

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

Resistência de genótipos de cevada à giberela

Debora Munaretto

Passo Fundo

2020

Debora Munaretto

Resistência de genótipos de cevada à giberela

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.

Orientadora:

Nadia Canali Lângaro

Coorientadora:

Sandra Patussi Brammer

Passo Fundo

2020

CIP – Catalogação na Publicação

M963r Munaretto, Debora

Resistência de genótipos de cevada à giberela / Debora
Munaretto. – 2020.

78 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Nadia Canali Lângaro.

Coorientador: Profa. Dra. Sandra Patussi Brammer.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de
Passo Fundo, 2020.

1. Cevada - Cultivo. 2. Cevada - Resistência a doenças e
pragas - Aspectos genéticos. 2. Giberela. I. Lângaro, Nadia
Canali, orientadora. II. Brammer, Sandra Patussi,
coorientadora. III. Título.

CDU: 633.16

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Resistência de genótipos de cevada à giberela”

Elaborada por

Debora Munaretto

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

Aprovada em: 02/04/2020
Pela Comissão Examinadora



Dra. Nadia Canali Lângaro
Presidente da Comissão Examinadora
Orientadora



Dra. Adriana Favaretto
Ambev



Dra. Sandra Patussi Brammer
Embrapa Trigo - coorientadora



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



Dra. Carolina Cardoso Deuner
UPF



Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor FAMV

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Wilson e Simone, por sempre me apoiarem durante todos os anos de estudo.

Aos meus irmãos, Maria Cecília, Jordan e Davi José pela alegria que trouxeram para a minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me encorajar a superar todos os obstáculos.

À Universidade de Passo Fundo (UPF) e aos professores pelos conhecimentos cedidos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos no curso de mestrado.

À Embrapa Trigo, por ter cedido alguns dos materiais para realização do trabalho e pela oportunidade de desenvolver parte do trabalho em suas instalações.

À empresa Ambev, por ceder linhagens e cultivares e pelo patrocínio em algumas análises.

À professora da UPF, Dr^a. Nadia Canali Lângaro, por ter me aceitado como orientada e pelo apoio e incentivo durante a execução do trabalho.

À pesquisadora da Embrapa Trigo, Dr^a. Sandra Patussi Brammer, pela dedicação e colaboração no desenvolvimento dos trabalhos realizados na Embrapa Trigo e pela orientação.

À pesquisadora da Embrapa Trigo, Dr^a. Maria Imaculada Pontes Moreira Lima, pelo auxílio na execução do projeto na Embrapa Trigo, a colaboração cedida e orientação nos trabalhos.

Ao pesquisador da Embrapa Trigo, Dr. Euclides Minella, pelos ensinamentos e orientações.

Aos funcionários, Pablo Arendt, Felipe Kumpfer, Bruna Trindade e Sandro Saggiorato, pelos auxílios das atividades do Laboratório de Sementes da UPF.

À funcionária Cinara Cardoso, do Laboratório de Fitopatologia da UPF, pela ajuda no desenvolvimento das atividades no laboratório.

Às funcionárias do Laboratório de Citogenética da Embrapa Trigo, Andréa Moras e Valdirene Volpato, pelo auxílio nas análises de citogenética.

À Cláudia Clebsch, pela colaboração nas atividades desenvolvidas no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Trigo.

Ao ex-funcionário da UPF, Joelson Karlinski, pela ajuda durante o desenvolvimento do experimento em campo, nas instalações da UPF.

Aos funcionários da Casa de Apoio na Embrapa Trigo, Ervino Megier, Éverson Crespi e Jorge de Quadros, pela ajuda durante a implantação e colheita do experimento desenvolvido no viveiro de giberela da Embrapa Trigo.

Aos estagiários da Embrapa Trigo que colaboraram com as atividades do experimento e pela amizade construída.

À Patrícia Frizon, por toda ajuda e colaboração nas atividades da Embrapa Trigo.

Às minhas amigas, Serleni Sossmeier, Francine Falcão, Kassiana Kehl, Patrícia Nogueira e Michele Meneguzzo, por toda ajuda, incentivo, apoio e companheirismo nesses dois anos de curso.

Ao meu namorado Darlan, pelo apoio e compreensão.

À todas as pessoas que de alguma forma ajudaram e apoiaram na realização do mestrado.

Muito obrigada!

RESUMO

MUNARETTO, Debora. Resistência de genótipos de cevada à giberela. 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

A cevada (*Hordeum vulgare*) é o quarto cereal mais cultivado no mundo. É altamente vulnerável à giberela, doença causada pelo fungo *Fusarium graminearum*, sendo de difícil controle, pois além de eficiência baixa de fungicidas, ainda não existem no mercado cultivares resistentes à doença. O presente trabalho teve por finalidade caracterizar genótipos de cevada, quanto à reação à giberela; quanto à qualidade fisiológica de semente colhida em resposta ao controle químico no dossel; quanto à resistência tipo III e quanto à viabilidade polínica e estabilidade genética. Para tanto, foram instalados dois experimentos, lado a lado, em casa de vegetação, na Universidade de Passo Fundo, em dois anos de cultivo, 2018 e 2019. Os genótipos, de origens distintas, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. Nos dois experimentos, os genótipos foram inoculados com suspensão de conídios de *F. graminearum*, avaliados quanto à sua reação ao fungo para período de latência, severidade, massa de mil grãos, peso hectolitro e produtividade. Em um dos experimentos, os genótipos receberam tratamento com fungicida, em diferentes estádios de planta, e as sementes colhidas foram avaliadas quanto à sua qualidade fisiológica referente ao potencial de germinação e vigor. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os genótipos avaliados não diferem quanto à resistência à giberela. A qualidade fisiológica de semente de cevada varia positivamente, quanto ao potencial de germinação e vigor, com a aplicação de fungicida em diferentes estádios de planta. Um terceiro experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Trigo, no ano de 2019, para avaliar a viabilidade polínica e a reação dos mesmos genótipos de cevada à giberela, em ambiente favorável à epidemia. Os onze genótipos foram semeados em duas épocas, com 15 dias de diferença entre elas. No espigamento de plantas, grãos com peritécios de *Gibberella zeae* foram distribuídos na superfície do solo. Para análise de estabilidade genética foram coletadas espigas por genótipo, para avaliação de viabilidade polínica. Ao final do ciclo, as plantas foram colhidas, trilhadas e classificadas conforme classificação comercial de cevada. Também foram quantificados os grãos giberelados, os quais foram submetidos à análise de patologia, para avaliação de incidência de *F. graminearum*. Os genótipos apresentam entre 75 a 96% de viabilidade polínica. A época de semeadura influencia a severidade de giberela; os genótipos de cevada não diferem entre si quanto à resistência a *F. graminearum*, apenas em tamanho de grão. Conclui-se que os genótipos de cevada avaliados são geneticamente estáveis; não há variabilidade genética entre os materiais quanto à resistência à giberela.

Palavras-chave: 1. *Hordeum vulgare*. 2. *Fusarium graminearum*. 3. Resistência genética. 4. Inoculação artificial. 5. Controle químico de giberela.

ABSTRACT

MUNARETTO, Debora. Resistance of barley genotypes to FHB. 2020. 78 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - University of Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

Barley (*Hordeum vulgare*) is the fourth most cultivated cereal in the world. It is highly vulnerable to the *Fusarium* Head Blight (FHB), a disease caused by the fungus *Fusarium graminearum*, of difficult control, because in addition to the low efficiency of fungicides, there are still no resistant cultivars for this disease. The present work aimed at characterizing barley genotypes regarding to: their susceptibility to the FHB; the physiological quality of harvested seeds in response to the chemical control applied on the canopy; the type III resistance and, the pollen viability and genetic stability. Therefore, two experiments were installed, side-by-side, in a greenhouse, at the University of Passo Fundo, in two harvest seasons, 2018 and 2019. The genotypes, of different origins, were distributed in a randomized block design, with three replicates. In both experiments, the genotypes were inoculated with conidia suspensions of *F. graminearum* and evaluated for their reaction to the fungus considering the latency period, severity, thousand grain weight, hectoliter weight and productivity. In one of the experiments, the genotypes were sprayed with fungicides at different plants' growing stages, and the harvested seeds were evaluated for their physiological quality regarding their germination potential and vigor. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared using the Tukey's HSD test ($P \leq 0,05$). The evaluated genotypes do not differ in regard to their resistance to FHB. The physiological quality of barley seed varies positively in terms of their germination potential and vigor, with the application of fungicides at different plant's growing stages. A third experiment was carried out in the experimental field of Embrapa Trigo, in 2019, to assess the pollen viability and the reaction of the same barley genotypes to the FHB, in an environment favorable to the disease. The eleven genotypes were sown in two periods, with a 15-day difference between them. In the heading stage, kernels with *Gibberella zeae* perithecia were distributed on the soil surface. For the genetic stability analysis, ears were collected three from each genotype, to assess pollen viability. At the end of the crop's life cycle, the plants were harvested, threshed and classified according to the commercial classification of barley. The kernels affected by the FHB disease were also quantified and submitted to pathology analyses, to evaluate the incidence of *F. graminearum*. Genotypes present between 75 and 96% pollen viability. The sowing time influences the severity of the FHB disease; barley genotypes do not differ in resistance to *F. graminearum*, only for the size of kernels. It is concluded that the evaluated barley genotypes are genetically stable; there is no genetic variability between materials in terms of resistance to the FHB disease.

Key words: 1. *Hordeum vulgare*. 2. *Fusarium graminearum*. 3. Genetic resistance. 4. Artificial inoculation. 5. Chemical control of FHB.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	<i>Cevada</i>	14
2.2	<i>Giberela</i>	16
2.2.1	Importância da doença	16
2.2.2	Período de infecção	18
2.2.3	Sintoma e sinal	19
2.3	<i>Resistência genética à giberela e estabilidade genética</i>	19
2.4	<i>Controle de giberela</i>	21
3	CAPÍTULO I	23
3.1	<i>Resumo</i>	23
3.2	<i>Introdução</i>	23
3.3	<i>Material e métodos</i>	25
3.4	<i>Resultados e discussão</i>	27
3.5	<i>Conclusão</i>	31
4	CAPÍTULO II	32
4.1	<i>Resumo</i>	32
4.2	<i>Introdução</i>	33
4.3	<i>Material e métodos</i>	34
4.4	<i>Resultados e discussão</i>	36
4.5	<i>Conclusões</i>	45
5	CAPÍTULO III	46
5.1	<i>Resumo</i>	46
5.2	<i>Introdução</i>	47
5.3	<i>Material e métodos</i>	48
5.4	<i>Resultados e discussão</i>	52
5.5	<i>Conclusões</i>	63
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
7	CONCLUSÃO GERAL	65

1 INTRODUÇÃO

A cevada no Brasil é cultivada na região Sul dos país (BOLECHOVÁ et al., 2015). Na safra de 2019, a área cultivada, foi de 112 mil hectares, sendo o Rio Grande do Sul o segundo estado maior produtor de cevada do Brasil, com 56 mil hectares plantados e produção de 124 mil toneladas (CONAB, 2019).

A cevada está sujeita a várias doenças causadas por fungos, sendo a maioria deles transmitido por semente. As doenças fúngicas, além de causarem perdas de rendimento afetam a qualidade comercial da cevada (ARIAS, 1995).

A giberela, doença causada pelo fungo *Gibberella zeae* (teleomorfo) (*Fusarium graminearum* Schwabe - anamorfo) é considerada uma das enfermidades mais importantes para cevada, além das culturas do trigo, centeio e triticale. É uma doença que afeta a espiga, sendo de difícil controle, causa impacto no rendimento, qualidade de grãos e pode causar contaminação desses por micotoxinas. Manifesta-se intensamente em regiões com chuva em excessso e temperaturas amenas, do período de floração à maturação de grãos (FORCELINI, 1991). Inicialmente, os sintomas são característicos, tornando a área afetada de coloração parda, e posteriormente de cor salmão, devido à produção de esporodóquios e massa de conídios do fungo e em casos mais severos, é possível observar a descoloração de espiguetas. Os grãos infectados são leves e podem ser quebradissos (LEE, 1992).

Os danos causados pela giberela podem ser quantitativos ou qualitativos. Infecções causadas por *F. graminearum* podem afetar aspectos físicos, como o tamanho e o peso, e a qualidade fisiológica de sementes (BECHTEL et al., 1985). Na composição química de grãos, a infecção por esse patógeno provoca redução de proteínas, celulose e amido,

durante o armazenamento (BOYACIOGLU et al., 1992), além de provocar a produção de toxinas impróprias para o consumo humano (GERALDO et al., 2006).

No Brasil, a resolução nº 7/2011 da ANVISA (ANVISA, 2011) dispõe sobre os limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos, incluindo os grãos de cevada e o malte. A redução de tolerância de micotoxinas em grãos de cevada tem sido uma preocupação para a indústria cervejeira, em razão de suscetibilidade de cultivares sob condições ambientais favoráveis, frequentes nas principais regiões produtoras do Sul do Brasil, aumentando o interesse no conhecimento de resistência dos materiais à *F. graminearum*.

Mundialmente, a principal estratégia de manejo de giberela em cereais de inverno é o uso de cultivares resistentes, porém ainda não se tem fontes completas de resistência à giberela. Entretanto, o uso de fungicidas, aplicados durante o florescimento, tem sido uma estratégia para minimizar os danos da doença (CUNHA et al., 2016). O fungo possui uma gama ampla de hospedeiros, dificultando o manejo deste patógeno através de práticas culturais (REIS et al., 2011).

As cultivares de cevada são suscetíveis à giberela, por isso é necessário o controle químico. A eficiência de controle da doença depende da suscetibilidade e da duração do período de florescimento do genótipo e do momento da aplicação de fungicida. Estudos sobre a relação entre a duração do florescimento em condições de infecção natural ou artificial, bem como a qualidade dos grãos e a resistência quanto à giberela podem fornecer informações importantes para o entendimento e controle da doença.

O presente estudo é fruto de uma parceria entre o programa de pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da Universidade de Passo Fundo (UPF) com a Embrapa Trigo e Companhia de Bebidas das Américas (Ambev). O trabalho teve como objetivo geral identificar se há resistência à giberela em cevada. Os objetivos específicos foram:

- Caracterizar a resistência à giberela em 11 genótipos de cevada;
- Analisar se as épocas de aplicação de fungicida interferem na qualidade de semente de cevada;

- Avaliar a resistência tipo III à giberela em genótipos de cevada;
- Verificar e inferir sobre a estabilidade genética, via viabilidade polínica, nos 11 genótipos de cevada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão, serão abordados aspectos gerais sobre a cultura da cevada, a doença giberela causada pelo fungo *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*), estudos sobre a severidade de infecção e estabilidade genética. Também são apresentadas estratégias de controle da doença e aspectos fisiológicos da germinação.

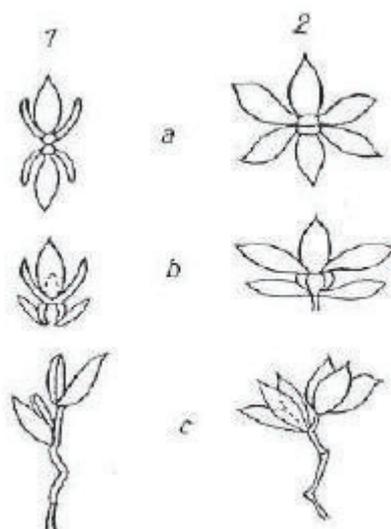
2.1 Cevada

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é um cereal pertencente a família Poaceae (Gramíneas). Tem como característica morfológica sua inflorescência na forma de espiga (NILAN; ULLRICH, 1993). A espigueta é tripla, contendo uma flor central e duas laterais (POELHMAN, 1985). A cevada pode ser classificada de acordo com sua espigueta, sendo de seis ou de duas fileiras (Figura 1), de acordo com o número de flores fecundadas. A cevada de seis fileiras (*H. hexastichum*) apresenta em cada nó, seis flores que darão origem a seis fileiras de grão (TSCHOPE, 1999). A cevada de duas fileiras (*Hordeum distichum*) é caracterizada por apresentar fecundação somente nas duas flores centrais, resultando em grãos mais simétricos, maiores e com boa capacidade de malteação (KUNZE, 1999), por apresentar maior quantidade de amido, casca mais fina e menor quantidade de substâncias fenólicas e amargas.

H. vulgare é caracterizada por ser diploide ($2n=2x=14$). Porém, com o uso de técnicas artificiais, foi possível a obtenção da cevada tetraploide ($2n=2x=28$), não apresentando, até o momento, interesses práticos e econômicos (MOLINA-CANO, 1989).

Sua reprodução é por autofecundação, com deiscência de antera antes da abertura da flor, normalmente antes da emergência da espiga e sua taxa de fecundação cruzada é inferior a 1% (MOLINA-CANO et al., 1997).

Figura 1. Ilustração de espiga de cevada de duas e seis fileiras de espiguetas: (1) cevada de duas fileiras, (2) cevada de seis fileiras, (a) visão superior, (b) visão frontal, (c) visão lateral.



Fonte: Kunze (1999).

O cereal foi um dos primeiros domesticados para alimentação humana, sendo considerado o mais antigo em cultivo (MINELLA, 1999). A cevada é o quarto cereal em importância no mundo, atrás do milho, trigo e arroz. Desde a sua domesticação, vem sendo alterada geneticamente, com vistas à adaptação a diferentes condições ambientais (CAIERÃO, 2008).

Para ser comercializada para malte, a cevada deve atender padrões de qualidade; caso não esteja dentro do padrão, ela é comercializada para alimentação animal (ZORNAN, 2006). As características químicas desejáveis da cevada cervejeira são: alto conteúdo de amido (>61%), baixo teor de proteínas (9,7 a 13%) e β -glucanas (95 à 180

ppm). A eficiência de maltagem é altamente dependente destes compostos (BOHATCH, 1994).

A ocorrência de doenças na cultura da cevada pode se tornar um fator limitante da produção. Entre as doenças que atacam a cultura é importante destacar a giberela, um desafio para os produtores, visto que não estão disponíveis no mercado cultivares resistentes (PANISSON et al., 2003).

2.2 *Giberela*

2.2.1 Importância da doença

A giberela é uma das mais importantes doenças dos cereais e ocorre em todas as regiões do mundo (STACK, 1999). É observada com mais frequência em regiões tritícolas de clima quente, úmido e semi-úmido, principalmente onde as precipitações pluviais são mais elevadas durante a floração (ANDERSEN, 1948). No Brasil, a Região Sul é que apresenta maior ocorrência de giberela devido as chuvas frequentes durante o período de floração de cereais de inverno (LIMA, 2004).

Essa doença é causada pelo fungo teleomorfo *Gibberella zeae* (Schw.) Petch ou *F. graminearum* (Schwabe), anamorfo (PARRY et al., 1995). No Brasil, o primeiro relato da doença ocorreu em 1942, em Veranópolis, Rio Grande do Sul (REIS, 1988). Na década de 2000 já era considerada um fator limitante à produção de cevada (PANISSON et al., 2003).

Durante a fase teleomorfa, ou perfeita, *G. zeae* sobrevive em restos vegetais na superfície do solo, tendo hábito de vida saprófito. Nesta fase o fungo produz os esporos assexuais, que são liberados e dispersados pela ação da chuva e do vento, disseminando-se na cultura hospedeira. Em condições de molhamento foliar, são formados os peritécios, que liberam os esporos sexuais do fungo, agora na fase anamorfa, como *F. graminearum*.

Estes por sua vez, em condições ideais de umidade e temperatura, irão germinar e infectar as espiguetas (WEGULO, 2012).

O fungo que causa a giberela sobrevive nas sementes e nos restos culturais de inúmeras gramíneas (REIS; CASA, 1997) e em uma variedade de hospedeiros, como espécies de nativas e plantas invasoras, que favorecem a continuidade do seu ciclo de vida (REIS, 1988). A sobrevivência do patógeno em diversos hospedeiros e a facilidade de dispersão de ascósporos dificulta o controle eficiente de giberela (REIS; CASA, 1997).

Existem relatos de que no trigo o sítio de infecção de *F. graminearum* tem relação com a presença de anteras (McMULLEN et al., 1997; PANISSON et al., 2002). Em cevada, a infecção pode ocorrer em cultivares com florescimento aberto e fechado, demonstrando menor relação com a antese (YOSHIDA et al., 2007). Sendo uma doença de expressão econômica mundial em cevada, existem relatos nos Estados Unidos e no Canadá com perdas substanciais (LIMA, 2002). Esta doença também tem grande importância devido aos níveis de toxinas gerados nos grãos de cevada, impedindo a comercialização.

Os danos de giberela quantificados na Região Sul do Brasil se aproximavam a 6% (REIS et al., 1996). A partir da década de 90 a ocorrência da doença aumentou com o incremento do sistema de plantio direto, ultrapassando o trigo e outros cereais, como aveia, cevada e triticale (PANISSON, 2001). Nos Estados Unidos, Canadá e Argentina também foi possível observar a ocorrência de giberela no milho, provavelmente também em função do sistema plantio direto (PARRY et al., 1995), isso porque os restos culturais de milho facilitam a esporulação e a sobrevivência do patógeno (CASA et al., 2004).

Os danos diretos ocasionados pela giberela resultam no abortamento de flores ou na formação de grãos chochos, enrugados e de coloração rósea a esbranquiçada, que pode ser observado no trigo. Os danos indiretos são causados por grãos infectados e seus derivados, que possuem presença de micotoxinas e podem ser tóxicos para humanos e animais (LIMA, 2004).

Micotoxinas são metabólitos secundários, produzidos por uma variedade de fungos filamentosos, na medida em que o fungo atinge a maturidade (FREIE et al., 2007). O *F. graminearum* é capaz de produzir uma séria de micotoxinas do grupo dos tricotecenos. Neste grupo podemos destacar a micotoxina deoxinivalenol (DON), sua ocorrência em grãos e cereais, principalmente trigo e cevada, é comumente detectada (SCUSSEL; BEBER; TONON, 2011).

No Brasil a Resolução RDC nº 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 nº 138, de 09 de fevereiro de 2012, que prorrogou os LMT para aplicação em 2019, permanecendo os LMT de DON em grãos de cevada em $1000 \mu\text{g}/\text{kg}$ e para cevada malteada em $750 \mu\text{g}/\text{kg}$ (BRASIL, 2013).

Compreender a relação entre giberela e acumulação de DON pode ser importante na previsão de 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 biosseguridade dos alimentos (JI et al., 2015).

2.2.2 Período de infecção

As fases de espigamento e de florescimento se apresentam como as mais críticas à infecção por *G. zae* (FERNANDES; MACIEL, 2005). Existem características herdáveis que podem afetar direta ou indiretamente o risco de a planta ser exposta ao patógeno, dentre essas, se destacam a fenologia, anteras presas e características como a estatura e ciclo de plantas (OSÓRIO et al., 1998)

Del Ponte et al. (2007) ao verificaram a influência de estádios de desenvolvimento da planta de trigo na severidade de giberela, durante e após a floração, observaram que as plantas são suscetíveis independente do estágio de desenvolvimento, desde que ocorram condições ambientais favoráveis. Em cevada, a infecção ocorre em mais de um local na espiga e pode iniciar ainda na bainha da folha bandeira, quando as espigas ficam parcialmente retidas e encobertas (LIMA, 2002).

2.2.3 Sintoma e sinal

Os sintomas de giberela em cevada são semelhantes aos que ocorrem no trigo, sendo possível observar espiguetas despigmentadas de cor palha. Os grãos oriundos da parte afetada são chochos e de coloração branco-rosada. A infecção geralmente ocorre em mais de um local da espiga, apresentando distribuição pontual, não sendo comum a evolução dos sintomas por toda a espiga. Também pode ser possível os sintomas se manifestarem na bainha das folhas (LIMA, 2004).

Em condições favoráveis para o desenvolvimento da doença é possível observar alguns sinais, que são as estruturas do patógeno. As espiguetas apresentam coloração salmão devido à produção de macroconídios de *F. graminearum*. Nas espiguetas secas, é possível observar pontuações escuras, que são peritécios de *G. zeae* (REIS, 1988).

2.3 Resistência genética à giberela e estabilidade genética

A giberela é considerada uma doença monocíclica, pois não ocorrem ciclos repetidos de produção de esporos nas espigas, mas sua severidade pode aumentar com a invasão do micélio do fungo para outras espiguetas (SHANER, 2003). A resistência genética é do tipo horizontal. A capacidade do patógeno de infectar e colonizar a planta hospedeira com diferentes reações de resistência é determinada geneticamente, mas pode ser alterada por variações no ambiente (MESTERHÁZY, 2003).

Existem pelo menos cinco tipos de resistência à giberela; tipo I: resistência à infecção inicial; tipo II: resistência à propagação no interior da espiga; tipo III: resistência de grãos à infecção (mesmo que a espiga esteja infectada); tipo IV: redução de acúmulo de micotoxinas; tipo V: tolerância (menor perda de produtividade, mesmo com infecção elevada) (MESTERHAZY, 1995). Os tipos de resistência I, II e III são os mais estudados, e várias metodologias têm sido desenvolvidas para avaliar e distinguir esses tipos de resistência pelos melhoristas de plantas (BAI; SHANER, 1994).

Pelo fato da resistência à giberela ser do tipo horizontal, as melhores fontes disponíveis não possuem resistência completa ou não estão adaptadas ao ambiente de cultivo (DALLA NORA et al., 2011). Considera-se que a resistência à giberela seja condicionada por múltiplos genes, sendo poligênica, com efeito aditivo e de longa duração. Esses genes são afetados fortemente pelo ambiente e possuem herdabilidade baixa.

Sabe-se que alguns genótipos de trigo desenvolvidos no Sul do Brasil apresentam resistência à giberela, mas se desconhece o tipo de resistência presente individualmente nessas cultivares (LIMA; FERNANDES, 2000). Em cevada, ainda não foram identificadas cultivares resistentes a esta doença.

O melhoramento genético de cevada está baseado em dois grandes objetivos: a) rendimento de grãos, tamanho de grão, potencial de germinação e diversos outros fatores agronômicos b) qualidade industrial e comercial. Dentre as características a serem melhoradas podem-se citar: rendimento de grãos, resistência a doenças e a fatores abióticos adversos e características morfológicas do grão (tamanho, forma, homogeneidade, etc.) (SAVIO; AGUINADA, 2011). Para que os objetivos de um programa de melhoramento sejam alcançados é necessário ter um banco de germoplasma adequado e conhecimento sobre as características de cada genótipo (BORÉM, 2001).

Uma das formas de caracterização de germoplasma é mediante da avaliação de caracteres morfológicos, em que o melhorista analisa visualmente as plantas,

comparando-as para estimar sua distância genética. Assim, através da variabilidade existente, o melhorista pode escolher como genitores de um cruzamento indivíduos mais distantes geneticamente, o que contribui para a ampliação da variância genética em populações segregantes. No entanto, ao sofrer influência do ambiente, o fenótipo da planta pode alterar as estimativas realizadas (BERED, 1999).

Em virtude de fatores bióticos e abióticos também influenciarem na formação do grão de pólen e na interação genótipo x ambiente, é relevante que em um programa de melhoramento genético vegetal a técnica da viabilidade polínica seja utilizada, a fim de agregar maior conhecimento sobre o material trabalhado (BRAMBATTI et al., 2016). Conhecendo a característica de cada material disponível é possível consolidar a estrutura básica do programa e o planejamento das recombinações (BORÉM, 2001).

O sucesso da polinização e fertilização das plantas depende de uma série de eventos coordenados a partir da produção de grão de pólen, da sua transferência para o estigma e detalhes da interação com o pistilo. Se algumas dessas etapas falhar, toda a produtividade será afetada (REHMAN; YUN, 2006). Portanto, a citogenética também pode auxiliar para estimar a estabilidade e inferir sobre a fertilidade de plantas.

A análise citogenética é utilizada para avaliar a estabilidade cromossômica de espécies, além de analisar sua fertilidade, e principalmente, para monitorar a transferência entre espécies, auxiliando na seleção de plantas nos programas de melhoramento (BRAMBATTI, 2010). Segundo Zanotto et al. (2009), uma análise citogenética deve ser utilizada como ferramenta na seleção assistida aos programas de melhoramento, que possibilita determinar o comportamento meiótico de cromossomos por meio de análise de grãos de pólen ou micrósoros, com um ou mais micronúcleos.

2.4 Controle de giberela

A ocorrência de epidemias de giberela é altamente dependente de condições ambientais, que variam de ano para ano (CASA et al., 2004). A sobrevivência do

patógeno em diversos hospedeiros e a facilidade de dispersão de seus ascosporos, faz com que a giberela não seja eficientemente controlada pela rotação de culturas (PARRY, 1995).

As estratégias de manejo incluem a adoção de práticas que podem ser enquadradas principalmente, no controle genético, químico e cultural (TIBOLA et al., 2013). A integração de duas ou mais práticas de manejo é a mais recomendada, por ser mais eficaz (WEGULO et al., 2015). O uso de cultivares moderadamente resistentes com a aplicação de fungicidas é uma combinação usada para reduzir os níveis aceitáveis da doença e acumulação de micotoxina (WEGULO et al., 2011).

Dentre as doenças de cereais de inverno, a giberela é a que apresenta maiores dificuldades de controle, devido ao período de espigamento longo e de dificuldade de atingir os sítios de infecção no controle químico com fungicida. A aplicação de fungicidas específicos na floração é uma estratégia recomendada, porém a eficácia de controle depende principalmente do fungicida e do momento de aplicação (PANISSON et al., 2002).

Constantemente, a pesquisa busca fungicidas com maior efetividade no controle de giberela. Alguns possuem eficácia de aproximadamente 90%, embora em anos muitos chuvosos durante o florescimento, essa eficácia pode diminuir (MESTERHAZY et al., 2003). A aplicação racional de fungicidas deve ser baseada no monitoramento e previsão de condições climáticas, que são decisivas para a ocorrência da doença.

O uso de fungicidas na parte aérea de cevada deve ser realizado como parte de um sistema integrado, em suplementação a medidas de controle gerais, como rotação de culturas, uso de cultivares resistentes e tratamento de sementes (MINELLA, 2015). A translocação de produtos sistêmicos para os órgãos florais é dificultada pela transpiração baixa destes, limitando a ação de fungicidas. Por isso são necessárias repetidas aplicações para um controle efetivo (REIS et al., 1988).

3 CAPÍTULO I

Resistência de genótipos de cevada à *Fusarium graminearum*

3.1 *Resumo*

A giberela é uma doença de importância econômica na cultura da cevada, que acarreta perdas quantitativas e qualitativas na produção mundial de grãos. A cevada pode ter seu rendimento afetado por essa doença, devido à suscetibilidade de genótipos e as condições de clima favoráveis para o seu desenvolvimento, prejudicando a qualidade dos produtos e subprodutos oriundos dessa planta. Os sintomas característicos de giberela são descoloração de espiguetas e produção de grãos chochos. A distribuição de sintomas na espiga ocorre de forma pontual, podendo ser observado em mais de um lugar da espiga. A presença do fungo em grãos e seus subprodutos gera acúmulo de micotoxinas tóxicas para a saúde. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a resistência à giberela em oito genótipos de cevada submetidos à inoculação artificial de *Fusarium graminearum*. O experimento foi conduzido em telado, na área experimental da Universidade de Passo Fundo, em ambiente com umidade parcialmente controlada. O delineamento foi de blocos casualizados com três repetições. Os genótipos foram semeados dentro da época recomendada para a cultura, nas safras de 2018 e 2019 e quando atingiram 50% do espigamento foram inoculados com suspensão de esporos de *F. graminearum*; o manejo da cultura foi realizado conforme indicações técnicas, exceto para aplicação de fungicida, que foi realizada até o período de espigamento. Foram avaliados o período de latência para o surgimento de sintomas e a severidade (%) de doença na espiga. Ao final do ciclo as plantas foram colhidas manualmente, trilhadas e os grãos oriundos de cada parcela foram pesados para obter a produtividade final em kg/ha juntamente com o peso hectolitro e massa de mil grãos. Os dados obtidos foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O genótipo AAC Synergy apresenta severidade menor de giberela, demonstrando ter maior resistência a *F. graminearum* quando inoculado artificialmente, porém a reação pode variar com a condição ambiente. AAC Synergy não se destaca em produtividade.

Palavras-chave: 1. Resistência genética. 2. Severidade. 3. *Hordeum vulgare*. 4. Fusariose

3.2 *Introdução*

No Brasil, a produção de cevada (*Hordeum vulgare*) está concentrada na região Sul do país. A produção mundial de cevada é destinada principalmente para alimentação

animal e a produção nacional é voltada para a fabricação de malte, considerando que apenas a cevada de melhor qualidade é matéria-prima para a fabricação de malte (BOLECHOVÁ et al., 2015).

Devido às condições ambientais favoráveis e a suscetibilidade de cultivares, a lavoura de cevada pode ter a qualidade de grãos prejudicada pela ocorrência de doenças fúngicas na espiga, como a giberela (WEGULO et al., 2015). A giberela está entre as doenças mais importantes para cereais de inverno devido as condições climáticas favoráveis e a quantidade abundante de inóculo, decorrente da redução do preparo do solo após a implantação do plantio direto (SHANER, 2003). Nesse sistema a manutenção dos restos culturais no solo proporciona a sobrevivência do patógeno *G. zae* (FERNANDES, 1997), a manutenção da palhada permite que exista esporos presentes no ar durante o ano todo.

A giberela, ou fusariose, é uma doença fúngica que foi descrita na Inglaterra, em 1884. É um dos principais problemas para os cereais de inverno, pois afeta as espigas e os grãos, reduzindo sua qualidade e produtividade. O agente etiológico é o ascomiceto *Gibberela zae* (Schwin) Petch, cuja principal forma assexuada é *Fusarium graminearum* Schwabe (LIMA, 2014).

Os danos diretos causados por essa doença estão relacionados ao abortamento de flores, formação de grãos chochos, enrugados, de coloração rósea a esbranquiçada. O desenvolvimento do fungo em grãos ou subprodutos de cereais pode levar à produção de micotoxinas, prejudiciais à saúde humana e animal (LIMA, 2004). Entre as estratégias de controle de giberela, tem-se uma combinação de práticas culturais, uso de cultivares resistentes, controle químico ou biológico, uso de sistemas de previsão e escalonamento de semeadura (WEGULO et al., 2015).

A resistência à giberela foi dividida em cinco tipos (PARRY et al., 1995), sendo eles: Tipo I – resistência à infecção inicial, avaliada pela incidência na espiga; Tipo II – resistência à colonização subsequente do tecico após a infecção, determinada pela severidade na espiga; Tipo III – resistência expressa no próprio grão, caracterizada pelo

percentual de grãos afetados visualmente; Tipo IV – resistência ao acúmulo de micotoxinas e; Tipo V – tolerância, avaliada pelo rendimento.

O objetivo deste capítulo foi avaliar a resistência tipo I à giberela em genótipos de cevada submetidos à inoculação artificial de *F. graminearum*.

3.3 Material e Métodos

Um conjunto de oito genótipos de cevada (Tabela 1), de distintas origens, entre cultivares e linhagens, foi utilizado para caracterizar a reação à *F. graminearum*. Desses, quatro linhagens foram fornecidas pela empresa Ambev e quatro genótipos foram fornecidos pela Embrapa.

Tabela 1. Genótipos de cevada utilizados para caracterização de resistência tipo I à giberela. Passo Fundo – RS, 2020.

GENÓTIPO	FORNECEDOR
ABPR14-38	Ambev
KWS 13/3319	Amebv
2 RB15-0029	Ambev
KWS Hazel	Ambev
AAC Synergy	Embrapa
AAC Lowe	Embrapa
BRS Kalibre	Embrapa
BRS Sampa	Embrapa

O experimento foi conduzido em um telado e no Laboratório de Análise de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo, RS, entre julho e novembro, de 2018 e 2019. O delineamento utilizado foi completamente casualizado, com três repetições.

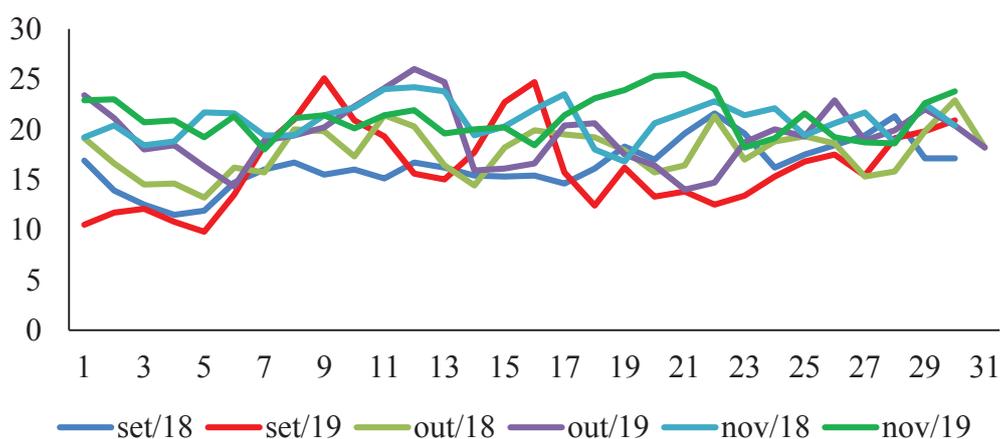
A semeadura foi realizada manualmente, no solo do telado, coberto, porém sem proteção lateral, dentro da época ideal de semeadura da cultura (03/07/2018 e 10/07/2019), em ambiente com condições de umidade semi-controlada. A linha de plantio era composta por três metros de comprimento e espaçamento de 0,20 m. O manejo da cultura foi realizado conforme indicações técnicas para a cultura da cevada (MINELLA,

2017), exceto quanto à aplicação de fungicida, que só foi realizada até o estágio de emborrachamento.

Quando as plantas atingiram 50% de espigamento (LARGE, 1954) foram submetidas à inoculação artificial com suspensão de conídios de *F. graminearum*, produzidos a partir de um isolado monospórico do fungo, com concentração de 50×10^4 conídios mL^{-1} (STACK, 1989). A inoculação foi realizada em dez espigas previamente marcadas. Após 30 minutos da inoculação, as plantas foram mantidas em ambiente favorável à infecção do patógeno através de molhamento de plantas por aspersão, durante dois minutos consecutivos e intervalos de 28 minutos sem molhamento, por um período de 72 horas (LIMA; FERNANDES, 2000).

A média de temperatura para os meses de setembro, outubro e novembro (Figura 2) ficou dentro da média esperada de temperatura, nos dois anos de cultivo, sendo ideal para a ocorrência de epidemias de giberela, que para Andersen (1948) e Sutton (1982) a temperatura ótima para infecção situa-se entre 20 e 30 °C. Porém vale destacar, que o ano de 2019 foi mais quente quando comparado com o ano de 2018, nos meses de setembro, outubro e novembro.

Figura 2. Temperatura (°C) para os meses de setembro, outubro e novembro de 2018 e 2019, em Passo Fundo, RS.



Fonte: EMBRAPA, 2020.

As avaliações realizadas foram o período de incubação e a severidade. Para o período de incubação, que corresponde ao número de dias da inoculação até o aparecimento de sintomas, as avaliações foram efetuadas diariamente. A severidade foi avaliada 15 dias após a inoculação, quanto à sintomatologia, sendo conferida uma nota em porcentagem resultante da média dez, conforme escala visual descrita por Stack e McMullen (1995). Essas avaliações foram realizadas em dez espigas por parcelas, as mesmas espigas que foram marcadas para realizar a inoculação.

Ao final do ciclo, as plantas foram colhidas manualmente, as espigas foram trilhadas e beneficiadas para obter através do Sistema de Análise de Sementes - SAS[®], o peso hectolitro, a massa de mil grãos e a produtividade de grãos de cada genótipo, que foi obtida pesando os grãos colhidos de cada parcela e transformados para kg/ha.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) através do software Winstat (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2007).

3.4 Resultados e Discussão

Os oito genótipos testados foram inoculados com *F. graminearum*, em telado coberto, para avaliação quanto à resistência à giberela. Os resultados para o período de latência se referem ao período, em dias, entre a inoculação e os primeiros sintomas visíveis da doença.

No primeiro ano de cultivo foi possível observar diferença significativa para o período de latência, sendo que os genótipos que apresentaram os sintomas mais precocemente foram KWS Hazel (3 dias). No segundo ano, não foi possível observar diferença significativa entre os genótipos (Tabela 2). Isso pode ser explicado pela temperatura média observada na segunda quinzena de setembro, no início do espigamento da cevada. Em 2019 a temperatura do mês de setembro foi mais elevada e isso pode ter

prejudicado o ciclo de vida do patógeno, que prefere temperatura média entre 20°C (REIS, 1988).

Tabela 2. Período de latência (dias) de *Fusarium graminearum* para surgimento dos primeiros sintomas em oito genótipos de cevada submetidos à inoculação artificial do fungo nas safras de 2018 e 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Safrá 2018		Safrá 2019	
Genótipo	Latência (dias)	Genótipo	Latência (dias)
AAC Lowe	6 a*	KWS 13/3319	6,5 ^{ns}
KWS 13/3319	6 a	AAC Synergy	6,5
ABPR14-38	6 a	BRS Sampa	6,5
BRS Sampa	6 a	AAC Lowe	6,5
AAC Synergy	5 b	KWS Hazel	5,0
2 RB15-0029	5 b	2 RB15-0029	5,0
BRS Kalibre	5 b	ABPR14-38	5,0
KWS Hazel	3 c	BRS Kalibre	4,0
Médias	5,25		5,62
CV (%)	5,42	CV (%)	18,70

* Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo pelo teste F

CV (%): Coeficiente de variação

A variável analisada que corresponde à severidade de giberela não apresentou diferença significativa para os genótipos no primeiro ano de cultivo (Tabela 3). No ano de 2019, os genótipos que se diferenciaram foram ABPR 14-38 (53,7%) e AAC Synergy (23,5%), sendo o AAC Synergy mais resistente. Também é válido destacar que o primeiro ano de cultivo apresentou porcentagem menor de severidade de giberela em todos os genótipos avaliados.

Tabela 3. Severidade de giberela (%) para oito genótipos de cevada submetidos à inoculação artificial de *Fusarium graminearum* nas safras de 2018 e 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Safr 2018		Safr 2019	
Genótipo	Severidade (%)	Genótipo	Severidade (%)
2 RB15-0029	33,6 ^{ns}	ABPR14-38	53,7 a
AAC Synergy	28,3	BRS Sampa	52,0 ab
BRS Sampa	26,3	KWS 13/3319	45,5 ab
KWS 13/3319	25,3	KWS Hazel	37,7 ab
BRS Kalibre	19,6	2 RB15-0029	36,5 ab
ABPR14-38	18,8	BRS Kalibre	35,7 ab
KWS Hazel	15,3	AAC Lowe	26,2 ab
AAC Lowe	11,6	AAC Synergy	23,5 b
Médias	22,39		38,83
CV (%)	43,71	CV (%)	17,85

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo pelo teste F

CV (%): Coeficiente de variação

O ciclo das cultivares combinado com condições ambientais de época de sementeira, influenciam na intensidade da doença, pois nem sempre o mesmo genótipo terá a mesma intensidade de resistência quando semeado em época diferente (LIMA, 2012).

Para as variáveis massa de mil grãos (Tabela 4) e peso hectolitro (Tabela 5) não foi possível observar diferenças significativas. O genótipo AAC Lowe apresentou massa de mil grãos e peso hectolitro maiores nos dois anos de cultivo.

Tabela 4. Massa de mil grãos (g) de oito genótipos de cevada submetidos à inoculação artificial de *Fusarium graminearum* nas safras de 2018 e 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Safr 2018		Safr 2019	
Genótipo	Massa de mil grãos (g)	Genótipo	Massa de mil grãos (g)
AAC Lowe	50,2 ^{ns}	AAC Lowe	53,3 ^{ns}
KWS 13/3319	47,0	AAC Synergy	54,9
ABPR14-38	44,5	ABPR14-38	52,0
BRS Kalibre	44,3	2 RB15-0029	51,6
2 RB15-0029	43,2	KWS Hazel	49,7
KWS Hazel	42,5	BRS Sampa	46,6
BRS Sampa	42,5	KWS 13/3319	44,4
AAC Synergy	42,2	BRS Kalibre	43,5
Médias	44,59		49,55
CV (%)	32,05	CV (%)	10,90

^{ns} Não significativo pelo teste F - CV (%): Coeficiente de variação

O peso de grão é uma variável menos afetada pelo ambiente e mais influenciada pelo genótipo (THORNE & WOOD, 1987). Portanto, indiferente das condições de plantio e de sanidade, o peso de sementes não será afetado, pois depende das características de cada cultivar. Contradizendo a isto Szeuczuk (2017), observou redução do peso hectolitro de cevada com a ocorrência de geada, na safra de 2015 em Guarapuava - PR.

Tabela 5. Peso hectolitro (g) de oito genótipos de cevada submetidos à inoculação artificial com *Fusarium graminearum* nas safras de 2018 e 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Safra 2018		Safra 2019	
Genótipo	Peso hectolitro (g)	Genótipo	Peso hectolitro (g)
AAC Lowe	52,2 ^{ns}	AAC Lowe	92,4 ^{ns}
ABPR14-38	50,8	ABPR14-38	84,6
AAC Synergy	47,0	2 RB15-0029	80,8
BRS Sampa	45,3	AAC Synergy	80,7
KWS 13/3319	43,2	BRS Sampa	79,0
BRS Kalibre	42,0	KWS Hazel	75,6
2 RB15-0029	41,0	KWS 13/3319	71,6
KWS Hazel	40,5	BRS Kalibre	66,0
Médias	45,26		78,83
CV (%)	35,16	CV (%)	9,28

^{ns} Não significativo pelo teste F
CV (%): Coeficiente de variação

Os genótipos não diferenciaram estatisticamente quanto a variável produtividade (Tabela 6) no primeiro ano de cultivo. No segundo ano, foi possível observar diferença entre os genótipos BRS Kalibre (2227,6 kg/ha) e AAC Lowe (351,6 kg/ha), KWS 13/3319 (334,5 kg/ha).

Tabela 6. Produtividade (kg/ha) para os oito genótipos submetidos à inoculação artificial com *Fusarium graminearum* nas safras de 2018 e 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Safrá 2018		Safrá 2019	
Genótipo	Produtividade (kg/ha)	Genótipo	Produtividade (kg/ha)
BRS Kalibre	2758,6 ^{ns}	BRS Kalibre	2227,6 a
KWS Hazel	2676,6	BRS Sampa	1586,8 ab
2 RB15-0029	2325,5	ABPR14-38	1234,5 ab
AAC Synergy	2081,0	KWS Hazel	1232,3 ab
ABPR14-38	1600,7	KWS 13/3319	1132,7 ab
BRS Sampa	1460,1	2 RB15-0029	763,7 ab
AAC Lowe	1367,4	AAC Lowe	351,6 b
KWS 13/3319	556,7	AAC Synergy	334,5 b
Médias	1853,37		1108,02
CV (%)	61,30	CV (%)	33,19

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

^{ns} Não significativo pelo teste F

CV (%): Coeficiente de variação

3.5 Conclusão

O genótipo AAC Synergy apresenta severidade menor de giberela, demonstrando ter maior resistência a *Fusarium graminearum* quando inoculado artificialmente, porém a reação pode variar com a condição ambiente. AAC Synergy não se destaca em produtividade.

4 CAPÍTULO II

Qualidade fisiológica de sementes de cevada em resposta à aplicação de fungicida no dossel para controle de giberela

4.1 Resumo

A giberela está entre as doenças mais importantes de cereais de inverno, quando em quantidade abundante de inóculo e presença de condições ambientais favoráveis, decorrente da redução de preparo do solo após o advento de plantio direto. Uma das estratégias de controle de giberela é o controle químico com a aplicação de fungicidas, o qual deve ser combinado com outras práticas de manejo, tais como a rotação de culturas e uso de cultivares resistentes. Um fator que deve ser considerado é o momento de aplicação de fungicida, visto que a sua aplicação no estágio de desenvolvimento adequado pode ter eficácia maior no controle de giberela. O objetivo deste capítulo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de genótipos de cevada, inoculados artificialmente com *Fusarium graminearum*, em resposta à aplicação de fungicida em três estágios de desenvolvimento de planta (espigamento, florescimento e maturação). Onze genótipos de cevada foram semeados em 2018 e 2019, dentro da época ideal para a cultura, em delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos com fungicida (trifloxistrobina 150 g L⁻¹ + prothioconazol 175 g L⁻¹) foram realizados em três estágios de desenvolvimento da cevada, sendo: Manejo 1 (aplicação no espigamento e florescimento); Manejo 2 (aplicação no espigamento, florescimento e maturação); Manejo 3 (aplicação no florescimento e maturação). No espigamento, os genótipos foram inoculados com suspensão de esporos de *F. graminearum*. A severidade de doença foi atribuída com base na escala diagramática de Stack e McMullen (1995). Ao final do ciclo as espigas foram colhidas e trilhadas para o cálculo de produtividade. As sementes colhidas foram avaliadas quanto ao seu potencial de germinação e de vigor. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey (P≤0,05). A severidade de giberela e qualidade fisiológica de semente de cevada são influenciadas pelos estágios de aplicação de fungicida. Os fatores genótipos e estágios de aplicação de fungicida influenciam a qualidade fisiológica de cevada.

Palavras-chave: 1. *Hordem vulgare*. 2. Controle químico. 3. Estádio de desenvolvimento. 4. *Fusarium graminearum*

4.2 Introdução

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) ocupa o quarto lugar no nível de importância mundial, ficando após o arroz, milho, trigo e soja (FAO, 2017). No Brasil, é o terceiro cereal mais plantado no período de inverno, perdendo apenas para o trigo e a aveia. Seu cultivo está concentrado na região Sul do país (CONAB, 2017). Em 2019, a área plantada de cevada foi de 112 mil hectares (CONAB, 2019).

A giberela, causada por espécies do complexo *Fusarium graminearum*, está se tornando uma doença de grande importância devido a perdas de caracteres quantitativos e qualitativos, ocasionados em cereais de inverno (WEGULO et al., 2015) e também à sobrevivência do fungo em restos culturais, tendo ampla gama de hospedeiros.

Os fungos do gênero *Fusarium* produzem micotoxinas tóxicas para o organismo. Destaca-se a micotoxina desoxinivalenol (DON), produzida em temperatura ótima de 24 °C, fase crítica para a ocorrência da epidemia de giberela (REIS et al., 2005). Uma das estratégias de controle de giberela é o controle químico com a aplicação de fungicidas. Os produtos mais utilizados são do grupo dos triazóis, porém, esses fungicidas não conseguem alcançar o controle completo (WEGULO et al., 2015). Ocasionalmente, quando se utilizam estrubilurinas há relatos de aumento de micotoxinas (ZHANG et al., 2009), além do baixo controle de giberela (REIS et al., 2005).

Para alcançar um controle maior de *F. graminearum*, o controle químico deve ser utilizado juntamente com outras práticas de manejo, tais como plantio direto, rotação de culturas e uso de cultivares resistentes (WEGULO et al., 2015). Outro fator que deve ser considerado, é o momento de aplicação do fungicida, visto que o momento adequado tem eficácia alta no controle de giberela (PARASCHIVU et al., 2014).

Segundo Mustapha et al. (2009) fungicidas podem ocasionar alterações no sistema enzimático da planta. Nesta perspectiva, é importante evidenciar que há a necessidade de mais estudos sobre os benefícios da aplicação de fungicida no espigamento, visando o

manejo de *F. graminearum*; redução na contaminação por micotoxinas e as alterações bioquímicas na atividade enzimática presente no grão de cevada (ANTONIAZZI, 2018).

Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi avaliar se a aplicação de fungicidas, em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, interferem na qualidade fisiológica dos grãos de cevada.

4.3 Material e Métodos

Um conjunto de onze genótipos de cevada (Tabela 7) foi utilizado para caracterização da qualidade fisiológica das sementes de cevada, após inoculação com *F. graminearum* e aplicação de fungicida, em diferentes estádios de desenvolvimento da planta.

Tabela 7. Genótipos de cevada, e seus respectivos fornecedores, utilizados para avaliação de qualidade fisiológica de sementes em reposta à aplicação de fungicida no dossel, em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Passo Fundo – RS, 2020.

GENÓTIPOS	FORNECEDOR
ABPR14-38	Ambev
KWS 13/3319	Ambev
2 RB15-0029	Ambev
2 RB15-0125	Ambev
KWS Hazel	Ambev
AAC Synergy	Embrapa
AC Lowe	Embrapa
BRS Brau	Embrapa
BRS Kalibre	Embrapa
BRS Sampa	Embrapa
Planet	Embrapa

O ensaio foi realizado entre julho e novembro de 2018 e 2019, em telado coberto e laterais desprotegidas, com controle de irrigação, na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo. Os genótipos (tratamentos) foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com três repetições. A linha de plantio era composta de três metros de comprimento e cada linha espaçada com 0,20 metros, sendo que cada linha era uma repetição.

O manejo de aplicação de fungicida Fox[®] (trifloxistrobina 150 g/L + proclorazolo-xiprol 175 g/L) foi realizado em três estádios de desenvolvimento, sendo eles: Manejo 1 – aplicação no espigamento e no florescimento; Manejo 2 – aplicação no espigamento, florescimento e maturação; Manejo 3 – aplicação no florescimento e maturação. A dose aplicada foi de 500 ml/ha com o auxílio de um pulverizador costal.

Quando as plantas atingiram 50% de espigamento foram inoculadas com suspensão de conídios de *F. graminearum* e após 30 minutos da inoculação foram mantidas com molhamento por dois minutos consecutivos e intervalos de 28 minutos, por 72 horas.

Diariamente foi avaliado o período de incubação do fungo, ou seja, foram contados o número de dias entre a inoculação e o aparecimento de sintomas de giberela. Após 15 dias do aparecimento de primeiros sintomas, foi atribuída uma nota, em porcentagem, com base da escala de Stack e McMullen (1995) para contabilizar a severidade de giberela nas espigas de cevada.

No final do ciclo as plantas foram colhidas manualmente, e as espigas foram trilhadas e beneficiadas para posteriormente obter os dados de produtividade pesando-se toda a amostra e transformando-a em kg/ha. As sementes então foram submetidas ao teste de germinação conforme as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1999) e de vigor (KRYZANOWSKI & VIEIRA, 1999). Para o teste de germinação foram analisadas quatro repetições de 100 sementes, retiradas das três amostras (repetições) vindas do campo, as quais foram distribuídas em papel germitest, deixadas sete dias na geladeira para superação de dormência e, posteriormente, transferidas para um germinador, regulado a 20 °C, para contagem das sementes germinadas. O teste de vigor foi semelhante, porém antes da montagem do teste, as sementes permaneciam em câmara de envelhecimento acelerado a 45 °C, por 48 horas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) através do software Winstat (MACHADO; CONCEIÇÃO, 2007).

4.4 Resultados e Discussão

Na safra de 2018 a severidade da doença causada por *Fusarium graminearum* e a produtividade de grãos não diferiram entre genótipos, enquanto que a germinação e o vigor de sementes de cevada variaram significativamente entre os genótipos e manejos de aplicação de fungicida (1 - espigamento, florescimento; 2 - espigamento, florescimento e maturação; 3 - florescimento e maturação).

Quanto a severidade de giberela, vale destacar que o genótipo KWS Hazel e 2 RB15-0029 foram os mais suscetíveis à giberela, já os genótipos BRS Brau, AAC Lowe, ABPER 14-28, Planet e KWS 13/3319 mostraram severidade menor de doença (Tabela 8). Os genótipos diferiram entre si quanto à produtividade, sendo que Planet obteve a produtividade maior e BRS Brau, apesar de ter severidade menor de giberela, foi o menos produtivo. A aplicação de fungicida permite o prolongamento do ciclo das culturas, mantendo as folhas verdadeiras em um período mais prolongando, proporcionando maior rendimento de grãos (COOK et al., 1999).

Tabela 8. Severidade (%) de giberela e produtividade de cevada (kg/ha) para os onze genótipos submetidos à inoculação artificial com *Fusarium graminearum* na safra de 2018. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Severidade (%)	Produtividade (kg/ha)
KWS Hazel	35,5 a*	1203,8 d
2 RB15-0029	26,1 ab	1463,7 c
BRS Kalibre	17,7 bc	1477,5 b
BRS Sampa	14,6 bc	968,3 i
AAC Synergy	11,3 bc	978,7 h
2 RB15-0125	10,7 bc	1133,3 e
KWS 13/3319	8,8 c	1128,0 f
Planet	7,4 c	2194,0 a
ABPR 14-38	6,8 c	1477,1 b
AC Lowe	6,6 c	1024,6 g
BR Brau	6,6 c	388,1 j
Médias	25,90	1221,60

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O potencial de germinação variou entre genótipos e do manejo de aplicação de fungicida testados (Tabela 9). Ao analisar cada genótipo dentro de épocas de aplicação de fungicida, a semente de Planet obteve a porcentagem maior de germinação considerando em conjunto as três épocas. BRS Kalibre ficou entre os genótipos com potenciais de germinação menores na primeira e na segunda época de aplicação, enquanto que na terceira época, o genótipo KWS 13/3319 obteve menor potencial de germinação.

Comparando-se cada um dos onze genótipos isoladamente, Planet, BRS Brau, AAC Lowe, KWS Hazel e ABPR 14-28 não variaram o potencial de germinação conforme os estádios de aplicação de fungicida. Para os demais genótipos pode-se observar que a germinação foi afetada negativamente no manejo 1, em 50% dos genótipos que não receberam fungicida na maturação e, também, mais claramente no manejo 3, no qual os genótipos não receberam fungicida no espigamento.

As médias de potencial de germinação de cada manejo tiveram valores absolutos semelhantes: 82,8; 81,7 e 78,1, respectivamente, nos manejos 1, 2 e 3. Ao se calcular a média dos cinco genótipos, anteriormente citados, nos quais a germinação não diferiu entre os manejos, com a média dos genótipos que diferiram com os manejos, observam-se valores absolutos aproximados, respectivamente de 83,5 para 80,8. Neste sentido, parece ser o fator genótipo a causa da variação de germinação.

Tabela 9. Potencial de germinação (%) de sementes de onze genótipos de cevada inoculados artificialmente com *Fusarium graminearum*, em três manejos com fungicida*, em função de estádios de desenvolvimento de planta (florescimento, espigamento e maturação), na safra de 2018. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Potencial de Germinação (%)		
	Manejo de aplicação de fungicida		
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3
Planet	92,0 a A**	92,6 a A	90,0 a A
AAC Synergy	91,3 ab A	78,3 bc B	79,3 bcd B
KWS Hazel	85,0 abc A	78,6 bc A	79,3 bcd A
BRS Sampa	85,0 abc AB	86,3 bc A	79,0 bcd B
2 RB 15-0125	84,6 abc A	79,6 bc A	71,6 de B
BRS Brau	83,0 bc A	81,0 bc A	82,6 ab A
AAC Lowe	82,3 c A	80,3 bc A	81,6 abc A
ABPR 14-38	82,3 c A	82,6 bc A	79,0 bcd A
BRS Kalibre	80,3 cd A	74,0 c AB	68,3 e B
2 RB 15-0029	73,3 e B	86,6 ab A	75,0 bcde B
KWS 13/3319	71,3 e B	78,6 bc A	73,0 cde AB
Médias	82,78	75,17	78,08
CV(%)	4,04		

*Dose de fungicida: 500 mL ha⁻¹ - Fox® (Trifloxistrobina 150 g L⁻¹ + Protiocozazol 175 g L⁻¹)
 Manejos de aplicação de fungicida: 1 - aplicação de fungicida no espigamento e florescimento; 2 - aplicação de fungicida no espigamento, florescimento e maturação; 3 - aplicação de fungicida no florescimento e maturação.

** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

A faixa ideal de germinação na cevada para produção de malte é acima de 95% (BRASIL, 2009) sendo importante para a qualidade da cevada cervejeira, pois grãos que não germinam não serão transformados em malte. No experimento discutido, cujos dados estão na tabela 3, poucos genótipos atingiram a germinação mínima para atenderem a IN 45 de 2013 (Brasil, 2013) e, entre outras exigências, estarem aptos a serem comercializados como semente, como Planet, independente do manejo com fungicida; AAC Synergy e KWS Hazel, somente no manejo 1 (aplicação de fungicida no espigamento e florescimento) e BRS Sampa no manejo 1 e 2 (aplicação de fungicida no florescimento, espigamento e maturação).

Para a variável vigor de semente também houve interação significativa entre genótipos e manejos de fungicidas (Tabela 10). Avaliando-se os genótipos em cada

manejo de fungicida, no primeiro manejo o genótipo com maior vigor foi ACC Synergy (95,3%), diferindo apenas de BRS Kalibre (85,6%), 2 RB15-0029 (83,3%), 2 RB15-0125 (83,3%) e KWS 13/3319 (81,0%). No segundo manejo as diferenças ocorreram entre Planet, BRS Sampa, 2 RB15-0029 e 2 RB15-01125 e BRS Kalibre; e no terceiro manejo o valor que mais se destaca é de BRS Brau (91,6%), sem diferir de sete genótipos e BRS Kalibre (72,0%). No geral BRS Kalibre foi o genótipo que obteve menor porcentagem de vigor.

Com referência aos estádios de aplicação de fungicida nas plantas, isoladamente, em cada genótipo é visível a diferença entre o primeiro manejo e o terceiro manejo de aplicação de fungicida sobre o vigor da semente, sendo assim viável, com exceção de 2 RB15-0029 e RB15-0125, realizar a aplicação no espigamento e no florescimento, e portanto não vantajosa a aplicação na maturação para seis de onze genótipos avaliados.

Tabela 10. Vigor (%) de semente de onze genótipos de cevada, inoculados artificialmente com *Fusarium graminearum* em manejos de aplicação de fungicidas*, em função de estádios de desenvolvimento de planta (florescimento, espigamento e maturação), na safra de 2018. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Vigor de Sementes (%)		
	Manejo de aplicação de fungicida		
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3
AAC Synergy	95,3 a A**	88,6 ab AB	85,0 abc B
Planet	95,0 ab A	92,6 a A	90,0 ab A
BRS Sampa	95,0 ab A	91,0 a AB	87,0 abc B
KWS Hazel	93,6 ab A	89,3 a AB	86,0 abc B
ABPR 14-38	89,6 abc A	88,3 ab A	89,3 abc A
AAC Lowe	89,0 abc A	87,6 ab A	86,6 abc A
BRS Brau	88,0 abc A	85,6 ab A	91,6 a A
BRS Kalibre	85,6 bc A	79,3 b A	72,0 d B
2 RB15-0029	83,3 c B	92,3 a A	83,0 abc B
2 RB15-0125	83,3 c B	92,3 a A	81,3 bcd B
KWS 13/3319	81,0 c A	85,3 ab A	79,3 cd A
Médias	88,99	96,48	84,75
CV (%)		3,92	

*Dose de fungicida: 500 mL ha⁻¹ - Fox® (Trifloxistrobina 150 g L⁻¹ + Protiocanazol 175 g L⁻¹)
 Manejos de aplicação de fungicida: 1 - aplicação de fungicida no espigamento e florescimento; 2 - aplicação de fungicida no espigamento, florescimento e maturação; 3 - aplicação de fungicida no florescimento e maturação

** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As variáveis analisadas na safra de 2019 foram as mesmas que na safra de 2018, porém todas apresentaram interação significativa entre os fatores avaliados.

Para a severidade de giberela (Tabela 11), avaliando os genótipos nas épocas de aplicação de fungicida, todos os genótipos se diferenciaram significativamente, em todas as épocas de aplicação. No primeiro e segundo manejos, o genótipo com menor severidade de giberela foi AAC Lowe, e no terceiro 2RB15-0125. As épocas de aplicação indicaram grande variação na severidade, independente de manejo de aplicação de fungicida.

Tabela 11. Severidade (%) de giberela em sementes de onze genótipos de cevada, inoculados artificialmente com *Fusarium graminearum* em três manejos de aplicação de fungicida*, em função de estágio de desenvolvimento de planta (florescimento, espigamento e maturação), na safra de 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Severidade de giberela (%)		
	Manejo de aplicação de fungicida		
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3
BRS Sampa	63,0 a A**	42,4 c B	32,0 e C
BRS Kalibre	59,4 b A	41,4 d C	57,0 a B
KWS Hazel	45,4 c B	24,4 i C	46,0 b A
2 RB15-0125	40,0 d B	51,0 a A	12,0 k C
ABPR14-38	38,4 e A	25,4 h C	34,4 d B
AAC Synergy	33,0 f A	27,0 f B	14,4 j C
Planet	31,4 g B	49,4 b A	25,4 h C
KWS 13/3319	26,0 h B	26,4 g A	26,4 g A
2 RB15-0029	24,4 i B	29,4 e A	24,4 i B
BRS Brau	22,0 j C	25,4 h B	40,0 c A
AAC Lowe	19,4 k B	14,0 j C	31,0 f A
Médias	36,59	32,38	31,18
CV (%)		0,15	

*Dose de fungicida: 500 mL ha⁻¹ - Fox® (Trifloxistrobina 150 g L⁻¹ + Protiocanazol 175 g L⁻¹)

Manejos de aplicação de fungicida: 1 - aplicação de fungicida no espigamento e florescimento; 2 - aplicação de fungicida no florescimento, espigamento e maturação; 3 - aplicação de fungicida no florescimento e maturação

** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

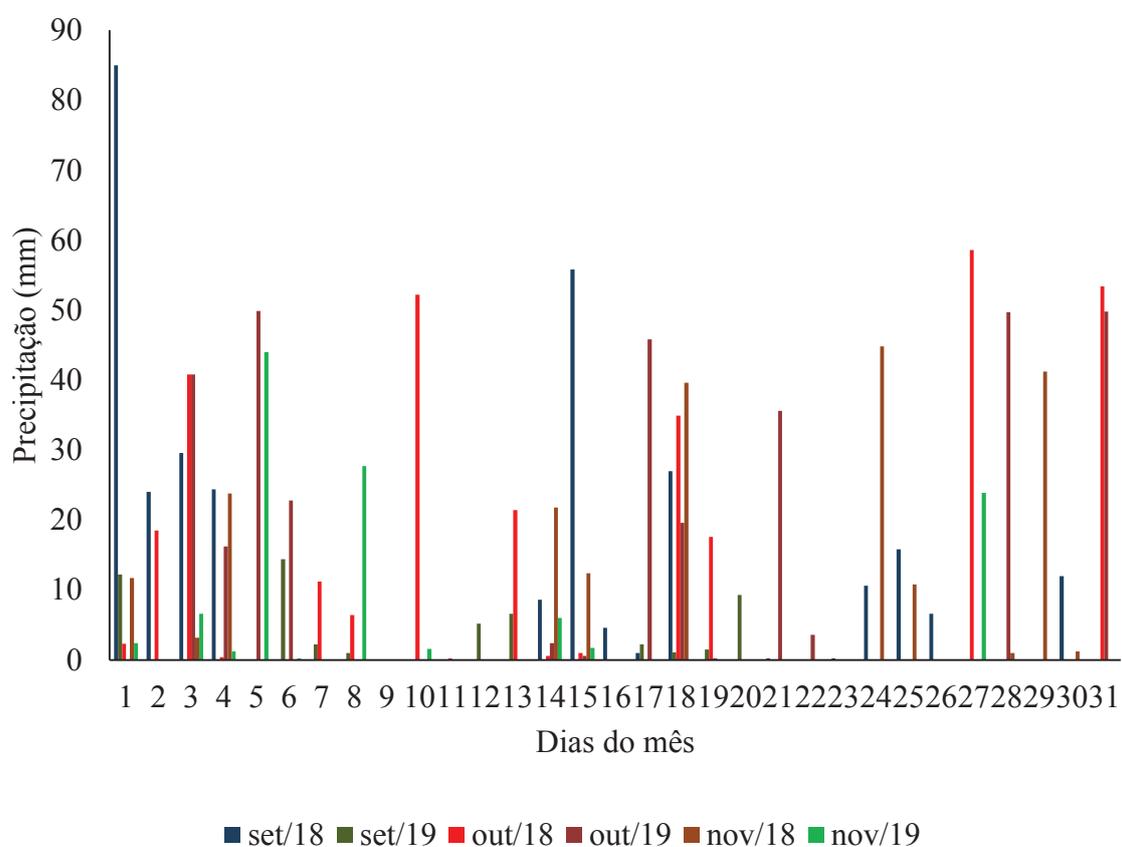
Bonfada (2015) avaliou a severidade de giberela das espigas de trigo, aplicando fungicida no início e na metade da floração e obteve 49% de controle de giberela, confirmando os resultados obtidos por Casa et al. (2007) que observaram intensidades menores de giberela quando os fungicidas foram aplicados nos mesmos estádios. O experimento realizado em 2019 se aproximou de 75 % de controle de giberela.

A variável potencial de germinação apresentou diferença significativa em todos os genótipos e entre épocas de aplicação (Tabela 12). No geral, a média do potencial de germinação das sementes de cevada, nos três manejos de aplicação de fungicida, na safra de 2019, de 94,5%, foi melhor do que na safra de 2018, de 78,6%.

Essa diferença na germinação por ser explicada pelas condições ambientais ocorridas nos dois anos. Em 2018, a média de precipitação foi mais elevada para os meses de setembro e outubro (Figura 3), o que pode ter prejudicado a formação de grãos de cevada. Já em 2019, o mês de novembro apresentou precipitação maior apenas na primeira quinzena, quando os grãos já estavam formados, em maturação fisiológica.

No manejo 1 apenas os genótipos BRS Sampa e 2 RB15-0125 atingiram germinação superior a 95%. No manejo 2, KWS Hazel, AAC Synergy e 2 RB15-0029 ficaram a baixo de 95% de germinação. No manejo 3 os genótipos que ficaram abaixo de 95% de germinação foram: BRS Sampa, Planet, AAC Lowe e 2 RB15-0029. Marini et al. (2011) verificaram que a utilização de doses acima do recomendado interfere negativamente na germinação.

Figura 3. Precipitação pluviométrica (mm) para os meses de setembro, outubro e novembro, no ano de 2018 e 2019 em Passo Fundo – RS. Passo Fundo – RS, 2020.



Fonte: EMBRAPA, 2020.

Tabela 12. Pontencial de germinação (%) de sementes de onze genótipos de cevada, inoculados artificialmente com *Fusarium graminearum* e três manejos de aplicação de fungicida*, em função de estágio de desenvolvimento de planta (florescimento, espigamento e maturação), na safra de 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Potencial de Germinação (%)		
	Manejo de aplicação de fungicida*		
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3
BRS Sampa	97,4 a A**	95,0 e B	94,4 e C
2 RB15-0125	95,4 b C	98,0 a A	96,0 d B
Planet	94,4 c A	98,0 a B	93,0 f C
AAC Lowe	94,0 d B	95,4 d A	91,4 h C
ABPR14-38	93,4 e B	96,0 c A	92,0 g C
KWS Hazel	93,4 e B	92,4 g C	98,0 a A
BRS Kalibre	93,4 e C	95,0 e B	96,4 c A
AAC Synergy	93,0 f C	94,0 f B	97,4 b A
2 RB15-0029	93,0 f B	94,0 f A	91,4 h C
BRS Brau	92,4 g B	96,4 b A	96,4 c A
KWS 13/3319	85,4 h C	98,0 a A	96,0 d B
Médias	93,20	95,65	94,76
CV (%)		0,05	

*Dose de fungicida: 500 mL ha⁻¹ - Fox® (Trifloxistrobina 150 g L⁻¹ + Protiocoazol 175 g L⁻¹)

Manejos de aplicação de fungicida: 1 - aplicação de fungicida no florescimento e espigamento; 2 - aplicação de fungicida no espigamento, florescimento e maturação; 3 - aplicação de fungicida no florescimento e maturação

** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Em 2019, o vigor (Tabela 13) de sementes apresentou comportamento similar ao potencial de germinação com diferenças significativas entre genótipos analisados e as épocas de aplicação de fungicida. Semelhante ao potencial de germinação, o vigor das sementes também teve maior valor na safra de 2019, se aproximando do valor médio de 90% nos três manejos de fungicida. Gomes et al. (2009) destacaram que as sementes com vigor baixo não reagem ao tratamento com fungicida, ficando vulneráveis à infecção por fungos. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), o tratamento químico, dependendo das condições ambientais, pode preservar o vigor, porque irá evitar ou reduzir a ação negativa dos microorganismos.

Tabela 13. Vigor (%) de sementes de onze genótipos de cevada, inoculados artificialmente com *Fusarium graminearum* e três manejos de aplicação de fungicida*, em função de estágio de desenvolvimento de planta (florescimento, espigamento e maturação), na safra de 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Manejo de aplicação de fungicida		
	Vigor de sementes (%)		
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3
BRS Kalibre	92,0 a A**	91,0 de B	92,0 a A
2 RB15-0029	92,0 a A	90,0 e B	92,0 a A
Planet	91,0 ab B	92,0 cd A	87,0 e C
KWS Hazel	90,0 bc C	97,0 a A	96,0 a B
2 RB15-0125	90,0 bc C	94,0 b A	93,0 b B
BRS Brau	89,0 c C	93,0 bc B	96,0 a A
ABPR14-38	85,0 d A	91,0 de B	93,0 b B
BRS Sampa	85,0 d C	94,0 b A	93,0 b B
AAC Lowe	85,0 d C	92,0 cd A	88,0 de B
AAC Synergy	74,0 e C	83,0 f B	89,0 cb A
KWS 13/3319	73,0 e C	97,0 a A	83,0 f B
Médias	86,00	92,18	91,09
CV (%)		0,56	

*Dose de fungicida: 500 mL ha⁻¹ - Fox[®] (Trifloxistrobina 150 g L⁻¹ + Protiococonazol 175 g L⁻¹)

Manejos de aplicação de fungicida: 1 - aplicação de fungicida no espigamento e florescimento; 2 - aplicação de fungicida no florescimento, espigamento e maturação; 3 - aplicação de fungicida no florescimento e maturação

** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

O controle químico de giberela pode auxiliar na redução dos danos causados pela doença e contaminação com micotoxinas, porém a ressalva é quanto à insuficiência de eficácia do fungicida, caso a deposição da calda não cubra completamente os locais de infecção localizados nas laterais da espiga (AVOZANI et al., 2014).

A produtividade dos genótipos (Tabela 14), na safra de 2019, mostrou diferenças estatísticas importantes entre eles e as épocas de aplicação de fungicida. Sendo o genótipo mais produtivo no manejo 1 o 2 RB 15-0029, no segundo manejo o AAC Synergy e no terceiro manejo o KWS Hazel. Avaliando-se os estádios de aplicação de fungicida, para cada genótipo, a terceira época de aplicação apresentou maior produtividade.

Tabela 14. Produtividade (kg/ha) de onze genótipos de cevada, inoculados artificialmente com *Fusarium graminearum* em três manejos de aplicação de fungicida*, em função de estágio de desenvolvimento de planta (florescimento, espigamento e maturação), na safra de 2019. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Rendimento (kg/ha)		
	Manejo de aplicação de fungicida		
	Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3
2 RB15-0029	4488,0 a A**	1788,1 b B	1074,1 i C
KWS 13/3319	3229,8 b A	1753,0 c B	1661,8 h C
BRS Kalibre	2861,8 c A	906,6 i C	2331,0 b B
ABPR14-38	2584,0 d A	856,1 j C	2268,0 c B
2 RB15-0125	2472,3 e A	960,0 h C	1668,6 g B
KWS Hazel	2236,3 f B	967,1 g C	3213,0 a A
Planet	2194,6 g A	1156,6 e C	1949,3 e B
BRS Sampa	1717,0 h B	1590,0 d C	1966,0 d A
BRS Brau	1002,8 i C	1066,5 f B	1742,8 f A
AAC Lowe	500,1 j A	240,3 k C	319,1 k B
AAC Synergy	463,3 k B	2117,3 a A	390,1 j C
Médias	2159,10	1218,33	1689,47
CV (%)	5,67		

*Dose de fungicida: 500 mL ha⁻¹ - Fox® (Trifloxistrobina 150 g L⁻¹ + Protiocozazol 175 g L⁻¹)

Manejos de aplicação de fungicida: 1 - aplicação de fungicida no espigamento e florescimento; 2 - aplicação de fungicida no florescimento, espigamento e maturação; 3 - aplicação de fungicida no florescimento e maturação

** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

4.5 Conclusões

A severidade de giberela em semente de cevada é influenciada negativamente pelos estádios de aplicação de fungicida.

Genótipo e estágio de aplicação de fungicida influenciam a qualidade fisiológica de semente cevada, sendo que a aplicação preventiva influencia positivamente a qualidade da semente de cevada.

5 CAPÍTULO III

Viabilidade polínica e resistência tipo III à giberela em genótipos de cevada em ambiente favorável à epidemia

5.1 *Resumo*

A giberela, doença causada pelo fungo *Gibberella zeae* (teleomorfo), *Fusarium graminearum* (anamorfo) é considerada uma das enfermidades mais importantes para os cereais de inverno. É uma doença de controle difícil, que vem causando impacto no rendimento, qualidade de grãos e na contaminação desses por micotoxinas. Em cevada, a giberela causa sintomas semelhantes ao de trigo, porém a distribuição é de forma pontual, sendo possível observar sintomas na bainha. Um dos tipos de resistência à giberela é a resistência tipo III, caracterizada pela resistência à infecção nos grãos. Os objetivos deste capítulo foram avaliar genótipos de cevada quanto a sua viabilidade polínica e para a resistência tipo III à giberela, em ambiente favorável à epidemia da doença. Dois experimentos foram instalados com 15 dias de diferença de plantio, no campo experimental da Embrapa Trigo, em 2019. O delineamento foi em blocos casualizados, com onze tratamentos e três repetições. No espigamento, grãos de trigo com peritécios de *G. zeae* foram distribuídos na superfície do solo. Após, a área experimental foi submetida ao molhamento de espigas com formação de neblina, com pelo menos três dias sem precipitação pluvial. Três espigas de cada genótipo, em cada repetição, foram coletadas e fixadas em Carnoy para análise de viabilidade polínica, pelo método de maceração e análise microscópica. Ao final do ciclo, as plantas foram colhidas e trilhadas para realizar a classificação comercial de grãos e a produtividade de cada genótipo. Os grãos retidos na peneira 2,8 e 2,5 mm foram misturados, pesados e utilizados para quantificação de grãos infectados por giberela nos testes de patologia. Quanto à viabilidade polínica os genótipos são geneticamente estáveis. O escalonamento da semeadura é uma prática de controle de giberela que deve ser realizado, uma vez que a primeira época de plantio apresentou maior quantidade de grãos retidos na peneira 2,8 mm e maior rendimento dos genótipos, além de alguns genótipos apresentarem o teor de micotoxina reduzido, quando comparado com a primeira época.

Palavras-chave: 1. *Hordem vulgare*. 2. Citogenética. 3. Classificação de grãos. 4. Fitopatologia.

5.2 Introdução

A giberela, doença causada pelo fungo *Gibberella zeae*, na fase perfeita (sexual) e *Fusarium graminearum* Schwabe, na fase imperfeita (assexuada) é considerada uma das enfermidades mais importantes para os cereais de inverno. É uma doença de controle difícil, que vem causando impacto no rendimento, qualidade de grãos e na contaminação desses por micotoxinas. Em cevada, a giberela causa sintomas semelhantes ao do trigo, porém a distribuição é de forma pontual, também sendo possível observar sintomas na bainha (LIMA, 2004).

No Brasil, a resolução n. 7/2011 da ANVISA dispõe sobre os limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos, incluindo grãos de cevada e o malte. A redução de tolerância de micotoxinas em grãos de cevada tem sido uma preocupação para a indústria cervejeira em razão de suscetibilidade de cultivares sob condições ambientais favoráveis, frequentes nas principais regiões produtoras (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) aumentando o interesse no conhecimento de resistência dos materiais ao *Fusarium* spp. Em 2019, entrou em vigor a nova resolução da ANVISA que reduz os limites de micotoxina deoxinivalenol para 1000 µg/kg em cevada e 750 µg/kg no malte (ANVISA, 2017).

A intensidade da giberela é altamente dependente de condições climáticas, por isso as epidemias variam de ano para ano (CASA et al., 2004). As condições ambientais necessárias para ocorrência da doença incluem precipitação pluvial de 48 horas consecutivas e temperatura entre 20 e 25 °C (LIMA; FERNANDES, 2000).

A ocorrência de giberela tem sido intensificada nas últimas décadas devido ao aumento da área plantada de milho, sendo a palhada dessa cultura uma fonte importante de inóculo, além da prática de preparo reduzido. Esta prática permite resíduos culturais na superfície do solo, que favorecem a produção da fase perfeita do fungo (ZHU et al., 2015).

A resistência à giberela é quantitativa, governada por genes múltiplos (resistência horizontal) sendo influenciada, amplamente, pelo ambiente (MESTERHAZY, 1995). O desenvolvimento de cultivares resistentes tem sido lento, e até o momento, apenas fontes limitadas de resistência à giberela em cevada estão disponíveis, derivadas de espécies exóticas e não adaptadas, incluindo a cultivar Chevron que possui os níveis de micotoxina deoxinivalenol reduzidos (LINKMEYER et al., 2013).

Existem pelo menos cinco tipos de resistência à giberela; tipo I: resistência à infecção inicial; tipo II: resistência à propagação no interior da espiga; tipo III: resistência de grãos à infecção (mesmo que a espiga esteja infectada); tipo IV: redução de acúmulo de micotoxinas; tipo V: tolerância (menor perda de produtividade, mesmo com infecção elevada) (MESTERHAZY, 1995). Os tipos de resistência I, II e III são os mais estudados, e várias metodologias têm sido desenvolvidas para avaliar e distinguir esses tipos de resistência pelos melhoristas de plantas (BAI; SHANER, 1994).

Uma das formas de caracterização de germoplasma é mediante a avaliação de caracteres morfológicos. A análise citogenética pode ser utilizada como seleção assistida aos programas de melhoramento, possibilitando determinar o comportamento meiótico através de grãos de pólen ou micrósporos com um ou mais micronúcleos. Essa análise permite avaliar algumas características anatômicas e fisiológicas fundamentais para o seu desenvolvimento (ZANOTTO et al., 2009).

O objetivo deste capítulo foi avaliar onze genótipos de cevada quanto à viabilidade polínica e para a resistência tipo III à giberela, em ambiente de simulação de ambiente favorável à epidemia da doença.

5.3 *Material e Métodos*

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Embrapa Trigo, localizado no município de Passo Fundo, RS, com 687 metros de altitude e 28°15'S 52°24'W, na área experimental viveiro de giberela, em duas épocas de semeadura, sendo a primeira em 04/07/2019 e a segunda em 18/07/2019.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com onze genótipos (tratamentos) (Tabela 15) e três repetições. Cada parcela foi composta de uma linha de 5 m de comprimento e espaçamento de 0,20 m entre parcelas, na lateral, e de 1 m, entre as mesmas no comprimento. Cada experimento foi espaçado em 0,80 m, possibilitando a colocação de mangueira de irrigação na superfície do solo (LIMA, 2000) para o molhamento de espigas.

Tabela 15. Genótipos de cevada e fornecedor utilizados para a viabilidade polínica e para a caracterização de resistência tipo III à giberela. Passo Fundo – RS, 2020.

GENÓTIPOS	FORNECEDOR
ABPR14-38	Ambev
KWS 13/3319	Ambev
2 RB15-0029	Ambev
2 RB15-0125	Ambev
KWS Hazel	Ambev
AAC Synergy	Embrapa
AC Lowe	Embrapa
BRS Brau	Embrapa
BRS Kalibre	Embrapa
BRS Sampa	Embrapa
Planet	Embrapa

As práticas de manejo seguiram as orientações técnicas recomendadas para a cultura da cevada (EMBRAPA, 2017), exceto quanto ao controle de doenças, que foi realizado até o estágio 10 (emborrachamento) da escala de Feeks e Large (LARGE, 1954) (LIMA, 2002). No estágio 10-5 (espigas fora da bainha) foram coletadas três espigas de cada genótipo, em cada repetição, a fim de identificar a viabilidade polínica dos genótipos.

A atividade de viabilidade polínica foi realizada, a fim de identificar e inferir sobre a estabilidade genética e seleção posterior de genótipos superiores. O experimento foi realizado no Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Trigo. As espigas coletadas, de plantas desenvolvidas no campo foram fixadas em Carnoy 3:1 (álcool etílico absoluto: ácido acético glacial) por 24 horas em temperatura ambiente e armazenadas em álcool 70% a -20 °C, até o preparo das lâminas para as análises citogenéticas

As lâminas foram confeccionadas pelo método de esmagamento de anteras, usando três anteras da mesma flor, oriundas da região mediana da espiga. A coloração foi realizada utilizando-se o fluorocromo 4',6-Diamidino-2'-phenylindole dihydrochloride (DAPI). Foram analisados os primeiros 200 grãos de pólen íntegros por lâmina, por meio do microscópio de epifluorescência da Zeiss (Axioscop FL 40) e com aumento de 200x.

As variáveis analisadas para viabilidade polínica foram o número de grãos de pólen bi/trinucleados, com quantidade regular de amido e, pelo menos, um poro (considerados viáveis); grãos de pólen vazios (inviáveis); grãos de pólen com tamanhos diferentes, considerados menores que os normais. Posteriormente, foi realizada a medida de diâmetro de dez grãos de pólen, em micrômetros, na região central da lâmina e feita a média, para posterior análise estatística. Após a análise dos dados, foram excluídos do experimento os genótipos cuja viabilidade polínica foi menor que 85%.

Após a retirada de espigas para análise polínica, determinou-se a data em que cada genótipo atingiu 50% de espigamento para avaliar o ciclo (número de dias) de semeadura ao espigamento. Neste estágio, grãos de trigo com peritécios maduros de *G. zea*, produzidos conforme Lima, 2007, foram distribuídos na superfície do solo na linha de irrigação. Em pelo menos três dias com ausência de precipitação pluvial, a área experimental foi submetida ao molhamento de espigas, com formação de neblina, por 5 minutos consecutivos e intervalos de 25 a 30 minutos (LIMA; FERNANDES, 2000), simulando ambiente com ocorrência de epidemia de giberela.

Ao final do ciclo das plantas de cevada foi realizada a colheita manual de espigas de cada linha de semadura, eliminando 0,50 m de bordadura de cada extremidade. A trilha foi realizada em trilhadora elétrica estacionária com a entrada de ar fechada, evitando a perda de grãos giberelados (LIMA; FERNANDES, 2000). Após a trilha os genótipos foram classificados quanto ao diâmetro dos grãos (mm) (BRASIL, 1996).

A classificação de grãos (LIMA, 2020, em prelo), foi realizada em duas amostras de 100 gramas de cada repetição, as quais foram peneiradas em malha com diâmetro 2,8,

2,5 e 2,2 mm. Os grãos retidos em cada peneira e o refugo, foram pesados separadamente e armazenados.

Para a avaliação da infecção de grãos por *F. graminearum*, foram selecionados cinco genótipos (2RB15-0029, KWS Hazel, BRS Kalibre, BRS Sampa e Planet) cujo somatório de grãos retidos na peneira 2.8 e 2.5 mm foram ≥ 170 gramas (LIMA, 2020, no prelo). Em dois outros genótipos, (AAC Lowe e AAC Synergy) que interessam para avaliação de micotoxina, devido à qualidade na fabricação do malte, também foi realizada a patologia. AAC Lowe possui qualidade para maltagem e baixo nível de resistência à giberela (JUSKIW et al., 2019) e AAC Synergy possui alta produtividade e maior rendimento na maltagem (LI, 2012).

O plaqueamento foi realizado com os grãos das peneiras 2,8 e 2,5 mm, separadamente, em meio BDA (batata, dextrose e ágar), preparado com o líquido resultante do cozimento de 140 g de batata em um litro de água destilada, ao qual foi adicionado 10 g de dextrose e 15 g de ágar. Após autoclavagem de 15 minutos, acrescentou-se ao meio, em temperatura aproximada de 50 °C, sulfato de strepitomicina (0,12 g/10mL de água destilada estéril).

A assepsia de grãos foi realizada com solução de hipoclorito de sódio (1%), por dois minutos, seguida de enxágue duplo em água destilada estéril, e remoção de excesso de umidade em papel filtro estéril (LIMA, 2012). O plaqueamento foi efetuado em gerbox, previamente esterilizadas com formol, onde em cada uma distribuíram-se 25 grãos equidistantes. A incubação ocorreu em sala climatizada, com temperatura de 25 °C ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. Após cinco dias de incubação, a avaliação de *F. graminearum* em cada grão foi feita através de microscópio esterioscópico (lupa) e ótico, com base nas características culturais e morfológicas.

A análise de micotoxina deoxinivalenol foi patrocinada pela empresa Ambev, sendo realizada pelo método de Tiras Reativas (NEOGEN, 2018), que é um teste rápido permitindo analisar amostras de grãos e produtos de grãos, fornecendo resultados quantitativos de forma rápida.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias foram analisadas pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade, pelo programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

5.4 Resultados e Discussão

O ciclo de espigamento na primeira época de semeadura variou de 77 dia (BRS Kalibre) e 85 dias (BRS Brau), e na segunda de 78 dias (AAC Synergy) a 82 dias (BRS Kalibre). Todos os genótipos foram mais precoces na primeira semeadura em comparação com a segunda (Tabela 16). O uso das cultivares com ciclos diferentes é uma prática cultural utilizada visando o escape à doença, fazendo com que a fase reprodutiva da cultura não coincida com os períodos favoráveis para as doenças, sendo uma prática indicada para reduzir os prejuízos por giberela (LIMA et al., 2002). Plantas com ciclo precoce ficam menos tempo expostas aos estresses bióticos e abióticos, permitindo a escolha da melhor época de semeadura, de forma a aproveitar as condições ambientais mais favoráveis ao seu desenvolvimento (CAMARGO et al., 1993).

Tabela 16. Ciclo (dias) da semeadura ao espigamento de onze genótipos de cevada, em duas épocas de semeadura. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Primeira época*	Segunda época**
BRS Kalibre	77	82
Planet	77	83
2 RB15-0125	78	82
ABPR-1438	78	86
KWS Hazel	78	86
2 RB15-0029	79	82
AAC Synergy	80	78
KWS 13/3319	82	85
AAC Lowe	84	87
BRS Sampa	84	88
BRS Brau	85	87

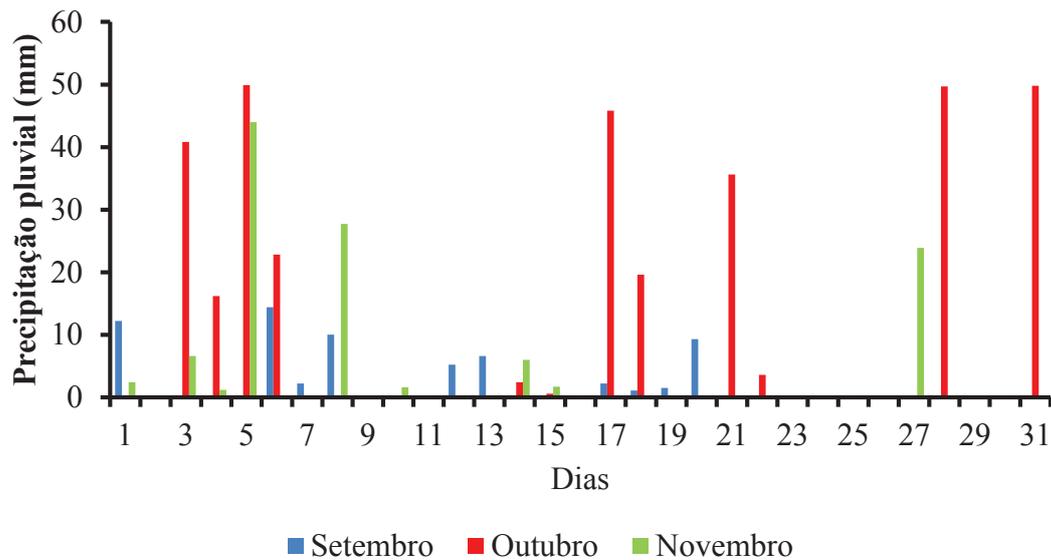
* Semeadura em 04/07/2019.

** Semeadura em 18/07/2019.

O mês de outubro foi o que teve maior índice de precipitação pluvial (Figura 4), sendo o mês mais crítico para ocorrência de giberela, pois coincide com a época de espigamento da cevada que na primeira época iniciou no dia 01 de outubro de 2019 e na

segunda época no dia 10 de outubro de 2019. Portanto, devido ao alto índice de precipitação pluvial no mês de outubro, a área experimental teve condições favoráveis ao patógeno e, portanto, à ocorrência de giberela, pois mesmo quando ficou três dias sem precipitação, o sistema de molhamento foi acionado.

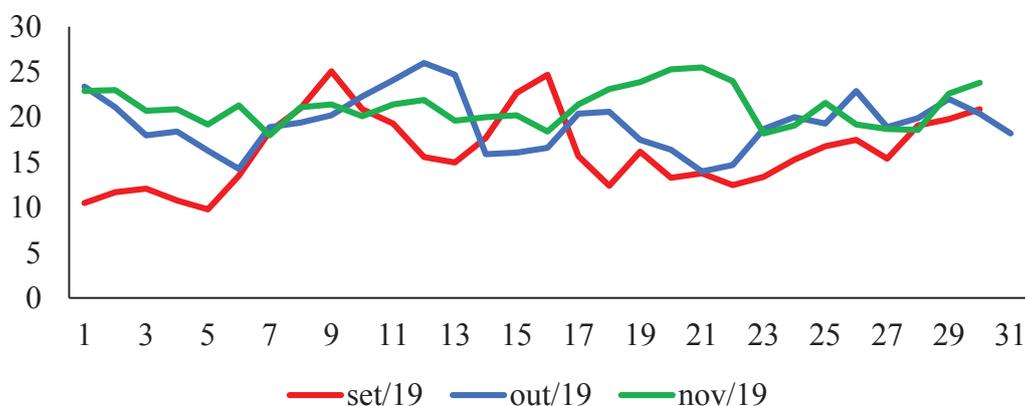
Figura 4. Precipitação pluvial para os meses de setembro, outubro e novembro do ano de 2019, em Passo Fundo - RS (EMBRAPA, 2020).



Fonte: EMBRAPA, 2020.

A média de temperatura para os meses de setembro, outubro e novembro (Figura 5) ficou dentro da média esperada de temperatura, sendo ideal para a ocorrência de epidemias de giberela, que para Andersen (1948) e Sutton (1982) a temperatura ótima para infecção situa-se entre 20 e 30 °C.

Figura 5. Temperatura em °C para os meses de setembro, outubro e novembro, em Passo Fundo, RS.



Fonte: EMBRAPA, 2020.

As condições climáticas de precipitação e temperatura são decisivas para a ocorrência de giberela (McMULLEN, 2007). Tendo em vista que os genótipos espigaram no mês de setembro e outubro, e diante das informações climáticas pode-se afirmar que houve condições favoráveis para a ocorrência da doença, pois em semanas com mais de três dias com ausência de precipitação, a área de plantio foi irrigada, simulando as condições ideais de molhamento foliar.

Dentre as variáveis analisadas neste experimento, apenas ocorreu interação significativa entre o porcentagem de grãos de cevada retidos na peneira 2,5 mm e a data de semeadura do experimento. Para a variável porcentagem de grãos de cevada retidos na peneira 2,8 mm (Tabela 17) foi possível observar a formação de três grupos distintos para os genótipos semeados na primeira época (04/07/2019) e dois grupos para os da segunda (18/07/2019). Os genótipos BRS Kalibre e Planet foram os que se destacaram nesta variável, ficando acima de 58% de grãos retidos na peneira 2,8 mm. Vale destacar que o genótipo BRS Kalibre tem o tamanho de grão maior quando comparado com os demais genótipos, fazendo jus ao seu nome (MINELLA et al., 2017). O genótipo que teve menor porcentagem de grãos retidos na peneira 2,8 mm foi o BRS Brau.

Tabela 17. Porcentagem (%) de grãos de cevada retidos na peneira 2,8 mm dos onze genótipos semeados nos dias 04 e 18 de julho de 2019. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Época de Semeadura	
	Primeira época*	Segunda época**
BRS Kalibre	63,69 a***	71,12 a
Planet	58,79 a	60,60 a
BRS Sampa	39,97 b	32,88 b
KWS 13/3319	39,03 b	40,54 b
2 RB15-0125	38,65 b	46,75 b
ABPR14-38	37,96 b	34,95 b
AAC Synergy	33,66 b	37,65 b
KWS Hazel	32,07 b	32,51 b
2 RB15-0029	21,31 c	24,18 b
AAC Lowe	14,28 c	33,61 b
BRS Brau	12,64 c	25,69 b
CV (%)	24,74	24,96

* Semeadura: 04/07/2019/** Semeadura: 10/07/2019

*** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

A variável porcentagem de grãos retidos na peneira 2,5 mm (Tabela 18) apresentou interação significativa entre os fatores estudados (genótipo x data de semeadura).

Analisando os genótipos semeadura na primeira data (04/07/2019) é possível observar três diferentes grupos, sendo o genótipo KWS Hazel o que teve maior porcentagem de grãos retidos na peneira 2,5 mm e o genótipo AAC Lowe com menor porcentagem. Na segunda data de semeadura foi observado a formação de dois grupos distintos, sendo que a cultivar BRS Brau foi quem obteve maior porcentagem de grãos retidos na peneira 2,5 mm e BRS Kalibre com menor porcentagem. Analisando os genótipos, individualmente, dentro de cada data de semeadura, só foi observado diferença para os genótipos BRS Sampa, BRS Brau e AAC Lowe, sendo que eles tiveram menor porcentagem de grãos retidos na peneira 2,5 mm na primeira data de plantio.

Tabela 18. Porcentagem (%) de grãos de cevada retidos na peneira 2,5 mm de onze genótipos semeados no dia 04 e 18 de julho de 2019. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Época de Semeadura		Média
	Primeira época*	Segunda época**	
KWS Hazel	50,55 a A***	45,11 a A	47,83
2 RB15-0029	48,63 a A	46,12 a A	47,37
KWS 13/3319	42,87 a A	45,00 a A	43,94
2 RB15-0125	42,73 a A	36,37 b A	39,55
ABPR14-38	38,70 a A	40,65 a A	39,67
BRS Sampa	33,23 b B	48,81 a A	41,02
Planet	30,40 b A	27,37 b A	28,88
AAC Synergy	29,42 b A	29,71 b A	29,56
BRS Brau	27,36 b B	50,62 a A	38,99
BRS Kalibre	27,32 b A	21,98 b A	24,65
AAC Lowe	14,55 c B	27,34 b A	20,94
Média	35,07	38,10	CV % 15,84

* Semeadura: 04/07/2019

** Semeadura: 18/07/2019

*** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Na indústria cervejeira, os grãos que interessam para comercialização e para fabricação do malte são os retidos nas peneiras 2,8 e 2,5 mm. Em vista disso, foi analisado a soma da porcentagem de grãos retidos nas peneiras 2,8 e 2,5 mm (Tabela 19). Na primeira época de semeadura foi observado diferença significativa entre os genótipos, sendo que o genótipo AAC Lowe obteve menor porcentagem de grãos retidos nas peneiras 2,8 e 2,5 mm. Na segunda época de semeadura não houve diferença significativa entre os genótipos analisados para esta variável, porém podemos observar que nas duas datas de semeadura o genótipo BRS Kalibre foi quem teve maior porcentagem de grãos retidos nas duas peneiras e o genótipo AAC Lowe com menor porcentagem.

Tabela 19. Somatório da porcentagem (%) de grãos de cevada retidos nas peneiras 2,8 e 2,5 mm dos genótipos semeados nos dias 04 e 18 de julho de 2019. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Época de Semeadura	
	Primeira época*	Segunda época*
BRS Kalibre	91,2 a***	93,1 ^{ns}
Planet	89,1 a	87,9
KWS Hazel	82,6 a	83,1
KWS 13/3319	81,9 a	81,7
2 RB15-0125	81,1 a	76,3
ABPR14-38	76,6 a	85,5
BRS Sampa	73,2 a	67,3
2 RB15-0029	69,9 ab	77,6
AAC Synergy	63,0 ab	75,6
BRS Brau	40,0 bc	70,3
AAC Lowe	28,8 c	60,9
CV (%)	14,67	14,85

* Semeadura: 04/07/2019

** Semeadura: 18/07/2019

*** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

^{ns} não significativo

Para fins de maiores informações foi analisado a porcentagem dos grãos retidos na peneira de 2,2 mm e na peneira de refugo (Tabela 20). Nas duas classificações e em ambas as datas de semeadura o genótipo com maior percentual de grãos retidos nas peneiras 2,2 mm e refugo foi a 2 RB15-0029.

Tabela 20. Porcentagem (%) de grãos de cevada retidos na peneira 2,2 mm e no refugo dos onze genótipos semeados nos dias 04 e 18 de julho de 2019. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Época de Semeadura			
	Primeira época*		Segunda época*	
	Peso peneira 2.2 mm	Peso refugo	Peso peneira 2.2 mm	Peso refugo
2 RB15-0029	22,6 a***	7,3 a	21,1 a	8,3 a
ABPR14-38	16,5 b	6,8 a	17,6 a	5,8 b
KWS Hazel	15,6 b	3,6 b	17,3 a	4,5 c
2 RB15-0125	14,1 b	4,8 b	11,2 b	4,0 c
KWS 13/3319	13,9 b	4,1 b	11,2 b	2,1 c
BRS Brau	11,6 c	4,2 b	14,0 a	3,1 c
BRS Sampa	10,7 c	3,7 b	13,6 a	3,7 c
AAC Synergy	10,0 c	3,4 b	10,0 b	3,4 c
Planet	8,0 c	2,3 b	7,7 b	2,9 c
BRS Kalibre	6,4 c	1,8 b	4,5 b	1,3 c
AAC Lowe	6,2 c	2,2 b	8,8 b	3,8 c
CV (%)	22,06	40,06	33,17	36,04

* Semeadura: 04/07/2019

** Semeadura: 18/07/2019

*** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Quanto a produtividade dos genótipos em kg/ha (Tabela 21) o genótipo com maior rendimento na primeira data de semeadura foi o Planet atingindo mais de 60 toneladas por hectare e o genótipo BRS Brau com menor rendimento (814,7 kg/ha). Na segunda data de semeadura o genótipo que se destacou foi o BRS Sampa com 5071,3 kg/ha e o AAC Lowe com menor rendimento (1912,2 kg/ha).

Tabela 21. Rendimento (kg/ha) dos onze genótipos de cevada semeados nos dias 04 e 18 de julho de 2019. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Época de semeadura	
	Primeira época*	Segunda época*
Planet	6062,5 a***	4617,7 a
2 RB15-0125	6013,8 a	4730,7 a
KWS Hazel	5904,9 a	4769,6 a
ABPR14-38	4371,9 b	5021,6 a
BRS Kalibre	4246,7 b	4237,0 a
KWS 13/3319	4042,3 b	4194,6 a
BRS Sampa	3827,8 b	5071,3 a
2 RB15-0029	3815,7 b	4312,2 a
AAC Synergy	2163,0 c	2234,0 b
AAC Lowe	910,4 c	1912,2 b
BRS Brau	814,7 c	2489,2 b
CV (%)	27,99	18,06

* Semeadura: 04/07/2019

** Semeadura: 18/07/2019

*** Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Como análise complementar, foi realizada a avaliação citogenética dos genótipos utilizados, a fim de verificar a viabilidade polínica e inferir sobre a estabilidade genética. Segundo Frescura et al. (2012), a estimativa da viabilidade polínica é importante para a análise de fluxo gênico em plantas e por avaliar o potencial de reprodução masculina da espécie. Desta forma, é possível estudar a variabilidade genética entre populações ou acessos de uma mesma espécie, caso ocorra variação da variabilidade polínica entre eles (KUHN, 2015).

No presente estudo, os resultados demonstraram que todos os genótipos utilizados estavam estáveis e dentro do padrão para as Triticeae. De modo geral, não foi possível observar diferenças significativas (Tabela 22) para as variáveis porcentagem de grãos de pólen viáveis, porcentagem de grãos de pólen inviáveis, porcentagem de grãos de pólen com tamanho diferente e medida em nanômetros dos grãos de pólen (Figura 6).

Tabela 22. Porcentagem de grãos de pólen binucleado/trinucleado (viáveis), vazios (inviáveis) e com tamanho diferente (%) dos onze genótipos semeados nos dias 04 e 18 de julho de 2019. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

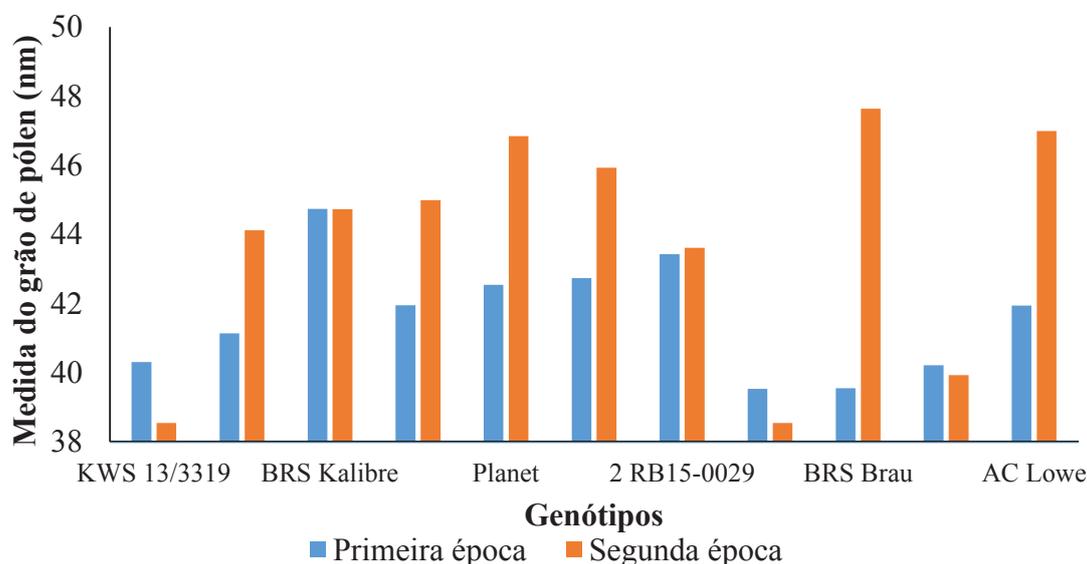
Genótipo	Binucleados / trinucleados (viáveis)				Grão de pólen com tamanho diferente	
	Primeira época*		Segunda época**		Primeira época	Segunda época
	Primeira época*	Segunda época**	Primeira época	Segunda época		
KWS 13/3319	93,6 ^{ns}	94,0	3,3	1,8	3,7	2,0
2 RB15-0125	93,3	85,0	2,7	1,6	3,8	14,0
BRS Kalibre	92,7	89,0	1,7	5,2	8,0	6,0
KWS Hazel	92,6	89,0	3,0	2,3	4,3	8,0
Planet	92,1	90,0	1,8	1,3	6,1	9,0
ABPR14-38	91,6	90,0	0,6	1,9	7,7	8,0
2 RB15-0029	91,2	88,0	1,8	3,6	6,9	8,0
BRS Sampa	84,1	96,0	3,5	1,0	12,3	3,0
BRS Brau	83,0	96,0	2,9	1,8	14,0	2,0
AAC Synergy	81,7	80,0	3,1	5,3	15,8	15,0
AC Lowe	75,6	83,0	2,7	1,9	21,4	15,0
C.V %	7,83	7,45	74,77	74,97	64,77	68,97

* Semeadura: 04/07/2019

** Semeadura: 18/07/2019

^{ns} Não significativo pelo teste F (P≤0,05)

Figura 6. Medida do grão de pólen (nm) dos onze genótipos semeados no dia 04 e 18 de julho de 2019. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.



Fonte: Munaretto, 2019.

A variabilidade polínica pode variar consideravelmente entre indivíduos de uma mesma espécie ou entre amostras dos mesmos indivíduos (TECCHIO et al., 2006). Apesar desta variabilidade não ter sido observada neste trabalho, provavelmente devido ao fato dos genótipos estarem estáveis do ponto de vista citogenético, Zanotto et al. (2009) obtiveram em triticale, porcentagem média de grãos de pólen viáveis entre 68,6% e 98,8%.

Com base nos resultados das análises de citogenética e da classificação de grãos, foram selecionados cinco genótipos, que se encaixavam nos pré-requisitos de estar com viabilidade acima de 95% e com mais de 170 gramas de grãos de cevada acumulados na peneira 2,8 e 2,5, para realizar as avaliações de patologia. Além destes genótipos, foram incluídos mais dois (AAC Synergy e ACC Lowe) por interesse em quantificar níveis de micotoxina.

Para a variável porcentagem de grãos de cevada infectados com *F. graminearum* (Tabela 23) não foi observado interação entre os fatores data de plantio, genótipo e peneira de classificação (Apêndice 1), ou seja, a data de plantio não interferiu na porcentagem de grãos infectados com *F. graminearum*, independentemente da malha da peneira de classificação.

É possível observar a formação de dois grupos distintos, nas duas peneiras de classificação: os genótipos 2 RB15-0029 e Planet apresentaram maior porcentagem de grãos infectados na peneira 2,8 e menor porcentagem de infecção na peneira 2,5. Em contrapartida, vale destacar que o genótipo AAC Lowe foi o que apresentou menor porcentagem de grãos infectados, ficando abaixo de 70% nas duas peneiras de classificação. Bechtel et al. (1985) relataram que a avaliação visual de giberela em grãos pode ser usada para discriminar diferenças não refinadas de infecção de grãos por *F. graminearum*, pois o patógeno é detectado em meio de cultura em grãos, aparentemente, saudáveis. Provavelmente isso pode ocorrer devido à infecção tardia do grão, não refletindo no rendimento, mas detectada em meio de cultura (LIMA, 2012).

Tabela 23. Porcentagem de grãos de cevada infectados com *Fusarium graminearum* dos onze genótipos classificados na peneira com malha 2,8 e 2,5 mm. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Peneira (mm)	
	2,8	2,5
2 RB15-0125	84,6 a*	66,8 b
Planet	83,4 a	67,4 b
BRS Kalibre	83,1 a	73,1 a
AAC Synergy	82,0 a	74,6 a
KWS Hazel	77,1 b	73,8 a
BRS Sampa	72,8 b	63,3 b
AAC Lowe	69,6 b	63,4 b
CV (%)	9,12	8,89

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Para finalizar os resultados, foi realizada a análise de presença de micotoxina DON nos genótipos utilizados, somente com comparação de resultados, a fim de auxiliar na conclusão quanto à resistência à giberela dos genótipos.

Na primeira data de plantio (04/07/2019), o genótipo com maior quantidade de micotoxina deoxinivalenol (DON) foi o KWS 13/3319 e 2 RB15-0125 (Tabela 24), ficando com 8900 ppb, o genótipo com menor índice de micotoxina foi o Planet (6900 ppb). Na segunda data de semeadura, KWS Hazel foi quem apresentou mais micotoxina (8800 ppb) e BRS Brau se destacou por apresentar apenas 6700 ppb. Os genótipos AAC Synergy e AAC Lowe apresentaram resultados medianos.

Vale destacar que todos os genótipos testados apresentaram níveis de toxinas abaixo do LMT de DON pela nova legislação – Resolução 138 da ANVISA (BRASIL, 2013). Em anos de epidemia de giberela, o fator responsável para maior incidência da doença, e maiores teores de micotoxinas, é a condição climática no momento do espigamento de cevada (ALMEIDA, 2006).

Tabela 24. Quantidade de micotoxina DON (ppb) para os onze genótipos utilizados nas duas datas de semeadura. Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 2020.

Genótipo	Micotoxina DON (ppb)	
	Época de semeadura	
	Primeira época*	Segunda época*
KWS 13/3319	8900	8400
2 RB15-0125	8900	8100
2 RB15-0029	8800	8600
BRS Kalibre	8500	8300
BRS Brau	8200	6700
AAC Synergy	7900	8200
BRS Sampa	7800	7500
AAC Lowe	7300	8100
KWS Hazel	7200	8800
ABPR14-38	7100	8000
Planet	6900	8500

* Semeadura: 04/07/2019

** Semeadura: 18/07/2019

5.5 Conclusões

Quanto à viabilidade polínica, os genótipos são geneticamente estáveis.

O escalonamento da semeadura é uma prática de controle de giberela que deve ser realizado, uma vez que a primeira época de plantio apresenta maior porcentagem de grãos retidos na peneira 2,8 mm e maior rendimento dos genótipos, além de alguns genótipos apresentarem o teor de micotoxina reduzido, quando comparado com a primeira época. Portanto o maior nível de resistência tipo III à giberela, em ambiente favorável à epidemia, foi encontrado na primeira época de plantio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos três capítulos descritos, verificou-se que os genótipos de cevada não possuem resistência completa à giberela. Todos tiveram comportamento distinto em cada ambiente e época de cultivo, percebendo que os níveis de resistência genética são muito baixos ou quase inexistentes e que ainda devem ser estudados para incluir maior variabilidade genética nos materiais.

A intensidade de ocorrência de giberela é altamente dependente das condições climáticas, por isso as epidemias variam conforme o ano de cultivo. Não existe medida de controle eficiente para giberela. A sobrevivência do patógeno em diversos hospedeiros e a facilidade de dispersão dos ascósporos, faz com que a giberela não seja, eficientemente, controlada pela rotação de culturas. Desta forma, o escalonamento da semeadura é um dos métodos de controle que deve ser utilizado, fazendo com que a época de espigamento ocorra fora do período de chuvas, que é crítico para o surgimento de giberela.

A busca por novas soluções na cultura da cevada tem embasado novas estratégias para o manejo de doença, principalmente as de difícil controle, como a giberela. O manejo desta doença engloba a necessidade de aumentar a eficiência do controle químico. Neste sentido, como lacuna de conhecimento para a pesquisa, fica a ideia de realizar mais testes, com outros grupos de fungicida e aplicações sequencias, a fim de alcançar maiores níveis de controle de giberela e maior qualidade fisiológica de semente.

7 CONCLUSÃO GERAL

Conforme o estudo, os níveis de resistência à giberela nos genótipos testados são moderados e cada genótipos tem comportamento distinto quando testado em ambientes e épocas distintas, mesmo realizado a inoculação artificial com *F. graminearum*.

Quando realizado o controle químico com alteração na época de aplicação, é possível concluir que as épocas de aplicação de fungicida interferem na severidade de giberela e na qualidade fisiológica da semente. Mas estes fatores, também são influenciados pelo ambiente de cultivo, variando de ano para ano.

Em ambiente favorável à epidemia, foi possível concluir que todos os genótipos testados estão estáveis quanto a sua viabilidade polínica. E ao realizar o escalonamento da semeadura, é possível permitir que o espigamento ocorra fora de períodos chuvosos, diminuindo a severidade da doença.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. L. **Manejo em plantio direto no 2º Planalto do Paraná e consequências sobre a produção de micotoxinas**. 2006, 139 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade do Paraná, 2006.
- ANDERSEN, A. L. The development of *Gibberella zeae* head blight of wheat. **Phytopathology**, v. 38, p. 595-611. 1948.
- ANTONIAZZI, A. P. **Controle químico de *Gibberella zeae* na cultura da cevada**. 2018, 74 f. Dissertação (Mestrado: Programa de Pós-graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2018.
- ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamento com elicitores e fungicidas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1065-1071, 2006.
- ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução de diretoria colegiada, **RDA nº 7**, de 18 de fevereiro de 2011. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2968262/RDC_07_2011_COMP.pdf/>. Acesso em: 26 de dez. de 2019.
- ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução de diretoria colegiada, **RDC nº 138**, de 8 de fevereiro de 2017. Disponível em: <<https://alimentusconsultoria.com.br/resolucao-rdc-no-138-2017-anvisa/>>. Acesso em: 15 de fev. de 2020.
- ARIAS, G. Mejoramiento genético y producción de cebada cervecera en América del Sur. Santiago, Chile: Dirección de producción y protección vegetal (FAO), **Oficina Regional de la FAO para América Latina e Caribe**, 1995, 162 p.
- AVOZANI, A.; REIS, E. M.; TONIN, R. B. In vitro sensitivity reduction of *Fusarium graminearum* to DMI and Qol fungicides. **Summa phytophatol.**, v.40, n. 4, p. 358 – 364, 2014.
- BAI, G.; SHANER, G. Scab of wheat: Prospects for control. **Plant Disease**, v. 78, n. 8, p. 760-765, 1994.

BECHTEL, D. B.; KALEIKAU, L. A.; GAINES, R. L.; SEITZ, L. M. The effects of *Fusarium graminearum* infection on wheat kernels. **Cereal Chemistry**, v. 62, n. 2, p. 191-197, 1985.

BERED, F. Variabilidade genética: ponto de partida para o melhoramento de plantas. In: SACCHET, A. M. O. F. **Genética, para que te quero?** Porto Alegre. Ed. UFRGS, p. 99-104, 1999.

BINNECK, E., et al. Padrões eletroforéticos de hordeínas e izoenzimas para identificação de cultivares de cevada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 312-321, 2002.

BOHATCH, A. **Cerveja: fabricação em pequena escala**. 1994, 74 p.

BOLECHOVÁ, M.; BENEŠOVÁ, K.; BĚLÁKOVÁ, S.; ČÁSLAVSKÝ, J.; POSPÍCHALOVÁ, M.; MIKULÍKOVÁ, R. Determination of seventeen mycotoxins in barley and malt in the Czech Republic. **Food Control**, v. 47, p. 108–113, 2015.

BONFADA, E. B. **Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle de doenças e sobre componentes de rendimento do trigo**. TCC (Graduação). Universidade Federal da Fronteira Sul. Campo Largo – RS. 48 f. 2015.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Editora UFV, ed. 3, p.500, 2001.

BOYACIOGLU, A.; HIETIARACHCHY, N. S.; STACK, R. W. Effect of three systemic fungicides on deoxynivalenol (vomitoxin) production by *Fusarium graminearum* in wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 72, n. 1, p. 93-101, 1992.

BRAMBATI, A. **Viabilidade polínica e hibridização genômica in situ aplicada ao melhoramento de triticale**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, 2010.

BRAMBATI, A.; BRAMMER, S. P.; WIETHOLTER, P.; NASCIMENTO Jr. A. Estabilidade genética em triticale estimada pela viabilidade polínica. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 83, p. 1-7, 2016.

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

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 691**, de 22 de novembro de 1996. Aprova norma de identidade e qualidade da cevada, para comercialização interna. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, 25 nov.1996. Seção 1, p. 24751-24752.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAIERÃO, E. **Cevada**, 2008. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/821797/1/ID100272008PLp289ceवादa.pdf>>. Acesso em: 29 de ago. de 2019.

CAMARGO, C. E.; CAMARGO, C. R.; FELÍCIO, J. C.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; SANTOS, R. R.; DECOT, G. **Avaliação das características agronômicas e tecnológicas de trigo duro, trigo comum e triticale**. Instituto Agrônômico, 1993 (Boletim Científico), 29 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. FUNEP, 2000. 588 p.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; BLUM, M. M. C.; BOGO, A.; SCHEER, O; ZANATA, T. Danos causados pela infecção de *Gibberela zeae* em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 289-293, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582004000300008> Acesso em: 08 de set. de 2019.

COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** (Monitoramento agrícola) – Safra 2018/19. Sexto Levantamento, v. 6, n. 6. 2019

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos, v. 4 Safra 2016/17 - Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-160, agosto 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2020.

COOK, R. J.; HIMS, M. J.; VAUGHAN, T. B. Effects of fungicide spray timing on winter disease control. **Plant Pathology**, v. 48, p. 33 – 50, 1999.

CUNHA, G. R. da; CAIERÃO, E.; ROSA, A. C. **Informações técnicas para trigo e triticale** – Safra 2016. 9 Reunião da comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Passo Fundo, RS. 2016.

CRUZ, C. D. GENES- a software packag for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n.3, p. 271-276, 2013.

DALLA NORA; T. FRANCO, F. A.; CANTERI, M. G. Progresso no melhoramento genético de trigo visando a resistência a giberela. In: REIS, E. M. **Coletânea de Trabalhos**, 2011, p.185-198.

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

FAO - **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/economic/ess/publications-studies/statistical-yearbook>>. Acesso em: 11 de jan. 2020.

FERNANDES, J. M. C. As doenças das plantas e o Sistema plantio direto. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 5, p. 317-352, 1997.

FERNANDES, J. M. C.; MACIEL, J. L. N. Ocorrência de giberela. In: ALBUQUERQUE, A. C. S. (Org.). **Problemas fitossanitários associados à lavoura de trigo no estado do Rio Grande do Sul**. 2005.

FORCELINI, C. A. Importância epidemiológica de fungos do gênero *Helminthosporium* em sementes de trigo e cevada. In MENTEN, J. O. M. (Ed.). **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. ESALQ Qfealq, cap. 3, p. 179-190, 1991.

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

FRESCURA, V. D.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D.; CANTODOROW, T. S.; TEDESCO, S. B. Pollen viability of *Polygala paniculata* L. (Polygalaceae) using different staining methods. **Biocell**, v. 36, n. 3, p. 143-145, 2012.

GERALDO, M.R.; TESSMANN, D.J.; KEMMELMEIER, C. Production of mycotoxins by *Fusarium graminearum* isolated from small cereals (wheat, triticale and barley) affected with scab disease in southern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, p. 58-63, 2006.

GOMES, D. P.; BARROZO, L. M.; SOUZA, A. L.; SADER, R.; SILVA, G. C. Efeito do vigor e do tratamento fungicida nos testes de germinação e de sanidade de sementes de soja. **Biosel**, v. 25, n. 6, p. 59-65, 2009.

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.

KRYZANOWSKI, D. C.; VIEIRA, R. D. Deterioração Controlada. In: KRYZANOWSKI, D. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed). **Vigor de sementes: conceitos e testes**, ABRATES. 1999. Cp. VI, p. 1-13.

KUHN, A. W. **Viabilidade polínica, genotoxicidade, efeito antiproliferativo e compostos fenólicos de *Peltodon longipes* Kunth ex enth. (Lamiaceae)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia), Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting**. 2 ed. Berlin: VLB Berlin, 1999, 726 p.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feeks Scale. **Plant Pathology**, v. 3, p. 128-129, 1954.

LEE, F.N. In: WEBSTER, R.K.; GUNNELL, P.S. (Eds). **Compendium of rice diseases**. APS Press: 1992. 30 p.

LI, Y. AAC Synergy. **CMBTC**. 2012. Disponível em: <<http://www.montana.edu/barleybreeding/documents/variety-dictionary/Synergy/AAC%20Synergy%20-%20CMBTC%20Fact%20Sheet.pdf>> Acesso em: 15 de fev. de 2020.

LIMA, M. I. P. M. **Avaliação de cultivares de trigo à giberela**. 2012, 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, 2012.

LIMA, M. I. P. M. **Giberela ou brusone?** Orientações para identificação correta dessas enfermidades em trigo e em cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 56 p. (Embrapa Trigo. Documentos online; 40). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do40.htm> Acesso em: 04 de set. de 2019.

LIMA, M. I. P. M. Protocolo usado na Embrapa Trigo para caracterizar o Tipo I e Tipo II de resistência genética à giberela em trigo. **Embrapa Trigo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.

LIMA, M. I. P. M.; FERNANDES, J. M. C. Avaliação da resistência à giberela em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, p. 30-35, 2000.

LINKMEYER A.; et al., Assessment and Introduction of Quantitative Resistance to Fusarium Head Blight in Elite Spring Barley. **Phytopathology**, v. 103, n. 12, p. 1252 – 1259, 2013.

MACHADO, A.; CONCEIÇÃO, A. R. **Programa estatístico WinStat: sistema de análise estatístico para Windows**. Universidade Federal de Pelotas, RS. 2007. CD-ROM.

MAPA, **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. 2017. Disponível em: < http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 11 de jan. de 2020.

MAPA, **Instrução Normativa MAP 45/2013**. 2013. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/semntes-e-mudas/publicacoes-semntes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf> Acesso em: 07 de jan. de 2020.

MARINI, N.; TUNES, L. M.; SILVA, J. I.; MORAES, D. M.; OLIVIO, F.; CANTOS, A. A. Efeito do fungicida Carboxim Tiram na qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 17 – 22, 2011.

McMULLEN, M. Experiences in reducing disease and DON through components of FHB management. In: National Fusarium Head Blight Forum, 2007, **Proceedings...** Kansas, 2007. p .102.

McMULLEN, M.; JONES, R.; GALLENBERG, D. Scab of wheat and barley: a reemerging disease of devastating impact. **Plant disease**, v.81, n.12, p. 1340-1348, 1997.

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

MESTERHÁZY, Á., BARTÓK, T., VARGA, M., KÁSZONYI, G.;TÓTH, B. **National Fusarium Head Blight Forum Proceedings**, 2003.

MINELLA, E. **Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2015 e 2016**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/2015-2016-Indicacoes+de+cevada.pdf/ea1bd9f8-2687-48ae-a341-b0ad3c1d220f>>. Acesso em: 08 de set. de 2019.

MINELLA, E. **Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras 2017 e 2018**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017. Disponível em: <

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1087382/1/ID442942017SP9IndicacoesCevada20172018.pdf>> Acesso em: 10 de fev. de 2020.

MINELLA, E. **Melhoramento da cevada**. Embrapa Trigo. 1999

MINELLA, E.; COSTAMILAN, L. M.; EICHELBERGER, L. **BRS Kalibre**: nova cultivar para produção irrigada de cevada cervejeira. Embrapa Trigo. 2017.

MOLINA-CANO, J. L. **La cebada**. Morfologia, Fisiologia, Genética, Agronomía y Uso Industriales. 1989, 252 p.

MOLINA-CANO, J. L.; FRANCESCH, M.; PEREZ-VENDRELL, A. M.; RAMO, T.; VOLTAS, J.; BRUFAU, J. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. **Journal of Cereal Science**, v. 25, n. 1, p. 37-47, 1997.

MUSTAPHA, Y.; RÉDA, D.; HOURIA, B.; NACIRA, H. Effects of artea, a systemic fungicide, on the antioxidant system and the respiratory activity of durum wheat (*Triticum durum* L.). **African Journal of biotechnology**, v. 8, n. 17, 2009.

NEOGEN CORPORATION. **Reveal Q+ for DON**. Product No. 8385. 2018. Disponível em: <https://foodsafety.neogen.com/pdf/procedures/8385_pro_en-us_gold.pdf> Acesso em: 15 de fev. de 2020.

NILAN, R.A.; ULLRICH, S.E. Barley: Taxonomy, Origin, Distribution, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. **Crop Science Society of America, Soil Science Society of America**. 1993.

OSÓRIO, E. A.; PIEROBOM, C. R.; LUZZARDI, G. C.; FRANCO, L. B. Correlação de suscetibilidade à giberela com caracteres da planta de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2 n. 2, p. 111-114, 1998.

PANISSON, E. **Giberela em trigo**: intensidade, danos e controle químico. (Dissertação de Mestrado) Universidade de Passo Fundo. 2001.

PANISSON, E., REIS, E.M.; BOLLER, W. Quantificação de propágulos de giberela no ar e infecção de anteras em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 489-494, 2002.

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

PARASCHIVU, M.; COTUNA, O.; PARASCHIVU, M. Integrated disease management of Fusarium Head Blight, a sustainable option for wheat growers

worldwide. **Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series**, v. 44, n. 1, p. 183-187, 2014.

PARRY, D. W.; JENKINSON, P.; McLEOD, L. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals – a review. **Plant Pathology**, v. 44, p. 207-238, 1995.

REIS, E. M.; CASA, R.T. Cereais de inverno. In: Vale, F. X. R. do & Zambolim, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. p. 231-189, 1997.

REIS, E.M. **Doenças do trigo III: Giberela**. 2ª ed. Revista e Ampliada. 1988

REIS, E.M., BLUM, M.M.C., CASA, R.T. & MEDEIROS, C.A. Grain losses caused by infection of wheat heads by *Gibberella zeae* in southern Brazil, from 1984 to 1994. **Summa Phytopathologica**, v. 22, p.134-137, 1996.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BIANCHIN, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.3, p.85-91, 2011.

REIS, E. M.; ZOLDAN, S. M.; GERMANO, B. C. Reflexo da aplicação de fungicidas usados no controle da giberela, na contaminação dos grãos por micotoxina (DON). 2015. **OR Melhoramento de Sementes Ltda**. Disponível em: <<http://www.orsementes.com.br/sistema/anexos/artigos/49/Fungicidas%20micotoxinas.pdf>> Acesso em: 07 de jan. de 2020.

REHMAN, C. YUN, S. J. Developmental regulation of K accumulation on pollen, anther and papillae: Are anther dehixence, papillae hydration and pollen swelling leading to pollination and fertilization on barley (*Hordeum vulgare* L.) regulated by changes in potassium concentration? **Journal of Experimental Botany**, 57: 1215 – 1221, 2006.

SAVIO, H. N.; AGUINADA, A. Mejoramiento genético de cevada cervecera. In: MIRALLES, D. J.; BENECH-ARNOLD, r. l.; ABELEDO, G. **Cebada cevecera**. Gráfica, p. 244-272, 2011.

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, p. 131 – 175, 2011.

SHANER, R. Epidemiology of fusarium head blight of small grain cereals in North America. In LEONARD, K. J. BUSHNELL, W. R. (Ed). **Fusarium head blight of wheat and barley**, p. 84-119, 2003.

STACK, R. W. A Summary of the USA Situation on FHB. **Canadian Workshop on Fusarium Head Blight/** Winnipeg, Manitoba, 1999. Disponível em: <<https://www.grainscanada.gc.ca/Cdngrain/fusarium/workshop/1999/wo>> Acesso em: 08 de set. de 2019.

STACK, R. W.; McMULLEN, M. P. **A visual scale to estimate severity of fusarium head blight in wheat.** Fargo: North Dakota State University – Extension Service, 1995.

SUTTON, J. C. Epidemiology of wheat blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 4, n. 2, p. 195 – 109, 1982.

SCEUCZUK, K. **Substâncias húmica associada à doses de fomulado NPK na cultura da cevada.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Centro Oeste – Unicentro. Guarapuava – PR, 2017.

TECCHIO, V. H.; DAVIDE, L. C.; PEDROZO, C. A.; PEREIRA, A. V. Viabilidade dos grãos de pólen de acessos de capim-elefante, milho e híbridos interespecíficos (capim-elefante x milho). **Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 7 – 12, 2006.

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).

TONON, J. Cevada: as principais doenças fúngicas. **Correio Agrícola Bayer**, v.2, p.12-15, 1992.

THORNE, G. N.; WOOD, D. W. Effects of radiation and temperature on triller survival, grain number and grain yield in winter wheat. **Annals of Botany**, v. 59, n. 4, p. 413 – 426, 1987.

TSCHOPE, E. C.; NOHEL, F. **A malteação da cevada.** Vassouras: Senai, 1999. 272 p.

WEGULO, S. N. Factors influencing Deoxynivalenol accumulation in small grain cereals. **Toxins**, v. 12, n. 11, p.1157-1180, 2012.

WEGULO, S. N.; BAENZIGER, 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 of Fusarium head blight and deoxynivalenol in winter wheat. **Plant Disease**, v. 95, n. 5, p. 554 – 560, 2011.

YOSHIDA, M.; KAWADA, N.; NAKAJIMA, T. Effect of infection timing on Fusarium Head Blight and mycotoxin accumulation in open- and closed-flowering barley. **Phytopathology**, v. 97, p. 1054-1062, 2007.

ZANOTTO, M.; BRAMMER, S. P.; NASCIMENTO Jr., A.; SCAGLIUSI, S. M. Viabilidade polínica como seleção assistida no programa de melhoramento genético de triticale. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 33, p. 2078-2082, 2009.

ZHANG, Y. J.; FAN, P. S.; ZHANG, X.; CHEN, C. J.; ZHOU, M. G. Quantification of Fusarium graminearum in harvested grain by real-time polymerase chain reaction to assess efficacies of fungicides on Fusarium Head Blight, deoxynivalenol contamination, and yield of winter wheat. **Phytopathology**, v. 99, n. 1, p. 95-100, 2009.

ZHU, Z.; BONNETT, D.; ELLIS, M.; HE, X.; HESLOT, N.; DREISIGACKER, S.; GAO, C.; SINGH, P. Characterization of Fusarium head blight resistance in a CIMMYT synthetic-derived bread wheat line. **Euphytica**, v. 208, n. 2, p. 367-375, 2015.

ZORNAN, M. H. S. **Avaliação de forragem hidropônica de centeio, cevada e ervilhaca**. 2006. 53 f. Dissertação (Doutorado: Programa de Pós-graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

APÊNDICES

Apêndice I

ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA VARIÁVEL - Quantidade de grãos infectados por *F. graminearum*

FV	GL	SQ	QM	F
(B/L)/A	8	29.392857	3.674107	
Genótipo(G)	6	100.285714	16.714286	5.969437
Anos (A)	1	131.875744	131.875744	35.893277
Locais (L)	1	17.417411	17.417411	4.740583
G x A	6	30.723214	5.120536	1.828778
G x L	6	7.035714	1.172619	.418796
A x L	1	44.661458	44.661458	12.155731
G x A x L	6	17.020833	2.836806	1.013153
Resíduo	48	134.3989	2.799977	
Média :	18.497024			
CV(%)	9.046392			

Testes de Hipóteses

FV	Teste	GL	NUM	GL DEN	F	Probabilidade(%)
Genótipo(G)	QMG/QMR	6.	48.		5.969437	.016228 **
Anos (A)	QMA/QMB	1.	8.		35.893277	.032668 **
Locais (L)	QML/QMB	1.	8.		4.740583	6.115087 ns
G x A	QMGA/QMR	6.	48.		1.828778	11.335578 ns
G x L	QMGL/QMR	6.	48.		.418796	100.0 ns
A x L	QMAL/QMB	1.	8.		12.155731	.824039 **
G x A x L	QMGAL/QMR	6.	48.		1.013153	42.810132 ns



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV