

Mistura de cultivares de dois componentes no manejo de múltiplas doenças do trigo

Anderson Eduardo Brunetto¹, Cássio Muller¹, Paulo Cesar Pazdiora¹, Leandro José Dallagnol¹

¹ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitossanidade, Laboratório Interação Planta Patógeno, Avenida Eliseu Maciel, s/n, Jardim América, CEP 96160-000, Capão do Leão-RS, Brasil. E-mail: brunettoagronomo@hotmail.com; cassiomuller10@hotmail.com; paulo.pazdiora@yahoo.com.br; ljdallagnol@gmail.com

RESUMO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é acometido por diversas doenças que comprometem significativamente o rendimento. Neste estudo, realizado nas safras de 2012 e 2014, misturas de cultivares de trigo com diferentes níveis de resistência a doenças foliares e giberela nas espigas foram avaliadas quanto à incidência e severidade das mesmas. Os tratamentos foram misturas nas proporções de 100, 75, 66, 50, 34, 25 e 0% da cultivar suscetível. A avaliação da giberela (*Fusarium graminearum* complex species) foi realizada em 400 espigas por tratamento. As severidades da ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*) e oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) foram quantificadas em toda área foliar da planta e considerando somente a folha bandeira. As doenças oídio, mancha amarela e giberela ocorreram em ambas as safras, e ferrugem da folha somente na safra 2014. A redução na intensidade das doenças acompanhou a redução do número de plantas suscetíveis na população total, porém, a severidade média dos tratamentos foi menor que a simples diluição da população suscetível. As maiores reduções, até 41%, na severidade das doenças foliares ocorreram com proporção da cultivar suscetível de até 50%. Em conclusão, a mistura de cultivares de dois componentes foi eficiente para redução na intensidade de múltiplas doenças do trigo, mas medidas complementares de manejo podem ser necessárias dependendo das doenças e das condições climáticas prevalentes durante a safra.

Palavras-chave: ferrugem da folha; giberela; mancha amarela; oídio; *Triticum aestivum*

Cultivars mixture of two components in the management of multiple wheat diseases

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is affected by several diseases that reduce significantly the yield. In this study, carried out in 2012 and 2014, the mixtures of cultivars with different resistance level to disease were evaluated as a strategy to the management of leaf and ear diseases. The mixtures (treatments) were in the proportion of 100, 75, 66, 50, 34, 25 e 0% of the susceptible cultivar. Fusarium head blight (FHB) (*Fusarium graminearum* complex species) evaluation was performed in 400 ears per treatment. Severities of wheat leaf rust (*Puccinia triticina*), tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) and powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) were quantified on all leaf and considering only the flag one. FHB, tan spot and powdery mildew occurred in both crop seasons, while leaf rust occurred only in 2014. The reduction in the diseases intensities followed the reduction in the number of susceptible plants in the population, however, the mean severity of treatments was lower than the simple dilution of the susceptible population. The higher severity reduction, up to 41%, for leaf diseases occurred with up to 50% of the susceptible cultivar in the population. In conclusion, the cultivar mixture of two components is effective for reduction in the intensities of multiple wheat diseases, but additional measures will be necessary depending on diseases and climatic conditions prevailing during the crop season.

Key words: fusarium head blight; powdery mildew; tan spot; *Triticum aestivum*; wheat leaf rust

Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é a terceira cultura de grãos mais produzida no mundo e é a segunda mais consumida para alimentação humana (CONAB, 2015). No Brasil, o trigo é a terceira cultura de grãos, com 6.726 mil toneladas produzidas em 2016 (CONAB, 2017). A produção brasileira está aquém da demanda de consumo que foi de aproximadamente 10.717 mil toneladas em 2016 (CONAB, 2017). O déficit de produção no Brasil está associado, entre outros fatores, a baixa produtividade média a qual raramente tem ultrapassado 2.500 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016), valor muito inferior ao potencial genético dos genótipos cultivados atualmente que é superior a 8.000 kg ha⁻¹ (Pires et al., 2005; Wart et al., 2013).

A alta intensidade de doenças, historicamente, é apontada como parte dos principais fatores limitantes à alta produtividade (Reis & Casa, 2005). As doenças com maior potencial de dano na cultura do trigo são as que atacam a espiga e as folhas (Reis & Casa, 2005). No Brasil, as doenças mais importantes são o oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (DC.) Speer), as ferrugens do colmo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Pers.) e da folha (*Puccinia triticina* Erikss.) e a mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis* Died.) em folhas, e a giberela (*Fusarium graminearum* complex species) e a brusone (*Magnaporthe oryzae* *Triticum* pathotype Couch and Kohn) em espigas (Cunha et al., 2016).

O manejo destas doenças envolve medidas profiláticas, resistência genética e controle químico (Cunha et al., 2016). As medidas profiláticas, como sementes saudáveis, visam evitar a introdução do patógeno na área livres. Estas medidas podem ser complementadas com o uso de tratamento de sementes para erradicação dos patógenos e com rotação de cultura para reduzir o inóculo primário na área. O controle químico é outra medida eficiente e amplamente utilizada, porém aumenta os custos de produção. Não obstante, há vários relatos da ocorrência de populações de patógenos do trigo com menor sensibilidade a fungicidas, especialmente para algumas moléculas dos grupos dos inibidores de quinona oxidase (estrobilurinas) e inibidores de desmitilação (triazóis) (FRAC, 2013). O uso de cultivares resistentes é a medida preferencial, contudo, ainda não estão disponíveis cultivares resistentes para todas as doenças (Cunha et al., 2016). Ademais, alguns patógenos, como os agentes causais do oídio e da ferrugem da folha, evoluem rapidamente sob pressão de seleção imposta pelos genes R presentes em cultivares resistentes superando a resistência (Wicker et al., 2013; Kiran et al., 2016).

A superação de genes R por raças virulentas do patógeno é mais intensa e rápida em cultivos de monocultura e com elevada uniformidade genética do hospedeiro (Keneni et al., 2012). Assim, se a uniformidade genética do hospedeiro torna o cultivo mais vulnerável ao ataque do patógeno, uma alternativa de baixo custo para suprimir o desenvolvimento de epidemias é aumentar a diversidade genética da cultura (Mundt, 2002).

A mistura de cultivares é uma alternativa que tem sido proposta para aumentar a diversidade genética da cultura garantindo estabilidade de produção sem grande alteração no sistema de cultivo e em algumas situações com redução no uso de fungicidas (Castro, 2001). A estratégia consiste

essencialmente na mistura de cultivares que variam em muitas características incluindo resistência a doenças, mas que têm similaridade suficiente para serem cultivadas juntas (Wolfe, 1985). O manejo de doenças com mistura de cultivares foi reportada como eficiente para diversas doenças como a brusone do arroz (Raboin et al., 2012), oídio da cevada (Finckh et al., 1999), mancha amarela e ferrugem da folha do trigo (Cox et al., 2004), antracnose do feijoeiro (Ntahimpera et al., 1996).

O efeito promovido pela mistura de cultivares desacelera o desenvolvimento de epidemias e envolve principalmente o aumento da distância entre plantas suscetíveis às quais ficam intercaladas com plantas resistentes, fato que confere uma barreira física contra a dispersão do patógeno entre os genótipos suscetíveis além da modificação do microclima dentro do dossel devido à variação na arquitetura de plantas entre as cultivares, bem como a indução de resistência (ativação dos mecanismos de defesa da planta) a qual ocorre quando a planta é exposta a uma raça avirulenta do patógeno (Mundt, 2002).

Assim, apesar de mistura de cultivares parecer uma alternativa bastante atrativa, esta estratégia não tem sido empregada por tricultores brasileiros. Neste estudo foi avaliado o potencial da mistura de cultivares com diferentes níveis de resistência, em diferentes proporções, na redução da intensidade de doenças da folha e da espiga do trigo e discutidas possíveis limitações que podem estar associadas ao desinteresse na utilização desta estratégia pelos produtores de trigo.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados na área experimental do Centro Agropecuário da Palma (CAP) pertencente à Universidade Federal de Pelotas, e localizado no município de Capão do Leão - RS. Em cada ano de cultivo (2012 e 2014) foram instalados os experimentos em áreas distintas e não cultivadas com trigo pelo menos em dois anos anteriores.

Material vegetal e seu cultivo

As cultivares utilizadas na safra 2012 foram BRS23 (Embrapa) e BRS179 (Embrapa) e na safra 2014 foram Fundacep Horizonte (Cooperativa Central Gaúcha Ltda – CCGL Tec) e Quartzo (OR sementes/Biotrigo Genética). A seleção das cultivares para cada safra foi baseada nas Informações Técnicas da Cultura do Trigo e Triticale para safras 2012 (Embrapa, 2011) e 2014 (Montecelli et al., 2014) considerando a semelhança na duração do ciclo de desenvolvimento e a reação contrastante quanto às doenças da folha e da espiga (Tabela 1).

A semeadura foi realizada na primeira quinzena de julho utilizando semeadora para parcelas marca Semeato modelo SHP 249 configurada com nove linhas espaçadas em 17 cm e uma população final de 300 plantas por m². A calagem e fertilização do solo foi realizada com base nos dados da análise química do mesmo e aplicadas nas dosagens para obter uma produção de grãos de 4 ton ha⁻¹, conforme indicado nas recomendações técnicas para a cultura (Embrapa, 2011; Montecelli et al., 2014).

Tabela 1. Reação às doenças da folha e da espiga das cultivares de trigo utilizadas nos experimentos nas safras 2012 e 2014.

Safra	Cultivar	Ferrugem da folha ¹	Giberela	Mancha amarela	Oídio
2012	BRS23	RPA ²	S	S	S
	BRS179	S	MR	MS	MS
2014	Fundacep Horizonte	R	MR/MS	S	MS
	Quartzo	MS	MS	MR	MR/MS

¹Ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), giberela (*Fusarium graminearum* complex species), mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*), oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*).

²RPA = resistência de planta adulta, S = suscetível, MS = moderadamente suscetível, MR = moderadamente resistente, R = resistente.

Aplicações do herbicida iodosulfurom-metilico (Hussar®, 70g ha⁻¹) e do inseticida imidacloprido + beta-ciflutrina (Connect®, 0,5 L ha⁻¹) foram realizadas, quando necessárias, durante o ciclo da cultura. Fungicidas não foram utilizados nos experimentos.

Delineamento experimental

Os experimentos foram realizados com delineamento casualizado em blocos com 6 tratamentos, safra 2012, e 7 tratamentos, safra 2014, com quatro repetições. Os tratamentos estão apresentados na Tabela 2. Cada repetição foi constituída por uma parcela de 7,65 m² (1,53 × 5 m) sendo considerado como área útil 4,76 m² (1,19 × 4 m).

Tabela 2. Proporção de sementes, em porcentagem (%), de cada cultivar de trigo utilizada em cada tratamento nas safras 2012 e 2014.

Tratamento	2012		2014	
	BR23	BRS179	Quartzo	Fundacep Horizonte
1	100	0	100	0
2	66	34	75	25
3	50	50	66	34
4	34	66	50	50
5	25	75	34	66
6	0	100	25	75
7	-	-	0	100

Quantificação das doenças

A inoculação das plantas não foi realizada, portanto a ocorrência da doença foi devido ao inóculo dos patógenos presente no ambiente. O monitoramento da incidência das doenças foliares (oídio, mancha amarela e ferrugem da folha) foi realizado semanalmente após a emergência das plântulas. Para tal, quarenta plantas aleatórias por parcela foram avaliadas quanto à presença ou ausência de sintomas de doenças. Quando foi detectada a incidência de alguma doença, o agente causal foi confirmado pela análise morfológica das estruturas reprodutivas utilizando microscópio (CX41, Olympus). Após a detecção dos primeiros sintomas da doença, o monitoramento da severidade foi realizado quinzenalmente. A quantificação da severidade foi realizada em dez pontos aleatórios (cada ponto representado por pelo menos 10 plantas) dentro da área útil da parcela e os dados expressos em porcentagem de área foliar total afetada pela doença. Para as doenças que afetaram também a folha bandeira foi realizada a quantificação da severidade da doença considerando somente esta folha. Quando foi possível realizar no mínimo quatro avaliações da severidade da doença, foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) utilizando a fórmula proposta por Shaner & Finney (1977). O total da área foliar afetada pelas doenças, definida como severidade total, foi determinada pelo somatório da severidade individual das doenças foliares na última avaliação.

A quantificação da giberela foi realizada em 100 espigas por parcela quando a cultura estava no estágio fenológico de grão pastoso [estádio 11.2 da escala Feeks-Large (Large, 1954)]. A incidência da giberela foi calculada como a porcentagem de espigas sintomáticas em relação às espigas totais e a severidade foi a porcentagem de espiguetas sintomáticas em relação às espiguetas totais por espiga.

Análise estatística dos dados

A homogeneidade e a normalidade dos dados foram verificadas pelos testes Levene e Shapiro-Wilk, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando observada diferença estatística significativa as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram efetuadas com o software SAS (SAS, 1989).

Resultados

Na safra 2012 ocorreram oídio e mancha amarela nas folhas e giberela na espiga. O tratamento com a cultivar BR23 100%, apresentou as maiores severidades para oídio (60,8%) (Figura 1A), área abaixo da curva de progresso do oídio (AACPO) (Figura 1B), mancha amarela (34,4%) (Figura 1C), incidência (68,0%) (Figura 1E) e severidade (12,7%) da giberela (Figura 1F). Por outro lado, as menores intensidades das doenças foram verificadas na cultivar BRS179 a 100% com 2,7% de severidade para oídio (Figura 1A), menor AACPO (Figura 1B), 1% de severidade da mancha amarela (Figura 1C) e para giberela incidência de 40,5% (Figura 1E) e severidade de 4,8% (Figura 1F).

De modo geral para as misturas de cultivares, a proporção com 34% suscetível apresentou os menores valores, não deferindo estatisticamente da BRS179 isolada e da proporção de misturas com 25% suscetível, para severidade de oídio (5,8%) (Figura 1A), AACPO (Figura 1B), mancha amarela (6,7%) (Figura 1D), incidência (37%) (Figura 1E) e severidade (5,3%) (Figura 1F) da giberela. A mistura 50% suscetível também reduziu significativamente a severidade das doenças foliares e da giberela, exceto a incidência da giberela, comparada a BR23 isolada (Figura 1A-E). A mistura 66% suscetível, apenas reduziu significativamente a severidade da mancha amarela (Figura 1C) e da giberela (Figura 1F), comparado a BR23 a 100%. Quando avaliada a severidade da mancha amarela na folha bandeira (Figura 1D) foi observado diferença significativa entre a as cultivares BRS179 e a BR23 a 100%, contudo, nenhuma das proporções de misturas testadas diferiu estatisticamente das variedades puras.

Na safra 2014 houve ocorrência do oídio, mancha amarela, ferrugem da folha e giberela. Para as cultivares puras, a variedade Quartzo apresentou as menores severidades de oídio (0,6%) (Figura 2A) e mancha amarela (3,3%) (Figura 2B), enquanto que a cultivar Fundacep Horizonte apresentou a menor severidade

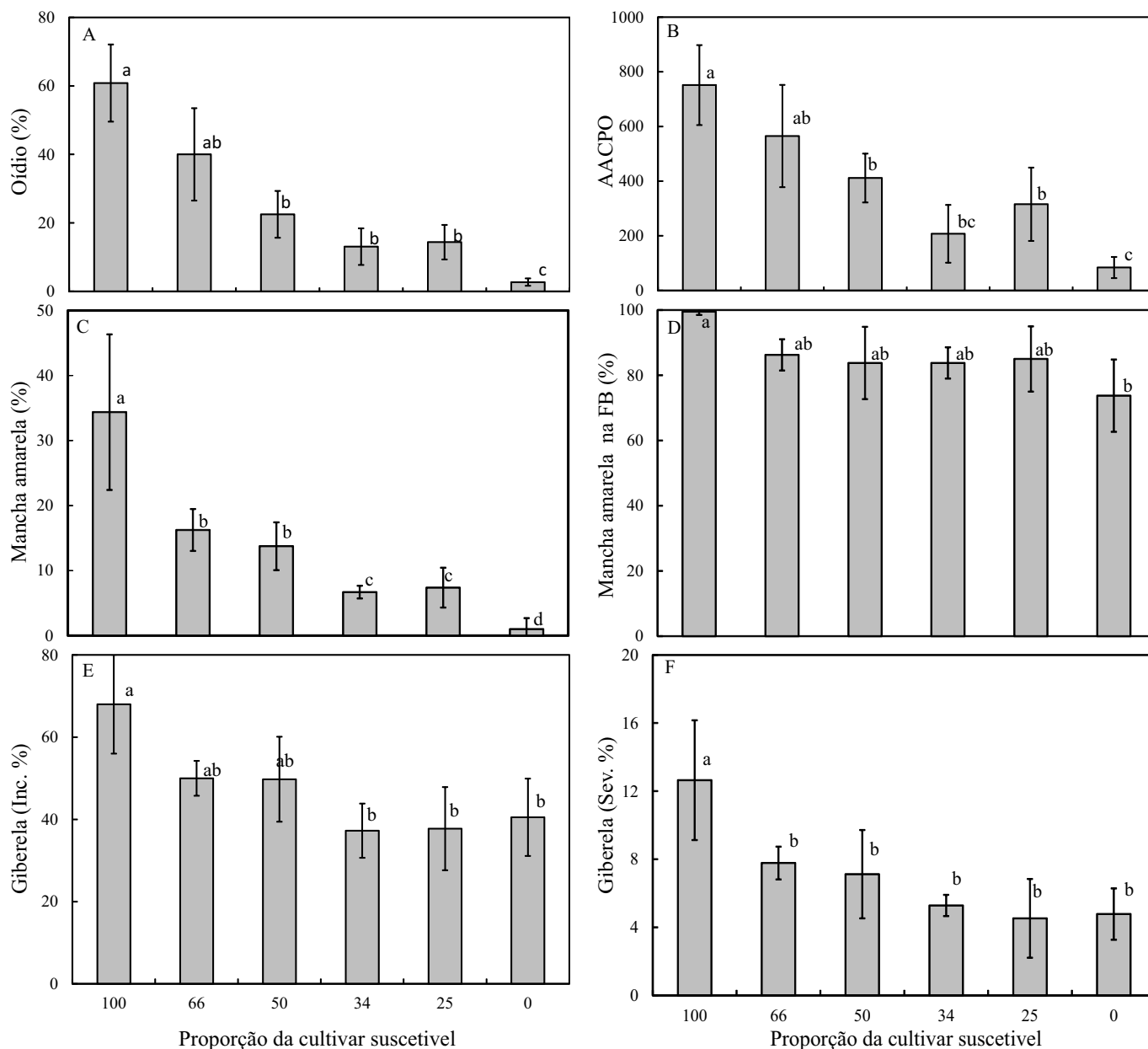


Figura 1. Severidade do oídio no início do enchimento de grãos (A), área abaixo da curva de progresso do oídio (B), severidade da mancha amarela na planta inteira (C) e na folha bandeira no estágio fenológico grão pastoso (D), incidência (E) e severidade (F) da giberela para safra 2012 nas diferentes proporções de misturas das cultivares BR23 e BRS179. Pelotas, RS. Barra de erros representa o desvio padrão da média.

da ferrugem da folha considerando a planta toda (1,9%) (Figura 2C) ou somente a folha bandeira (0,0%) (Figura 2D).

Na análise das misturas de cultivares, todas as proporções reduziram significativamente a severidade do oídio de 56 até 81% (Figura 2A) e da mancha amarela de 38 até 52% (Figura 2B), exceto as misturas com 66 e 75% suscetível, comparado ao tratamento 100% suscetível. No caso da ferrugem da folha, todas as proporções reduziram a severidade da doença, de 51 até 97%, considerando a planta inteira (Figura 2C), exceto a mistura 66% suscetível, e de 65 até 96%, considerando somente a folha bandeira (Figura 2D). Para giberela, não houve variação significativa entre os tratamentos para incidência (Figura 2E) e severidade (Figura 2F).

Na análise da severidade total em cada tratamento, considerando o somatório das severidades individuais das doenças, as misturas com no máximo 50% da cultivar

suscetível resultaram em redução na severidade maior que a esperada pela redução do número de indivíduos suscetíveis na população, independente do ano de cultivo (Figura 3).

Discussão

A severidade das doenças foliares do trigo foi reduzida significativamente quando a cultivar suscetível foi cultivada com uma cultivar resistente em uma mistura de dois componentes, comparado à mesma cultivar suscetível cultivada pura, independente do ano de cultivo. As maiores reduções na severidade das doenças foliares ocorreram com proporção da cultivar suscetível de até 50%, exceto para a ferrugem da folha que ocorreu na proporção de até 66%. Por outro lado, para a incidência e severidade da giberela, o efeito da mistura foi menor e variável com o ano de cultivo.

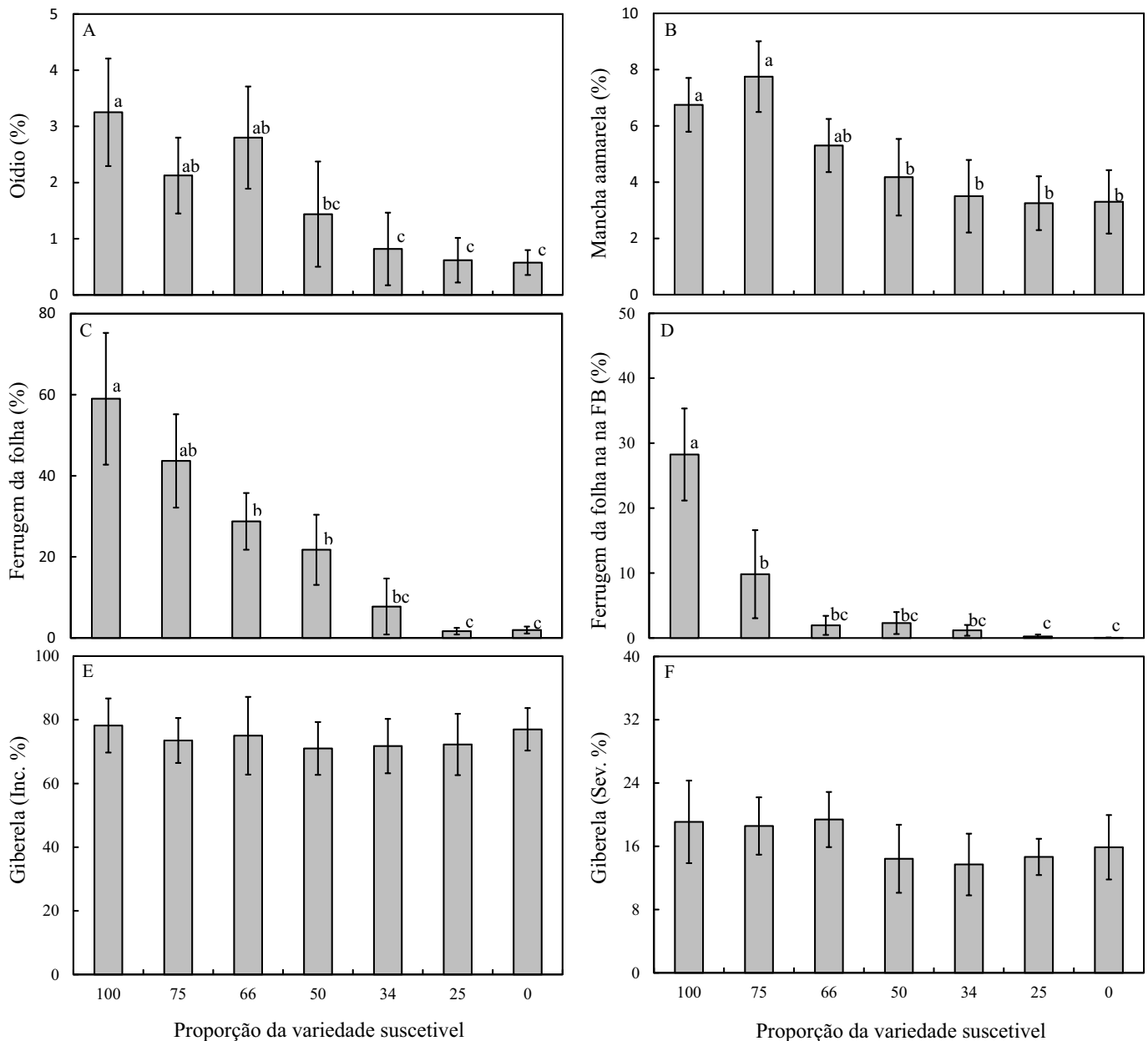


Figura 2. Severidade do oídio nas folhas ao final da floração (A), severidade da mancha amarela (B), da ferrugem da folha na planta inteira (C) ou na folha bandeira (D) incidência (E) e severidade (F) da giberela no estágio fenológico de grão pastoso para safra 2014 nas diferentes proporções de misturas das cultivares Quartzo e Fundacep Horizonte. Pelotas, RS. Barra de erros representa o desvio padrão da média.

Para a ferrugem da folha, em que há resistência genética completa na cultivar Fundacep horizonte, o efeito das misturas foi mais pronunciado do que para as doenças onde a variação na suscetibilidade é devido à resistência parcial, como para mancha amarela e giberela. Cox et al. (2004) também observaram maior efeito da mistura de variedades na redução da severidade da ferrugem da folha do que para a mancha amarela. Segundo os autores, esse efeito deve estar relacionado com as características de cada doença como o número de ciclos secundários, a forma de dispersão do patógeno e o nível de especificidade ao hospedeiro. No caso do oídio, mesmo que as cultivares utilizadas nos experimentos não foram classificadas como resistentes, a baixa quantidade de doença observada na cultivar BRS 179 (safra 2012) fez com que a mistura de duas cultivares resultasse na redução na severidade da doença. Esse resultado indica que mesmo cultivares com resistência

parcial podem causar redução significativa na severidade da doença, dependendo da agressividade e ou da variabilidade genética da população local do patógeno. Porém, para estas situações é mais difícil de prever o efeito das misturas, pois se desconhece, na maioria das regiões brasileiras, a amplitude da variabilidade genética do patógeno. Apesar de ser mais difícil de prever o efeito da mistura de cultivares com resistência quantitativa e reduzir a heterogeneidade quanto aos genes de resistência, a mistura pode induzir uma competição entre *strains* não especializados do patógeno (Sapoukhina et al., 2013). Ainda segundo os mesmos autores, o processo de adaptação do patógeno a cultura nas misturas, especialmente de dois componentes, pode ser evolutivamente estável se a proporção da cultivar resistente exceder 70%. De acordo com Sapoukhina et al. (2013), o uso da resistência quantitativa em mistura com dois ou três componentes torna possível reduzir a

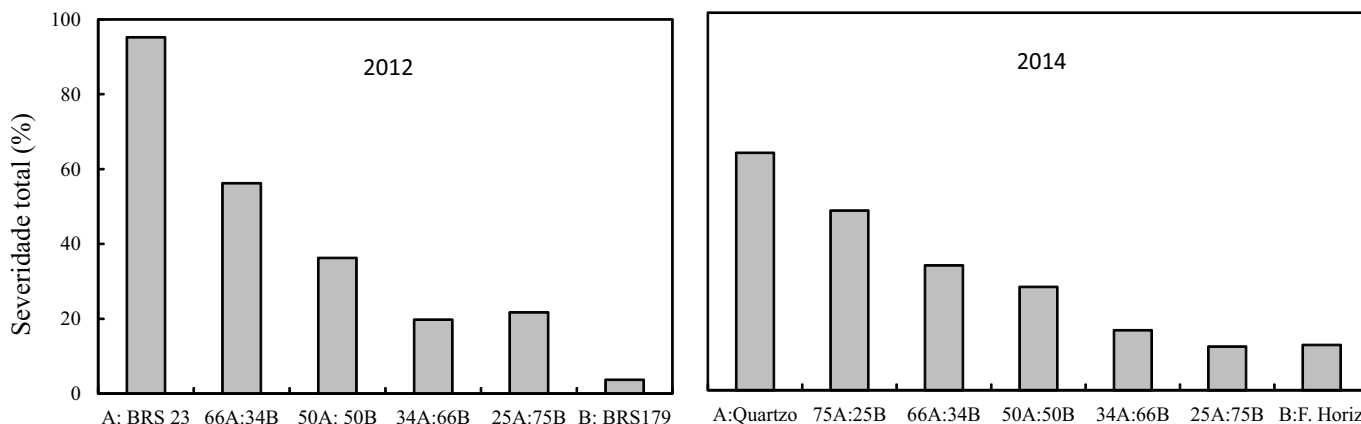


Figura 3. Severidade total das doenças foliares, representada pelo somatório das severidades da ferrugem da folha, mancha amarela e oídio em cada cultivar pura (BRS 23, BRS 179; Quartzo e Fundacep Horizonte) e nas diferentes misturas testadas nas safras 2012 e 2014. As cultivares cultivadas puras estão representadas pelas letras A e B. Nas misturas, os números que antecedem as letras A e B indicam a porcentagem de sementes de cada cultivar para cada mistura.

severidade de doenças usando pequena proporção de cultivar altamente resistente contra população do patógeno. Ademais, quando o patógeno exibe especialização de hospedeiro, a severidade total da doença decresce com o aumento do número de componentes na mistura (Mikaberidze et al., 2014).

De modo geral, as reduções na severidade das doenças nas diferentes misturas acompanharam a redução do número de plantas suscetíveis, contudo a severidade média observada nos diferentes tratamentos foi até 41% menor que a simples diluição de indivíduos suscetíveis na população total. Esta observação é reforçada quando analisadas as misturas com até 33% da população de indivíduos suscetíveis, nas quais a severidade e incidência das doenças da folha e espiga foram estatisticamente iguais às observadas na cultivar resistente. Esses efeitos na intensidade de doenças também foram reportados em outros estudos de misturas de cultivares no manejo de doenças do trigo (Mundt et al., 1995; Zhou et al., 2014), arroz (Zhu et al., 2000; Raboin et al., 2012) e da batata (Pilet et al., 2006). No caso da requeima da batata, o efeito da mistura de cultivares na área abaixo da curva de progresso da doença foi maior quando associada com aplicações quinzenais ou semanais de fungicidas (Pilet et al., 2006).

Os mecanismos propostos que podem contribuir para redução da severidade de doenças em área com maior diversidade genética do hospedeiro como a conferida pelas misturas de cultivares envolvem diferentes mecanismos. Os principais são: barreira física para dispersão do patógeno criada pelo aumento na distância entre plantas suscetíveis devido sua intercalação com plantas resistentes; modificação do microclima dentro do dossel, especialmente temperatura e período de molhamento foliar, devido as diferenças na arquitetura de plantas entre as variedades; e a indução de resistência (Mundt, 2002; Zhu et al., 2005). Não obstante, uma das grandes vantagens do uso de mistura de cultivares é reduzir a pressão de seleção na população do patógeno e prevenir epidemias causadas por raças que sejam virulentas às cultivares em uso. De acordo com Xu (2012), uma das preocupações no uso de mistura de cultivares é o risco de surgir uma super-raça que inviabilize o uso de vários genes de resistência. Contudo, Cowger & Mundt (2002) verificaram que a mistura de cultivares não confere benefícios adaptativos

ou desvantagens na população do patógeno fato que minimiza as probabilidades do surgimento de uma super-raça. Ademais, estudos de simulação realizados por Xu (2012) indicam que o surgimento de uma super-raça em áreas com mistura de cultivares é improvável devido a vários fatores como: a cada safra um genótipo dominante do patógeno irá prevalecer devido ao gargalo imposto para sobrevivência do mesmo na entressafra, no entanto é improvável que o genótipo dominante acumule todos os alelos de virulência devido à deriva genética. Em adição, o risco de surgir uma super-raça e esta se disseminar é minimizado, pois a estruturação das misturas de variedades é dinâmica e as variedades trocadas a cada safra.

Por outro lado, mesmo que a mistura de cultivares tenha se mostrado eficiente para a redução da intensidade das doenças, diversas limitantes surgem quando da aplicabilidade desta ferramenta. Considerando a quantidade de cultivares recomendadas (Cunha et al., 2016), as possibilidades de combinações são bastante grandes, porém há dificuldade de selecionar as combinações devido a variação na duração do ciclo, da utilização do grão (básico, doméstico, melhorador, pão, etc.), do desconhecimento dos patógenos ou raças predominantes na safra futura, fatos que tornam complexa a escolha das cultivares para mistura. Devemos também considerar que em condições de campo há ocorrência de múltiplas doenças e é preciso selecionar cultivares que apresentem reações contrastantes para as mesmas. Porém, há dificuldade de prever quais doenças irão predominar no ano de cultivo, como pode ser observado nos experimentos de 2012 onde predominou o oídio e mancha amarela, enquanto em 2014 a ferrugem da folha foi a doença predominante. Para isso, uma das possibilidades é escolher cultivares que apresentem elevada resistência para todas as doenças, o qual é difícil, pois existem poucos genótipos com esta característica. Ademais, uso somente da mistura de cultivares como estratégia de manejo é insuficiente para amenizar o dano das doenças foliares, fato evidenciado neste trabalho onde mesmo havendo redução na severidade de alguma das doenças, a severidade total das doenças ocorrentes foi alta mesmo nas misturas onde predominou a cultivar resistente. Outro fator que pode ter contribuído para redução de algumas doenças, especialmente a giberela e a mancha amarela, foi que a área experimental

não era cultivada com trigo por pelo menos dois anos, situação que reduziu o inóculo inicial do patógeno. Isso indica que, se a mistura de cultivares for utilizada em áreas com monocultivo, o efeito na redução da intensidade da doença pode ser menor o que reforça a necessidade de adoção de medidas complementares para minimizar a intensidade das doenças. Um fator que pode alterar o resultado das misturas em favor do seu efeito é o tamanho das parcelas nos experimentos, as quais podem subestimar o efeito das misturas na redução da severidade das doenças, conforme já reportado em outros estudos (Wolfe, 1985, Zhu et al., 2000, Mundt, 2002).

A utilização de misturas de cultivares como estratégia de manejo necessita de pesquisas adicionais para avaliar a estabilidade da produção, o tempo de vida útil da mistura e/ou determinar o intervalo para substituição dos componentes da mesma (Guimarães et al., 1998). Também será preciso verificar a associação da mistura de cultivares com outras medidas de manejo a fim de garantir a viabilidade das mesmas ao longo do tempo e tornar os sistemas de cultivo mais sustentáveis.

Conclusões

A mistura de cultivares de trigo com dois componentes de reação contrastante as doenças foi eficiente na redução da intensidade do oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*) e giberela (*Fusarium graminearum* complex species).

O emprego da mistura de cultivares como medida única para reduzir a severidade de doenças, dependente da doença e das características climáticas do ano de cultivo, pode ser insuficiente para manter a severidade das doenças abaixo do limiar de dano econômico.

Literatura Citada

Castro, A. Cultivar mixtures. The plant health instructor. 2001. <https://doi.org/10.1094/PHI-A-2001-1230-01>.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. grãos, v.2 - Safra 2014-2015, n.4 - quarto levantamento, p.1-90, 2015. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf. 07 Mar. 2015.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. grãos, v.4 - Safra 2016/17, n.6 - sexto levantamento, p.1-176, 2017. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf. 12 Abr. 2017.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Séries históricas. trigo. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_11_16_04_18_trigoseriehist.xls. 09 Nov. 2016.

Cowger, C.; Mundt, C.C. Effects of wheat cultivar mixtures on epidemic progression of *Septoria tritici* blotch and pathogenicity of *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathology*, v.92, n.6, p.617-623, 2002. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.6.617>.

Cox, C.M.; Garrett, K.A.; Bowden, R.L.; Fritz, A.K.; Dendy, S.P.; Heer, W.F. Cultivar mixtures for the simultaneous management of multiple diseases: tan spot and leaf rust of wheat. *Phytopathology*, v.94, n.9, p.961-969, 2004. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.9.961>.

Cunha, G.R.; Caierão, E.; Rosa, A.C. (Eds.). Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2016/ 9ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticale. Passo Fundo, RS: Biotrigo Genética, 2016. 228p. <https://www.embrapa.br/documents/1355291/1729833/Informacoes+Tecnicas+Trigo+e+Triticale+Safra+2016.pdf/12cba90b-6483-4e41-b95e-089a06451f61>. 10 Jan. 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2012/ 5ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticale. Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 2011. 204p. (Embrapa Pecuária Oeste. Documentos, 9). http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/informacoes_tecnicas_trigo_triticale_safra_2012.pdf. 30 Nov. 2016.

Finckh, M.R.; Gacek, E.S.; Caembor, H.J.; Wolfe, M.S. Host frequency and density effects on powdery mildew and yield in mixtures of barley cultivars. *Plant Pathology*, v.48, n.6, p.807-816, 1999. <http://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1999.00398.x>.

Fungicide Resistance Action Committee - FRAC. FRAC list of plant pathogenic organism resistant to disease control agents. Revised January 2013. <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/list-of-resistant-plant-pathogens/list-of-resistant-plant-pathogenic-organisms---february-2013.pdf>. 09 Nov. 2016.

Guimarães, F.B.; Casela, C.R.; Santos, F.G.; Ferreira, A.S. Controle da antracnose do sorgo através da utilização de misturas de cultivares. *Summa Phytopathologica*, v. 24, n.2, p. 131-135, 1998. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/480802/1/Controleantracnose1.pdf>. 09 Nov. 2016.

Keneni, G.; Bekele, E.; Imtaiz, M.; Dagne, K. Genetic Vulnerability of modern crop cultivars: causes, mechanism and remedies. *International Journal of Plant Research*, v.2, n.3, p.69-79, 2012. <https://doi.org/10.5923/j.plant.20120203.05>.

Kiran, K.; Rawal, H.; Dubey, H.; Jaswal, R.; Devanna, B.N.; Gupta, D.K.; Bhardwaj, S.S.; Prasad, P.; Pal, D.; Chhuneja, P.; Balasubramanian, P.; Kumar, J.; Swami, M.; Solanke, A.U.; Gaikwad, K.; Singh, N.K.; Sharma, T.J. Draft Genome of the Wheat Rust Pathogen (*Puccinia triticina*) Unravels Genome-Wide Structural Variations during Evolution. *Genome Biology and Evolution*, v8, n.9, p.2702-2721, 2016. <https://doi.org/10.1093/gbe/evw197>.

Large, E.C. Growth stages in cereals - Illustration of the feekes scale. *Plant Pathology*, v.3, n.4, p.128-129, 1954. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1954.tb00716.x>.

Mikaberidze, A.; McDonald, B.A.; Bonhoeffer, S. Developing smart host mixture to control plant disease. *Plant Pathology*, v.64, n.4, p.996-1004, 2014. <https://doi.org/10.1111/ppa.12321>.

- Montecelli, A.; Dengler, R.U.; Lombardi, J. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2014/ 7ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticale. Londrina: Fundação Meridional, 2014. 235p. <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/Livro%20Trigo%20e%20Triticale%20-%2021-05-14.pdf>. 12 Nov. 2016.
- Mundt, C.C. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management. *Annual Review of Phytopathology*, v.40, p.381-410, 2002. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.011402.113723>.
- Mundt, C.C.; Brophy, L.S.; Schimitt, M.S. Choosing crop cultivars and cultivar mixtures under low versus high disease pressure: a case study with wheat. *Crop Protection*, v.14, n.6, p.509-525, 1995. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(95\)00035-K](https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)00035-K).
- Ntahimpera, N.; Dillard, H.R.; Cobb, A.C.; Seem, R.C. Anthracnose development in mixtures of resistant and susceptible dry bean cultivars. *Phytopathology*, v. 86, n.6, p. 668-673, 1996. <https://doi.org/10.1094/Phyto-86-668>.
- Pilet, F.; Chacón, G.; Forbes, G.A.; Andrivon, D. Protection of susceptible potato cultivars against late blight in mixtures increases with decreasing disease pressure. *Phytopathology*, v.96, n.7, p.777-783. 2006. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0777>.
- Pires, J.L.F.; Lima, M.I.P.M.; Voss, M.; Scheeren, P.L.; Wiethölter, S.; Cunha, G.R.; Ignaczak, J.C.; Caierão, E. Avaliação de cultivares de trigo em sistema de manejo tradicional e otimizado, Passo Fundo, 2004. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. (Embrapa Trigo. Documentos online, 54). http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do54_1.htm. 22 Nov. 2016.
- Raboin L.M. ; Ramanantsoanirina A.; Dusserre J.; Razasolofonahary, F.; Tharreau, D. ; Lannou, C. ; Sester M. Two-component cultivar mixtures reduce rice blast epidemics in an upland agrosystem. *Plant Pathology*, v.61, n.6, p.1103-1111, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02602.x>.
- Reis, E.M.; Casa, R.T. Doenças do trigo. In: Kimati, H; Amorin, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L.E.A. (Eds.). Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. p.631-638.
- Sapoukhina, N.; Paillard, S.; Dedryver, F.; Vallavieille-Pope, C. Quantitative plant resistance in cultivar mixtures: wheat yellow rust as a modeling case study. *New Phytologist*, v.200, n.3, p.888-897, 2013. <https://doi.org/10.1111/nph.12413>.
- SAS Institute. SAS/STAT® User's guide, version 6. 4ed. Cary: SAS Institute, 1989.
- Shaner, G.; Finney, R.E. Effect of nitrogen-fertilization on expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology*, v.67, n.8, p.1051-1056, 1977. <https://doi.org/10.1094/Phyto-67-1051>.
- Wart, J.V.; Kersebaum, K.C.; Peng, S.; Milner, M.; Cassman, K.G. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*, v. 143, p.34-43, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.018>.
- Wicker, T.; Oberhaensli, S.; Parlange, F.; Buchmann, J.P.; Shatalina, M.; Roffler, S.; Ben-David, R.; Dolezel, J.; Simkova, H.; Schuleze-Lefert, P.; D Spanu, P.; Bruggmann, R.; Amselem, J.; Quesneville, H.; Van Themaat, E.V.L.; Paape, T.; Shimizu, K.K.; Keller, B. The wheat powdery mildew genome shows the unique evolution of an obligate biotroph. *Nature Genetics*, v.45, n.9, p.1092-1096, 2013. <https://doi.org/10.1038/ng.2704>.
- Wolfe, M.S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease control. *Annual Review of Phytopathology*, v.23, p.251-273, 1985. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.001343>.
- Xu, X. Super-races are not likely to dominate a fungal population within a life time of a perennial crop plantation of cultivar mixtures: a simulation study. *BMC Ecology*, v.12, p.16, 2012 <https://doi.org/10.1186/1472-6785-12-16>.
- Zhou, K.Q.; Wang, G.D.; Li, Y.H.; Liu, X.B.; Herbert, S.J.; Hashemi, M. Assessing variety mixture of continuous spring wheat (*Triticum aestivum* L.) on grain yield and flour quality in Northeast China. *International Journal of Plant Production*, v.8, n.1, p.91-106, 2014. <https://doi.org/10.22069/ijpp.2014.1374>.
- Zhu, Y.; Chen, H.; Fan, J.; Wang, Y.; Li, Y.; Chen, J.; Fan, J.X.; Yang, S.; Hu, L.; Leung, H.; Mew, T.W.; Teng, P.S.; Wang, Z.; Mundt, C.C. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, v.406, n.6797, p.718-722, 2000. <https://doi.org/10.1038/35021046>.
- Zhu, Y.Y.; Fang, H.; Wang, Y.Y.; Fan, J.X.; Yang, S.S.; Mew, T.W.; Mundt, C.C. Panicle blast and canopy moisture in rice cultivar mixtures. *Phytopathology*, v.95, n.4, p.433-438, 2005. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-0433>.