato + Benzimidazol	Triazol + Estrobilurina ¹
13	Ditiocarbamato + (Triazol + Estrobilurina) ¹ (D+(T+E))	Ditiocarbamato + (Triazol + Estrobilurina) ¹

¹Adjuvante óleo mineral 0,5 L/ha.

3.3.4 Procedimentos

Para o cultivo da primeira safra (2016) a semeadura foi realizada em 01/07/2016 e da segunda safra (2017) a semeadura foi em 26/06/2017, obedecendo ao calendário indicado pelo Zoneamento de Risco Agroclimático para o Município o Rio Grande do

Sul – Município de Passo Fundo (MAPA, 2015). A densidade de semeadura média entre as safras foi de 330 sementes m², com adubação de base com 300 kg/ha, fórmula comercial 10-26-23 (N-P₂O₅-K₂O); efetuou-se aplicação de ureia na dose de 200 kg/ha no estágio de perfilhamento do trigo, 32 e 37 dias após a semeadura (DAS), respectivamente em cada safra. Em relação às parcelas, estas constaram de uma área de 6 m², com tamanho de 5 m de comprimento por 1,2 m de largura, compreendendo 7 linhas de semeadura com espaçamento de 0,17 m entre linhas. Os tratos culturais nos experimentos foram realizados conforme os critérios estabelecidos pelas indicações técnicas para a cultura do trigo safra 2016 (CUNHA; CAIERÃO; ROSA, 2016) e 2017 (SILVA; BASSOI; FOLONI, 2017), respectivamente.

Em ambas as safras, as parcelas foram irrigadas durante todo o florescimento da cultura (20 dias) seguindo a metodologia adaptada da Embrapa trigo (LIMA, 2002), por meio de um sistema irrigação com formação de neblina sob as espigas, num período frequente de 5 min e intervalos de 30 min entre uma rega e outra. O molhamento teve início as 08:30 h da manhã e findava-se as 20:30 da noite. Evitou-se o molhamento nos horários mais quentes do dia, compreendidos entre as 11:00 da manhã até as 16:30 h da tarde (intervalo de 04:30 h). Além disso, foram depositados grãos de trigo contendo peritécios do fungo *G. zeae* inoculados artificialmente (LIMA, 2007) na quantidade de 7 g/m² ao lado da mangueira de irrigação, em cada parcela, no estágio 50, emergência da espiga (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974).

Em ambos as safras, as aplicações dos tratamentos foram realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com uma barra provida de três bicos com ponta TTJ60 110 02 jato plano duplo 30° para frente e 30° para trás, operados à pressão de 3,5 bar (350 kPa), formando gotas de categoria média (ASABE, 2009) e volume de calda de 150 L/ha.

3.3.5 Avaliações

Avaliou-se a intensidade de giberela seguindo metodologia proposta por Zoldan (2008), além do peso do hectolitro, peso de mil grãos, rendimento de grãos (safra 2016 e 2017) e teor de desoxinivalenol (Exp. 3, em ambas as safras).

a) Intensidade de giberela (%) e eficácia de controle (%)

Quando o trigo atingiu o estágio de maturação fisiológica [estádio 90 escala de Zadoks, Chang e Konzak (1974)] já apresentando os sintomas iniciais da doença foi amostrada uma fileira central de cada parcela, medindo 1,0 m linear (safra 2016) e 0,5 m linear (safra 2017), escolhida ao acaso. As espigas que encontravam-se dentro desta área foram coletadas e armazenadas em freezer para avaliação. Foi determinada a incidência em espigas (IE) contando-se as espigas saudáveis e as doentes (sintomáticas), onde $IE = [(N^{\circ} \text{ de espigas doentes} / N^{\circ} \text{ total de espigas na linha}) * 100]$. Determinou-se também a incidência em espiguetas, contando-se as espiguetas saudáveis e doentes, onde $Ie = [(N^{\circ} \text{ de espiguetas doentes} / N^{\circ} \text{ de espiguetas na espiga}) * 100]$. Os valores foram expressos em proporção de incidência (%). Com base nestas variáveis, calculou-se a intensidade da doença pela fórmula $[IG = ((IE \times Ie) / 100)]$, onde IG = Intensidade de giberela; IE = incidência em espigas; Ie = incidência em espiguetas (ZOLDAN, 2008).

A eficácia de controle (%) foi calculada utilizando-se a fórmula de Abbot (1925), $[E\% = ((E - F) / E) \times 100]$, E = intensidade média na testemunha; F = intensidade média nos tratamentos; em relação ao tratamento “1 - Test (sem fungicida)”.

b) Componentes de rendimento

Quando o trigo atingiu a umidade ideal para colheita, realizou-se a colheita mecanizada da parcela por inteiro, com área útil de 6,0 m². Para todos os componentes de rendimento a umidade dos grãos foi convertida para 13% e as avaliações procederam-se logo após a colheita do trigo.

- Peso do hectolitro (PH): o PH (em kg/hL) foi determinado em aparelho medidor de peso específico com valores tabelados para cereais como o trigo, obtendo-se a média de cada tratamento.
- Peso de mil grãos (PMG): foram contadas de 4 repetições de 100 grãos por parcela, pesados em balança digital e o valor resultante da pesagem foi extrapolado por regra de três simples para 1000 grãos (em g).
- Rendimento de grãos e rendimento relativo (RR): quando o trigo atingiu o ponto de colheita, realizou-se a colheita da parcela por inteiro, com área útil de 6 m², e calculou-se o rendimento de grãos a partir da correção da umidade e de impurezas em quilogramas por hectare (kg/ha). O rendimento relativo de cada tratamento foi calculado em relação à média do rendimento de grãos da testemunha (Test 1) por meio da seguinte fórmula: $RR (\%) = [(PGP \times 100) / RGT]$ onde: RR = rendimento relativo, RGP = rendimento médio da parcela, RGT = rendimento médio da testemunha.

3.3.6 Teor de DON em grãos

As análises de DON foram realizadas apenas no Exp. 3 em ambas safras de estudo. Na safra de 2016, após a colheita do trigo, coletou-se uma amostra homogeneizada de 50 g (gramas) de cada repetição dos experimentos, totalizando-se 200 g de cada tratamento, que foram destinadas ao laboratório de Cereais, localizado no CEPA – Centro de Pesquisa em Alimentação da UPF. A partir dos grãos oriundos da amostra, foi realizada a extração da micotoxina pelo método *Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe* (QuEChERS) (ANASTASSIADES; LEHOTAY, 2003) e analisados pela técnica de Cromatografia Líquida com Espectometria de Massas Sequencial (LC-MS/MS) em triplicata no Laboratório de Cereais CEPA/UPF.

Na safra de 2017, seguiu-se a mesma metodologia de coleta das amostras e foram destinadas ao Laboratório de Qualidade Industrial da empresa Biotrigo Genética, onde foram realizadas as quantificações da micotoxina, extraída pela técnica imunoenzimática

ELISA e analisadas por espectrofotometria de massas, em duplicata. Os resultados foram expressos em microgramas por quilograma ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

3.3.7 Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, havendo significância, as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott, ambos a 5% de probabilidade de erro. Na análise estatística dos dados foi utilizado o programa computacional ASSISTAT Versão 7.7 pt (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3.4 Resultados e Discussão

De modo geral, para todos os experimentos da safra de 2016, o período de antese do trigo foi de aproximadamente 14 dias, de 30/09 até 13/10/2016, a temperatura média deste período foi de 16,2 °C, com mínima 6,5 °C e máxima de 26,1 °C, houve uma precipitação natural de 58,5 mm, distribuídos em três dias. Com esta condição meteorológica, a antese do trigo durante 6 dias (30/09 a 05/10) esteve dentro do período crítico (15/09 a 05/10) para a probabilidade de ocorrência de giberela (ZOLDAN et al., 2011, p. 96). Para a safra de 2017, o período de antese foi de aproximadamente 15 dias, de 14/09 até 28/09/2017, a temperatura média deste período foi de 18,9 °C, com mínima de 11,5 °C e máxima de 31,0 °C, com precipitação de 63,8 mm, distribuídos em seis dias. Considerando este o período de florescimento, dos 15 dias, 14 estiveram dentro do período de maior risco (superior a 50%) de probabilidade de ocorrência de giberela (ZOLDAN et al., 2011, p. 95)

Mesmo o período de antese ter ocorrido em condição favorável para a ocorrência da doença, a temperatura média citada nas duas safras, que exerce influência direta na ocorrência de giberela, ficou abaixo do ideal para infecção do patógeno. Em trabalho realizado por Andersen (1948) foi observado que a temperatura ótima para desenvolvimento de giberela é de 25 °C, independentemente da duração do molhamento. A diferença da temperatura média do ar entre as duas safras foi de 2,7 °C, 5 °C para a

mínima e 4,9 °C para a máxima. Dessa forma na safra de 2017 teve temperaturas mais altas durante o período do florescimento, o que pode ter contribuído para maiores intensidades de giberela observadas na Testemunha (T1) em todos os ensaios da safra 2017.

Conforme o estudo realizado por Machado (2016) de uma metanálise da eficácia de fungicidas no controle de giberela no Brasil, quando a intensidade de giberela na testemunha for < 7% é considerada baixa e > 7% alta. Portanto, para a safra de 2016 a intensidade foi baixa, devido as condições meteorológicas desfavoráveis a ocorrência da doença durante o ciclo da cultura. Já na safra 2017 a intensidade foi alta (IG > 7%).

Independentemente da safra estudada e do experimento, houve efeito significativo das aplicações de fungicidas para o controle de giberela. Outros relatos na literatura já descrevem que a aplicação de fungicida proporciona um redução significativa na severidade dos sintomas da doença (MESTERHÁZY et al., 2011). Diante disso, reafirma-se a necessidade da aplicação de fungicidas no momento da antese, sendo esta aplicação crucial para o controle da doença (D'ANGELO et al., 2014; YOSHIDA et al., 2012), enquanto outras alternativas de controle não estejam prontamente disponíveis ao triticultor (AVOZANI et al., 2014). A eficácia de controle de giberela conferida pelos fungicidas dentre os experimentos variou de 14 a 75%. Nessa perspectiva, Paul et al. (2010) observaram uma redução da doença em relação à parcela sem controle que variou de 38 a 58% para o índice de giberela.

Safra 2016 – Experimento 1

Em média, os tratamentos proporcionaram uma eficácia de controle de giberela que variou de 33 a 71%, no entanto, o maior incremento de rendimento de grãos ocorreu nos tratamentos com duas aplicações sequenciais da mistura de triazol + estrobilurina (T5) e combinações de triazol + estrobilurina e carbendazim (T6 e T9), com valor de 25, 25 e 23%, respectivamente (Tabela 9). Neste experimento não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os atributos de peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG), em que a média dos tratamentos que receberam fungicida foi de 79,11 kg/hL e 38,79 g,

respectivamente. Ainda, considerando-se os valores absolutos, quanto ao PMG, a Testemunha ter obtido um valor numérico inferior aos demais tratamentos (Tabela 9), estes mesmos resultados foram encontrados por Casa et al. (2007) em trabalho realizado com aplicações de fungicidas no controle de giberela.

Com base na eficácia de controle, o grupo químico quinona (T12) isoladamente não conferiu um controle satisfatório (39%), enquanto que benzimidazol na primeira aplicação seguida de triazol + estrobilurina (T9), mostrou uma eficácia de controle de 71%. Com relação ao rendimento de grãos, não houve diferença estatística entre os tratamentos com fungicida, exceto a testemunha, que foi inferior (Tabela 9). A combinação de triazol + estrobilurina na primeira aplicação e benzimidazol na segunda (T6) e duas aplicações de triazol + estrobilurina (T7), mostraram os maiores incrementos de rendimento quando comparado aos demais tratamentos (25%). Para este experimento, as aplicações de fungicidas visando o controle de doenças foliares não teve efeito na redução da intensidade de giberela.

Tabela 9 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle, rendimento de grãos, rendimento relativo (RR), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2016. Passo Fundo, 2018

Tratamentos ¹	IG ² (%)	Controle (%)	Rendimento (kg/ha)	RR (%)	PH (kg/hL)	PMG (g)
1 (Test 1)	5,15 a*	-	6048 b*	100	77,15 n.s.	37,71 n.s.
2 (Test 2)	6,49 a	0	7018 a	116	77,18	39,29
3 (B / B)	2,46 b	52	6856 a	113	78,88	38,51
4 (T / T)	2,69 b	48	7124 a	118	79,80	38,33
5 (T+E / T+E)	2,53 b	51	7537 a	125	78,61	38,24
6 (T+E / B)	2,63 b	49	7547 a	125	78,36	38,93
7 (T+E / T)	3,47 b	33	7141 a	118	78,23	38,90
8 (T+E / Q)	2,24 b	57	7116 a	118	80,08	38,79
9 (B / T+E)	1,47 b	71	7429 a	123	79,90	39,41
10 (T / T+E)	2,00 b	61	7260 a	120	78,81	39,21
11 (Q / T+E)	2,15 b	58	7292 a	121	79,13	38,89
12 (Q / Q)	3,12 b	39	7034 a	116	79,35	38,66
C.V.(%)	15,07	-	5,44	-	1,76	3,36

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. n.s.diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo as iniciais abreviadas dos grupos químicos, discriminados na Tabela 2. ²Médias transformadas para análise estatística [$\log(x)$] e (X+C). IE média Test 1 – 37,4%; Ie média Test 1 – 12,8%.

Safra 2016 e 2017 – Experimento 2

Na média das duas safras estudadas, o fungicida ditiocarbamato contribuiu no aumento da eficácia de controle de giberela, especialmente em mistura com benzimidazol (T10, 11 e 12) em relação a mistura com outros grupos químicos sistêmicos isolados (T7, 8 e 9).

Para a safra de 2016, quanto a IG os tratamentos que continham a mistura comercial de triazol + estrobilurina (aplicação sequencial, T3); mistura de triazol + estrobilurina e benzimidazol + triazol (T5); e, mistura de triazol + estrobilurina e ditiocarbamato + benzimidazol (em aplicação alternada, primeira ou segunda, T11 e 12) foram os mais eficazes na redução da doença, sendo superior aos demais tratamentos (Tabela 10). Na safra de 2017, quando adicionou-se o T13, no qual o fungicida ditiocarbamato foi associado a mistura comercial de triazol + estrobilurina, verificou-se um incremento na eficácia de controle (11%) em comparação a aplicação sequencial da mistura comercial apenas (T3) (Tabela 11).

Em ambas as safras, o maior incremento no rendimento de grãos foi obtido no com a aplicação de triazol + estrobilurina e benzimidazol + ditiocarbamato (T11), proporcionando em média um aumento de 34% em relação a testemunha absoluta. Na safra de 2016, a testemunha (T1) obteve o menor rendimento diferenciando de todos os demais tratamentos. Mesmo que o controle de doenças foliares seja independente do controle de giberela, pela utilização de fungicidas com ingredientes ativos específicos e outras particularidades que envolvem as operações de aplicação, como, uso de pontas de pulverização com direcionamentos de jato diferenciados, recomendados pela pesquisa (REIS et al., 2016), os tratamentos aplicados também incidem sobre as folhas conferindo efeitos sobre as doenças foliares. Sendo assim, esta relação pode explicar o fato dos tratamentos que tiveram controle superior da doença não terem apresentado diretamente os maiores rendimentos de grãos.

Apesar de não ter ocorrido diferença estatística para as variáveis PMG e PH, a média dos tratamentos que receberam fungicida foi de 38,69 g e 77,93 kg/hL, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle, rendimento de grãos, rendimento relativo (RR), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2016. Passo Fundo, 2018

Tratamentos ¹	IG ² (%)	C (%)	Rendimento (kg/ha)	RR (%)	PH (kg/hL)	PMG (g)
1 (Test 1)	3,92 a*	-	5415 c	100	77,65 ^{n.s.}	37,10 ^{n.s.}
2 (Test 2)	3,03 a	23	5995 b	111	77,10	38,08
3 (T+E / T+E)	1,25 b	68	6263 b	116	78,24	38,92
4 (B+T / B+T)	2,85 a	27	6378 b	118	78,53	39,37
5 (T+E / B+T)	1,60 b	59	6839 a	126	77,39	38,42
6 (B+T / T+E)	2,71 a	31	6746 a	125	77,34	38,82
7 (D+T / D+T)	2,96 a	24	6874 a	127	78,26	39,54
8 (T+E / D+T)	3,06 a	22	6651 a	123	77,88	38,02
9 (D+T / T+E)	3,38 a	14	6180 b	114	79,03	38,84
10 (D+B / D+B)	2,28 a	42	6711 a	124	78,64	38,96
11 (T+E / D+B)	2,15 b	45	7048 a	130	77,66	38,91
12 (D+B / T+E)	1,56 b	60	6772 a	125	77,50	39,25
C.V.(%)	16,91	-	5,20	-	1,55	2,48

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ^{n.s.}diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo as iniciais abreviadas dos grupos químicos, discriminados na Tabela 3.

²Médias transformadas para análise estatística [$\log(x)$] e (X+C). IE média Test 1 – 31,2%; Ie média Test 1 – 12,3%.

Para a safra 2016, os tratamentos que obtiveram os maiores rendimentos de grãos foram aqueles que tinham em pelo menos em uma das aplicações o grupo químico ditiocarbamato (7, 8, 10, 11 e 12) e/ou benzimidazol (5, 6, 10, 11 e 12) (Tabela 10).

Para a safra 2017, a maior média de PMG foi obtida no T12 (benzimidazol + ditiocarbamato, e na sequência triazol + estrobilurina), sendo que esse foi estatisticamente superior aos demais tratamentos (Tabela 11). Os valores de PH foram relativamente baixos, desfavorecendo a qualidade do trigo para comercialização.

Tabela 11 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle, rendimento de grãos, rendimento relativo (RR), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

Tratamentos ¹	IG ² (%)	C (%)	Rendimento (kg/ha)	RR (%)	PH (kg/hL)	PMG (g)
1 (Test 1)	10,33 a*	-	3339 b*	100	71,80 b*	31,40 e*
2 (Test 2)	8,52 a	18	3923 a	117	71,40 b	31,89 e
3 (T+E / T+E)	4,93 b	52	4266 a	128	73,43 a	32,64 d
4 (B+T / B+T)	4,24 b	59	4311 a	129	73,86 a	31,29 e
5 (T+E / B+T)	3,95 c	62	4215 a	126	73,88 a	32,06 e
6 (B+T / T+E)	3,38 c	67	4093 a	123	73,88 a	31,41 e
7 (D+T / D+T)	5,35 b	48	4265 a	128	73,65 a	31,84 e
8 (T+E / D+T)	4,36 b	58	4161 a	125	72,46 b	31,46 e
9 (D+T / T+E)	5,27 b	49	4210 a	126	73,64 a	35,31 b
10 (D+B / D+B)	5,84 b	43	4246 a	127	74,49 a	32,56 d
11 (T+E / D+B)	6,75 a	35	4598 a	138	74,38 a	33,98 c
12 (D+B / T+E)	4,87 b	53	4171 a	125	73,75 a	37,30 a
13 (D+T+E)/(D+T+E)	3,78 c	63	4224 a	126	73,59 a	32,89 d
C.V.(%)	30,97	-	5,74	-	1,49	2,07

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo as iniciais abreviadas dos grupos químicos, discriminados na Tabela 2.

²Médias transformadas para análise estatística [$\log(x)$] e (X+C). IE média Test 1 – 65,3%; Ie média Test 1 – 14,7%.

Quando compara-se os tratamentos que receberam fungicida para giberela do Exp. 1 (fungicidas sistêmicos) e Exp. 2 (estes mesmos fungicidas associados a multissítio), da safra de 2016, verificou-se que a associação de ditiocarbamato com triazol isoladamente (T7) ou associado a mistura comercial de triazol + estrobilurina independente do momento da aplicação (T8 e 9), não contribuiu para a melhoria da eficácia de controle da doença.

Safra 2016 e 2017 – Experimento 3

Os grupos químicos testados foram eficazes no controle de giberela, havendo efeito significativo dos tratamentos sobre os atributos avaliados, exceto para o peso do hectolitro e peso de mil grãos na safra de 2016 (Tabela 12, 13 e 14). Na média das duas safras, as aplicações de fungicidas na fase vegetativa visando as doenças foliares,

proporcionou 20,5% de controle de giberela. Para a IG o aumento da dose de estrobilurina isolada (T9) aumentou a intensidade da doença em ambas as safras (20%), reduzindo assim a eficácia de controle, quando comparado ao T6, com a dose recomendada da estrobilurina. Entretanto, seguindo esta mesma comparação entre tratamentos, para os valores de DON, este mesmo efeito não ocorreu, sendo que, na safra 2016 houve aumento da concentração da micotoxina nos grãos a medida que se aumentou a dose do fungicida (Tabela 12) e na safra 2017, houve redução (Tabela 14), não havendo portanto relação direta entre a intensidade da doença em espigas e o acúmulo de DON em grãos.

Tabela 12 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle e acúmulo de DON em grãos de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2016. Passo Fundo, 2018

Tratamentos ¹	IG ² (%)	Controle (%)	DON (µg/kg)
1 (Test 1)	3,62 a*	-	864,12 a*
2 (Test 2)	3,42 a	6	714,10 c
3 (T+E / T+E)	1,32 b	64	766,73 b
4 (B / B)	1,20 b	67	711,20 c
5 (T / T)	1,62 b	55	758,38 b
6 (E / E)	1,67 b	54	691,19 c
7 (E / T+E)	2,10 b	42	455,65 e
8 (T+E / E)	2,55 a	30	777,11 b
9 (E ³ / E ³)	2,17 a	40	776,78 b
10 (E ³ / T+E)	1,52 b	58	619,40 d
11 (T+E / E ³)	2,40 a	34	766,35 b
C.V.(%)	14,75	-	2,85

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo as iniciais abreviadas dos grupos químicos, discriminados na Tabela 5. ²Médias transformadas para análise estatística [log(x)] e (X+C)]. ³Maior dose. IE média Test 1 – 26,9%; Ie média Test 1 – 13,4%.

Tabela 13 - Rendimento de grãos, rendimento relativo (RR), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2016. Passo Fundo, 2018

(Continua)

Tratamentos ¹	Rendimento (kg/ha)	RR (%)	PH (kg/hL)	PMG (g)
1 (Test 1)	5714 b*	100	79,25 ^{n.s.}	37,64 ^{n.s.}
2 (Test 2)	6505 a	114	80,12	39,04
3 (T+E / T+E)	6014 b	105	79,30	38,97

Tabela 14 - Rendimento de grãos, rendimento relativo (RR), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2016. Passo Fundo, 2018

(Conclusão)				
Tratamentos ¹	Rendimento (kg/ha)	RR (%)	PH (kg/hL)	PMG (g)
4 (B / B)	6064 b	106	80,41	39,27
5 (T / T)	6194 b	108	79,23	38,95
6 (E / E)	6931 a	121	80,05	39,84
7 (E / T+E)	6676 a	117	79,45	39,28
8 (T+E / E)	6661 a	117	79,96	38,64
9 (E ² / E ²)	5897 b	103	79,86	39,00
10 (E ² / T+E)	6277 b	110	79,30	39,50
11 (T+E / E ²)	6647 a	116	79,66	38,98
C.V.(%)	5,27	-	0,87	2,99

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ^{n.s.}diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo iniciais abreviadas dos grupos químicos, discriminados na Tabela 5. ²Maior dose.

Tabela 15 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle e acúmulo de DON em grãos de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

Tratamentos ¹	IG ² (%)	Controle (%)	DON (µg/kg)
1 (Test 1)	10,76 a*	-	1650,0 a*
2 (Test 2)	6,95 a	35	1350,0 b
3 (T+E / T+E)	4,06 b	62	550,0 d
4 (B / B)	2,72 b	75	850,0 c
5 (T / T)	4,44 b	59	650,0 d
6 (E / E)	5,13 b	52	850,0 c
7 (E / T+E)	4,83 b	55	500,0 d
8 (T+E / E)	4,05 b	62	500,0 d
9 (E ³ / E ³)	8,01 a	26	650,0 d
10 (E ³ / T+E)	4,67 b	57	850,0 c
11 (T+E / E ³)	4,92 b	54	800,0 c
C.V.(%)	10,40	-	12,17

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo as iniciais abreviadas dos grupos químicos, discriminados na Tabela 5. ²Médias transformadas para análise estatística [log(x)] e (X+C). ³Maior dose. IE média Test 1 – 73,3%; Ie média Test 1 – 14,5%.

Na safra de 2016, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os atributos de PH e PMG, sendo assim, a média dos tratamentos que receberam fungicida foi de 79,69 kg/hL e 39,16 g, respectivamente (Tabela 13). Quanto a safra de 2017, houve diferença apenas das testemunhas, sendo que os valores da média dos tratamentos para giberela foram de 73,46 kg/hL (Tabela 15).

Tabela 16 - Rendimento de grãos, rendimento relativo (RR), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

Tratamentos ¹	Rendimento (kg/ha)	RR (%)	PH (kg/hL)	PMG (g)
1 (Test 1)	3067 c*	100	70,11 b*	30,07 b
2 (Test 2)	3466 b	113	70,45 b	30,85 b
3 (T+E / T+E)	4130 a	135	73,25 a	32,57 a
4 (B / B)	3939 a	128	72,46 a	30,99 b
5 (T / T)	4108 a	134	73,43 a	32,85 a
6 (E / E)	4062 a	132	73,19 a	32,34 a
7 (E / T+E)	4173 a	136	73,53 a	31,71 a
8 (T+E / E)	4312 a	141	74,20 a	32,77 b
9 (E ² / E ²)	4226 a	138	73,64 a	30,62 b
10 (E ² / T+E)	4177 a	136	73,69 a	30,92 b
11 (T+E / E ²)	4287 a	140	74,60 a	30,65 b
C.V.(%)	4,69		1,19	2,19

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo as iniciais abreviadas dos grupos químicos, discriminados na Tabela 5.
²Maior dose.

De acordo com meta-análise realizada ao longo de 12 anos de dados, os triazóis foram indicados como fungicidas mais eficazes no controle de giberela e principalmente para incremento de rendimento, sendo assim, em média metconazol isolado proporcionou um incremento de rendimento de 19,2% (PAUL et al., 2010), no presente trabalho na média das safras estudadas o valor foi de 21%, para este mesmo fungicida.

O grupo químico benzimidazol isoladamente, representado pelo carbendazim apresentou a maior eficácia de controle de giberela nas duas safras estudadas (67 e 75%,

respectivamente). Para a safra de 2016, não houve consistência entre os resultados de produtividade e intensidade de giberela, quanto ao uso de estrobilurina isoladamente, na primeira ou segunda aplicação. Entretanto, o uso de estrobilurina isolada na primeira aplicação contribuiu para a redução dos valores de DON, apesar de não haver acréscimo no rendimento e na redução da intensidade da doença.

O controle químico de giberela em trigo tem influência sobre a intensidade da doença em espigas e o acúmulo da micotoxina desoxinivalenol em grãos. O crescimento de agentes patogênicos e sua expressão de patogenicidade no hospedeiro são quantificadas indiretamente como a intensidade da doença, contudo, os fatores que promovem o crescimento do patógeno também podem promover a produção de DON (WEGULO, 2012). O princípio ativo piraclostrobina, dependendo da dose usada e do momento da aplicação confere efeitos negativos de controle e redução de toxina. Os resultados de DON ficaram abaixo do limite máximo tolerável (ano de 2017 – 1250 µg/kg) para a comercialização de grãos de trigo integral e farelo pela legislação nacional (BRASIL, 2013). Autores afirmam que existe correlação positiva entre a quantidade de DON produzida por *F. graminearum* e biomassa do fungo, bem como, intensidade da giberela em ensaios de campo e concentração da toxina nos grãos (NICHOLSON et al., 2003). Apesar disso, não foi possível verificar essa correlação neste estudo, pois os tratamentos com menor IG, não foram os que apresentaram os menores acúmulos de DON.

Existem relatos na literatura, de que a aplicação de fungicidas do grupo da estrobilurina, isolado ou em mistura, tem resultado em baixo controle da giberela e aumento na contaminação dos grãos por DON (AMARASINGHE et al., 2013; AUDENAERT et al., 2010). Na média das duas safras, o aumento da dose recomendada de piraclostrobina em 25 g/i.a./ha nas duas aplicações deste fungicida isoladamente, ocasionou uma redução de 20% no controle de giberela e num aumento de 85,6 µg/kg de DON. Ainda, o aumento da dose de estrobilurina na segunda aplicação reduziu o controle em 4%. Entretanto, o aumento da dose em primeira aplicação não teve o mesmo comportamento, o qual aumentou o controle (9%) em média. Para alguns estudos, os

níveis de contaminação de DON não aumentaram de forma consistente com o aumento da intensidade de giberela (JI et al., 2015).

Dentre o grupo químico das estrobilurinas, para azoxistrobina já foi documentada sua ineficácia *in vitro* e em grãos de trigo, no controle de *Fusarium* spp., sendo que subdoses podem estimular a produção de micotoxinas (MAGAN et al., 2002). Portanto, não somente a azoxistrobina causa efeitos negativos, a piraclostrobina, em condições de super-dosagem e do momento de aplicação também tem gerado ineficácia de controle sobre o fungo. As estrobilurinas são capazes de induzir respostas de stress oxidativo em espécies de *Fusarium* (AUDENAERT et al., 2010), sendo que segundo Reverberi et al. (2010) esta via desempenha um papel fundamental no controle de síntese de toxinas. Existem efeitos inconsistentes e conflitantes no controle de giberela com fungicidas no acúmulo de micotoxinas em grãos contaminados (PIRGOZLIEV et al., 2002). Os triazóis são mais eficientes no controle de giberela e de redução de DON, devido as estrobilurinas estarem associadas a altos níveis de DON em grãos (WEGULO, 2012), dentre eles o protioconazol e o metconazol foram os mais eficazes no controle de giberela e DON (PAUL et al., 2008). Em estudo testando doses de azoxistrobina e metconazol, em duas épocas de cultivo, o aumento da dose de metconazol resultou em aumento no controle, sendo o mais eficaz variando de 77 (primeira época) a 98% (segunda época) (PIRGOZLIEV et al., 2002). Os autores afirmam ainda, que o controle proporcionado pela estrobilurina foi de 30 a 55%, respectivamente, não existindo diferença estatística entre as doses de azoxistrobina e controle, para eles o aumento da dose de estrobilurina não afetou significativamente as concentrações de DON

Para acúmulo de DON, o benzimidazol obteve um comportamento intermediário quando comparado aos demais grupos químicos desse estudo, no entanto, apesar de ter conferido o maior controle, também possui capacidade de potencializar níveis de DON em grãos de trigo (MESTERHÁZY; BARTÓK; LAMPER, 2003). É possível que os fungicidas possam atuar como um fator de estresse adicional ao estimular a síntese de micotoxinas como uma resposta de defesa (MAGAN et al., 2002). Siranidou e Buchenauer (2001) em aplicação de fungicidas em espigas de trigo inoculadas com [*F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc.] descobriram que tebuconazol e metconazol reduziram a

doença em 60-70% e as concentrações de DON em 50-70%, enquanto que azoxistrobina reduziu a incidência da doença porém, aumentou as concentrações de DON.

Para a safra de 2017, não houve diferença entre os fungicidas testados para o rendimento de grãos, neste caso, a maioria dos tratamentos com fungicidas reduziu o índice de giberela, o acúmulo de DON e um aumento no rendimento foi observado em comparação com a testemunha sem aplicação, estes mesmos resultados foram encontrados por Amarasinghe et al. (2013). Ainda, estes autores afirmam que os fungicidas podem atrasar o desenvolvimento de giberela em grãos, de tal maneira que as infecções precoces tendem a originar grãos mais infectados e leves fazendo com que sejam soprados para fora da colhedora, enquanto os mais pesados com infecções mais tardias podem levar a um aumento nos níveis de DON por serem mantidos no processo de colheita.

Um aspecto a ser levado em consideração são as doenças foliares do trigo e sua relação com a o nível de suscetibilidade da espiga a giberela. Mesmo que o manejo de ambas seja independente (REIS et al., 2016) os fungicidas utilizados para o controle de giberela também possuem efeito sobre as doenças foliares (MESTERHÁZY; BARTÓK; LAMPER, 2003). Ainda, de acordo com os autores, é possível que a severidade das doenças foliares possam promover um aumento da suscetibilidade da espiga à giberela. Os resultados encontrados, de modo geral, mostram que o controle foliar não diminui significativamente os sintomas de giberela quando comparados a testemunha absoluta. O controle das doenças foliares (oídio e manchas) parece não estar relacionado com redução da severidade de giberela em espigas (MESTERHÁZY et al., 2011). No entanto, estes mesmos autores afirmam que o controle foliar aumentou o rendimento. Neste experimento, em ambas as safras, o controle foliar proporcionou aumento no rendimento de grãos, diferindo da testemunha absoluta (T1).

Safra 2017 – Experimento 1

Os fungicidas proporcionaram eficácia de controle superior em média quanto aos demais experimentos, que variaram de 48 a 72%. Os tratamentos 9, 10 e 11 não diferiram

estatisticamente das testemunhas, obtendo as maiores intensidades de giberela. Os demais tratamentos não diferiram entre si, no entanto, proporcionaram intensidades inferiores e conseqüentemente maior eficácia de controle. A maior dose do fungicida (T5, estrobilurina + triazolintiona, 90,0 + 105,0 g/ha) apresentou controle de 72%, enquanto que na dose recomendada (T6) foi de 69%. No entanto, nem todos os tratamentos com aumento de dose proporcionaram diretamente aumento na eficácia de controle, sendo que o aumento da dose no T3 (triazol + estrobilurina, de 60,0 + 97,5 para 80,0 + 130,0 g/ha) e no T7 (estrobilurina + triazolintiona + carboxamida de 75,0 + 87,5 + 62,5 para 90,0 + 105,0 + 75,0 g/ha) resultou em redução de eficácia de controle de 6 e 9%, respectivamente (Tabela 16).

Algumas misturas comerciais de grupos químicos de fungicidas não apresentaram capacidade de redução de giberela, como no caso dos tratamentos 9 (estrobilurina + pirazol carboxamida), 10 (estrobilurina + carboxamida) e 11 (estrobilurina + triazol + carboxamida) com controle de 48, 52 e 50%, respectivamente (Tabela 16). Estes tratamentos possuem em comum o grupo químico carboxamida que não possui eficiência comprovada para redução da intensidade de giberela, mas possuem registro nacional para uso na cultura do trigo.

A mistura de prothioconazol + tebuconazol (triazolintiona + triazol) foi um dos fungicidas estudados, mais eficaz na redução da intensidade de giberela e no aumento de rendimento (PAUL et al., 2010). O efeito curativo dos triazóis e benzimidazóis parece estar associado ao maior potencial de controle de giberela, pela redução da colonização do interior da espiga (crescimento do micélio) e desenvolvimento de sintomas visuais (D'ANGELO et al., 2014). Entre os tratamentos T7 (maior dose) e T8 (dose recomendada), este último conferiu o maior incremento no rendimento (42%) quando comparado à testemunha (T1).

Para o PH, todos os tratamentos que receberam aplicação de fungicida para giberela, foram iguais estatisticamente, com os maiores valores (Tabela 16). Entretanto, a testemunha absoluta teve o menor valor, diferenciando-se de todos os demais. Mesmo assim, os valores de PH deste experimento, bem como, dos demais da safra 2017, ficaram

abaixo do mínimo exigido ($PH \geq 78,00$ kg/hL) para a comercialização do trigo em saca de 60 kg, sendo então classificado como trigo tipo 3 (CONAB, 2017). Quanto ao PMG, os tratamentos 3 (aumento de dose) e 4 (dose recomendada), e 6 (dose normal de estrobilurina + triazolintiona, 75,0 + 87,5 g/ha) obtiveram valores inferiores aos demais tratamentos, não diferenciando-se da testemunha (T1) (Tabela 16).

Tabela 17 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle, rendimento de grãos, rendimento relativo (RR), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, cultivar TBIO Toruk, safra 2017. Passo Fundo, 2018

Tratamentos ¹	IG ² (%)	Controle (%)	Rendimento (kg/ha)	RR (%)	PH (kg/hL)	PMG (g)
1 (Test 1)	11,34 a*	-	3053 b*	100	69,05 c*	30,07 b*
2 (Test 2)	7,60 a	33	3207 b	105	71,45 b	31,16 a
3 (T+E 2x) ³	4,39 b	61	4180 a	137	72,86 a	29,75 b
4 (T+E 2x)	3,79 b	67	4129 a	135	72,64 a	30,33 b
5 (E+TL 2x) ³	3,22 b	72	4202 a	138	73,59 a	30,98 a
6 (E+TL 2x)	3,48 b	69	4197 a	137	74,33 a	29,76 b
7 (E+TL+C 2x) ³	4,78 b	58	4132 a	135	73,70 a	30,85 a
8 (E+TL+C 2x)	3,78 b	67	4338 a	142	73,43 a	31,48 a
9 (E+PC 2x)	5,93 a	48	3904 a	128	72,53 a	30,91 a
10 (E+C 2x)	5,49 a	52	4033 a	132	72,48 a	32,14 a
11 (E+T+C 2x)	5,68 a	50	4022 a	132	73,53 a	31,31 a
12 (E+T+B 2x)	3,36 b	70	4320 a	141	74,60 a	31,47 a
C.V.(%)	12,94	-	6,42	-	1,29	2,33

Nota: *Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

¹Tratamentos contendo as iniciais abreviadas dos grupos químicos, (2x - aplicação sequencial), discriminados na Tabela 7. ²Médias transformadas para análise estatística [$\log(x)$] e (X+C). ³Maior dose. IE média Test 1 – 75,1%; Ie média Test 1 – 15,1%.

3.5 Conclusões

Os fungicidas dos diferentes grupos químicos têm influência distinta sobre a intensidade da doença em espigas. Com base no estudo, o fungicida carbendazim, do grupo químico benzimidazol, utilizado isoladamente é eficiente no controle de giberela em trigo, distinguindo-se dos grupos triazol (metconazol) e estrobilurina (piraclostrobina)

na mesma condição de uso. Também, entre os grupos químicos triazol e estrobilurina isoladamente, o triazol é mais eficiente na redução da intensidade da doença.

A associação do fungicida ditiocarbamato (mancozebe) ao fungicida benzimidazol (carbendazim) e/ou a mistura comercial de triazol + estrobilurina (metconazol + piraclostrobina) contribui para o controle de giberela em relação a associação com outros grupos químicos sistêmicos, como no caso de triazol (tebuconazol). Os dados mostram ainda, que na ausência do fungicida ditiocarbamato, a aplicação sequencial da mistura comercial de triazol + estrobilurina; ou triazol + estrobilurina (1ª aplicação) e benzimidazol + triazol (tebuconazol) (2ª aplicação), é eficiente no controle de giberela.

A utilização de piraclostrobina interfere na intensidade de giberela em espigas e no acúmulo de DON em grãos. Este fungicida, quando em aplicações sequenciais de maior dose, aumenta a intensidade de giberela em espigas e tem efeitos variáveis sobre a produção da micotoxina pelo fungo, ainda, quanto ao momento da aplicação e da dose, há efeitos variáveis no acúmulo da toxina, podendo ser potencializada dependendo da safra e da intensidade da doença.

As aplicações sequenciais das misturas comerciais dos grupos químicos estrobilurina + pirazol carboxamida (azoxistrobina + benzovindiflupir), estrobilurina + carboxamida (piraclostrobina + fluxaproxada) e estrobilurina + triazol + carboxamida (piraclostrobina + epoxiconazol + fluxaproxada) não reduzem a intensidade de giberela e conseqüentemente conferem uma eficácia de controle inferior. O aumento da dose das misturas comerciais apenas é eficiente para estrobilurina + triazolintiona (trifloxistrobina + protioconazol).

4 CAPÍTULO II

Modelos de bicos/pontas de pulverização e auxílio à barra no controle de giberela em trigo

4.1 Resumo

A giberela é uma doença de difícil controle químico, devido a limitações nas aplicações de fungicidas, que dificultam a deposição de gotas nas espigas. Os objetivos do estudo foram: avaliar se há efeito de diferentes modelos de bicos e/ou pontas de pulverização e da assistência à barra de pulverização por uma cortina de correntes em aplicações de fungicidas, na redução da intensidade de giberela e da contaminação de toxinas DON, em duas cultivares de trigo; verificar se existem interações significativas entre os tipos de bico/modelos de pontas e o auxílio à barra de pulverização sobre a intensidade de giberela, peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento. Foram executados dois experimentos na safra 2016 e um na safra 2017. Os tratamentos constaram de duas configurações da barra do pulverizador (com e sem assistência de cortina de correntes) e modelos de bicos/pontas de pulverização. Avaliou-se a intensidade de giberela, eficácia de controle, acúmulo de DON em grãos (apenas Exp. 2, safra 2016), peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento. Foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições (safra 2016) e quatro (safra 2017), cultivares TBIO Toruk e Sossego, sob esquema fatorial (com/sem auxílio à barra versus modelos bico/ponta). Os dados foram submetidos à análise da variância (F-Teste a 5%) e a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5%. O uso do auxílio à barra proporciona incrementos no rendimento de grãos que são variáveis conforme a safra estudada. Este mesmo fator, apresenta efeitos variáveis sobre a intensidade da doença. As cultivares responderam de maneira distinta sobre os tratamentos aplicados; a interação modelos de bico/ponta versus auxílio à barra de pulverização, têm influência sobre o acúmulo de DON em grãos. As pontas TD TT11001 e ADT11002 são as mais eficientes no controle de giberela.

Palavras-chave: 1. Tecnologia de aplicação. 2. Controle químico. 3. *F. graminearum*/*G. zeae*. 4. *Triticum aestivum*.

4.2 Introdução

Os cereais de inverno, como o trigo, historicamente importantes estão perdendo espaço na produção de grãos. Os fatores que levam a essa queda, em parte, devem-se a políticas relacionadas com o apoio as *commodities* agrícolas e produção de

biocombustíveis; por causa dos modismos alimentares ou dietas, e em parte pelo complexo de doenças que afetam a cultura, em especial a giberela sendo desafiadora aos tricultores (MCMULLEN et al., 2012). Ainda, a singularidade das condições de cultivo e de clima no Brasil pode contribuir para o aumento da diversidade de espécies e genótipos fitopatogênicos que afetam o trigo (DEL PONTE et al., 2015).

A giberela é uma das principais doenças do trigo e da cevada (REYNALDO; MACHADO, 2017). O agente causal *F. graminearum* apresenta alta agressividade para diversas culturas agrícolas e, também, é conhecido por causar infecções florais de espiga em cereais (WANG et al., 2015), destes, a cultura de maior relevância econômica afetada é o trigo. Diante disso, é necessário fazer uso de estratégias integradas de manejo da giberela que incluam a resistência do hospedeiro e táticas de controle químico (MCMULLEN et al., 2012). No entanto, existem poucas fontes de resistência do hospedeiro disponíveis e estes são geralmente encontrados em germoplasma exótico e são difíceis de transferir de variedades agronomicamente adaptados (NICHOLSON et al., 2003). São inúmeras as razões pelas quais o controle químico de giberela é dificultado. Os entraves desse controle devem-se em sua maioria a tecnologia de aplicação com resultado imperfeito da aplicação ou cobertura inadequada da espiga (MCMULLEN et al., 2012). Os autores destacam ainda que o período de aplicação geralmente é curto (pelo período de antese) e usualmente coincidem com períodos chuvosos. Em lavouras comerciais de trigo, pelo menos uma aplicação de fungicidas para o controle da doença se faz necessária (ANDRIOLLI et al., 2016), quando ocorrer condições ambientais favoráveis para a ocorrência da doença (REIS et al., 2016).

Para doenças foliares como manchas, ferrugem e oídio, a deposição de gotas de fungicidas é facilitada devido a posição das folhas ser horizontal ou inclinada. Entretanto, as dificuldades do controle químico da giberela devem-se à tecnologia tradicional de aplicação de fungicidas, que apresenta baixa eficiência nas aplicações com as pontas de pulverização usuais, tendo apenas um ângulo de direcionamento de jato (vertical), não depositando o fungicida suficientemente sobre as espigas de trigo, as quais contêm as anteras, alvos biológicos de infecção do patógeno.

Há uma necessidade de melhorar a tecnologia de aplicação de fungicidas para aumentar a cobertura e deposição nas espigas de trigo (WEGULO et al., 2015). O aumento da eficiência do controle químico pela melhoria da tecnologia de aplicação engloba uma maior deposição e conseqüentemente maior cobertura das espigas de trigo, pelo uso de pontas de pulverização robustas. Além disso, o uso de pontas que têm mais de um direcionamento de jato em ângulos próximos a posição horizontal, com volume de calda adequado para esta deposição, fazem parte das técnicas de aplicação que conferem melhor eficácia na supressão da doença (HALLEY et al., 2008). As variáveis que contribuem para a melhoria da eficiência das aplicações de fungicidas envolvem o tipo de ponta de pulverização utilizado e a sua configuração da barra, tamanho de gota, velocidade durante a aplicação, pressão, taxa de aplicação por hectare e utilização de adjuvantes (MCMULLEN et al., 2012).

A dificuldade no controle da giberela pode ser atribuída ao direcionamento errado dos jatos da pulverização sobre as espigas (REIS et al. 2013), pois atingir as laterais da espiga, que está em posição vertical, com qualidade e nas quantidades adequadas, é um dos entraves que a tecnologia de aplicação ainda deve resolver. Neste sentido, a questão geral no presente estudo busca responder qual o efeito do tipo de bico/ponta de pulverização na eficiência do controle químico da giberela em trigo, dependendo da presença ou não de uma cortina de correntes na barra de pulverização. Sendo assim, objetivou-se avaliar se essa tecnologia de aplicação de fungicidas melhora a eficiência do controle químico da giberela, visando a redução da intensidade da doença em duas cultivares de trigo.

Em termos específicos objetivou-se: 1. Verificar se há efeito de diferentes modelos de bico/pontas de pulverização dependendo da presença/ausência da assistência a barra de pulverização em aplicações de fungicidas na redução da intensidade de giberela em trigo e da contaminação de toxinas DON. 2. Avaliar se há efeito do modelo de bico/ponta de pulverização na eficiência do controle químico da giberela em trigo, no peso de mil grãos, no peso do hectolitro e no rendimento de grãos dependendo da presença ou não de correntes na barra de pulverização na intensidade de giberela em duas cultivares de trigo. 3. Verificar se existem interações significativas entre os tipos de bicos/modelos de pontas

e o auxílio à barra de pulverização por uma cortina de correntes sobre a intensidade de giberela, o peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento do trigo.

4.3 Material e Métodos

Considerando os objetivos específicos do trabalho, foram conduzidos dois experimentos, denominados Exp. 1 e Exp. 2, na safra de trigo 2016, e um na safra 2017, havendo algumas alterações de tratamentos. Todos foram do tipo independentes, com finalidade aplicada, objetivos explicativos do tipo associação com interferência entre as variáveis teóricas.

4.3.1 As cultivares de trigo TBIO Toruk e TBIO Sossego

Para a execução do Exp. 1 em ambas as safras utilizou-se a cultivar TBIO Toruk e do Exp. 2 utilizou-se TBIO Sossego. A empresa obtentora destas cultivares de trigo é a Biotrigo Genética. Em relação às características agronômicas TBIO Toruk é classificada como trigo pão/melhorador, de ciclo médio, com comportamento de moderada suscetibilidade (MS) a moderada resistência (MR) à geada na fase vegetativa e MR ao acamamento; quanto as doenças, apresenta MR a ferrugem da folha e oídio, bem como, MS a giberela e as manchas foliares. TBIO Sossego é classificada como trigo pão, de ciclo médio, com comportamento de MS a MR à geada na fase vegetativa e ao acamamento; quanto as doenças, apresenta MR a ferrugem da folha, MR a resistente (R) a manchas foliares, MS à oídio e a giberela (BIOTRIGO, 2016).

4.3.2 Local de execução dos experimentos e estabelecimento da cultura

Os experimentos foram conduzidos no Campo Experimental da FAMV/UPF, no município de Passo Fundo/RS, onde as coordenadas geográficas são: 28°13'34,05" S, 52°23'20,83" O e altitude de 695 metros acima do nível do mar. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico húmico, da Unidade de Mapeamento Passo Fundo, Estado do Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008, p. 79). O clima é

classificado como Cfa (subtropical úmido), de acordo com a classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Os dados meteorológicos diários de precipitação (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura média do ar (°C) foram obtidos através da estação meteorológica automática do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia situada em Passo Fundo, durante o período de condução dos experimentos (data de semeadura a colheita), sendo na safra de 2016, 04/07/2016 a 19/11/2016 (Exp. 1, Toruk) e até 29/11/2016 (Exp. 2, Sossego) (Figura 1). Na safra de 2017, 10/07/2017 a 22/11/2017 (Toruk) (Figura 2).

Figura 1 - Dados meteorológicos diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperatura média do ar, ao longo do ciclo da cultura do trigo, com destaque para o período de antese, Passo Fundo, RS 2016

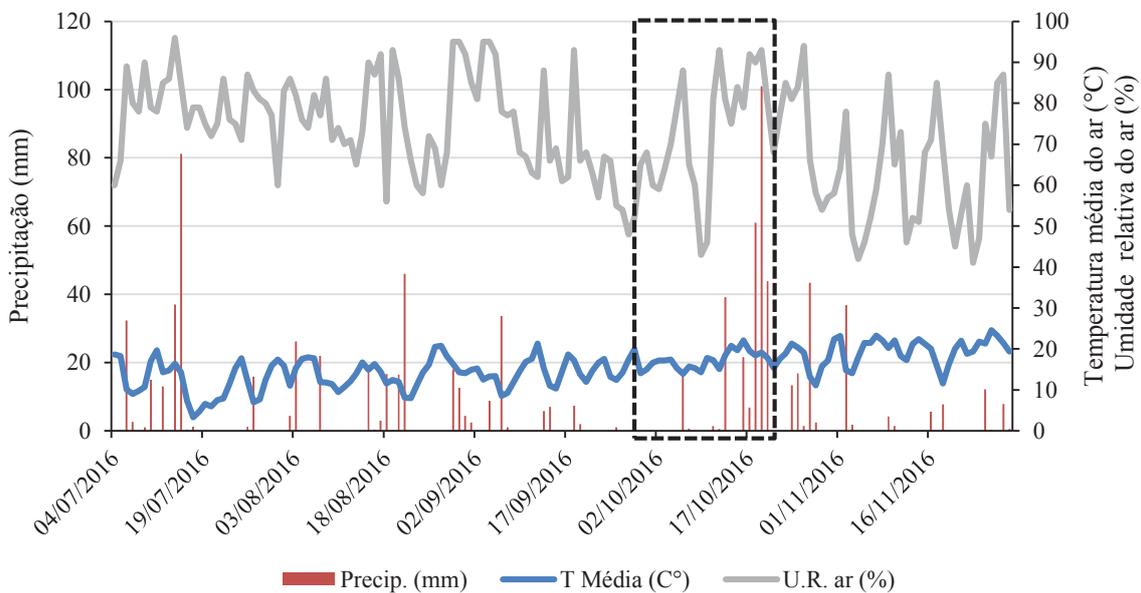
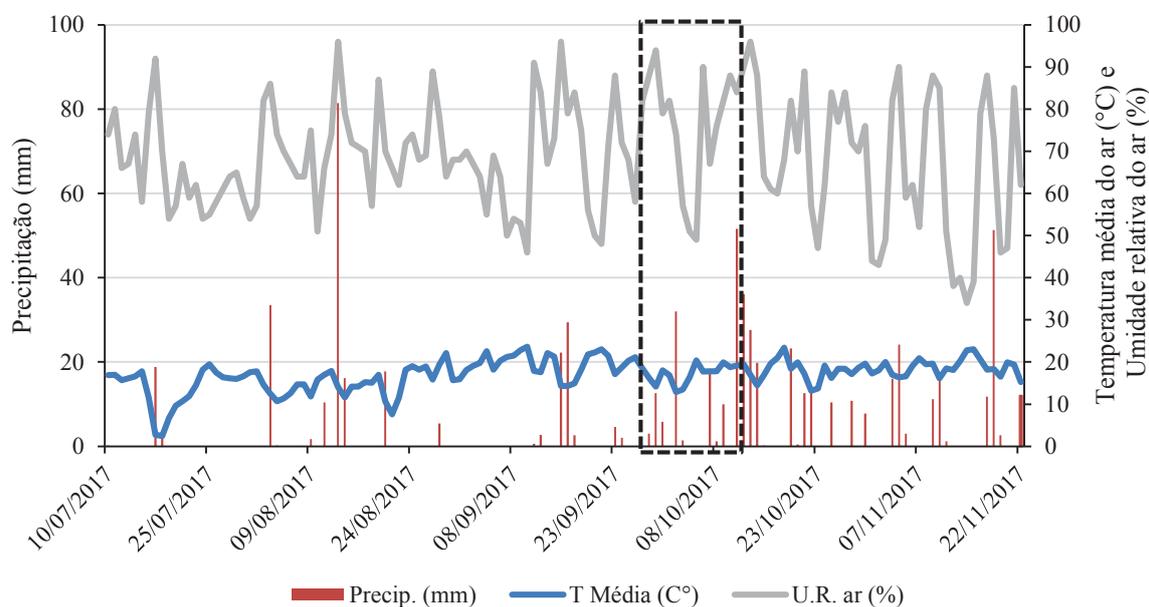


Figura 2 - Dados meteorológicos diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperatura média do ar, ao longo do ciclo da cultura do trigo, com destaque para o período de antese, Passo Fundo, RS, 2017



Fonte: Dados do autor.

4.3.3 Tratamentos e delineamentos

Foi estabelecido um programa de controle de giberela com aplicações sequenciais de fungicidas durante o florescimento do trigo. Para o Exp. 1 em ambas as safras foi realizada uma aplicação de fungicida com 50% de antese do trigo, no estágio 65 da escala fenológica de Zadoks, Chang e Konzak (1974). Para o Exp. 2, na primeira safra, foram realizadas duas aplicações sequenciais de fungicidas; a primeira aplicação com 10% da antese e a segunda sete dias após, correspondentes aos estádios 60 e 65 da escala fenológica de Zadoks, Chang e Konzak (1974), respectivamente; já na segunda safra, foi realizada apenas uma aplicação de fungicidas, com 50 - 70% de antese, no estágio 66 (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974).

Na safra de 2016, os experimentos foram conduzidos mantendo-se duas testemunhas denominadas de Test 1 e Test 2. Na safra de 2017, optou-se por manter-se apenas a Test 1. O tratamento “Test 1 (sem fungicida)” não recebeu aplicação de

fungicida durante todo o ciclo da cultura, configurando uma testemunha absoluta; já o tratamento “Test 2 (apenas controle de doenças foliares)”, visando o controle de doenças foliares em pré antese do trigo, teve duas aplicações do fungicida cujos i.a. são trifloxistrobina + protioconazol (75,0 + 87,5 g/ha) com adjuvante recomendado pela empresa fabricante do fungicida na dose de 0,25 L/ha, sendo elas realizadas nos estádios 32 e 40 (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974), respectivamente.

Na safra de 2017, também foram realizadas duas aplicações de fungicidas para o controle de doenças foliares, nos mesmos estágios da cultura da safra anterior, a primeira aplicação com a mistura comercial de ciproconazol + azoxistrobina (24,0 + 60,0 g/ha), com adjuvante recomendado pela empresa fabricante do fungicida na dose de 0,5 L/ha e propiconazol (125,0 g/ha); a segunda aplicação com a mistura comercial de trifloxistrobina + protioconazol (60,0 + 70,0 g/ha) com adjuvante recomendado pela empresa fabricante do fungicida na dose de 0,25 L/ha, respectivamente.

Em ambas as safras, foram comparadas duas configurações da barra do pulverizador (com e sem assistência de uma cortina de correntes, denominado de auxílio à barra) e distintos modelos de bicos/pontas de pulverização.

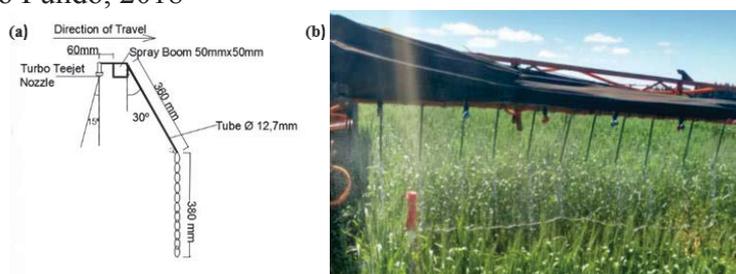
Para a safra de 2016, Exp. 1, o delineamento experimental foi em blocos casualizados e o delineamento de tratamentos no arranjo fatorial [dois (com ou sem auxílio a barra) versus cinco (modelos de bico/ponta de pulverização)] + duas testemunhas, com três repetições (Tabela 1). No Exp. 2, o esquema experimental foi idêntico ao anterior, no entanto, o delineamento de tratamentos foi (dois x seis) + duas testemunhas, também com três repetições (Tabela 2).

Para a safra de 2017, o delineamento de tratamentos foi igual aos experimentos da primeira safra, ambos com quatro repetições. No entanto, foi retirado um tratamento e acrescentados outros dois, com outros modelos de bico/ponta de pulverização distintos, ficando o esquema (dois x seis) + testemunha (Tabela 3).

Para o controle de giberela em ambos as safras de estudo, utilizou-se os fungicidas metconazol + piraclostrobina, (60,0 + 97,5 g/ha), na dose de 0,75 L/ha de p. c. + mancozebe (1125,0 g/ha) na dose de p.c. de 1,5 kg/ha. Utilizou-se os adjuvantes: óleo mineral Assist® 0,5 L/ha, espalhante adesivo Tac Tic® 0,2% v/v e o adjuvante multifuncional TA-35® 0,5% v/v. Na segunda aplicação do Exp. 2, safra 2016, foram utilizados os mesmos produtos descritos acima, exceto o mancozebe.

O auxílio à barra, consta de uma série de correntes distanciadas entre si em 0,20 m e posicionadas verticalmente, a 0,40 m na frente da barra de pulverização, sendo as suas extremidades inferiores unidas por um cordão (Figura 3). Esse mecanismo ocasiona a inclinação das plantas para frente, causando uma oscilação para frente e para trás das espigas, com a possibilidade de favorecer a maior captação de gotas da pulverização pelas mesmas e também pelas folhas de trigo.

Figura 3 - Ilustração em corte transversal da barra de pulverização equipada com cortina de correntes (a) e imagem da cortina de correntes montada no pulverizador (b), onde os elos das extremidades inferiores foram interligados por um cordão. Passo Fundo, 2018



Fonte: (a) Moura et al. (2017). (b) Dados do autor.

Safra 2016 – Experimentos 1 e 2

Tabela 1 - Composição dos tratamentos utilizados com e sem auxílio à barra, para pulverização de fungicidas no florescimento do trigo cultivar TBIO Toruk, visando ao controle de giberela, safra de 2016. Passo Fundo, 2018

(Continua)

Trat.	Modelo de bico/ponta	Tamanho de gota (μm) ¹	Pressão de operação (bar)
Testemunha 1 (sem fungicida todo ciclo)		-	-

Tabela 1 - Composição dos tratamentos utilizados com e sem auxílio à barra, para pulverização de fungicidas no florescimento do trigo cultivar TBIO Toruk, visando ao controle de giberela, safra de 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Modelo de bico/ponta	Tamanho de gota (μm) ¹	(Conclusão)
			Pressão de operação (bar)
	Testemunha 2 (controle doenças foliares)	-	-
1	Teejet Duo ² com pontas TT 11001 60° para frente e 60° para trás	Média (250-350)	3,0
2	Teejet Duo com XR 11001 45° p/ frente + TT 11001 60° p/ trás	Fina (100-250) + Média (250-350)	3,0
3	Teejet Duo com TT 11001 60° p/ frente + XR 11001 45° p/ trás	Média (250-350) + Fina (100-250)	3,0
4	Jatos planos duplos com indução de ar Teejet AI 3070 30° p/ frente e 70° p/ trás	Média (250-350)	5,0
5	Jatos planos duplos Teejet TJ60 11002 30° p/ frente e 30° p/ trás	Muito Fina (<150)	3,0

¹O tamanho das gotas leva em consideração a pressão de trabalho utilizada e as informações obtidas do fabricante das pontas. ²Teejet Duo é um corpo de bico duplo, com angulação de 90° entre as duas saídas, o que permite direcionar um jato para frente e outro para trás.

Tabela 2 - Composição dos tratamentos utilizados com e sem auxílio à barra, para pulverização de fungicidas no florescimento do trigo cultivar TBIO Sossego, visando ao controle de giberela, safra 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Modelo de bico/ponta	Tamanho de gota (μm) ¹	Pressão de operação
			(bar)
	Testemunha 1 (sem fungicida todo ciclo)	-	-
	Testemunha 2 (controle doenças foliares)	-	-
1	Teejet Duo ² com pontas TT 11001 60° para frente e 60° para trás	Média (250-350)	3,0
2	Teejet Duo com XR 11001 45° p/ frente + TT 11001 60° p/ trás	Fina (150-250) + Média (250-350)	3,0
3	Teejet Duo com TT 11001 60° p/ frente + XR 11001 45° p/ trás	Média (250-350) + Fina (150-250)	3,0
4	Jatos planos duplos com indução de ar Teejet AI 3070 30° p/ frente e 70° p/ trás	Média (250-350)	5,0
5	Jatos planos duplos Teejet TJ60 11002 30° p/ frente e 30° p/ trás	Muito Fina (<150)	3,0
6	Jatos planos triplos ³ ADT 11002 40° p/ frente e 40° p/ trás	Média (250-350)	4,0

¹O tamanho das gotas leva em consideração a pressão de trabalho utilizada e as informações obtidas do seu fabricante. ²Teejet Duo é um corpo de bico duplo, com angulação de 90° entre as duas saídas, o que

permite direcionar um jato para frente e outro para trás. ³As pontas ADT originam três jatos planos com ângulo de abertura de 110°, sendo um direcionado na vertical, um voltado pra frente e outro para trás, ambos formando ângulo de 40° com a vertical.

Safra 2017 – Experimento 1

Tabela 3 - Composição dos tratamentos utilizados com e sem auxílio à barra, para pulverização de fungicidas no florescimento do trigo cultivar TBIO Toruk, visando ao controle de giberela, safra de 2017. Passo Fundo, 2018

Trat.	Modelo de bico/ponta	Tamanho de gota (µm) ¹	Pressão de operação (bar)
	Testemunha (sem fungicida todo ciclo)	-	-
1	Teejet Duo ² com pontas TT 11001 60° para frente e 60° para trás	Média (250-350)	3,0
2	Teejet Duo com TT 11001 60° p/ frente + XR 11001 45° p/ trás	Média (250-350) + Fina (150-250)	3,0
3	Jatos planos triplos ADT ³ 11002 40° p/ frente e 40° p/ trás	Média (250-350)	4,0
4	Jatos planos duplos com indução de ar Teejet AI 3070 30° p/ frente e 70° p/ trás	Média (250-350)	5,0
5	Jatos planos duplos Teejet TJ60 11002 30° p/ frente e 30° p/ trás	Muito Fina (<150)	3,0
6	Teejet XR 11002	Fina (150-250)	3,0

¹O tamanho das gotas leva em consideração a pressão de trabalho utilizada e as informações obtidas do seu fabricante. ²Teejet Duo é um corpo de bico duplo, com angulação de 90° entre as duas saídas, o que permite direcionar um jato para frente e outro para trás. ³As pontas ADT originam três jatos planos com ângulo de abertura de 110°, sendo um direcionado na vertical, um voltado pra frente e outro para trás, ambos formando ângulo de 40° com a vertical.

4.3.4 Procedimentos

Para o cultivo da safra de 2016 a semeadura foi realizada em 04/07/2016 de ambas as cultivares e da safra de 2017, em 10/07/2017. A densidade de semeadura foi de 325 sementes m², com adubação de base com 300 kg/ha, fórmula comercial 08-25-20 (N-P₂O₅-K₂O); efetuou-se aplicação de ureia na dose de 200 kg/ha, subdividida em duas aplicações de 100 kg/ha cada, no estágio de perfilhamento do trigo e em pré-emborrachamento, estádios 20 e 37 (ZADOKS; CHANG; KONZAK, 1974), respectivamente.

Em relação às parcelas para a safra de 2016, Exp. 1, mediram individualmente 2,9 m de largura x 12 m de comprimento, com área de 34,8 m²; Exp. 2 mediram 2,9 m de largura x 10 m de comprimento, com área de 29 m², compreendendo 17 linhas de semeadura com espaçamento de 0,17 m entre linhas. Para a safra de 2017, as parcelas tiveram 2,9 m de largura x 12,5 m de comprimento, com área de 36,25 m².

Os tratos culturais nos experimentos foram realizados conforme os critérios estabelecidos pelas indicações técnicas para a cultura do trigo da safra 2016 (CUNHA; CAIERÃO; ROSA, 2016) e 2017 (SILVA; BASSOI; FOLONI, 2017), respectivamente.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas com auxílio de um pulverizador Jacto® modelo Falcon Vortex, com capacidade para 600 L, montado a um trator com potência de 75 cv no motor, ajustando-se a velocidade de deslocamento para distribuir um volume de calda de 200 L/ha. Em todos os tratamentos a distância entre os bicos na barra de pulverização foi de 0,50 m e a altura da barra em relação ao topo da cultura foi mantida entre 0,30 e 0,40 m. Durante as aplicações foram realizadas as medições das seguintes condições meteorológicas: velocidade do vento (km/h), temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) (Tabela 4).

Tabela 4 - Intervalo mínimo e máximo das condições meteorológicas, obtidas durante as aplicações dos tratamentos, em ambas as safras e experimentos. Passo Fundo, 2018

Safra	Experimento	T °C	UR (%)	Vento (km/h)
2016	1 e 2*	21,6 - 22,2	78,1 – 80,3	6,8 - 7,2
2016	2**	18,9 – 20,7	82,0 – 86,0	4,4 - 4,8
2017	1	28,7 – 31,0	49,0 – 60,6	2,7 – 3,4

*Primeira aplicação no Exp.1 e também no Exp. 2. **Segunda aplicação.

4.3.5 Avaliações

Avaliou-se a intensidade de giberela, seguindo a metodologia proposta por Zoldan (2008); além do peso do hectolitro, peso de mil grãos, rendimento de grãos (nas duas safras) e teor de desoxinivalenol (safra 2016, Exp. 2).

a) Intensidade de giberela (%) e eficácia de controle (%)

Quando o trigo atingiu o estágio de maturação fisiológica [estádio 90 escala de Zadoks, Chang e Konzak (1974)] já apresentando os sintomas iniciais da doença, foi amostrada uma fileira central de cada parcela, medindo 1,0 m linear (safra 2016) e 0,5 m linear (safra 2017), escolhida ao acaso. As espigas que encontravam-se dentro desta área foram coletadas e armazenadas em freezer para avaliação.

Foi determinada a incidência em espigas (IE) contando-se as espigas saudas e as doentes (sintomáticas), onde $IE = [(N^\circ \text{ de espigas doentes} / N^\circ \text{ total de espigas na linha}) * 100]$. Determinou-se também a incidência em espiguetas, contando-se as espiguetas saudas e doentes, onde $Ie = [(N^\circ \text{ de espiguetas doentes} / N^\circ \text{ de espiguetas na espiga}) * 100]$. Os valores foram expressos em percentagem de incidência. Com base nestas variáveis, calculou-se a intensidade da doença pela fórmula $[IG = ((IE \times Ie) / 100)]$, onde IG = Intensidade de giberela; IE = incidência em espigas; Ie = incidência em espiguetas (ZOLDAN, 2008).

A eficácia de controle (%) foi calculado utilizando-se a fórmula de Abbot (1925), $[E\% = ((E - F) / E) \times 100]$, onde: E = intensidade média na testemunha; F = intensidade média em cada parcela com aplicações de fungicidas. Para esse cálculo foi utilizada a testemunha “1 - Test” (sem fungicida durante todo o ciclo).

b) Componentes de rendimento

Para todos os componentes de rendimento a umidade dos grãos foi convertida para 13% e as avaliações procederam-se logo após a colheita do trigo.

- Peso do hectolitro (PH): o PH (em kg/hL) foi determinado em cada parcela colhida, em aparelho medidor de peso específico com valores tabelados para o trigo.

- Peso de mil grãos (PMG): foram contadas quatro repetições de 100 grãos por parcela, pesados em balança digital e o valor resultante da pesagem foi extrapolado por regra de três simples para 1000 grãos (em g).
- Rendimento de grãos: quando o trigo atingiu a umidade ideal para colheita, realizou-se a colheita mecanizada das parcelas. A área útil colhida compreendeu a oito linhas de semeadura (largura) *versus* o comprimento total de cada parcela. Calculou-se o rendimento de grãos a partir da correção da umidade e de impurezas em quilogramas por hectare (kg/ha).

4.3.6 Teor de DON em grãos

As análises de DON foram realizadas apenas no Exp. 2 (safra 2016). Após a colheita do trigo, coletou-se uma amostra homogeneizada de 66,6 g de grãos de cada parcela, totalizando-se 200 g de cada tratamento, que foram destinados ao laboratório de Cereais, localizado no CEPA – Centro de Pesquisa em Alimentação da UPF. A partir dos grãos oriundos da amostra, foi realizada a extração da micotoxina pelo método *Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe* (QuEChERS) (ANASTASSIADES; LEHOTAY, 2003) e analisados pela técnica de Cromatografia Líquida com Espectrometria de Massas Sequencial (LC-MS/MS) em triplicata no Laboratório de Cereais CEPA/UPF. Os resultados foram expressos em microgramas por quilograma ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

4.3.7 Deposição de calda

A avaliação de deposição da calda pulverizada nas espigas foi realizada por meio de cartões hidrossensíveis cujas dimensões são de 54 mm x 76 mm. Estes foram montados em torno de um cilindro (tubo de PVC) de 1,0 cm de diâmetro x 8,0 cm de comprimento, (simulando uma “espiga artificial” de trigo), contendo fita adesiva dupla face para adesão dos cartões. As “espigas artificiais” foram suportadas por hastes de ferro (arame com 3,0 mm de diâmetro e 90 cm de altura) contendo um gancho (inflexão em forma de “S”) na extremidade superior.

Figura 4 - Ilustração da espiga artificial de trigo suportada em haste de ferro, após a aplicação de fungicida. Passo Fundo, 2018



Fonte: Dados do autor

Foram colocados cinco cilindros portando cartões hidrossensíveis em uma repetição de cada tratamento, dispostos em cinco pontos aleatórios na parcela. Esta avaliação foi realizada apenas na safra de 2016, Exp. 2, na segunda aplicação de fungicida, nos tratamentos sem auxílio da cortina de correntes na barra. Imediatamente antes da aplicação da calda, os cilindros com os cartões hidrossensíveis foram colocados sobre as estruturas de aço (arames) e imediatamente após a aplicação retirados e armazenados em caixas de papelão e mantidos em local seco. Posteriormente, os cartões foram retirados dos cilindros e as suas imagens digitalizadas gerando imagens de 1200 dpi para posterior análise por meio do software CIR 1.5 (INTA, 2002) para a estimativa do diâmetro médio volumétrico dos impactos das gotas (DMV- μm), da área dos cartões coberta pelos impactos (%) e da densidade de impactos de gotas por cm^2 .

4.3.8 Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, havendo significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade de erro. Em caso de ocorrer interações significativas entre os bicos e modelos de pontas com o auxílio à barra de pulverização, realizou-se os desdobramentos, analisando-se separadamente os efeitos de pontas e bicos dentro de cada configuração da barra, assim como os efeitos do auxílio à barra dentro de cada bico e/ou

modelo de ponta. Em todos os experimentos, as testemunhas foram comparadas com todos os tratamentos, por meio de uma ANOVA simples. Assim, comparou-se todas as médias dos tratamentos, inclusive a testemunha, e no caso de significância, estas foram comparadas pelo teste de Tukey, também a 5% de probabilidade de erro. Na análise estatística dos dados foi utilizado o programa computacional SAEG (SAEG, 1997).

4.4 Resultados e Discussão

A intensidade de giberela média observada nas testemunhas dos experimentos retratam que para a safra de 2016 houve uma baixa intensidade (6,3%) e para a safra de 2017 uma intensidade mais alta (8,9%), sendo 2,6% superior. Provavelmente, na safra 2017, as condições ambientais durante o período de antese dos experimentos foram mais favoráveis a ocorrência de giberela. Especificamente, a temperatura média entre as duas safras (16,8 – 17,2 °C, respectivamente) foi 0,4 °C superior na safra 2017, com maior período de precipitação também nesta safra (dois dias a mais na média de dias chuvosos nos experimentos, sendo sete e nove dias, respectivamente) e volume de 96,8 – 135,1 mm, respectivamente (38,3 mm a mais na safra 2017). Considerando o período de florescimento dos experimentos, na safra 2016, variou de 29/09 a 20/10 e na safra 2017, de 27/09 a 11/10, ambos encontram-se em regiões de médio/alto risco de infecção e ocorrência de giberela (ZOLDAN et al., 2011, p. 96).

Independente da safra de trigo estudada e do experimento executado, percebeu-se que na maioria deles não houve efeito significativo dos tratamentos aplicados sobre a intensidade da doença. A eficácia média de controle de giberela conferida pelos bicos/pontas de pulverização variou de 42 (T3, bico Teejet Duo com pontas XR11001 p/frente e TT11001 p/trás – Exp. 1, safra 2016) a 71% (T1 - bico Teejet Duo com pontas TT 11001 p/frente e p/trás e T6 – jato plano triplo ADT 11002, respectivamente – Exp. 2, safra 2016). Nessa perspectiva, a média das eficácias de controle de giberela variam de 50 - 60% (AVOZANI et al., 2014; PANISSON; REIS; BOLLER, 2002) com dificuldade de ultrapassar estes valores pelo uso de pontas tradicionais, e até mesmo, com configurações específicas para atingir alvos na vertical. Na safra de 2017, as eficácias de

controle foram inferiores a safra de 2016, pelo fato da maior intensidade da doença ter afetado a eficácia de apenas uma aplicação de fungicida. Ressalta-se que uma segunda aplicação teria sido necessária para maximizar o controle da doença, nas condições estudadas.

Safra 2016 – Experimento 1

A cultura teve neste experimento um ciclo (semeadura/colheita) de 139 dias. A precipitação acumulada durante o ciclo foi de 885,9 mm, sendo que o período de antese se estendeu por 15 dias (29/09 a 13/10/2016), neste período, houve uma precipitação de 58,5 mm, distribuídos em quatro dias. A temperatura média do ar foi de 16,0 °C e UR de 68,1%.

Tabela 5 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle (C), peso de mil grãos (PMG) e peso do hectolitro (PH) de grãos de trigo, cultivar TBIO Toruk, em resposta a aplicação de fungicidas com diferentes bicos/pontas de pulverização, na safra de 2016. Passo Fundo, 2018

Tratamentos	Bico/ponta	IG (%)	C (%)	PMG (g)	PH (kg/hL)
Test 1 ¹	-	6,4	0	37,2	73,7
Test 2 ²	-	5,6	13	38,0	72,9
1	Teejet Duo (TD) - duas pontas TT11001	2,5 ^{n.s.}	61	38,2 ^{n.s.}	73,8 ^{n.s.}
2	TD TT11001 p/ frente e XR11001 p/trás	3,3	48	37,7	72,9
3	TD XR11001 p/ frente e TT11001 p/trás	3,7	42	38,7	75,0
4	Teejet AI 3070	3,2	50	38,1	73,8
5	Teejet TJ60 11002	3,6	44	38,6	74,6
Auxílio à barra					
	Com	3,0 ^{n.s.}	53	38,0 ^{n.s.}	73,8 ^{n.s.}
	Sem	3,5	45	38,5	74,3
	C.V.(%)	53,95	-	4,97	2,47

Nota: ^{n.s.} diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

¹Testemunha absoluta (sem fungicida todo ciclo). ²Testemunha com controle de doenças foliares. IE média Test 1 – 51,9%; Ie média Test 1 – 12,1%.

As médias de intensidade de giberela (IG) variaram de 6,4% a 2,5%, sendo que não houve diferenças significativas entre os bicos/pontas, nem respostas à assistência à barra, nas variáveis IG e controle de giberela. As médias de controle variaram de 42% a 61% e estão de acordo com os relatos de Panisson, Boller e Reis (2004). A assistência à barra e os diferentes tipos de bicos/pontas não apresentaram diferenças significativas sobre as variáveis PMG e PH do trigo (Tabela 5). Já, para o rendimento de grãos, houve interações significativas entre assistência à barra e modelo de bico/ponta de pulverização (Tabela 6).

A assistência à barra acarretou em incremento médio no rendimento de grãos, de 749 kg/ha em relação à barra de pulverização convencional. Pontas de pulverização que geram gotas finas tendem a produzir uma melhor qualidade na deposição das gotas (maior número de densidade de gotas) do que pontas com gotas médias (DERKSEN et al., 2010). Este fato, aliado a assistência à barra, pode ter contribuído para uma melhor deposição de calda sobre outros órgãos do trigo, além das espigas, e ter acarretado em incremento de rendimento. Sem assistência à barra, o uso da ponta Teejet AI 3070 proporcionou o maior rendimento de grãos, sendo ainda semelhante ao corpo duplo Teejet Duo com duas pontas TT 11001. Segundo Halley et al. (2008) o uso de jatos na vertical favorece a deposição de gotas da calda fungicida sobre as folhas e o solo, porém não deposita eficientemente sobre as espigas. Por esse motivo, faz-se necessário o uso de jatos direcionados em angulações distintas para aumentar a deposição de gotas nas espigas e melhorar o controle de giberela.

Ao utilizar a assistência à barra, a pulverização dos fungicidas com auxílio dos corpos de bicos duplos Teejet Duo equipados com pontas TT11001 voltadas para frente e pontas XR11001 voltadas para trás (Tratamento 2), gerou o menor rendimento de grãos (Tabela 6). Por outro lado, o tratamento com corpos duplos equipados com pontas XR11001 voltadas para frente e pontas TT11001 voltadas para trás (T3), assim como o tratamento com as pontas Teejet AI 3070 (T4), resultaram em rendimentos superiores ao T2, mas não se diferenciaram dos demais tratamentos. Cabe ressaltar ainda, que os maiores incrementos no rendimento de grãos, devidos aos tratamentos para controle da

giberela variaram entre 1682 e 1496 kg/ha, respectivamente, em comparação a testemunha absoluta (sem fungicida) e a testemunha onde somente foram controladas as doenças foliares. Na mesma ordem, os menores incrementos foram de 431 e de 245 kg/ha.

Tabela 6 - Rendimento de grãos (kg/ha) de trigo, cultivar TBIO Toruk, em função da aplicação de fungicidas para o controle de giberela com diferentes bicos/pontas de pulverização com e sem assistência à barra do pulverizador, na safra 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Bico/ponta de pulverização	Assistência à barra	
		Com assistência ¹	Sem assistência ²
1	TD duas pontas TT11001	A 5223 ab*	A 4733 ab
2	TD TT11001 f/ e XR11001 t/	A 4976 b	B 4349 bc
3	TD XR11001 f/ e TT11001 t/	A 5442 a	B 4191 c
4	Teejet AI 3070	A 5352 a	B 4849 a
5	Teejet TJ60 11002	A 5127 ab	B 4251 c
	Test 1		3760
	Test 2		3946
	C.V.(%)	3,28	6,67

Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, dentro de cada coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

¹Os tratamentos Test 1 e Test 2 foram estatisticamente semelhantes entre si. Ambos os valores foram significativamente inferiores (Tukey a 5%) a todos os tratamentos com assistência à barra.

²Os rendimentos de grãos obtidos quando os tratamentos para o controle da giberela foram pulverizados sem assistência à barra, não se diferenciaram daqueles obtidos nas duas testemunhas.

Safra 2017 – Experimento 2

A cultura teve neste experimento um ciclo de 149 dias. A precipitação acumulada durante o ciclo foi de 906,8 mm, sendo que o período antese se estendeu por 15 dias (05/10 a 20/10/2016), nesta ocasião, houve uma precipitação de 292,8 mm, distribuídos em 10 dias. A temperatura média do ar foi de 17,5 °C e UR de 76,8%.

Quanto as variáveis estudadas que avaliaram a deposição de calda nas espigas de trigo (Tabela 7), a densidade de gotas foi maior no tratamento 5 (pontas de jatos planos duplos Teejet TJ60 11002 30° p/ frente e 30° p/ trás), não diferindo estatisticamente dos

tratamentos (3 e 4). Os jatos planos duplos em angulações de 30° podem ter favorecido a deposição de um maior número de gotas, somado a pulverização desta ponta de gotas finas (PANISSON; BOLLER; REIS, 2004). Ainda, as pontas de jato plano duplo TJ60 que geram gotas muito finas, proporcionaram maior cobertura (16,1%) do que a ponta AI 3070 com gotas médias (11,8%), mesmo assim, não conferiu os melhores controle de giberela. Em relação ao DMV (que classifica as gotas conforme o seu tamanho), as pontas foram estatisticamente iguais entre si, exceto o tratamento 5, com menor valor (264,0). Este igualou-se aos tratamentos 1 e 2.

Tabela 7 - Densidade de impactos de gotas, diâmetro médio volumétrico (DMV) e área de cobertura, estimados pela análise dos cartões hidrossensíveis (espigas artificiais) em função da aplicação com diferentes modelos de bico/ponta de pulverização para o controle de giberela, cultivar TBIO Sossego, safra 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Bico/ponta de pulverização	Densidade (N/cm ²)	DMV (µm)	Cobertura (%)
1	TD - duas pontas TT11001	246,4 b*	378,7 ab	13,5 ab
2	TD TT11001 f/ e XR11001 t/	254,2 b	326,3 ab	14,2 ab
3	TD XR11001 f/ e TT11001 t/	308,2 ab	435,2 a	15,4 ab
4	Teejet AI 3070 30° f/ e 70° t/	257,2 ab	421,4 a	11,8 b
5	Teejet TJ60 11002 30° f/ e 30° t/	427,4 a	264,0 b	16,1 a
6	ADT 11002 40° f/, vertical e 40° t/	201,2 b	425,9 a	14,8 ab
C.V. (%)		30,78	15,49	14,56

Nota: *Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quando se compara o DMV e a cobertura (Tabela 7), este trabalho confirma que quanto menor o DMV, maior será a área coberta (BOLLER, 2007). Resultados de pesquisa indicam que o uso de jatos planos duplos tende a aumentar a cobertura das espigas e resultar em redução da giberela (NICHOLSON et al., 2003).

Os resultados das aplicações em lavouras podem ser altamente variáveis, sendo que, de modo geral, o nível de sucesso determina-se pela intensidade e uniformidade da cobertura do alvo (MENEGHETTI, 2006). Nesse sentido, a cobertura estimada das espigas foi maior no tratamento 5 (16,1%) diferindo significativamente apenas do

tratamento 4 (Teejet AI 3070 30° p/ frente e 70° p/ trás) com 11,8% de cobertura, (4,3% a menos). Sendo assim, pontas que geram gotas finas geralmente conferem uma maior cobertura, pelo fato de não causarem escorrimento, quando a aplicação for realizada em condições ideais (MENEGHETTI, 2006). No entanto, o tratamento 6 (jatos planos triplos ADT 11002 40° p/ frente e 40° p/ trás) que proporcionou gotas grossas, ficou numa situação intermediária quanto a cobertura, mas conferiu juntamente com o tratamento 1, as maiores eficácias de controle de giberela (Tabela 8).

Tabela 8 - Intensidade de giberela (IG), eficácia de controle (C), peso de mil grãos (PMG), peso do hectolitro (PH) e rendimento de grãos de trigo, cv. TBIO Sossego, em resposta a aplicação dos tratamentos, na safra de 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Bico/ponta	IG (%)	C (%)	PMG (g)	PH (kg/hL)	Rendimento (kg/ha)
Test 1 ¹	-	6,2	0	33,51	71,20	4311
Test 2 ²	-	7,0	-	33,12	71,02	5026
1	TD TT11001	1,8 ^{n.s.}	71	33,55 ^{n.s.}	71,52 ^{n.s.}	4847 ab*
2	TD TT11001 f/ e XR11001 t/	2,3	63	34,12	71,40	4570 b
3	TD XR11001 f/ e TT11001 t/	2,1	66	34,48	71,65	5178 a
4	Teejet AI 3070	2,1	66	34,40	71,10	5017 ab
5	Teejet TJ60 11002	2,2	65	34,55	71,72	4959 ab
6	ADT 11002	1,8	71	34,38	71,58	5019 ab
Auxílio à barra						
	Com	2,07 ^{n.s.}	67	34,39 ^{n.s.}	71,25 ^{n.s.}	5056 a
	Sem	2,02	67	34,10	71,74	4807 b
	C.V.(%)	51,82	-	2,62	1,05	5,64

Nota: *Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ^{n.s.}diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

¹Testemunha absoluta (sem fungicida todo ciclo). ²Testemunha com controle de doenças foliares. IE média Test 1 – 32,8%; Ie média Test 1 – 18,6%.

Não houve diferenças significativas entre bicos/pontas, nem respostas à assistência à barra, nas variáveis IG, PMG e PH (Tabela 8). Quanto ao controle a maior eficácia (71%) foi obtida nos tratamentos T1 (Teejet Duo com pontas TT 11001 60° para frente e 60° para trás) e T6 (Jatos planos triplos ADT 11002 40° p/ frente e 40° p/ trás). Houve

diferenças entre os modelos de bicos/pontas quanto ao rendimento de grãos, em que, o T3 (Teejet Duo com XR 11001 45° p/ frente + TT 11001 60° p/ trás) foi superior ao T2 (Teejet Duo com TT 11001 60° p/ frente + XR 11001 45° p/ trás), porém ambos não se diferenciaram dos demais. Além disso, o uso da assistência à barra proporcionou ganho de 248,5 kg/ha em comparação à barra convencional. Os tratamentos Test 1 e Test 2, obtiveram médias de rendimento semelhante aos demais tratamentos, fato este, que pode ser atribuído a baixa severidade de doenças foliares, e de giberela, somado as características de resistência da cultivar e a favorabilidade das condições meteorológicas para o trigo durante a safra 2016.

Para as médias de DON houve interação significativa entre as variáveis estudadas (Tabela 9). Com assistência à barra, não houve diferença significativa entre as pontas, porém, sem assistência, o tratamento T4 (jatos planos duplos Teejet AI 3070 30° p/ frente e 70° p/ trás) resultou na maior concentração da toxina e o tratamento T6 na menor, não diferindo do T1. Estes mesmos tratamentos (1 e 6 – sem auxílio à barra) conferiram um controle de DON de 12,1 e 18,6%, respectivamente, quando comparados ao tratamento Test 1. Estes valores estão acima dos encontrados pelo estudo de Reynaldo e Machado (2017), obtendo um valor máximo de controle de DON (9,2%) com a ponta Turbo Drop 11002, com dupla angulação.

O uso da cortina de correntes representou em média, um controle de DON de 5,3% enquanto a barra tradicional de 7,4% (2,1% superior). Em média, a interação entre o uso da assistência dependendo do modelo de bico/ponta proporcionou aumento na concentração de DON em 15,6 µg/kg. Todos os resultados ficaram abaixo do limite máximo tolerável (ano 2017 - 1250 µg/kg) para a comercialização de grãos de trigo integral e farelo (BRASIL, 2013). Em trabalho realizado com diferentes modelos de pontas de pulverização para o controle de giberela em cevada, não houve diferença significativa entre os modelos quanto ao rendimento e nos níveis de desoxinivalenol em grãos (REYNALDO; MACHADO, 2017). Portanto, os modelos de bico/ponta de pulverização têm influência sobre o acúmulo de DON em trigo, não dependendo apenas do fungicida utilizado para o controle.

Tabela 9 - Concentração de DON (1) em grãos de trigo, cv. TBIO Sossego, em função da aplicação de fungicidas para o controle de giberela na safra 2016. Passo Fundo, 2018

Trat.	Bico/ponta de pulverização	ASSISTÊNCIA À BARRA	
		Com assistência	Sem assistência
1	TD - duas pontas TT11001	A 737,9 a	B 650,0 cd*
2	TD TT11001 f/ e XR11001 t/	A 681,6 a	A 667,3 bc
3	TD XR11001 f/ e TT11001 t/	A 679,7 a	A 694,4 bc
4	Teejet AI 3070 30° f/ e 70° t/	A 728,1 a	A 788,0 a
5	Teejet TJ60 11002 30° f/ e 30° t/	B 658,0 a	A 707,6 b
6	ADT 11002 40° f/ e 40° t/	A 717,6 a	B 602,1 d
Test 1 ²		739,3	
Test 2		738,1	
C.V. (%)		5,02	2,61

Nota: *Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

(1) Em µg/kg.

²A testemunha absoluta (sem aplicação de fungicida em todo o ciclo) e a testemunha onde foram aplicados fungicidas somente para o controle de doenças foliares foram estatisticamente semelhantes entre si e somente se diferenciaram (Tukey a 5%) dos tratamentos T1 e T6 sem assistência à barra de pulverização.

Safra 2017 – Experimento 1

A cultura teve neste experimento um ciclo de 136 dias. A precipitação acumulada durante o ciclo foi de 731,2 mm, sendo que o período antese se estendeu por 15 dias (27/09 a 11/10/2017), neste, houve uma precipitação de 195,2 mm, distribuídos em nove dias. A temperatura média do ar foi de 18,1 °C e UR de 75,1%.

Não houve diferenças significativas entre bicos/pontas, nem respostas à assistência à barra, nas variáveis de incidência em espigas (IE), incidência em espiguetas (Ie) e IG (Tabela 10). A média da IE, Ie e IG entre os modelos de bico/ponta foi de 54,2; 12,4 e 6,7%, respectivamente. A maior eficácia de controle foi obtida no tratamento 6 (pontas de jato plano simples Teejet XR 11002), que formam gotas finas. Esse mesmo modelo de ponta de pulverização, proporcionou um dos melhores comportamentos na deposição de calda em anteras de trigo, sendo recomendada pelo trabalho realizado por Panisson,

Boller e Reis (2004). Com o uso da assistência a barra, o controle de giberela foi 13% superior a barra tradicional, mesmo com as baixas eficácias de controle obtidas.

Tabela 10 - Incidência de giberela em espigas (IE), incidência em espiguetas (Ie), intensidade de giberela (IG) e eficácia de controle (C), em trigo cv. TBIO Toruk, como resposta a aplicação de fungicidas com diferentes bicos e pontas de pulverização e ao auxílio à barra, na safra de 2017. Passo Fundo, 2018

Trat.	Bico/ponta	IE (%)	Ie (%)	IG (%)	C (%)
Test. ¹	-	62,4	14,3	8,9	-
1	TD - duas pontas TT 11001	52,7 ^{n.s.}	12,6 ^{n.s.}	6,6 ^{n.s.}	26
2	TD TT 11001 + XR 11001	56,7	12,0	6,8	24
3	ADT 11002	52,7	13,1	6,9	23
4	Teejet AI 3070	53,8	12,3	6,6	26
5	Teejet TJ60 11002	57,3	12,8	7,3	18
6	Teejet XR 11002	52,1	11,8	6,1	31
Auxílio à barra					
	Sem	57,5 a*	12,9 ^{n.s.}	7,4 a	17
	Com	51,0 b	12,0	6,2 b	30
	C.V.(%)	13,14	14,38	23,00	-

Nota: *Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ^{n.s.} diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

¹O tratamento Testemunha (sem fungicida em todo o ciclo), foi estatisticamente igual (Tukey a 5%) a todos os modelos de bico/pontas, para as variáveis IE e Ie. Para IG não diferiu-se dos tratamentos 1, 3, 4, 5 e 6 sem auxílio à barra e dos tratamentos 2 e 5 com auxílio.

Os valores de PH e rendimento de grãos não sofreram influência dos tratamentos aplicados (Tabela 11). A média para estas variáveis entre os modelos de bico/ponta de pulverização foi de 67,96 kg/hL e 1810,1 kg/ha (30,2 sacas/ha). As médias de PH ficaram abaixo do mínimo exigido (PH \geq 78,00 kg/hL) para comercialização de trigo em saca de 60 kg, estando na classificação “fora de tipo” (PH < 72,00 kg/hL) (CONAB, 2017). Para PMG, houve efeito significativo dos modelos de bico/ponta e também do fator auxílio a barra, porém não houve interação entre ambos. O maior valor de PMG foi obtido no tratamento T5 (pontas de jatos planos duplos Teejet TJ60 11002), diferindo apenas dos tratamentos 1 e 2. Os tratamentos aplicados sem o auxílio à barra tiveram uma média de

PMG maior do que aqueles aplicados com o auxílio à barra. Em termos absolutos o fator sem auxílio a barra proporcionou maior incremento de rendimento e também de PH.

Tabela 11 - Peso do hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMG) e rendimento de grãos de trigo, cv. TBIO Toruk, em resposta a aplicação dos tratamentos, na safra de 2017. Passo Fundo, 2018

Trat.	Bico/ponta	PH (kg/hL)	PMG (g)	Rendimento (kg/ha)
Test. ¹	-	64,63	28,28	1556
1	TD - duas pontas TT 11001	67,67 ^{n.s.}	29,01 b*	1839 ^{n.s.}
2	TD TT 11001 + XR 11001	68,16	29,49 b	1869
3	ADT 11002	68,39	30,24 ab	1793
4	Teejet AI 3070	67,49	29,77 ab	1776
5	Teejet TJ60 11002	67,88	31,10 a	1793
6	Teejet XR 11002	68,19	30,33 ab	1789
Auxílio à barra				
	Sem	68,06 ^{n.s.}	30,51 a	1808 ^{n.s.}
	Com	67,86	29,47 b	1794
	C.V.(%)	1,51	3,23	8,54

Nota: *Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. ^{n.s.} diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

¹O tratamento Test. (sem fungicida em todo o ciclo), para PH, foi estatisticamente diferente (Tukey a 5%) de todos os tratamentos. Para o PMG, Test. foi igual aos modelos de bico/pontas 2, 3, 4 e 6 (sem auxílio à barra); 3 e 5 (com auxílio). Para rendimento de grãos a Testemunha diferenciou-se apenas do tratamento 2 (sem auxílio à barra).

Quando se compara as duas safras de trigo e as cultivares utilizadas, percebe-se que houve variação nas repostas dos atributos estudados quanto ao fator com/sem auxílio à barra. Também, de maneira geral, os modelos de bico/ponta de pulverização não se diferenciaram entre si, principalmente, na redução da intensidade de giberela e nas médias de PH.

Com base nos resultados obtidos na safra de 2017, uma aplicação adicional dos tratamentos teria gerado resultados mais consistentes e maximizado a eficácia de controle de giberela. Outros resultados de pesquisa já determinaram que a consistência de resultados para o controle de giberela e redução de micotoxinas está relacionado a uma complexidade de diversos fatores, como o momento e número de aplicações, a própria

tecnologia de aplicação empregada, e principalmente as condições ambientais decorridas entre o florescimento e a colheita do trigo (SPOLTI et al., 2013; TIBOLA et al., 2013).

4.5 Conclusões

Os modelos de ponta de pulverização interferem no controle de giberela, refletindo no rendimento de grãos. O uso ou não do auxílio à barra proporciona incrementos no rendimento de grãos que são variáveis conforme a cultivar e a safra de trigo. Este mesmo fator, apresenta-se variável no efeito sobre a intensidade da doença. As cultivares de trigo respondem de maneira distinta sobre os tratamentos aplicados, dependendo do nível de resistência genética tanto às doenças foliares quanto às de espiga e das condições ambientais decorridas em cada safra de cultivo.

A interação entre os modelos de bico/ponta de pulverização e o auxílio à barra têm influência sobre o acúmulo de toxinas DON em trigo, não dependendo apenas do fungicida utilizado para o controle. Nesse sentido, com base nas condições do estudo, os modelos de bico/pontas mais eficientes para o controle de giberela e redução de toxinas DON são Teejet Duo com duas pontas TT 11001 60° p/ frente e p/ 60° trás, e, jatos planos triplos ADT 11002 40° p/ frente e 40° p/ trás.

5 CONCLUSÃO GERAL

Confirma-se a hipótese de que os fungicidas dos diferentes grupos químicos têm influência sobre a intensidade da doença em espigas. Com base no estudo, o fungicida carbendazim, do grupo químico benzimidazol, utilizado isoladamente é o mais eficiente no controle de giberela em trigo. A associação do fungicida ditiocarbamato (mancozebe) ao fungicida benzimidazol (carbendazim) e/ou a mistura comercial de triazol + estrobilurina (metconazol + piraclostrobina) contribui para o controle de giberela em relação a associação com outros grupos químicos sistêmicos. A utilização da piraclostrobina interfere na intensidade de giberela em espigas e no acúmulo de DON em grãos. Este fungicida, em maior dose e em aplicação sequencial, tem efeitos variáveis sobre a produção da micotoxina pelo fungo, quanto ao momento da aplicação e da dose, há efeitos variáveis no acúmulo da toxina, podendo ser potencializada dependendo da safra de cultivo e da intensidade da doença. As aplicações sequenciais das misturas comerciais estudadas que contêm o grupo químico carboxamida, exceto a mistura de estrobilurina + triazolintiona + carboxamida (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen), não reduzem a intensidade de giberela e conseqüentemente conferem uma eficácia de controle inferior.

Os modelos de bico/ponta de pulverização interferem no controle de giberela, refletindo no rendimento de grãos. O uso ou não do auxílio à barra proporciona incrementos no rendimento de grãos que são variáveis conforme a cultivar e a safra de trigo. Este mesmo fator, apresenta-se variável no efeito sobre a intensidade da doença. As cultivares de trigo respondem de maneira distinta sobre os tratamentos aplicados. A interação entre os modelos de bico/ponta de pulverização e o auxílio à barra têm influência sobre o acúmulo de toxinas DON em trigo, não dependendo apenas do fungicida utilizado para o controle. Nesse sentido, com base nas condições do estudo, os modelos de bico/pontas mais eficientes para o controle de giberela e redução de toxinas

DON são Teejet Duo com duas pontas TT 11001 60° p/ frente e p/ 60° trás (gotas finas), e, jatos planos triplos ADT 11002 40° p/ frente e 40° p/ trás (gotas médias).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente busca por novas soluções tecnológicas para a cultura do trigo é baseada, em sua natureza, na pesquisa de novas estratégias de manejo de doenças, dentre as quais, as de difícil controle, como o caso da giberela. O manejo dessa doença, engloba a necessidade de melhoria das tecnologias de aplicação de fungicidas, visando o aumento da eficiência do controle químico. Não obstante, quanto a qualidade tecnológica do trigo, a preocupação da cadeia triticultora quanto as exigências nacionais, pela consonância com a legislação vigente que estabelece os limites máximos toleráveis de DON e outras micotoxinas em alimentos e subprodutos, segue desafiadora e necessita da continuidade de pesquisas na área, a fim de, evitar a desvalorização do produto e as consequências da toxina aos consumidores.

Dessa forma, o grupo químico de fungicidas mais eficaz no controle de giberela em aplicações isoladas, é benzimidazol. Este mesmo fungicida quando associado ao grupo ditiocarbamato, melhora a eficácia de controle. Dentre os grupos químicos das misturas comerciais testadas, triazol + estrobilurina (metconazol + piraclostrobina) associada a ditiocarbamato também apresentou melhoria na eficácia de controle. Deve-se ter cautela nas aplicações sequenciais do grupo estrobilurina isolado, especialmente a piraclostrobina, pois seus efeitos tendem a aumentar a intensidade da doença na espiga e apresentam-se variáveis no acúmulo de DON em grãos.

No que tange a tecnologia de aplicação de fungicidas, o uso do auxílio a barra pela cortina de correntes não apresenta efeito sobre a intensidade da doença, nem mesmo os modelos de ponta testados, porém o mesmo não ocorre sobre o rendimento do trigo, o qual é beneficiado pelo seu uso. Com base no estudo, a interação entre os modelos de bico/ponta de pulverização e o auxílio à barra têm influência sobre o acúmulo de toxinas DON em grãos de trigo, resultado da eficácia de controle da doença em espigas, não dependendo apenas do fungicida utilizado para o controle.

REFERÊNCIAS

- ABBOT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal Economic Entomology**, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- ABITRIGO. **O trigo na história**. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. 2016. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.04.00>>. Acesso em: 20. mai. 2011.
- ALVES, R. H. **Reação de resistência à giberela em cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) avaliada em condições de campo e casa de vegetação**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2010.
- AMARASINGHE, C. C.; TAMBURIC-ILINCIC, L.; GILBERT, J.; BRÛLÉ-BABEL, A. L.; FERNANDO, W.G.D. Evaluation of different fungicides for control of Fusarium head blight in wheat inoculated with 3ADON and 14 ADON chemotypes of *Fusarium graminearum* in Canada. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 35, n. 4, p. 200-208, 2013.
- ANASTASSIADES, M. e LEHOTAY, S. J. Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and “Dispersive Solid-Phase Extraction” for the Determination of Pesticide Residues in Produce. **Journal of AOAC International**, v. 86, n. 2, p. 412–431, 2003.
- ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Linea Creativa, 2010.
- ANDERSEN, A.L. The development of *Gibberella zeae* head blight of wheat. **Phytopathology**, v. 38, 599-611, 1948.
- ANDERSEN, K. F.; MORRIS, L.; DERKSEN, R. C.; MADDEN, L. V.; PAUL, P. A. Rainfastness of prothioconazole + tebuconazole for fusarium head blight and deoxinivalenol management in soft red winter wheat. **Plant Disease**, v. 98, n. 10, p. 1398-1406, out, 2014.
- ANDRIOLLI, C. F.; CASA, R. T.; KUHNEM, P. R.; BOGO, A.; ZANCAN, R. L.; REIS, E. M. Timing of fungicide application for the control of *Gibberella* ear rot of maize. **Tropical Plant Pathology**, v. 41, n. 4, p. 264-269, 2016.

ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineering) Standard S572.1: Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, MI: **ASABE**, 2009.

AUDENAERT, K.; CALLEWAERT, E.; HÖFTE, M.; SAEGER, S. D.; HAESAERT, G. Hydrogen peroxidase induced by the fungicide prothioconazole triggers deoxynivalenol (DON) production by *Fusarium graminearum*. **BMC Microbiology**, v. 10, n. 112, p. 2-14, 2010.

AVOZANI, A.; REIS, E. M.; TONIN, R. B. In vitro sensitivity reduction of *Fusarium graminearum* to DMI and QoI fungicides. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 4, p. 358-364, 2014.

AVOZANI, A.; TONIN, R. B.; REIS, E. M.; CAMERA, J.; RANZI, C. In vitro sensitivity of *Fusarium graminearum* isolates to fungicides. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 3, p. 231-247, 2014.

BACALTCHUK, B.; CHAVES, M. S.; LIMA, M. I. P. M.; COSTAMILAN, L. M.; MACIEL, J. L. N.; SALVADORI, J. R.; GAMBATTO, A. **Características e cuidados com algumas doenças de trigo**. Empraba Trigo, Passo Fundo, 2006. (Documentos online – 64).

BATURO-CIESNIEWSKA, A.; LUKANOWSKI, A.; KOLENDA, M. Effect of fungicide application on Wheat Head Blight, occurrence of *Fusarium* spp. and mycotoxin production. **Plant Breeding and Seed Science**, v. 63, p. 30-38, 2011. (Suplemento)

BEYER, M.; KLIX, M. B.; KLING, H.; VERREET, J. A. Quantifying the effects of previous crop, tillage, cultivar and triazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain – a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 113, n. 6, p. 241-246, 2006.

BIOTRIGO. **Cultivares: Tbio Toruk e Tbio Sossego**. 2016. Disponível em: <<http://www.biotrigo.com.br/cultivares/internaCultivar.php?empresa=1&id=32>> Acesso em: 16. Jun. 2016.

BISSONNETTE, K. M.; KOLB, F. L.; AMES, K. A. BRADLEY, C. A. Effect of fusarium head blight management practices on mycotoxin contamination of wheat straw. **Plant Disease**, (aceito para publicação), 2018.

BOLLER, W. Resposta da tecnologia de aplicação de defensivos em relação à concepção atmosférica visando o controle de doenças em plantas. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 113-116, 2007.

BONFADA, E. B.; KORCELSKI, C.; GOI, P. T.; ODORCICK, B. M. BASSO, S. M. S.; DEUNER, C. C. Infecção de *Fusarium graminearum* em espigas de trigo dependendo da evolução da antese. In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 11. Cascavel, 2017. **Anais da 11ª RCBPTT**. Cascavel: Coodetec, 2017.

BOTTALICO, A.; PERRONE, G. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. **European Journal of Plant Pathology**, v.108, n. 7, 611-624, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. **Regulamento técnico sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos**. Brasília, DF, Diário Oficial da União, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 59, de 26 de dezembro de 2013. **Regulamento técnico sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos**. Brasília, Diário Oficial da União, 2013.

BRUSTOLIN, R.; REIS, E. M.; BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de fungicidas. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 253-264.

CASA, R. T.; BOGO, A.; MOREIRA, E. N.; KUHNEM JUNIOR, P. R. Época de aplicação e desempenho de fungicidas no controle da giberela em trigo. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1558-1563, 2007.

CASA, R. T.; KUHNEM JUNIOR, P. R. Danos causados nos hospedeiros. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 73-86.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; BLUM, M. M. C.; BOGO, A.; SCHEER, O.; ZANATA, T. Danos causados pela infecção de *Gibberella zeae* em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 289-293, 2004.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. **Normas específicas de trigo – safra 2017/2018**. Comunicado CONAB/MOC n. 13 – Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/conabweb/moccentro.php?aMOC=424>> Acesso em 11.01.2018.

CONAB - Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos; safra 2017/2018 – janeiro de 2018**. Vol. 5, n. 4 – Brasília: Conab, 2018.

CORREA, D.; NAKAI, E. H.; MARCO JUNIOR, J. de.; COSTA JUNIOR, A. C. da. Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares do trigo no Paraná. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 1, p. 20-28, 2013.

COWGER, C.; ARELLANO, C. *Fusarium graminearum* infection and deoxinivalenol concentrations during development of wheat spikes. **Phytopathology**, v. 103, n. 5, p. 460-471, 2013.

CUNHA, G. R. DA.; CAIERÃO, E.; ROSA, A. C. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2016 / 9ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2016. (Boletim Técnico, safra 2016).

D'ANGELO, D. L.; BRADLEY, C. A.; AMES, K. A.; WILLYERD, K. T.; MADDEN, L. V.; PAUL, P. A. Efficacy of fungicide applications during and after anthesis against Fusarium Head Blight and deoxynivalenol in soft red winter wheat. **Plant Disease**, v. 98, n. 10, p. 1387-1397, 2014.

DALLA NORA, T.; FRANCO, F. A.; CANTERI, M. G. Progresso no melhoramento genético de trigo visando a resistência a giberela. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 185-196.

DANELLI, A. L. D.; CAMERA, J.; CERBARO, L. Ciclo da doença em trigo. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 31-41.

DEL PONTE, E. M.; FERNANDES, J. M. C.; BERGSTROM, G. C. Influence of growth stage on fusarium head blight and deoxynivalenol production in wheat. **Phytopathology**, v. 155, n. 10, p. 577-581, 2007.

DEL PONTE, E. M.; SPOLTI, P.; WARD, T. J.; GOMES, L. B.; NICOLLI, C. P.; KUHNEM, R. P.; SILVA, C. N.; TESSMANN, D. J. Regional and field-specific factors affect the composition of fusarium head blight pathogens in subtropical no-till wheat agroecosystem of Brazil. **Phytopathology**, v. 105, n. 2, p. 246-254, 2015.

DEL PONTE, E.; FERNANDES, J. M. C.; PIEROBOM, C. R.; BERGSTROM, G. C. Giberela do trigo – aspectos epidemiológicos e modelos de previsão. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 6, p. 587-605, 2004.

DERKSEN, R.; PAUL, P.; OZKAN, H. E.; ZHU, H. Field evaluations of application techniques and equipment for wheat disease management. In: **ASABE – Annual International Meeting Sponsored**. Pittsburgh: Asabe, 2010. p. 1-9.

DESJARDINS, A. E. **Fusarium mycotoxins: chemistry, genetics and biology**. St. Paul, MN: APS Press, 2006, 260 p.

EDWARDS, S. G.; PIRGOZLIEV, S. R.; HARE, M. C.; JENKINSON, P. Quantification of trichothecene-producing *Fusarium* species in harvested grain by competitive PCR to determine efficacies of fungicides against Fusarium head blight of winter wheat. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, n. 4, p. 1575-1580, 2001.

FIGUREZE, S. L. **Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2011.

FREIRE, F. C. O.; VIEIRA, I. G. P.; GUEDES, M. I. F.; MENDES, F. N. P.;
Micotoxinas: importância na alimentação e na saúde humana e animal. Embrapa
Agroindústria Tropical, 2007. (Documentos, 110).

FRIZON, P. **Caracterização de trigo sintético à giberela (*Gibberella zeae*) (Schw.)
Petch, índice meiótico e diversidade genética.** 2016. 101 f. Dissertação (Mestre em
Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo
Fundo, Passo Fundo, 2016.

GARCIA JÚNIOR, D. ***Fusarium graminearum* em sementes de trigo (*Triticum
aestivum* L.): detecção, efeitos e controle.** 78 f. Tese (Doutorado em Agronomia) –
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2006.

HALLEY, S.; VAN EE, G.; HOFMAN, V.; MCMULLEN, M.; HOLLINGSWORTH,
C.; RUDEN, B. **Ground application of fungicide for the suppression of Fusarium
Head Blight in small grains.** North Dakota: NDSU Extension Service, 2008. p. 1-4

HOFMAN, V.; HALLEY, S.; VAN EE, G.; HOLLINGSWORTH, C. MCMULLEN,
M.; RUDEN, B. **Aerial application of fungicide for the suppression of Fusarium
Head Blight in small grains.** NDSU Extension Service, North Dakota, p. 1-4, 2007.

IMANAKA, B. T.; OLIVEIRA, I. S.; TANIWAKI, M. H. Micotoxinas em alimentos.
Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 7, p.138-161, 2010.

INTA. **T&C CIR: conteo y tipificación de impactos de pulverización.** Versión 1.5.
Buenos Aires: INTA, 2002.

JI, F.; WU, J.; ZHAO, H.; XU, J.; SHI, J. Relationship of deoxynivalenol content in
grain, chaff, and straw with *Fusarium* head blight severity in wheat varieties with
various levels of resistance. **Toxins**, v. 7, n. 3, p. 728-742, 2015.

JIN, F.; BAI, G.; ZHANG, D.; DONG, Y.; MA, L.; BOCKUS, W.; DOWELL, F.
Fusarium-damaged kernels and deoxinivalenol in Fusarium-infected U.S. winter wheat.
Phytopathology, v. 104, n. 5, p. 472-478, 2014.

KELLER, M. D.; THOMASON, W. E.; SCHMALE, D. G. The spread of a released
clone of *Gibberella zeae* from different amounts of infested corn residue. **Plant Disease**,
v. 95, n. 11, p. 1458-1464, 2011.

LIMA, M. I. P. M. **Avaliação de cultivares de trigo à giberela.** 2012. 112 f. Tese
(Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária,
Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

LIMA, M. I. P. M. Estádios de suscetibilidade de espigas de trigo à giberela.
Fitopatologia Brasileira, v. 28, p. 296, 2003. (Suplemento)

LIMA, M. I. P. M. **Giberela ou Brusone? Orientações para a identificação corretas dessas enfermidades em trigo e cevada.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. (Documentos online – 40).

LIMA, M. I. P. M. **Métodos de amostragem e avaliação de giberela usados na Embrapa Trigo.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. (Documentos online – 27).

LIMA, M. I. P. M. **Protocolo usado na Embrapa Trigo para produção de peritécios de *Gibberella zeae* em grãos de trigo.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (Comunicado Técnico 218).

LIMA, M. I. P. M. Sintomas e sinais de giberela em trigo, cevada e triticale. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno.** Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 21-30.

MACHADO, F. J. **Giberela do trigo: resistência a fungicidas e metanálise da eficácia do controle químico.** 2016. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

MACHADO, F. J.; SANTANA, F. M.; LAU, D.; DEL PONTE, E. M. Quantitative review of the effects of triazole and benzimidazole fungicides on fusarium head blight and wheat yield in Brazil. **Plant Disease**, v. 101, n. 9, p. 1633-1641, 2017.

MAGAN, N.; HOPE, R.; COLLEATE, A.; BAXTER, E. S. Relationship between growth and mycotoxin production by *Fusarium* species, biocides and environment. **European Journal of Plant Pathology**, v. 108, n. 7, p. 685-690, 2002.

MAPA. Portaria nº 262, 22 de dezembro de 2015. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura do trigo no Estado do Rio Grande do Sul.** Brasília: MAPA, 2015.

MCMULLEN, M.; BERGSTROM, G.; WOLF, E. de.; DILL-MACKY, R.; HERSHMAN, D.; SHANER, G.; SANFORD, D. V. A unified effort to fight an enemy of wheat and barley: fusarium head blight. **Plant Disease**, v. 96, n. 12, p. 1712-1726, 2012.

MENEGHETTI, R. C. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura do trigo.** 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MENKE, J.; DONG, Y.; KISTLER, H. C. *Fusarium graminearum* Tri12p influences virulence to wheat and trichothecene accumulation. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 25, n. 11, p. 1408-1418, 2012.

MESTERHAZY, A. Types and components of resistance to Fusarium head blight of wheat. **Plant Breeding**, v.114, n. 5, p.377-386, 1995.

MESTERHÁZY, A.; BARTÓK, T.; LAMPER, C. Influence of cultivar resistance, epidemic severity, and *Fusarium* species on the efficacy of fungicide control of Fusarium head blight in wheat and deoxynivalenol (DON) contamination of grain. **Plant Disease**, v. 87, n. 9, p. 1107–1115, 2003.

MESTERHÁZY, A.; TÓTH, B.; VERGA, M.; BARTÓK, T.; SZABÓ-HEVÉR, A.; FARÁDY, L.; LEHOCZKI-KRSJAK, S.; Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of Fusarium Head Blight and deoxynivalenol. **Toxins**, v. 3, n. 11, p. 1453-1483, 2011.

MOURA, B.; DEUNER, C. C.; VISINTIN, G. L.; BOLLER, W. Use of a canopy opener in fungicide applications to improve soybean rust control. **Transactions of the ASABE**, v. 60, n. 6, p. 1819-1825, 2017.

NETO, A. A. O.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2017. 218 p.

NICHOLSON, P.; TURNER, J.A.; JENKINSON, P.; JENNINGS, P.; STONEHOUSE, J.; NUTTALL, M.; DRING, D. Weston, G.; THOMSETT, M. Maximizing control with fungicides of Fusarium ear blight (FEB) in order to reduce toxin contamination of wheat. **Home-Grown Cereals Authority (HGCA)**. Project Report No. 297, 2003.

NIEVINSKI, P. G. **Trigo: do grão à farinha (Uma revisão sobre deoxinivalenol)**. 2009. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

OZKAN, H. E.; PAUL, P.; DERKSEN, R. C. ZHU, H. Influence of application equipment on deposition of spray droplets in wheat canopy. In: **International advances in pesticide application**, 2012. Proceedings of Aspect of Applied Biology. p. 317-324.

PANISSON, E.; REIS, E. M.; BOLLER, W. Efeito de época, do número de aplicações e de doses de fungicida no controle de giberela em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, n. 5, p. 495-499, 2002.

PANISSON, E.; REIS, E. M.; BOLLER, W. Quantificação de danos causados pela giberela em cereais de inverno, na safra 2000, em Passo Fundo, RS. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 189-192, 2003.

PANISSON, E.; BOLLER, W.; REIS, E. M. Avaliação da deposição de calda em anteras de trigo, para o estudo do controle químico de giberela (*Gibberella zeae*). **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 111-120, 2004.

PAUL, P. A.; LIPPS, P. E.; HERSHMAN, D. E.; MCMULLEN, M. P.; DRAPER, M. A.; MADDEN, L. V. Efficacy of triazole-based fungicides for fusarium head blight and deoxynivalenol control in wheat: a multivariate meta-analysis. **Phytopathology**, v.98, n. 9, p. 999-1011, 2008.

PAUL, P. A.; MCMULLEN, M. P.; HERSHMAN, D. E.; MADDEN, L. V. Meta-analysis of the effects of triazole-based fungicides on wheat yield and test weight as influenced by Fusarium Head Blight intensity. **Phytopathology**, v. 100, n. 2, p. 160-171, 2010.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen – Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Science**, Göttingen, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.

PIRGOZLIEV, S. R.; EDWARDS, S. G.; HARE, M. C.; JENKINSON, P. Effect of dose rate of azoxystrobin and metconazole on the development of Fusarium head blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in wheat grain. **European Journal of Plant Pathology**, v. 108, n. 5, p. 469-478, 2002.

RAN, R.; WANG, C.; HAN, Z.; WU, A.; ZHANG, D.; SHI, J. Determination of deoxynivalenol (DON) and its derivatives: current status of analytical methods. **Food Control**, v. 34, n. 1, p. 138-148, 2013.

REIS, E. M.; BOARETO, C.; DANELLI, A. L. D.; ZOLDAN, S. M. Anthesis, the infectious process and disease progress curves for fusarium head blight in wheat. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 134-139, 2016.

REIS, E. M. Manejo integrado. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. Cap. 2, p. 177-184.

REIS, E. M.; BRUSTOLIN, R.; DE ROSSI, R. L.; BOLLER, W. Avanços na tecnologia de aplicação de fungicidas visando ao controle de giberela em trigo. **Revista Plantio Direto**, p. 28-35. 2013.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; FORCELINI, C. A. Doenças do trigo. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. CAMARGO, L. E. A. (Org.). **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 676-686.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; TONIN, R. B. O processo infeccioso. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 55-72.

REIS, E. M.; REIS, A. C. **Mancozebe**. 1. ed. Passo Fundo: Berthier, 2015.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 6. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2010. p. 13-226.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas: guia para o controle racional de doenças de plantas**. 7 ed. Passo Fundo: Berthier, 2016. p. 11-278.

- REYNALDO, É. F.; MACHADO, T. M. Performance of spray nozzles to control fusarium head blight and mycotoxin in the barley crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 209-213, 2017.
- REVERBERI, M.; RICELLI, A.; ZJALIC, S.; FABBRI, A. A.; FANELLI, C. Natural functions of mycotoxins and control of their biosynthesis in fungi. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 87, n. 3, p. 899-911, 2010.
- SAEG – **Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes – UFV: Viçosa, 1997.
- SALGADO, J. D.; MADDEN, L. V.; PAUL, P. A. Efficacy and economics of integrating in-field and harvesting strategies to manage fusarium head blight of wheat. **Plant Disease**, v. 98, n. 10, p. 1407-1421, 2014.
- SANTANA, F. M.; LAU, D.; CARGNINI, A.; SEIXAS, C. D. S.; SCHIPANSKI, C. A.; FEKSA, H. R.; WESP, C.; BLUM, M.; BASSOI, M. C. **Eficiência de fungicidas para o controle de giberela em trigo: resultados dos ensaios cooperativos – safra 2012**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico online, 336). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co336.htm>. Acesso em 20. Mai. 2016.
- SCUSSEL, V. M.; BEBER, M.; TONON, K. M. Efeitos da infecção por *Fusarium/Gibberella* na qualidade e segurança de grãos, farinhas e produtos derivados. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 131-175.
- SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. de.; MIRANDA, M. Z. de.; LIMBERGER, V. M. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.
- SILVA, F. A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. **Proceedings of the 7th world Congress on Computers in Agriculture**. St. Joseph: ASABE, 2009.
- SILVA, S. R.; BASSOI, M. C.; FOLONI, J. S. S. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2017 / 10ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Brasília: Distrito Federal, 2017. (Boletim Técnico, safra 2017).
- SIRANIDOU, E.; BUCHENAUER, H. Chemical control of Fusarium head blight on wheat. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 108, 231-243, 2001.
- SPOLTI, P.; DE JORJE, B. C.; DEL PONTE, E. M. Sensivity of *Fusarium graminearum* causing head Blight of wheat in Brazil to tebuconazole and metconazole fungicides. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 6, p. 419-423, 2012.

SPOLTI, P.; GUERRA, D. S.; BADIÁLE-FURLONG, E.; DEL PONTE, E. M. Single and sequential applications of metconazole alone or in mixture pyraclostrobin to improve Fusarium head blight control and wheat yield in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 85-96, 2013.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2008. 222 p.

TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C.; DEL PONTE, E. M.; MALLMANN, C. A.; DIKIN, P.; LIMA, M. I. P. M.; PAVAN, W. **Indicações técnicas para minimizar a contaminação de trigo por micotoxinas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2013. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).

USDA - United States Department of Agriculture. **Production, supply and distribution**. (Stats by commodity – Grains - Wheat). Foreign Agricultural Service. 2018. Disponível em:
<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/statsByCommodity>>. Acesso em 23. jan. 2018.

WANG, Q.; BUXA, S. V.; FURCH, A.; FRIEDT, W.; GOTTWALD, S. Insights into Triticum aestivum seedling root rot caused by *Fusarium graminearum*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 28, n. 12, p. 1288-1303, 2015.

WEGULO, S. N. Factors influencing deoxynivalenol accumulation in small grain cereals. **Toxins**, v. 4, n. 11, p. 1157-1180, 2012.

WEGULO, S. N.; BAEZIGER, P. S.; NOPSA, J. H.; BOCKUS, W. W.; HALLEN-ADAMS, H. Management of fusarium head blight of wheat and barley. **Crop Protection**, v. 73, p. 100-107, 2015.

WEGULO, S. N.; BOCKUS, W. W.; NOPSA, J. H.; WOLF, E. D. de.; ESKRIDGE, K. M.; PEIRIS, K. H. S.; DOWELL, F. E. Effects of integration cultivar resistance and fungicide application on fusarium head blight and deoxynivalenol in winter wheat. **Plant Disease**, v. 95, n. 5, p. 554-560, 2011.

YAN, W.; LI, H. B.; CAI, S. B.; MA, H. X.; REBETZKE, G. J.; LIU, C. J. Effects of plant height on type I and type II resistance to fusarium head blight in wheat. **Plant Pathology**, v. 60, n. 3, p. 506-512, 2011.

YOSHIDA, M.; NAKAJIMA, T.; TOMIMURA, K.; SUZUKI, F.; ARAI, M.; MIYASAKA, A. Effect of the timing of fungicide application on Fusarium Head Blight and mycotoxin contamination in wheat. **Plant Disease**, v. 96, n. 6, p. 845-851, 2012.

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

ZHANG, Y.; YU, J.; ZHANG, Y.; ZHANG, X.; CHENG, C.; WANG, J.; HOLLOMON, D. W.; FAN, P.; ZHOU, M. Effect of carbendazim resistance on trichothecene production and aggressiveness of *Fusarium graminearum*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 22, n. 9, p.1143-1150, 2009.

ZOLDAN, S. M. **Regiões de risco, caracterização da antese em cereais de inverno e sistema de alerta para a giberela, em trigo**. 2008. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

ZOLDAN, S. M.; REIS, E.M.; CUNHA, G. R. da.; IGNACZAK, J. C.; DALMAGO, G. A.; PASINATO, A. Regiões de risco para a ocorrência da giberela (*Gibberella zeae*) em trigo, no sul do Brasil. In: REIS, E. M. (Org.). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno**. Passo Fundo: Berthier, 2011. p. 21-30.



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV