



GABRIEL AVELAR DORNELAS

**SUPRIMENTO DE NITRÓGENIO E DE
POTÁSSIO NA INTENSIDADE DA MANCHA
BRANCA DO MILHO**

LAVRAS – MG

2012

GABRIEL AVELAR DORNELAS

**SUPRIMENTO DE NITRÔGENIO E DE POTÁSSIO NA INTENSIDADE
DA MANCHA BRANCA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Paulo Estevão de Souza

Coorientadores

Dr. Rodrigo Veras da Costa

Dra. Adélia Aziz Alexandre Pozza

LAVRAS – MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Dornelas, Gabriel Avelar.

Suprimento de nitrogênio e de potássio na intensidade da
mancha branca do milho / Gabriel Avelar Dornelas. – Lavras:
UFLA, 2012.

58 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Paulo Estevão de Souza.

Bibliografia.

1. Estresse nutricional. 2. *Zea mays*. 3. Doenças foliares. 4.
Relação nutrição-patógeno-hospedeiro. 5. Nutrientes minerais. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 632.32

GABRIEL AVELAR DORNELAS

**SUPRIMENTO DE NITRÔGENIO E DE POTÁSSIO NA INTENSIDADE
DA MANCHA BRANCA DO MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitopatologia, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 10 de setembro de 2012.

Dr. Rodrigo Veras da Costa CNPMS

Dra. Adélia Aziz Alexandre Pozza UFV

Dr. Paulo Estevão de Souza

Orientador

LAVRAS – MG

2012

A Deus.

Aos meus pais, João Jacinto Dornelas e Clélia Borges Avelar Dornelas, por todo o incentivo, ensinamento, amor, compreensão, carinho, amizade e esforços dedicados à realização dos meus objetivos.

À minhas irmãs queridas e grandes amigas, Cristina e Milena, familiares e amigos pelo incondicional apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a DEUS, por todo apoio e força nas horas difíceis.

Aos meus pais, minhas irmãs, minha namorada, Larissa e toda a minha família, pela força que sempre me deram e por sempre me apoiarem nas horas mais difíceis.

Ao Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de cursar a pós-graduação e pelos conhecimentos adquiridos.

Ao orientador, professor Paulo Estevão de Souza, pela orientação, amizade, respeito e confiança, durante o desenvolvimento deste trabalho e de todo o curso.

À Embrapa Milho e Sorgo, por possibilitar a conclusão de parte desta etapa.

Aos coorientadores Dr. Rodrigo Veras da Costa e Dra. Adélia Aziz Alexandre Pozza, pela atenção, disponibilidade, confiança, orientação, crítica, incentivo e sugestões durante esta fase.

Ao professor Dr. Edson Ampélio Pozza, pela contribuição imprescindível.

Aos amigos do Departamento de Fitopatologia (DFP)/UFLA, especialmente ao Leandro Alvarenga, Gabriel Vasco, Leone Stabile e Adriano Custódio, pela amizade e conversas inesquecíveis.

Aos estagiários Guilherme Gomes, Paulo Victor e Daniel Navarro, pelo grande apoio durante a realização dos experimentos.

Agradeço ao doutorando Eugênio Chaves, pela ajuda e pelos ensinamentos na realização dos resultados da minha dissertação.

Agradeço, imensamente, às laboratoristas e amigas Rute e Sulamara, pela grande ajuda.

Aos amigos República Zona Rural, pela grande amizade, companheirismo e ajuda nas horas difíceis e trabalhosas.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Fitopatologia da UFLA.

BIOGRAFIA

Gabriel Avelar Dornelas, filho de João Jacinto Dornelas e Clélia Borges Avelar Dornelas, nasceu em Bambuí, no estado de Minas Gerais, em 25 de setembro de 1987.

Concluiu o ensino médio na escola particular Cooperativa de Ensino de Bambuí, em Bambuí, MG, em dezembro de 2005.

Em agosto de 2006 ingressou no curso de Engenharia Agrônoma na Universidade Federal de Lavras, colando grau em janeiro de 2011. Foi bolsista de iniciação científica (FAPEMIG) de abril de 2008 a dezembro de 2010, trabalhando com projeto de Epidemiologia e Manejo de doença, no Departamento de Fitopatologia, sob a orientação do professor doutor Paulo Estevão de Souza.

Ingressou, em março de 2011, no Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras, tendo como linha de pesquisa Epidemiologia e Manejo de doenças de plantas, sob orientação do professor doutor Paulo Estevão de Souza. Foi bolsista do programa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Em julho de 2012 concluiu o mestrado, com a defesa desta dissertação.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada e potássica na intensidade da mancha branca do milho, foram conduzidos dois experimentos, em duas localidades, em Minas Gerais, em condição de campo, sendo um na fazenda Palmital no município de Ijaci e outro na estação experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas. Foi utilizada a cultivar suscetível 30P70. No experimento 1 foi utilizado um esquema fatorial com 5 doses de N (20; 40; 80; 150; 190 kg ha⁻¹ de N) e cinco doses de K (15; 30; 60; 120; 180 kg ha⁻¹ de K) e, no segundo, também em esquema fatorial, com as mesmas doses de N (20; 40; 80; 150; 190 kg ha⁻¹ de N) e cinco doses de K (8,75; 17,5; 35; 50; 100 kg ha⁻¹ de K), conforme recomendações das análises de solo. No plantio foram utilizados 25% das doses de N e 50% das doses de K, sendo o restante em duas coberturas, aos 35 dias após a semeadura e 15 dias após a primeira. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em arranjo fatorial, conforme descrito acima, com quatro repetições. As avaliações de severidade da doença se iniciaram a partir do aparecimento dos primeiros sintomas da doença, o que ocorreu aos 43 DAE, no primeiro experimento e aos 56 DAE, no segundo. Não houve interação significativa entre N e K, em ambos os experimentos. Para o fator N, foi detectada significância no teste F ($P \leq 0,05$), quando analisadas as variáveis: área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e produtividade dos dois experimentos. Com o aumento das doses de N foi observado, também, aumento dos valores de AACPD. Em ambos os experimentos, doses de N foram significativas ($P \leq 0,01$) para a análise de regressão em relação à AACPD, se enquadrando no modelo linear com o aumento de 2,8%, 8,4%, 18,2% e 23,8%, no experimento 1 e 6,1%, 18,3%, 39,6% e 51,7%, no experimento 2, nas doses 40, 80, 150 e 190 kg N ha⁻¹, respectivamente, comparada à menor dose de N (20 kg ha⁻¹). As maiores produtividades foram observadas nas maiores doses de N, onde no experimento 1 enquadrando-se ao modelo de regressão quadrática ($P \leq 0,01$) com máxima produtividade na dose de 170,5 kg ha⁻¹ de N. O experimento 2 se enquadrando no modelo de regressão linear ($P \leq 0,01$) com aumento de 0,56% na produtividade (t ha⁻¹) para cada kg de N aplicado no solo. A produtividade nas maiores doses de N foi abaixo do esperado, com perdas de 9% e 10%, nas últimas doses, nos experimentos 1 e 2, respectivamente, o que pode ser explicado pela maior severidade da doença nas parcelas que receberam as maiores doses. Para o nutriente K não foi observado efeito significativo para as variáveis AACPD e produtividade de grãos (T ha⁻¹). Portanto, conclui-se que o N está diretamente relacionado com a severidade da mancha branca, com tendência de aumento desta com os incrementos das doses desse nutriente.

Palavras-chave: Estresse nutricional. *Zea mays*. Doenças foliares.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of nitrogen and potassium fertilization on the intensity of maize white spot, two experiments were conducted in two locations in Minas Gerais, under field condition, one on the Palmital farm in the municipality of Ijaci-MG and another in the Embrapa Maize and Sorghum experimental station (Embrapa Milho e Sorgo) in Sete Lagoas - MG. The susceptible cultivar 30P70 was used. In experiment 1, a factorial scheme with five doses of N (20, 40, 80, 150, 190 kg N ha⁻¹) and five doses of K (15, 30, 60, 120, 180 kg ha⁻¹ K) was used and in the second, also in a factorial scheme with the same doses of N (20, 40, 80, 150, 190 kg ha⁻¹ N) and five doses of K (8.75, 17.5, 35, 50, 100 kg ha⁻¹ K) according to the soil analysis recommendations. At planting, 25% of the doses of N and 50% of the doses of K were utilized and the remainder being in topdressings, that is, 35 days after sowing and 15 days after the first one. The experimental design was in randomized blocks with the treatments arranged in a factorial design as described above, with four replications. The evaluations of the disease severity started from the appearance of the first symptoms of the disease, which occurred at 43 DAE in the first experiment and at 56 DAE in the second experiment. There was no significant interaction between N and K in both the experiments. As to the N factor, significance in the F test ($P \leq 0.05$) was detected, when the following variables were surveyed: area below the disease progress curve (AACPD) and yield of the two experiments. With increasing the doses of N, increase of the values of AACPD was also found. In both the experiments, doses de N were significant ($P \leq 0,01$) to the regression analysis in relation to the AACPD, fitting into the linear model with the increase of 2.8%, 8.4%, 18.2% and 23.8% in experiment 1 and 6.1%, 18.3%, 39.6% and 51.7%, in experiment 2 at the doses 40, 80, 150 and 190 kg N ha⁻¹, respectively, compared with the lowest dose of N (20 kg ha⁻¹). The highest yields were found with the greatest doses of N, where in experiment 1 by fitting into the quadratic regression model ($P \leq 0.01$) with maximum yield at the dose of 170.5 kg ha⁻¹ of N. Experiment 2 fitted into the linear regression model ($P \leq 0.01$) with an increase of 0.56% in yield (t ha⁻¹) for each kg of N applied in soil. The yield at the highest doses of N was below the expected with losses of both 9% and 10%, in the latest doses in experiments 1 and 2, respectively, which may be explained by the increased disease severity in the pots which were given the highest doses. For the nutrient K, no significant effect for the variables AACPD and grain yield was found (T ha⁻¹). Therefore, it follows that N is directly related to the severity of white spot, increasing trend of this with the rises of the doses of that nutrient.

Keywords: Nutrient stress. *Zea mays*. Leaf diseases.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Escala diagramática para a avaliação das doenças foliares do milho proposta pela Agrocerec (1994).....	30
Gráfico 1	Dados de precipitação pluvial, umidade relativa, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, em Lavras, MG, de 17/01/2012 a 14/03/2012. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da UFLA, Lavras, MG, 2012	34
Gráfico 2	Dados de precipitação pluvial, umidade relativa, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, em Sete Lagoas, MG, de 17/01/2012 a 14/03/2012. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.....	35
Gráfico 3	Área abaixo da curva de progresso da severidade da mancha branca (AACPD) na cultura do milho. UFLA, Lavras, MG, 2012 ..	36
Gráfico 4	Área abaixo da curva de progresso da severidade da mancha branca (AACPD) na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012.....	37
Gráfico 5	Produtividade de grãos de milho ($t\ ha^{-1}$) em função de doses crescentes de N. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	44
Gráfico 6	Produtividade de grãos de milho ($T\ ha^{-1}$) em função de doses crescentes de N. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização dos locais dos experimentos conduzidos para a realização deste trabalho e suas respectivas datas de semeadura e de colheita.....	24
Tabela 2	Resultado das análises químicas de solo das duas localidades estudadas, para macronutrientes e micronutrientes	25
Tabela 3	Concentrações de ureia e cloreto de potássio utilizados no preparo dos diferentes tratamentos envolvendo doses de N e de K (UFLA)..	27
Tabela 4	Concentrações de ureia e cloreto de potássio utilizadas no preparo dos diferentes tratamentos envolvendo doses de N e de K (EMBRAPA)	28
Tabela 5	Coefficientes de correlação de Pearson entre doses de N, doses de K e produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$) para a área abaixo da curva de progresso de doença, considerando os dois experimentos.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Etiologia	16
2.2	Mancha branca do milho	18
2.3	Nutrição mineral e a sua relação com as doenças de plantas	19
2.4	Nitrogênio e doenças de plantas	20
2.5	Potássio e doenças de plantas	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Características do campo experimental e da cultura	24
3.2	Caracterização química dos solos	25
3.3	Delineamento experimental	25
3.3.1	Experimento 1	26
3.3.2	Experimento 2	27
3.4	Dados meteorológicos	28
3.5	Práticas culturais	29
3.6	Avaliações	29
3.7	Produtividade de grãos	31
3.8	Análise dos dados	31
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	33
4.1	Dados meteorológicos	33
4.2	Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)	35
4.3	Rendimento de grãos de milho	42
5	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXOS	57

1 INTRODUÇÃO

O Brasil vem se destacando mundialmente no agronegócio e o milho encontra-se entre as principais culturas economicamente rentáveis dos setores. O país é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás apenas dos Estados Unidos e da China, com produtividade média, no ano agrícola 2011/2012, de 4.799 kg ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012).

A produção brasileira tem aumentado muito nos últimos anos e deverá aumentar ainda mais devido aos grandes problemas edafoclimáticos que vêm ocorrendo em outros países. O milho também tem importante papel na rotação de culturas com a soja, especialmente em áreas sob plantio direto. Além disso, constitui cultura básica da agricultura brasileira, pois envolve um contingente significativo de mão de obra rural no processo produtivo (PAVINATO et al., 2008). Ressalta-se também a importância da cultura do milho, para o Brasil, não só pela extensão da área cultivada e pela produtividade, mas por sua diversidade de utilização, destacando-se a alimentação humana e animal, e por seus reflexos sócio-econômicos.

A partir da década de 1990, observou-se acentuado aumento da incidência e da severidade de doenças na cultura do milho. Dentre as principais doenças que afetam a cultura, destacam-se a cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*), a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), a ferrugem tropical (*Physopella zea*), a mancha branca (*Pantoea ananatis*) e a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*). A severa ocorrência de cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*) em lavouras de milho no sul de Goiás, na safra 2000/2001, evidencia o aumento da incidência dessas doenças foliares (FERNANDES; OLIVEIRA, 2001). Atualmente, a mancha branca do milho é considerada uma das principais

doenças da cultura e encontra-se disseminada em praticamente todas as regiões produtoras de milho no país (FERNANDES; OLIVEIRA, 1997).

A mancha branca era considerada, historicamente, uma doença de ocorrência restrita ao final do ciclo da cultura, próximo à senescência das plantas. Entretanto, nos últimos anos, elevada severidade da mancha branca foi observada em plantas jovens, durante a fase vegetativa, resultando na seca prematura das plantas em genótipos suscetíveis. Como consequência, reduções de até 60% da produtividade da cultura do milho foram relatadas em condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da doença (ROLIM et al., 2007).

Na cultura do milho, a partir do final da década de 1990, observou-se a crescente adoção de fungicidas visando o controle das doenças foliares. No caso das lavouras destinadas à produção de grãos, foram demonstradas, em estudos, diferentes situações em que o uso de fungicidas pode ser lucrativo, principalmente em situações de elevada pressão de doenças.

Para se obter êxito no controle da mancha branca com uso de fungicidas, estes devem ser utilizados em lavouras bem conduzidas, com bom potencial produtivo, em condições de alta pressão de inóculo do patógeno. Deve-se, também, observar a ocorrência de clima favorável a epidemias e ao início precoce da doença na lavoura. Apesar de existirem produtos registrados para o seu combate, tem-se verificado baixa eficiência de alguns fungicidas, além do custo e riscos ambientais, sendo necessária a busca por medidas alternativas para aumentar a eficiência no controle. Neste contexto, o manejo integrado de doenças (MID) ganhou destaque ao preconizar o uso de estratégias de controle eficientes e mais seguras. Medidas como a rotação de culturas, o uso de sementes isentas de patógenos, o plantio de cultivares resistentes em época adequada e a nutrição equilibrada de plantas são alguns exemplos das estratégias do MID (CARVALHO, 2008).

O estado nutricional pode determinar maior ou menor predisposição das plantas às doenças. Geralmente, quando a nutrição é equilibrada, há maior capacidade de defesa das plantas. Por outro lado, tanto o excesso quanto a escassez de nutrientes podem favorecer as doenças, por tornarem as plantas mais predispostas a infecções (HUBER; ARNY, 1985; MARSCHNER, 1995; PERRENOUD, 1990). Segundo Malavolta (1998) e Marschner (1995), a nutrição mineral pode ser manipulada em favor da planta, constituindo importante fator a contribuir com o MID, conforme já demonstrado em vários patossistemas.

O grau de resistência da planta pode ser influenciado pela nutrição mineral, por atuar em modificações morfológicas ou histológicas, bem como na composição química dos tecidos, em resposta à infecção por patógenos. Esse efeito pode refletir também diretamente sobre o patógeno, afetando sua sobrevivência, reprodução e desenvolvimento (ELLET, 1973; MARSCHNER, 1995).

Existem poucas informações sobre a relação do estado nutricional das plantas e a sua suscetibilidade às doenças do milho. Portanto, há necessidade da realização de trabalhos para entender a relação nutrição-patógeno-hospedeiro no descrito patossistema e, conseqüentemente, contribuir com o MID, equilibrando a nutrição da cultura.

Nesse sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com base nas seguintes hipóteses: (i) a severidade de mancha branca é influenciada pela adubação desequilibrada de N e K e (ii) o rendimento de grãos pode ser afetado pela mancha branca.

Sendo assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar doses de N e de K, e sua possível interação, em duas localidades do estado de Minas Gerais, na intensidade da mancha branca do milho e no rendimento de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Etiologia

O primeiro relato da doença foi feito por Rane, Payak e Renfro (1996), que indicaram *Phaeosphaeria maydis* (P. Henn) Rane, Payak, & Renfro (sin. *Metasphaeria maydis* (Henn.) Hohnel; *Leptosphaeria zea-maydis* Saccas) como o agente causal da mancha de phaeosphaeria e atribuíram com fase anamorfa *Phyllosticta* sp. Porém, diante das dificuldades de isolamento e reprodução de sintomas, o papel do fungo como agente etiológico tem sido questionado.

Vários autores relataram a dificuldade em isolar e completar os postulados de Koch com o referido fungo (AMARAL et al., 2002; CERVELATTI et al., 1998, 2002). No entanto, Paccola-Meirelles et al. (2001), estudando lesões jovens, isolaram bactéria gram-negativa de coloração amarelo-brilhante, identificada como *Pantoea ananatis* (syn. *Erwinia ananas*), a qual foi confirmada como agente etiológico. A bactéria *Pantoea ananatis* (Serrano 1928) Mergaert, Verdonck & Kesters 1993 é agente causal de doenças em grande variedade de culturas agrícolas.

Já foi demonstrado que picnídios e pseudotécios presentes na lesão típica da doença pertencem a fungos diferentes e não aos estados anamórfico e teleomórfico de um único agente (CERVELATTI et al., 2002). *Phoma sorghina* foi identificada como o fungo prevalente da mancha conhecida por phaeosphaeria (AMARAL et al., 2004) e, recentemente, uma espécie nova de *Sclerophthora* (*Peronosporaceae*) foi encontrada consistentemente nas lesões de phaeosphaeria (OLIVEIRA et al., 2004). As pesquisas relatam a presença de *Phaeosphaeria maydis*, *Pantoea ananatis* e *Phoma sorghina* realizaram a prova de patogenicidade e podem de fato confirmar ou contestar a etiologia da doença.

A ocorrência dessa bactéria como patógeno associado à mancha branca do milho foi reportada em diferentes países, em várias partes do mundo. Primeiramente descrita no Brasil (PACCOLA-MEIRELLES et al., 2001), foi posteriormente identificada na África do Sul (GOSZCZYNSKA et al., 2007), no México (PÉREZ-Y-TERRÓN et al., 2009), na Argentina (ALIPPI; LOPEZ, 2010) e na Polônia (KRAWCZYK et al., 2010).

Esta bactéria, quando inoculada em plantas de milho, reproduziu, em casa de vegetação, sintomas semelhantes aos da doença no campo. A bactéria foi reisolada a partir das lesões, concluindo, assim, os postulados de Koch.

Uma das dificuldades em estudar essa bactéria está na sua baixa viabilidade de armazenamento em meio de cultivo. Além da perda da viabilidade também se observa a perda de patogenicidade (MENDES; TEBALDI, 2011). A bactéria encontra-se presente na superfície foliar, indicando tratar-se de um microrganismo residente epifiticamente e, por diversos fatores, pode eventualmente desencadear injúrias em seu hospedeiro (ESCANFERLA et al., 2006).

De acordo com Rocha e Paccola-Meirelles (2009), *P. ananatis* é uma bactéria epifítica, com propriedades de nucleação de gelo e aumento populacional crescente até na fase de pré-florescimento. Nesta fase, quando a população encontra-se elevada e as condições climáticas favoráveis, por mecanismo ainda desconhecido, a bactéria torna-se patogênica, desenvolvendo lesões foliares encharcadas. Em relação ao tamanho populacional necessário para o desenvolvimento da bactéria sob condições controladas, sabe-se que quanto maior a população bacteriana maior o número de lesões e, em suspensões mais diluídas, não tiveram sucesso na reprodução dos sintomas. Sua disseminação pode ser por agentes abióticos (chuvas, ventos, enxurradas, etc.).

2.2 Mancha branca do milho

A mancha branca do milho, também conhecida como pinta branca, foi observada no Brasil na década de 1980 e denominada mancha de *Phaeosphaeria* (FERNANDES; OLIVEIRA, 1997).

A doença vem ocorrendo de forma severa também em plantas jovens, sendo observada no campo com 40 dias após o plantio, podendo atingir toda a planta. Em condições favoráveis, reduz a taxa fotossintética e causa seca prematura da planta, diminuindo o período de enchimento dos grãos, o seu tamanho, o peso e, conseqüentemente, a produtividade (GODOY; AMORIN; BERGAMIN FILHO, 1998; MENDES; TEBALDI, 2011).

Os sintomas da doença podem se caracterizar por uma coloração variando de cor branca até palha, com tamanho de 1 a 20 mm de diâmetro, nem sempre com margens definidas de cor pardo-escura, podendo coalescer, comprometendo grande parte da área fotossintética das folhas (GODOY; AMORIN; BERGAMIN FILHO, 1998). Para a maioria dos genótipos de milho, os sintomas surgem primeiro nas folhas inferiores, progredindo rapidamente em direção ao ápice da planta, e tornam-se mais severos após o pendoamento (REIS; CASA, 1996; SAWAZAKI et al., 1997).

Doenças bacterianas são consideradas sérios problemas fitopatológicos e agrônômicos em qualquer parte do mundo e, especialmente em países tropicais, por razões técnicas e climáticas, dentre outras. Entre as dificuldades pode-se mencionar a dificuldade técnica de controle em virtude de esta ser quase exclusivamente de exclusão e, eventualmente, de erradicação (MENDES; TEBALDI, 2011).

2.3 Nutrição mineral e a sua relação com as doenças de plantas

Os mecanismos de defesa das plantas estão diretamente relacionados à sua nutrição. A patogenicidade pode ser reduzida se a planta hospedeira não tem os nutrientes necessários para o crescimento e o desenvolvimento dos patógenos (HUBER, 1980).

Segundo Marschner (1995), a nutrição mineral apresenta envolvimento secundário, em termos das funções dos nutrientes no metabolismo vegetal, como alterações na morfologia (forma de crescimento), na anatomia (paredes das células da epiderme mais grossas, lignificadas ou silificadas) e na composição química (síntese de compostos tóxicos), as quais podem aumentar ou reduzir a resistência das plantas aos patógenos.

Os nutrientes minerais exercem funções específicas no metabolismo das plantas, afetando seu crescimento e produção. Os mecanismos da interação patógeno-hospedeiro-nutrientes não são completamente conhecidos, mas admite-se que a nutrição equilibrada pode reduzir a severidade de determinadas doenças, conferindo resistência fisiológica à planta (HUBER; THOMPSON, 2007).

Os efeitos da nutrição mineral na suscetibilidade ao cancro bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) em vasos contendo mudas de pessegueiro submetidas a soluções com ausência de diferentes nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e Fe), comparada com uma solução completa, foram estudados por Cao et al. (2011). A deficiência de fósforo foi o único tratamento que diminuiu significativamente a extensão da lesão após a inoculação com *P. syringae* pv. *syringae*, em comparação com as plantas controle com doses completas dos nutrientes. Tratamentos com deficiência de N e de K diminuíram significativamente o teor de nitrogênio na casca e as concentrações de K não tiveram nenhum efeito no tamanho da lesão. Em outro experimento, a

deficiência de N aumentou significativamente o número de lesões com *P. syringae* pv. *syringae* na folha, mas a infecção subsequente foi limitada a poucos milímetros (CAO et al., 2011).

Alguns patógenos infectam plantas subnutridas com maior virulência, enquanto outros infectam plantas mais vigorosas. Geralmente, teores elevados de nitrogênio tendem a aumentar a suscetibilidade, enquanto altas doses de K reduzem a predisposição a muitas doenças (KRUGNER, 1978). No entanto, Pozza e Pozza (2003) salientaram não ser possível generalizar os efeitos de um nutriente específico para todas as combinações patógeno-hospedeiro-nutrientes e relataram ser esse tipo de interação, no tempo, fator capaz de determinar como a doença é afetada pela nutrição. Segundo os mesmos autores, a redução do inóculo e ou da taxa de progresso de doenças pode ser obtida pela disponibilização de nutrientes, seja por fornecimento direto ou por práticas culturais que melhorem a absorção por meio de melhor interação com o ambiente.

2.4 Nitrogênio e doenças de plantas

O N é o nutriente mais amplamente relatado afetando doenças de plantas. É também o nutriente aplicado em maior quantidade e o elemento mais frequentemente deficiente em solos cultivados. A associação de N com a doença é, muitas vezes, baseada em efeitos observados após a aplicação de fertilizantes nitrogenados (LAST, 1962).

A influência do N em doenças de plantas deve-se à alteração fisiológica nas plantas. Ela afeta o crescimento ou a virulência do patógeno, modificando o ambiente biótico e abiótico, especialmente a rizosfera (HUBER; THOMPSON, 2007).

Na literatura existem relatos de maior ou menor taxa de progresso da doença, devido à aplicação de maiores doses de N no solo. Pozza et al. (2001) observaram redução da mancha de olho pardo do cafeeiro, com o aumento das doses de N em solução nutritiva.

Em milho, Pegoraro et al. (2001) não observaram diferenças significativas entre as cultivares para a mancha branca com duas doses de fertilizantes via solo: 300 e 150 kg ha⁻¹ da fórmula N-P-K, 5-20-20. Foram aplicados em cobertura, no estágio V6, 70 e 35 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, na primeira e na segunda adubação. Os autores concluíram que as duas doses foram elevadas para garantir a nutrição das plantas e não se observaram diferenças na predisposição à mancha branca do milho.

Duarte, Souza e Corte (1999) e Souza e Duarte (2002) também trabalharam com duas doses distintas de adubação mineral no plantio (200 kg/ha e 800 kg/ha da fórmula 4-14-8), não sendo realizada adubação de cobertura. Eles constataram que os diferentes níveis de adubação não modificaram o comportamento das cultivares à mancha branca do milho.

Porém, Fidelis et al. (2003) realizaram um trabalho para observar a influência de duas doses de N em cobertura, sendo um tratamento com ausência de cobertura e outro aplicando 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, divididos em duas aplicações na reação de cultivares de milho à mancha branca, em duas épocas distintas (aos 30 e aos 40 dias após o florescimento). Concluíram que doses elevadas (90 kg ha⁻¹), quando comparadas a doses baixas de nitrogênio, promoveram o aumento da incidência da doença no início do desenvolvimento. A avaliação aos 40 dias após o florescimento mostrou-se eficiente para discriminação da doença nas diferentes cultivares.

2.5 Potássio e doenças de plantas

O K é o nutriente essencial para a vida animal e vegetal e desempenha papel importante na nutrição de plantas. É o mineral mais abundante no tecido vegetal de praticamente todas as espécies vegetais e, por apresentar-se predominantemente na forma iônica K^+ no tecido, seu retorno ao solo é muito rápido, ocorrendo logo após a senescência das plantas. Assim, a maior parte do potássio é ciclada, embora possa ocorrer perda por lixiviação, principalmente quando se tratam de solos arenosos (PAVINATO, 2004).

O K, sozinho ou em combinação com nitrogênio, fósforo e outros nutrientes, altera a severidade de doenças causadas por patógenos de solo e da parte aérea (PRABHU et al., 2007). Os efeitos do K podem ser positivos, negativos ou neutros para doenças fúngicas, bacterianas, viroses e por nematoides (DATNOFF, 1994; HUBER, 1980, 1989; HUBER; ARNY 1985).

A interação do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja (*Phakopsora pachirhizi*) foi estudada por Balardin et al. (2006). Duas cultivares com diferentes tipos de resistência foram adubadas com combinações de potássio e fósforo, adicionadas aos substratos. Foram realizados três experimentos, sendo um composto por 4 doses de K (0; 35; 70 e 140 kg ha⁻¹), mantendo a dose de fósforo em 8,4 mg dm⁻³; o segundo, com 4 doses de fósforo (0; 42,5; 85 e 170 kg ha⁻¹), mantendo a dose de K em 65 mg dm⁻³, e o terceiro experimento com 4 doses de K (0, 35 e 42,5, 70 kg ha⁻¹) combinadas com as 4 doses de P (85, 140 e 170 kg ha⁻¹). Observou-se influência significativa da nutrição da planta, reduzindo tanto a severidade final quanto a taxa de progresso da ferrugem com o aumento nos níveis de P e K, para os estádios e cultivares testados. A maior redução foi verificada no estádio V2. A expressão da resistência parcial nas cultivares utilizadas foi influenciada pela variação nos

níveis de P e K, sendo, em baixas dosagens de P e K, observada maior diferença na expressão no período latente do fungo.

O K confere maior resistência aos tecidos, atua na diminuição do potencial de inóculo e promove a rápida recuperação de injúrias. No entanto, aumentos nos níveis deste nutriente além do ótimo não causam efeitos substanciais nos constituintes orgânicos e na resistência a doenças (MARSCHNER, 1995).

O efeito negativo do excesso de K também foi relatado por Pozza et al. (2001) no patossistema café-*Cercospora coffeicola*. Os autores observaram que, com o incremento nas doses de K de 3 para 9 mmol L⁻¹, ocorria aumento da área abaixo da curva de progresso do número total de lesões (AACPTL) e da área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha (AACPLPF). A aplicação da menor dose de K em mudas de cafeeiro foi suficiente para nutri-las e, acima dessa menor dose, ocorreu competição entre cátions Ca e K pelo sítio de absorção nas raízes, inibindo a absorção de Ca.

Segundo Perrenoud (1990), o K exerce algum tipo de influência sobre as doenças na maioria das espécies estudadas e por isso admite-se o efeito benéfico à sanidade de plantas. No entanto, a adubação potássica pode reduzir a resistência de várias espécies de plantas a patógenos, como verificado em algodão e tomate em relação à murcha de *Verticillum* (MARSCHNER, 1995), provavelmente por competição entre cátions (GARCIA JÚNIOR et al., 2003; POZZA et al., 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características do campo experimental e da cultura

O presente trabalho foi conduzido em duas áreas experimentais: (i) a primeira na Fazenda Palmital da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Ijaci, MG (altitude de 837 m, latitude Sul de 21° 09', longitude Oeste de 44° 55'09'') e (ii) a segunda em área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas, MG (altitude de 732 m, latitude Sul de 19° 26', longitude Oeste de 44° 10'59'') (Tabela1).

Em ambos os experimentos foi utilizada a cultivar de milho Pioneer® 30P70H, um híbrido simples suscetível à mancha branca, selecionado de acordo com informações da empresa detentora do híbrido.

As fontes de nutrientes utilizadas foram ureia (45% de N) e cloreto de potássio (58% de K), como fornecedores de N e K, respectivamente. Foram aplicados 2 kg ha⁻¹ de Zn na forma de sulfato de zinco e 30 kg ha⁻¹ de sulfato de cálcio (14% de S) na forma de gesso. Foram também realizadas duas aplicações de nutrientes via foliar: micronutrientes (5% de Zn; 3% de Mn; 0,50% de B, 0,60% de Cu, 0,06% de Mo) e 4% de S via foliar.

Tabela 1 Caracterização dos locais dos experimentos conduzidos para a realização deste trabalho e suas respectivas datas de semeadura e de colheita

Experimento	Local	Data	
		Semeadura	Colheita
1	Fazenda Palmital – UFLA	25/11/2011	09/05/2012
2	Embrapa Milho e Sorgo	18/11/2011	10/05/2012

3.2 Caracterização química dos solos

As análises das propriedades físicas e químicas do solo (Tabela 2) foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, no experimento 1 e no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no experimento 2. De acordo com o resultado das análises de solo, o experimento 1 apresentou disponibilidade “muito baixa” de P e “média” de K, de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), com recomendação de adição de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Para a produtividade média acima de 8 t ha⁻¹ recomendam-se doses de 150 kg ha⁻¹ de N. Para o experimento 2, de acordo com os resultados das análises de solo, a área apresentou disponibilidade “boa” de P e “boa” de K, de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), com recomendação de adição de 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Para a produtividade média acima de 8 t ha⁻¹ recomendam-se doses de 150 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 2 Resultado das análises químicas de solo das duas localidades estudadas, para macronutrientes e micronutrientes

Solo	pH	P-rem mg L ⁻¹	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
							cmol dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		%
Solo1 ⁽¹⁾	5,8	15,6	3,4	47	2,0	0,3	0,1	3,2	2,4	5,7	42,8
Solo2 ⁽²⁾	6,8	20,1	22,0	107	4,75	0,62	0,0	2,1	5,6	7,74	72,9

⁽¹⁾Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA

⁽²⁾Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da UFV

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental, para os dois experimentos, foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial, com 25 tratamentos e 4 repetições. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 m, sendo a área útil composta pelas duas linhas centrais com 3 m cada. Os 25 tratamentos foram delineados em um

fatorial 5x5 (cinco doses de N x cinco doses de K), diferenciados para cada experimento de acordo com os resultados das análises de solo.

3.3.1 Experimento 1

O experimento 1 foi conduzido na Fazenda Palmital - UFLA, em esquema fatorial com cinco doses de N (20, 40, 80, 150 e 190 kg ha⁻¹ de N) e cinco doses de K (15, 30, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de K) e quatro repetições. No plantio foram utilizadas 25% das doses de N e 50% das doses de K, e o restante aplicado em duas coberturas, aos 35 dias após a semeadura e aos 15 dias após a primeira (Tabela 3).

Tabela 3 Concentrações de ureia e cloreto de potássio utilizados no preparo dos diferentes tratamentos envolvendo doses de N e de K (UFLA)

Tratamento	PLANTIO				COBERTURA			
	N	K	NH ₃	KCl	N	K	NH ₃	KCl
	kg ha ⁻¹		g parcela ⁻¹		kg ha ⁻¹		g parcela ⁻¹	
N1K1	5	7,5	15,6	18,1	15	7,5	46,7	18,1
N1K2	5	15	15,6	36,2	15	15	46,7	36,2
N1K3	5	30	15,6	72,4	15	30	46,7	72,4
N1K4	5	60	15,6	144,8	15	60	46,7	144,8
N1K5	5	90	15,6	217,2	15	90	46,7	217,2
N2K1	10	7,5	31,1	18,1	30	7,5	93,3	18,1
N2K2	10	15	31,1	36,2	30	15	93,3	36,2
N2K3	10	30	31,1	72,4	30	30	93,3	72,4
N2K4	10	60	31,1	144,8	30	60	93,3	144,8
N2K5	10	90	31,1	217,2	30	90	93,3	217,2
N3K1	20	7,5	62,2	18,1	60	7,5	186,7	18,1
N3K2	20	15	62,2	36,2	60	15	186,7	36,2
N3K3	20	30	62,2	72,4	60	30	186,7	72,4
N3K4	20	60	62,2	144,8	60	60	186,7	144,8
N3K5	20	90	62,2	217,2	60	90	186,7	217,2
N4K1	30	7,5	93,3	18,1	120	7,5	373,3	18,1
N4K2	30	15	93,3	36,2	120	15	373,3	36,2
N4K3	30	30	93,3	72,4	120	30	373,3	72,4
N4K4	30	60	93,3	144,8	120	60	373,3	144,8
N4K5	30	90	93,3	217,2	120	90	373,3	217,2
N5K1	40	7,5	124,4	18,1	150	7,5	466,7	18,1
N5K2	40	15	124,4	36,2	150	15	466,7	36,2
N5K3	40	30	124,4	72,4	150	30	466,7	72,4
N5K4	40	60	124,4	144,8	150	60	466,7	144,8
N5K5	40	90	124,4	217,2	150	90	466,7	217,2

3.3.2 Experimento 2

O experimento 2 foi conduzido na Embrapa Milho e Sorgo, em esquema fatorial com cinco doses de N (20, 40, 80, 150 e 190 kg ha⁻¹ de N) e cinco doses de K (8,75; 17,5; 35; 70 e 100 kg ha⁻¹ de K) e quatro repetições. No plantio foram utilizadas 25% das doses de N e 50% das doses de K e o restante aplicado em duas coberturas, aos 35 dias após a semeadura e aos 15 dias após a primeira (Tabela 4).

Tabela 4 Concentrações de ureia e cloreto de potássio utilizadas no preparo dos diferentes tratamentos envolvendo doses de N e de K (EMBRAPA)

Tratamento	PLANTIO				COBERTURA			
	N	K	NH ₃	KCl	N	K	NH ₃	KCl
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g parcela ⁻¹	g parcela ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g parcela ⁻¹	g parcela ⁻¹
N1K1	5	4,38	15,6	10,6	15	7,5	46,7	10,6
N1K2	5	8,75	15,6	21,1	15	15	46,7	21,1
N1K3	5	17,5	15,6	42,2	15	30	46,7	42,2
N1K4	5	35	15,6	84,5	15	60	46,7	84,5
N1K5	5	50	15,6	120,7	15	90	46,7	120,7
N2K1	10	4,38	31,1	10,6	30	7,5	93,3	10,6
N2K2	10	8,75	31,1	21,1	30	15	93,3	21,1
N2K3	10	17,5	31,1	42,2	30	30	93,3	42,2
N2K4	10	35	31,1	84,5	30	60	93,3	84,5
N2K5	10	50	31,1	120,7	30	90	93,3	120,7
N3K1	20	4,38	62,2	10,6	60	7,5	186,7	10,6
N3K2	20	8,75	62,2	21,1	60	15	186,7	21,1
N3K3	20	17,5	62,2	42,2	60	30	186,7	42,2
N3K4	20	35	62,2	84,5	60	60	186,7	84,5
N3K5	20	50	62,2	120,7	60	90	186,7	120,7
N4K1	30	4,38	93,3	10,6	120	7,5	373,3	10,6
N4K2	30	8,75	93,3	21,1	120	15	373,3	21,1
N4K3	30	17,5	93,3	42,2	120	30	373,3	42,2
N4K4	30	35	93,3	84,5	120	60	373,3	84,5
N4K5	30	50	93,3	120,7	120	90	373,3	120,7
N5K1	40	4,38	124,4	10,6	150	7,5	466,7	10,6
N5K2	40	8,75	124,4	21,1	150	15	466,7	21,1
N5K3	40	17,5	124,4	42,2	150	30	466,7	42,2
N5K4	40	35	124,4	84,5	150	60	466,7	84,5
N5K5	40	50	124,4	120,7	150	90	466,7	120,7

3.4 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos do experimento 1 foram coletados na estação meteorológica da UFLA e os do experimento 2 foram fornecidos pela estação climatológica da Embrapa Milho e Sorgo. Foram determinadas, em ambos os experimentos, as seguintes variáveis climáticas: temperatura do ar, precipitação e umidade relativa.

3.5 Práticas culturais

O preparo de solo constituiu-se de cultivo mínimo, com escarificação e gradagem, às vésperas da semeadura no experimento 1. No experimento 2 não foi realizado nenhum cultivo antes do plantio. A adubação mineral foi realizada de acordo com os resultados das referidas análises químicas de solo e o rendimento almejado com base nas recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

A adubação de plantio foi realizada diretamente no sulco, com sulcador tracionado por trator. A semeadura foi realizada manualmente, nas referidas épocas, com espaçamento de 0,70 x 0,20 m, utilizando-se população de 71.428 plantas ha⁻¹.

As sementes foram tratadas com inseticidas Cruiser® e Standak®, como forma de prevenção contra pragas iniciais da cultura. Para o controle de ervas daninhas foram realizadas aplicações dos herbicidas Roundup® em pré-emergência e Nicosulfuron® em mistura com Proof® em pós-emergência.

3.6 Avaliações

As avaliações da severidade da doença foram iniciadas aos 43 e 56 dias após a emergência (DAE), nos experimentos 1 e 2, respectivamente, e continuadas em intervalo de 10 dias, totalizando 6 e 7 avaliações, nos experimentos 1 e 2, respectivamente. A severidade da doença foi definida com o auxílio da escala diagramática apresentada por Agrocerec (1994) (Figura 1). As notas de severidade de cada doença nesta escala variam de 1 a 9, de acordo com a porcentagem de área foliar afetada, em que: 1 (0%), 2 (1%), 3 (>1% e ≤10%), 4 (>10% e ≤30%), 5 (>30% e ≤50%), 6 (>50% e ≤70%), 7 (>70% e ≤80%), 8 (>80% e ≤90%) e 9 (>90%).

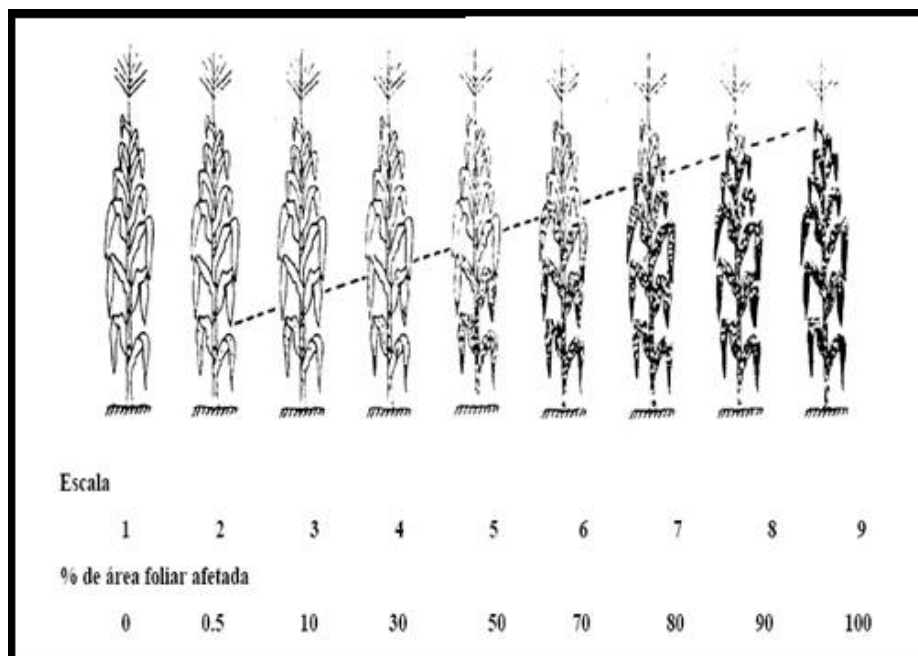


Figura 1 Escala diagramática para a avaliação das doenças foliares do milho proposta pela Agrocere (1994)

Os dados de severidade da doença nas folhas do milho foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), segundo a equação de Shaner e Finney (1977):

$$AACPD(E) = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) / 2] (t_{i+1} + t_i)$$

em que

AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença

X_i = proporção da doença na i -ésima observação;

T_i = tempo em dias na i -ésima observação;

n = número total de observação.

3.7 Produtividade de grãos

Para a determinação da produção de grãos por hectare foi realizada a colheita manual das espigas em 3 m das duas fileiras centrais de cada parcela. As espigas foram debulhadas, os grãos pesados e determinado o teor de umidade. Os dados de produtividade de grãos foram corrigidos para um teor de 13% de umidade e expressos em $t\ ha^{-1}$, utilizando a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = PC \times \left(\frac{100 - U}{87} \right)$$

em que

$P_{13\%}$ = produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$) corrigida para a umidade padrão de 13%;

PC = produtividade de grãos sem correção ($t\ ha^{-1}$);

U = umidade dos grãos observada no campo (%).

3.8 Análise dos dados

Os dados de AACPD e produtividade de grãos foram submetidos, inicialmente, à análise de variância pelo teste F em cada experimento. Em seguida, foram feitas as análises de regressão para as variáveis significativas, utilizando-se o programa *Statistical Analysis System* (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 1996).

O coeficiente de regressão foi estimado entre a AACPD, variável independente (x) e as doses de N, variável dependente (y), e por produtividade ($T\ ha^{-1}$), variável independente (x) e doses de N, variável dependente (y), por experimento. Também foram obtidas as estimativas das correlações parciais de

Pearson entre os caracteres estudados (dose de N, doses de K, AACPD e produtividade).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Dados meteorológicos

Durante o período de condução do experimento 1, registraram-se médias das temperaturas máximas de 28 °C; a temperatura média foi de 22 °C e a temperatura mínima, 18 °C. A umidade relativa média e a precipitação total foram de 76% e 1.078 mm, respectivamente (**Gráfico 1**). No experimento 2, a média das temperaturas máximas foi de 29 °C; a temperatura média, 22 °C e a temperatura mínima, 18 °C. A umidade relativa média foi de 74% e a precipitação total foi de 1.225 mm (**Gráfico 2**), podendo ser observada baixa variação entre as condições ambientais dos locais experimentais.

As condições meteorológicas ocorridas durante os experimentos foram favoráveis ao desenvolvimento da mancha branca, segundo Rolim et al. (2007), com temperaturas moderadas (≥ 14 °C) e alta umidade relativa ($\geq 60\%$), nos dois experimentos. O fevereiro apresentou maior acréscimo no desenvolvimento da doença, fator este também influenciado pelo estágio fenológico da cultura, no qual ambos os experimentos se apresentavam no período de florescimento e enchimento de grãos. Pegaroro et al. (2001) e Sawazaki et al. (1997) verificaram maiores severidades em locais com alta umidade relativa e com temperaturas moderadas.

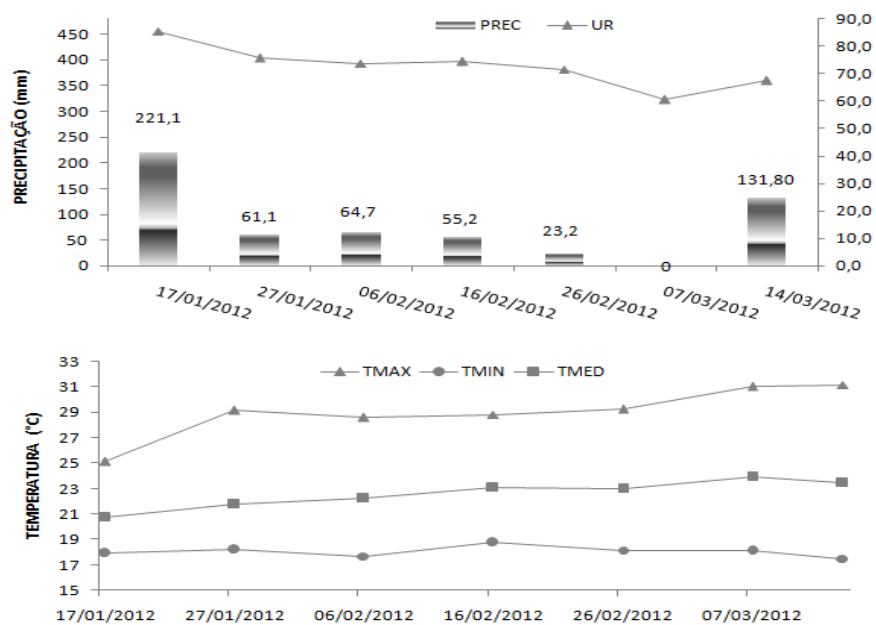


Gráfico 1 Dados de precipitação pluvial, umidade relativa, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, em Lavras, MG, de 17/01/2012 a 14/03/2012. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da UFLA, Lavras, MG, 2012

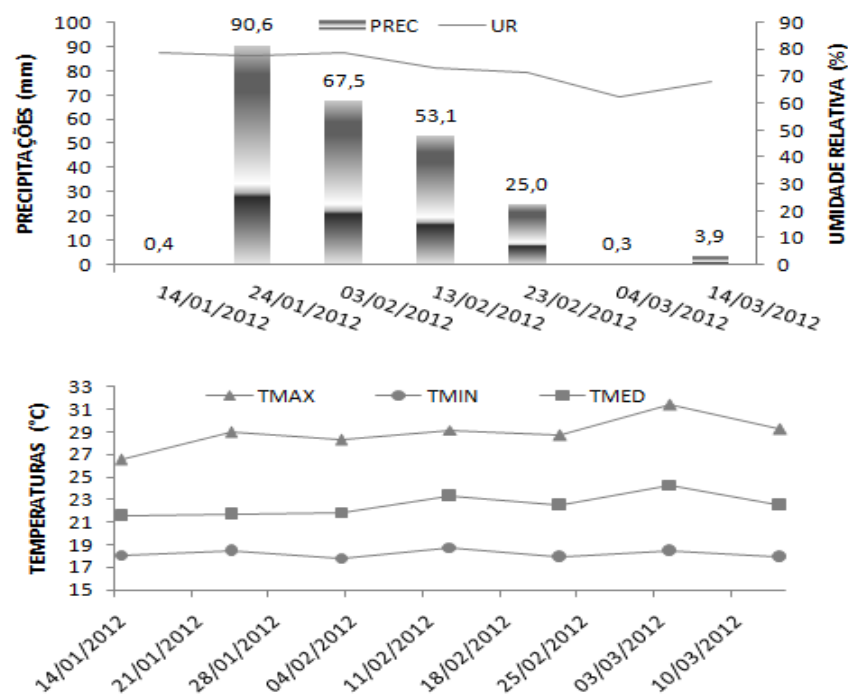


Gráfico 2 Dados de precipitação pluvial, umidade relativa, temperatura máxima, temperatura média e temperatura mínima, em Sete Lagoas, MG, de 17/01/2012 a 14/03/2012. Dados obtidos no setor de Bioclimatologia da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012

4.2 Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

A doença foi diagnosticada nas plantas aos 43 DAE (Experimento 1). Não houve interação entre as doses de N e K em relação ao comportamento da doença ($p=0,74$). Doses de K não foram significativas pelo teste F ($p=0,47$) e as doses de N foram significativas ($p \leq 0,01$) em relação à AACPD (SHANER; FINNEY, 1977). A variável significativa foi submetida à análise de regressão, ajustada ao modelo linear (b_1). Foi verificado que, com o aumento das doses de N, houve o aumento da severidade da doença (AACPD) (Gráfico 3). A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi de 9,97%.

De acordo com o modelo de regressão linear, para cada kg de N aplicado no solo há um acréscimo de 0,14% na severidade da doença (**Gráfico 3**). Desse modo, para as doses de 40, 80, 150 e 190 kg ha⁻¹, os aumentos foram de 2,8%, 8,4%, 18,2% e 23,8%, em relação à menor dose de N (20 kg ha⁻¹), respectivamente.

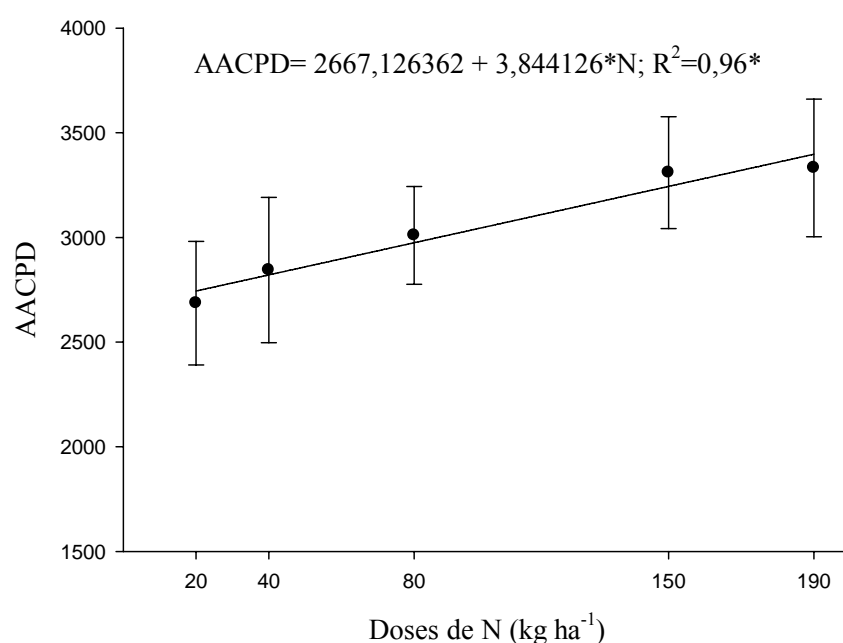


Gráfico 3 Área abaixo da curva de progresso da severidade da mancha branca (AACPD) na cultura do milho. UFLA, Lavras, MG, 2012

No experimento 2, a doença foi diagnosticada nas plantas aos 56 DAE. Não houve interação nas doses de N e K em relação ao comportamento da doença ($p=0,64$). As doses de K não apresentaram diferenças significativas pelo teste F ($p=0,15$) e as doses de N diferiram significativamente ($p \leq 0,01$) em relação à AACPD. A variável significativa foi submetida à análise de regressão, ajustada ao modelo linear (b_1), observando-se que quanto maior a dose de N maior será a AACPD (**Gráfico 4**). A precisão experimental avaliada pelo

coeficiente de variação foi de 11,04%. De acordo com o modelo de regressão linear, para cada kg de N aplicado no solo há um acréscimo de 0,30% na severidade da doença (Gráfico 4). Desse modo, para as doses de 40, 80, 150 e 190 kg ha⁻¹, os aumentos foram de 6,1%, 18,3%, 39,6% e 51,7%, em relação à menor dose de N (20 kg ha⁻¹), respectivamente.

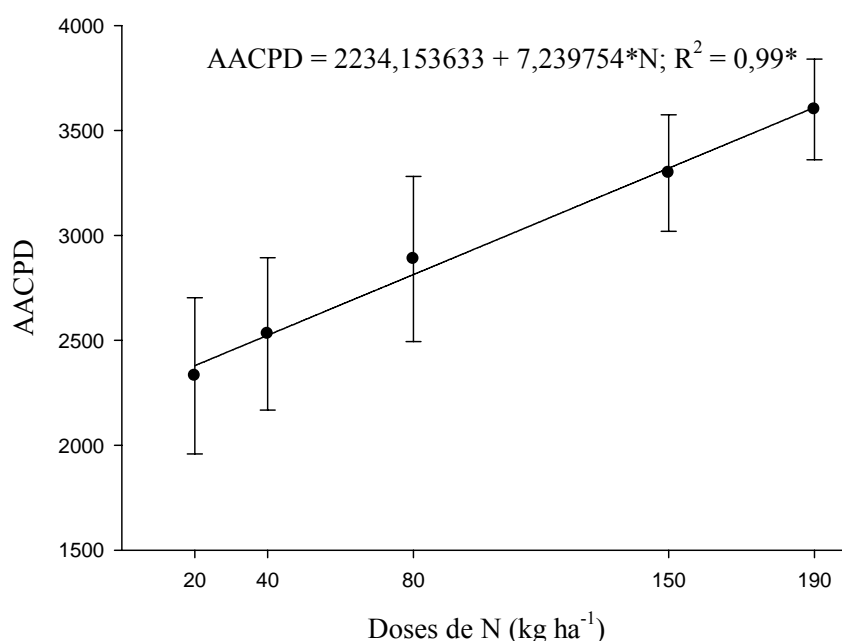


Gráfico 4 Área abaixo da curva de progresso da severidade da mancha branca (AACPD) na cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012

Os resultados não corroboraram os obtidos por Marschner (1995) sobre o efeito isolado do N. O autor relata que, em geral, a elevação no fornecimento de N aumenta a suscetibilidade das plantas aos patógenos biotróficos, mas reduz aos patógenos necrotróficos, que são semissaprófitas e preferem tecidos em senescência ou liberam toxinas para danificar ou matar as células da planta hospedeira.

Segundo Fidelis et al. (2003), em experimento realizado com adubação de cobertura (90 kg ha^{-1} de N) houve maior severidade da mancha branca do milho, com médias de 5,11, aos 30 dias após o florescimento (DAF) e 6,60 aos 40 DAF, em relação ao experimento em que não foi empregada a adubação de cobertura, com médias de 3,57 aos 30 DAF e 6,59 aos 40 DAF. O N promove um crescimento vigoroso dos vegetais e, por isso, dependendo da dose e da época de aplicação, retarda a fase de maturação, aumentando os riscos de infecção. As plantas adubadas com doses elevadas de N possuem maior quantidade de tecidos jovens, pouco lignificados, suscetíveis ao ataque de patógenos (MARSCHNER, 1995).

Pegoraro et al. (2001) não verificaram diferenças significativas entre cultivares de milho para a reação a mancha branca para dois níveis de adubação nitrogenada (85 kg ha^{-1} de N e $42,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N), para alto e baixo níveis de N, utilizando o formulado N-P-K, 5-20-20. Os autores afirmam que esses dois níveis de N foram elevados o suficiente para garantir a nutrição das plantas, não apresentando predisposição diferencial para a mancha branca do milho. Estes resultados corroboram os de Duarte, Souza e Corte (1999) e Souza e Duarte (2002), em que a adubação em diferentes doses (8 kg ha^{-1} e 32 kg ha^{-1}) não modificou o comportamento dos cultivares a mancha branca do milho.

Costa (2001), observando a severidade de mancha branca e o rendimento de grãos em quatro diferentes ambientes e cinco doses de N (0; 60; 120; 180; 240 kg ha^{-1}), constatou que a incidência e a severidade da doença estão diretamente relacionadas com a crescente dose de N, a época de semeadura e o material genético utilizado. O autor afirma que, em condições favoráveis à doença, utilizando genótipos suscetíveis, a área foliar lesionada variou, em função do incremento da dose aplicada de N, de 38% (0 kg ha^{-1}) a 73% (240 kg ha^{-1}); para genótipos tolerantes, a variação foi de 0,5% (0 kg ha^{-1}) a 8% (240 kg ha^{-1}).

Com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, Tomazela et al. (2006) verificaram aumento no rendimento de grãos de milho e na severidade da ferrugem tropical (*Physopella zaeae*), independentemente das fontes de cobre e manganês utilizadas nas aplicações foliares.

Adubações nitrogenadas elevadas demandam grande quantidade de energia para a assimilação de N. Essa energia é fornecida, basicamente, por meio do aumento da respiração de carboidratos. Por essa razão, compostos de baixo peso molecular podem persistir nas células por mais tempo, o que favorece o desenvolvimento de doenças (MARSCHNER, 1995).

O N aumenta também a concentração de aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar que, aparentemente, tem maior influência que os açúcares na germinação e no desenvolvimento dos conídios (MARSCHNER, 1986), favorecendo, pois, o desenvolvimento das doenças.

O K, em níveis adequados, pode promover o aumento na rigidez dos tecidos por causa do aumento da espessura da cutícula e da parede celular, dificultando, assim, a penetração e o progresso da infecção e contribuindo para a redução do potencial de inoculo e o menor acúmulo de compostos de baixo peso molecular (HUBER; ARNY, 1985; MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 1988, 1995; PERRENOUD, 1990). A deficiência de potássio provoca o acúmulo de aminoácidos (que contribuem para a degradação dos fenóis) e de açúcares solúveis, que são nutrientes de patógenos, retardando a cicatrização das feridas, favorecendo a penetração dos patógenos. O K tem ação clara, bem definida, na resistência às doenças causadas tanto por patógenos biotróficos como pelos necrotróficos (MARSCHNER, 1995).

Devido à ausência de trabalhos relacionando a severidade da mancha branca a níveis de K no solo, a discussão, neste trabalho, é feita com base em outros patossistemas. Contrariamente, Balardin et al. (2006) detectaram influência significativa da nutrição das plantas com K e P na ferrugem da soja

(*Phakopsora pachirhizi*). Com o aumento das doses de K e P ocorreu redução na severidade e na taxa de progresso da ferrugem da soja. A redução da severidade de doenças conferida pelo K pode ser devido à ativação de enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese, processos fornecedores de cadeias de carbono para a síntese de substâncias de defesa, bem como a regulação estomática influenciando no transporte de solutos via fluxo de massa (BLOOM, 2004).

No estudo do efeito do N e do K na intensidade da antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*) do milho, Carvalho (2008), trabalhando com dois híbridos de diferentes níveis resistência em dois experimentos isolados, em esquema fatorial com cinco doses de N (75, 150, 300, 600 e 1.200 mg dm⁻³) e cinco doses de K (62,5; 125; 250; 500 e 1.000 mg dm⁻³), encontrou interações entre N e K. De acordo com os dados obtidos para a cultivar moderadamente resistente (DAS 2B710), ficou bem evidente a importância da relação N e K. Foi demonstrada a influência significativa da interação entre os dois nutrientes na resistência à antracnose foliar, não sendo possível analisar o efeito do nitrogênio e do potássio, isoladamente. Com relação à cultivar suscetível (BRS 1010), embora tenha ocorrido diferença significativa no teste de F para a interação N e K, os testes de T para a estimativa dos parâmetros não indicaram diferenças significativas, tanto para o modelo linear quanto para o modelo quadrático, refletindo a pouca variação que ocorreu neste genótipo, em função da nutrição mineral com N e K. A menor área foliar lesionada (AFL) (48%) foi observada no tratamento que recebeu 75 mg dm⁻³ de N e 1.000 mg dm⁻³ de K, e o maior (60%), nas doses de 75 mg dm⁻³ de N e de 63 mg dm⁻³ de K.

O efeito da nutrição com N e K na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) em mudas de café em solução nutritiva foi estudado por Pozza et al. (2001). Doses de K (3; 5; 7 e 9 mmol L⁻¹) combinadas com doses crescentes de N (3; 7; 11 e 15 mmol L⁻¹) afetaram significativamente a intensidade da doença. Os autores observaram aumento da área abaixo da curva

de progresso (AACP) do número de lesões por folha e da desfolha, com o aumento das doses de K e a redução das doses de N. Os autores observaram também que a produção de matéria seca total, a área foliar total e a AACP do número total de folhas não foram influenciadas pelas doses de K, mas aumentaram com o suprimento de N.

A mela da soja (*Tanathephorus* sp.) pode ser influenciada pelo incrementos na adubação potássica em casa de vegetação. Segundo Basseto, Ceresini e Valério Filho (2007), o incremento de K no solo não diminuiu a incidência da mela da soja, entretanto, os autores afirmaram que há necessidade de confirmar esta observação conduzindo-se experimentos em campo, podendo-se incluir a avaliação do efeito da doença na produção. Considerando-se as médias das duas variedades de soja, de ambos os experimentos, não se observou efeito significativo das doses de K para a maioria dos atributos avaliados, exceto para a concentração de N nos tecidos cujo acúmulo ajustou-se ao modelo quadrático com um ponto de mínimo na dose de 80 mg dm^{-3} de K. Este pode ser um indício de que as doses de K testadas não influenciaram a mela e nem no acúmulo de MS, tampouco de nutrientes, durante o período testado.

As estimativas das correlações parciais não permitiram inferir sobre o dano causado pelo patógeno. Observaram-se valores positivos e significativos para as correlações entre a AACPD e a produtividade de grãos (t ha^{-1}) e doses de N. Com AACPD maior, a produtividade de grãos também foi maior nas maiores doses de N, o que pode ser explicado pelo fato de o N ser o principal nutriente para o aumento de produtividade. Doses de K não apresentaram correlações significativas ($P \leq 0,05$) para nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 5 Coeficientes de correlação de Pearson entre doses de N, doses de K e produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$) para a área abaixo da curva de progresso de doença, considerando os dois experimentos

	UFLA	Embrapa
Doses de N x AACPD	0,64**	0,81**
Doses de K x AACPD	0,06 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Produtividade de grãos ($T\ ha^{-1}$) x AACPD	0,42**	0,90**
Produtividade de grãos ($T\ ha^{-1}$) x Doses de N	0,74**	0,70**
Produtividade de grãos ($T\ ha^{-1}$) x Doses de K	-0,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}

** e *Significativo, a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} não significativo ($H_0: r=0$)

Embora as correlações tenham sido altas, a doença afetou a produtividade, se comparada com a dose esperada de $N\ 190\ kg\ N\ ha^{-1}$.

Brito et al. (2012), estudando o controle químico de doenças foliares, encontraram correlação negativa de -0,41, -0,37 e -0,46, em Lavras, Passos e Patos de Minas, todas em Minas Gerais, respectivamente, em relação à AACPD da severidade da mancha branca e à produtividade, podendo-se inferir o dano causado pelo patógeno e fazer a discriminação dos híbridos para cada região estudada. Souza e Duarte (2002), trabalhando com diferentes cultivares e diferentes doses de N ($8\ kg\ ha^{-1}$ e $32\ kg\ ha^{-1}$), obtiveram correlações positivas e significativas entre as épocas, 95 DAS e 105 DAS, respectivamente e a AACPD. Porém, nesse trabalho, os autores não encontraram relação entre a mancha branca e a produtividade, em diferentes níveis de N.

4.3 Rendimento de grãos de milho

Para o componente rendimento de grãos, foi analisada a produtividade, em $t\ ha^{-1}$. A interação entre as doses de N e K e doses de N foram significativas ($p \leq 0,05$), pelo teste F, na análise de variância (experimento 1).

De acordo com os dados da análise de regressão, a interação entre doses de N e K não foi significativa. sendo Apenas doses de N ($p \leq 0,01$). Na análise de regressão no experimento 1, observa-se o efeito quadrático das doses de N, com incremento da produção em resposta ao aumento da adubação nitrogenada até a dose $170,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (**Gráfico 5**). A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi de 13,86%.

As respostas das doses de N em relação à menor dose de N (20 kg ha^{-1}) foram de 18,8%, 48,2%, 73,7% e 73,4%, nas doses 40, 80, 150 e 190 kg ha^{-1} , respectivamente. De acordo com o modelo ajustado de produtividade, em função da dose de N aplicada, houve um incremento de 46,98; 40,22; 28,39 e $21,63 \text{ kg ha}^{-1}$ por kg de N aplicado no solo nas doses de 40; 80; 150 e 190 kg ha^{-1} , respectivamente, em relação à menor dose de N (20 kg ha^{-1}). No tratamento com a maior dose de N (190 kg ha^{-1}), a produtividade foi de 3.677 kg ha^{-1} superior à menor dose de N (20 kg ha^{-1}).

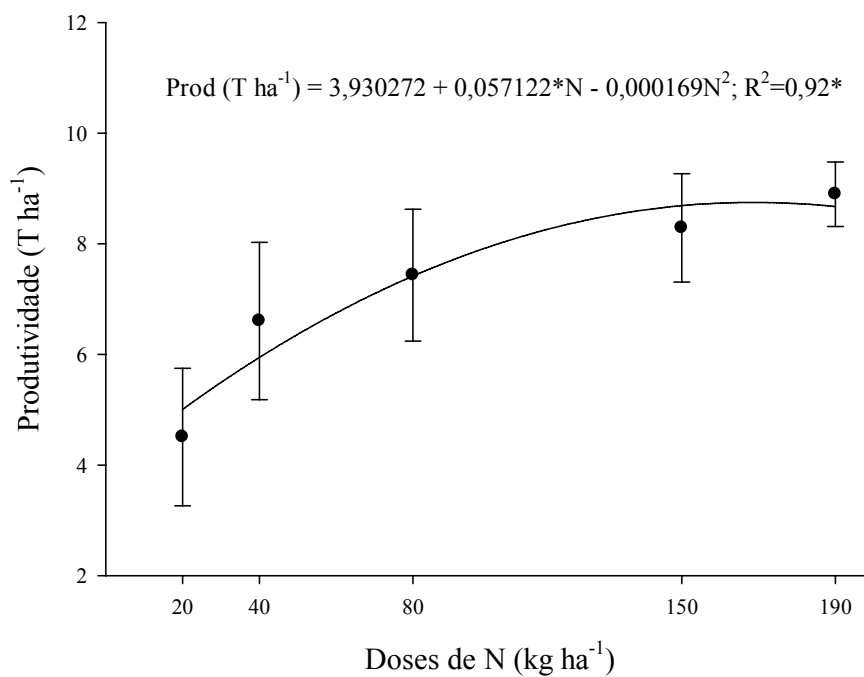


Gráfico 5 Produtividade de grãos de milho (t ha⁻¹) em função de doses crescentes de N. UFLA, Lavras, MG, 2012

No experimento 2, a interação entre as doses de N e K, doses de K não foram significativas, $p=0,98$ e $p=0,40$, respectivamente, pelo teste F. Doses de N foram significativas ($p \leq 0,01$). A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação foi de 27,45%. Na análise de regressão do experimento verificou-se o efeito linear para o N, fazendo com que a linha de resposta aumente de acordo com as doses de N aplicadas no solo (Gráfico 6). A resposta das doses de N em relação à menor dose de N (20 kg ha⁻¹) foi de 0,56% na produtividade de grãos (t ha⁻¹) por kg de N aplicado no solo, ou seja, houve aumento de 11,3%, 34,0%, 73,7% e 96,4% nas doses 40; 80; 150 e 190 kg ha⁻¹, respectivamente. De acordo com o modelo ajustado de produtividade, em função da dose de N aplicada, houve um incremento de 24,60 kg ha⁻¹ por kg de N

aplicado no solo. No tratamento com a maior dose de N (190 kg ha⁻¹), a produtividade foi de 4.200 kg ha⁻¹, superior à menor dose de N (20 kg ha⁻¹).

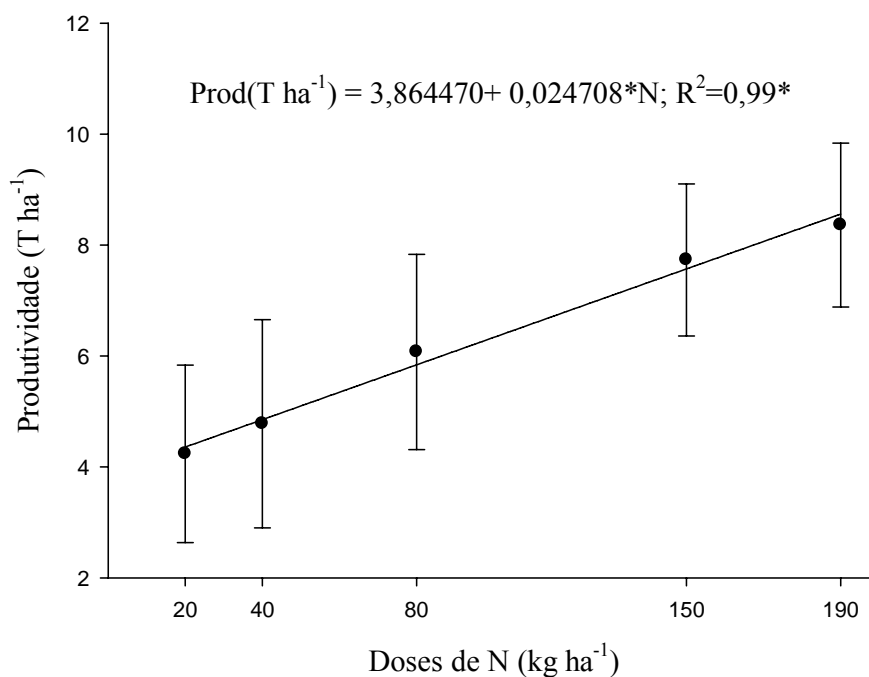


Gráfico 6 Produtividade de grãos de milho (T ha⁻¹) em função de doses crescentes de N. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012

O N é um nutriente fundamental na composição da produtividade da cultura do milho. Exemplo disso é a maior produtividade de milho, com 147 kg ha⁻¹ de N, em plantio direto sem irrigação, no cerrado brasileiro, obtida por Fernandes et al. (1999). Na região de Ilha Solteira, SP, Silva et al. (2005) obtiveram a máxima produtividade de milho em sequeiro, alcançada com a dose de 166 kg ha⁻¹ de N. Em outro experimento nessa mesma região, a máxima eficiência do N foi alcançada com doses entre 144 e 174 kg ha⁻¹ de N e a variação ocorreu em resposta à cultura de cobertura usada anteriormente, sempre

com resposta quadrática às doses de N (SILVA et al., 2006). No experimento 2, a aplicação de doses crescente de N influenciou diretamente a produção de milho. A cultura apresentou ganho em produtividade de forma linear ao aumento da dose de N aplicado, independentemente da fonte utilizada. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Queiroz et al. (2011) que, de acordo com o mesmo modelo ajustado de produção, em função da dose de N aplicada, relataram incremento de 11,08 kg ha⁻¹ por kg de N aplicado e 18% em relação ao controle. No tratamento com a maior dose de N (160 kg ha⁻¹), a produtividade foi 1.773 kg ha⁻¹, superior à alcançada com a não aplicação de N.

A linha de resposta, em ambos os experimentos, seguiu a mesma tendência, porém, nas mesmas doses de N, as produtividades foram diferentes. Alguns fatores de estresse podem ter contribuído para o baixo desempenho da cultivar do experimento 1 em relação ao experimento 2. Um primeiro fator poderia estar relacionado com o tipo de solo. Um segundo fator, de grande importância, poderia estar relacionado ao plantio tardio, contribuindo, assim, para a diminuição da produtividade (BRASIL; CARVALHO, 1998; FERNANDES; OLIVEIRA, 1997; PEGORARO et al., 2001), fazendo com que a cultura estivesse exposta a condições altamente favoráveis à mancha branca e a outras doenças na fase reprodutiva da cultura, nos meses de janeiro e fevereiro. Um terceiro fator que pode ser considerado também de grande importância e que pode ter contribuído para a baixa produtividade em relação ao esperado está relacionado com a severidade de mancha branca presente em ambos os experimentos.

A produtividade do milho e de todas as culturas depende sempre de uma adubação equilibrada. Liebig (1840), com a Lei do Mínimo, explicava que o rendimento de uma safra é limitado pela deficiência de qualquer um dos nutrientes essenciais, embora todos os outros estejam presentes em quantidades adequadas.

A marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca no milho, utilizando duas cultivares de milho, foram diferentes. As acumulações totais de macronutrientes pelas cultivares GNZ 2004 e P 30F33, respectivamente, seguiram a seguinte ordem decrescente de valores: N: 401 e 327 kg ha⁻¹, K: 312 e 316 kg ha⁻¹, P: 92 e 76 kg ha⁻¹, Ca: 61 e 60 kg ha⁻¹, Mg: 47 e 37 kg ha⁻¹ e S: 30 e 24 kg ha⁻¹ (PINHO et al., 2009). Essa mesma sequência decrescente de acúmulo total de macronutrientes também foi observada por Vasconcellos et al. (1983), em um híbrido mais antigo. No mesmo trabalho, os autores demonstram que, para cada tonelada de grãos produzida, são necessários 22,30-27,7 kg ha⁻¹ de N; 5,3-5,8 kg ha⁻¹ de P e 21,3-23,2 kg ha⁻¹ de K.

Fancelli (2000) e Sousa e Lobato (2004) afirmam que o milho requer cerca de 20 kg ha⁻¹ de N para cada tonelada de grãos produzida. Seguindo o princípio destes autores, os experimentos realizados tiveram rendimentos abaixo do esperado na última dose, ou seja, no experimento 1, foram gastos 21,90 kg para cada tonelada de milho, perda de 9% e, no experimento 2, foram gastos 22,20 kg para cada tonelada de milho, perda de 10%. Essa perda pode estar relacionada ao fator severidade da mancha branca que, sob ataques severos, contribuiu para perda em produtividade.

Pavinato et al. (2008), realizando um experimento com seis doses de N (0, 80, 120, 160, 200 e 240 kg ha⁻¹) na forma de ureia, com quatro doses de K₂O (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) na forma cloreto de potássio, alocados em forma bifatorial, observaram que a produtividade de milho não foi afetada pela aplicação de K, o que é justificado pelos altos teores disponíveis de K no solo. No entanto, houve incremento com as doses de N, sem apresentar interação significativa entre os fertilizantes K e N. Estes resultados corroboram os encontrados no experimento 2, no qual doses de K não afetaram a produtividade de grãos, sendo esta dependente apenas do aumento das doses de N e sem interação entre os dois nutrientes, podendo, assim, ser justificado pelo alto teor

de K no solo (107 mg dm^{-3}), segundo interpretação de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

A utilização de cultivares com resistência parcial elevada e nutrição mineral equilibrada pode contribuir para o estabelecimento de um programa de manejo integrado que possibilite maior eficiência no controle da mancha branca do milho, em adição à estratégia com base na evasão e na proteção, com o objetivo de reduzir os danos provocados por esta doença no campo. Embora o N tenha elevado a severidade da doença, a produtividade também aumentou em resposta às doses aplicadas no solo, sendo necessária a recomendação de outras práticas adicionais no manejo para a obtenção de uma melhor eficiência.

5 CONCLUSÕES

O N está diretamente relacionado com o desenvolvimento da mancha branca no campo.

Não foi verificado efeito significativo do K no desenvolvimento da doença.

A produção aumentou com o aumento das doses de N. Embora tenha havido aumento da severidade com o aumento das doses de N, o aumento na produtividade promovido por essas doses compensou as perdas promovidas pela doença.

REFERÊNCIAS

- AGROCERES. **Guia Agroceres de sanidade**. São Paulo, 1994. 72 p.
- ALIPPE, A. M.; LÓPEZ, A. C. First report of leaf spot disease of maize caused by *Pantoea ananatis* in Argentina. **Plant Disease**, Quebec, v. 94, n. 4, p. 487-490, Aug. 2010.
- AMARAL, A. L. et al. Determinação de agentes causais de manchas semelhantes a mancha de *Phaeosphaeria* em milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2002. 1 CD-ROM.
- _____. *Phoma sorghina* a new pathogen associated with *Phaeosphaeria* Leaf Spot on maize in Brazil. **Plant Pathology**, Surrey, v. 53, n. 2, p. 259-264, Mar. 2004.
- BALARDIN, R. S. et al. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 462-467, set./out. 2006.
- BASSETO, M. A.; CERESINI, P. C.; VALÉRIO FILHO, W. V. Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 33, n. 1, p. 56-62, 2007.
- BLOOM, A. J. Nutrição mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 96-103.
- BRASIL, E. D.; CARVALHO, Y. Comportamento de híbridos de milho em relação a *Phaeosphaeria maydis* em diferentes épocas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1977-1981, dez. 1998.
- BRITO, A. H. et al. Controle químico de doenças foliares e grãos ardidos em milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 1, p. 49-69, 2012.
- CAO, T. et al. Influence of mineral nutrients and freezing-thawing on peach susceptibility to bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. **Fruits**, Paris, v. 66, n. 6, p. 441-452, Nov. 2011.

CARVALHO, D. O. **Efeito do nitrogênio e do potássio na intensidade da antracnose foliar (*Colletotrichum graminicola*) e na nutrição mineral do milho**. 2008. 96 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CERVELATTI, E. P. et al. Caracterização citológica de *Phyllosticta* sp. (*Phaeosphaeria maydis*). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. **Anais...** Recife: EMBRAPA, 1998. 1 CD-ROM.

_____. Characterization of gungal isolates from pycnidia and pesedothecia from lesions of phaeosphaeria leaf spot in maize. **Revista Brasileira Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 30-37, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos safra 2011/2012: décimo primeiro levantamento**, agosto 2012. Brasília, 2012. 29 p.

COSTA, F. M. P. **Severidade de *Phaeosphaeria maydis* e rendimento de grãos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes ambientes e doses de nitrogênio**. 2001. 99 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2001.

DATNOFF, L. E. Influence of mineral nutrition of rice on disease development. In: TENG, P. S.; HEONG, K. L.; MOODY, K. (Ed.). **Rice pest and disease management**. Manila: International Rice Research Institute, 1994. p. 90-100.

DUARTE, J. M.; SOUZA, J. C.; CORTE, J. R. Reação de cultivares de milho a *Phaeosphaeria maydis*. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DEZ MAÍZ, 18., 1999, Sete Lagoas. **Memoriais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999. p. 405-412.

ELLET, C. W. Soil fertility and disease development. **Better Corps with Plants Foods**, Atlanta, v. 57, n. 3, p. 6-8, 1973.

ESCANFERLA, M. E. et al. Crescimento, viabilidade e disseminação da bactéria *Pantoea ananatis*, agente causal da doença mancha branca do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE LAGARTA DO CARTUCHO, 2.; SIMPÓSIO SOBRE *Colletotrichum graminicola*, 1., 2006, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EMBRAPA, 2006. p. 5-10.

FANCELLI, A. L. **Nutrição e adubação do milho**. Piracicaba: USP, 2000. 43 p.

FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. Mancha Cercospora, antes um problema menor, começa a preocupar o produtor. **Cultivar**, Pelotas, v. 2, n. 17, p. 14-15, 2001.

_____. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 80 p. (Circular Técnica, 26).

FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, set. 1999.

FIDELIS, R. R. et al. Reação de cultivares de milho à mancha de *Phaeosphaeria* em estresse de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 27-34, 2003.

GARCIA JÚNIOR, D. et al. Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 286-291, 2003.

GODOY, C. V.; AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A. Efeito da Mancha de *Phaeosphaeria maydis* na eficiência fotossintética de plantas de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 246, 1998. Suplemento.

GOSZCZYNSKA, T. et al. Isolation and identification of the causal agent of brown stalk rot, a new disease of maize in South Africa. **Plant Disease**, Quebec, v. 91, n. 6, p. 711-718, June 2007.

HUBER, D. M. The role of mineral nutrition in defense. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Ed.). **An advanced treatise: how plants defend themselves**. New York: Academic, 1980. v. 5, p. 381-406.

_____. The role of mineral nutrition in the take-all disease of wheat and other small grains. In: ENGELHARD, A. W. (Ed.). **Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro and microelements**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1989. p. 46-74.

HUBER, D. M.; ARNY, D. C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R. D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: ASA, 1985. p. 467-488.

- HUBER, D. M.; THOMPSON, A. Nitrogen and plant disease. In: _____. **Nutrition mineral and plant disease**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 2007. v. 1, p. 31-44.
- KRAWCZYK, K. et al. First Report of *Pantoea ananatis* associated with leaf spot disease of maize in Poland. **Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 92, n. 3, p. 807-811, 2010.
- KRUGNER, T. L. Ação do ambiente sobre as doenças de plantas. **Agrônoma Ceres**, Viçosa, MG, v. 1, p. 215-226, 1978.
- LAST, F. T. Effect of nutrition on the incidence of barley powdery mildew. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 11, p. 133-135, 1962.
- LIEBIG, J. von. **Die organische chemie in ihrer anwendung auf agricultur und physiologie**. Braunschweig: F. Vieweg, 1840. 400 p.
- MALAVOLTA, E. Adubação mineral e sua relação com as doenças das plantas: a visão de um nutricionista das plantas. In: WORKSHOP A INTERFAÇA SOLO-RAIZ (RIZOSFERA) E RELAÇÕES COM A DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES, A NUTRIÇÃO E AS DOENÇAS DE PLANTAS, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS/ESALQ-USP, 1998. p. 1-60.
- _____. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 639 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. New York: Academic, 1995. 889 p.
- _____. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1986. 674 p.
- MENDES, L. S.; TEBALDI, N. D. *Pantoea ananatis*: importância, isolamento, cultivo em meio de cultura, inoculação, sobrevivência, disseminação, penetração, colonização e controle para cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 19, p. 386-399, 2011.
- OLIVEIRA, E. et al. The phaeosphaeria leaf spot of maize in Brazil: evidences of a new etiologic agent. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 343-356, 2004.

PACCOLA-MEIRELLES, L. D. et al. Detection of bacterium associated with a leaf spot disease of maize in Brazil. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 149, p. 275-279, 2001.

PAVINATO, P. S. **Adubação em sistemas de culturas com milho em condições de sequeiro ou irrigado por aspersão**. 2004. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PAVINATO, P. S. et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, mar./abr. 2008.

PEGORARO, D. G. et al. Efeito de época de semeadura e adubação na mancha-foliar de *Phaeosphaeria* em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1037-1042, ago. 2001.

_____. Severidade de mancha foliar causada pelo fungo *Phaeosphaeria maydis* em milho: efeito de época de semeadura e doses de adubação. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DEZ MAÍZ, 18., 1999, Sete Lagoas. **Memoriais...** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999. p. 335-340.

PÉREZ-Y-TERRÓN, R. et al. Detection of *Pantoea ananatis*, causal agent of leaf spot disease of maize, in Mexico. **Australasian Plant Disease Notes**, Melbourne, v. 4, n. 5, p. 96-99, July 2009.

PERRUNOUD, S. **Potassium and plant health**. 2nd ed. Berne: International Potash Institute, 1990. 363 p.

PINHO, R. G. von et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009.

POZZA, A. A. A. et al. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A. Manejo de doenças de plantas com macro e micro nutrientes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 52-54, 2003. Suplemento.

- PRABHU, A. S. et al. Potassium and plant disease. In: _____. **Nutrition mineral and plant disease**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 2007. v. 1, p. 31-44.
- QUEIROZ, A. M. et al. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.
- RANE, M. S.; PAYAK, M. M.; RENFRO, B. L. A *Phaeosphaeria* leaf spot of maize. **Indian Phytopathology Society Bulletin**, New Dehli, v. 3, p. 8-10, 1966.
- REIS, E. M.; CASA, R. T. **Manual de identificação e controle de doenças de milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 77 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMRÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.
- ROCHA, K. R.; PACOLLA-MEIRELLES, L. D. Efeito do tamanho populacional de *Pantoea ananatis* na atividade de ice nucleation e reprodução dos sintomas da mancha branca do milho. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2009, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2009. 1 CD-ROM.
- ROLIM, G. de S. et al. Modelo agrometeorológico regional para a estimativa da severidade da mancha de *Phaeosphaeria* em milho safrinha no estado de São Paulo, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 721-728, dez. 2007.
- SAWAZAKI, E. et al. Reação de cultivares de milho à mancha de *Phaeosphaeria* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 585-589, jun. 1997.
- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildew ingresistance in Know wheat. **Phytopatology**, Saint Paul, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, E. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 353-362, jul./set. 2005.

_____. Manejo de nitrogênio no milho em Latossolo Vermelho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 477-486, mar. 2006.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: _____. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2004. p. 283-315.

SOUZA, J. C. de; DUARTE, J. M. Reação de cultivares de milho a *Phaeosphaeria maydis*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 325-331, mar./abr. 2002.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **The SAS System for Windows 6.11**. Cary, 1996. 1 CD-ROM.

TOMAZELA, A. L. et al. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 192-201, 2006.

VASCONCELLOS, C. A. et al. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 8, p. 887-901, ago. 1983.

ANEXOS

Tabela 1A Resumo da análise de variância da AACPD para severidade de mancha branca, perante as doses de N e K utilizadas. UFLA, Lavras, MG, 2012

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Doses de N	4	1614496,86	17,60	0,00**
Doses de K	4	82454,76	0,90	0,46 ^{ns}
Doses N x Doses K	16	68376,67	0,75	0,73 ^{ns}
BLOCO	3	129095,59	1,41	0,24 ^{ns}
ERRO	72	91717,77	-	-
CV (%)	9,97			

^{ns} não significativo

** e * significativo, a 1% e a 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

Tabela 2A Resumo da análise de variância da produtividade de grãos (T ha⁻¹), perante as doses de N e K utilizadas. UFLA, Lavras, MG, 2012

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Doses de N	4	58,53	59,69	0,00**
Doses de K	4	1,15	1,17	0,33 ^{ns}
Doses N x Doses K	16	2,74	2,79	0,00**
BLOCO	3	0,14	0,14	0,93 ^{ns}
ERRO	72	0,98	-	-
CV (%)	13,85			

^{ns} não significativo

** e * significativo, a 1% e a 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

Tabela 3A Resumo da análise de variância da AACPD para severidade de mancha branca, perante as doses de N e K utilizadas. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Doses de N	4	5524974,86	52,85	0,00**
Doses de K	4	180333,82	1,73	0,15 ^{ns}
Doses N x Doses K	16	86976,48	0,83	0,64 ^{ns}
BLOCO	3	333440,74	3,19	0,03*
ERRO	72	104537,08		
CV (%)	11,04			

^{ns} não significativo

** e * significativo, a 1% e a 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente

Tabela 4A Resumo da análise de variância da produtividade de grãos (T ha⁻¹), perante as doses de N e K utilizadas. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2012

FV	GL	QM	Fc	Pr>Fc
Doses de N	4	64,55	22,03	0,00**
Doses de K	4	2,99	1,02	0,40 ^{ns}
Doses N x Doses K	16	1,08	0,37	0,98 ^{ns}
BLOCO	3	3,78	1,29	0,28 ^{ns}
ERRO	72	2,93	-	-
CV (%)	27,45			

^{ns} não significativo

** e * significativo, a 1% e a 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente