



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

JAIZA FRANCISCA RIBEIRO CHAGAS

**CONTROLE E RESISTÊNCIA À DOENÇAS FOLIARES EM GENÓTIPOS DE
MILHO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE SANITÁRIA DE GRÃOS
CULTIVADOS NA REGIÃO CENTRO-SUL DO ESTADO DO TOCANTINS**

**GURUPI - TO
2016**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

JAIZA FRANCISCA RIBEIRO CHAGAS

**CONTROLE E RESISTÊNCIA À DOENÇAS FOLIARES EM GENÓTIPOS DE
MILHO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE SANITÁRIA DE GRÃOS
CULTIVADOS NA REGIÃO CENTRO-SUL DO ESTADO DO TOCANTINS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal da Universidade Federal do
Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Gil Rodrigues dos Santos

**GURUPI - TO
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi**

C433c Chagas, Jaíza Francisca Ribeiro
Controle e resistência à doenças foliares em genótipos de milho, produtividade e qualidade sanitária de grãos cultivados na região Centro-Sul do estado do Tocantins / Jaíza Francisca Ribeiro Chagas. – Gurupi – TO, 2016. 74 f.

Tese de Doutorado – Universidade Federal do Tocantins, Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Produção Vegetal, 2016.

Linha de pesquisa: Fitossanidade

Orientador: Prof. Dr. Gil Rodrigues dos Santos

1. *Zea mays*. 2. Nitrogênio. 3. Fosfito. 4. Grãos ardidos. I. Título.

CDD 635

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecido pela autora.

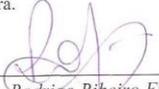


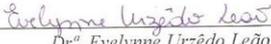
Universidade Federal do Tocantins
Campus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

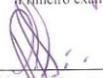
Defesa nº 10/2016

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE JAÍZA FRANCISCA RIBEIRO CHAGAS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

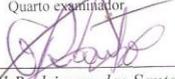
Aos 14 dias do mês de julho do ano de 2016, às 09:00 horas, na Sala de 15 do prédio Bala II, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. Gil Rodrigues dos Santos do Câmpus Universitário de Gurupi/Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis do Câmpus Universitário de Gurupi/Universidade Federal do Tocantins, Dr.º Evelynne Urzêdo Leão/ Câmpus Universitário de Gurupi/Universidade Federal do Tocantins, Dr. Paulo Henrique Tschoeke/ Câmpus Universitário de Gurupi/Universidade Federal do Tocantins, Dr. Manoel Mota dos Santos/ Câmpus Universitário de Gurupi/Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de Jaiza Francisca Ribeiro Chagas, intitulada "Controle e resistência à doenças foliares em genótipos de milho, produtividade e qualidade sanitária de grãos cultivados na região Centro-Sul do estado do Tocantins". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-a ao título de DOUTORA em Produção Vegetal. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Primeiro examinador


Dr.º Evelynne Urzêdo Leão
Terceiro examinador


Dr. Paulo Henrique Tschoeke
Segundo examinador


Dr. Manoel Mota dos Santos
Quarto examinador


Dr. Gil Rodrigues dos Santos
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 14 de julho de 2016.


Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

“Sou o que quero ser, porque possuo apenas uma vida e nela só tenho uma chance de fazer o que eu quero. Tenho felicidade o bastante para fazê-la doce, dificuldades para fazê-la forte, tristeza para fazê-la humana e esperança suficiente para fazê-la feliz. As pessoas mais felizes não têm as melhores coisas, elas sabem fazer o melhor das oportunidades que aparecem em seus caminhos”.

Clarice Lispector

“Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo só depende da nossa vontade e perseverança.”

Albert Einstein

“Sem luta, não pode haver vitória. Se não existissem as dificuldades, os esforços seriam inúteis; Se não houvesse o sofrimento e provações, não existiriam a paciência e a resignação”

Alberto Montalvão

“E guardo a certeza, pelas próprias dificuldades já superadas, que não há mal que dure para sempre” (Chico Xavier).

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

Por ser quem sou, por tudo que superei em minha vida, hoje eu não tenho nada a pedir eu quero somente agradecer a DEUS.

Muitas coisas bonitas não podem ser vistas ou tocadas, elas são sentidas dentro do coração, o que minha família já fez por mim é uma delas. Agradeço a todos (as), especialmente minha mãe MARIA DOS ANJOS RIBEIRO CHAGAS a quem honro com este título, devo a ela todas as minhas conquistas. Agradeço e dedico a minhas primas e primos pelo apoio, dedicação e compreensão sempre que necessitei. A todos, meu muito obrigado!

Algumas escolhas mudam nossa vida completamente e eu agradeço todos os dias por vocês existirem na minha vida. Meu companheiro HENRIQUE RICARDO SCHU, meus filhos ELÓI DAVY RIBEIRO SCHU e LAYZA RIBEIRO SCHU, é por vocês que eu enfrento todos os obstáculos.

Agradeço aquele que ensina muito mais que teorias, mais que nos prepara para a vida, professor GIL RODRIGUES DOS SANTOS, você tem toda minha gratidão, admiração e carinho.

O tempo passará, e a simples aluna se tornará uma profissional se Deus quiser, mas nunca esquecerá quem lançou o alicerce do seu crescimento sólido. Obrigada RODRIGO VÉRAS DA COSTA, pela paciência, pelas palavras de incentivo, sempre compreensivo e educado. Exemplo de profissional, o qual passou a ser o meu exemplo.

A vida deu a cada um de nós diversos encantos...O encanto de aceitar as diferenças, de poder compartilhar, de amar e ser amado, de perdoar e ser perdoado... e principalmente, o encanto de poder contar com amigos como vocês: Dalmácia, Ronice, Solange Ságio, Evellynne Urzedo, professora Janaína, Matheus Dalcin, Patrícia Resplandes, Jhonatam Fontes, professora Talita, João Henrique, João Vinícios, Vanilza, Rosângela, Micaella, e todos que eu tive a honra de conviver no Laboratório de Fitopatologia da UFT. MELHOR EQUIPE DO MUNDO!

Amigos são tesouros sem preço, um gostar sem distancia de alguém presente em nosso caminho, nas melhores e também nas piores horas. Grande demais para ser perdido e importante demais para ser esquecido. Obrigada a todos os meus amigos que não fazem parte do meio acadêmico, por terem sido pacientes diante dos meus sumiços, mas que me proporcionaram sempre ótimos momentos de descanso mental quando nos encontrávamos.

Aos professores da Universidade Federal do Tocantins, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de realização do curso e à CAPES, pela bolsa concedida.

Enfim, agradeço e dedico a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização e conclusão desse trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

A demanda pelo aumento da produtividade do milho faz com que seja constante a busca por melhores técnicas no manejo da nutrição das plantas, por produtos que sejam eficazes na proteção das plantas contra os fitopatógenos, melhorando de forma direta e indireta a quantidade e qualidade dos grãos. A cada ano vem-se aumentando o plantio do milho em área e produtividade no estado do Tocantins, de modo que, os estudos aqui realizados tiveram por objetivo fornecer informações sobre o controle e resistência às doenças foliares em genótipos de milho, produtividade e qualidade sanitária de grãos cultivados na região sul do estado de Tocantins. No primeiro capítulo, foi avaliada a adubação nitrogenada na severidade das doenças foliares, produtividade e respostas bioquímicas em híbridos de milho. As doses testadas influenciaram na severidade das doenças avaliadas. Maiores produtividades e massa de mil grãos foram obtidas com maiores doses de nitrogênio. Houve correlação entre as enzimas Catalase (CAT) e Superóxido dimutase (SOD), com a área abaixo da curva de progresso da mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), demonstrando maior atividade nas doses onde houve maior severidade da doença. Houve menor concentração do aminoácido prolina, onde ocorreu maior severidade. Os teores de aminoácidos totais foram maiores onde houve a utilização da maior dose de N. No segundo capítulo, foi verificado o efeito do controle de doenças e a produtividade do milho em função da aplicação de fosfito e fungicida. O controle das doenças foi mais efetivo com a aplicação do fungicida isolado e também com a mistura do fosfito ao fungicida. Melhores produtividades foram obtidas onde houve aplicação do fosfito, tanto em mistura quanto isolado. O terceiro capítulo objetivou estudar a severidade de doenças foliares e produtividade de genótipos de milho, cultivados no cerrado do estado do Tocantins. As doenças observadas nos experimentos foram a mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*) e mancha de curvularia (*Curvularia* sp), sendo que a mancha de bipolaris teve maior incidência e severidade em todos os genótipos estudados. A maioria dos cultivares demonstrou potencial produtivo nos dois experimentos. No quarto capítulo, analisou-se a qualidade sanitária de grão assintomáticos e ardidos de cultivares de milho no estado do Tocantins. O gênero de fungo mais encontrado nos grãos ardidos e assintomáticos foi o do *Fusarium*, sendo verificada alta incidência em todos os grãos avaliados.

Palavras-chaves: *Zea mays*, sanidade, fungos, controle alternativo

CONTROL AND RESISTANCE DISEASES LEAF IN CORN GENOTYPES, PRODUCTIVITY AND QUALITY SANITARY GRAINS CULTIVATED IN REGION SOUTH TOCANTINS STATE.

GENERAL ABSTRACT – The demand for increasing maize productivity it makes it a constant search for better techniques in the management of plant nutrition and products that are effective in protecting plants against pathogens, directly improving the quantity and quality of grain. Every year comes by increasing the planting of corn in area and productivity in the Tocantins state, so that the studies conducted here aimed to provide information on the control of foliar diseases in corn genotypes, productivity and sanitary quality beans grown in the southern state of Tocantins. In the first chapter it was evaluated nitrogen fertilization on foliar disease severity, productivity and biochemical responses in corn hybrids. The tested doses influenced the severity of disease evaluated. Higher productivity and thousand grain weight were obtained with higher doses of nitrogen. There was a correlation between catalase (CAT) and superoxide dimutase (SOD) enzymes, with progress curve Area Under Bipolaris leaf spot, demonstrating increased activity at doses where there was a greater disease severity. There was a lower concentration of the amino acid proline, where higher severity. The total amino acid content was higher where there was the use of the highest dose of N. In the second chapter, it was verified the effect of disease control and corn yield by applying phosphite and fungicide. The disease control was more effective with the application of fungicide isolated and with the mixture of the phosphite to the fungicide. Best yields were obtained where there was application of phosphite, both in mixture as isolated. The third chapter aimed to study the occurrence of diseases and maize genotypes grown in the state of Tocantins cerrado. The diseases observed in the experiments were spot Bipolaris, polissora rust, anthracnose leaf blight and stain Curvularia, and the bipolar stain had higher incidence and severity in all genotypes. Most cultivars demonstrated good production potential in both experiments. In the fourth chapter, we analyzed the health quality asymptomatic grain and rot of corn cultivars in the state of Tocantins. The fungal genus mostly found in rancid and asymptomatic grains was the Fusarium, and we found a high incidence in all evaluated grains.

Keywords: Zea mays, sanitary, fungi, alternative control

Formatado: Cabeçalho do Sumário, Centralizado, Espaçamento entre linhas: Múltiplos 1,15 lin.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	12
	REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	13
2	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SEVERIDADE DE DOENÇAS FOLIARES, PRODUTIVIDADE E RESPOSTAS BIOQUÍMICAS EM HÍBRIDOS DE MILHO.....	15
	RESUMO.....	15
	ABSTRACT.....	16
	INTRODUÇÃO.....	16
	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
	CONCLUSÕES.....	28
	AGRADECIMENTOS.....	29
	REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	29
3	CONTROLE DE DOENÇAS E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FOSFITO E FUNGICIDAS.....	32
	RESUMO.....	32
	ABSTRACT.....	33
	INTRODUÇÃO.....	34
	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
	CONCLUSÕES.....	43
	AGRADECIMENTOS.....	43
	REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	43
4	SEVERIDADE DE DOENÇAS FOLIARES E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE MILHO CULTIVADOS NO CERRADO DO ESTADO DO TOCANTINS.....	46
	RESUMO.....	46
	ABSTRACT.....	46
	INTRODUÇÃO.....	47
	MATERIAL E MÉTODOS.....	48
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
	CONCLUSÕES.....	57
	AGRADECIMENTOS.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	57
5	ANÁLISE SANITÁRIA DE GRÃOS ASSINTOMÁTICOS E ARDIDOS DE MILHO NO TOCANTINS, BRASIL.....	59
	RESUMO.....	59
	ABSTRACT.....	59

INTRODUÇÃO.....	59
MATERIAL E MÉTODOS.....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
CONCLUSÕES.....	66
AGRADECIMENTOS.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
TABELAS E FIGURAS	67
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74

|

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um grande produtor de milho (ABRAMILHO, 2016), que é uma cultura de grande importância socioeconômica e geradora de emprego e renda (AGEITEC, 2016). Existem centenas de genótipos, as quais apresentam alta produtividade e excelente qualidade de grãos. Entretanto, muitas são afetadas por problemas nutricionais, em especial ao nutriente mais exigido que é o nitrogênio (CAIRES e MILLA, 2016) e também por doenças.

O estado do Tocantins está inserido na Fronteira Agrícola do MATOPIBA e sua área cultivada encontra-se em franca expansão, em especial o plantio de milho safrinha que cresce a cada ano (CONAB, 2015). Neste contexto, considerando a falta de informações locais para a cultura do milho sob diversos aspectos do manejo, torna-se prioridade das instituições de pesquisa a busca por genótipos adaptados as condições edafoclimáticas além de melhorias no manejo da adubação e controle das principais doenças.

Com o aumento da demanda por alimentos e produtos derivados do milho, o manejo da adubação nitrogenada e uso de pesticidas deve ser eficiente, pois estes fatores podem influenciar positivamente na redução das doenças foliares, principalmente em genótipos suscetíveis, onde a aplicação de fungicidas também se torna essencialmente necessária.

Plantas bem nutridas é um dos fatores determinantes no crescimento e desenvolvimento, pois estas reagem melhor às adversidades climáticas, ao ataque de pragas e doenças, resultando em ganhos de produtividade, apresentando grãos com melhor qualidade sanitária. Para obter estes resultados, o uso constante de pesticidas nas lavouras aumenta a cada ano, favorecendo a seleção de organismos mais agressivos e resistentes aos produtos existentes no mercado, ocasionando maiores perdas e custos de produção. Sendo assim, meios sustentáveis devem ser implementados, procurando sempre a melhor eficiência em todo o sistema de produção, redução de gastos e poluição ambiental.

Estudos apontam melhor desempenho de plantas diante de aplicações foliares com fosfitos, os quais tem demonstrado eficiência tanto para a nutrição de plantas (NEVES e BLUM, 2014; MENEGHETTI, 2009), quanto para ativação do sistema de defesa da planta, por meio da indução da produção de fitoalexinas e outros compostos que auxiliam no

combate às doenças (NOVAKOWISKI et al., 2010), reduzindo o emprego de pesticidas e supostamente aumentando a sustentabilidade da lavoura a um custo mais viável.

Outro problema frequentemente observado em muitas regiões produtoras é a presença de fungos que atacam os grãos do milho (OLIVEIRA et al., 1999), o chamado grãos ardidos, que ocasionam perdas quantitativas e qualitativas. Esses fungos podem se tornar fontes de inóculo para plantios subsequentes, bem como reduzir o valor nutricional e produzir metabólitos secundários tóxicos aos seus consumidores (WORDEL FILHO e SPAGNOLLO, 2013).

Diante destes fatos, técnicas como a utilização da adubação nitrogenada, plantio de genótipos resistentes às doenças, uso de produtos químicos e ou alternativos como os fosfitos, e qualidade dos grãos produzidos devem ser melhor estudados. Além disso, também deve-se considerar que são escassos os relatos na literatura sobre esses temas no Tocantins. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o controle e resistência às doenças foliares em genótipos de milho, produtividade e qualidade de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMILHO – Associação Brasileira dos Produtores de Milho. **A dimensão do milho no mundo**. A Granja – Porto Alegre/ RS, /2010. Disponível em <www.abramilho.org.br/noticias.php?cod=975>. [Acesso em:] 24/05/2016.

AGEITEC - **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Importância Socioeconômica**. 2016. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_16820011157.html>. [Acesso em:] 24/05/2016.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**. v. 75, n. 1, p.87-95, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO: **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Décimo Levantamento, Safra 2014/15. v. 2, n 10, 2015.

MENEGHETTI, R. C. **Avaliação do fosfito de potássio sobre o progresso da *Phakopsora pachyrhizi* em soja**. 67f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2009.

NEVES, J. S.; BLUM, L. E. B. Influência de fungicidas e fosfito de potássio no controle da ferrugem asiática e na produtividade da soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 75 – 82, 2014.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; NOVAKOWISKI, J. H.; PIVATTO, R. Â. D.; FALBO, M. K.; FANCELLI, A. L. **Efeito da Aplicação de Fungicida e Fosfito de Potássio Sobre a Massa Seca de Milho Para a Produção de Silagem de Planta Inteira.** XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. 2010.

OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C.; PINHO, É. V. R. V. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciência e Agrotécnica**, Lavras, v. 23, n. 2, p.289-302, 1999.

WORDELL FILHO, J. A.; SPAGNOLLO, E. Sistema de cultivo e doses de nitrogênio na sanidade e no rendimento do milho. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, 2013.

2. ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SEVERIDADE DE DOENÇAS FOLIARES, PRODUTIVIDADE E RESPOSTAS BIOQUÍMICAS EM HÍBRIDOS DE MILHO

RESUMO – A adubação nitrogenada desbalanceada e a presença de doenças foliares afetam o sistema fisiológico das plantas e constituem uma das causas da baixa produção e má qualidade dos grãos de milho (*Zea mays*). Objetivou-se com este estudo avaliar a adubação nitrogenada na severidade de doenças foliares, produtividade e respostas bioquímicas em híbridos de milho. Dois experimentos foram conduzidos em campo, em delineamento experimental de blocos casualizados, com tratamentos dispostos em arranjo de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas pelos híbridos e as subparcelas pelas doses de nitrogênio. Determinou-se à área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), a massa de mil grãos (g), a produtividade em Kg ha⁻¹, teores das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), aminoácido prolina e aminoácidos solúveis totais. As doses de nitrogênio influenciaram de maneira distinta na severidade da mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) e antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*). Maior massa de mil grãos, produtividade e teor de aminoácidos solúveis totais foram observados na maior dose utilizada. Resultados diferentes foram observados para os teores da CAT e prolina nos híbridos avaliados em função das doses de nitrogênio utilizadas.

Palavras – chave: *Zea mays*, nutrição, nitrogênio, patógeno, mecanismos de defesa.

NITROGEN FERTILIZING IN THE LEAF DISEASE SEVERITY, PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL RESPONSES IN CORN HYBRIDS

ABSTRACT – The unbalanced nitrogen fertilizer and the presence of leaf diseases affect the physiological system of plants and constitute one of the causes of low the production and poor quality of grains of maize (*Zea mays*). The objective of this study was to evaluate

nitrogen fertilization on the occurrence of diseases, productivity and biochemical responses in corn hybrids. Two experiments were conducted in the field, in a randomized block design, with treatments arranged in a split plot arrangement with three replications. The plots were constituted by the hybrids and the subplots by nitrogen rates. It was determined the area under the disease progress curve (AUDPC), the thousand grain weight (g), productivity in Kg ha^{-1} , levels of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), amino acid proline and total soluble amino acids. The doses of nitrogen influenced differently in the severity of bipolaris leaf spot (*Bipolaris maydis*), Southern rust (*Puccinia polysora*) and leaf anthracnose leaf blight. (*Colletotrichum graminicola*). Higher thousand grain weight, yield and total soluble amino acid content were observed at the highest dose used. Different results were observed for the content of CAT and proline in hybrids evaluated in terms of nitrogen fertilizer rates.

Keywords: Zea mays, nutrition, nitrogen, pathogen, defense mechanisms.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos e seus derivados, tornam o cultivo do milho (*Zea mays* L.) alvo de diversos estudos visando elevados níveis de produtividade. O aumento da produção de milho nos últimos anos na região Norte é decorrente do melhoramento genético, por meio do desenvolvimento de cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas, uso de tecnologias empregada no cultivo e também o uso adequado de adubação nitrogenada (CANCELLIER et al., 2011; CARVALHO et al., 2014; SANTOS et al., 2015).

A exigência nutricional corresponde a um dos fatores mais estudados no cultivo do milho, sendo o nitrogênio o principal nutriente exigido pela cultura, e que tem relação direta com a produtividade (GROSS et al., 2006). Esse elemento é responsável por diversas reações fisiológicas, o que torna o seu manejo um dos mais complexos dentre os macronutrientes (FAGAN et al., 2007). Além das exigências nutricionais, a produtividade do milho também pode ser influenciada por outros fatores, dentre os quais as doenças fúngicas foliares se destacam, devido aos danos e perdas ocasionadas à cultura (CALIGIORNE et al., 2010).

Entre as doenças foliares importantes na cultura do milho, vale ressaltar as que causam danos significativos, em decorrência da destruição dos tecidos foliares e consequentemente da redução de fotoassimilados. A mancha de cercospora (*Cercospora zea-maydis* e *C. sorghi* f. sp. *maydis*), mancha de bipolaris (*Bipolaris* spp.), antracnose (*Colletotrichum graminicola*), ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), ferrugem-tropical (*Physopella zae*) e o míldio do sorgo em milho (*Peronosclerospora sorghi*) são as doenças comumente relatadas causando danos em milho (LIMA et al., 2010).

O aumento observado da ocorrência destas doenças se dá em razão do aumento de áreas de safrinhas e maior utilização de irrigação suplementar, práticas que favorecem a sobrevivência de patógenos e aumentos consideráveis de inóculo para plantios subsequentes (TOMAZELLA et al., 2006).

As plantas, após o ataque de patógenos, reagem ativando seus mecanismos de defesa. O nitrogênio participa de muitos processos metabólicos relacionados aos mecanismos de defesa das plantas, e é constituinte essencial na formação de reguladores de crescimento, aminoácidos, proteínas, fitoalexinas e fenóis (SHEN et al., 2010). As enzimas catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD), por exemplo, apresentam elevada importância na defesa gerada pelas plantas em resposta ao ataque de fungos, atuando na desintoxicação das células das plantas em condições de stress causados por fungos e insetos (SOARES e MACHADO, 2007; SHEN et al., 2010).

Inúmeros estudos relacionados ao uso do nitrogênio na cultura do milho, em diversas regiões do Brasil, já foram relatados (CARVALHO et al., 2013; MENDES et al., 2011; TOMAZELLA et al., 2006). No entanto, poucos estudos são conduzidos relacionando o uso do nitrogênio ao manejo das doenças foliares no milho e o efeito nas respostas bioquímicas produzidas pela planta. Neste contexto, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da adubação nitrogenada na severidade das doenças foliares, produtividade e respostas bioquímicas em diferentes híbridos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, data e manejo do experimento - Foram conduzidos dois experimentos em campo na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus de Gurupi, localizada a 11° 43' S e 49° 04 N' a 280m de altitude. O clima do local é do tipo

B1wA' úmido com moderada deficiência hídrica segundo classificação climática de Köppen (1948). Anteriormente ao plantio do milho, a área experimental foi utilizada para plantios de melancia e melão. O primeiro experimento foi conduzido no período de janeiro a maio de 2014 (safra 2013/2014), e o segundo experimento de dezembro de 2014 a abril de 2015 (safra 2014/2015). As características químicas do solo utilizado nos dois experimentos encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Resultados da análise das propriedades químicas dos solos na camada de 0 - 20 cm.

Solo	pH	Ca	Mg	K	CTC _t	P	M.O	V
		(cmolc dm ⁻³)				(mg dm ⁻³)	%	
Safra 2013/2014	5,6 (água)	2,8	0,7	0,24	5,2	33	2,3	73
Safra 2014/2015	5,8 (CaCl ₂)	2,2	1,2	0,25	5,65	22,9	2,4	65

Em ambos experimentos, o sistema de preparo do solo empregado foi o convencional, mediante a utilização de uma aração e duas gradagens, seguida pela sulcagem em espaçamento de 0,7 m. As sementes foram realizadas em janeiro de 2014 (Safra 2013/2014) e dezembro de 2015 (2014/2015), colocando-se seis sementes por metro linear. Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste mantendo quatro sementes por metro linear, equivalendo uma população de aproximadamente 60.000 plantas·ha⁻¹.

A adubação de base consistiu da aplicação de 450 kg ha⁻¹ de NPK: 5-25-15. Para o controle das plantas invasoras foi aplicado em pós-emergência, a mistura dos herbicidas atrazina + nicosulfuron, na dose de 5 + 1,5 L ha⁻¹ respectivamente e também capina manual. O controle de pragas foi através da aplicação do inseticida metomil na dose de 0,6 L ha⁻¹. A colheita foi realizada manualmente, na área útil das parcelas. Efetuou-se a debulha das espigas em trilhadora para obtenção da massa de mil grãos, expressos em gramas, de ambos experimentos e obtenção da produtividade em Kg ha⁻¹ com correção da umidade para 13%.

As variáveis climáticas: precipitação (mm dia⁻¹), temperaturas máximas e mínimas (°C) e umidade relativa média (%), foram monitoradas e registradas, durante todo o período de condução dos experimentos, na estação meteorológica da Universidade Federal do Tocantins.

Delineamento experimental e tratamentos - O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com três repetições. Os tratamentos

foram arranjados no esquema de parcelas subdivididas. As doses de nitrogênio (N) constituíram as subparcelas e os híbridos de milho as parcelas.

No primeiro experimento foram avaliados os híbridos BRS 1040 (híbrido simples da Embrapa Milho e Sorgo); BM2202 (híbrido duplo da Biomatrix); ATTACK (híbrido simples da Syngenta) e o TRAKTOR (híbrido duplo da Syngenta). No segundo experimento foram avaliados os híbridos 2B710 (híbrido simples da DowAgrociences); 3H842 (híbrido triplo da Embrapa Milho e Sorgo); 30F53YH (híbrido simples da Du Pont Pioneer) e o AG7088 PROX (híbrido simples da Agrocerees).

As doses de N empregadas foram 36 (baixo N) e 160 (alto N) Kg ha⁻¹ na safra 2013/2014 e 40 (baixo N) e 180 (alto N) Kg ha⁻¹ na safra 2014/2015, utilizando-se como fonte de N a ureia. A aplicação das doses de N foi feita em cobertura, entre as fases de quatro a seis folhas totalmente expandidas. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de 10 m de comprimento, espaçadas de 0,7 m entre si e divididas em subparcelas com 5 m de comprimento, com média de cinco plantas por metro linear. As duas linhas centrais foram consideradas como a área útil das parcelas. As diferenças nos híbridos e valores das doses entre as safras foram para a verificação de tendências aos tratamentos.

Avaliações das doenças - Para avaliar as doenças, utilizou-se uma escala de notas visual variando de 1 a 9, em que 1 = 0% de doença; 2 = 0,5% área foliar lesionada; 3 = 10 %; 4 = 30 %; 5 = 50 %; 6 = 70 %; 7 = 80 %; 8 = 90 % e 9 = 100 % de área foliar lesionada, considerando a severidade média das doenças nas parcelas (AGROCERES, 1996).

Nas notas de 1 a 4, os híbridos foram classificados como de alta a mediana resistência. Nas notas 5 a 6, foram classificados como de mediana suscetibilidade e com notas de 7 a 9, foram classificados como suscetíveis à altamente suscetíveis.

As avaliações das doenças iniciaram-se quando foram observados visualmente os primeiros sintomas em cada experimento. No experimento 1, as avaliações foram realizadas a partir dos 77 dias após o plantio (DAP) e finalizadas aos 105 DAP, em intervalos de cinco dias. No experimento 2, as avaliações foram realizadas a partir dos 60 DAP e finalizadas aos 112 DAP, em intervalos de sete dias. Os valores das notas de severidade foram transformados em porcentagem de área foliar lesionada e utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Campbell e Madden (1990).

Quantificação das respostas bioquímicas - para as análises das respostas bioquímicas, foram utilizadas amostras de folhas dos híbridos 2B710 e AG7088PROX, sendo a escolha destes híbridos devido às diferenças observadas na reação de resistência a

mancha de bipolaris (*Bipolaris* sp.), no qual o híbrido 2B710 foi mais suscetível a esta doença e o AG7088PROX mais resistente. Para isto, foram coletadas as folhas localizadas imediatamente abaixo da espiga, com três repetições em cada tratamento, entre as fases R1 (embonecamento) e R2 (grão bolha d'água), fases em que as plantas são consideradas as mais suscetíveis ao aparecimento de doenças. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em saquinhos de papel, identificados e colocadas em freezer a -20 °C até o momento das análises.

Para a quantificação dos teores das enzimas Superóxido Dismutase (SOD) e Catalase (CAT), as amostras do tecido foliar foram maceradas em nitrogênio líquido para obtenção dos extratos. A atividade da SOD foi determinada conforme metodologia descrita por Gianopolitis e Ries (1977) e atividade da CAT foi determinada conforme Havir e McHale (1987). O decaimento da absorvância a 204 nm foi acompanhado em espectrofotômetro, durante cinco minutos, com leituras sucessivas a cada 30 segundos. A atividade das enzimas foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 36 M⁻¹ cm⁻¹ (240 nm) para o H₂O₂ e expressa em µmol H₂O₂ g⁻¹ MF min⁻¹.

Os teores do aminoácido prolina foram determinados pelo método de Bates et al. (1973). Após obtenção do composto (reagentes + amostra de folha), o cromóforo foi aspirado com pipeta de Pasteur de vidro e utilizado para as leituras em espectrofotômetro a 520 nm. O branco utilizado para zerar o aparelho continha apenas tolueno.

A concentração do teor prolina foi calculada com base na equação da reta obtida por uma curva-padrão de prolina e expressa em mmol kg⁻¹ MF. Para determinar os teores de aminoácidos solúveis, utilizou-se a metodologia proposta por Yemm e Cocking (1955). Após a obtenção do composto, estas foram lidas em espectrofotômetro a 570 nm, sendo que para o branco, o volume de extrato foi substituído por tampão citrato.

A concentração de aminoácidos solúveis totais foi quantificada com base na equação da reta obtida pela curva-padrão de glicina e expressa em mmol kg⁻¹ MF.

Análise de correlação e estatística - foi determinado o coeficiente de correlação linear entre os dados dos compostos bioquímicos e a AACPD através da fórmula:

$$r = \frac{n(\sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y)}{\sqrt{n[\sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot n[\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

em cada dose de nitrogênio utilizada, para os híbridos 2B710 e o AG7088 PROX. Onde r é o grau de correlação linear entre a variável X e Y, e n o número de repetições de cada variável. Quanto mais próximo de -1 ou 1, maior o grau de relacionamento entre as duas variáveis, considera-se valores próximos de 1 como correlação linear positiva e valores próximos de -1 que existe uma correlação negativa.

Os dados médios obtidos de AACPD, massa de mil grãos, produtividade e compostos bioquímicos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si através do teste T a 5% de probabilidade, com auxílio do software ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de condução do primeiro experimento, na safra 2013/14, registraram-se temperaturas médias de 26°C, máxima de 32°C e mínima 22°C; umidade relativa média de ±82%, máxima de 95 % e mínima de 60% e precipitação total de 763 mm. No período de condução do segundo experimento, safra 2014/2015, foi observada grande variação na precipitação total ao longo dos meses de dezembro a abril, com precipitação total de 595 mm, temperaturas média de 26 °C, máxima de 32°C e mínima 22°C; umidade relativa: média de ±83%, máxima de 95 % e mínima de 61%.

Área abaixo da curva de progresso da doença - Observou-se diferença estatística entre os tratamentos para a AACPD da mancha de bipolar (*Bipolaris* sp), nas duas safras (Tabela 2), exceto para o híbrido AG7088 PROX na segunda safra.

TABELA 2 - Área abaixo da curva de progresso (AACPD) de doenças foliares do milho, sob adubação nitrogenada, 36 kg ha⁻¹ (baixo N) e 160 kg ha⁻¹ (alto N) (safra 2013/2014) e 40 kg ha⁻¹ (baixo N) e 180 kg ha⁻¹ (alto N) (safra 2014/2015), Gurupi, Tocantins, 2015.

Safra 2013/2014						
Híbridos	Mancha de bipolaris		Ferrugem polissora		Antracnose foliar	
	baixo N	alto N	baixo N	alto N	baixo N	alto N
¹ HS BRS 1040	1456 aA*	1019 aB	176 cA	214 cA	10 abA	9 aA
HS ATTACK	638 bA	128 bB	675 abB	982 abA	03 bA	02 bB
² HD TRAKTOR	813 bA	201 bB	888 aB	1269 aA	11 aA	03 abB
HD BM 2202	176 cB	669 aA	277 bcB	788 bA	9,4 abA	11 aA
⁴ CV%	a – 22/b – 29		a – 29/b – 23		a – 51/b – 30	
Safra 2014/2015						
Híbridos	Mancha de bipolaris		Ferrugem polissora		Antracnose foliar	
	baixo N	alto N	baixo N	alto N	baixo N	alto N
HS 30F53YH	942 cB	1499 cA	898 aB	1404 A	8,5 aA	2,6 aB
HS 2B710	2531 aA	2445 aB	0 bA	0 bA	16,0 aA	1,9 aB
HS AG7088	564 dA	584 dA	0 bA	0 bA	3,9 aA	0,4 aB

³ HT 3H842	2258 bA	1830 bB	0 bA	0 bA	6,7 aA	6,1 aA
⁴ CV%	a – 2/b – 2		a – 35/b – 45		a – 31/b – 69	

¹HS (híbrido simples); ²HD (híbrido duplo); ³HT (híbrido triplo). ⁴CV%: a = coeficiente de variação da parcela e b = coeficiente de variação da subparcela. *Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não difere estatisticamente pelo teste T, ao nível de 5% de probabilidade.

Na safra 2013/2014, os valores de AACPD foram maiores na dose baixo N para os híbridos BRS 1040, ATTACK e TRAKTOR. O híbrido BM 2202 apresentou maior AACPD na dose alto N. Na safra 2014/2015, os híbridos 2B710 e 3H842 apresentaram maiores valores de AACPD na dose de baixo N.

Nos híbridos 30F53YH e o AG7088 PROX foi observado resultados contrários, com maior AACPD observada na dose alto N. Em condições de cultivo semelhante, Santos et al. (2013) verificaram que a severidade da mancha de *bipolaris* variou conforme as doses de nitrogênio utilizadas e a genética dos híbridos, corroborando com os resultados encontrados nesse estudo.

As condições de baixa pluviosidade constatadas durante as duas safras, associada à ocorrência de longos períodos de molhamento foliar, causado pela variação entre as temperaturas diurnas e noturnas, pode ter favorecido a maior ocorrência de doenças. Aliado a isto, as temperaturas médias, em torno de 27°C, foram condições ideais para o desenvolvimento de doenças, principalmente a mancha de *bipolaris*.

Para a ferrugem polissora (*P. polysora*), na safra 2013/2014, somente no híbrido BRS 1040 não houve diferença estatística entre as doses de N avaliadas. Nos demais híbridos, houve diferença significativa entre as doses de nitrogênio e a AACPD.

Observaram-se também diferenças significativas entre os híbridos dentro de cada dose. Na dose de alto N o híbrido TRAKTOR foi o que apresentou a maior AACPD seguido pelo ATTACK. Na dose de baixo N estes híbridos também apresentaram maiores valores de AACPD. Na safra 2014/2015, apenas o híbrido 30F53YH apresentou sintomas da doença, apresentando maior AACPD na dose de alto N, a qual se diferiu estatisticamente da dose de baixo N.

Esses aumentos observados na maior dose nas duas safras, estão de acordo com o relatado por Tomazela et al (2006), que afirmam que a suplementação de plantas de milho com elevadas doses de nitrogênio podem ocasionar aumento da severidade da ferrugem; enquanto que plantas com deficiência de nitrogênio desfavorece o ataque de patógenos biotróficos, pois necessitam de plantas bem supridas de nitrogênio para se estabelecerem. O excesso de nitrogênio induz a formação de tecidos jovens e suculentos favorecendo a

severidade de doenças. Dessa forma a busca por uma adubação nitrogenada adequada é fundamental para melhoria da resistência das plantas e redução dos níveis de doença na lavoura.

Apesar da menor severidade, a antracnose foliar (*C. graminicola*) foi observada em todos os híbridos avaliados nas diferentes doses. Na safra 2013/2014, maiores valores de AACPD foram observadas nos híbridos TRAKTOR, seguido por BRS 1040 e BM 2202 na dose de baixo N (Tabela 2).

Na dose de alto N, os híbridos BM 2202 e o BRS 1040 foram os que apresentaram maior AACPD. Na safra 2014/2015, a severidade da doença também foi baixa, no entanto, maiores valores de AACPD podem ser observados na dose de baixo N, com destaque para os híbridos 2B710 e 30F53YH. Na dose de alto N não foi observado diferença significativa entre os híbridos avaliados.

Massa de mil grãos e produtividade - Na safra 2013/2014, o híbrido BM2202 apresentou diferença significativa para a característica massa de mil grãos entre as doses de nitrogênio. Nos demais híbridos, a utilização da maior e menor dose de nitrogênio não resultou em diferenças significativas na massa de mil grãos (Tabela 3). Entre as doses avaliadas, foi possível observar diferenças entre os valores da massa de mil grãos nos híbridos testados. Na dose de baixo N, o híbrido BRS 1040 apresentou massa de mil grãos de 338 g, diferindo - se dos demais híbridos. Na dose de alto N o híbrido BRS 1040 também se destacou, apresentando maior massa de mil grãos, seguido pelo BM 2202.

TABELA 3 - Valores médios de massa de mil grãos (g), safra 2013/2014 e 2014/2015 e produtividade em kg ha⁻¹ de híbridos de milho, sob adubação nitrogenada (180 e 40 kg ha⁻¹), safra 2014/2015, município de Gurupi, Tocantins, 2015.

Doses de N (Kg ha ⁻¹)	Híbridos			
	BRS 1040	ATTACK	TRAKTOR	BM 2202
Massa de mil grãos (g)* 2013/2014				
160	341 A	304 A	290 A	339 A
36	338 A	298 A	284 A	265 B
CV%	a-4,07/b-6,17			
	30F53YH	2B710	AG7088 PROX	3H842
Massa de mil grãos (g)* 2014/2015				
180	309 A	357 A	286 A	300 A
40	302 A	316 B	283 A	283 A
CV %	a-3,04/b-3,14			
	30F53YH	2B710	AG7088 PROX	3H842
Produtividade (kg ha ⁻¹)* 2014/2015				

180 kg ha ⁻¹	7515 A	8127 A	6687 A	7302 A
40 kg ha ⁻¹	6894 A	6990 B	6102 A	6018 B
¹ CV %	a - 6,18/b - 6,04			

¹CV%: a = coeficiente de variação da parcela e b = coeficiente de variação da subparcela. *Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste T, ao nível de 5% de probabilidade.

A massa de mil grãos é considerada um dos componentes de rendimento do milho, sendo esperado que em plantas submetidas a doses adequadas de nitrogênio, essa variável seja maior. No entanto, as doses de nitrogênio utilizadas neste estudo não influenciaram na massa de mil grãos, na maioria dos híbridos estudados, provavelmente porque os híbridos se diferenciam quanto à exigência nutricional e características genéticas (FLOSS, 2004).

Com relação à safra de 2014/2015, foi possível observar que houve diferença nos valores da massa de mil grãos entre as doses de N avaliadas para o híbrido 2B710 (Tabela 3). Nos demais híbridos, as doses aplicadas não influenciaram nessa variável. Houve diferença estatística entre os híbridos, dentro de cada nível de adubação utilizada, sendo, o híbrido 2B710 o que apresentou a maior massa de mil grãos nas duas doses de nitrogênio, 357 g e 316 g respectivamente.

A massa de mil grãos é dependente do funcionamento do aparelho fotossintético das partes superiores da planta, da capacidade de transferência dos fotoassimilados para as cariopses, da duração do período de enchimento de grãos, das condições climáticas ocorridas durante a fase de enchimento de grãos (umidade e temperatura) e da ocorrência de moléstias (especialmente nas folhas e espigas/panículas) e pragas (FLOSS, 2004).

Não houve diferença estatística entre as doses de nitrogênio e a produtividade nos híbridos 30F53YH e AG7088 PROX, avaliados na safra 2014/2015 (Tabela 3). Já para os híbridos 2B710 e 3H842 foi observada diferença estatística entre a dose de alto e baixo N. O nitrogênio é um macronutriente demandado em maior quantidade por plantas, e tem relação direta com a produtividade.

Uma possível explicação para esse resultado é que a área experimental onde foram conduzidos esses ensaios possui fertilidade do solo construída, em razão da condução de outros experimentos com a cultura do melão e melancia, culturas que exigem adubação mais pesada. Devido a esse fator, o solo provavelmente apresenta teores significativos de nitrogênio e outros nutrientes, e essa reserva possivelmente interferiu nos resultados e diminuiu as diferenças em produtividade das subparcelas submetidas com as menores doses quando comparadas a maior dose.

O híbrido 2B710 pode ser considerado tolerante às condições locais do estudo, pois, mesmo apresentando alta AACPD, ocasionada pela mancha de bipolaris, apresentou maior produtividade na dose de alto N, demonstrando que a severidade da doença não é suficiente para minimizar o potencial produtivo deste híbrido em condições de adubação equilibrada. O híbrido 30F53YH demonstrou ser o único suscetível a ferrugem polissora na safra 2014/2015, no entanto, constatou-se que sua produtividade foi semelhante a dos demais, provavelmente porque a severidade elevada da doença foi observada nas fases finais do ciclo da cultura.

Sabe-se que quando a ferrugem polissora incide nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura e as condições climáticas são favoráveis, a redução na produção é significativa. Porém, quando incide na fase final de desenvolvimento, praticamente não afeta a produção (GODOY, 2000). A produtividade dos híbridos avaliados neste trabalho provavelmente pode ter sido afetada também pela ocorrência de forte veranico na fase vegetativa e na floração. Esse fato explica por exemplo a baixa produtividade obtida do híbrido AG7088 PROX, pois mesmo apresentando severidade reduzida de doenças apresentou a menor produtividade, mesmo em condições de adubação nitrogenada elevada.

Respostas bioquímicas - Houve interação entre os híbridos e as doses de N para o teor da enzima CAT (Figura 1a). Maiores teores foram observados na dose de baixo N no híbrido 2B710 e no híbrido AG7088 PROX na dose de alto N, com valores de 1,5 e 1,21 $\mu\text{mol g MF}^{-1}$, respectivamente. Quanto à SOD, não houve interação significativa entre os híbridos e doses utilizadas (Figura 1b).

As plantas em suas funções metabólicas normais produzem radicais livres derivados do processo respiratório e fotossintético (ÉAUX e TOLEDANO, 2007), e também são produzidos quando as plantas são submetidas a estímulos ambientais, mecânicos e outros, ou quando ocorre uma infecção por microrganismos que destroem os tecidos. Assim, as plantas protegem suas células desses efeitos citotóxicos com auxílio de enzimas antioxidantes como a SOD, CAT e outras (SOARES e MACHADO, 2007; SHEN et al., 2010).

Com relação aos teores obtidos do aminoácido prolina, observou-se interação entre os tratamentos. Maior teor da prolina ocorreu no híbrido 2B710 na dose de alto N, e para híbrido AG7088 PROX na dose de baixo N, com valores de 4,07 e 2,92 $\mu\text{mol g MF}^{-1}$ respectivamente (Figura 1c).

Após reconhecimento do patógeno pela planta, ocorre a síntese de compostos anti-oxidantes que buscam diminuir os danos às células vegetais devido à ação das espécies reativas de oxigênio, sendo a prolina um aminoácido que atua como um desses antioxidantes (CHEN e DICKMAN, 2005).

Os teores de prolina observados neste estudo, ao contrário do observado para a SOD e CAT, foram menores nas condições em que os híbridos sofreram maior estresse causado pela doença. Este resultado pode estar relacionado à redução da área foliar causada pela severidade da doença, pois este aminoácido é um importante constituinte básico de proteínas que fazem parte da estrutura da parede celular.

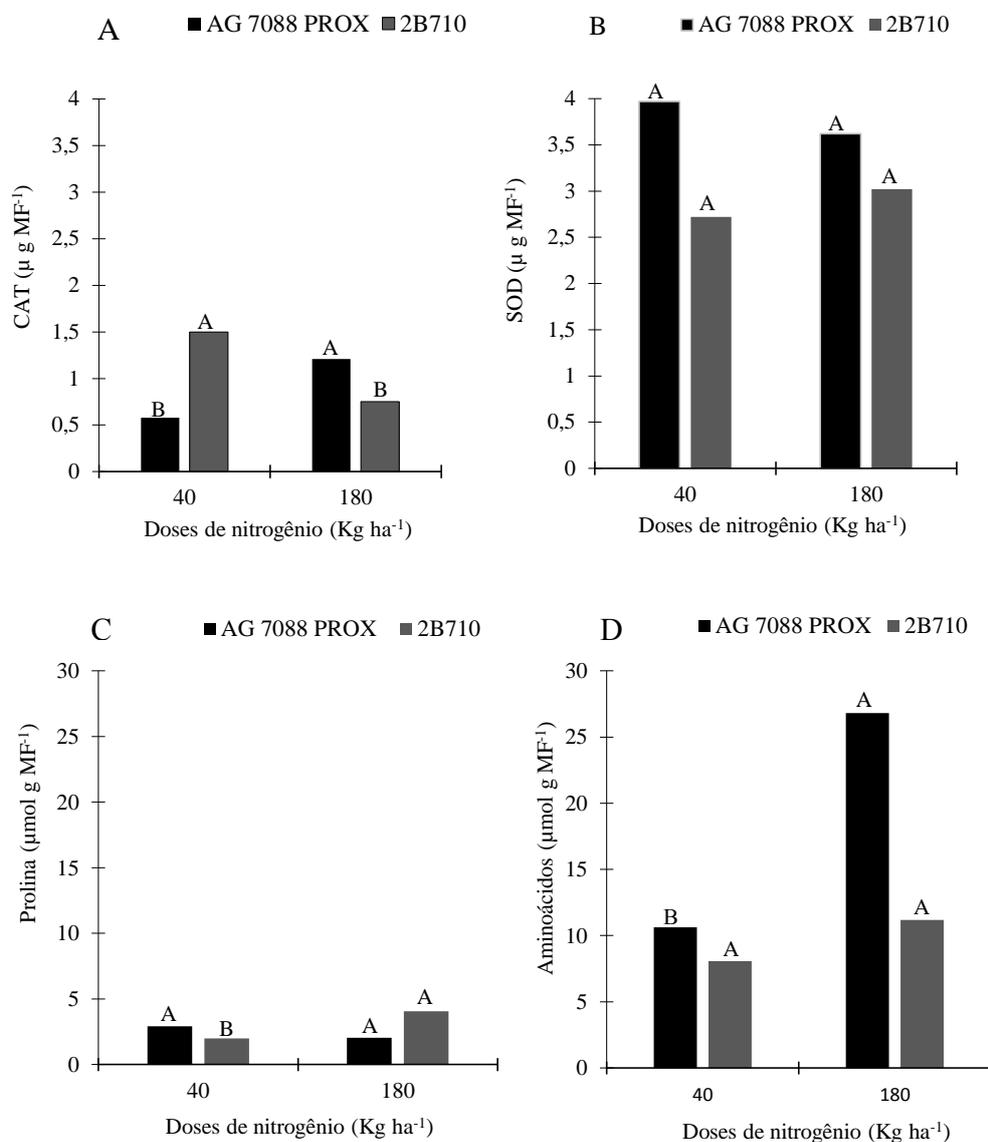


Figura 1. Teores de: A – Enzima Catalase ($\mu\text{ g MF}^{-1}$); B – enzima Superóxido Dismutase ($\mu\text{ g MF}^{-1}$); C – aminoácido prolina ($\mu\text{mol g MF}^{-1}$) e D – aminoácido solúveis totais ($\mu\text{mol g MF}^{-1}$) em híbridos de milho submetidos a doses de nitrogênio. Letras iguais comparando as doses de nitrogênio, não diferem estatisticamente pelo teste T ao nível de 5% de probabilidade.

Nos teores de aminoácidos solúveis totais foram verificados maiores valores na dose de alto N, nos dois híbridos avaliados, sendo $26,8 \mu\text{mol g MF}^{-1}$ presente no híbrido AG 7088 PROX e $11,19 \mu\text{mol g MF}^{-1}$ observado no híbrido 2B710. Na dose de baixo N não houve diferença entre os híbridos avaliados (Figura 1d).

Este resultado é devido, provavelmente, ao maior suprimento de nitrogênio que leva ao aumento da concentração de aminoácidos no apoplasto e na superfície foliar (MALAVOLTA, 2006). A influência da alta severidade da doença sobre esse composto foi maior no híbrido 2B710, com teores baixos quando comparado aos teores obtidos no híbrido AG7088 PROX. Esse resultado pode estar relacionado à deterioração dos tecidos foliares, e consumo desses compostos pelos patógenos. Neste caso, a variação na dose de nitrogênio utilizada influenciou de maneira significativa o híbrido AG7088 PROX, uma vez que na menor dose os teores de aminoácido totais foram bastante inferiores.

Outro benefício que pode-se atribuir aos aminoácidos, consiste na proteção das células de plantas com altas concentrações de amônio, provenientes de altas doses de adubação nitrogenada. Quando a planta possui um metabolismo equilibrado, em que a translocação de solutos está adequada, incluindo os minerais, aminoácidos e macronutrientes como o nitrogênio, a suscetibilidade da planta aos danos provocados pelos mais diversos estresses é amenizado, em vista do aumento da resistência sistêmica das plantas (CAMPOS, 2012).

No híbrido 2B710, a atividade da SOD foi correlacionada de modo positivo com a AACPD da mancha de *bipolaris* na dose de alto N, já na dose de baixo N, verificou-se correlação fraca. Para a atividade da CAT e o teor de prolina, a correlação foi positiva entre as doses e a AACPD (Tabela 4).

TABELA 4. Correlação linear entre os dados de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e compostos bioquímicos: enzimas catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD) em $\mu\text{ g MF}^{-1}$; aminoácido prolina e aminoácido solúveis totais ($\mu\text{mol g MF}^{-1}$) em híbridos de milho submetidos as doses de nitrogênio (40 e 180 Kg ha⁻¹).

Doses de N (kg ha ⁻¹)	AACPD	SOD	CAT	Prolina	Aminoácidos Solúveis
		(μ g MF ⁻¹)		(μmol g MF ⁻¹)	
2B710					
40	2531	0,51	0,93	0,98	0,38
180	2445	0,91	0,74	0,81	1,00
AG7088 PROX					
40	564	-0,72	0,71	0,92	-0,99
180	584	-0,99	-0,82	0,98	-0,99

Houve correlação positiva entre a dose de alto N e a AACPD para o teor de aminoácidos solúveis (Tabela 4). Para o híbrido AG7088 PROX, observa-se que para a maioria dos compostos nas duas doses o grau de relacionamento linear foi negativo em relação à AACPD, como foi o caso da atividade da enzima SOD nas duas doses, CAT na dose de alto N e aminoácidos solúveis nas duas doses de N. A prolina teve um grau de relacionamento positivo para a AACPD nas duas doses avaliadas (Tabela 4).

Embora não tenha ocorrido interação significativa para a SOD entre os tratamentos avaliados, percebe-se uma relação entre a severidade da mancha de bipolaris e os teores elevados da enzima SOD. No híbrido AG7088 PROX, considerado resistente à mancha de bipolares neste estudo, os teores de SOD foram maiores em relação ao híbrido 2B710, suscetível a mesma doença. Maiores teores de SOD já foram relatados em genótipos resistentes quanto à infecção por fungos, e que esta situação pode ser uma estratégia da planta para restringir o desenvolvimento do patógeno pela ação antioxidante desta enzima (EHSANI-MOGHADDAM et al., 2006).

A correlação negativa observada entre a AACPD e os teores de aminoácido no híbrido AG7088 PROX na dose de alto N, pode ter ocorrido em função da menor severidade da doença apresentada, quando comparado a AACPD no híbrido 2B710. As plantas passam constantemente por diversas situações de estresses e conseguem modular resposta de defesa, como o exposto neste estudo, de forma a superar tais estresses e retornar ao metabolismo normal. Saber como as plantas se protegem é essencial para obter cultivares mais resistentes, almejando o aumento e a qualidade da produção (SOARES e MACHADO, 2007).

O estudo de respostas bioquímicas relacionados às defesas das plantas de milho é de extrema importância para maiores avanços da cultura, uma vez que estão diretamente relacionadas ao fator nutrição e estresse causado por patógenos. Os resultados obtidos neste estudo demonstraram a importância da adubação nitrogenada em ambientes favoráveis ao desenvolvimento de doenças; demonstrando que o manejo correto da

adubação nitrogenada, aliado ao uso de materiais resistentes e recomendados para a região, maiores produtividades serão obtidas no cultivo desta gramínea.

CONCLUSÕES

1 - Doses elevadas de nitrogênio promoveram o aumento da severidade da ferrugem polissora e da produtividade nos híbridos testados.

2 - Não foi verificada uma tendência clara na severidade para a doença mancha de *bipolaris* relacionadas as doses de nitrogênio e híbridos avaliados e respostas bioquímicas.

3 - Maior massa de mil grãos, produtividade e teores de aminoácidos totais foi obtida com as maiores doses de nitrogênio.

4 - Maior atividade da enzima Catalase e menor teor de prolina foi observada nas doses de nitrogênio em que os híbridos obtiveram maiores AACPD da doença mancha de *bipolaris*.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio financeiro, à Universidade Federal do Tocantins e à EMBRAPA Milho e Sorgo pelo apoio estrutural e técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES - **Guia de Sanidade Agroceres**. São Paulo. v. 2 p. 34-36, 1996.

BATES, L.; WALDREN, R.P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**. v. 39, p. 205-207, 1973.

CALIGIORNE, R. B.; RESENDE, M. A.; OLIVEIRA, R. C. B.W. W.; VALÉRIO, H. M.; CORDEIRO, R. A.; AZEVEDO, V. Fungos dematiáceos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. n. 1, p. 22-25, 2010.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York, NY: Wiley. p. 532, 1990.

CAMPOS, R. S. Aminoácidos protegem a planta do estresse. **Revista Campo e Negócios**. v. 18, p. 1-3, 2012.

CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E.V.; DOTTO, M. A.; LEÃO, F. F. Eficiência no uso de nitrogênio e correlação fenotípica em populações tropicais de milho no Tocantins. **Revista Ciência Agronômica** [online]. v. 42, n. 1, p. 139 -148, 2011.

CARVALHO D. O.; POZZA, E. A.; CASELA, C. R.; COSTA, R.V.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, C. O. Adubação nitrogenada e potássica na severidade da antracnose em dois cultivares de milho. **Revista Ceres**. v. 60, n. 3, p. 380-387, 2013.

CARVALHO, E.V.; AFFÉRI, F.S.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, W.F.; BICUDO, S.J. Adaptability in fresh weight and grain production in maize genotypes in Tocantins, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**. v. 45, n. 4, p. 856-862, 2014.

CHEN, C.; DICKMAN, M. B. Proline suppresses apoptosis in the fungal pathogen *Colletotrichum trifolii*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 102, p. 3459-3464, 2005.

EAUX, B.; TOLEDANO, M. B. Ros as signalling molecules: mechanisms that generate specificity in ROS homeostasis. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**. v.8, p. 813-824, 2007.

EHSANI-MOGHADDAM, B.; CHARLES, M. T.; CARISSE, O.; KHANIZADEH, S. Superoxide dismutase responses of strawberry cultivars to infection by *Mycosphaerella fragariae*. **Journal of Plant Physiology**. v. 163, p. 147-153, 2006.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; CASAROLI, D.; SIMON, J.; DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q.; SANTOS, O.; MÜLLER, L. Physiology of biologic fixation nitrogen in soybean. **Revista da FZVA**. v. 14, p. 89-106, 2007.

FLOSS, E. M. **Fisiologia das Plantas Cultivadas: O Estudo que está por trás do que se vê**. 2. ed. Passo Fundo: Universitária. p. 536, 2004.

GIANOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in Higher Plants. **Plant Physiology**. v.59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GODOY, C.V. O clima que traz ferrugem. **Revista Cultivar Grandes Culturas**. p.20, 2000.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and Developmental Characterization of Multiple Forms of Catalase in Tobacco-Leaves. **Plant Physiology**. v. 84, p. 450-455, 1987.

KÖPPEN, W. **Climatología con un studio de los climas de la tierra**. México: FCE, 1948.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; TORRES, H. N.; POZZA, A. A. A.; SALGADO, M.; PFENNING, L. H. Relação nitrogênio/potássio com mancha de Phoma e nutrição de mudas de cafeeiro em solução nutritiva. **Tropical Plant Pathology**. v. 35, p. 223-228, 2010.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, **Agronômica Ceres**. p. 638, 2006.

MENDES, M. C.; ROSSI, E. S.; FARIA, M. V.; ALBUQUERQUE, C. J.B, ROSÁRIO J. G. Efectos de fertilizantes nitrogenados y densidad de siembra del maíz en el Centro-Sur de Paraná. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**. v. 4, n. 2, p. 176 -192, 2011.

SANTOS, G. R.; GAMA, F. R.; GONÇALVES, C. G.; RODRIGUE, A.; LEÃO, E.U.; CARDON, C. H.; BONIFACIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de híbridos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**. v. 60, v. 4, p. 505-513, 2013.

SANTOS, W. F.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; 2015. Eficiência ao uso do nitrogênio e biodiversidade em híbridos de milho para teor de óleo. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**. v. 11, n. 21, p. 216 – 225, 2015.

SHEN, X.; ZHOU, Y.; DUAN, L.; LI, Z.; ENEJI, A. E.; LI, J. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. **Journal Plant Physiology**. v. 167, n. 15, p. 1248-1252, 2010.

SILVA, F. A. S. **Sistema de Assistência Estatística-ASSISTAT versão 7.7beta**. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil. 2015. Acesso em 02 de agosto de 2015.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. v.1, n. 1, p. 1- 9, 2007.

TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A.R. Doses de nitrogênio e fontes de cu e mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 5, n. 2, p. 192-201, 2006.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of aminoacid with ninhydrin. **Analyst**. v. 80, p. 209-213, 1955.

3. CONTROLE DE DOENÇAS E PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FOSFITO E FUNGICIDA

RESUMO – O uso de fungicidas no milho (*Zea mays*) aumenta os custos de produção e ocasionam a resistência dos patógenos e danos ao meio ambiente. A utilização de fosfitos pode melhorar o equilíbrio nutricional das plantas e contribuir no controle das doenças por meio de indução de resistência, sendo uma boa opção de controle alternativo. O objetivo deste trabalho foi verificar o controle de doenças e produtividade do milho em função da aplicação de fosfito e fungicida. Dois experimentos foram conduzidos durante os anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016, sob área de cerrado, no município de Gurupi, Tocantins. Avaliou-se o efeito da aplicação de fungicida e fosfito no controle das doenças foliares e produtividade de híbridos de milho. O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos, no esquema fatorial de 4 (aplicação isolada de fungicida, fosfito, mistura do fungicida mais o fosfito e testemunha representada por plantas pulverizadas com água), x 2 (híbridos de milho, AG7088 PROX e o 30F53YH), com três repetições. As aplicações dos tratamentos ocorreram nos estádios V8 (oito folhas) e reprodutivo (pré-pendoamento). Avaliou-se a severidade por meio do cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso de Doença (AACPD) para as doenças encontradas, massa de mil grãos e a produtividade. As doenças observadas foram: mancha de bipolaris, ferrugem polissora, antracnose foliar e mancha de curvularia. O híbrido AG7088 PROX apresentou baixa severidade das doenças avaliadas. De um modo geral, o uso do fungicida em mistura com o fosfito promoveu bom controle da mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) e mancha de curvularia (*Curvularia sp.*). No genótipo 30F53YH verificou-se maior severidade da ferrugem polissora, sendo o controle da doença mais efetivo com a aplicação do fungicida isolado e em mistura ao fosfito. A aplicação isolada do fosfito pouco contribuiu para a redução da AACPD quando comparado com o fungicida, porém as maiores produtividades foram obtidas com o uso do fosfito, isolado ou em mistura com o fungicida.

Palavras chave: *Zea mays*, controle alternativo, *Bipolaris maydis*, *Puccinia polysora*, *Colletotrichum graminicola*, *Curvularia sp.*

DISEASE CONTROL AND CORN PRODUCTIVITY DEPENDING ON THE PHOSPHITE AND FUNGICIDE APPLICATION

ABSTRACT – The use of fungicides in corn (*Zea mays*) increases production costs and cause the resistance of the pathogens and environmental damage. The use of phosphites can improve the nutritional balance of plants and contribute to the control of diseases by induction of resistance, is a good choice of alternative control. The aim of this study was to assess disease control and corn yields by applying phosphite and fungicide. Two experiments were conducted during the years 2014/2015 and 2015/2016, under Cerrado area in the municipality of Gurupi, Tocantins. We evaluated the effect of fungicide application and phosphite in controlling foliar diseases and yield of corn hybrids. The experiment was conducted in a randomized block design, with eight treatments in a factorial of 4 (isolated application of fungicide phosphite fungicide mixture more phosphite and represented witness for plants sprayed with water), x 2 (corn stover, AG7088 PROX and 30F53YH) with three replications. The applications of the treatments occurred in the V8 stages (eight leaves) and reproductive (pre-bolting). We evaluated the severity by calculating the area under disease progress curve (AUDPC) found for diseases, thousand grain weight and productivity. The observed diseases were bipolaris leaf spot, southern rust, anthracnose leaf blight and *Curvularia* leaf spot. The hybrid AG7088 PROX showed low severity of disease evaluated. In general, the use of the fungicide in admixture with phosphite promoted good control of bipolaris leaf spot (*Bipolaris maydis*), southern rust (*Puccinia polysora*) and leaf spot *Curvularia* (*Curvularia* sp). In 30F53YH genotype there was a higher severity of southern rust, and control of the disease more effective the application of fungicide isolated and mixing the phosphite. The isolated application of phosphite contributed little to reduce AUDPC compared to the fungicide but the highest productivity was obtained with the use of phosphite alone or in combination with the fungicide.

Keywords: *Zea mays*, alternative control, *Bipolaris maydis*, *Puccinia polysora*, *Colletotrichum graminicola*, *Curvularia* sp.

INTRODUÇÃO

O crescimento em área cultivada e produtividade do milho observados nas regiões produtoras do estado do Tocantins, pode favorecer o aumento da severidade de doenças foliares nesta cultura e contribuir para que doenças consideradas pouco importantes passem a ser motivos de preocupações para os produtores, uma vez que as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento das doenças em lavouras com cultivares suscetíveis ou mal manejadas.

As doenças foliares estão entre os principais fatores de perdas em produtividade e qualidade dos grãos em todas as regiões produtoras de milho. Entre elas podemos destacar a mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) e antracnose (*Colletotrichum graminicola*), as quais estão entre as de maior ocorrência no Tocantins, como observadas por Santos et al. (2013) e Chagas et al. (2015).

Estas doenças são favorecidas por temperatura e umidade alta, plantio em mais de uma época, adoção do plantio direto e cultivares suscetíveis. Estas práticas contribuem para a sobrevivência de hifas e conídios nos restos culturais, o que corresponde a novas fontes de contaminação em plantios subsequentes (PARREIRA et al., 2014).

O controle das doenças foliares é feito cada vez mais mediante o uso de pesticidas (FONTANA, 2012) que são aplicados durante o ciclo da cultura, devido a respostas mais efetivas na redução da severidade das doenças e por proporcionarem maiores aumentos na produtividade. No entanto, outras medidas de controle alternativos, como por exemplo, o uso de fosfitos foliares, também pode ser um aliado na redução das doenças, além de melhorar os aspectos nutricionais da cultura, sobretudo nos estádios de maior aumento da atividade metabólica, onde a aplicação do produto representa um suplemento a mais de nutrientes e de rápida absorção do fósforo e potássio (NOJOSA et al., 2009).

Os fosfitos são capazes de ativar de forma direta ou indireta o mecanismo de defesa natural das plantas pela produção de fitoalexinas, as quais conferem resistência contra os fitopatógenos (NOVAKOWISKI et al., 2010). Conforme Daniel e Guest (2005), essa ativação pode ocorrer devido à alta mobilidade dos fosfitos, que são rapidamente absorvidos e apresentam ação sistêmica e atuam reduzindo o crescimento micelial, a formação de esporângios e a liberação de zoósporos dos fitopatógenos.

Estudos relacionados ao efeito dos fosfitos na redução de doenças e aumento de produtividade na cultura do milho em condições de cerrado ainda são escassos, dessa

forma, produtos que ativem os mecanismos de defesa das plantas de milho, ou que ajudem no aumento da eficiência do fungicida devem ser testados, uma vez que os mesmos podem somar no controle mais eficiente e econômico das doenças fúngicas foliares.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o controle de doenças fúngicas foliares e a produtividade do milho em função da aplicação isolada de fosfito ou em mistura com fungicidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, data e manejo do experimento - Os experimentos foram conduzidos em campo de Cerrado, sendo o primeiro em 2014/2015 e o segundo em 2015/2016, em Gurupi (TO), na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), localizada a 11° 43' S e 49° 04' N a 280 m de altitude. O clima é do tipo B1wA' úmido com moderada deficiência hídrica segundo classificação climática de Köppen (1948). A semeadura foi realizada manualmente em solo preparado convencionalmente, colocando-se seis sementes por metro linear, onde posteriormente foi realizado um desbaste, de modo a proporcionar uma população de aproximadamente 60 mil plantas em ambos experimentos.

A adubação de base consistiu na aplicação de 450 kg ha⁻¹ da formulação 05-25-15 no sulco de plantio e em cobertura foi aplicado a dose de 150 kg ha⁻¹ de ureia na fase entre V4 (quatro folhas expandidas) e V6 (seis folhas expandidas) em sulco aberto ao lado das linhas de plantio. Para o controle das plantas invasoras foi aplicado em pós emergência uma mistura dos herbicidas atrazina + nicosulfuron na dose de 5 + 1,5 l ha⁻¹ respectivamente e também com capina manual. O controle de pragas foi realizado através da aplicação do inseticida metomil na dose de 0,6 l ha⁻¹. A colheita foi realizada manualmente, na área útil das parcelas. Para a obtenção dos dados de produtividade e massa de mil grãos expressos em kg ha⁻¹ efetuou-se a debulha das espigas em trilhadora.

Os experimentos foram conduzidos na estação chuvosa, porém houve a utilização de irrigação suplementar na ausência de chuvas por mais de sete dias, para evitar a morte das plantas. No entanto, após a irrigação, os experimentos seguiam novamente sem irrigação e só era retomada caso não houvesse chuva no período, o que aconteceu nos veranicos.

As variáveis climáticas: precipitação média (mm dia⁻¹), temperaturas média, máximas e mínimas (°C) e umidade relativa média (%), foram monitoradas e registradas,

durante todo o período de condução dos experimentos, na estação meteorológica da Universidade Federal do Tocantins.

Delineamento experimental e tratamentos - O delineamento utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições, sendo dois híbridos e quatro tratamentos foliares. Cada unidade experimental constituiu-se de quatro linhas, com espaçamento de 0,7 m e comprimento de cinco metros, tendo como área útil para as avaliações as duas linhas centrais.

Os híbridos utilizados foram o 30F53YH (híbrido simples da empresa Pioneer) e o AG7088 PROX MAX (híbrido simples da empresa Agrocere). Os tratamentos utilizados para o controle das doenças foram: tratamento 1 (Fosfito), tratamento 2 (Fungicida), tratamento 3 (Fungicida + Fosfito) e tratamento 4 (Água – testemunha).

As aplicações dos tratamentos ocorreram nos estádios de oito folhas e no pré – pendoamento e ocorreram com auxílio de um pulverizador costal de pressão constante a base de CO₂ com pontas do tipo leque espaçados de 0,5 cm em barra com largura de 3 metros. O fungicida utilizado foi o PRIORI XTRA (grupo químico: Azoxistrobina-Estrobilurina; Ciproconazol–Triazol) e o fosfito foi o UBYPHÓS+K, cuja composição é de Fósforo (P₂O₅) 30% + Potássio (K₂O) 20%. As doses dos produtos fungicida e fosfito foram as recomendadas para a cultura do milho, sendo de 300 ml ha⁻¹ e 1 L ha⁻¹ respectivamente.

Avaliações das doenças - A avaliação da severidade das doenças iniciou-se quando observou-se os primeiros sintomas das doenças, que ocorreu aos 60 dias no primeiro ano e aos 58 dias no segundo ano, após o plantio, e foram repetidas a cada sete dias, até o início da formação de grãos pastosos. Para isto, utilizou-se uma escala de notas visual variando de 1 a 9, em que 1 = 0% de doença; 2 = 0,5% área foliar lesionada; 3 = 10 %; 4 = 30 %; 5 = 50 %; 6 = 70 %; 7 = 80 %; 8 = 90 % e 9 = 100 % de área foliar lesionada, considerando a severidade média das doenças nas parcelas (AGROCERES, 1996).

Nas notas de 1 a 4, os híbridos foram classificados como de alta a mediana resistência. Nas notas 5 a 6, foram classificados como de mediana suscetibilidade e com notas de 7 a 9, foram classificados como de suscetíveis à altamente suscetíveis. As notas de severidade foram utilizadas para calcular a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), conforme Campbell e Madden (1990). Também foram obtidas a massa de 1000 grãos e a produtividade, expressas em Kg ha⁻¹.

Os dados médios obtidos de AACPD, massa de mil grãos e produtividade foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada na safra 2014/2015 uma variação na precipitação total ao longo dos meses de dezembro a abril, com precipitação total de 595 mm, temperaturas média de 26 °C, máxima de 32°C e mínima 22°C; umidade relativa: média de ±83%, máxima de 95 % e mínima de 61%. Em locais onde predomina essa condição climática normalmente é bastante favorável o surgimento das doenças fúngicas foliares, em especial as que necessitam de alta umidade relativa e temperaturas altas.

Doenças foliares - Na safra 2015/2016, foi obtido uma precipitação total de 577 mm, acumuladas a partir do plantio até o último dia do mês de abril, sendo que deste total, 302 mm ocorreram no mês em janeiro, onde houve intensa precipitação. No período de avaliação das doenças foi verificada uma média de precipitação de 4,5 mm, temperatura máxima de 34°C, mínima de 23 e média de 28° e umidade relativa média de 75%.

No ano agrícola 2014/2015, o híbrido AG7088 PROX teve menor AACPD para a doença mancha de bipolaris onde utilizou-se mistura do fosfito com o fungicida, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 1). Não houve diferença estatística entre os tratamentos isolados de fungicida e fosfito e ambos não diferiram da testemunha.

TABELA 1. Área abaixo da curva de progresso de doenças foliares (AACPD) de híbridos de milho, submetidos ao tratamento com fungicida e Fosfito de Potássio, safra 2014/2015 e 2015/2016, Gurupi – Tocantins.

Safra 2014/2015						
Tratamento	Mancha de Bipolaris		Ferrugem Polissora		Mancha de Curvularia	
	AG 7088	30F53YH	AG 7088	30F53YH	AG 7088	30F53YH
Fosfito + Fungicida	64 b	89 a	53 a	51 c	64 a	84 a
Fungicida	76 a	65 b	53 a	58 c	70 a	72 b
Fosfito	84 a	66 b	42 a	74 b	74 a	84 a
Água (Testemunha)	85 a	70 b	42 a	133 a	65 a	70 b
CV%	5,34		8,27		6,08	
Safra 2015/2016						
Tratamento	Mancha de Bipolaris		Ferrugem Polissora		Mancha de Curvularia	
	AG 7088	30F53YH	AG 7088	30F53YH	AG 7088	30F53YH

Fosfito + Fungicida	69 a	42 b	42 a	42 a	98 b	104 a
Fungicida	42 b	42 b	45 a	42 a	142 a	63 c
Fosfito	44 b	106 a	42 a	42 a	95 b	116 a
Água (Testemunha)	82 a	95 a	45 a	45 a	108 b	90 b
CV%	14		6,23		8,23	

Letras iguais na coluna não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na safra 2015/2016 também foi verificada diferença estatística entre os tratamentos para este híbrido. A aplicação isolada do fungicida e do fosfito proporcionou melhor controle da mancha de bipolaris em comparação a mistura dos produtos e a testemunha, que apresentaram as maiores AACPD. De acordo com Belusso et al. (2012), o híbrido AG7088 PROX apresenta uma boa resistência às doenças foliares. No presente trabalho, nas duas safras avaliadas, este resultado também foi constatado (Tabela 2).

TABELA 2. Severidade média (%) de doenças foliares em plantas de milho submetidas as aplicações com Fungicida e Fosfito de Potássio em duas épocas, nas safras 2014/2015 e 2015/2016.

Tabela formatada

1 - AG7088 PROX	Mancha de Bipolaris		Ferrugem polissora		Mancha de Curvularia	
	FLO ¹	GM ¹	FLO	GM	FLO	GM
Fungicida	0,33	2,0	0	13,5	0,16	2
Fosfito	0,25	0,41	0	0,16	0,16	2
Fung + Fosf	0,16	2	0	16,6	0,16	0,41
Água	0,25	0,41	0	0	0,16	0,41
2 - 30F53YH	FLO	GM	FLO	GM	FLO	GM
Fungicida	0,08	0,41	0	3,5	0,08	0,41
Fosfito	0,16	2,1	0	8,41	0	1,91
Fung + Fosf	0,08	1,91	0	13,5	0,08	2,08
Água	0	3,66	0	26,6	0	3,66
1 - AG7088 PROX	Mancha de Bipolaris		Ferrugem polissora		Mancha de Curvularia	
	FLO	GM	FLO	GM	FLO	GM
Fungicida	0	0	0	0	0	46
Fosfito	0	0,40	0	1,5	0	10,33
Fung + Fosf	0	0,57	0	0	0	17,5
Água	0	0,45	0	0,45	0	30,7
2 - 30F53YH	FLO	GM	FLO	GM	FLO	GM
Fungicida	0	0,37	0	0	0	0,52
Fosfito	0	17,5	0	0	0	10,33
Fung + Fosf	0	0,32	0	0	0	17,5
Água	0	9,33	0	0,37	0	40

¹FLO (florescimento) e ¹GM (grãos maduros). Escala de notas: 1 = 0% de doença; 2 = 0,5% área foliar lesionada; 3 = 10 %; 4 = 30 %; 5 = 50 %; 6 = 70 %; 7 = 80 %; 8 = 90 % e 9 = 100 % de área foliar lesionada (Agrocere, 2006).

No híbrido 30F53YH a maior AACPD da mancha de bipolaris ocorreu na mistura do fungicida com o fosfito na primeira safra (2014/15). Na segunda safra (2015/16), houve aumento da AACPD na testemunha e com aplicação do fosfito isolado, os quais se diferiram estatisticamente dos tratamentos, onde o tratamento fungicida estava presente e houve maior controle da mancha de bipolaris.

Nas duas safras, o híbrido AG7088 PROX apresentou baixa área foliar afetada pelas doenças avaliadas como pode ser verificada na Tabela 2, onde a severidade nas folhas foi abaixo de 10 % ao final das avaliações. Observou-se que no híbrido 30F53YH a severidade da mancha de bipolaris também foi baixa na testemunha.

No híbrido AG7088 PROX não foi verificado diferença estatística entre os tratamentos para a AACPD da ferrugem polissora nas safras avaliadas. Foi observado baixa severidade da doença neste híbrido, fato que pode estar relacionado à resistência do híbrido, além das condições climáticas já citadas anteriormente.

A ferrugem desenvolve-se melhor em temperaturas em torno de 23 a 28°C, alta umidade relativa e água disponível na superfície foliar (CASELA e FERREIRA, 2002). Condições não verificadas na safra 2015/2016, onde, no geral, foram registradas temperaturas elevadas e baixa precipitação, principalmente entre os períodos do florescimento até a maturação dos grãos.

No híbrido 30F53YH, na safra 2014/15, a mistura fosfito + fungicida e fungicida aplicado de forma isolada proporcionaram menor AACPD (Tabela 1). Desta forma, o uso do fungicida em mistura com o fosfito, foi o mais eficaz no controle da ferrugem polissora, uma vez que a aplicação do fosfito de forma isolada, não manteve a mesma média de AACPD que a observada quando foi utilizado somente o fungicida. Na safra seguinte (2015/16) não foi verificado diferença estatística entre os tratamentos, devido à baixa incidência de ferrugem em todo período de avaliação das doenças.

Normalmente, maiores níveis de severidade das doenças ocorrem quando o milho chega ao florescimento, dessa forma, para se ter menor incidência de doenças nos plantios, o controle deve ser feito preferencialmente de forma preventiva. A época de aplicação dos tratamentos na fase vegetativa (oito folhas) e no pré-pendoamento, provavelmente induziu a resistência a doença ferrugem polissora, principalmente no híbrido suscetível 30F53YH.

Neves e Blum (2014) estudando a influência de fungicidas e fosfito de potássio no controle da ferrugem asiática e na produtividade da soja verificaram que todos os tratamentos reduziram a severidade da doença, porém os fungicidas foram mais eficientes.

Na primeira safra (2014/15) não houve diferença estatística para o híbrido AG7088, provavelmente devido à baixa severidade presente (Tabela 2). Na safra posterior (2015/16), houve aumento nos valores de AACPD em todos os tratamentos em relação ao ensaio anterior. A maior AACPD foi observado com a aplicação do fungicida isolado neste híbrido (Tabela 1).

O aumento da mancha de curvularia em plantas onde se esperava haver efeito de controle é um fato notável (Tabela 2), já que os tratamentos com o fungicida e fosfito isolados ou mesmo em mistura não foram determinantes para reduzir os níveis de severidade da doença quando comparados à testemunha no híbrido AG7088 PROX.

Mourão (2015) avaliou em testes *in vitro* o crescimento micelial de *Curvularia* sp, sob o efeito do fungicida sistêmico tiofanato-metilico, e observou que mesmo utilizando o dobro da dosagem recomendada, o mesmo não apresentou inibição do crescimento das colônias quando comparados à testemunha. Esta espécie de *Curvularia* sp foi isolada de lesões em folhas de plantas de milho em campo experimental. Demonstrou-se dessa forma, que o fungo *Curvularia* sp apresentou resistência a molécula do fungicida nessas condições. O mesmo pode ter ocorrido em campo, onde o fungicida utilizado nestes ensaios não demonstrou controle eficiente quando aplicado no híbrido AG 7088 PROX considerado mais suscetível.

No híbrido 30F53YH, o tratamento Fosfito + Fungicida e Fosfito diferiram estatisticamente dos demais, apresentando maior AACPD (Tabela 1). Na segunda safra, o fungicida apresentou uma maior eficiência no controle da mancha de curvularia. A maior resposta de controle com o uso do fungicida pode ser devido ao aumento da incidência da mancha de curvularia nesta safra, o que permitiu verificar com mais clareza os efeitos dos tratamentos.

Vaz de Melo et al. (2010) avaliaram a severidade da mancha de curvularia em 23 híbridos de milho e relataram que naquela época, apesar dos danos serem baixos quando comparados aos provocados por outras doenças, já se podia verificar o aumento desta doença na região Sul do Tocantins. Vale destacar que de acordo com a literatura consultada pode-se afirmar que faltam mais estudos com relação à mancha de curvularia nas condições do Brasil.

Segundo Sobrinho e Cardoso (1997), as maiores temperaturas e molhamento foliar foram os fatores que auxiliaram maiores níveis de severidades da mancha de curvularia no milho em Parnaíba no estado do Piauí, fato também observado neste último experimento, já que ocorreu alta temperatura durante quase todo o período de avaliação.

As doenças verificadas neste estudo corroboram com as encontradas em pesquisa realizada por Chagas et al. (2015) em municípios do estado do Tocantins. Embora a ferrugem polissora e a antracnose tenham sido verificadas com menores severidades nestes experimentos, estes autores destacam a importância destas doenças em genótipos mais suscetíveis em condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento.

Produtividade – Houve diferença estatística entre os tratamentos testados nos híbridos AG7088 PRO MAX e 30F53YH no ano 2014/2015, o que não foi detectado no ano de 2015/2016. Porém, a produtividade dos híbridos nesta safra (2015/2016), foi inferior ao ensaio anterior (Tabela 3).

De modo geral, aplicações em plantas com o fosfito em mistura com o fungicida e ou submetidas ao fosfito isolado proporcionaram as maiores produtividades. As menores produtividades foram obtidas na testemunha, que não diferiu estatisticamente do tratamento fungicida nas duas safras. Resposta semelhante também foi observada para o híbrido 30F53YH (Tabela 3).

TABELA 3. Produtividade e massa de mil grãos em Kg ha^{-1} , de híbridos de milho submetidos às aplicações com Fungicida e Fosfito de Potássio para o controle de doenças fúngicas foliares, safra 2014/2015 e 2015/2016, Gurupi – Tocantins.

Safra 2014/2015				
Tratamentos	Produtividade (Kg ha^{-1})		Massa de mil grãos (Kg ha^{-1})	
	AG7088 PRO MAX	30F53YH	AG7088 PRO	30F53YH
Fosfito	7302 a	9577 a	0,261 b	0,284 a
Fungicida	6755 ab	7494 ab	0,317 a	0,308 a
Fosfito + Fungicida	7813 a	8310 a	0,276 b	0,280 a
Testemunha (água)	4443 b	5557 b	0,266 b	0,283 a
CV%	15,71		5,02	
Safra 2015/2016				
Tratamentos	Produtividade (Kg ha^{-1})		Massa de mil grãos (Kg ha^{-1})	
	AG7088 PRO MAX	30F53YH	AG7088 PRO	30F53YH
Fosfito	4725 a	5088 a	0,308 a	0,247 a
Fungicida	4710 a	4833 a	0,258 a	0,260 a
Fosfito + Fungicida	4734 a	4501 a	0,285 a	0,270 a
Testemunha (água)	4051 a	4329 a	0,251 a	0,255 a

CV%	7,56	12,72
-----	------	-------

Letras iguais na coluna difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sabe-se que as plantas respondem de maneira diferente a presença de ameaças a seus tecidos e que as respostas expressas por elas se relacionam de maneira direta ao seu estado nutricional. Segundo Carmona e Sautua (2011), o fosfito pode contribuir para que a planta tenha uma maior quantidade de nutrientes importantes, como o P, K e micronutrientes e de uma forma mais prontamente absorvível, atuando de forma benéfica nas plantas. Porém, estes autores relatam, que o efeito do fosfito na fertilização de plantas ainda é bastante contraditório, pois vários autores defendem que o fosfito é uma fonte pobre de P disponível, principalmente em plantios onde a adubação fosfatada está inadequada.

As respostas variam de cultura para cultura e que não devem ser relacionadas somente ao fósforo. Considerando que o milho é uma planta de crescimento rápido e necessita de nutrientes em maior quantidade e rapidez, a utilização do fosfito deve ser melhor estudada para verificar essa interação.

Geralmente a produtividade do milho é relacionada indiretamente aos níveis de suscetibilidade do genótipo a determinadas doenças, o que de fato pode ser verdadeiro quando uma planta é atacada precocemente com alta severidade. Nesse caso, a aplicação do fungicida tem maior efeito no controle de doenças nessas plantas, contribuindo para aumentar a produtividade (CUNHA et al., 2010). Em cultivares resistentes, a aplicação de fungicidas não resulta em maiores produtividades (COSTA et al., 2012), como foi observado no presente trabalho com o híbrido AG 7088 PROX.

Como comentado anteriormente, a severidade das doenças foliares nas duas safras foi considerada baixa (Tabela 2), devido provavelmente à resistência genética dos híbridos e irregularidade das chuvas, o que também afetou a produtividade dos híbridos na segunda safra.

Com relação a massa de mil grãos, para o híbrido AG7088 houve diferença estatística entre o tratamento fungicida e os demais, que apresentou maior massa de mil grãos. Para o híbrido 30F53YH não houve diferença entre os tratamentos testados para essa variável (Tabela 3). Na safra posterior não houve diferença estatísticas entre os tratamentos.

De modo geral, os resultados obtidos de severidade nas plantas que receberam somente a aplicação do fosfito (Tabela 2), foram menores em relação à testemunha. Estes

resultados sugerem ter havido benefício da utilização do fosfito na redução de doenças na cultura do milho, quando aplicado preferencialmente de forma preventiva, podendo tornar-se um aliado na redução das doenças e melhorar os aspectos nutricionais da cultura.

Outros trabalhos também testaram as vantagens do uso do fosfito. Meneghetti (2009), relata muitas vantagens do fosfito na soja, como: a alta mobilidade e a rápida absorção dos nutrientes, fácil aplicação por meio de equipamentos agrícolas, elevada sistemicidade, baixa toxicidade inerente, melhoria do estado nutricional das plantas e elevada eficiência contra diversas doenças e tudo isso aliado ao baixo custo. De acordo Nojosa et al. (2009), esses efeitos positivos são maiores sobretudo nos estádios de maior aumento da atividade metabólica das plantas, onde a aplicação do produto representa um suplemento a mais de nutrientes e de rápida absorção do fósforo e potássio, influenciando os aumentos em produtividade em lavouras bem conduzidas.

Conforme Costa et al. (2012), diante da enorme diversidade de doenças no milho, o uso do fungicida deve ser empregado em lavouras onde há condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças (clima, manejo e sistema de produção), predominância de histórico de doenças na área, utilização de cultivares suscetíveis e maior custo benefício da aplicação. Em casos onde o plantio ocorre nestas condições, a mistura do fosfito ao fungicida pode ser uma alternativa viável na prevenção ou redução no progresso das doenças e aumento da produtividade do milho, devido aos fatores observados anteriormente neste estudo.

CONCLUSÕES

1 – A mistura do fungicida com o fosfito proporcionaram redução na severidade das doenças avaliadas.

2 -. O uso do fosfito proporcionou aumento da produtividade dos híbridos avaliados.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio financeiro, à Universidade Federal do Tocantins e à EMBRAPA Milho e Sorgo pelo apoio estrutural e técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES - **Guia de Sanidade Agroceres**. São Paulo, v. 2, p. 34-36, 1996.

BELUSSO, L.; BOTELHO, F. B. S.; ARANTES, S. A. C. M.; DIEL, D.; BONETTI, J. A.; BOTIN, A. A.; ARANTES, K. R. Comportamento de híbridos de milho frente às variações de nitrogênio no solo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**. v. 10, n. 1, p. 33 - 41, 2012.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York, NY: Wiley. p. 532, 1990.

CARMONA, M.; SAUTUA, F. Os fosfitos no manejo de doenças em culturas extensivas. **Revista Plantio Direto**. Passo fundo, p. 19-22, 2011.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. Variability in isolates of Puccinia polysora in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**. v. 27, p. 414-416, 2002.

CHAGAS, J. F. R.; SANTOS, G. R.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; SIMON, J.; MOURÃO, D. S. C. **Principais doenças foliares da cultura do milho no estado do Tocantins**. Circular técnica (213). Sete Lagoas, Minas Gerais, 2015.

COSTA, R.V.; COTA, L.V.; SILVA, D.D.; MEIRELLES, W. F.; Lanza, F.E. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de estrobilurinas em milho. **Tropical Plant Pathology**. v. 37, n. 4, p. 246-254, 2012.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, L. L.; BOLLER, W.; RODRIGUES, J. F. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Ciência Agrônômica**. v. 41, p. 366-372, 2010.

DANIEL, R.; GUEST, D. Defense responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora* – challenged *Arabidopsis thaliana*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. v. 67, n.3-5, p. 194-201, 2005.

FONTANA, A. L. **Produtividade de híbridos de milho com diferentes fungicidas**. 46f (Monografia). Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu – PR. 2012.

KÖPPEN, W. **Climatología con un studio de los climas de la tierra**. México: FCE, 1948.

MENEGHETTI, R. C. **Avaliação do fosfito de potássio sobre o progresso da *Phakospora pachyrhizi* em soja**. 67f (Tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2009.

MOURÃO, D. S. C. **Caracterização morfológica e molecular de *Curvularia lunata* e o efeito do óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) no controle da mancha de curvularia do milho**. 103f (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, TO. 2015.

NEVES, J. S.; BLUM, L. E. B. Influência de fungicidas e fosfito de potássio no controle da ferrugem asiática e na produtividade da soja. **Revista Caatinga**. v. 27, n. 1, p. 75 – 82, 2014.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; NOVAKOWISKI, J. H.; PIVATTO, R. Â. D.; FALBO, M. K.; FANCELLI, A. L. **Efeito da Aplicação de Fungicida e Fosfito de Potássio Sobre a Massa Seca de Milho Para a Produção de Silagem de Planta Inteira.** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo CD-Rom. 2010.

NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; BARGUIL, B. M.; MORAES, S. R. G.; BOAS, C. H. V. Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha-de-Phoma. **Summa Phytopathologica.** v. 35, n. 1, p. 60-62, 2009.

PARREIRA, D. F.; ZAMBOLIM, L.; NEVES, W. S.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D. A antracnose do milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas,** v. 08, n. 01, p.11-27, 2014.

SANTOS, G. R.; GAMA, F. R.; GONÇALVES, C. G.; RODRIGUE, A.; LEÃO, E.U.; CARDON, C. H.; BONIFACIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de híbridos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres.** v. 60, v. 4, 505-513, 2013.

SILVA, F. A. S. **Sistema de Assistência Estatística-ASSISTAT versão 7.7beta.** Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil. 2015. Acesso em 02 de agosto de 2015.

SOBRINHO, A. C.; CARDOSO, M. J. **Mancha-de-curvularia na cultura do milho.** Teresina: EMBRAPA-CPAMN (Comunicado Técnico, 70). p. 1-2, 1997.

VAZ-DE-MELO, A.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, G. R.; CARVALHO, E. V. Reação de híbridos de milho à *Curvularia* ssp, sob dois níveis de adubação com nitrogênio, no sul do Tocantins. **Scientia Agraria.** v. 11, n. 2, p.149-154, 2010.

4. SEVERIDADE DE DOENÇAS FOLIARES E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE MILHO CULTIVADOS NO CERRADO DO ESTADO DO TOCANTINS.

RESUMO – Atualmente a cultura do milho (*Zea mays*) no Tocantins vem ganhando destaque em produção nas safras de verão e safrinha, e essa maior permanência da cultura em campo favorece o aumento das doenças foliares, as quais podem causar impactos negativos na produção e qualidade dos grãos. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a severidade de doenças foliares e a produtividade de genótipos de milho cultivados no cerrado do sul Tocantinense. Foram conduzidos dois experimentos em campo, com 36 genótipos, no município de Gurupi, Tocantins. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com duas repetições. Foram realizadas avaliações semanais do progresso das doenças foliares e posteriormente determinou-se a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD). A doença verificada com maior incidência e severidade foi a mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), afetando todos os genótipos avaliados. A severidade da ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*) e mancha de curvularia (*Curvularia* sp) nos genótipos cultivares afetados foi baixa. A maioria dos cultivares avaliados apresentaram produtividade estimada superior à média estadual e nacional brasileira para a safra de verão 2014/2015.

Palavras-chave: *Zea mays*, adaptabilidade, patógenos, fungos.

SEVERITY OF LEAF DISEASES AND PRODUCTIVITY OF CORN GENOTYPES CULTIVATED IN CERRADO OF THE TOCANTINS STATE.

Formatado: Fonte: Não Negrito

ABSTRACT – Currently, the corn crop (*Zea mays*) in Tocantins, it is gaining prominence in production in two seasons, and that more permanent field culture favors the increase of foliar diseases, which can cause indirect negative impacts in the production and quality of grain. The objective of this work, assess the severity leaf diseases and productivity maize genotypes grown Cerrado in the state of Tocantins. Two experiments were conducted in the field, in the municipality of Gurupi, Tocantins, constituting each of 36 genotypes. The design was a randomized block design with two replications. Were conducted weekly assessments of progress of foliar diseases and later determined the Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC). The disease observed with higher incidence and severity was *bipolaris* leaf spot, affecting all genotypes. The severity of southern rust, anthracnose leaf blight and *Curvularia* leaf spot in the affected genotypes was low. Most of the evaluated cultivars showed estimated yield higher than the Brazilian state and national average for the summer season 2014/2015.

Keywords: *Zea mays*, adaptability, pathogens, fungi.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma cultura com grande importância mundial, devido a diversidade de produtos derivados deste cereal, sendo a utilização na alimentação humana e de animais de suma importância, garantindo a cada ano aumentos na demanda, principalmente em locais onde a sua economia depende basicamente da agropecuária, como é o caso do estado do Tocantins.

O Tocantins está inserido atualmente entre os estados que compõem a nova fronteira agrícola brasileira, denominado MATOPIBA e tem apresentado forte crescimento nos últimos dez anos e atualmente concentra a maior produção e área plantada com a cultura do milho, com possibilidades de expansão no potencial de cultivo dessa cultura nos próximos anos (CONAB, 2015).

Essa expansão de cultivo dos grãos, embora necessária, é a uma das causas do aumento de doenças em todas as regiões produtoras do milho, as quais em poucos anos, no Tocantins, podem ter sido as responsáveis por perdas consideráveis na produtividade e qualidade dos grãos produzidos. Geralmente, a infecção causada por patógenos afetam

diretamente o desenvolvimento das plantas, comprometendo a área foliar e também infecções nos colmos, dificultando o transporte e assimilação de nutrientes (BRITO et al., 2008), afetando diretamente a produção de grãos.

Dentre as doenças fúngicas foliares mais frequentemente observadas neste estado, estão a mancha de bipolaris (*Bipolaris maydis*), ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), antracnose (*Colletotrichum graminicola*) foliar, enfezamentos e outras (SANTOS et al., 2013; CHAGAS et al., 2015). A ocorrência destas doenças está relacionada diretamente com o sistema de manejo empregado e as condições climáticas mais favoráveis aos patógenos, que tem contribuído para o aumento da severidade e o surgimento de novas doenças até então consideradas de pouca importância (VAZ-DE-MELO et al., 2010).

Dentre os sistemas de manejo empregados, vários fatores são considerados como favoráveis e agravantes à disseminação dos fungos e permanência do inóculo em condições de campo; como utilização de cultivares suscetíveis, manejo inadequado na fertilização do solo e no controle das doenças e pragas, condições climáticas favoráveis e maior período de plantio na mesma área, ocasionado pela adoção da safrinha (REYNOL, 2011).

Diferente de outros estados brasileiros, no estado do Tocantins, as pesquisas relacionadas as doenças na cultura do milho ainda são incipientes e trabalhos com a cultura precisam ser realizados na busca de respostas aos problemas gerados com o cultivo do grão na região. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a severidade de doenças foliares e produtividade de genótipos de milho cultivados no cerrado do estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, data e manejo do experimento - Dois experimentos foram conduzidos em campo, no ano agrícola 2014/2015 na área experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus de Gurupi, localizada a 11° 43' S e 49° 04' N a 280 m de altitude. O clima é do tipo B1wA' úmido com moderada deficiência hídrica segundo classificação climática de Köppen (1948). Os seguintes resultados das análises das propriedades químicas dos solos na camada de 0 - 20 cm foram obtidas: PH = 5,8 (CaCl₂), Ca, Mg, K e CTC = 2,2; 1,2; 0,25 e 5,65 (cmolc dm⁻³), P = 22,9 (mg dm⁻³), M.O e V = 2,4 e 65 % respectivamente.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 12/12/2014. As parcelas foram constituídas de duas linhas de cinco metros, espaçadas por 0,5 m entre linhas, utilizadas integralmente como área útil para as avaliações. A adubação de base consistiu da aplicação de 450 Kg ha⁻¹ de NPK 5–25–15 e em cobertura foi aplicado a dose de 150 Kg ha⁻¹ de ureia na fase entre V4 (quatro folhas expandidas) e V6 (seis folhas expandidas). Para o controle das plantas invasoras foi realizado capina manual e também foi aplicado em pós emergência uma mistura dos herbicidas atrazina + nicosulfuron na dose de 5 + 1,5 L ha⁻¹.

O controle de pragas foi realizado através da aplicação do inseticida metomil na dose de 0,6 L ha⁻¹. As variáveis climáticas: precipitação (mm dia⁻¹), temperaturas máximas e mínimas (°C) e umidade relativa média (%), foram monitoradas e registradas, durante todo o período de condução dos experimentos, na estação meteorológica da Universidade Federal do Tocantins.

A colheita das espigas ocorreu de forma manual em toda a parcela e a produtividade em Kg ha⁻¹ foi determinada e estimada para uma população de 60 mil plantas por hectare.

Delineamento experimental e tratamentos - Foram avaliados 36 genótipos em ambos experimentos. Os genótipos avaliados no primeiro experimento foram: BRS 1055, BRS Caimbè, BRS 4103, BR 106, Sint 10771, Sint 10717, Sint 10795, Sint 10697, Sint 10707, MC 20, MC 50, Sint 10781, Sintético 256 L, Sint 10699, VSL BS 42C60, Sintético RxS Spod, BRS 4104-Sint. Pro Vit A, 2E530, AL2013, AL2014, AL Avaré, MC 6028, BRS Gorutuba, Guepa, Capo, Sint super-precoce 1, Sint 10783, HTCMS-SP1, HTCMS771, HTCMS717, HTCMS795, HTCMS697, HTCMS707, HTCMS781, HTCMS699 e Sintético 1 X.

Os genótipos avaliados no segundo experimento foram: 1K1251, 1L1484, 1L1477, 1L1487, 1L1411, 1L1467, 1L1500, 1K1301, 1K1294, AG 8088 PROX, 1M1751, 1M1718, 1K1285, 1L1421, 1M1731, 1M1732, 1M1782, DKB 390 PRO, 1M1822, 1M1716, BRS 1055, 1M1757, 1M1810, 1M1752, 1M1764, 1M1792, 1M1737, 1M1760, 1M1812, 1M1758, 1M1804, 1M1807, M 20A78 HX, 1M1750, 1M1754 e 1L1414.

Avaliações das doenças - Iniciaram a partir dos 60 dias após o plantio (DAP), em intervalos de sete dias e seguiram até a fase de senescência das plantas, aproximadamente 120 dias após o plantio. Para avaliar as doenças, utilizou-se uma escala de notas visual variando de 1 a 9, em que 1 = 0% de doença; 2 = 0,5% área foliar lesionada; 3 = 10 %; 4 = 30 %; 5 = 50 %; 6 = 70 %; 7 = 80 %; 8 = 90 % e 9 = 100 % de área foliar lesionada, considerando a severidade média das doenças nas parcelas (AGROCERES, 1996).

Nas notas de 1 a 4, os híbridos foram classificados como de alta a mediana resistência. Nas notas 5 a 6, foram classificados como de mediana suscetibilidade e com notas de 7 a 9, foram classificados como de suscetíveis à altamente suscetíveis (AGROCERES, 1996). As plantas foram avaliadas considerando o terço inferior, médio e superior e considerando toda a parcela. Os valores de notas de severidade foram transformados em porcentagem de área foliar lesionada e utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme Campbell e Madden (1990).

Os dados de AACPD para a doença mancha de bipolaris e produtividade foram submetidos a análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT (SILVA, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de condução dos experimentos houve irregularidade da precipitação ao longo dos meses de dezembro a abril, com precipitação total de 595 mm, temperaturas média de 26 °C, máxima de 32°C e mínima 22°C; umidade relativa média de ±83%, máxima de 95 % e mínima de 61%. Essas condições climáticas são consideradas ideais ao desenvolvimento das doenças foliares que atacam a cultura do milho (COSTA et al., 2009). Foi detectada em ambos experimentos e em todos os genótipos avaliados, maior incidência da mancha de bipolaris, seguida pela antracnose e ferrugem polissora. No primeiro experimento, não foi verificada a ocorrência da mancha de curvularia (Figura 1).

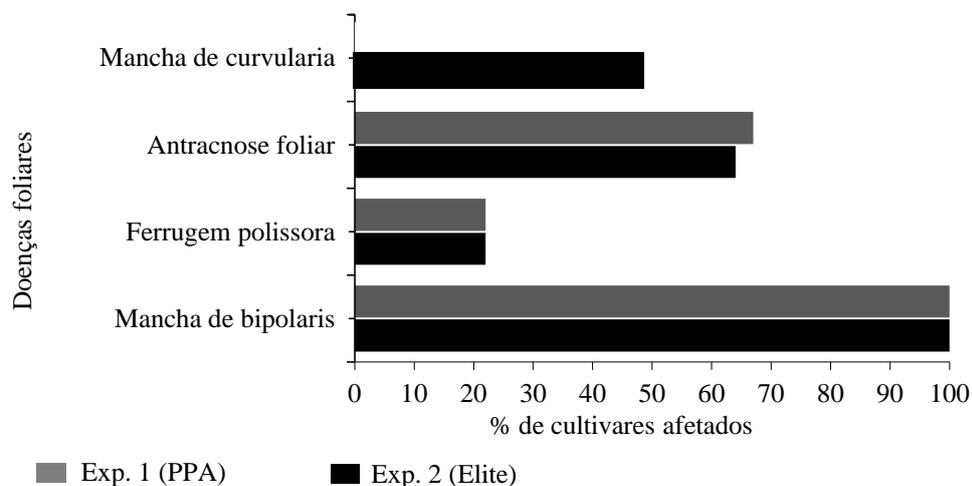


Figura 1: Incidência de doenças foliares (%) em genótipos de milho cultivados no Cerrado, safra 2014/2015, município de Gurupi - Tocantins.

De acordo com Costa et al (2009), entre as doenças que ocorrem na cultura do milho, as mais importantes são a mancha de bipolaris, antracnose foliar e ferrugem polissora. A umidade alta é condição essencial para o desenvolvimento destas doenças. A ferrugem polissora (*Puccinia polysora*) ocorre predominantemente com maiores incidências em locais com altitudes inferiores a 700 m, a temperaturas variando de 25 a 35°C. Para a mancha de bipolaris as condições ótimas consistem em temperaturas entre 22 a 30°C e a ocorrência de longos períodos de seca e de dias com muito sol entre dias chuvosos é desfavorável à doença. Para a antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*), as temperaturas elevadas (28 a 30°C) e chuvas frequentes favorecem o seu desenvolvimento.

A doença mancha de bipolaris já foi relatada em diversos estados brasileiros e é causada pelo fungo ascomiceto *Bipolaris maydis*, que afeta as folhas da planta, e os sintomas variam conforme o genótipo e raças do fungo. Em condição de elevada pressão da doença e ataque no estágio do florescimento, todo o limbo foliar pode ser afetado. Em condições ideais de temperatura, umidade e tendo a presença de água livre na superfície das folhas a doença é policíclica. A germinação dos esporos e penetração nos tecidos foliares ocorre em até seis horas. Esse fungo sobrevive em restos culturais na forma de micélio e se apresenta como uma fonte potencial de inóculo para os próximos plantios (COSTA et al., 2009).

No Tocantins, essa doença está entre as que ocorre frequentemente e apresenta alta severidade em genótipos suscetíveis e em anos onde as condições climáticas são favoráveis, fato preocupante diante do crescimento das lavouras em duas épocas (safra de verão e safrinha). A utilização de genótipos resistentes e a rotação de culturas são uma das técnicas recomendadas para reduzir o inóculo deste fungo e já é praticada por muitos produtores com o plantio da soja. No entanto, a falta de informação de genótipos resistentes as principais doenças nesse estado ainda são insuficientes, diante de tantos genótipos disponíveis no mercado.

A ferrugem polissora é uma doença de ampla ocorrência em regiões tropicais, e é considerada uma das principais doenças no milho no Brasil. É causada pelo fungo *Puccinia polysora* Underwood e é capaz de causar grandes perdas em produtividade. No Tocantins já foi relatada severas epidemias (CHAGAS et al., 2015). A antracnose foliar também é uma doença amplamente distribuída nas regiões produtoras, sendo também favorecida pelo aumento das áreas de plantio na safra e safrinha. O manejo dessa doença consiste em reduzir o potencial de inóculo do patógeno presente nos restos culturais.

EXPERIMENTO 1 (Ensaio com PPAs)

Verificou-se na avaliação da AACPD a formação de dois grupos distintos quanto à reação dos genótipos para mancha de bipolaris (Tabela 1). Nota-se que houve ampla variação quanto a reação dos genótipos à resistência, como observados no genótipo BRS 4104-Sint. Pro Vit A, que apresentou resistência durante todo o período de avaliação e Sint 10717 e BRS Gorutuba que tiveram 90% de sua área foliar lesionada ao final das avaliações (Tabela 1).

Entre os genótipos que apresentaram maior severidade final, Sint 10717 e BRS Gorutuba, a AACPD foi maior no genótipo Sint 10717, e apresentaram valores de AACPD de 3170 e 1158 respectivamente. Observa-se dessa forma, que maior severidade final não implica necessariamente em maior AACPD, fato que pode ser observado com o genótipo HTCMS717, que apresentou severidade final de 75%, mas apresentou segundo maior valor de AACPD (3051). Essa divergência entre os valores de AACPD e severidade final, deve-se, provavelmente a diferenças na taxa de progresso da doença, que depende da resistência horizontal dos genótipos.

De acordo com os resultados obtidos de severidade final da doença mancha de bipolaris (Tabela 1), 12 genótipos (BRS Gorutuba, Avaré Sint 10717, AL, HTCMS781,

Tabela 1 - Reação de genótipos de milho a doença mancha de bipolaris

HTCMS697, HTCMS795, Sint 10771, BR 106, Sintético 256 L, Sint 10699, HTCMS717 e Sintético 1 X) foram classificados como suscetíveis a muito suscetíveis e nove cultivares foram resistentes (BRS 4104-Sint. Pro Vit A, MC 50, 2E530, MC 6028, AL2013, MC 20, Sint 10795, AL2014), os demais foram considerados como moderadamente suscetíveis.

avaliadas pela AACPD e produtividade em Kg ha⁻¹ cultivados no município de Gurupi, Tocantins, 2014/2015.

Genótipo	AACPD ¹	Severidade		Produtividade ¹
		FLO ²	GM ²	Kg ha ⁻¹
Sint 10717	3170 a	10	90	4860 a
HTCMS717	3051 a	5,25	75	7214 a
Sintético 1 X	2841 a	5,25	75	5528 a
BR 106	2579 a	5,25	75	5913 a
HTCMS781	2545 a	5,25	80	6836 a
HTCMS697	2506 a	5,25	80	5877 a
Sint 10707	2435 a	5,25	70	5463 a
Sint 10781	2301 a	0	40	9556 a
Sint 10697	2297 a	5,25	70	6486 a
HTCMS795	2262 a	0,5	80	6184 a
BRS 4103	2176 a	0,5	50	5001 a
Sint super-precoce 1	2161 a	0	70	6238 a
BRS 1055	2159 a	0,5	70	6947 a
Sint 10771	2128 a	0,5	80	6971 a
HTCMS699	2121 a	5,25	40	5743 a
HTCMS-SP1	2076 a	0,5	70	7386 a
Sint 10795	2054 a	0,5	30	9036 a
Sintético 256 L	2019 a	0,5	75	5680 a
HTCMS707	1985 a	5,25	70	6602 a
Sintético RxS Spod	1969 a	0,5	40	4882 a
VSL BS 42C60	1932 a	0,5	40	4839 a
Sint 10699	1917 a	0,5	75	6217 a
MC 20	1808 a	0,5	20	4045 a
BRS Caimbè	1660 a	0,5	50	6525 a
HTCMS771	1635 a	5,25	40	5721 a
MC 50	1584 a	0,5	10	7726 a
Guepa	1215 b	5,25	50	6385 a
BRS Gorutuba	1158 b	0,5	90	4630 a
AL Avaré	1137 b	0,5	85	6840 a
Sint 10783	991 b	0	50	7027 a
Capo	791 b	0,5	60	6790 a
AL2014	613 b	0,25	30	6068 a
2E530	537 b	0	10	7664 a
AL2013	454 b	0	20	7893 a
BRS 4104-Sint. Pro Vit A	412 b	0	5,25	6180 a
MC 6028	264 b	0,5	10	7014 a
CV%	27			23

¹Letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ²Florescimento (FLO) e Grãos Maduros (GM).

Os resultados obtidos neste trabalho comprovam a grande importância da mancha de *bipolaris*, sendo necessário a utilização de cultivares resistentes para o melhor controle da doença, principalmente em locais com condições ambientais propícias para o desenvolvimento da doença, como é o caso do estado do Tocantins, onde outros autores também já verificaram esta doença (CHAGAS et al., 2015). Já para as doenças ferrugem polissora e antracnose foliar, não houve incidência em alguns dos genótipos avaliados (Figura 1) e nos genótipos em que foram observadas, a severidade foi considerada baixa.

Com relação à produtividade, não foi detectada diferença estatística entre os genótipos no ensaio de variedades (Tabela 1). Esse resultado pode ser atribuído a fatores que aumentam as fontes de variação, como a grande variabilidade existente dentre os materiais e também a fatores abióticos, como a irregularidade de chuvas e veranicos.

Os genótipos Sint 10717 e o BRS Gorutuba foram bastante afetados pela mancha de *bipolaris* ao final das avaliações, com 90% de sua área foliar lesionada (Tabela 4), fato que possivelmente contribuiu para a sua baixa produtividade, comparado ao demais genótipos. Os genótipos Sint 10795, AL 2013, MC 6028, MC 50 e 2E530 considerados resistentes as doenças foram os que mais produziram.

Os ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) tem como um dos objetivos avaliar cultivares em condições ambientais diversificadas, visando obter informações agronômicas pertinentes a um objetivo específico, como por exemplo, resistência a doenças, produtividade etc., para fins de seleção, registro e lançamento para uma dada localidade. A recomendação de cultivares de milho proporciona ao agricultor alternativas para escolher as cultivares mais adequada ao sistema de produção em uso (VALENTINI, 2014).

EXPERIMENTO 2 (Ensaio elite)

A mancha de *bipolaris* ocorreu em todos os genótipos avaliados, com severidade variando de zero a 80% de área foliar afetada (Tabela 2). Os valores da AACPD variaram de 985,3 a 3836, porém, não foi detectado diferença estatística entre eles. Dos 36 genótipos avaliados, quatro apresentaram reação de suscetibilidade (1M1732, DKB 390 PRO, 1M1822, 1M1737) e 12 genótipos apresentaram resposta de resistência mediana, sendo o AG8088 PROX, o mais resistente.

Observou-se a mesma tendência para as doenças ocorridas no primeiro experimento, onde avaliou-se variedades, com destaque para a mancha de curvularia que foi detectada em alguns genótipos neste ensaio, embora em baixa severidade.

Considerando o desempenho produtivo dos genótipos avaliados (Tabela 2), maiores produtividades foram observadas nos genótipos 1L1500 e 1L1411, ficando alocados isoladamente nos dois primeiros grupos, em um total de cinco grupos formados pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Menores produtividades foram obtidas com os cultivares elite 1M1782, 1M1718, 1L1477 e 1L1487, com valores variando entre 5640 a 4920 Kg ha⁻¹. Estes genótipos tiveram mais de 50% de sua área foliar afetada com a mancha de *bipolaris*, fato que, provavelmente contribuiu para a baixa produtividade alcançada.

Além da importância das diferentes reações das plantas às doenças observadas nos dois experimentos, os veranicos típicos do estado do Tocantins, com características de altas temperaturas associadas à baixa pluviosidade e mal distribuída entre as regiões, limitam a obtenção de melhores produtividades. Nesse contexto, é necessário que genótipos de milho sejam continuamente testados nessas regiões, sendo necessário o conhecimento da interação entre essas variáveis climáticas na adaptabilidade e estabilidade de diferentes genótipos para fins de recomendação, uma vez que o uso de genótipos adaptados pode trazer vários benefícios aos produtores. No estado do Tocantins é realizado duas safras ao ano (verão e safrinha) o que torna as pesquisas relacionadas a escolha de genótipos essencial para o sucesso das lavouras de milho nas duas épocas de plantio.

Tabela 2 - Reação de genótipos de milho a doença mancha de bipolaris e produtividade em Kg ha⁻¹ cultivados no município de Gurupi, Tocantins na safra 2014/2015.

Genótipos	AACPD ¹	Severidade		Genótipos	Produtividade ¹		
		FLO ²	GM ²		Kg ha ⁻¹		
1M1732	3836,0	a	20	80	1L1500	11760	a
1M1754	3135,1	a	0,5	70	1L1411	9840	b
1L1487	3107,1	a	0,5	50	1K1294	9240	c
1K1301	3097,5	a	10	40	1K1251	8760	c
1M1718	3087,0	a	0,5	70	DKB 390 PRO	8160	c
1L1414	3052,0	a	0,5	60	1L1467	8040	c
1L1477	3048,5	a	0,5	60	AG 8088 PROX	7920	c
1M1750	2838,5	a	0,5	40	1M1751	7800	c
1L1411	2626,8	a	10	30	1L1484	7560	c
1L1421	2625,0	a	10	50	1M1731	7200	d
BRS 1055	2590,0	a	30	50	1M1732	6840	d
1L1500	2577,8	a	0,5	30	1K1285	6660	d
1K1285	2508,6	a	0,5	40	1K1301	6540	d
DKB 390 PRO	2420,3	a	0,5	80	1L1421	6520	d
1M1822	2380,9	a	30	80	1M1782	5640	e
1M1757	2330,1	a	5,25	50	1M1718	5610	e
M 20A78 HX	2315,3	a	0,5	60	1L1477	5040	e
1M1810	2295,1	a	5,25	60	1L1487	4920	e
1M1812	2264,5	a	0,5	70	-	-	-
1M1782	2261,0	a	30	70	-	-	-
1K1294	1260,0	a	10	20	-	-	-
1L1467	2247,0	a	0,5	10	-	-	-
1M1752	2191,9	a	0,5	30	-	-	-
1M1792	2140,3	a	0,5	30	-	-	-
1M1751	2140,3	a	0,5	50	-	-	-
1M1737	2138,5	a	0,5	80	-	-	-
1M1760	2123,6	a	5,25	50	-	-	-
1L1484	2103,5	a	0,25	40	-	-	-
1M1807	2101,8	a	5,25	40	-	-	-
1M1716	2082,5	a	10	30	-	-	-
1M1764	1618,8	a	0,5	10	-	-	-
1M1758	1386,9	a	0,5	30	-	-	-
AG 8088PROX	1320,4	a	0,5	5,25	-	-	-
1K1251	1301,1	a	0,25	30	-	-	-
1M1731	1075,4	a	0,5	50	-	-	-
1M1804	985,3	a	0,5	10	-	-	-
CV%	19,18	-	-	-	7,35	-	-

¹Letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ²Florescimento (FLO) e Grãos Maduros (GM).

CONCLUSÃO:

1 – A mancha de bipolaris ocorreu em todos os genótipos avaliados, comprovando uma grande importância na produtividade do milho em genótipos com baixa e média resistência.

2 – Não houve severidade elevada das doenças ferrugem polissora, antracnose foliar e mancha de curvularia nos genótipos testados.

3 – A maioria dos genótipos demonstrou tolerância à mancha de bipolaris e potencial produtivo nas condições estudadas.

4 – Melhor produtividade foram obtidas com os genótipos 1L1500 e 1L1411 no experimento dois.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio financeiro, à Universidade Federal do Tocantins e à EMBRAPA Milho e Sorgo pelo apoio estrutural e técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES - **Guia de Sanidade Agroceres**. São Paulo. v.2 p. 34-36, 1996.

BRITO, A. H.; PINHO, R. G.V.; SOUSA FILHO, A. X.; ALTOÉ, T. F. Avaliação da severidade da cercosporiose e rendimento de grãos em híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v 7, p 19-31, 2008.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York, NY: Wiley. p.532, 1990.

CHAGAS, J. F.; SANTOS, G. R.; COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; SIMON, J.; MOURÃO, D. S. C. **Principais doenças foliares da cultura do milho no estado do Tocantins**. Circular técnica (213). Sete Lagoas, Minas Gerais, 2015.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; COTA, L.V. Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5ª edição, Set./2009. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/doencas.htm. Acesso em: 20/03/2016

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) – Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Décimo Levantamento, Safra 2014/15. v. 2, n 10, Julho/2015.

KÖPPEN, W. Climatología con un estudio de los climas de la tierra. México: FCE, 1948.

REYNOL, F. A nova fronteira agrícola do Cerrado. **Ciencia e Cultura**. [online]. vol.63, n.3, pp. 9-12, 2011.

SANTOS, G.R.; GAMA, F.R.; GONÇALVES, C.G.; RODRIGUE, A.C.; LEÃO, E.U.; CARDON, C.H.; BONIFACIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de híbridos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**. v.60, n.4, p. 505-513, 2013.

SILVA, F.A.S. **Sistema de Assistência Estatística-ASSISTAT versão 7.7beta**. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil. 2015. Acesso em 02 de agosto de 2015.

VALENTINI, L. Recomendação de cultivares de milho para o estado do Rio de Janeiro. Safra 2014/2015. Informação Tecnológica. PESAGRO – RIO. n. 29, 2014. ISSN 1983-6015.

VAZ-DE-MELO, A.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, G. R.; CARVALHO, E. V. Reação de híbridos de milho à *Curvularia* ssp, sob dois níveis de adubação com nitrogênio, no sul do Tocantins. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.2, p.149-154, Mar/Apr. 2010.

5. ANÁLISE SANITÁRIA DE GRÃOS ASSINTOMÁTICOS E ARDIDOS DE MILHO NO TOCANTINS, BRASIL

RESUMO – O ataque de fungos aos vegetais tem sido apontado como uma das causas da perda de qualidade de grãos e sementes. Nas condições climáticas do estado do Tocantins, os fungos têm sido considerados fatores limitantes à produção de milho (*Zea Mays*), pois o clima da região favorece o desenvolvimento de fitopatógenos em diferentes estádios, inclusive durante a maturação e pós-colheita dos grãos de milho. O objetivo do presente estudo foi identificar e quantificar os fungos presentes em grãos assintomáticos e ardidos de 11 cultivares de milho. Para a análise sanitária utilizou-se o método do papel de filtro (Blotter test). Foram encontrados 12 gêneros associados aos grãos: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Bipolaris*, *Phoma*, *Curvularia*, *Rizhopus*, *Colletotrichum*, *Papularia* e *Nigrospora*. Houve pouca variação quanto à diversidade dos gêneros encontrados em grãos ardidos e assintomáticos, levando-se em consideração às épocas de plantio. Maior incidência observado foi do gênero *Fusarium*, seguido por *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Penicillium*, respectivamente, os quais estavam associados a todos os cultivares avaliados. Estes, apresentaram porcentagem de grãos ardidos abaixo do limite recomendado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Palavras-chave: *Zea mays*, micoflora, microrganismos.

ANALYSIS SANITARY AND GRAINS ASYMPTOMATIC DAMAGED CORN IN TOCANTINS, BRAZIL

ABSTRACT– The fungal attack to the vegetables has been identified as a cause of loss of quality of grain and seeds. In the climatic conditions of the state of Tocantins, fungi have been considered limiting factors to the production of maize (*Zea mays*); since it favors the pathogens development in all plant parts at different stages, including during the ripening and post-harvest of maize grains. The aim of this study was to identify and quantify the fungi present in asymptomatic and rot grains of 11 maize cultivars. For sanitary analysis we used the filter paper method (Blotter test). We found 12 genera associated with maize grains: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Bipolaris*, *Phoma*, *Curvularia*, *Rizhopus*, *Colletotrichum*, *Papularia* and *Nigrospora*. There was little variation in the diversity of genres found in rot and healthy grains, taking into account the

growing seasons. Highest incidence was observed of the *Fusarium* genus, followed by *Cladosporium*, *Aspergillus* and *Penicillium*, respectively, which were associated with all cultivars grains. These showed percentage of damaged kernels below the limit recommended by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply.

Keywords: *Zea mays*, mycoflora, microorganisms.

INTRODUÇÃO

Diversos patógenos atacam a planta de milho (*Zea mays* L.) em todos os seus estádios vegetativos, inclusive na fase de maturação dos grãos e no armazenamento, sendo uma importante causa de perdas quantitativas e qualitativas (FREIRE et al., 2007).

A utilização de sementes de alta qualidade na instalação de lavouras de milho é fundamental para o estabelecimento da cultura no campo. No entanto, a deterioração das sementes tem-se constituído em sério problema para a agricultura, sendo responsável por grandes perdas no mundo inteiro e, principalmente nos trópicos, onde, de maneira geral, prevalecem elevadas temperaturas e alta umidade relativa do ar (OLIVEIRA et al., 1999).

Os fungos são microrganismos que possuem ampla distribuição geográfica e são relevantes em diversas atividades econômicas, como a produção de alimentos, fármacos, enzimas e ácidos orgânicos. Porém, alguns fungos são patogênicos para plantas e deterioradores de alimentos, podendo causar redução no valor nutritivo dos mesmos, produção de metabólitos secundários tóxicos e doenças em humanos e animais (SILVA et al., 2015).

Os grãos de milho, em termos fitopatológicos, são classificados como ardidos quando infectados por fungos e ocorre a descoloração de pelo menos um quarto da superfície dos grãos. A coloração desses grãos pode variar de marrom-claro a roxo ou de vermelho claro a vermelho intenso, dependendo do patógeno presente (PINTO, 2005).

Os grãos ardidos ocorrem principalmente devido a contaminações das espigas ainda em fase de enchimento de grãos e a produção de micotoxinas produzidas pelos patógenos constitui - se como um dos principais problemas de redução da qualidade dos grãos; incluindo as fumosininas e aflotoxinas, que causam sérios problemas de saúde em animais e humanos (WORDEL FILHO e SPAGNOLLO, 2013).

A maioria das indústrias admitem 6,0 % de grãos ardidos como tolerância máxima de padrão de qualidade em lotes comerciais de milho (FREIRE et al., 2007). Devido a estes fatores os fungos que causam as podridões das espigas e conseqüentemente os grãos ardidos, devem ser melhor estudados.

A literatura relacionada a fungos associados a sementes de milho é relativamente vasta, porém, no estado do Tocantins, pesquisas relacionadas a identificação e quantificação de fungos presentes em grãos oriundos de cultivares comerciais ainda são escassos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi identificar e quantificar a incidência de fungos em grãos ardidos e sadios de cultivares de milho no estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos foram conduzidos em campo, na área experimental da EMBRAPA, localizada no município de Palmas, Tocantins, nas coordenadas geográficas – Latitude: 10°23'59,87" S e Longitude: 48°21'42,33" O. Os plantios ocorreram nas datas de 03/02/2014, 25/02/2014 e 12/02/2015 em delineamento experimental de blocos casualizados com 11 cultivares (BRS 1060, DKB 310 PRO, 30F53 YH, AS 1596 PRO, CD355, DKB 390 PRO, BRS 2020, RB9308YG, BALU 761, AG7088 PRO, 2B587 PW) e quatro repetições.

Cada parcela constituiu-se de duas linhas de cinco metros, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas, totalizando uma população de 55 mil plantas por hectare. Após a colheita, amostras de 500 gramas dos grãos de milho foram colhidos de cada parcela e posteriormente encaminhados ao Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, localizado no município de Gurupi.

Foram separados visualmente e pesados todos os grãos ardidos encontrados na amostra de 500 g, para determinação da porcentagem de grãos ardidos com base no peso da amostra e dos grãos ardidos. Todos os grãos ardidos e uma amostra de 400 grãos assintomáticos de cada cultivar, foram submetidos ao teste de sanidade.

Inicialmente, os grãos foram submetidos à assepsia em álcool 50% por um minuto, depois em solução de hipoclorito a 1% por um minuto e posteriormente foram lavadas em duas porções de água destilada. Em seguida, os grãos foram submetidos ao teste de sanidade pelo método do papel filtro (Blotter test), onde foram colocados sobre camadas de

papel Germitest umedecidos com água estéril no interior de uma caixa transparente (Gerbox).

Estes foram mantidos inicialmente por 24 horas em câmara de incubação, à temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e depois foram levados para o interior de um freezer a -20°C por mais 24 horas, para inibir o processo de germinação das sementes e facilitar a identificação dos fungos. Em seguida, foram novamente colocados na câmara de incubação onde permaneceram por cinco dias, sob regime alternado de 12 horas de luz.

Finalmente, foi feita a identificação e quantificação da incidência dos fungos, com base em suas características morfológicas, identificadas sob lupa e microscópio ótico. A identificação foi feita com auxílio de literatura especializada (BARNETT e HUNTER, 1972). Quando necessário, os fungos não identificados em lupa foram repicados para meio BDA, para a posterior identificação em microscópio, com base nas características morfológicas dos conídios. Os gêneros fúngicos identificados e quantificados foram expressos em porcentagem de incidência em cada um dos cultivares.

Os dados de porcentagem de grãos ardidos foram transformados para: $x = \arcsen \sqrt{x}/100$ e submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software ASSISTAT 7.7 (SILVA, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 e 2 estão relacionadas a incidência de fungos nos grãos de milho ardidos e sadios nos dois primeiros experimentos, correspondentes à safra de 2013/2014. Entre os fungos que colonizaram os grãos ardidos e assintomáticos, foram encontrados com maior frequência os gêneros: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Bipolaris*, *Phoma*, *Curvularia*, *Rizhopus*, e *Colletotrichum*, os quais variaram diferentemente em incidência.

Na Figura 1, observa-se que fungos do gênero *Fusarium* tiveram maior incidência, infestando mais de 80% dos grãos ardidos em estudo, não havendo diferenças entre os resultados nos dois experimentos avaliadas. Valores inferiores de incidência dos gêneros *Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus* foram menores no segundo experimento.

O gênero *Fusarium* é encontrado com alta frequência colonizando grãos de milho. Diversos trabalhos já foram publicados relatando problemas provocados por este fungo,

que tem como principais fontes de inóculo os restos de cultura de milho infectados e também o solo (HUSSAIN et al., 2013; HENNING et al., 2011; MENDES et al., 2011; RAMOS et al., 2010; CASA et al., 2007; FESSEL et al., 2003). A disseminação dos esporos se dá por meio do vento e de insetos e o período de maior suscetibilidade ocorre de 7 a 10 dias após a polinização dos estigmas. Sintomatologicamente, pode ocorrer uma pigmentação rosa (*F. verticillioides*) ou roxa (*F. graminearum*) nos grãos, sendo que as espigas que não dobram após a maturidade fisiológica dos grãos e aquelas com mau empalhamento são as mais suscetíveis (PINTO, 2005).

Henning et al. (2011), em estudos conduzidos sobre sanidade em grãos de milho encontraram alta incidência dos fungos *F. moniliforme*, *A. flavus* e *Penicillium* sp. Ramos et al. (2010) também reportam a presença dos fungos *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Cephalosporium* sp. e *Stenocarpella* sp. em grãos ardidos e em sementes de milho.

Os valores da incidência de fungos em grãos assintomáticos ou visualmente saudáveis, estão relacionados na Figura 2. Verifica-se que o gênero *Fusarium* apresentou maior incidência também nesse tipo de grão, com valores variando entre 66% a 94% no primeiro plantio e de 69% a 87%, no segundo. No primeiro plantio houve uma variação maior nos valores de incidência quando comparados ao segundo. A diversidade de fungos também variou de um plantio para outro, a exemplo de *Rhizopus* sp. e *Phoma* sp., que foram observados apenas no 1º experimento e os gêneros *Colletotrichum*, *Curvularia* e *Nigrospora* que apareceram somente no segundo experimento.

Vários plantios durante o ano não são positivos do ponto de vista sanitário, pois essa prática aliada ao manejo inadequado, uso de cultivares suscetíveis, clima favorável ao desenvolvimento dos patógenos, aumentam a quantidade de inóculo. Também deve-se levar em consideração que a maioria dos fungos causadores de doenças se mantêm vivos em restos culturais.

Na safra 2014/15 a quantidade de fungos presentes nos grãos foi maior que a obtida nos dois experimentos da safra do ano anterior (Figura 3). O gênero *Fusarium* teve incidência de 90% nos grãos, e ocorreu nos grãos ardidos e assintomáticos, com valores variando de 61 a 90 %. O gênero *Cladosporium* foi o segundo mais incidente nos grãos assintomáticos quando comparados aos ardidos, com percentual de infecção variando entre 21 a 32% aproximadamente. Na sequência, os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Bipolaris* tiveram incidência nos grãos ardidos de 15, 12 e 16,5 %, respectivamente.

Menores valores de incidência foram registrados para os gêneros *Curvularia*, *Nigrospora* e *Rhizopus*, os quais já foram relatados associados a grãos de milho por outros autores (BENTO et al., 2012). Os gêneros *Fusarium*, *Cladosporium*, e *Nigrospora* encontrados no presente trabalho, não são normalmente considerados fungos de armazenamento, exceto se a umidade dos grãos estiver inadequada nos locais de armazenamento, diferente da condição ideal de umidade ofertada no experimento.

Porém, diferentemente destes, os gêneros *Aspergillus*, *Rhizopus* e *Penicillium* são considerados fungos de armazenamento, sendo sua incidência pouco frequente em plantas no campo e em grãos recém-colhidos (PEZZINI et al., 2005). Outros fungos também considerados de campo e que são veiculadas as sementes também foram encontrados nesse trabalho, como é o caso de *Trichoderma* sp., *Bipolaris* sp., *Curvularia* sp. e *Colletotrichum* sp.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 podem ser observados os valores médios de incidência (%) de cada cultivar avaliado nas diferentes safras de plantios. O gênero *Fusarium* esteve presente em alta incidência nos grãos dos cultivares avaliados, tanto nos grãos assintomáticos como nos ardidos. Com relação à eficiência da resistência genética dos cultivares na incidência de fungos nos grãos ardidos e sadios de milho, os resultados obtidos neste trabalho demonstraram variação na microflora fúngica e nos valores de incidência. Independentes das safras avaliadas e condição sanitária dos grãos, os cultivares testados apresentaram alta suscetibilidade a *Fusarium* sp.

Considerando os grãos ardidos e sadios na primeira avaliação (Tabela 1), safra 2013/14, houve a presença de sete e oito gêneros de fungos, respectivamente, porém, observou-se que, o percentual de contaminação variou de um cultivar para outro. Cada cultivar apresentou no mínimo, quatro gêneros de fungos diferentes em seus grãos. Dos gêneros que tiveram maior incidência nos grãos ardidos, *Trichoderma* e o *Fusarium* infectaram todos os cultivares, seguidos por *Aspergillus* e *Cladosporium* que infectaram dez cultivares e o *Penicillium* que infectou nove cultivares. Dos fungos que estavam presentes nos grãos ardidos, todos foram encontrados colonizando os grãos assintomáticos de todos os cultivares, exceto o *Trichoderma* sp.

Na Tabela 2, pode-se verificar os valores de incidência de fungos presentes nos grãos oriundos da 2ª avaliação, safra 2013/14. Houve a mesma quantidade de gêneros presentes nos grãos ardidos e assintomáticos observados no 1º experimento, mesmo havendo diferenças na diversidade de fungos em ambos os experimentos. No segundo

experimento, novamente tem-se a mesma tendência que foi observada anteriormente, onde maiores quantidades de gêneros foram encontradas nos grãos sadios.

Ficou demonstrado com o presente trabalho que mesmo em grãos aparentemente sadios, ou assintomáticos, quando colocados sob umidade e temperatura favoráveis permitem o desenvolvimento de fungos previamente presentes. Este fato torna-se preocupante, quando se destinam os grãos para a alimentação, resultando em alimentos com possíveis toxinas, como também para sementes, pois ao germinar poderão transmitir os fitopatógenos. Como é o exemplo dos gêneros obtidos nesse estudo, *Bipolaris*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, etc. e são associados ao apodrecimento de sementes de milho e a morte de plântulas em pré ou pós-emergência (HENNING et al., 2011).

No que se refere a incidência nos grãos na safra 2014/2015 (Tabela 3) seguiu-se a mesma tendência observada nos ensaios da safra anterior, sendo novamente os gêneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Cladosporium* foram os mais incidentes. Outros fungos foram identificados nos grãos assintomáticos e ardidos nesta época, mesmo em menores níveis de incidência. O gênero *Papularia* foi constatado apenas no último experimento em grãos assintomáticos dos cultivares AS1596PRO, 2B587PW e BRS1060 em incidência menor que 1% (Figura 3 e Tabela 3). *Papularia* sp. e *Nigrospora* sp. também são considerados fungos intermediários, pois se desenvolvem em grãos maduros ou imaturos (FIGUEIRA et al., 2003).

Na tabela 4 estão relacionados os valores de porcentagem de grãos ardidos de cada cultivar. Observa-se no experimento 1, safra 2013/2014 que o cultivar BALU 761 apresentou a maior porcentagem de grãos ardidos, diferenciando-se estatisticamente do cultivar BRS1060. Estatisticamente, nove cultivares não se diferenciaram dos cultivares BALU 761 e BRS 1060. Nenhum dos cultivares ultrapassaram o limite máximo de tolerância de 6% estabelecido como valor máximo para a presença de grãos ardidos em lotes ou cargas de grãos de milho no Brasil.

No segundo experimento, também não houve porcentagem acima da permitida, mas novamente o cultivar BALU 761 apresentou maior porcentagem, diferindo-se do cultivar DKB 390 PRO. Quatro cultivares não diferiram estatisticamente do cultivar BALU 761. Observou-se que na safra de 2014/2015 (experimento 3), o híbrido 30F53 YH foi o que obteve maior porcentagem de grãos ardidos.

Os valores observados acima do permitido de 6% podem ter ocorrido em função da presença de insetos pragas nas amostras. Estes insetos, quando presentes favorecem maior

contaminação pelos fungos, devido aos danos que causam aos grãos ao romperem a parede celular para se alimentarem, dessa forma, favorecem a penetração mais rápida e eficiente dos fungos.

O controle e avaliação de limites máximos de tolerância a grãos de milho infectados é de suma importância para a saúde alimentar dos animais e dos humanos, pois, segundo Hermanns et al. (2006), o milho é um dos cereais mais predispostos a contaminação por fungos considerados toxigênicos e ao acúmulo das toxinas produzidas por eles. Essas micotoxinas são resultantes do metabolismo secundário de alguns dos gêneros encontrados no presente trabalho, entre os quais *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp., podem tornar os grãos impróprios ao consumo, resultando em perdas consideráveis em qualidade, econômicas e promovendo riscos à saúde.

Já foram identificados mais de 500 tipos de micotoxinas, entretanto, as de maior importância para a agricultura, responsáveis pelos maiores índices de contaminação de grãos, sementes e outros alimentos são: as aflatoxinas produzidas por fungos do gênero *Aspergillus*, como *A. flavus* e *A. parasiticus*; as ocratoxinas produzidas por fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* e as fusariotoxinas que possuem como principais representantes os tricotecenos, zearalenona (*F. graminearum* e *F. poae*), e as fumonisinas (*F. verticillioides* e *F. subglutinans*), vomitoxinas (*F. verticillioides*), toxina T-2 (*F. sporotrichioides*) produzidas por diversas espécies do gênero *Fusarium*. No Brasil, as micotoxinas de maior importância devido sua alta toxicidade e contaminação de alimentos são as aflatoxinas (MALLMANN e DILKIN, 2007; PINTO, 2007).

Com a abertura de novos mercados para exportação e produção de alimentos, a preocupação com riscos alimentares e com o desenvolvimento de patologias, a qualidade sanitária da matéria-prima produzida, como exemplo o milho, torna-se prioritária e necessária (BENTO et al., 2012).

Os fungos que causam os grãos ardidos infectam os grãos nos mais diversos períodos em que as plantas ainda estão em campo e também pós colheita, no entanto, diversos fatores ambientais, genéticos e de manejo interferem diretamente nesse processo. Dessa forma, deve-se atentar para a realização correta das práticas de manejo integrado de produção e controle das doenças em campo e pós colheita como local de armazenamento apropriado e com ótimas condições fitossanitárias.

CONCLUSÕES

1 - Os grãos de milhos ardidos e assintomáticos dos cultivares apresentaram microflore bastante diversificada e teve como principais gêneros associados, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Penicillium* e *Aspergillus*.

2 - Os cultivares apresentaram porcentagem de grãos ardidos dentro dos padrões estabelecidos pelas normas brasileiras.

3 - Os grãos assintomáticos apresentaram elevada incidência dos gêneros *Fusarium*, *Penicillium* e *Aspergillus*.

AGRADECIMENTOS

À Capes pelo apoio financeiro, à Universidade Federal do Tocantins e à EMBRAPA Milho e Sorgo pelo apoio estrutural e técnico.

REFERÊNCIAS

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Minneapolis: Minnesota: Burgess Publ. Co. ed. 3, p. 241, 1972.

BENTO, L. F.; CANEPPELE, M. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C.F.; KOBAYASTI, L.; CANEPPELE, C.; ANDRADE, P. J. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Rev Inst Adolfo Lutz**. v. 71, n. 1, p. 44 - 49, 2012.

CASA, R. T.; MOREIRA, E. N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p.353-357, 2007.

FREIRE, F. C. O.; VIEIRA, I. G. P.; GUEDES, M. I. F.; MENDES, F. N. P. Micotoxinas: importância na alimentação e na saúde humana e animal. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**. (Comunicado Técnico, 110). p.1- 48. 2007.

FESSEL, S. A.; SADER, R.; PAULA, R. C.; GALLI, J. A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 25, n. 2, p.70-76, 2003.

FIGUEIRA, E. L. Z.; COELHO, A. R.; ONO, E. Y. S.; HIROOKA, E.Y. Milho: riscos associados à contaminação por *Fusarium verticillioides* e fumonisinas. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 24, n. 2, p. 359 – 378, 2003.

HENNING, F. A.; JACOB JUNIOR, E. A.; MERTZ, L. M.; PESKE, S. T. Qualidade sanitária de sementes de milho em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 33, n 2, p. 316 - 321, 2011.

HERMANN, G.; PINTO, F. T.; KITAZAWA, S. E. Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 26, p. 7 - 10, 2006.

HUSSAIN, N.; HUSSAIN, A.; ISHTIAQ, M.; AZAM, S.; HUSSAIN, T. Pathogenicity of two seed-borne fungi commonly involved in maize seeds of eight districts of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. **African Journal of Biotechnology**. v. 12, p. 1363 - 1370, 2013.

MALLMANN, C.A.; DILKIN, P. **Micotoxinas e micotoxicoses em suínos**. Editora - Santa Maria: Ed. do Autor, p. 240, 2007.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; MACHADO, J. C.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FALQUETE, J. C. F.; **Ciência agrotécnica**. v. 35, n. 5, p. 931-939, 2011.

OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C.; PINHO, É. V. R. V. Comportamento de sementes de milho colhidas por diferentes métodos, sob condições de armazém convencional. **Ciência e Agrotécnica**. v. 23, n. 2, p.289-302, 1999.

PEZZINI, V.; VALDUGA, E.; CANSINAI, R.L. Incidência de fungos e micotoxinas em grãos de milho armazenados sob diferentes condições. **Rev Inst Adolfo Lutz**. v. 64, p. 91 - 96, 2005.

PINTO, N. F. J. de A. **Grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Circular técnica, 66), 2005.

PINTO, N. F.J. A.; VARGAS, E. A.; PREIS, R. A. Qualidade sanitária e produção de fumonisina B1 em grãos de milho na fase de pré-colheita. **Summa Phytopathologica**. v.33, n.3, p. 304 -306, 2007.

RAMOS, A. T. M.; MORAES, M. H. D.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Levantamento da micoflora presente em grãos ardidos e sementes de milho. **Summa Phytopathologica**. v. 36, n. 3, p. 257-259, 2010.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT** - Assistência Estatística - versão 7.7 beta (pt). Programa computacional. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil. 2015. Acesso em 02 de agosto de 2015.

SILVA, F. C.; CHALFOUN, S. M.; BATISTA, L. R.; SANTOS, C.; LIMA, N. Taxonomia polifásica para identificação de *Aspergillus* seção flavi: uma revisão. **Revista Ifes Ciência**. v.1, p. 18 - 40, 2015.

WORDELL FILHO, J. A.; SPAGNOLLO, E. Sistema de cultivo e doses de nitrogênio na sanidade e no rendimento do milho. **Ciência Rural**. v. 43, n. 2, p. 199-205, 2013.

TABELAS E FIGURAS

Tabela 1: Incidência de fungos associados aos grãos ardidos e assintomáticos de cultivares de milho - Experimento 1, safra 2013/2014.

Incidência de fungos em grãos ardidos (%)											
Gêneros	Cultivares										
	AS1596PRO	DKB310PRO	CD355	AG7088PRO	2B587PW	DKB390PRO	BRS1060	RB9308YG	BALU761	30F53YH	BRS2020
<i>Fusarium</i>	88	89	92	86	74	84	91	80	91	77	81
<i>Aspergillus</i>	24	16	8	0	18	12	5	10	30	26	18
<i>Penicilium</i>	4	10	10	0	4	29	5	3	0	10	12
<i>Cladosporium</i>	7	5	0	1	10	14	20	25	5	5	10
<i>Trichoderma</i>	8	4	1	2	12	5	2	1	1	8	3
<i>Phoma</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bipolaris</i>	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0
Incidência de fungos em grãos assintomáticos (%)											
Gêneros	Cultivares										
	AS1596PRO	DKB310PRO	CD355	AG7088PRO	2B587PW	DKB390PRO	BRS1060	RB9308YG	BALU761	30F53YH	BRS2020
<i>Fusarium</i>	67	89	98	62	85	97	95	58	87	77	100
<i>Aspergillus</i>	4	4	2	1	6	3	8	1	9	25	4
<i>Penicilium</i>	11	8	2	2	11	9	11	2	8	19	8
<i>Cladosporium</i>	37	16	15	24	11	27	31	13	27	36	21
<i>Tricoderma</i>	2	0	1	1	2	0	0	0	1	1	0
<i>Phoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bipolaris</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizopus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0

Tabela 2: Incidência de fungos associados aos grãos ardidos e assintomáticos de cultivares de milho - Experimento 2, safra 2013/2014.

Incidência de fungos em grãos ardidos (%)											
Gêneros	Cultivares										
	AS1596PO	DKB310PO	CD35	AG7088PO	2B587W	DKB390PO	BRS100	RB9308G	BALU71	30F53H	BRS200
<i>Fusarium</i>	53	78	84	54	64	48	48	44	44	58	76
<i>Aspergillus</i>	7	24	1	0	0	0	0	0	0	18	0
<i>Penicillium</i>	3	17	3	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cladosporim</i>	0	0	28	7	6	7	0	16	1	25	3
<i>Trichoderma</i>	0	0	14	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Bipolaris</i>	0	4	0	0	0	0	0	16	1	0	0
<i>Curvularia</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Incidência de fungos em grãos assintomáticos (%)											
Gêneros	Cultivares										
	AS1596PO	DKB310PO	CD35	AG7088PO	2B587W	DKB390PO	BRS100	RB9308G	BALU71	30F53H	BRS200
<i>Fusarium</i>	73	69	79	72	72	82	71	75	69	71	87
<i>Aspergillus</i>	5	9	6	10	15	4	3	1	3	3	11
<i>Penicilium</i>	7	6	2	13	16	3	2	0	1	1	2
<i>Cladosporim</i>	20	4	12	10	11	5	6	10	3	2	4
<i>Trichoderma</i>	1	0	1	0	1	1	0	3	3	0	1
<i>Bipolaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Curvularia</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nigrospora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabela 3: Incidência de fungos associados aos grãos ardidos e assintomáticos de cultivares de milho - Experimento 3, safra 2014/2015.

Incidência de fungos em grãos assintomáticos (%)											
Gêneros	Cultivares										
	AS1596PRO	DKB31PRO	CD355	AG7088PRO	2B587PW	DKB390PO	BRS1060	RB9308G	BALU761	30F53YH	BRS2020
<i>Fusarium</i>	57	57	54	82	76	84	67	31	45	48	74
<i>Cladosporium</i>	32	23	16	20	18	26	19	14	17	16	29
<i>Aspergillus</i>	5	3	1	2	2	6	3	6	2	2	2
<i>Trichoderma</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Penicillium</i>	10	3	2	1	1	4	2	4	1	1	2
<i>Curvularia</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Nigrospora</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
<i>Bipolaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Colletotrichum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Phoma</i>	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0
<i>Papularia</i>	0,3	0	0	0	0,3	0	0,3	0	0	0	0
<i>Rhizopus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3

Incidência de fungos em grãos ardidos (%)											
Gêneros	Cultivares										
	AS1596PRO	DKB310PRO	CD355	AG7088PRO	2B587PW	DKB390PRO	BRS1060	RB9308YG	BALU761	30F53YH	BRS2020
<i>Fusarium</i>	70	71	73	73	61	90	55	89	47	80	42
<i>Cladosporium</i>	2	4	0	2	3	1	4	1	3	6	0
<i>Aspergillus</i>	5	2	1	0	15	2	5	8	2	3	4
<i>Penicillium</i>	1	1	0	2	7	0	12	1	0	6	2
<i>Curvularia</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Phoma</i>	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nigrospora</i>	0	1	2	3	0	0	0	4	0	7	7
<i>Bipolaris</i>	20	17	16	0	0	1	0	6	0	4	3
<i>Colletotrichum</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizopus</i>	0	3	0	5	0	0	0	1	0	2	1

Tabela 4 - Porcentagem de grãos ardidos de cultivares de milho

	Experimento 1 ⁽¹⁾	Experimento 2 ⁽¹⁾	Experimento 3 ⁽¹⁾
AS1596 PRO	0,59 ab	0,44 abc	5,4 ab
DKB310 PRO	0,79 ab	0,28 bc	3,8 ab
CD355	0,68 ab	0,37 bc	6,8 ab
AG7088 PRO	2,04 ab	1,41 bc	2,0 b
2B587 PW	0,97 ab	0,29 abc	2,6 ab
DKB390 PRO	0,84 ab	0,19 c	5,8 ab
BRS1060	0,25 b	0,4 abc	3,4 ab
RB9308 YG	0,94 ab	0,35 bc	2,9 ab
BALU761	2,37 a	1,08 a	9,6 ab
30F53 YH	1,29 ab	0,83 ab	21,1 a
BRS2020	1,19 ab	0,32 bc	4,9 ab
CV%	35,02	27,26	8,67

¹Estes valores representam os dados originais, os quais para a análise de variância foram transformados por: $x = \arcsen\sqrt{x}/100$. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

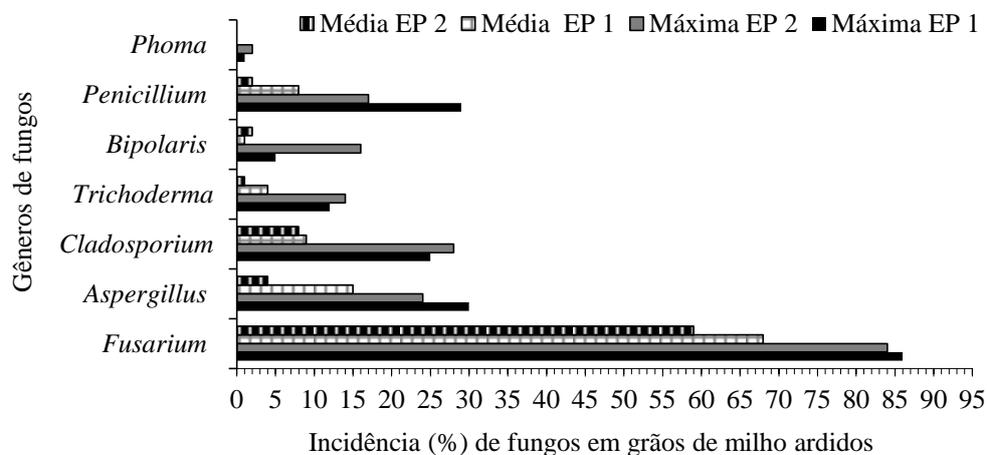


Figura 1. Valores médios e máximos de porcentagem de fungos associados a grãos de milho ardidos, safra 2013/2014, experimento 1 (EP 1) e 2 (EP 2).

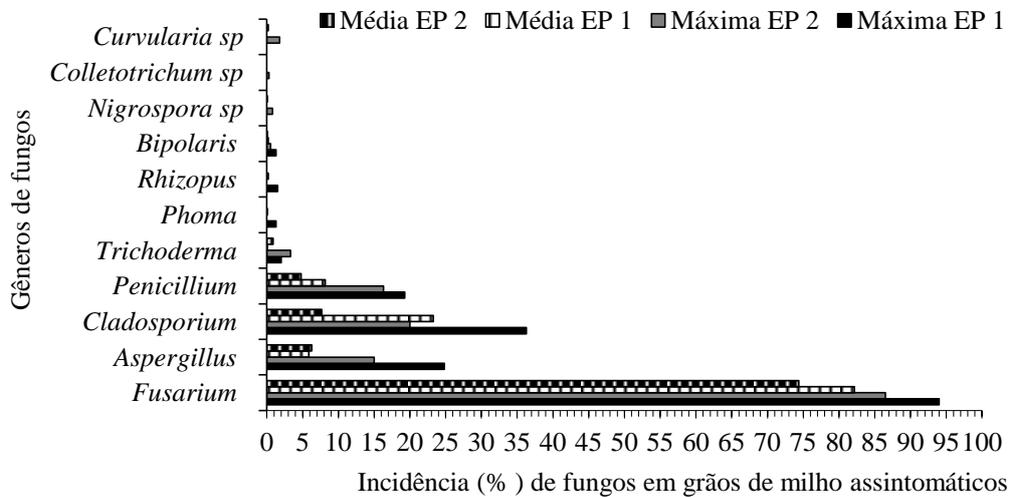


Figura 2. Valores médios e máximos de porcentagem de fungos associados a grãos de milho assintomáticos – experimento 1 (EP 1) e 2 (EP 2), safra 2013/2014

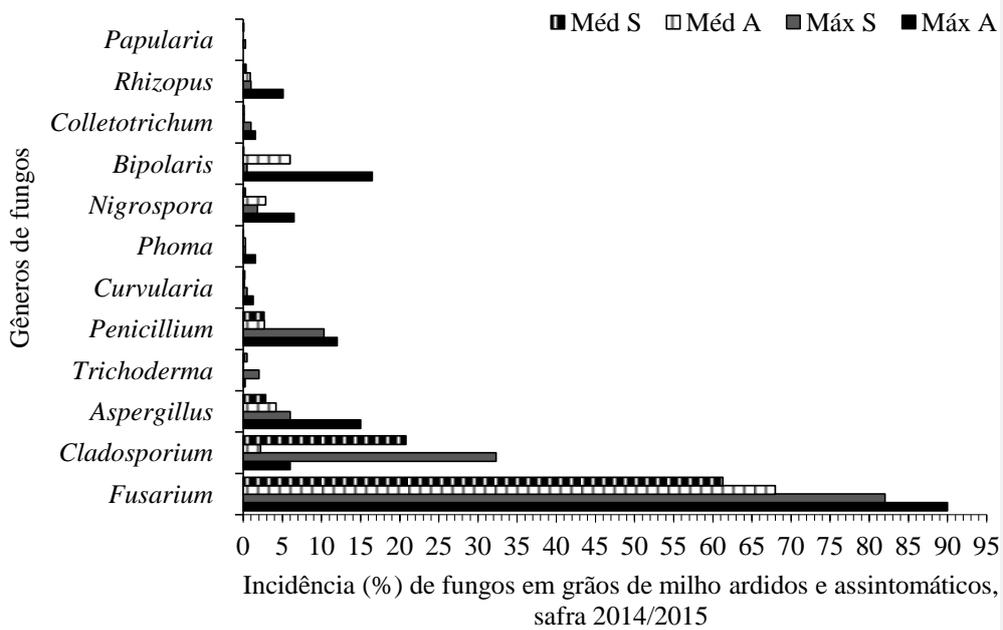


Figura 3. Valores médios e máximos de porcentagem de fungos associados a grãos de milho ardidos (S) e assintomáticos (A), safra 2014/2015

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Formatado: Recuo: À esquerda: 0 cm, Primeira linha: 0 cm

Esta pesquisa buscou contemplar algumas das vertentes necessárias a produção do milho na região sul do estado do Tocantins, contribuindo para a abertura de novos debates sobre as doenças foliares que atacam essa cultura e sobre o que os pesquisadores vem fazendo no sentido de melhorar este aspecto. A ciência é um campo onde se exige esforço coletivo para a geração de informações úteis, e com certeza, esse trabalho servirá de um esboço inicial para aqueles que já atuam nele ou necessitam dele, como o exemplo de pesquisadores, produtores e técnicos.

Através dos resultados obtidos no presente estudo, a adubação nitrogenada tem influência no desenvolvimento das doenças fúngicas foliares em plantas de milho, cabendo ao produtor determinar qual a dose ideal o fará alcançar os seus objetivos.

A utilização do fosfito de potássio foi efetiva no controle das doenças, em especial quando foi acrescentado ao fungicida, demonstrando que esse produto pode auxiliar na redução das doenças. Ainda são necessários estudos para descobrir quais os mecanismos de ação deste produto na cultura do milho, porém sabe-se por meio da literatura que em outras culturas ele melhora significativamente os aspectos nutricionais das plantas e poderá favorecer a racionalização do uso de fungicidas.

Na cultura do milho como em qualquer outra, de nada adianta melhorar a eficiência nas adubações nitrogenadas e aplicações de produtos, visando controle das doenças se não houver primariamente a escolha correta do genótipo adaptado e resistentes as intempéries bióticos e abióticos peculiares de cada região do Tocantins, sendo extremamente necessário a avaliação contínua de genótipos ano após ano. Todas essas questões, estudadas exaustivamente por pesquisadores das instituições de pesquisas, se executadas com profissionalismo resultará em lavouras mais saudáveis, ecologicamente corretas e conseqüentemente obterão grãos de maior qualidade e produtividade.