

KAREN RODRIGUES DE TOLEDO ALVIM

INFLUÊNCIA DE FUNGICIDA E ADUBAÇÃO FOLIAR EM
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E SANITÁRIAS DA CULTURA DO
MILHO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Césio Humberto de Brito

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

KAREN RODRIGUES DE TOLEDO ALVIM

INFLUÊNCIA DE FUNGICIDA E ADUBAÇÃO FOLIAR EM
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E SANITÁRIAS DA CULTURA DO
MILHO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2011.

Prof. Dr. Carlos Machado dos Santos

UFU

Profa. Dra. Maria Amelia dos Santos

UFU

Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque

EPAMIG

Prof. Dr. Césio Humberto de Brito
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

Dedico,

Às minhas filhas Lara, Ana Flávia e Luísa

Ao meu marido Cássio

Pelo estímulo, carinho e apoio.

AGRADECIMENTOS

Á DEUS por ter me concedido todas as oportunidades que muitos não tiveram, e por ter me acompanhado sempre. Por ter me feito acreditar que quando amamos e acreditamos do fundo de nossa alma em algo, somos tomados de uma serenidade que vem da certeza de que nada poderá vencer a nossa fé. Grata sou a ti ó DEUS, pois sem ti nada sou e nada posso fazer.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Césio Humberto de Brito, pela orientação, ensinamentos e confiança durante a realização deste trabalho.

À empresa Syngenta Seeds® pela implantação e execução deste projeto e aos seus pesquisadores, especialmente Dr. Luiz Savelli Gomes e Afonso Maria Brandão, e aos membros de sua equipe pela colaboração na condução do experimento.

Aos alunos do curso de graduação em Agronomia da UFU que contribuíram nas análises finais.

Aos meus familiares especialmente meu esposo que tem sido um companheiro nesta jornada, e às minhas filhas que amo tanto, pelo constante apoio e incentivo e por compreenderem a minha ausência em momentos importantes. Acreditando que o exemplo fala mais que muitas palavras.

Enfim, à todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o alcance de mais essa vitória.

Muito Obrigada!

“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire entendimento; porque melhor é o lucro que ela dá do que o lucro da prata, e melhor a sua renda do que o ouro mais fino. Mais preciosa é do que pérolas, e nada do que possas desejar é comparável a ela”.

Provérbios 3: 13-15

(Bíblia Sagrada)

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRAT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A cultura do milho	3
2.2 Doenças do milho	4
2.2.1 Manchas foliares	5
2.2.2 Grãos ardidos	9
2.3 Uso de fungicidas na proteção foliar e redução de grãos ardidos.....	11
2.4 Nutrição foliar no milho	14
2.4 Nutrição foliar <i>versus</i> severidades de doenças	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Localização das áreas experimentais	22
3.2 Delineamento experimental	22
3.3 Caracterização dos híbridos	23
3.4 Semeadura e condução.....	24
3.5 Aplicação dos tratamentos nas subparcelas	25
3.6 Avaliações.....	27
3.6.1 Severidade de doenças	27
3.6.2 Porcentagem de área foliar útil	28
3.6.3 Resistência das raízes ao arranquio	28
3.6.4 Integridade de colmo	29
3.6.5 Estande e porcentagem de plantas eretas	32
3.6.6 Colheita.....	32
3.6.7 Grãos ardidos	33
3.6.8 Produtividade	34
3.7 Análise estatística	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Nova Resende - MG	37
4.1.1 Análise de variância.....	37
4.1.2 Produtividade bruta.....	38
4.1.3 Grãos ardidos	41

4.1.4 Produtividade líquida	44
4.1.5 Integridade de colmos e resistência de raízes	46
4.1.6 Área foliar útil.....	50
4.1.7 Severidade de doenças	52
4.2 Iraí de Minas - MG	59
4.2.1 Análise de variância.....	59
4.2.2 Produtividade bruta, grãos ardidos e produtividade líquida	60
4.2.3 Integridade de colmos e resistência de raízes	62
4.2.4 Área foliar útil.....	65
4.2.5 Severidade de Doenças	66
4.3 Jataí - GO	72
4.3.1 Análise de variância.....	72
4.3.2 Produtividade bruta, grãos ardidos e produtividade líquida	73
4.3.3 Integridade de colmos e resistência de raízes	75
4.3.4 Área foliar útil.....	78
4.3.5 Severidade de doenças	80
4.4 Correlação de Spearman entre locais para severidade de doenças	83
5 CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS.....	86
ANEXOS	99

RESUMO

ALVIM, KAREN RODRIGUES DE TOLEDO. **Influência de fungicida e adubação foliar em características agrônômicas e sanitárias da cultura do milho.** 2011. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

O que define o potencial máximo de produção de uma cultura é o conjunto de fatores relacionados ao histórico da área; ao material genético; às práticas de cultivo; condições climáticas; etc. Dentre estas práticas destacam-se a disponibilidade de nutrientes e a utilização de químicos na proteção contra patógenos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência da proteção e da nutrição foliar em oito híbridos de milho de alto potencial produtivo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de subparcela com seis repetições e área útil de 12,48 m². Os híbridos compunham a parcela e foram submetidos a oito tratamentos (subparcela): Testemunha (sem aplicação); Foliar 1 (N (5%), P₂O₅ (8%), K₂O (8%), Ca (1%), Mg (0,5%), S (2,5%), Zn (1%), B (0,5%), Mn (0,5%), Cu (0,2%), Fe (0,1%), Mo (0,1%) – dose: 1 L ha⁻¹); Foliar 2 (30% de H₃PO₃ + 9% de Mn²⁺, densidade = 1,45 g mL⁻¹ – dose: 2 L ha⁻¹); Foliar 3 (1,5% de Co + 15% de Mo, densidade = 1,61 g mL⁻¹ – dose: 150 mL ha⁻¹); Proteção (azoxistrobina - 200 g L⁻¹ + ciproconazol - 80 g L⁻¹ - dose: 300 mL ha⁻¹ + 0,5 % Nimbus); Foliar 1 + Proteção; Foliar 2 + Proteção; Foliar 3 + Proteção. Foram realizadas quatro aplicações. As aplicações foram iniciadas no estágio V₈ e intervaladas de 21 dias. As variáveis analisadas foram: produtividade bruta, grãos ardidos, produtividade líquida, porcentagem de área foliar útil, integridade das raízes, qualidade de colmo e severidade de doenças. Conclui-se que a proteção fungicida foi o fator que mais contribuiu para a manutenção do potencial produtivo dos híbridos utilizados. A nutrição da área foliar utilizando compostos à base de fosfito de manganês e cobalto + molibdênio podem exercer um importante papel na manutenção da qualidade vegetativa de raízes e de colmos, além de exercerem um papel ainda desconhecido na redução da produção de grãos ardidos.

Palavras-chave: *Zea mays* L., micronutrientes, fungicidas, azoxistrobina, ciproconazole, grãos ardidos.

¹ Orientador: Dr. Césio Humberto de Brito - UFU.

ABSTRACT

ALVIM, KAREN RODRIGUES DE TOLEDO. **Influence of fungicide and foliar fertilization on the maize's health and agronomic characteristics.** Uberlândia: UFU, 2011. 105f. Dissertation (Master Program Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.²

What defines the maximum potential of a culture's production is the set of factors related to: the history of the area, the genetic material, growing practices, climatic conditions, etc. Among these practices, the availability of nutrients and the use of chemicals for protection against pathogens are highlighted. Therefore, the objective of the present work was to verify the influence of foliar nutrition and protection in eight maize hybrids with high productive potential. The experimental design consisted of blocks randomized in sub-plots with six replicates and a floor area of 12.48 m². The plot was formed by the hybrids, which were submitted to eight treatments (subplots): control (no application); Leaf 1 (N (5%), P₂O₅ (8%), K₂O (8%), Ca (1%), Mg (0.5%), S (2.5%), Zn (1%), B (0.5%), Mn (0.5%), Cu (0.2%), Fe (0.1%), Mo (0.1%) - Dose: 1 L ha⁻¹), Leaf 2 (30% of H₃PO₃ + 9% of Mn²⁺, density = 1.45 g mL⁻¹ - Dose: 2 L ha⁻¹) ; Leaf 3 (1.5% Co + 15% Mo, density = 1.61 g mL⁻¹ - Dose: 150 mL ha⁻¹); Protection (azoxystrobin - 200 g L⁻¹ + cyproconazole - 80 g L⁻¹ - Dose: 300 mL ha⁻¹ + Nimbus 0.5%); Leaf 1 + Protection, Leaf 2 + Protection, Leaf 3 + Protection. Four applications were made. Applications were initiated at the V₈ stage and 21-day intervals. The variables analyzed were: gross productivity, damaged kernels, net productivity, percentage of useful leaf area, integrity of the roots, quality of stem and severity of diseases. It was concluded that fungicide protection was the factor that most contributed to the maintenance of the productive potential of the hybrids used. The nutrition of the leaf area by using manganese phosphite and cobalt + molybdenum based compounds may play an important role in maintaining the vegetative quality of roots and stem, and they also play a role, yet unknown in reducing the production of rotten grains.

Key words: *Zea mays* L., micronutrients, fungicides, azoxystrobin, cyproconazole, damaged kernels.

² Major Professor: Dr. Césio Humberto de Brito - UFU.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (2009), a produção de alimentos deverá crescer 70% até o ano de 2050 para suprir as crescentes necessidades da população mundial. As atuais preocupações com essa demanda de alimentos só podem ser atenuadas por meio de duas possibilidades: cultivar em novas terras ou produzir mais em terras já cultivadas. No entanto, a abertura de novas áreas agrícolas se defronta com problemas ambientais importantes como a conversão de ecossistemas naturais em terra arável, a degradação da biodiversidade e a exposição do solo à erosão. Além disso, muitos países não possuem mais área para expandir sem, contudo, afetar leitos de rios e áreas de preservação permanente. Só resta então, desenvolver tecnologias que permitam aumentar a produtividade das principais culturas que servem como alimento direta ou indiretamente.

Atualmente, a produção mundial de milho é de cerca de 826 milhões de toneladas em 180 milhões de hectares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). O Brasil produziu em 2009/2010 55,60 milhões de toneladas em 12,85 milhões de hectares. Embora seja o 3º maior produtor mundial, a produtividade brasileira (4.325 kg ha^{-1}) ainda é menor que a dos EUA ($10.000 \text{ kg ha}^{-1}$), Argentina (5.600 kg ha^{-1}), Canadá (9.061 kg ha^{-1}), Egito (8.516 kg ha^{-1}) e até Irã (7.619 kg ha^{-1}). Essa situação acontece devido aos rendimentos contrastantes observados em diferentes regiões brasileiras e são dependentes dos sistemas de cultivo e da finalidade da cultura (UNITED STATES DEPARTMENT AGRICULTURE - USDA, 2010).

A busca de alternativas que auxiliem na expressão do potencial produtivo que o melhoramento genético tem alcançado com os híbridos de milho é um desafio para toda a comunidade científica e uma alternativa importante para amenizar as preocupações apresentadas pela FAO.

As modificações ocorridas no sistema de produção após a inclusão destes híbridos são responsáveis pela maior incidência e severidade de doenças. Desse modo, a expansão da fronteira agrícola, a ampliação das épocas de semeadura (safra e 2ª safra), o monocultivo, a adoção do sistema de plantio direto, o aumento do uso de sistemas de irrigação, o aumento na densidade de plantas e o uso de genótipos altamente produtivos, porém susceptíveis, proporcionaram modificações importantes na dinâmica populacional dos patógenos, resultando no surgimento, a cada safra, de novos problemas relacionados à ocorrência de doenças (VIANA, 2009).

Por isso, é necessário que se dê ênfase à recomendação de manejo das doenças, o que passa a indicar, além do uso de cultivares mais resistentes, o tratamento de sementes, o emprego de práticas culturais como rotação de culturas e a sincronização de épocas de semeadura. Mais recentemente acrescentou-se a proteção da área foliar com a utilização de aplicações de fungicidas.

Além disso, a necessidade de aumentar a produtividade brasileira despertou para uma crescente preocupação com a nutrição foliar. Segundo Coelho e Filho (2006), os fatores que contribuíram para esse fato foram: desenvolvimento de híbridos com elevado potencial produtivo e com maior exigência nutricional; uso de fórmulas de fertilizantes de alta concentração, o que reduziu a oferta de micronutrientes como impurezas; avanço da fronteira agrícola para os solos ácidos e pobres dos Cerrados e correção de acidez com elevação do pH do solo, diminuindo a disponibilidade de zinco, boro, cobre, ferro e manganês.

Yamada e Abdalla (2006) mostraram que um fator comum entre os agricultores detentores de recordes de produtividade é a habilidade em identificar e manter um ambiente altamente produtivo do ponto de vista nutricional. Estes afirmam, também, que a disponibilidade de nutrientes deve estar sincronizada com o requerimento da cultura em quantidade, forma e tempo.

A qualidade do milho produzido, também, é outra questão importante quando se fala em aumento de produtividade envolvida com a necessidade de disponibilidade de alimento, principalmente no que diz respeito à infestação por fungos produtores de micotoxinas, conhecidos como grãos ardidos. Esses fungos consomem grande parte da reserva do grão tornando-os “chochos” e levando à perda de rendimento. Mas a preocupação maior se deve ao fato de que grande parte da produção mundial de milho, cerca de 80%, destina-se à composição de ração animal. Sendo assim, essas micotoxinas, muitas vezes carcinogênicas, afetam diretamente a população consumidora destas carnes.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi o estudo da influência da proteção foliar, pelo uso de fungicida, da nutrição foliar e da interação entre estes, visando à produtividade, à manutenção da integridade da planta e à qualidade dos grãos produzidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do milho

O milho, que já foi a base da alimentação de muitos povos na América pré-colombiana, surgiu no planalto onde hoje se localiza o México há cerca de sete mil anos. O grão permaneceu desconhecido para o resto do mundo até o final do século XV, quando exploradores espanhóis levaram sementes para a Europa, onde posteriormente foi classificado pelo botânico, zoólogo e médico sueco Carlos Lineu como *Zea mays*. Uma vez na Europa, a cultura do milho se expandiu rapidamente para todos os continentes (USDA, 2010), sendo atualmente é a terceira cultura mais cultivada no mundo, perdendo somente em volume para a de trigo e a de arroz (INSTITUTO FNP, 2009).

Mesmo com sua expansão, até pouco tempo essa cultura tinha maior importância social do que econômica, além de ser, muitas vezes, considerada uma cultura rústica, de produção familiar e sem muito potencial para a ampliação de novas tecnologias.

No período de 1974 a 2010, a área plantada de milho no mundo passou de 118,7 para 178,9 milhões de hectares, representando crescimento de 50,71%. A produtividade cresceu de 2,52 para 4,62 t ha⁻¹, ou seja, aumento de 83,3%. A produção foi de 299,8 para 826 milhões de toneladas, um incremento de 175,51%.

O consumo passou de 292,9 para 729 milhões de toneladas, um avanço de 249%. O estoque de 192,9 milhões de toneladas em 1999/00 (suficiente para 116,4 dias de consumo) caiu para 87,9 milhões de toneladas em 2006/07 (44 dias de consumo). Este foi o menor estoque desse período. O consumo de milho no mundo nas últimas safras apresentou um incremento médio anual de 17,73 milhões de toneladas (INSTITUTO FNP, 2010, IBGE, 2010, USDA, 2010).

Além de ser o cereal mais consumido no mundo, o milho é uma das plantas mais eficientes na utilização de energia solar. Segundo Bonhomme et al (1982) a Eficiência de Utilização de Radiação (RUE) para uma planta ser considerada eficaz na conversão de energia solar em biomassa deve ser de 3 g MJ⁻¹, no pleno desenvolvimento vegetativo. Vários autores encontraram valores acima destes para o milho, Kiniry et al (1989) encontraram 3,5 g MJ⁻¹, Muchow e Davis (1988) encontraram 3,56 g MJ⁻¹, Cirilo e Andrade (1994) encontraram 4,2 g MJ⁻¹; e mais recentemente, Müller et al (2005) e Kunz et al (2007) encontraram, respectivamente, 3,58 e 4,0 g MJ⁻¹. Enquanto que para o arroz e o girassol a eficiência é de 2,2 g MJ⁻¹, para o trigo 2,3 g MJ⁻¹ e para o

sorgo 2,8 g MJ⁻¹ (KINIRY et al, 1989; MUCHOW; DAVIS, 1988). Essa característica faz da planta uma excelente opção para a produção de massa verde utilizada principalmente na produção de silagem.

O milho é cultivado nas mais diversas condições ambientais, em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá) e 40° de latitude Sul (Argentina), e nas mais diversas altitudes (LIMA, 2007).

No cerrado brasileiro o milho tem duas épocas de cultivo: o plantio de verão e a safrinha. O plantio de verão, ou primeira safra, é realizado durante o início do período chuvoso. Já a 2ª safra, refere-se ao milho de sequeiro, plantado de janeiro a março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo. Embora sob condições climáticas desfavoráveis, os plantios da 2ª safra vêm sendo conduzidos dentro de sistemas de produção cada vez mais adaptados a essas condições, o que tem contribuído para elevar os rendimentos das lavouras (DUARTE et al., 2006).

Desde a década de 80 vários autores relatavam rendimentos de 12 t ha⁻¹ em latitude 18° S e altitude de 1.500 m (FISHER; PALMER, 1983). Em terras baixas tropicais, os rendimentos podem atingir de 3 a 7 t ha⁻¹. Em regiões temperadas, rendimentos máximos próximo de 20 t ha⁻¹ são relatados. Rendimentos comerciais de 10 t ha⁻¹ são comuns (FISCHER; EDMENDES, 2010).

O milho possui ampla utilização na indústria moderna, indo desde a produção de colas, resinas e glicose até o alimento humano. Estima-se que mais de 3.500 produtos industrializados utilizem o milho como matéria-prima segundo a Associação Brasileira das Indústrias do Milho (ABIMILHO). Entretanto, sua principal utilização é na produção de ração animal, o que consome 80% da produção mundial do milho. Na alimentação humana, o milho é comumente empregado na forma *in natura*, como milho verde ou na forma de subprodutos, como pão, farinha e massas (PINAZZA; ALIMANDRO, 1998), além de atender à atual demanda na fabricação de combustíveis limpos. Essa ampla utilização justifica os investimentos atuais em desenvolvimento de produtos e técnicas de cultivo do milho.

2.2 Doenças do milho

Segundo a Agrocere (1996) e Reis et al (2004), há no Brasil pelo menos 20 patógenos que ocorrem na cultura do milho e que podem causar prejuízos expressivos aos produtores.

2.2.1 Manchas foliares

Os danos associados às doenças foliares são consequências da destruição dos tecidos fotossintéticos, devido ao aumento do número e da área de lesões. Com a necrose e a seca prematura das folhas ocorre redução da interceptação da radiação solar e alterações na translocação de fotossintatos para o enchimento de grãos. Limitações impostas às folhas, pela perda de área foliar, induzem o colmo a redirecionar fotoassimilados em maior quantidade ao enchimento de grãos, fragilizando-o e facilitando a ocorrência de podridões (SANGOI et al, 2000; ALVIM, 2008). Neste sentido, diversos patógenos responsáveis por podridões de colmo podem migrar para a espiga, favorecendo a ocorrência de grãos ardidos (RIBEIRO et al, 2005; ALVIM, 2008). Segundo Silveira (2008), a perda de área foliar no estágio R₂, em um híbrido de milho com alto potencial genético, prejudica todos os caracteres agrônômicos importantes para a cultura. Quando a perda é maior que 41%, há um comprometimento significativo da produtividade, do peso de 1000 grãos, da densidade da espiga e da qualidade do colmo e da raiz, independente da porção da planta desfolhada. Contudo, quando há perda das folhas acima da espiga, por serem as essas fotossinteticamente mais ativas, pode ocorrer queda na produtividade superior a 20 %.

Segundo Casa e Reis (2003), o aumento da população de plantas, associado à redução de espaçamento tem aumentado a incidência de doenças foliares, de colmo e de espiga na cultura do milho. Com maior densidade, há menor circulação de ar no interior do dossel, o que favorece um período mais prolongado de deposição de orvalho nas folhas, estimulando a germinação de esporos de fungos que ocasionam as doenças foliares (SANGOI et al, 2003).

Dentre as doenças foliares do milho, as principais são causadas por fungos. Destacam-se: as ferrugens (*Puccinia sorghi* Schwein, *Physopella zea* (Mains) Cummins e Ramachar, *Puccinia polysora* Underw.), as helmintosporioses (*Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard e Suggs, *Bipolaris maydis* (Nisik. e Miyake) Shoemaker, *Helminthosporium carbonum* Ullstrup), o complexo mancha branca (*Phaeosphaeria maydis* (Henn.) Rane, Payak e Renfro, *Phyllosticta* sp., *Pantoea ananatis* (Serrano e Mergaert) [Sin. *Erwinia ananás*, *Erwinia uredovora*, *Erwinia ananatis*, *Pantoea ananas*], a cescosporiose (*Cercospora zea-maydis* Tehon e Daniels), a antracnose (*Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson) e a mancha de diplodia (*Stenocarpella*

macrospora (Earle) Sutton [Sin. *D. macrospora* Earle in Bull.]) dentre outras (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Das ferrugens que ocorrem no Brasil, a ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) é a mais antiga e estudada e por isso é a menos severa, pois os programas de melhoramento genético realizaram seleção adequada para resistência a ela. Apesar disso, torna-se doença importante quando surge no início da cultura, pois debilita a planta, permitindo a ação de outros patógenos importantes. Está amplamente disseminada em todas as regiões onde a cultura está presente, sendo que apresenta maior severidade nos estados da região Sul. As pústulas são mais abundantes nas folhas. Em contraste com a ferrugem polissora, as pústulas são formadas em ambas as superfícies da folha, apresentando formato circular a alongado e se rompendo rapidamente (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2010; JULIATI; SOUZA, 2005).

A ferrugem tropical ou branca tem como agente etiológico o fungo *Physopella zae*, e foi classificada anteriormente como *Angiospora zae* Mains (McGEE, 1988; SHURTLEFF, 1992). Os relatos sobre o surgimento da ferrugem tropical no mundo são escassos ou praticamente não existem, mas como o próprio nome sugere acredita-se que o seu surgimento tenha ocorrido em países da América Central e do Sul, cujo clima é tropical e/ou subtropical, e parece estar limitada aos países deste continente (CUMMINS, 1941; MELCHING, 1975; SHURTLEFF, 1992). Pinho et al, (1999) observaram que plantas de milho com ferrugem tropical apresentaram os maiores índices de severidade quando comparados com a ferrugem polissora no Centro Oeste, Noroeste de Minas Gerais, São Paulo e parte do Paraná. Estes autores encontraram uma redução de mais de 2,0 t ha⁻¹ por acréscimo de uma unidade na nota de severidade da doença. A doença tem maior severidade no Centro Oeste e Sudeste (norte de São Paulo). Segundo a EMBRAPA (2010), o problema maior ocorre em plantios contínuos de milho, principalmente em áreas de pivô. Caracteriza-se pela presença de pústulas brancas ou amareladas, em pequenos grupos, de 0,3 a 1 mm de comprimento na superfície superior da folha, paralelamente às nervuras.

No Brasil, foram já determinados danos de 44,6%, à produção de milho pelas ferrugens branca e polissora, sendo a maior parte atribuída a *Puccinia polysora*. A doença está distribuída por toda a região Centro-Oeste, Noroeste de Minas Gerais, São Paulo e parte do Paraná. A ocorrência desta doença é dependente da altitude, surgindo com maior intensidade em altitudes abaixo de 700m. Altitudes acima de 1200m são

desfavoráveis ao desenvolvimento da doença. Os sintomas da ferrugem polissora são pústulas circulares a ovais, marrons claras, distribuídas na face superior das folhas e, com muito menor abundância na face inferior destas (EMBRAPA, 2010).

A helmintosporiose comum, causada pelo fungo *Exserohilum turcicum*, é uma das doenças mais antigas e importantes relacionadas à cultura do milho no Brasil. Devido à extensão do cultivo de milho, essa doença também é referida como “queima da folha do milho”, “mancha da folha do milho” ou “queima de turcicum”. Apesar de apresentar maior problema no plantio de 2ª safra (CASELA et al, 2006), não se pode ignorar que a presença de inóculo no período de safra, pode acarretar grandes prejuízos para a cultura. Isso acontece com longos dias nublados, pois a falta de irradiação pode favorecer o aparecimento da doença devido à baixa concentração de açúcares nas plantas. Quando as plantas são severamente afetadas, as espigas têm seu tamanho reduzido (REIS et al, 2004). As perdas provocadas pela helmintosporiose comum dependem da severidade e do estágio de desenvolvimento da cultura na época de infecção (PEREIRA, 1997). A incidência severa antes do embonecamento é altamente prejudicial, e, segundo Casela et al (2002) pode levar a perdas de até 50%. Pataky (1992) determinou que a redução do rendimento de grãos em híbridos suscetíveis é explicada pela severidade da doença nas folhas imediatamente acima e abaixo da espiga. Segundo Pereira et al (1993), a helmintosporiose, além de reduzir a produção do milho, aumenta o tombamento de plantas.

A mancha foliar de cercospora também conhecida como mancha cinzenta da folha do milho é causada pelo fungo *Cercospora zea-maydis*, e foi inicialmente descrita no ano de 1925, encontrada no condado de Alexander, no estado de Illinois, Estados Unidos da América (COSTA, 2007; LAPAIRE; DUNKLE, 2003; CARSON et al, 2002; WHITE, 1999). A doença foi observada no Brasil inicialmente no Sudoeste do estado de Goiás em Rio Verde, Montividiu, Jataí e Santa Helena, no ano de 2000, onde foram estimados danos de 73.240 t de grãos. Atualmente, a doença está presente em praticamente todas as áreas de cultivo de milho com destaque para o Centro Sul do Brasil (REIS et al, 2004). Na África do Sul, Nowell (1997) e Ward et al, (1996) mostraram o desempenho de híbridos de milho em relação ao ataque de *C. zea-maydis*. Estes quantificaram danos de rendimento de até 50% em híbridos com resistência moderada e de até 65% em híbridos suscetíveis. Há relatos de perdas superiores a 80% em cultivares brasileiras suscetíveis. Os componentes de rendimento mais afetados pela cercosporiose são número de grãos por espiga e o tamanho dos grãos (BRUNELLI et al,

2006; REIS et al, 2004). Ainda em relação aos danos causados pela cercosporiose, Nutter e Jenco (1992) determinaram que para cada percentual de acréscimo na severidade foliar da cercosporiose o rendimento de grãos foi reduzido em 47,6 kg ha⁻¹.

No mundo, a mancha branca está amplamente distribuída pelas áreas produtoras de milho. Seus primeiros relatos datam de 1966, com ocorrência restrita à Índia e Himalaia e, posteriormente nos EUA. A maior frequência de ocorrência desta doença era encontrada no fim do ciclo da cultura, por isso não causava maiores danos. No entanto, a mancha foliar de *phaeosphaeria* passou a ser considerada de grande importância no início dos anos 90, quando foi observada causando sintomas em plantas mais jovens, sobretudo após a prática do sistema de semeadura direta (REIS et al, 2004; FANTIN, 1994). O agente etiológico desta doença é o fungo *Phaeosphaeria maydis* [Sinomínia *Sphaerulina maydis* P. Henn], cuja fase anamorfa ou imperfeita corresponde a *Phyllosticta* sp. (FANTIN, 1994; PEREIRA, 1997), no entanto, há o envolvimento da bactéria *Pantoea ananatis* nas fases iniciais da doença, denominando assim o complexo mancha branca, bactéria + fungo. Pereira (1997) relata que o uso de cultivares resistentes, nas regiões onde o patógeno encontra melhores condições de desenvolvimento, é o método de controle mais eficiente para a doença.

Quanto à antracnose (*Colletotrichum graminicola*), a doença ocorre em todas as principais regiões produtoras do país, seja em cultivos de safrinha ou em plantios efetuados em períodos normais. Seu aumento está associado ao cultivo mínimo e ao plantio direto e também a não utilização da rotação de culturas. A doença pode manifestar-se em qualquer parte da planta, como raiz, sementes, colmo e folhas, e tem o poder de reduzir o rendimento de grãos em até 40%, dependendo do híbrido utilizado, do estágio fenológico da cultura e do ambiente onde está inserido o cultivo (LIPPS; MILLS, 2001). Juntamente com o *Fusarium moniliforme*, o *Colletotrichum graminicola* é um dos principais patógenos causadores das podridões de colmo. Estas provocam o apodrecimento dos tecidos internos da medula do colmo, causando perdas devido ao fato de interromperem o fluxo de seiva existente entre a parte aérea e o sistema radicular, podendo levar à morte prematura de plantas, ao menor enchimento dos grãos, ao acamamento e a maiores perdas de colheita (FEPAGRO/EMATER/FECOAGRO-RS, 1998). Além de atacar diretamente o colmo causando as podridões, pode levar a uma grande perda de área foliar (RIBEIRO, 2005).

2.2.2 Grãos ardidos

No milho, são considerados ardidos os grãos fermentados em mais de ¼ de sua área total com descolorações, cujo matiz pode variar de marrom claro a roxo ou de vermelho claro a vermelho intenso (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 1976; RIBEIRO et al, 2005).

Os grãos ardidos são o reflexo das podridões de espigas, causadas principalmente pelos fungos presentes no campo. Esses fungos podem ser divididos em dois grupos: a) aqueles que apenas produzem grãos ardidos; e b) aqueles que, além da produção de grãos ardidos, são exímios biossintetizadores de toxinas. No primeiro grupo, encontram-se os fungos *Drechslera zeicola* (G.L. Stout) Subram e Jain, *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, *Ustilago maydis* (D.C.) Corda, *Nigrospora oryzae* (Berk. e Broome) Petch, *Colletotrichum graminicola*, entre outros. No segundo grupo, são encontrados os fungos *Stenocarpella maydis* (Berk.), Sutton [Sin. *Diplodia maydis* (Berk.) Sacc.; *D. zae* (Schw.) Lev.], *Stenocarpella macrospora*, *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg [Sin. *Fusarium moniliforme* J. Sheld.], *F. subglutinans* (Wollenw. e Reinking) P.E. Nelson, Toussoun e Marasas, *F. graminearum* Schwabe, *F. sporotrichioides* Sherb e *Gibberella zae* (Schwein.) Petch. Ocasionalmente, no campo há produção de grãos ardidos e de micotoxinas pelos fungos *Penicillium oxalicum* Currie e Thom, *Aspergillus flavus* Link e *A. parasiticus* Speare. Os fungos *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* e *Stenocarpella maydis* são mais frequentes nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; enquanto *F. verticillioides*, *F. subglutinans* e *Stenocarpella macrospora* nas demais regiões produtoras de milho (PINTO, 2005; MARIO; REIS, 2001).

A podridão branca da espiga é causada pelos fungos *Stenocarpella macrospora* e *Stenocarpella maydis* (WHITE, 1999). As espigas infectadas apresentam os grãos de cor marrom, de baixo peso e com crescimento micelial branco entre as fileiras de grãos. No interior da espiga ou nas palhas das espigas infectadas, há presença de numerosos pontinhos negros (picnídios), que são as estruturas de frutificação do patógeno. Uma característica peculiar entre as duas espécies de *Stenocarpella* é que apenas a *S. macrospora* ataca as folhas do milho (MARASAS; VAN DER WESTHUIZEN, 1979). A precisa distinção entre estas espécies só é possível mediante análises microscópicas. Os esporos desses fungos sobrevivem dentro dos picnídios no solo e nos restos de cultura contaminados, além de que nas sementes ocorrem na forma de esporos e de micélio dormente, sendo essas as fontes primárias de inóculo para a infecção das

espigas (CASA, 1997; MCGEE, 1988). A infecção pode se iniciar em qualquer uma das extremidades das espigas. A alta precipitação pluviométrica na época da maturação dos grãos favorece o aparecimento dessa doença. A evolução da podridão praticamente cessa quando o teor de umidade dos grãos atinge 21 a 22%.

Já a podridão rosada da espiga é causada por *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* e *Fusarium subglutinans*. Esses patógenos apresentam elevado número de plantas hospedeiras alternativas, sendo, por isso, considerados parasitas não especializados. A infecção pode se iniciar pelo topo ou por qualquer outra parte da espiga, mas sempre é associada a alguma injúria (insetos, pássaros e roedores) (REIS et al, 2004; PEREIRA, 1997;). Com o desenvolvimento da doença, uma massa cotonosa avermelhada pode recobrir os grãos infectados ou a área da palha atingida. Quando a infecção ocorre através do pedúnculo da espiga, todos os grãos podem ser infectados, mas a infecção só se desenvolverá naqueles que apresentarem alguma injúria no pericarpo. O desenvolvimento desses fungos nas espigas é paralisado quando o teor de umidade dos grãos atinge entre 18 a 19%. (REIS; CASA, 2001; PINTO, 1998; CASA, 1997).

A podridão rosada da ponta da espiga é conhecida também pelo nome de podridão de giberela, sendo mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa. A ocorrência de chuvas após a polinização propicia a incidência dessa doença, que se inicia com uma massa cotonosa avermelhada na ponta da espiga e pode progredir atingindo sua base. A palha pode ser colonizada pelo fungo e tornar-se colada na espiga. Ocasionalmente, pode iniciar-se na base e progredir para a ponta da espiga, confundindo o sintoma com aquele causado por *Fusarium verticillioides* ou por *F. subglutinans*. Chuvas frequentes no final do desenvolvimento da cultura aumentam a incidência dessa podridão de espiga. O fungo sobrevive nas sementes na forma de micélio dormente. A forma assexual de *Gibberella zeae* é denominada de *Fusarium graminearum* (ROBERTSON et al., 2006).

Os principais fungos causadores dos grãos ardidos na região sudeste do Brasil (*Stenocarpella maydis*, *Stenocarpella macrospora*, *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides*) são produtores de micotoxinas. As micotoxinas causam danos irreversíveis à saúde dos animais (micotoxicoses) e, adicionalmente, comprometem a integridade de quem consome carne, leite e produtos derivados dos animais intoxicados. As cinco mais importantes micotoxinas em alimentos são: aflatoxina, deoxinivalenol, nivalenol, zearalenona, toxina T2 e fumonisina (DINIZ, 2002). As micotoxicoses

podem promover, nos animais e em humanos, danos como redução no crescimento, interferências nas funções vitais do organismo e a produção de tumores (HOBBS; ROBERTS, 1998).

A perda qualitativa por grãos ardidos é motivo de desvalorização do produto. Como padrão de qualidade tem-se, em algumas agroindústrias, a tolerância máxima de 6%, para os grãos Tipo 2, não destinados à alimentação humana, conforme a Portaria nº 845, de 08 de novembro de 1976, e que está sendo revista pela Portaria nº 4, de 6 de janeiro de 2010, que submete à consulta pública o Projeto de Instrução Normativa que aprova o novo Regulamento Técnico do Milho e tende à passar essa tolerância para 5%. De acordo com essa mesma portaria, o limite máximo de tolerância para milho in natura destinado diretamente à alimentação humana de grãos Tipo 1 passa a ser de 2% (total de grãos avariados, sendo mofados e ardidos de 0,2%), Tipo 2 de 3% (total de grãos avariados, sendo mofados e ardidos de 0,4%), Tipo 3 de 4 % (total avariados, sendo mofados e ardidos igual a 0,6%) e fora de Tipo de 6% (total de grãos avariados, sendo de 1% a tolerância máxima para mofados e ardidos).

A prevenção contra a infecção dos grãos de milho por fungos promotores de grãos ardidos deve levar em consideração um conjunto de medidas: a) utilização de cultivares de milho com grãos mais resistentes aos fungos dos gêneros *Fusarium* e *Stenocarpella*; b) rotação de culturas com espécies de plantas não suscetíveis aos fungos dos gêneros *Fusarium* e *Stenocarpella*; c) interrupção do monocultivo do milho; d) controle das plantas infestantes hospedeiras dos fungos do gênero *Fusarium*; e) utilização de sementes de alta qualidade sanitária; f) não utilização de altas densidades de plantio; g) utilização de cultivares de milho com espigas que dobram para baixo após a maturidade fisiológica dos grãos; h) não colheita de espigas atacadas por insetos, pássaros e roedores; i) não colheita de espigas de plantas tombadas; j) não retardamento da colheita dos grãos; e l) realização do enterrio de restos de culturas de milho infectadas com fungos causadores de grãos ardidos (PINTO, 2007).

2.3 Uso de fungicidas na proteção foliar e redução de grãos ardidos

No Brasil, há uma grande preocupação com o potencial destrutivo das doenças citadas e com as perdas que estas causam à cultura do milho. A adoção de estratégias adequadas e o desenvolvimento de pesquisas que visem ao manejo da doença de forma racional são de suma importância (TRENTIN, 2007). Até o início da década de 90, a utilização de cultivares resistentes constituiu a única recomendação para o controle

desses patógenos (JULIATTI; SOUZA, 2005). Todavia, com o uso indiscriminado e incorreto dos genótipos resistentes, associado à evolução do sistema de produção e à ocorrência de condições ambientais favoráveis, tornou-se necessária a adoção de medidas auxiliares com o uso de produtos químicos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Desta forma, a combinação entre triazóis e estrobilurinas alcançou resultados bastante satisfatórios.

Iamamoto (2008) verificou que todos os tratamentos com fungicidas: trifloxistrobina + tebuconazole + OMS (600 mL de p.c. ha⁻¹ + 600 mL de p.c. ha⁻¹); azoxistrobina + ciproconazole + óleo mineral (300 mL de p.c. ha⁻¹ + 500 mL de p.c. ha⁻¹); picoxistrobina + ciproconazole + óleo mineral (250 mL de p.c. ha⁻¹ + 250 mL de p.c. ha⁻¹ + 500 mL de p.c. ha⁻¹); trifloxistrobina + tebuconazole + OMS (750 mL de p.c. ha⁻¹ + 1.000 mL de p.c. ha⁻¹); prothioconazole (400 mL de p.c. ha⁻¹) e (g) piraclostrobina + epoxiconazole (750 mL de p.c. ha⁻¹) foram eficientes na redução do potencial de inóculo das doenças foliares, assim como na proteção da produtividade, diferindo da testemunha e propiciando incrementos produtivos de até 22,66 sc ha⁻¹ e/ou até 15,73% a mais.

Os fungicidas triazóis e estrobilurinas apresentam amplo espectro de ação e têm sido bastante utilizados no controle de doenças cujos agentes causais são tanto fungos biotróficos (ferrugens), quanto fungos necrotróficos (cercosporiose e mancha branca). Os triazóis apresentam ação preventiva, muito evidenciada devido ao período residual desses produtos. A maioria dos fungicidas pertencentes a este grupo possui propriedades curativas/erradicantes e antiesporulantes, atuando em vários pontos do ciclo biológico do fungo (AZEVEDO, 2001).

Em se tratando das estrobilurinas, estas possuem altos níveis de atividade intrínseca em baixas doses contra os ascomicetos (cercosporiose e mancha branca), basidiomicetos (ferrugens), deuteromicetos e oomicetos. Semelhante aos triazóis, as estrobilurinas são consideradas de multiação, por apresentarem atividade preventiva, curativa/erradicante e antiesporulante (AZEVEDO, 2001 apud COSTA, 2007).

Juliatti et al (2004) afirmam que houve resposta na produção de milho, com a crescente redução na severidade da cercosporiose e ferrugem comum através da aplicação de axoxystrobin, porém houve aumento na severidade da mancha branca após a aplicação de fungicidas triazóis.

De acordo com Pereira et al (2005) fungicidas dos grupos químicos das estrobilurinas e ditiocarbamatos são os únicos que comprovadamente controlam a mancha branca no milho.

Brandão et al (2002) mostraram a eficiência dos fungicidas à base de triazóis e estrobilurinas no controle da cercosporiose em que duas aplicações de fungicida, uma aos 45 dias após a semeadura (D.A.S.) e outra aos 60 D.A.S, resgataram em até 3.500 kg ha⁻¹ a produtividade de híbridos suscetíveis. Mesmo em híbridos altamente resistentes a proteção do potencial produtivo foi de mais de 500 kg ha⁻¹. Com relação à(s) época(s) de aplicação(s), estes autores verificaram que aplicações realizadas no estágio V₈ (última entrada do trator), ou no pré-florescimento, ou nas duas épocas, mostraram eficácia, mas a época ideal depende do nível de resistência do material genético, das doenças predominantes e das condições ambientais dentre outros fatores.

Andrade et al (2008) concluíram que em alguns híbridos de milho, apesar dos baixos níveis de incidência e de severidade, foi possível verificar aumentos significativos de produtividade com o uso de fungicida.

Segundo Brandão et al (2003), três aplicações de fungicida aos 45, 60 e 75 D.A.S. reduziram o progresso da ferrugem comum, destacando neste caso o fungicida azoxistrobina, que apresentou efeito curativo reduzindo em até 70 % o progresso da doença nos híbridos de milho mais resistentes. Estes autores afirmam que a recomendação de fungicida para o controle de doenças e proteção da área foliar, deveria ser realizada em função do nível de resistência do material genético, tanto para a redução do impacto da doença, quanto para uma resposta de aumento na produtividade.

Apesar de o uso de fungicidas ainda não ser considerado um método de controle direto de grãos ardidos, Juliatti et al (2007) afirmam que o uso de fungicidas triazóis e estrobilurinas (piraclostrobin + epoxiconazole, azoxystrobin + ciproconazole e azoxystrobin), quando aplicados via foliar, resultam em uma menor incidência destes, apresentando também menor incidência de *Fusarium moniliforme* e *Penicillium digitatum* nos grãos.

Brito et al (2008) demonstraram redução na incidência de grãos ardidos devido à aplicação de fungicida, o que apresentou um efeito direto sobre a produtividade líquida, caracterizado por uma proteção média de 1.039 kg ha⁻¹.

Para Lucas et al. (2008) a aplicação de fungicidas contribui significativamente para a diminuição na porcentagem dos grãos ardidos, sendo os melhores resultados encontrados para Tebuconazole + Kresoxim Metil (0,80 e 1,00 L ha⁻¹), Tetraconazole + Tiofanato Metílico (0,50 + 0,50 e 0,75 + 0,75 L ha⁻¹), Flutriafol (0,60 L ha⁻¹), Epoxiconazole (0,75 L ha⁻¹) e Tebuconazole (0,50 L ha⁻¹). Estes mesmos tratamentos mantiveram os melhores resultados na análise dos fungos *Penicillium digitatum*,

Fusarium verticillioides e *Fusarium graminearum*. Ciproconazole + Azoxistrobin na dose de 0,45 L ha⁻¹ obteve bom controle de *Fusarium graminearum*. As misturas dos fungicidas Tebuconazole + Kresoxim Metil e Tetraconazole + Tiofanato Metílico apresentaram resultados mais estáveis e positivos para todas as variáveis analisadas, podendo ser consideradas os melhores tratamentos de fungicidas via foliar para a redução da porcentagem de grãos ardidos e controle da população de fungos presentes nas sementes.

Já Oliveira et al (2009) concluíram que cada híbrido avaliado, teve resposta diferenciada em relação à aplicação foliar de três fungicidas (piraclostrobina + epoxiconazol, trifloxistrobina + tebuconazol e azoxistrobina + ciproconazol) quanto à incidência dos fungos *Fusarium verticillioides*, *Penicillium digitatum* e *Stenocarpella maydis*. Não houve efeito da aplicação foliar dos fungicidas na redução da ocorrência dos patógenos, na maioria dos híbridos analisados e houve efeito da interação entre fungicidas e genótipos de milho em todos os patógenos avaliados.

2.4 Nutrição foliar do milho

As plantas de milho têm uma alta taxa de crescimento e uma alta demanda por nutrientes (CLARK; ZETO, 1996). A maioria dos produtores de grãos reconhece a necessidade de um programa correto de manejo de nutrientes aplicados ao solo para alcançar as metas de produtividade. Porém, pouco se conhece sobre as situações nas quais os fertilizantes foliares podem complementar os adubos aplicados via solo, visando ao aumento da eficiência de uso do nutriente, da produtividade e lucratividade (CARVALHO et al, 2001).

Volkweiss (1991) afirmou que assim como as raízes, as folhas das plantas têm capacidade de absorver os nutrientes depositados na forma de solução em sua superfície e essa capacidade fez surgir a prática da adubação foliar. Segundo Harper (1984), a suplementação via foliar é uma prática conveniente e rápida para fornecer nutrientes e consequentemente melhorar o estado nutricional das plantas. Ajuda no crescimento da planta e é muito útil para corrigir deficiências nutricionais em estádios da cultura onde a aplicação no solo torna-se ineficiente, tendo em vista tempo de absorção e resposta.

No Brasil, a adubação foliar com micronutrientes na cultura do milho tem se intensificado nos últimos anos, em função do desenvolvimento de híbridos com elevado potencial produtivo e com maior exigência nutricional assim como pelo uso de fórmulas de fertilizantes de alta concentração que reduziu a oferta de micronutrientes como

impurezas. Também contribuíram: o avanço da fronteira agrícola para os solos ácidos e pobres dos Cerrados (com exceção do manganês) e a correção de acidez com a elevação do pH do solo (FAGERIA; BALIGAR 2002; ERNANI et al. 2002), diminuindo a disponibilidade (com exceção do molibdênio) dos micronutrientes zinco, boro, cobre, ferro e manganês, podendo diminuir em até 100 vezes, a disponibilidade de manganês e zinco, reduzir a atividade do cobre e ampliar os riscos de perdas de boro por lixiviação. Essas condições têm levado ao agravamento geral das deficiências de micronutrientes, tornando-se uma obrigatoriedade as análises de solo e planta visando a um adequado diagnóstico das suas necessidades. Determinar as fontes, doses e épocas de aplicação mais adequadas, bem como verificar possíveis efeitos tóxicos às plantas, pela aplicação de produtos contendo micronutrientes, pode auxiliar muito no planejamento da adubação (COELHO; FILHO, 2006; JAMAMI et al., 2006).

Embora se saiba que os micronutrientes possuam baixa quantidade requerida pelas plantas (para uma produtividade de 12 t de grãos ha^{-1} , são extraídos aproximadamente 2.800 g de ferro, 454 g de manganês, 534 g de zinco, 227 g de boro, 147 g de cobre e 12 g de molibdênio), a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e na redução da produtividade quanto na deficiência de um macronutriente, como, por exemplo, o nitrogênio (COELHO et al, 2002, adaptado).

Para Borges et al (2009) híbridos de milho acumulam quantidades mínimas de B, Cu, Mn e Zn nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura. O pico de absorção de Mn e Zn ocorre aos 80 dias após a germinação e os montantes necessários são 656 e 332 g ha^{-1} , respectivamente. Em contraste, o pico de absorção de Fe e Cu ocorre mais tarde, em 100 dias, e a exigência de Fe é 1.610 g ha^{-1} e para Cu tem-se 150 g ha^{-1} . Os híbridos de milho acumulam zinco e cobre até próximo à maturidade fisiológica, quando são obtidos os acúmulos máximos. Eles acumulam micronutrientes em sua parte aérea na seguinte ordem decrescente: $\text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{B}$. Para esses autores, as quantidades de micronutrientes necessárias para produzir uma tonelada de grãos de milho são: 0,9 g de B; 19 a 20 g de Cu; 42 a 46 g de Mn; 100 a 194 g de Zn. Cantarella et al (2004) e a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), recomendam doses de micronutrientes com base no rendimento esperado.

O zinco é o micronutriente com os mais significativos efeitos sobre o milho, afetando o crescimento das plantas, o número de folhas, a produção de forragem e de grãos, bem como o aumento dos teores de nitrogênio e de proteína total nos grãos

(DECARO et al, 1983). É o micronutriente que mais se acumula na matéria da parte aérea dos híbridos de milho (BORGES et al, 2009). As áreas de milho com deficiência de zinco tornam o enraizamento superficial e sem produção de espigas. Seus efeitos sobre o rendimento de grãos ocorrem devido à deficiência generalizada deste micronutrientes em solos brasileiros, especialmente no cerrado (BÜLL, 1993). Andreotti et al (2001) relataram que a aplicação de zinco incrementou os teores do elemento na matéria seca, enquanto que Ferreira et al (2001) verificaram que a aplicação de zinco resultou em aumento do seu teor nos grãos.

O cobre tem um papel importante nos processos fisiológicos tais como fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, redução e fixação de nitrogênio, e no metabolismo das proteínas e das paredes celulares (DECHEN, 1991). Ele controla as relações de água na planta e a produção de RNA e DNA, e sua deficiência reduz significativamente a produção de sementes devido ao aumento da esterilidade de pólen (LUCHESE et al, 2010).

O ferro é o componente de hemoproteínas e outras proteínas não heme, estando envolvido no mecanismo de transferência de elétrons na fotossíntese, na redução de nitritos e sulfatos, no metabolismo dos ácidos nucléicos e na formação da clorofila. Além disso, sua função como catalisador (Fe^{2+} e Fe^{3+}) é conhecida (DECHEN, 1991). Büll e Cantarella (1993) acrescentam que as respostas em solos brasileiros para a cultura do milho, praticamente não existem quando se trabalha em áreas com longo tempo de plantio direto, sendo a produtividade relacionada mais com sua ausência, do que com sua adição, provavelmente ligada a sua toxidez para a cultura em teores elevados no solo.

O manganês além de ser constituinte de enzimas (metaloproteínas) participa da ativação de muitas destas e possui envolvimento no transporte de elétrons na fotossíntese juntamente com o cloro (sendo requerido para a integridade da membrana do cloroplasto e para a liberação do oxigênio da água), possuindo envolvimento na tolerância ao estresse e envolvimento no crescimento reprodutivo (indução ao florescimento, polinização e estabelecimento do fruto), estando presente na seiva das plantas na sua forma livre (Mn^{2+}) (RAVEN et al, 2001). Apesar de o manganês ter maior destaque por sua toxicidade do que por sua deficiência, a tendência atual em aumentar o uso da aplicação de calcário e sua incorporação incorreta, muito superficial (0 a 10 cm), tem invertido essa situação. Coelho e Filho (2006), mostraram que o milho cultivado em solo anteriormente cultivado com soja apresentou sintomas de deficiência

de manganês e que duas aplicações de $1,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mn, em V_4 e V_8 , elevaram a produtividade de $2,21 \text{ t ha}^{-1}$ (sem aplicação de manganês) para $8,40 \text{ t ha}^{-1}$ (com aplicação de manganês), um incremento considerável de $6,19 \text{ t ha}^{-1}$.

Segundo Marschner (1995), a deficiência de molibdênio é frequentemente observada em milho desenvolvido em solos minerais com grande quantidade de óxidos hidratados de ferro reativos e, portanto, com alta capacidade para adsorver íons molibdato (MoO_4^{2-}). Nonan (1953) foi o primeiro autor a relatar os efeitos positivos do molibdênio sobre o rendimento da cultura, de acordo com Weir e Hudson (1966). Tanner (1976), em experimentos em casa-de-vegetação no Zimbábue, concluiu que, para alguns solos, a deficiência do molibdênio foi o principal fator limitante no desenvolvimento do milho. Na literatura brasileira, há poucos trabalhos relativos à aplicação do molibdênio na cultura do milho. Dentre os poucos relatos existentes, Araújo et al. (1996) e Coelho (1997), obtiveram incrementos de produtividade do milho com a adubação molíbdica.

A falta de molibdênio pode interferir diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta e na produção de grãos por meio do metabolismo do nitrogênio, visto que, o micronutriente é componente da enzima redutase do nitrato, responsável pela redução do nitrato absorvido para nitrito (primeiro passo para a incorporação do N em proteínas) e posteriormente para NH_3 (MARSCHNER, 1995). Tanto que no trabalho desenvolvido por Pereira et al (1999) em que estes avaliaram os efeitos da adubação nitrogenada e molíbdica sobre a cultura do milho, foi detectado que a adubação molíbdica aumentou em 3% o teor de proteína dos grãos e que o aumento médio máximo na produção foi de 6,7%, com a dose de 111 g ha^{-1} de Mo.

Para o cobalto não há praticamente nenhum relato de influência no desenvolvimento da cultura do milho.

Segundo Coelho e Filho (2006), a aplicação foliar do produto Milho Master (Zn = 20 %, Mn = 3 %, B = 2 %, Fe = 1 %, Cu = 0 %, Mg = 1 %) com doses de 1,0; 1,5 e $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ diluídos em 300 L de água ha^{-1} , proporcionou, independente da dose, um aumento médio de 35 % e 21 %, respectivamente, na produção de massa seca de espigas e massa seca total em relação ao tratamento controle.

Não só os micronutrientes, mas até os macronutrientes têm tido espaço na discussão que envolve a nutrição foliar. Nos adubos foliares encontrados comercialmente, por exemplo, o N quase sempre está presente nas misturas com micronutrientes. Argumenta-se que a aplicação foliar é um meio eficiente de se fornecer

N às plantas. Neste contexto, a ureia auxiliaria na absorção dos micronutrientes contidos na solução aplicada nas folhas, resultando em maior desenvolvimento e produtividade das plantas (BOARETTO et al, 1999).

Quanto ao potássio, existem poucos trabalhos sobre a sua utilização em pulverização foliar, necessitando, assim, de maiores estudos, pois no caso de deficiência de K, as raízes sofrem primeiro, seguidas pelos tecidos acima do solo. Desse modo, até que sejam observados os sintomas de deficiência de K no dossel superior da planta, a sua falta pode ter afetado os tecidos foliares mais velhos bem como as raízes (CARVALHO et al., 2001; SNYDER, 1998).

É preciso enfatizar que o teor de nutrientes nas plantas é um efeito da sua quantidade disponível, o que justifica sua aplicação local, no caso foliar, visando à pronta disponibilização.

2.4.1 Nutrição *versus* severidade de doenças

Os nutrientes podem conferir diferentes níveis de resistência às plantas (HUBER; WILHELM, 1988), além da estratégia de escape à doença, devido à sua ação no padrão de crescimento, na morfologia e anatomia e, particularmente, na composição química da planta. A mudança na anatomia, como o espessamento de células da epiderme e maior grau de lignificação, tornam o vegetal mais resistente. Por sua vez, as alterações nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, que resultam na produção de substâncias repelentes ou inibidoras, como as fitoalexinas, também conferem resistência às plantas (MARSCHNER, 1995). Segundo o autor, são escassas as informações sobre o efeito da nutrição mineral nos mecanismos de defesa contra bactérias e vírus. No entanto, existem muitas evidências da ação de nutrientes na supressão da severidade de doenças causadas por fungos (TOMAZELA, 2005).

Segundo Sales (2005) não é possível generalizar os efeitos de um nutriente específico para todas as combinações patógeno-hospedeiro-ambiente. Os nutrientes funcionam como parte de um complexo sistema de reações interdependentes, as quais constituem uma das medidas de controle a integrar o manejo do patossistema.

Para Zambolim e Ventura (1996) o efeito da nutrição é marcante em plantas que apresentam algum grau de tolerância ou resistência, enquanto as plantas altamente resistentes ou suscetíveis praticamente não são afetadas pelo estado nutricional. Os elementos minerais estão envolvidos em todos os mecanismos de defesa do vegetal, seja como componentes de estruturas ou como ativadores, inibidores ou reguladores do

metabolismo secundário. Portanto, o conhecimento da fonte e da função dos elementos minerais nas plantas é necessário para a avaliação do seu papel na resistência aos patógenos (TOMAZELA et al., 2006; ZAMBOLIM; VENTURA, 1996).

O nitrogênio promove o crescimento vigoroso, retarda a maturação e é essencial para a produção de aminoácidos, proteínas, hormônios de crescimento, fitoalexinas e fenóis (HUBER, 1980). O efeito deste nutriente na resistência das plantas aos patógenos pode ser entendido da seguinte forma, quando sua oferta é alta, aumenta a demanda por carbono da fotossíntese, comprometendo a síntese de metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico. Esta condição reduz a produção de compostos fenólicos (fungistáticos) e de lignina na folha. O nitrogênio também aumenta a concentração de aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar, que aparentemente têm maior influência que os açúcares na germinação e no desenvolvimento de parasitas obrigatórios (YAMADA, 2004). Segundo Marschner (1995) todos os fatores que favorecem as atividades metabólicas e de síntese de células das hospedeiras (ex: adubação nitrogenada) também aumentam a resistência a parasitas facultativos, que preferem tecidos senescentes.

O fósforo aumenta a resistência às doenças por elevar o teor na planta ou por acelerar a maturação dos tecidos, auxiliando-a a escapar da infecção por patógenos que têm preferência por tecidos jovens. Em raízes, com baixo nível de P, foi observado um decréscimo de fosfolipídios com um correspondente aumento na permeabilidade da membrana celular e na exudação radicular tendo o inverso sido observado em altos níveis de fósforo. A exudação das raízes influencia favorecendo a atividade e ataque de patógenos, dessa forma, desde que o fósforo induza um decréscimo na exudação radicular ele estará relacionado com a redução da severidade da doença (SALES, 2005).

Dos macronutrientes citados na literatura científica, o potássio é o elemento que apresenta consistentes resultados positivos na redução da incidência de pragas e doenças. De modo geral, reduz a susceptibilidade das plantas tanto a parasitas obrigatórios quanto a facultativos. A elevada susceptibilidade de plantas deficientes em potássio a certas doenças está relacionada com as funções metabólicas desse elemento. Em plantas deficientes, a síntese de compostos de elevado peso molecular (proteínas, amido e celulose) é diminuída, enquanto compostos orgânicos de baixo peso molecular, acumulam-se. O teor de glutamina, por exemplo, é particularmente alto nas plantas deficientes em potássio e favorece a germinação de esporos (ZAMBOLIM; VENTURA,

1993). Sua deficiência também retarda a cicatrização de feridas, favorecendo a penetração tanto de fungos como de insetos (YAMADA, 2004).

O conteúdo de cálcio nos tecidos das plantas afeta a incidência de doenças parasíticas de duas formas: na primeira, quando os níveis de cálcio são baixos, o efluxo de compostos de baixo peso molecular do citoplasma para o apoplasto é aumentado, favorecendo a germinação de esporos; na segunda, poligalacturonatos de cálcio são requeridos na lamela média para que haja estabilidade da parede celular (HUBER, 1980).

O magnésio pode reduzir ou não a severidade de doenças, dependendo da combinação hospedeiro-patógeno e do ambiente. Alguns autores têm atribuído ao desbalanço nutricional, envolvendo cálcio, magnésio e enxofre a causa primária do ataque de alguns patógenos (CSINOS et al, 1984).

O íon ferro pode atuar na ativação de enzimas necessárias para a síntese de compostos antifúngicos. Em síntese, o íon ferro é essencial para a síntese de fitoalexinas e para a indução de resistência às doenças (SALES, 2005).

O efeito do cobre sobre o patógeno pode ser direto, haja vista que a quantidade de cobre requerida pelos microrganismos é inferior à da planta (10 a 20 mg kg⁻¹), além de esta ser pouco tolerante ao excesso desse elemento. Os efeitos indiretos se referem à sua atuação na resistência à infecção, devido à sua participação na síntese de lignina, uma barreira parcial à sua penetração nos tecidos vegetais (GRAHAM; WEBB, 1991), e pelo aumento da síntese de peróxidos, compostos fenólicos e quinonas, tendo todas estas, propriedades bactericidas. Altas quantidades de cobre nas folhas e brotações diminuem a concentração e atividade da peroxidase e da catalase. A inibição da peroxidase pode resultar no acúmulo de compostos fenólicos. Além disso, o cobre induz à atividade da polifenoloxidase que é responsável pela conversão de compostos fenólicos em substâncias bactericidas, denominadas quinonas (ZAMBOLIM; VENTURA, 1996).

O manganês é um elemento importante no auxílio ao controle das doenças das plantas. As concentrações de manganês nas plantas têm sido alteradas em função da presença de patógenos, sendo, no entanto, a sua magnitude influenciada pela planta hospedeira ou cultivar e pelo órgão infectado (HUBER; WILHEM, 1988). O teor de Mn é normalmente baixo nos tecidos susceptíveis em comparação com tecidos resistentes, mas aumenta em áreas localizadas próximas aos pontos de infecção. Possivelmente, o efeito do manganês, mais comumente verificado, é a modificação da resistência, devido

à presença de exudados tóxicos (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993). De acordo com Zambolim e Ventura (1996), a aplicação de manganês via foliar, tratamento de sementes ou adição no solo, pode auxiliar na redução da severidade de doenças.

Segundo Cakmak e Kurz (1995), a deficiência de boro tem efeito no vazamento de K^+ e de solutos orgânicos nas células. Comparando as folhas com teores suficientes de boro, o tratamento com menor teor de boro deixou vazar 35 vezes mais aminoácidos. O tratamento com boro por 20 minutos foi suficiente para restabelecer a permeabilidade das membranas das folhas deficientes para o nível das folhas com suficiência de boro, indicando o particular papel deste elemento na manutenção da integridade das membranas plasmáticas. Cakmak e Römheld (1997) citam que o boro tem papel estrutural crítico nas membranas plasmáticas pela sua habilidade em se ligar com compostos da membrana contendo grupos cis-diol, tais como glicoproteínas e glicolipídeos.

O zinco é outro importante nutriente necessário na manutenção da integridade das biomembranas. Em condições de deficiência de zinco ocorre o aumento típico da permeabilidade da membrana plasmática indicado pelo maior vazamento de solutos de baixo peso molecular e redução no conteúdo de fosfolipídeos, que favorecem a severidade das doenças, conforme observado por Cakmak e Marschner (1998).

De acordo com Evangelista (2010), o uso da adubação foliar suplementar apresenta as vantagens de conferir maior resistência às plantas contra pragas, doenças, frio e seca, além de aumentar a produtividade. Para Coelho e Filho, (2006) a nutrição mineral equilibrada, principalmente com relação aos micronutrientes cobre e manganês, pode atenuar a severidade de doenças, por participarem dos mecanismos de defesa dos vegetais.

Segundo Tomazela et al (2006), o fornecimento de 200 kg ha^{-1} de N aumentou o rendimento de milho e a severidade da ferrugem tropical (*Physopella zae*). O sulfato de cobre foi mais eficiente na supressão da ferrugem tropical do que o hidróxido de cobre. A suplementação foliar de cobre e manganês, na dose usada, não substituiu o uso de fungicida no controle da ferrugem tropical.

Diante do exposto, a nutrição mineral surge como opção viável para aumentar a resistência das plantas às doenças, de forma a seguir a tendência mundial de diminuir o uso de agrotóxicos, reduzindo o impacto ambiental e aumentando a sustentabilidade do agroecossistema, além promover a obtenção de alimentos saudáveis de maneira a proporcionar maior qualidade de vida.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização das áreas experimentais

O experimento consistiu de duas etapas, uma de campo e a análise de grãos ardidos em laboratório. Em campo, o ensaio foi conduzido na safra 2008/2009 nos seguintes locais:

- Nova Resende, no sul de Minas Gerais na Fazenda JP, com coordenadas geográficas de latitude 21°06'46,8"S, longitude 46°28'45,7"O e altitude de 1.086 m. A precipitação média anual do município é de 1291,7 mm; a temperatura máxima média anual é de 24 °C; e a temperatura mínima média anual, 14,5 °C⁽³⁾.
- Iraí de Minas no Alto Paranaíba (Minas Gerais), na Fazenda Antagordense, latitude 19°01'15"S, longitude 47°42'48"O e altitude de 1.000 m. A temperatura máxima média anual é de 27,9 °C; a mínima é de 20,7 °C; e a precipitação média anual, 1569,1 mm⁽⁴⁾.
- Jataí no estado de Goiás, na Fazenda Jardim com latitude 18°06'102"S, longitude 52°01'309"O e altitude de 845 m. Temperatura máxima média anual de 38 °C; mínima, 17 °C; e volume pluviométrico médio, 1800 mm/ano⁽⁴⁾.

Esses locais foram escolhidos por serem grandes áreas produtoras deste cereal e por apresentarem características climáticas, de altitude, de solo e de presença de inóculo satisfatórias para a condução do ensaio.

3.2 Delineamento experimental

Em todos os locais o delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas com seis repetições (ou blocos) por local (Figura 1), sendo que, oito híbridos comerciais de milho, de alto potencial produtivo, e codificados como H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7 e H8, compunham a parcela, e oito aplicações de tratamentos descritos na Tabela 2, compunham as subparcelas, perfazendo um total de 64 subparcelas por repetição.

³Dados do site Agritempo© 2009 - Embrapa Informática Agropecuária Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Dados da estação meteorológica da COOXUPE, Nova Resende/MG.

⁴Dados do Instituto de Geociências Aplicadas – IGA e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

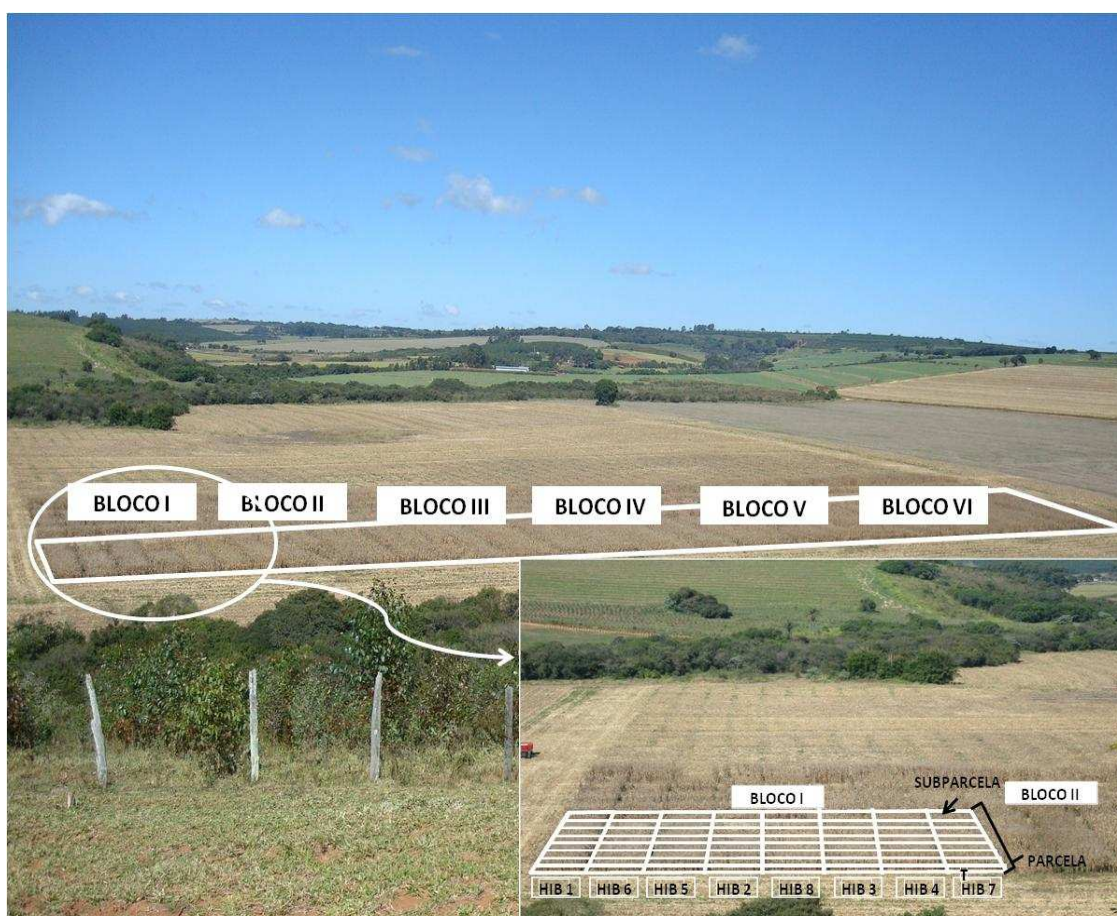


Figura 1. Esquema dos blocos mostrando a disposição das parcelas e subparcelas no ensaio conduzido em Nova Resende/MG sobre a influência de fungicida e adubação foliar em características agronômicas e sanitárias da cultura do milho. Uberlândia-MG, 2011. Fonte: BRANDÃO, 2009 (arquivo pessoal).

A subparcela ou unidade experimental foi constituída de seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,60 m entre linhas e 0,20 m entre plantas.

Foram consideradas as quatro linhas centrais para fins de avaliações, perfazendo uma área útil de subparcela de 12,48 m².

3.3 Caracterização dos híbridos

As características quanto à tolerância ou resistência às principais doenças que atacam o milho e o ciclo dos genótipos utilizados neste ensaio encontram-se na Tabela 1. Esses dados foram fornecidos pelos setores de desenvolvimento de produtos das empresas que produzem os híbridos.

Tabela 1. Características dos híbridos comerciais utilizados quanto à tolerância às doenças (cercospora - CE, ferrugem polisor - FP, ferrugem comum - FC, mancha branca – MB, helmintosporiose comum - HC, doenças de grãos - DG e doenças de colmo - DC) e ciclo.

Híbrido	Características de resistência ou tolerância							Ciclo
	CE	FP	FC	MB	HC	DG	DC	
HIB 1	MR	S	S	S	MS	MS	MR	Superprecoce
HIB 2	MS	S	MS	MS	MR	MR	MR	Superprecoce
HIB 3	MS	MR	MR	MR	MS	S	R	Precoce
HIB 4	MS	T	AT	MR	MS	S	MR	Precoce
HIB 5	T	T	T	T	NI	MT	MT	135 a 165 dias
HIB 6	AT	AT	T	AT	NI	T	AT	140 a 170 dias
HIB 7	MR	T	AT	MS	AT	T	T	Precoce
HIB 8	AT	AT	AT	AT	AT	AT	MR	Precoce

Legenda: **S** = Susceptível, **MS** = Moderadamente susceptível, **MR** = Moderadamente resistente, **R** = Resistente, **AT** = Alta Tolerância, **T** = Tolerância, **MT** = Média Tolerância, **NI** = Não informado pela empresa

Fontes: Desenvolvimento de produtos das empresas que comercializam os híbridos.

3.4 Semeadura e condução

A semeadura foi realizada em Jataí, no dia 05/11/2008; em Iraí de Minas, dia 13/11/2008; e em Nova Resende, dia 20/11/2008.

A semeadura para todos os locais foi mecânica, realizada no sistema de plantio direto, com dessecação em pré-semeadura utilizando-se 4,0 L ha⁻¹ de glifosato. Foram distribuídas cinco sementes por metro linear.

A adubação de semeadura foi de 500 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 08-20-20 + 0,5% Zn, e a adubação de cobertura foi com 450 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 36-00-12 realizada aos 25 dias após a semeadura.

As sementes foram tratadas com o inseticida Cruiser® (thiamethoxam) na dose de 120 mL para 60.000 sementes.

O controle das plantas infestantes em pré-emergência foi feito com Primestra Gold® (atrazina + s-metolacilhor) (4,0 L ha⁻¹), e aos 26 dias após a semeadura (no estágio V₃) aplicou-se Sanson 40 SC® (nicosulfurom) (0,75 L ha⁻¹) e Primóleo® (atrazina) (3,0 L ha⁻¹).

O controle de pragas foi realizado à medida que se manifestou qualquer possibilidade de infestação avaliada por constante monitoramento dos ensaios.

Os tratos culturais foram, de forma geral, praticados a fim de possibilitar que os híbridos expressassem seu potencial produtivo utilizando-se de alta tecnologia.

3.5 Aplicação dos tratamentos nas subparcelas

Foram realizadas quatro aplicações dos tratamentos nas subparcelas, sendo a primeira para todos os locais quando as plantas encontravam-se no estágio V₈. As demais aplicações foram realizadas a cada 21 dias, período próximo ao do PEF (Período Efetivo do Fungicida), conforme ilustrado na Figura 2.

O pulverizador utilizado foi um costal motorizado modelo F-768⁽⁵⁾, com capacidade do tanque de 25 L, a pressão de trabalho foi de 20 lbs e a vazão de 150 L ha⁻¹. O pulverizador foi equipado com uma barra transversal em “T” com seis bicos de aplicação e tubulações com ¼ de polegada de espessura. Para esta aplicação foram utilizadas pontas de pulverização tipo Leque plano – Teejet 11002 (Figura 3).



Figura 2. Estádios em que foram realizadas as aplicações dos tratamentos nas subparcelas no ensaio de Influência de fungicida e adubação foliar em características agronômicas e sanitárias da cultura do milho em Iraí de Minas, Jataí e Nova Resende. Uberlândia-MG, 2011. Fonte: Brandão; Brito (2009) - (arquivo pessoal).

⁵Fabricado pela empresa chinesa KAWASHIMA.



Figura 3. Equipamento utilizado para aplicação dos tratamentos nas subparcelas no ensaio de Influência de fungicida e adubação foliar em características agronômicas e sanitárias da cultura do milho, nos três locais. Uberlândia - MG, 2011. Fonte: Brito (2009) - (arquivo pessoal).

Os tratamentos envolvendo combinações de proteção fungicida e nutrição foliar aplicados nas subparcelas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos, descrição, composição e dose utilizada nas aplicações realizadas no ensaio de Influência de fungicida e adubação foliar em características agronômicas e sanitárias da cultura do milho conduzido em Iraí de Minas, Nova Resende e Jataí. Uberlândia, 2011.

TRATAMENTOS	DESCRIÇÃO	COMPOSIÇÃO	DOSE
TESTEMUNHA	Sem aplicações	-	-
FOLIAR 1	Macro e Micronutrientes	N (5%), P ₂ O ₅ (8%), K ₂ O (8%), Ca (1%), Mg (0,5%), S (2,5%), Zn (1%), B (0,5%), Mn (0,5%), Cu (0,2%), Fe (0,1%), Mo (0,1%)	1 L ha ⁻¹
FOLIAR 2	Fósforo e Manganês	H ₃ PO ₃ (30%), Mn (9%) densidade = 1,45 g mL ⁻¹	2 L ha ⁻¹
FOLIAR 3	Cobalto e Molibdênio	Co (1,5%), Mo (1,8%), densidade = 1,61 g mL ⁻¹	150 mL ha ⁻¹
PROTEÇÃO	Fungicida	Azoxistrobina (200 g L ⁻¹) + Ciproconazol (80 g L ⁻¹)	300 mL ha ⁻¹ + 0,5 % Nimbus

Continua...

... continuação da Tabela 2.

TRATAMENTOS	DESCRIÇÃO	COMPOSIÇÃO	DOSE
FOLIAR 1 + PROTEÇÃO	Macro e Micronutrientes + Fungicida	Foliar 1 + Fungicida	1 L ha ⁻¹ + 300 mL ha ⁻¹ + 0,5 % Nimbus
FOLIAR 2 + PROTEÇÃO	Fósforo e Manganês + Fungicida	Foliar 2 + Fungicida	2 L ha ⁻¹ + 300 mL ha ⁻¹ + 0,5 % Nimbus
FOLIAR 3 + PROTEÇÃO	Fósforo, Cobalto e Molibdênio + Fungicida	Foliar 3 + Fungicida	150 mL ha ⁻¹ + 300 mL ha ⁻¹ + 0,5 % Nimbus

O fungicida utilizado para a proteção foliar é da classe dos fungicidas sistêmicos, usado em pulverizações preventivas, e tem como princípio ativo o Triazol: ciproconazol (80 g L⁻¹) e a Estrobilurina: azoxistrobina (200 g L⁻¹), com formulação de suspensão concentrada. Foi aplicado na dose recomendada para cultura, ou seja, 300 mL do p.c. ha⁻¹ + 0,5% de Nimbus (adjuvante) V/V.

3.6 Avaliações

As avaliações de severidade das principais doenças que atacam o milho foram realizadas durante a condução do ensaio. A porcentagem de área foliar útil, o estande, a porcentagem de plantas eretas, a qualidade de colmos, a resistência das raízes ao arranquio e a coleta das espigas para análise de grãos ardidos foram realizadas na pré-colheita. A análise de grãos ardidos e a determinação da produtividade bruta e líquida foram feitas após a colheita.

3.6.1 Severidade de doenças

Com exceção da primeira aplicação dos tratamentos, todas as demais foram acompanhadas de avaliações da severidade dos sintomas foliares das principais doenças do milho (cercosporiose, mancha branca, ferrugem polysora, ferrugem comum, helmintosporiose comum, diplodia e antracnose). Além disso, foi feita uma última avaliação, totalizando quatro.

Para se determinar a severidade, foram dadas notas de 1 a 9 de acordo com o Guia Agrocere de Sanidade (AGROCERES, 1996), em que: 1 = 0%, 2 = 5%, 3 = 10%, 4 = 30%, 5 = 50%, 6 = 70%, 7 = 80%, 8 = 90% e 9 = 100% de área lesionada. Considerou-se a severidade média da doença na subparcela como um todo. As notas de severidade foram transformadas em porcentagem (utilizando-se o Software Microsoft Excel 2007[®]) para posterior obtenção da AACPD (Área Abaixo da Curva de Progresso

da Doença) que foi determinada através da equação de Campbell e Madden (1990) descrita abaixo.

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) \times (t_{i+1} - t_i)$$

Em que:

n é o número de avaliações;

y intensidade da doença e

t tempo em dias na i-ésima avaliação da severidade da doença.

A curva de progresso da doença expressa a proporção de doença *versus* o tempo e pode caracterizar, de acordo com o modelo ajustado, através de seus parâmetros, a época de início da epidemia, a quantidade de inóculo inicial (x_0), a taxa de aumento da doença (r), a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), as quantidades máxima ($x_{máx}$) e final (x_f) de doença e a duração da epidemia (BERGAMIN FILHO, 1995).

3.6.2 Porcentagem de área foliar útil

Na maturidade fisiológica foi obtida a porcentagem de área foliar fotossinteticamente ativa através da análise visual da mesma.

3.6.3 Resistência das raízes ao arranquio

A qualidade das raízes foi medida através de sua resistência a uma força de arranque dada em kgf. Esta medida foi feita em 10 das 20 plantas, das duas linhas centrais de cada parcela, que tiveram suas espigas colhidas manualmente para a análise de grãos ardidos. Tais plantas tiveram seus colmos cortados, deixando-se as raízes fixas ao solo juntamente com os dois últimos entrenós e submetendo-as ao teste de resistência.

Para tanto, utilizou-se um aparelho denominado “arrancômetro”⁽⁶⁾, equipado com uma “garra” e uma célula de carga ou dinamômetro (Figura 4), cuja metodologia foi descrita por Alvim (2008) e Gomes et al (2010).

⁶Desenvolvido por Luiz Savelli Gomes e Afonso Maria Brandão, pesquisadores da Syngenta Seeds®, unidade de Uberlândia-MG.



Figura 4. Equipamento utilizado para avaliação da resistência das raízes ao arranquio nos ensaios sobre Influência de fungicida e adubação foliar em características agronômicas e sanitárias da cultura do milho. Uberlândia-MG, 2011.

3.6.4 Integridade de colmo

Para mensurar a integridade de colmo analisou-se a sua densidade e a porcentagem de colmos saudios. Para tanto, foi considerada a parte basal da planta por se tratar da área mais atacada pelos patógenos causadores de podridões de colmo.

A densidade foi determinada a partir do peso (g) dos colmos, utilizando-se uma balança com precisão de 4 casas decimais; do diâmetro maior e diâmetro menor (cm), obtidos com paquímetro digital e do comprimento (cm), obtido com trena, dos cinco entrenós basais de 10 colmos seguidos das plantas restantes nas duas linhas centrais de cada subparcela. As espigas dessas plantas já haviam sido colhidas manualmente para análise de grãos ardidos (Figuras 6 e 7).

Para os cálculos, considerou-se o colmo como sendo uma elipse, e foram feitas as transformações das unidades de diâmetro e comprimento de cm para dm.

A densidade foi então calculada sendo que a fórmula da área da base, por se tratar de uma elipse, foi deduzida por integral através da área A_1 (Figura 5), em que:

$$\begin{cases} a = \text{raio menor} \\ b = \text{raio maior} \end{cases}$$

Equação paramétrica da elipse:

$$\begin{cases} x = a \cos \theta \\ y = b \sin \theta \end{cases}$$

Teoricamente obtemos:

$$A = \int_{t_0}^{t_1} y(t) \times x'(t) dt$$

Substituindo:

$$A_1 = \int_{\frac{\pi}{2}}^0 b \sin \theta (-a \sin \theta) d\theta$$

$$A_1 = \int_{\frac{\pi}{2}}^0 -ab \sin^2 \theta d\theta$$

$$A_1 = -ab \int_{\frac{\pi}{2}}^0 \sin^2 \theta d\theta$$

$$A_1 = ab \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \theta d\theta = ab \underbrace{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\theta \right) d\theta}_{\alpha}$$

Demonstração de α :

$$\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\theta \right] d\theta$$

$$\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{2} d\theta - \frac{1}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(2\theta) d\theta = \left[\frac{\theta}{2} \right]_0^{\frac{\pi}{2}} - \frac{1}{2} \left[\frac{\sin(2\theta)}{2} \right]_0^{\frac{\pi}{2}}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

Substituindo α em A_1 , temos:

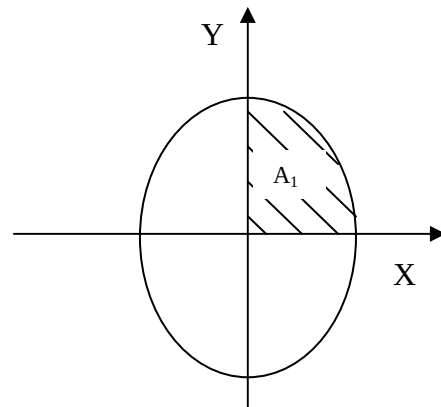


Figura 5: Esquema de eixos para obtenção da equação paramétrica da elipse.

$$A_1 = \frac{ab\pi}{4}$$

$$\text{Área total da elipse} = 4A_1 = 4 \times \frac{ab\pi}{4}$$

$$A = ab\pi$$

Volume = área (dm²) x comprimento (dm)

Densidade = peso (g) / volume(dm³) = g.dm⁻³

Obs: Valores tabelados: $x'(\theta) = (a \cos \theta)'$, $\sin^2 \theta = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2\theta)$
 $x'(\theta) = -a \sin \theta$

Área da base da elipse = $ab \pi$

Onde: a = raio maior (=diâmetro maior/2), b= raio menor (=diâmetro menor/2), $\pi = 3,141596$.

Volume do colmo = área da base da elipse (dm²) x comprimento do colmo (dm)

Densidade do colmo = peso do colmo (g) / volume do colmo (dm³) = **g dm⁻³**

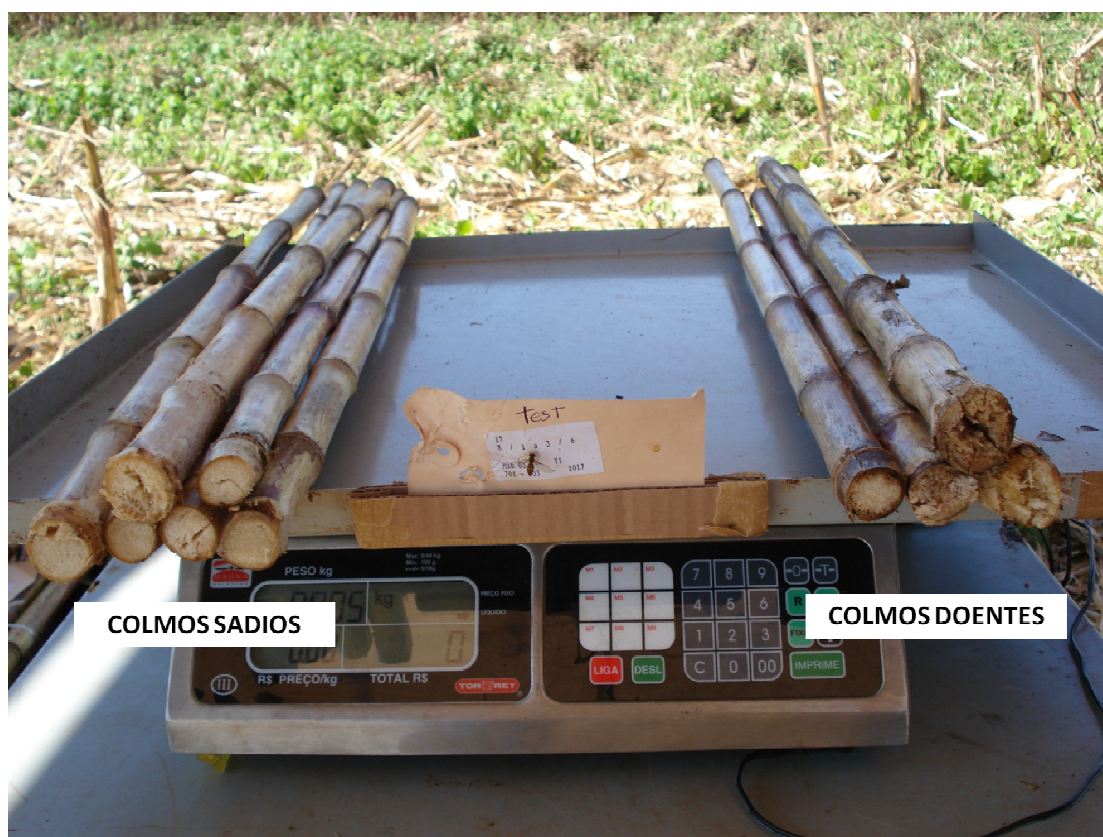


Figura 6. Balança utilizada na determinação do peso visando à avaliação da integridade de colmos através da densidade e da porcentagem de colmos sadios no ensaio de Influência de fungicida e adubação foliar em características agrônômicas e sanitárias da cultura do milho. Detalhe dos colmos sadios e doentes. Uberlândia-MG, 2011. Fonte: Brito (2009) - (arquivo pessoal).

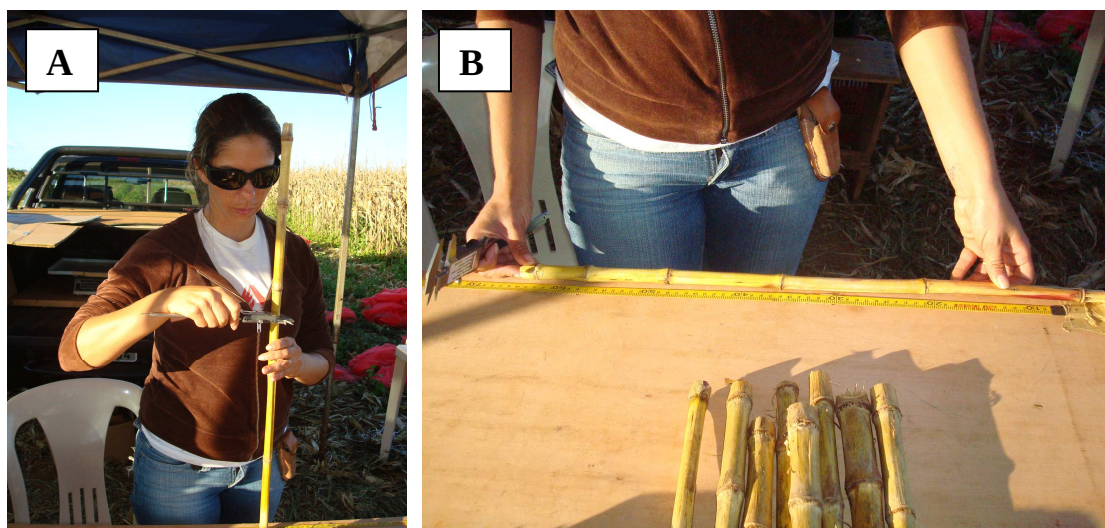


Figura 7. Detalhe da medição do diâmetro maior e menor (A) e do comprimento (B) dos colmos, para obtenção da densidade no ensaio de Influência de fungicida e adubação foliar em características agrônômicas e sanitárias da cultura do milho. Uberlândia-MG, 2011.

A determinação da porcentagem de colmos sadios foi realizada no momento da pesagem destes, como mostra a Figura 6. Foram considerados sadios aqueles que não apresentavam nenhum sintoma de infecção por fungos causadores de podridões de colmo.

3.6.5 Estande e porcentagem de plantas eretas

Na pré-colheita realizou-se a contagem de plantas em cada subparcela. Além disso, foram contadas as plantas acamadas e quebradas. Dessa forma, a porcentagem de plantas eretas foi obtida retirando-se as plantas acamadas e quebradas. As plantas eretas foram transformadas em porcentagem e o estande foi extrapolado para um hectare.

3.6.6 Colheita

A colheita foi realizada mecanicamente, utilizando-se uma colhedora de parcelas com capacidade de colheita de cinco linhas (Figura 8), quando os grãos apresentavam em média 20,3% de umidade. A cada subparcela colhida, os dados foram anotados e em seguida procedeu-se à colheita da subparcela subsequente.

Antes da colheita mecânica, foram colhidas manualmente 20 espigas das duas linhas centrais de cada subparcela, que foram utilizadas na análise de grãos ardidos. Estas 20 espigas foram ensacadas, devidamente identificadas e encaminhadas para a estação da Syngenta Seeds® em Uberlândia/MG, onde a análise visual de grãos ardidos

foi realizada. Posteriormente seu peso foi acrescentado aos dados da colheita mecânica a fim de obtenção da produtividade.



Figura 8. Colhedora de parcelas de cinco linhas, comercializada pela empresa John Deere®, utilizada nos ensaios de Iraí de Minas, Nova Resende e Jataí sobre Influência de fungicida e adubação foliar em características agrônômicas e sanitárias da cultura do milho. Uberlândia-MG, 2011.

3.6.7 Grãos ardidos

No laboratório da Syngenta Seeds®, em Uberlândia, as 20 espigas de cada subparcela colhidas manualmente foram debulhadas e pesadas.

A separação dos grãos ardidos foi realizada visualmente utilizando-se uma amostra de 250g das 20 espigas colhidas manualmente (Figura 9). Conforme a legislação em vigor, foram considerados como grãos ardidos aqueles grãos ou pedaços de grãos que perderam a coloração ou cor característica, por ação do calor e umidade ou fermentação em mais de $\frac{1}{4}$ (um quarto) do tamanho do grão (Portaria nº 845 de 08 de Novembro de 1976). Os ardidos foram pesados e os valores transformados em porcentagem.

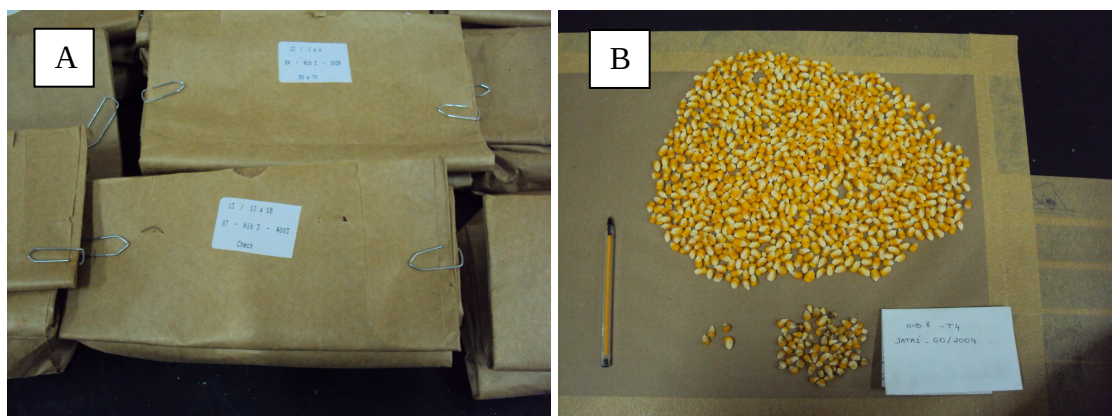


Figura 9. Sacos com as amostras de 250 g e identificação das subparcelas (A) e detalhe da separação visual dos grãos ardidos (B) dos ensaios de Influência de fungicida e adubação foliar em características agrônômicas e sanitárias da cultura do milho. Uberlândia-MG, 2010.

3.6.8 Produtividade

A produtividade bruta foi determinada durante a colheita pelo equipamento da colhedora que fornecia ao operador o peso e a umidade dos grãos a cada subparcela colhida (Figura 10 B). Esses dados foram anotados e posteriormente somados ao valor obtido na pesagem dos grãos das 20 espigas utilizadas na análise de grãos ardidos. Por fim, extrapolaram-se os valores para a área de um hectare e corrigiu-se a umidade para 13% encontrando assim valores transformados e em kg ha^{-1} .



Figura 10. Colheita de uma das subparcelas de Nova Resende-MG (A). Equipamento que forneceu o peso e a porcentagem de umidade das subparcelas para o operador da colhedora (B). Uberlândia-MG, 2011.

A produtividade líquida foi obtida descontando-se a porcentagem de grãos ardidos, acima de 6% (tolerância estipulada pela Portaria nº 845 de novembro de 1976) da produtividade bruta.

3.7 Análise estatística

As pressuposições de normalidade dos resíduos foram avaliadas através do teste de Shapiro-Wilk que consiste na seguinte estatística:

$$W_c = \frac{g^2}{SQR}, \text{ sendo } g = \sum_{i=1}^m a_{i,n} (e_{n-i+1} - e_i)$$

Em que: valores de $a_{i,n}$ são tabelados e $m = \frac{n}{2}$, se n é par e $m = \frac{(n-1)}{2}$, se n é ímpar (o resíduo mediano é ignorado). As hipóteses para o teste são: H_0 : os resíduos seguem uma distribuição normal, e H_1 : os resíduos não seguem uma distribuição normal.

As pressuposições de homogeneidade das variâncias foram analisadas pelo teste de Levene, corrigido por Liliefors, que consiste na seguinte estatística:

$$W = \frac{N-k}{k-1} \cdot \frac{\sum_{j=1}^k n_j (\bar{Z}_j - \bar{Z})^2}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (Z_{ij} - \bar{Z}_j)^2},$$

Em que:

$$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_j|$$

$$\bar{Z}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} Z_{ij} - \text{média dos } Z_{ij} \text{ na amostra } j \text{ e}$$

$$\bar{Z} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Z_{ij} - \text{média global dos } Z_{ij}.$$

Alguns dados tiveram de ser transformados quando não atendiam às pressuposições de normalidade dos resíduos ou homogeneidade das variâncias para fins de análise, porém o resultado do teste de médias foi sempre expresso em valores sem transformação.

As transformações utilizadas foram: $\arcsen \sqrt{\frac{x}{100}}$ para resistência das raízes a uma força de arranquio, densidade de colmo, porcentagem de colmos sadios, porcentagem de área foliar útil, porcentagem de plantas eretas e porcentagem de grãos ardidos e $\sqrt{x+1}$ para as notas de severidade de doenças.

Como o experimento foi instalado em blocos de parcelas subdivididas, o modelo matemático utilizado na análise de variância foi o seguinte (BARBIN, 2003):

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + (tb)_{ij} + t'_k + (tt')_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

- m é a média geral;
- t_i , com $i = 1, 2, \dots, I$ é o efeito de tratamentos T , em nível de parcela;
- b_j , com $j = 1, 2, \dots, J$ é o efeito de blocos;
- $(Tb)_{ij}$ é o erro em nível de parcelas (Int. Trat x Blocos);
- T'_k com $k = 1, 2, \dots, K$ é o efeito de tratamento T' , em nível de subparcela;
- $(tt')_{ik}$ é o efeito da interação de tratamentos $T \times T'$;
- e_{ijk} é o erro experimental em nível de subparcelas.

As correlações de Sperman foram realizadas de acordo com o seguinte procedimento:

- 1) Dispondo-se em postos as duas variáveis X e Y de 1 a n (n =número de pares de dados);
- 2) Relacionando-se os n elementos, dando o posto de cada elemento;
- 3) Determinando-se $d_i = (\text{posto } x - \text{posto } y)$, d_i^2 e $\sum d_i^2$;
- 4) Se a proporção de empates de ambas as variáveis foi grande, então calculou-se r_s pela fórmula:

$$r_s = \frac{\sum x^2 + \sum y^2 - \sum d_i^2}{2\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}}, \text{ em que: } \sum x^2 = \frac{n^3 - n}{12} - \sum Tx, \quad \sum y^2 = \frac{n^3 - n}{12} - \sum Ty,$$

$T = \frac{t^3 - t}{12}$, em que t , corresponde ao número de empates, usado para corrigir a soma de quadrados.

- 5) Caso contrário, aplicou-se a fórmula: $r_s = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n^3 - n}$;
- 6) A significância de r_s foi testada com $tc = \frac{r_s \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_s^2}}$, com $n-2$ GL.

As correlações foram calculadas utilizando-se o software Microsfot Excel 2007[®]. O software utilizado para as análises de pressuposições foi o SPSS 16.0[®] (Statistical Package for the Social Sciences). O teste F da análise de variância, juntamente com as comparações das médias pelo teste de Tukey, e os contrastes ortogonais pelo teste t de “Student”, todos a 0,05 de significância, foram realizados utilizando-se o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Nova Resende - MG

4.1.1 Análise de variância

No Anexo são apresentados os resumos das análises de variância e também os resultados dos testes de pressuposições para todos os dados, incluindo os de Nova Resende-MG.

Com relação ao coeficiente de variação para a análise de grãos ardidos (Tabela 1A), Juliatti et al. (2007), Ribeiro et al (2005) e Schipanski et al. (2008), avaliando, respectivamente, o efeito de genótipos de milho, aplicação foliar de fungicidas e variações de sistemas de manejo, todos relacionados com a produção de grãos ardidos, encontraram valores de CV de 59,76%, 53,03% e 44,60% para a mesma variável, ou seja, valores próximos aos encontrados neste ensaio.

Também na Tabela 1A pode-se observar que as variáveis: porcentagens de área foliar útil, plantas eretas e grãos ardidos, mesmo após a transformação dos dados, continuaram não apresentando distribuição normal dos resíduos e nem homogeneidade das variâncias, porém, como não há software disponível para a análise não paramétrica em experimentos de parcelas subdivididas, optou-se por manter o teste paramétrico de F. Ainda nesta tabela, a única variável que não apresentou resultado significativo para os tratamentos, segundo o teste F a 0,05 de significância, foi a variável estande. O estande médio para todos os tratamentos e híbridos, neste local, foi de 80.900 plantas ha⁻¹. Para as demais variáveis houve interação significativa entre os híbridos e os tratamentos de proteção fungicida e nutrição foliar. Isso implica dizer que alguns híbridos têm respostas diferentes aos tratamentos, embora posteriormente (teste de médias) tenha sido possível observar que há um padrão de resposta destes genótipos, tendendo sempre a um melhor resultado para as plantas protegidas.

Na Tabela 2A nota-se que, com exceção da densidade de colmo, as demais variáveis não apresentaram resíduo com distribuição normal e nem homogeneidade das variâncias, o que levou à transformação dos dados. E constata-se que as variáveis relacionadas com a qualidade vegetativa das plantas (qualidade de colmos e raízes) não apresentaram interação significativa, mas todas apresentaram efeito significativo dos tratamentos, segundo o teste F a 0,05 de significância. Estes resultados indicam que os tratamentos diferem, neste caso, independentemente do híbrido utilizado.

Em todos os caracteres agronômicos avaliados os híbridos apresentaram diferença significativa (Tabelas 1A e 2A). No entanto, não cabe a este trabalho especificar ou estabelecer um ranking dos híbridos utilizados, uma vez que a finalidade da utilização dos oito híbridos foi a de diversificar o “ambiente genético”, e com isso aumentar a variabilidade ambiental na qual os tratamentos foram realizados. Portanto, quando a interação híbridos x tratamentos não foi significativa, o resultado do teste de médias foi apresentado somente para os tratamentos.

A variável severidade de doenças também apresentou significância para os híbridos, para os tratamentos e para a interação entre ambos (Tabela 3A). Vale lembrar que apesar de serem híbridos de alto potencial produtivo, possuem características distintas quanto à tolerância ou resistência às doenças avaliadas. Sendo assim, a diferença significativa entre os genótipos era esperada.

Com relação aos coeficientes de variação para severidade de doença, vários autores como Schipanski et al (2008) e Vieira et al (2009), encontraram valores semelhantes em ensaios de campo.

Não foi constatada a incidência de ferrugem polysora, nem de helmintosporiose comum. Sabe-se que as características climáticas (principalmente altitude e temperatura) de Nova Resende durante a condução dos trabalhos foram pouco favoráveis à presença de *Puccinia polysora*. Segundo Costa et al. (2010) a ocorrência da ferrugem polysora é dependente da altitude, ocorrendo com maior intensidade em altitudes abaixo de 700m, em que predominam temperaturas mais elevadas (25 a 35°C). Já a Helmintosporiose comum não apresentou incidência provavelmente pela ausência do inóculo na área.

4.1.2 Produtividade bruta

Ao aplicar o teste de médias para a produtividade bruta (kg ha^{-1}) pôde-se verificar que em todos os casos as plantas que foram protegidas, por quatro aplicações de azoxistrobina + ciproconazol, e as que foram protegidas e nutridas pelos foliares, apresentaram sempre os melhores resultados em comparação com a testemunha e as plantas que foram somente nutridas (Tabela 3).

Algumas particularidades podem ser observadas como, por exemplo, os híbridos 3, 6, 7 e 8, apesar de ainda apresentarem um padrão em que sobressaem as plantas protegidas. O híbrido 3 apresentou como melhor resultado a proteção, e como pior o Foliar 3, sendo que os demais não diferiram entre si; e a diferença entre o pior e o

melhor resultado foi de 2.528,5 kg ha⁻¹. O híbrido 6, considerado altamente produtivo, apresentou o foliar à base de cobalto e molibdênio mais proteção como melhor resultado e a testemunha como pior, a diferença entre eles chega a 3.613 kg ha⁻¹. O híbrido 7 apresentou o foliar de fosfito de manganês mais proteção como melhor resultado mas que só se distinguiu do Foliar 1 e da Testemunha (os piores resultados) com diferença de até 2.643,83 kg ha⁻¹. E no híbrido 8 somente a Proteção se diferiu do Foliar 2 (fosfito de manganês) como melhor e pior resultado respectivamente.

Os híbridos que apresentaram essas particularidades são genótipos com potencial produtivo superior, pois, observa-se que a testemunha já apresenta altos níveis de produtividade nas condições deste ensaio, muito acima da média nacional. São híbridos muitas vezes tolerantes ou resistentes à maioria das doenças, diminuindo assim, o efeito positivo do uso de fungicida e da nutrição foliar. Mas mesmo estes, apresentaram de alguma forma, resposta positiva com relação às plantas protegidas, com resgate de até 3.613 kg ha⁻¹, ou seja, os dados mostram que de nada adianta nutrir plantas doentes.

Os resultados encontrados não corroboram as pesquisas de Lucas et al. (2008) que afirmam que a aplicação de fungicidas não aumentam em níveis significativos a produtividade, destacando ainda que os tratamentos envolvendo a aplicação de triazóis apresentaram resultados estatisticamente inferiores à testemunha, indicando a possibilidade de estes fungicidas serem agentes estressores à planta de milho, mesmo garantindo a proteção desta contra o ataque de patógenos. O mesmo comportamento é observado pelos autores para os tratamentos envolvendo misturas de triazóis com uma estrobilurina.

Comparando-se os híbridos, ainda na Tabela 3, percebe-se que nas testemunhas bem como nos tratamentos com aplicação de foliares, há diferenças entre os híbridos, porém, quando se faz a proteção fungicida os híbridos se igualam. Essa informação é importante, pois incentiva a tomada de decisão dos agricultores no sentido de utilizar híbridos produtivos, embora pouco resistentes, em regiões consideradas restritivas a estes devido à presença de inóculo.

O aumento da produtividade bruta proporcionado pelo uso de fungicida nos quatro estádios de desenvolvimento do milho pode ser atribuído ao efeito fisiológico do produto, o qual proporciona aumento da fotossíntese líquida e da atividade da enzima nitrato-redutase, combinado com a diminuição da produção do etileno, (BASF, 2007).

Tabela 3. Resultados médios para produtividade bruta de grãos (kg ha^{-1}) obtidos no ensaio conduzido em Nova Resende - MG, em função do híbrido avaliado e dos tratamentos envolvendo proteção fungicida e nutrição foliar. Uberlândia-MG, 2011.

Tratamentos ¹	Híbridos ²							
	HIB 1	HIB 2	HIB 3	HIB 4	HIB 5	HIB 6	HIB 7	HIB 8
Testemunha	7684,33*CDb	7733,83BCDb	10002,16 ABCbc	5638,50 Db	7637,50 CDb	9649,50 ABCd	10710,33 Ab	10129,33Ab
Foliar 1	8687,33 ABab	8843,00 ABb	10081,66 Aabc	6236,83 Bb	7300,33 Bb	10010,16 Acd	10691,83 Ab	10852,16 Aab
Foliar 2	8695,83 ABb	8524,83 ABb	10245,00 Aabc	7133,50 Bb	8665,83 ABb	9848,33 Acd	10896,66 Aab	10446,66 Aab
Foliar 3	8709,66 BCb	9304,50 ABb	9544,50 ABc	6589,16 Cb	8182,50 BCb	10401,16 ABbcd	11770,16 Aab	10712,50 ABab
Proteção	12777,66 Aa	12499,83 Aa	12530,66 Aa	10955,50 Aa	11710,83 Aa	11948,00 Aabcd	12943,33 Aab	12906,00 Aa
Foliar 1 + Proteção	12675,00 Aa	12047,66 Aa	11207,83 Aabc	12590,66 Aa	12663,66 Aa	12793,33 Aab	12615,33 Aab	11238,00 Aab
Foliar 2 + Proteção	12636,83 Aa	12647,50 Aa	12417,00 Aab	13013,33 Aa	12514,33 Aa	12329,16 Aabc	13354,16 Aa	12301,83 Aab
Foliar 3 + Proteção	12050,16 Aa	12850,00 Aa	11898,50 Aabc	13261,33 Aa	12637,5 Aa	13262,50 Aa	12904,00 Aab	12172,83 Aab

¹DMS (entre tratamentos) = 2502,22

²DMS (entre híbridos) = 2672,94

*Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Pulverizações com fungicidas sistêmicos, como o utilizado no experimento apresentam um período efetivo mais longo do que com os fungicidas protetores de contato, o que os torna mais eficientes no controle de doenças.

Estudando os fatores que levaram ao aumento de produtividade no estado de Illinois (USA), Below (2009) concluiu que somente 3,8% desse incremento se deviam à utilização de químicos. Porém, para as condições climáticas tropicais pode-se verificar que a realidade é um pouco diferente, visto que há relatos como o de Ramos et al (2001), que afirmam que os químicos na cultura do milho levam a um incremento de até 28 sacos ha^{-1} , em uma produtividade de 200 sacos ha^{-1} ; esse valor corresponderia a 14%, muito além dos 3,8% relatados por Below (2009).

Brandão (2002) trabalhando no sudoeste do estado de Goiás mostrou que alguns fungicidas aplicados aos 45 e 60 dias após a semeadura, foram eficazes no controle das principais doenças foliares do milho em híbridos de resistência intermediária e em híbridos susceptíveis, levando a uma proteção do potencial produtivo de 3.500 kg ha^{-1} , sendo que até os híbridos mais resistentes apresentaram um resgate de 500 kg ha^{-1} .

Trentin (2007) concluiu que a utilização de fungicida no milho como um trato cultural, possui eficiência comparada com a testemunha, para produtividade de grãos.

No presente trabalho a proteção média do potencial produtivo foi de 30,4%, o que justificaria a utilização das quatro aplicações considerando apenas o fator produtividade bruta. Entretanto, existem outros benefícios que devem ser levados em consideração como, por exemplo, a melhoria na qualidade dos grãos produzidos.

4.1.3 Grãos ardidos

O teste de médias revelou que somente os híbridos que apresentam maiores problemas de grãos ardidos (híbridos 1, 2 e 3) respondem bem ao tratamento com proteção foliar, mas, mesmo não havendo diferença estatística entre os tratamentos, nos híbridos mais resistentes (híbridos 4, 5, 6, 7 e 8), é possível observar uma tendência a reduzir a porcentagem de grãos ardidos sempre que o aparato foliar é protegido com fungicida em todos os genótipos (Tabela 4).

No caso particular do híbrido 1, altamente susceptível aos patógenos causadores dos grãos ardidos, a proteção na qualidade dos grãos chegou a 70%, quando comparada ao tratamento de plantas protegidas com a testemunha (Figura 11).

Tabela 4. Resultados médios para porcentagem de grãos ardidos obtidos no ensaio conduzido em Nova Resende - MG, em função do híbrido avaliado e dos tratamentos envolvendo proteção fungicida e nutrição foliar. Uberlândia-MG, 2011.

Tratamentos	Híbridos							
	HIB 1	HIB 2	HIB 3	HIB 4	HIB 5	HIB 6	HIB 7	HIB 8
Testemunha	48,83*Cb	9,66 ABab	16,33 Bb	13,16 Ba	14,50 Ba	3,83 Aa	10,66 ABa	4,66 Aa
Foliar 1	60,50 Cbc	10,33 ABab	16,66 Bb	12,66 Ba	15,16 Ba	4,00 Aa	11,83 ABa	3,66 Aa
Foliar 2	53,33 Cb	13,33 Bb	15,00 Bab	10,83 ABa	11,33 ABa	6,00 ABa	9,50 ABa	3,66 Aa
Foliar 3	69,50 Dc	11,16 ABCab	16,33 Cb	16,16 BCa	8,83 ABCa	3,83 Aa	6,00 ABa	5,50 Aa
Proteção	14,16 Ba	6,50 ABab	7,16 ABa	6,83 ABa	8,66 ABa	4,83 Aa	5,83 ABa	6,33 ABa
Foliar 1 + Proteção	17,83 Ba	5,66 Aab	8,83 ABab	9,50 ABa	10,00 ABa	4,50 Aa	5,66 Aa	5,83 Aa
Foliar 2 + Proteção	17,16 Ba	5,16 Aa	8,16 ABab	6,66 Aa	6,16 Aa	3,33 Aa	7,16 Aa	4,66 Aa
Foliar 3 + Proteção	20,50 Ba	7,16 Aab	8,83 Aab	8,16 Aa	9,33 Aa	4,00 Aa	6,16 Aa	7,50 Aa

*Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

42

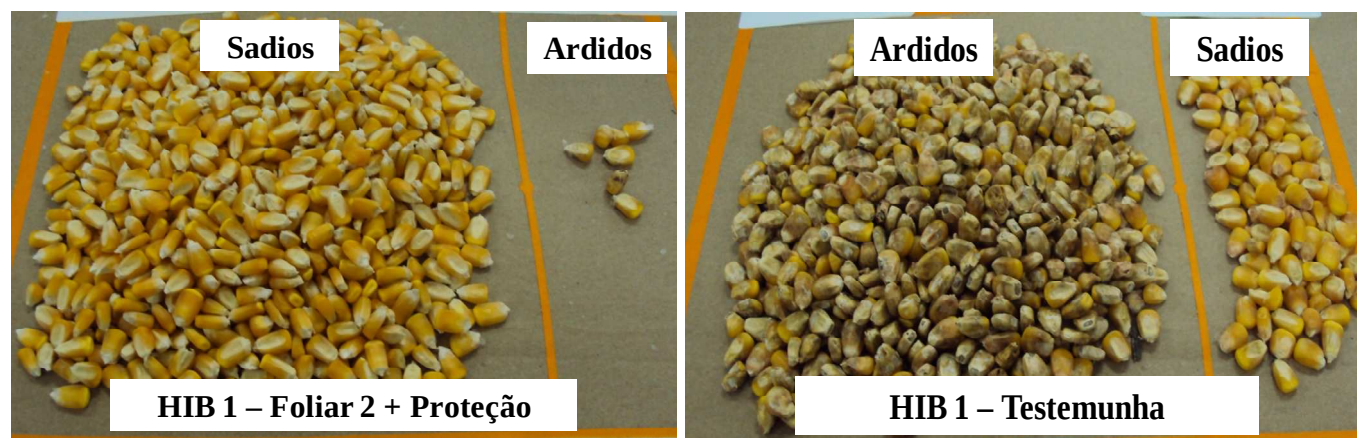


Figura 11. Amostras da análise de grãos ardidos para o Híbrido 1, ilustrando o efeito do Foliar 2 + Proteção em comparação com a Testemunha do ensaio conduzido em Nova Resende - MG, envolvendo proteção fungicida e nutrição foliar. Uberlândia-MG, 2011.

Na Tabela 5, são apresentados os contrastes ortogonais de grãos ardidos entre a testemunha e os demais tratamentos podendo-se concluir que para os híbridos 1, 2, 3 e 5, a testemunha sempre apresentou maiores porcentagens de grãos ardidos em comparação com os demais tratamentos segundo o teste t de Student. Entre os tratamentos Proteção e Foliar + Proteção não ocorreu diferença estatística para nenhum dos híbridos.

Tabela 5. Resultado dos contrastes ortogonais e respectiva significância estatística com valores de probabilidade do testes “t de Student” para porcentagem de grãos ardidos, no ensaio de proteção fungicida e nutrição foliar conduzido em Nova Resende-MG. Uberlândia, 2011.

Híbridos	Critérios	
	Testemunha versus todos	Proteção versus Foliar + Proteção
HIB 1	0,000*	0,121 ^{ns}
HIB 2	0,045*	0,858 ^{ns}
HIB 3	0,046*	0,605 ^{ns}
HIB 4	0,239 ^{ns}	0,647 ^{ns}
HIB 5	0,048*	0,952 ^{ns}
HIB 6	0,839 ^{ns}	0,750 ^{ns}
HIB 7	0,214 ^{ns}	0,858 ^{ns}
HIB 8	0,804 ^{ns}	0,905 ^{ns}

*e^{ns} Significativo e Não Significativo pelo teste t de Student a 0,05 de significância.

Alguns estudos apontam para a redução de *Stenocarpela macrospora* com o uso de fungicida como um dos efeitos da proteção foliar na redução da incidência de grãos ardidos por diminuir a fonte de inóculo. Ribeiro et al. (2005) afirmam que o não controle de patógenos nas folhas responsáveis por podridões de colmo podem fazer com que estes migrem para a espiga, favorecendo a ocorrência de grãos ardidos.

Existem trabalhos, como o de Fiomari (2005), que constataram uma resposta crescente na redução de grãos ardidos com a aplicação de nitrogênio. Como o molibdênio está intimamente ligado à absorção e assimilação deste nutriente pode ser que a redução na porcentagem de ardidos ocorra não de forma direta, mas indiretamente pelo incremento do teor protéico nos grãos. Só é possível afirmar que há uma interferência nos processos metabólicos advindos da maior disponibilização do Co e Mo que levam a uma melhor resposta ao ataque dos patógenos causadores de podridões de espigas.

Os grãos ardidos constituem um dos principais problemas de qualidade dos grãos atualmente, devido à possibilidade de produção de micotoxinas, tais como, aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona, vomitoxinas, toxina T-2, entre outras (PINTO, 2005). Dessa forma, as perdas qualitativas por grãos ardidos são motivo de desvalorização do produto e uma ameaça à saúde humana e dos rebanhos uma vez que as micotoxinas causam danos irreversíveis à saúde dos animais e, adicionalmente, comprometem a integridade de quem consome carne, leite e produtos derivados dos animais intoxicados.

4.1.4 Produtividade líquida

Em todos os híbridos, as plantas protegidas e as protegidas e nutridas apresentaram melhores resultados quanto à produtividade líquida (Tabela 6).

Algumas combinações de Proteção + Foliar devem ser destacadas, como no caso da Proteção + Foliar 2 (à base de fosfito de manganês) no híbrido 7, e da Proteção + Foliar 3 (à base de Cobalto e Molibdênio) no híbrido 6, pois estes tratamentos foram responsáveis por produtividades líquidas de 13.262,50 e 13.121,50 Kg ha⁻¹, respectivamente. Os altos rendimentos demonstram o potencial produtivo destes genótipos em condições favoráveis com proteção contra doenças e nutrição foliar.

Gadaga (2009) concluiu que todos os fosfitos proporcionaram baixas severidades dentre estes, se destaca-se o fosfito de manganês que foi o melhor, comparado aos demais tratamentos, reduzindo em até 77% a área abaixo da curva da doença (AACPD) para antracnose em feijão. O autor ainda afirma que os fosfitos de potássio e manganês proporcionaram o aumento da atividade da peroxidase e da polifenoloxidase, assim como dos teores de fenóis solúveis totais em folhas de feijoeiro.

No caso do híbrido 8 apenas a Proteção se diferiu da Testemunha. Trata-se de um híbrido altamente resistente aos fungos causadores dos grãos ardidos, sendo assim, o seu resultado de produtividade líquida praticamente não diferiu do resultado da produtividade bruta. Ainda assim, verifica-se uma tendência de os tratamentos com proteção fungicida se sobressaírem sobre aqueles em que se fez somente a aplicação dos foliares.

Tabela 6. Resultados médios para produtividade líquida de grãos (kg ha⁻¹) obtidos no ensaio conduzido em Nova Resende - MG, em função do híbrido avaliado e dos tratamentos envolvendo proteção fungicida e nutrição foliar. Uberlândia-MG, 2011.

Tratamentos ¹	Híbridos ²							
	HIB 1	HIB 2	HIB 3	HIB 4	HIB 5	HIB 6	HIB 7	HIB 8
Testemunha	4438,83* Db	7411,50 BCb	8941,00 ABc	5248,83 CDb	6988,33 BCDB	9649,50 Ad	10189,33 Ac	10129,33 Ab
Foliar 1	3989,16 Db	8407,16 ABCb	8982,66 ABc	5810,66 CDb	6708,16 BCDB	10010,16 Acd	10017,66 Ac	10852,16 Aab
Foliar 2	4482,16 Cb	7884,66 ABb	9325,66 ABbc	6799,33 BCb	8140,83 ABb	9745,33 Ad	10449,00 Abc	10446,66 Aab
Foliar 3	3101,00 Eb	8673,33 BCb	8571,00 BCDC	5854,66 Db	7890,50 CDb	10401,16 ABCbcd	11603,33 Aabc	10712,50 ABab
Proteção	11748,83 Aa	12314,16 Aa	12259,66 Aa	10850,33 Aa	11295,00 Aa	11997,33 Aabc	12899,50 Aab	12863,41 Aa
Foliar 1 + Proteção	11209,33 Aa	11915,00 Aa	10839,50 Aabc	12170,00 Aa	12148,00 Aa	12736,16 Aab	12489,66 Aabc	11238,00 Aab
Foliar 2 + Proteção	11198,50 Aa	12577,66 Aa	12082,00 Aa	12805,00 Aa	12418,16 Aa	12329,16 Aabc	13121,50 Aa	12301,83 Aab
Foliar 3 + Proteção	10282,16 Ba	12587,83 ABa	11481,83 ABab	12899,33 ABa	12172,00 ABa	13262,50 Aa	12822,66 ABab	11174,73 ABab

¹DMS (entre tratamentos) = 2491,68

²DMS (entre híbridos) = 2744,91

*Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Comparando-se híbridos, percebe-se que, assim como na produtividade bruta, há uma variabilidade quando não há proteção fungicida, uma vez que os híbridos 6, 7 e 8 apresentaram sempre os melhores resultados tanto na testemunha quanto nos tratamentos com nutrição foliar, os híbridos 1 e 4 apresentaram as piores produtividades líquidas, de um modo geral, e os híbridos 3, 4 e 5 ora apresentaram bons resultados, ora não.

No entanto, quando as plantas foram protegidas os híbridos se igualaram, com exceção apenas da proteção com o foliar à base de cobalto e molibdênio, em que o híbrido 6 apresentou resultado superior, o híbrido 1 foi o pior e os demais não diferiram entre si. Essa informação comprova que a proteção fungicida pode cobrir falhas ou deficiências que híbridos muito produtivos podem ter em ambientes favoráveis ao desenvolvimento de patógenos que os afetam de forma considerável.

Os resultados obtidos neste trabalho não condizem com os resultados encontrados por Evangelista et al (2010), uma vez que estes autores afirmam que a adubação foliar, isolada, proporciona uma maior produtividade na cultura do milho, utilizando-se produtos similares aos aplicados neste ensaio. Também não corroboram as afirmações de Reis Júnior (2005) e Sandini et al. (2007), pois ambos consideram que a suplementação nutricional pela adubação foliar de compostos de micronutrientes, aumentam a produtividade de milho e são economicamente viáveis.

4.1.5 Integridade de colmos e resistência de raízes

Na Tabela 7 é possível observar que para as porcentagens de colmos sadios e de plantas eretas, a proteção foliar, independente de ter havido nutrição ou não, propiciou sempre os melhores resultados.

Em campo, uma imagem que chamou a atenção foi a apresentada na Figura 12, referente ao Híbrido 4, susceptível ao tombamento de plantas. Como houve grande incidência de ventos fortes na área, quase todas as plantas da testemunha desse material estavam tombadas ou quebradas, em praticamente todas as repetições. Já as subparcelas que receberam quatro aplicações de fungicida, independente da nutrição, apresentaram um maior número de plantas eretas, comprovando a eficiência da proteção foliar na integridade vegetativa da planta.

Tabela 7. Resultados médios para integridade de colmos e resistência de raízes, obtidos no ensaio conduzido em Nova Resende – MG, envolvendo proteção fungicida e nutrição foliar. Uberlândia-MG, 2011.

Tratamentos	Variáveis			
	% Colmos Sadios	% Plantas Eretas	Força de Arranque (Kgf)	Densidade de Colmo (g dm ⁻³)
Testemunha	59,58*b	71,56b	23,37c	54,04c
Foliar 1	58,54b	75,64b	23,70c	64,66b
Foliar 2	53,33b	77,33b	25,79c	64,29b
Foliar 3	58,95b	76,79b	25,70c	68,12ab
Proteção	66,45a	93,97a	38,00ab	72,12ab
Foliar 1 + Proteção	64,37a	94,52a	36,00b	77,41a
Foliar 2 + Proteção	63,33a	96,37a	38,45ab	72,41ab
Foliar 3 + Proteção	66,62a	96,08a	42,20a	70,62ab

* Na coluna, médias seguidas por letras minúsculas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

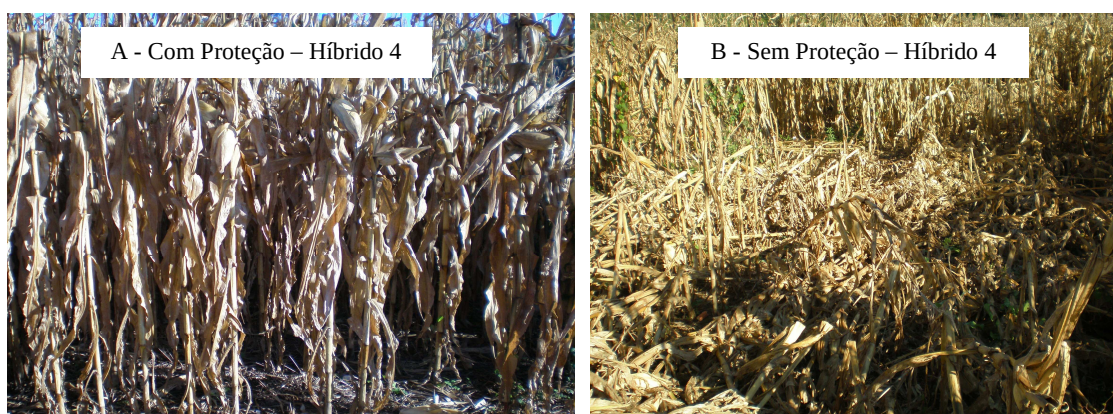


Figura 12. Resultado visível da resistência do colmo com proteção (A) e sem proteção (B) de fungicida, no ensaio de proteção fungicida e nutrição foliar conduzido em Nova Resende-MG. Uberlândia 2011. Fonte: Brito (2009) - (arquivo pessoal).

Dentre os principais agentes abióticos que promovem acamamento e quebraimento do colmo, se destacam-se o vento e a chuva. O primeiro para produzir danos de relevância tem que ter velocidade superior a 25 km h⁻¹ (EASSON et al., 1993). A chuva incrementa o peso da parte aérea, sobretudo quando os cultivos se encontram na fase reprodutiva. Ocasionalmente, o umedecimento do solo gerando condições favoráveis para o acamamento de raízes, já que diminui a ancoragem destas. Nestas condições, Easson et al. (1993) mencionam que ventos de até 16 km h⁻¹ são suficientes para provocar o acamamento, mostrando maior debilidade das plantas depois da precipitação pluvial.

A Figura 13 apresenta o efeito da proteção realizada por fungicida na qualidade sanitária dos colmos.