

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

MARINA FREITAS E SILVA

**INFLUÊNCIA DE FUNGICIDAS NA INTEGRIDADE DE COLMO E
PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO**

**Uberlândia – MG
Maio – 2017**

MARINA FREITAS E SILVA

**INFLUÊNCIA DE FUNGICIDAS NA INTEGRIDADE DE COLMO E
PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Césio Humberto de Brito

**Uberlândia – MG
Maio – 2017**

MARINA FREITAS E SILVA

**INFLUÊNCIA DE FUNGICIDAS NA INTEGRIDADE DE COLMO E
PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Aprovado pela Banca Examinadora em 22 de maio de 2017.

MSc. Wender Santos Rezende
Membro da Banca

Eng. Agr. Domingos da Costa Ferreira Júnior
Membro da Banca

Prof. Dr. Césio Humberto de Brito
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar os meus caminhos e cuidar de mim;

À minha família por todo amor, carinho, apoio e anos dedicados a minha formação pessoal e profissional;

Ao orientador Césio, pelo encorajamento contínuo à profissão, por todos os conhecimentos transmitidos e também pela conduta profissional em quem eu me espelho;

Ao co-orientador Wender, por todo apoio, amizade e aprendizados que obtive com ele;

À equipe da Syngenta, pelo o apoio e disponibilidade de ajuda;

À todos os amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão desse trabalho.

RESUMO

Para que a cultura do milho atinja altas produtividades, é essencial a conservação dos órgãos da planta, como as folhas e o colmo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de fungicidas do grupo químico carboxamida e de outros grupos na manutenção da integridade de colmo e no incremento de produtividade na cultura do milho. O experimento foi conduzido em Uberlândia – MG, durante a segunda safra (safrinha) de 2016. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com seis tratamentos, sendo uma testemunha e os demais compostos por diferentes grupos químicos (triazol, estrobilurina, ditiocarbamato e carboxamida), com seis repetições. Avaliou-se altura de planta, altura de inserção da espiga, porcentagem de área foliar verde, densidade de colmo úmido e seco, quantidade de lignina e celulose nos colmos, força de quebraimento, altura de quebraimento e produtividade de grãos e de matéria seca de colmos. Nas condições que este ensaio foi conduzido, não se observou diferenças entre as alturas de plantas e espigas, mas todos os tratamentos com fungicidas, quando comparados à testemunha, proporcionaram maior produtividade de grãos, maior resistência do colmo ao quebraimento e maiores densidades de colmo úmido e seco. Quando se compara os diferentes tratamentos com fungicidas observa-se que os tratamentos com carboxamida foram os que proporcionaram as plantas de milho maior produtividade de grãos, matéria seca de colmo e dos componentes químicos (celulose e lignina) que conferem resistência ao colmo, conseqüentemente plantas com colmos mais resistentes ao quebraimento além de maior densidade de colmo úmido e seco.

Palavras-chave: *Zea mays* L., controle químico, área foliar, carboxamida, composição de colmo.

ABSTRACT

Regarding corn crop, to acquire higher yields, it is essential to preserve the plant structure, such as leaves and thatch. The goal of this study was to evaluate the efficacy of fungicides of the carboxamide and other groups in the maintenance of the thatch integrity and in the yield increase of corn crop. The experiment was in Uberlândia (MG), during the second season of 2016. A randomized-complete block was designed with seven treatments, with a control and other six treatments with different chemical compounds (triazole, strobilurin, dithiocarbamate and carboxamide). It was evaluate the crop height, height of corncob insertion, green leaf area, thatch density (moist and dry), quantity of lignin and cellulose in thatch, thatch breaking strength, thatch breaking height and grain yield. Under the conditions that this test was conducted, no differences were observed between heights of plants and corncob, but all treatments with fungicides, when compared to the control, provided higher grain yield, thatch strength at break and wet and dry thatch density. When comparing the different treatments with fungicides, it was observed that the treatments with carboxamide were provided by corn plants greater grain yield, thatch dry matter and chemical components (cellulose and lignin) that confer resistance to that thatch, consequently plants with thatch more resistant to breaking besides higher density of moist and dry thatch.

Key words: *Zea mays* L., chemical control, foliar area, carboxamide, thatch composition.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	MATERIAL E MÉTODOS	8
	2.1 Instalação do experimento	8
	2.2 Tratamentos.....	8
	2.3. Condução do experimento	9
	2.4 Avaliações.....	9
	2.5 Análises estatísticas	12
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4	CONCLUSÕES	19
	REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância socioeconômica, pois está presente tanto na cadeia produtiva animal quanto no consumo humano (SANTOS et al., 2002). A produção mundial do cereal na safra 2015/1016 foi de 963,1 milhões de toneladas distribuídas em 177,9 milhões de hectares (USDA, 2017). A produção brasileira foi responsável por 66,9 milhões de toneladas nessa safra, sendo 25,8 e 41,1 milhões de toneladas na primeira e segunda safra, respectivamente (CONAB, 2017).

O elevado potencial de rendimento de grãos na cultura do milho está diretamente ligado às condições ambientais às quais a cultura está exposta, o que influencia o desenvolvimento e a conservação dos órgãos da planta, como raízes, folhas e colmo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004; BRITO et al., 2013).

O colmo do milho é responsável por realizar o transporte de água e nutrientes na planta e pela sustentação dos órgãos reprodutivos e folhas (GOMES et al., 2010). Além disso, também desempenha função de órgão de reserva, sendo que em plantas com aparato fotossintético foliar danificado, os carboidratos existentes no colmo são redistribuídos para os grãos, mitigando o déficit energético foliar (SANGOI et al., 2001). A estabilidade física do colmo pode ser comprometida por essa redistribuição de reservas, ou ainda por patógenos e pragas, como os fungos *Fusarium graminearum* e *Colletotrichum graminicola* (SANZ-MARTÍN; POSTIGO, 2016; ZHANG et al., 2016). Quando isso ocorre, o colmo fica mais suscetível ao quebramento e/ou ao acamamento, dificultando a colheita mecanizada e reduzindo a produtividade da cultura (SANGOI et al., 2001; REZENDE, 2014).

A folha é o principal órgão responsável pela assimilação de energia na planta, e a manutenção de sua integridade é fundamental para a expressão do potencial produtivo da cultura (ALVIM et al., 2011). A redução da área foliar e a consequente limitação da fotossíntese influenciam negativamente o rendimento de grãos (REZENDE et al., 2015). Para a conservação da área foliar, o principal desafio enfrentado no sistema de produção é o controle de doenças foliares. O uso de fungicidas é uma das alternativas em sistemas economicamente sustentáveis de produção de milho através do controle de doenças e de implicações indiretas, como a manutenção da integridade de colmo (REZENDE, 2014).

Dentre os grupos químicos de fungicidas mais utilizados na cultura do milho, destacam-se os triazóis e as estrobilurinas. Os triazóis são inibidores da demetilação, ligando-se à enzima 14 α -demetilase (CYP51) e inibindo a biossíntese de ergosterol, componente da membrana celular fúngica (HEUSINKVELD et al., 2013; STEWART et al., 2014; XAVIER

et al., 2015). As estrobilurinas são inibidores da respiração mitocondrial, ligando-se ao citocromo bc1 e bloqueando a cadeia de transporte de elétrons, impedindo a síntese de ATP (FERNANDÉZ-ORTUÑO et al., 2008). O grupo químico dos ditiocarbamatos também vem ganhando destaque nos últimos anos na cultura do milho, com a peculiaridade de possuir atividade multissítio ao quelatizar com íons ativadores de enzimas e interferir de forma generalizada em diversos processos metabólicos (RODRIGUES, 2006; LAI et al., 2016). Recentemente também foram lançados no Brasil fungicidas pertencentes ao grupo químico carboxamida (AUGUSTI et al., 2014; ROCHA et al., 2016), os quais inibem a enzima succinato desidrogenase (SDH) através da ligação ao sítio de ligação da ubiquinona, afetando o metabolismo respiratório dos fungos (HUANG; MILLAR, 2013; SIEROTZKI; SCALLIET, 2013). Entretanto, são poucos os estudos em milho relacionados a esse grupo químico, devido à sua natureza recente. Além do controle de patógenos, modificações positivas fisiológicas e bioquímicas nas plantas são frequentemente relacionadas a alguns desses grupos químicos (RAMOS et al., 2013; FILIPPOU et al., 2016; DINGENEN et al., 2017).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de fungicidas pertencentes ao grupo químico das carboxamidas e também de outros grupos na manutenção de área foliar e na composição química e manutenção da integridade de colmos da cultura do milho, e a conseqüente influência na produtividade de grãos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido na segunda safra, em condições de sequeiro, no período de 17 de fevereiro a 06 de julho de 2016 na Fazenda Floresta do Lobo, situada no município de Uberlândia, MG (19°05'35,75" S; 48°08'22,48" O; 953 m). A região apresenta temperatura média anual é de 22,8 °C, precipitação anual média de 1493 mm e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen. O ensaio foi conduzido em condições de sequeiro. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. Utilizou-se o híbrido comercial de milho Supremo® de alto potencial produtivo.

2.2 Tratamentos

O experimento compreendeu seis tratamentos, sendo uma testemunha sem aplicação de fungicida e cinco tratamentos compostos por diferentes fungicidas (Tabela 1). Todos os tratamentos com fungicidas foram acrescidos de adjuvantes de acordo com as recomendações dos fabricantes. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com seis repetições.

2.3 Condução do experimento

A semeadura foi mecanizada e sob sistema de plantio direto, em área cultivada anteriormente com soja. Juntamente à semeadura, realizou-se adubação de 250 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-20-20.

A profundidade de semeadura foi de 4 cm, com espaçamento entre linhas e plantas de 0,6 m e 0,3 m, respectivamente, objetivando um estande de 72.000 plantas ha⁻¹. Cada parcela foi constituída por seis linhas com comprimento de 4,2 m, seguidas por 0,8 m de carreador separando as parcelas. A área útil da parcela compreendeu as quatro linhas centrais, totalizando 10,08 m².

Na aplicação dos tratamentos, utilizou-se pulverizador costal pressurizado a CO₂ com capacidade de 2 L, constituído por seis pontas de pulverização hidráulicas com vazão de 150 L ha⁻¹. No manejo da cultura foram realizados tratos culturais visando a expressão do potencial produtivo do híbrido adotado.

2.4 Avaliações

As avaliações realizadas foram altura de planta, altura de inserção da espiga, porcentagem de área foliar verde, densidade de colmo úmido, densidade de colmo seco, quantidade de lignina e celulose nos colmos, força de quebramento, altura de quebramento e produtividade de grãos e de matéria seca de colmos. A coleta dos colmos para as avaliações de densidade e as demais avaliações foi realizada quando a cultura se encontrava em maturidade fisiológica.

No estágio R5 determinou-se a porcentagem de área foliar verde das plantas, utilizando escala visual de 0 a 100%. Na pré-colheita, mensurou-se a força de quebramento de colmo, a altura de quebramento do colmo e a densidade de colmo úmido. Além disso, amostraram-se colmos para determinar posteriormente, em laboratório, a densidade de colmo seco, o peso de matéria seca de colmo e a quantidade de lignina e de celulose. E quando os grãos de milho atingiram 25% de umidade, realizou-se a colheita.

Tabela 1. Tratamentos avaliados compostos por diferentes fungicidas na cultura do milho. Uberlândia - MG, 2016.

Tratamentos	Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Época de aplicação
T1	-	-	-	-
T2	(piraclostrobina + epoxiconazol) ¹	(triazol + estrobilurina)	(99,75 + 37,5)	V ₈ , V _T e R ₂
T3	(piraclostrobina + epoxiconazol) + mancozebe	(triazol + estrobilurina) + ditiocarbamato	(99,75 + 37,5) + 1500	V ₈ , V _T e R ₂
T4	(piraclostrobina + epoxiconazol) (piraclostrobina + fluxapiroxade)	(triazol + estrobilurina) (estrobilurina + carboxamida)	(99,75 + 37,5) (109,9 + 55,1)	V ₈ V _T e R ₂
T5	(piraclostrobina + epoxiconazol) + mancozebe (piraclostrobina + fluxapiroxade)	(triazol + estrobilurina) + ditiocarbamato (estrobilurina + carboxamida)	(99,75 + 37,5) + 1500 (109,9 + 55,1)	V ₈ V _T e R ₂
T6	(piraclostrobina + fluxapiroxade)	(estrobilurina + carboxamida)	(109,9 + 55,1)	V ₈ , V _T e R ₂

¹: ingredientes ativos agrupados entre parênteses foram provenientes de produtos comerciais compostos por misturas prontas desses ingredientes. V₈: estágio de desenvolvimento vegetativo de plantas de milho com oito folhas completamente expandidas; V_T: estágio de pré-pendoamento; R₂: estágio reprodutivo de plantas de milho com grãos classificados como “bolha d’água”.

Para as avaliações de integridade de colmo, destinou-se uma linha da parcela útil para avaliação das densidades (colmo úmido e seco) e do peso de matéria seca de colmo, e outra linha para avaliação de força e altura de quebramento. Para tanto, desconsiderou-se a primeira e a última planta de cada linha.

Para avaliação da densidade de colmo, dez plantas sequenciais de uma linha da parcela útil foram cortadas na altura do primeiro entrenó acima do solo e separadas. De cada uma dessas plantas, cortou-se um tolete com três entrenós a partir da base. Em seguida, para a avaliação da densidade de colmo úmido, o tolete foi pesado e mediu-se o seu comprimento e o seus diâmetros maior e menor.

Considerando-se o colmo do milho uma elipse, a partir das medidas realizadas no tolete (comprimento, diâmetros e peso), calculou-se a área da base, o volume e a densidade de colmo úmido, conforme descrito por Alvim et al. (2011):

$$\text{Área} = ab\pi$$

$$\text{Volume} = \text{Área (dm}^2\text{)} \times \text{Comprimento (dm)}$$

$$\text{Densidade} = \text{Massa (g)} / \text{Volume (dm}^3\text{)}$$

Em que: a = raio maior (dm); b = raio menor (dm); e $\pi = 3,1415927$

Posteriormente, os toletes foram levados à estufa de circulação forçada de ar a aproximadamente 65 °C por 72 horas. Ao atingir peso constante, em laboratório, cada tolete foi pesado e mensurado novamente (diâmetros e comprimento) para a determinação da densidade de colmo seco, também de acordo com Alvim et al. (2011).

Para determinação do peso de matéria de seca de colmo, multiplicou-se o peso do tolete de três internódios, o mesmo utilizado na avaliação de densidade de colmo seco – por um fator de conversão (FC). Esse fator relaciona o peso total do colmo da planta de milho com o peso dos três internódios utilizados na avaliação de densidade de colmo. Para obtê-lo, foram coletadas cinco amostras de 10 plantas, retiradas aleatoriamente nas bordaduras do experimento. De cada uma dessas plantas, retiraram-se as folhas e separaram-se os três primeiros internódios do restante do colmo da planta. Após isso, pesaram-se as duas partes separadamente (os três internódios e o restante do colmo da planta), e a partir da soma dos pesos obtidos, determinou-se o fator de conversão de 2,32, conforme descrito abaixo:

$$FC = (P_i + P_r) / P_i$$

Em que:

FC = Fator de conversão

P_i = Peso dos primeiros três internódios do colmo

Pr = Peso do restante do colmo

Os mesmos toletes, utilizados nas avaliações de densidade de colmo seco, também foram utilizados para determinação do teor de lignina e de celulose. Estes foram inicialmente fragmentados com tesourão de poda. Posteriormente, os fragmentos foram triturados, em liquidificador industrial, e, por fim, moídos em moinho de facas. A partir das amostras obtidas, determinou-se a concentração de lignina (% lignina) e de fibras em detergente ácido (FDA), de acordo com a metodologia nº 973.18 descrita pela AOAC (1990). Com os resultados de FDA e lignina, determinou-se a concentração de celulose (% celulose). Para tanto, utilizou-se a seguinte fórmula: % celulose = FDA - % lignina. Posteriormente, calculou-se a quantidade de lignina e de celulose presente nos colmos de milho, expressa em kg ha⁻¹, multiplicando-se as concentrações de lignina e de celulose pelo peso de matéria seca de colmo. Além da quantidade de lignina e de celulose nos colmos, calculou-se também a soma destes, obtendo assim a quantidade de lignina + celulose.

Em 10 plantas sequenciais de uma linha útil da parcela foi avaliada a força necessária ao quebraamento do colmo. Para isso, utilizou-se o aparelho inclinômetro, equipado com dinamômetro. A determinação da força necessária ao quebraamento consiste em aplicar força transversal ao colmo na altura da espiga principal, com auxílio de uma corda, até o ponto de ruptura da planta (GOMES et al., 2010). A força registrada no dinamômetro ao rompimento do colmo é a força necessária ao quebraamento. Nas mesmas plantas, mediu-se a altura em que o colmo se rompeu, denominada altura de quebraamento.

A colheita das quatro linhas centrais foi realizada manualmente no dia 06 de julho de 2016. Para debulhar as espigas foi utilizada uma trilhadora estacionária. O peso e a umidade foram determinados em campo por uma balança e por um determinador de umidade. A produtividade foi obtida a partir dos valores de pesos das parcelas, transformados para kg ha⁻¹, com umidade corrigida para 13%.

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott. Ambos os testes foram realizados ao nível de 0,05 de significância com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em condições de alta severidade de doenças foliares na fase vegetativa do milho, os fungicidas podem favorecer o crescimento da planta devido à manutenção do aparato fotossintético (JULIATTI et al., 2004). Porém, no presente trabalho, para altura de planta e de espiga, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de planta, altura de inserção de espiga e porcentagem de área foliar verde na cultura do milho submetida a diferentes tratamentos com fungicidas, compostos por triazol (T), estrobilurina (E), ditiocarbamato (D) e carboxamida (C). Uberlândia - MG, 2016.

Tratamentos	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Área foliar verde (%)
T1- Testemunha	2,41 a	1,28 a	12,57 d
T2- 3x (T+E)	2,49 a	1,30 a	37,18 c
T3- 3x (T+E) + D	2,54 a	1,31 a	49,88 c
T4- (T+E) / 2x (E+C)	2,51 a	1,31 a	62,73 b
T5- (T+E) + D / 2x (E+C)	2,47 a	1,30 a	63,57 b
T6- 3x (E+C)	2,50 a	1,29 a	74,96 a

*Médias seguidas por letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

As doenças predominantes no ensaio foram mancha branca (complexo de patógenos composto por *Pantoea ananatis*, *Phaeosphaeria maydis*, *Phyllosticta maydis* e *Phoma sorghina*) e cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*). A maior manutenção de área foliar verde foi proporcionada pelo tratamento T6 [3x (C+E)]. Os demais tratamentos com carboxamida, T4 [(T + E) / 2x (C+E)] e T5 [(T + E) + D / 2x (C+E)], também apresentaram alta manutenção de área foliar verde (Tabela 2).

O tratamento T6 [3x (C+E)] foi o que proporcionou maior densidade de colmo úmido, seguido pelos tratamentos T4 [(T + E) / 2x (C+E)] e T5 [(T + E) + D / 2x (C+E)] (Tabela 3). Esses foram os únicos tratamentos com carboxamida no experimento, e o tratamento T6 foi o que recebeu maior número de aplicações com fungicida desse grupo químico (três aplicações). Os demais tratamentos com fungicidas também aumentaram a densidade de colmo úmido em relação à testemunha.

O uso de fungicidas prolonga a manutenção de folhas verdes fotossinteticamente ativas na planta, mesmo após a cultura alcançar a maturidade fisiológica, devido ao

controle de doenças e, no caso de alguns fungicidas, a efeitos fisiológicos, como, por exemplo, a redução da síntese de etileno e maior atividade da redutase do nitrato. Essa característica, no milho, é conhecida como “stay green”, e é responsável por conservar água nos órgãos vegetais, o que prolonga o turgor celular (REZENDE, 2014). Alvim et al. (2011) avaliaram níveis crescentes de desfolha realizada no estágio R2 do milho e verificaram que plantas com aparato fotossintético reduzido possuem ressecamento acentuado do colmo. Além disso, observaram que com desfolha acima de 20% houve redução na densidade de colmo.

Há relatos, em outras culturas, como soja e tomate, de efeito fisiológico benéfico da piraclostrobina e fluxapiraxade, os mesmos ingredientes ativos utilizados no presente trabalho para compor os tratamentos com estrobilurina + carboxamida (RAMOS et al., 2013; CARRIJO, 2014). Desse modo, a maior densidade de colmo úmido pode estar relacionada também à maior condutância estomática, implicando em maior fluxo de água pelo colmo. Araújo et al. (2011) observaram maior taxa fotossintética em mutante de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) deficiente em succinato desidrogenase (SDH), a mesma enzima inibida por fungicidas do grupo químico das carboxamidas. Esse resultado foi relacionado à maior condutância estomática do genótipo mediada pelas concentrações de ácidos orgânicos provenientes do ciclo de Krebs. Maior condutância estomática em função da aplicação de carboxamida também foi observada em trigo por Ajigboye et al. (2014).

Tabela 3. Densidade de colmo úmido e colmo seco da cultura do milho submetida a diferentes tratamentos com fungicidas, compostos por triazol (T), estrobilurina (E), ditiocarbamato (D) e carboxamida (C). Uberlândia - MG, 2016.

Tratamentos	Densidade de colmo úmido (g dm ⁻³)	Densidade de colmo seco (g dm ⁻³)
T1- Testemunha	340,87 d	128,50 b
T2- 3x (T+E)	449,33 c	140,00 b
T3- 3x (T+E) + D	476,17 c	147,83 a
T4- (T+E) / 2x (E+C)	541,68 b	162,00 a
T5- (T+E) + D / 2x (E+C)	525,18 b	153,17 a
T6- 3x (E+C)	599,32 a	161,50 a

*Médias seguidas por letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Observou-se que todos os tratamentos com fungicida apresentaram maior densidade de colmo seco em relação à testemunha, exceto T2 [3x (T+E)].

Provavelmente, esse tratamento não proporcionou controle satisfatório do complexo mancha branca ocorrido na área. Outros trabalhos também verificaram que aplicações somente com triazol e estrobilurina demonstraram pouca eficácia na referida doença (JULIATTI et al., 2001; REZENDE, 2014).

Quando se adicionou ditiocarbamato a essa mistura, ou seja, o tratamento T3 [3x (T+E) + D], observou-se aumento na densidade de colmo seco. Rezende (2014) verificou aumento de até 300% na densidade de colmo em tratamentos com triazol, estrobilurina e ditiocarbamatos quando comparados à testemunha. Bomfeti et al. (2007) também obtiveram controle satisfatório da mancha branca através de pulverizações com ditiocarbamatos, justificado pelas propriedades bacteriostáticas deste grupo químico contra um dos agentes etiológicos, a bactéria *Pantoea ananatis*. Conforme já citado, os demais tratamentos, T4 [(T + E) / 2x (C+E)], T5 [(T + E) + D / 2x (C+E)] e T6 [3x (C+E)], também proporcionaram maior densidade em relação à testemunha. Esse resultado pode ser explicado pela alta eficiência desses tratamentos na manutenção da área foliar.

Os tratamentos que registraram maior força necessária para o quebramento de colmo foram T5 [(T+E) + D / 2x(E+C)] e T6 [3x (E+C)] (Tabela 4). Os demais tratamentos com fungicidas também aumentaram a força de quebramento em relação à testemunha. Colmos mais sadios e densos são mais firmes e por isso resistem mais ao quebramento diante de fatores como vento e chuva (MAGALHÃES et al., 1998; ALVIM et al., 2011). Gomes et al. (2010) verificaram que alterações prejudiciais na relação fonte-dreno de carboidratos na planta predis põem a colmos frágeis. Alvim et al. (2011) verificaram que a perda de área foliar fotossinteticamente ativa prejudica a densidade e integridade do colmo, tornando a planta susceptível ao quebramento e/ou acamamento.

Blum et al. (2003) enumeram como possíveis responsáveis pelo acamamento e quebramento a redistribuição de açúcares existentes no colmo para os grãos e também a susceptibilidade às podridões de colmo. A redução da área fotossintética decorrente de doenças foliares pode promover essa redistribuição de açúcares para os grãos (SANGOI et al., 2001; REZENDE et al., 2015). Blum et al. (2003) alegam que podridões de colmo são mais frequentes em plantas com folhas doentes.

Tabela 4. Força necessária para o quebraamento de colmo e altura de quebraamento de colmo da cultura do milho submetida a diferentes tratamentos com fungicidas, compostos por triazol (T), estrobilurina (E), ditiocarbamato (D) e carboxamida (C). Uberlândia - MG, 2016.

Tratamentos	Força de quebraamento (kgf)	Altura de quebraamento (cm)
T1- Testemunha	0,88 c	26,40 b
T2- 3x (T+E)	1,01 b	34,05 a
T3- 3x (T+E) + D	0,97 b	34,42 a
T4- (T+E) / 2x (E+C)	1,03 b	38,03 a
T5- (T+E) + D / 2x (E+C)	1,13 a	36,01 a
T6- 3x (E+C)	1,18 a	36,44 a

*Médias seguidas por letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Todos os tratamentos com fungicida aumentaram a altura de quebraamento do colmo em relação à testemunha, porém, não diferiram entre si. Plantas com alturas de quebraamento maiores facilitam o recolhimento das espigas pela colhedora. Ou seja, embora quebradas, dependendo da altura de quebraamento, essas plantas ainda podem ser colhidas mecanicamente (ALVIM et al., 2011).

Avaliando-se a quantidade de lignina presente nos colmos, observa-se que os tratamentos que receberam pulverização com carboxamida, como T4 [(T + E) / 2x (C+E)], T5 [(T + E) + D / 2x (C+E)] e T6 [3x (C+E)] obtiveram maior acúmulo desta molécula, seguidas dos demais tratamentos (Tabela 5). Este resultado pode ser consequência da interferência do fungicida sobre a atividade da SDH da planta. Gleason et al. (2011) observaram que a menor atividade da SDH resulta em menor produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Em seres vivos, H₂O₂ é produzido em resposta a estresses bióticos, sendo que altos níveis desta ERO induzem uma série de respostas que culminam na morte celular (STAEL et al., 2015; MITTLER, 2017). Entretanto, em níveis basais esta molécula atua na ativação da biossíntese de lignina, conferindo maior resistência mecânica às plantas (SHAFI et al., 2015). Uma maior lignificação da planta de milho pode ser indesejável quando o objetivo da cultura é a produção de silagem ou forragem, uma vez que é indigerível e até mesmo tóxica à flora dos ruminantes (VAN SOEST, 1994; WALLSTEIN; HATFIELD, 2016), todavia, para a produção de grãos um maior teor de lignina implica em diversos benefícios, como maior resistência a pragas e doenças (SANTIAGO et al., 2013; BARROS-RIOS et al., 2015) e menor susceptibilidade ao quebraamento de colmos, como observado neste trabalho.

Os tratamentos T5 [(T+E) + D / 2x(E+C)] e T6 [3x (E+C)] registraram os maiores níveis de celulose (Tabela 5). No início do desenvolvimento de uma doença, diversos fungos são capazes de secretar enzimas celulolíticas para penetração no tecido vegetal (WOOD, 1960). Dessa forma, o maior teor de celulose observado nos tratamentos em questão pode ser um reflexo do maior controle de patógenos, o que também é refletido pela maior força de quebraimento demandada também por estes tratamentos. Recentemente teores de celulose em plantas de milho vêm sendo alvo de interesse crescente na indústria, devido à expansão da produção de bioetanol de segunda geração, o qual tem a celulose como principal substrato (BREITENBACH et al., 2015).

Conforme a expectativa, os tratamentos T4, T5 e T6 resultaram no maior acúmulo de lignina + celulose, enquanto que os demais não diferiram entre si (Tabela 5). A celulose e a lignina são, respectivamente, o primeiro e o terceiro polímeros orgânicos mais abundantes do mundo (TIAN et al., 2017). Não obstante, estes compostos interferem diretamente sobre a velocidade e a integridade de degradação de resíduos vegetais (MESCHEDE et al., 2012). Diante dessas informações, os resultados demonstram que os tratamentos contendo carboxamida não foram benéficos somente pelos efeitos sanitários e fisiológicos sobre a cultura (e conseqüentemente, pela maior produtividade de grãos e integridade do colmo, como apresentado neste trabalho), o uso deste grupo químico também favorece a formação de palhada de maior longevidade, o que contribui para uma melhor cobertura e preservação de solos (SIQUEIRA-NETO et al., 2010) e sustentabilidade do agroecossistema.

Tabela 5. Quantidade de lignina, celulose e lignina + celulose em kg ha⁻¹ nos colmos da cultura do milho submetida a diferentes tratamentos com fungicidas, compostos por triazol (T), estrobilurina (E), ditiocarbamato (D) e carboxamida (C). Uberlândia - MG, 2016.

Tratamentos	Lignina (kg ha ⁻¹)	Celulose (kg ha ⁻¹)	Lignina + celulose (kg ha ⁻¹)
T1- Testemunha	224,50 b	1043,59 b	1268,09 b
T2- 3x (T+E)	226,00 b	1064,84 b	1291,64 b
T3- 3x (T+E) + D	225,39 b	1077,59 b	1302,98 b
T4- (T+E) / 2x (E+C)	245,68 a	1104,37 b	1350,05 a
T5- (T+E) + D / 2x (E+C)	263,80 a	1131,66 a	1395,46 a
T6- 3x (E+C)	253,09 a	1173,36 a	1426,45 a

*Médias seguidas por letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

As maiores produtividades e os maiores pesos de matéria seca de colmo foram alcançados nos tratamentos com presença do grupo químico de fungicidas das carboxamidas, ou seja, os tratamentos T4 $[(T + E) / 2x (C+E)]$, T5 $[(T + E) + D / 2x (C+E)]$ e T6 $[3x (C+E)]$ (Figura 1 e 2). Isso se deve ao fato desses tratamentos terem conferido maior integridade do aparato fotossintético para produção de fotoassimilados. Além da manutenção da área foliar verde, de acordo com os demais parâmetros avaliados neste experimento, é perceptível que o manejo de doenças não foi o único fator responsável pela alta produtividade. Fleitas et al. (2015) observaram que a aplicação foliar de fluxapiraxade em trigo resultou em maior produtividade e maior teor de proteína em grãos, atribuindo os resultados a um possível efeito fisiológico da carboxamida. Semelhantemente, Kandel et al. (2016), avaliando estratégias de manejo químico na cultura da soja, também observaram incrementos de produtividade mediante a pulverização de fluxapiraxade, não relacionados ao controle de patógenos.

No presente estudo, foi observado que a aplicação de carboxamidas aumentou a deposição de lignina em colmos. Segundo Khan et al. (2014), um maior teor de lignina em plantas de milho está diretamente relacionado à maior produtividade da cultura. Outra possibilidade seria o efeito das carboxamidas sobre o processo fotossintético. Ajigboye et al. (2014) demonstraram que plantas de trigo, tanto em condições ideais quanto de déficit hídrico, tiveram aumento da eficiência do fotossistema II, associados à maiores taxas de assimilação de CO_2 e de condutância estomática quando pulverizadas com a mistura de isopyrazam, fungicida com o mesmo mecanismo de ação do fluxapiraxade, o que pode implicar em maiores atividades estomáticas e consequentemente em maiores produtividades.

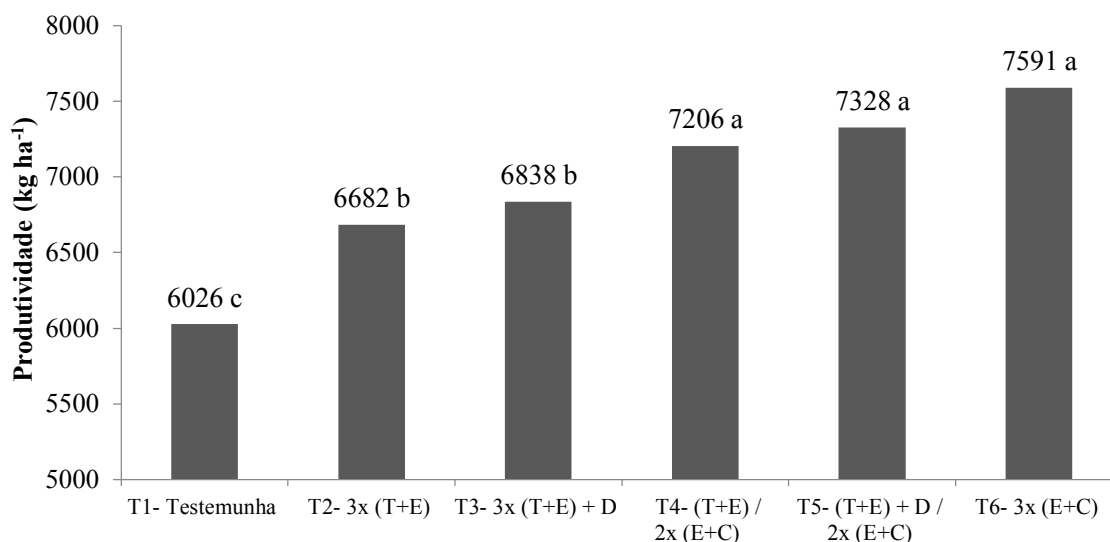


Figura 1. Produtividade de grãos da cultura do milho submetida a diferentes tratamentos com fungicidas, compostos por triazol (T), estrobilurina (E), ditiocarbamato (D) e carboxamida (C). Uberlândia - MG, 2016.

*Médias seguidas por letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

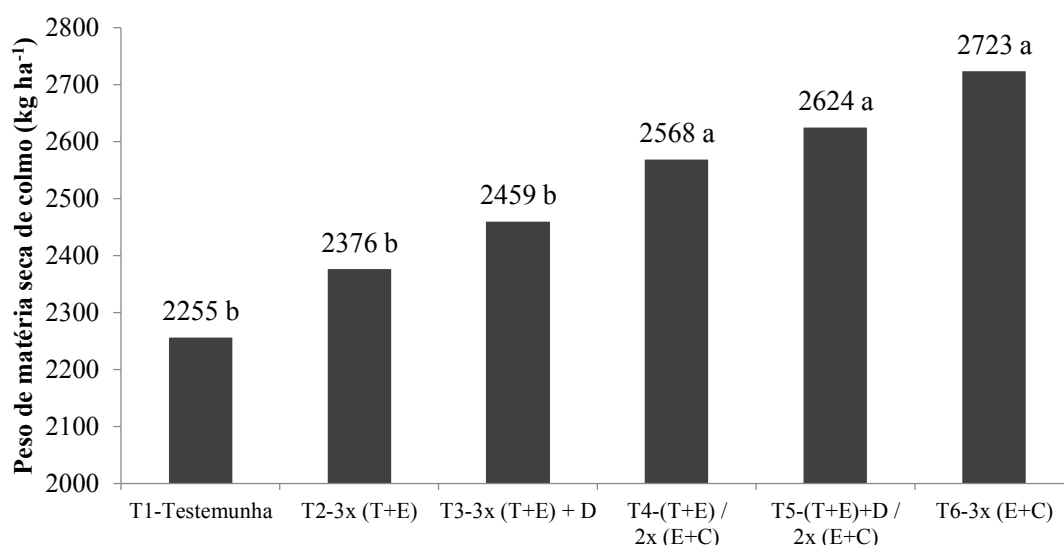


Figura 2. Peso de matéria seca de colmo da cultura do milho submetida a diferentes tratamentos com fungicidas, compostos por triazol (T), estrobilurina (E), ditiocarbamato (D) e carboxamida (C). Uberlândia - MG, 2016.

*Médias seguidas por letras iguais pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Sconott a 0,05 de significância.

4 CONCLUSÕES

Tratamentos com carboxamida proporcionam maior produtividade de grãos, maior peso de matéria seca de colmo e maior integridade de colmo (densidades, quantidade de lignina e de celulose e força de quebramento).

Além dos efeitos benéficos sanitários e fisiológicos que as carboxamidas proporcionam à cultura do milho, o uso desse grupo químico também favorece a formação de palhada.

REFERÊNCIAS

- AJIGBOYE, O.O.; MURCHIE, E.; RAY, R.V. Foliar application of isopyrazam and epoxiconazole improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 114, p. 52-60, 2014.
- ALVIM, K.R.T.; BRITO, C.H.; BRANDÃO, A.M.; GOMES, L.S.; LOPES, M.T.G. Redução da área foliar em plantas de milho na fase reprodutiva. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 413-418, 2011.
- ARAÚJO, W.L.; NUNES-SESI, A.; OSORIO, S.; USADEL, B.; FUENTES, D.; NAGY, R.; BALBO, I.; LEHMANN, N.; STUDART-WITKOWSKI, C.; TOHGE, T.; MARTINOIA, E.; JORDANA, X.; DAMATTA, F.M.; FERNIE, A.R. Antisense Inhibition of the Iron-Sulphur Subunit of Cuccinate Dehydrogenase Enhances Photosynthesis and Growth in Tomato via an Organac Acid-Mediated Effect on Stomatal Aperture. **The Plant Cell**, v. 23, p. 620-627, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1990. **Official methods of analysis**. 15 ed. Washington D.C. 1298p.
- AUGUSTI, G.R.; SARI, B.G.; COSTA, I.F.D.; RODRIGUES, J.S.; GUERRA, R.C. Aplicações preventivas e erradicantes de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.3, p. 288-289, 2014.
- BARROS-RIOS, J.; SANTIAGO, R.; JUNG, H.J.G.; MALVAR, R.A. Covalent cross-linking of cell-wall polysaccharides through esterified diferulates as a maize resistance mechanism against corn borers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, n.8, p.2206-2214, 2015.
- BLUM, L.E.B.; SANGOI, L.; AMARANTE, C.V.T.; ARIOLI, C.J.; GUIMARÃES, L.S. Desfolha, população de plantas e precocidade do milho afetam a incidência e a severidade de podridões de colmo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 805-812, 2003.
- BOMFETI, C.A.; MEIRELLES, W.F.; SOUZA-PACCOLA, E.A.; CASELA, C.R.; FERREIRA, A.S.; MARRIEL, I.E.; PACCOLA-MEIRELLES, L.D. Avaliação de produtos químicos comerciais, in vitro e in vivo, no controle da doença foliar, mancha branca do milho, causada por *Pantoea ananatis*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 1, p. 63-67, 2007.
- BREITENBACH, M.; WEBER, M.; RINNERTHALER, M.; KARL, T.; BREITENBACH-KOLLER, L. Oxidative Stress in Fungi: Its Function in Signal Transduction, Interaction with Plant Hosts, and Lignocellulose Degradation. **Biomolecules**, v.5, p.318-342, 2015.
- BRITO, A.H.; Pinho, R.G.V.; PEREIRA, J.L.A.R.; BALESTE, M. Controle químico da Cercosporiose, Mancha-Branca e dos Grãos Ardidos em milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 629-635, 2013.
- CARRIJO, D.R. **Efeitos fisiológicos provocados pelo fungicida Fluxapiraxade, isolado e em mistura com a Piraclostrobina, na cultura da soja**. 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2014.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 3 – Safra 2015/2016, n. 12. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf>. Acesso em: 03 maio 2017.

DIGENEN, J.V.; ANTONIOU, C.; FILIPPOU, P.; POLLIER, J.; GONZALEZ, N.; DHONDT, S.; GOOSSENS, A.; FOTOPOULOS, V.; INZÉ, D. Strobilurins as growth-promoting compounds: how Strobily regulates Arabidopsis leaf growth. **Plant, Cell & Environment**, no prelo, 2017.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

FERNANDÉZ-ORTUÑO, D.; TORÉS, J.A.; DE VICENTE, A.; PÉREZ-GARCÍA, A. Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. **International Microbiology**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2008.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FILIPPOU, P.; ANTONIOU, C.; OBATA, T.; VAN DER KELEN, K.; HAROKOPOS, V., KANETIS, L.; FOTOPOULOS, K. Kresoxim-methyl primes *Medicago truncatula* plants against abiotic stress factors via altered reactive oxygen and nitrogen species signalling leading to downstream transcriptional and metabolic readjustment. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, p. 1259–1274, 2016.

FLEITAS, M.C.; GERARD, G.S.; SIMÓN, M.R. Eficacia de fungicidas sobre la roya de la hojuela del trigo y su efecto sobre componentes del rendimiento y porcentaje de proteínas en grano. **Revista FAVE – Ciencias Agrárias**, v.14, n.2, p.1-16, 2015.

GLEASON, C.; HUANG, S.; THATCHER, L.F.; FOLEY, R.C.; ANDERSON, C.R.; CARROLL, A.J.; MILLAR, A.H.; SINGH, K.B. Mitochondrial complex II has a key role in mitochondrial-derived reactive oxygen species influence on plant stress gene regulation and defense. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.108, n.26, p.10768-10773, 2011.

GOMES, L.S.; BRANDÃO, A.M.; BRITO, C.H.; MORAES, D.F.; LOPES, M.T.G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebraamento do colmo em milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 140-145, 2010.

HEUSINKVELD, H.J.; MOLENDIJK, J.; BERG, M. WESTERINK, R.H.S. Azole fungicides disturb intracellular Ca^{2+} in an additive manner in dopaminergic PC12 cells. **Toxicological Sciences**, v. 134, n. 2, p. 374-381, 2013.

HUANG, S.; MILLAR, A.H. Succinate dehydrogenase: the complex roles of a simple enzyme. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, p. 344-349, 2013.

JULIATTI, F.C.; APPELT, C.C.N.S.; BRITO, C.H.; GOMES, L.S.; BRANDAO, A.M.; HAMAWAKI, O.T.; MELO, B. Controle da feosfêria, ferrugem comum do milho e cercosporiose pelo uso da resistência genética, fungicidas e épocas de aplicação na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, p. 45-54, 2004.

JULIATTI, F.C.; ALVIM JR, M.G.; PARREIRA, F.O.S.; SILVA, P.S.; JULIATTI, B.C.M.; ALVIM, M.S.; RESENDE, A.A.; SAGATA, E. Eficiência do controle químico do complexo mancha branca do milho. **Tropical Plant Pathology**, v. 91, p. 1166-1171, 2001.

- KANDEL, Y.R.; WISE, K.A.; BRADLEY, C.A.; CHILVERS, M.I.; TENUTA, A.U.; MUELLER, D.S. Fungicides and cultivar effects on Sudden Death Syndrome and Yield of Soybean. **Plant Disease**, v. 100, p. 1339-130, 2016.
- KHAN, N.A.; YU, P.; ALI, M.; CONE, J.W.; HENDRIKS, W.H. Nutrition value of maize silage in relation to dairy cow performance and mil quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 238-252, 2014.
- LAI, Y-R.; LIN, P-Y.; CHEN, C-Y.; HUANG, C-J. Feasible Management of Southern Corn Leaf Blight via Induction of Systemic Resistance by *Bacillus cereus* C1L in Combination with Reduced Use of Dithiocarbamate Fungicides. **Plant Pathology Journal**, v.32, n.5, p. 484-488, 2016.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, A.C. Efeitos do quebramento do colmo no rendimento de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, n. 3, p. 279-289,1998.
- MESCHEDE, D.K.; VELINI, E.D.; CARBONARI, C.A.; MORAES, C.P. Teores de lignina e celulose em plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.121-127, 2012.
- MITTLER, R. ROS are good. **Trends in Plant Science**, v.22, n.1, p.11-19, 2017.
- RAMOS, A.R.P.; AMARO, A.C.E.; MACEDO, A.C.; Sugawara, G.S.A.; EVANGELISTA, R.M.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Fruit quality of tomato 'giuliana'treated with products with physiological effects. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3543-3552, 2013.
- REZENDE, W.S. **Implicações da desfolha precoce e da proteção química à mancha branca na cultura do milho**. 2014. 36f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2014.
- REZENDE, W.S.; BRITO, C.H.; BRANDÃO, A.M.; FRANCO, C.J.F.; FERREIRA, M.V.; FERREIRA, A.S. Desenvolvimento e produtividade de grãos de milho submetido a níveis de desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 203-209, 2015.
- ROCHA, A.J. S; MÜHL, F.R.; RITTER, A.F.S.; MOREIRE, A.; FELDMANN, N.A.; RHODEN, A.; BALBINOT, M. Avaliação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja na safra 2014/2015. **Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, Itapiranga, n. 1, 2016.
- RODRIGUES, M.A.T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. 2006. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2006.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.D.; LECH, V.A.; GRACIETTI, L.C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.
- SANTIAGO, R.; BARROS-RIOS, J.; MALVAR, R.A. Impact of Cell Wall Composition on Maize Resistance to Pests and Diseases. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 4, p. 6960-6980, 2013.
- SANTOS, P.G.; JULIATTI, F.C.; BUIATTI, A.L.; HAMAWAKI, O.T. Avaliação do desempenho agrônomico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

- SANZ-MARTÍN, J.M.; POSTIGO, V. First Report of *Colletotrichum graminicola* Causing Maize Anthracnose Stalk Rot in the Alentejo Region, Portugal. **Plant Disease**, v.100, n.3, p. 648, 2016.
- SHAFI, A.; CHAUHAN, R.; GILL, T.; SWARNKAR, M.K.; SREENIVASLU, Y.; KUMAR, S.; KUMAR, N.; SHANKAR, R.; AHUJA, P.S.; SINGH, A.K. Expression of SOD and APX genes positively regulates secondary cell wall biosynthesis and promotes plant growth and yield in *Arabidopsis* under salt stress. **Plant Molecular Biology**, v. 87, n. 6, p. 615-631, 2015.
- SIEROTZKI, H; SCALLIET, G. A Review of Current Knowledge of Resistance Aspects for the Next-Generation Succinate Dehydrogenase Inhibitor Fungicides. **Phytopathology**, v. 103, n. 9, p. 880-887, 2013.
- SIQUEIRA-NETO, M.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; CARDOSO, A.N.; DOUZET, J.-M.; FELLER, C.; PICCOLO, M. de C.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: An on-farm synchronic assessment. **Soil and Tillage Research**, v. 110, p. 187-195, 2010.
- STAEEL, S.; KMIĘCIK, P.; WILLEMS, P.; VAN DER KELEN, K.; COLL, N.S.; TEIGE, M.; BREUSEGEM, F. Plant innate immunity – sunny side up? **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 1, p. 3-11, 2015.
- STEWART, T.M.; PERRY, A.J.; EVANS, M.J. Resistance of *Zymoseptoria tritici* to azoxystrobin and epoxiconazole in the lower North Island of New Zealand. **New Zealand Plant Protection**, v. 67, p. 304-313, 2014.
- TIAN, M.; MCORMICK, R.L.; RATCLIFF, M.A.; LUECKE, J.; YANOWITZ, J.; GLAUDE, P.-A.; CUIJPERS, M.; BOOT, M.D. Performance of lignin derived compounds as octane boosters. **Fuel**, v. 189, p. 284-292, 2017.
- USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Foreign Agricultural Service – PSD online**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em 03 de maio 2017.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- WALLSTEIN, J.; HATFIELD, R. Cell wall chemical characteristics of whole-crop cereal silages harvested at three maturity stages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p. 3604-3612, 2016.
- WOOD, R.K.S. Pectic and Cellulolytic Enzymes in Plant Disease. **Annual review of Plant Physiology**, v. 11, p. 299-322, 1960.
- XAVIER, S.A.; KOGA, L.J.; BARROS, D.C.M.; CANTERI, M.G.; LOPES, I.O.N.; GODOY, C.V. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 3, p. 191-196, 2015.
- ZHANG, Y.; HE, J.; JIA, L.-J.; YUAN, T.-L.; ZHANG, D.; GUO, Y.; WANG, Y.; TANG, W.-H. Cellular Tracking and Gene Profiling of *Fusarium graminearum* during Maize Stalk Rot Disease Development Elucidates Its Strategies in Confronting Phosphorus Limitation in the Host Apoplast. **PLOS Pathog**, v. 12, n.13, 2016.