

INFLUÊNCIA DE NITROGÊNIO E ZINCO NA FENOLOGIA DA CULTURA DE MILHO (*ZEAMAYS L.*)  
INFLUENCE OF NITROGEN AND ZINC IN THE MAIZE (*ZEAMAYS L.*) CROP FENOLOGY

DURVAL DOURADO NETO<sup>1,8</sup>

AXEL GARCIA Y GARCIA<sup>2</sup>

REINALDO ANTONIO GARCIA BONNECARRÈRE<sup>3,8</sup>

MARCIO AUGUSTO SOARES<sup>4</sup>

PAULO AUGUSTO MANFRON<sup>5,8</sup>

FELIPE GUSTAVO PILAU<sup>6</sup>

SILVANA OHSE<sup>7</sup>,

## RESUMO

O trabalho objetivou avaliar como o micronutriente zinco, bem como suas interações com a adubação nitrogenada, influenciam a fenologia da cultura de milho (*Zeamays L.*). O experimento foi conduzido em área da ESALQ/USP, Piracicaba-SP, ano agrícola de 2000/2001, utilizando-se o híbrido de milho Cargill 909. O delineamento experimental utilizado foi casualizado em blocos com 15 tratamentos e três repetições, onde o zinco, nas doses de 0, 2, 4, 8 e 16 kg.ha<sup>-1</sup> foi aplicado de forma localizada no sulco, por ocasião da semeadura do milho, associados ou não ao nitrogênio, aplicado em três doses (0, 120 e 240 kg.ha<sup>-1</sup>). Todas as parcelas receberam, no sulco de semeadura, 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Foram determinados: o índice de área foliar, o número de folhas fotossinteticamente ativas por planta, a altura de planta, a altura de inserção da espiga, o diâmetro do colmo, o comprimento do primeiro e do segundo

<sup>1</sup> Dr. Prof. Associado. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. dourado@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo. MSc. Doutorando em Fitotecnia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. rabonnec@esalq.usp.br

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo. MSc. Fazenda Nova América. Santa Cruz do Rio Pardo, SP.

<sup>5</sup> Dr. Prof. Titular. Departamento de Fitotecnia, CCR/UFMS. Santa Maria, RS. pmanfron@esalq.usp.br

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo. MSc. Doutorando em Física do Ambiente Agrícola, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. fgpilau@esalq.usp.br

<sup>7</sup> Eng. Agrônomo. Dra. Pesquisadora. FAPEU/UFSC, Florianópolis, SC. ohses@hotmail.com

<sup>8</sup> Bolsista CNPq

internódio do colmo e a massa de matéria seca de folhas, colmo, pendão e espiga. Conforme os resultados obtidos, concluiu-se que a aplicação de nitrogênio em doses crescentes proporcionou aumento numa série de variáveis. Apenas as variáveis: número de folhas e índice de área foliar aos 20 dias após a emergência, comprimento do primeiro internódio do colmo e massa de matéria seca de pendão não apresentaram respostas a nenhum dos nutrientes estudados. Doses de N maiores que 120 kg.ha<sup>-1</sup> não proporcionaram aumentos satisfatórios das variáveis estudadas. Doses elevadas de zinco (até 16 kg.ha<sup>-1</sup>) aplicadas no sulco de semeadura não exerceram influência sobre as variáveis avaliadas, permitindo concluir que, nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, o risco de fitotoxidez provocada pelo excesso desses elementos no sulco de semeadura é mínimo.

**Palavras chave:** nutrição mineral, zinco, *Zea mays*

## ABSTRACT

With the purpose of evaluating the nitrogen and zinc in the maize crop phenology, a field experiment was carried out at Piracicaba, (University of São Paulo, ESALQ), during the agricultural year of 2000/2001, where a Cargill 909 hybrid were used. The experimental design was completely randomized blocks with fifteen treatments and three replications, where zinc was applied the ridge at maize sowing day. The treatment had five zinc doses (0, 2, 4, 8 and 16 kg.ha<sup>-1</sup>), associated or not to the nitrogen, which was applied in three doses (0, 120 and 240 kg.ha<sup>-1</sup>). All plots had received, at sowing day ridge, 80 kg.ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and 60 kg.ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. The evaluations were leaf area index, number of fotosintetic active leaves from plant, the height of insert of the ear of corn, stem diameter, first and second internódio stem length and the leaves, stem and pennant dry matters. The results showed that the application of nitrogen in growing doses provided increase in a series of variables. Just the variables leave number and leaf area index at 20 days after the emergency, the first internódio stem and dry matter pennant did not responded to any of the studied nutrients. Doses of N higher than 120 kg.ha<sup>-1</sup> did not provide satisfactory increases of the studied variables. High zinc doses (up to 16 kg.ha<sup>-1</sup>) applied in the sowing did not influenced the studied variables, concluding that, in the work condition, the fitotoxidez risk provide by the excess of this element is minimum.

**Key words:** mineral nutrition, zinc, *Zea mays*

## INTRODUÇÃO

Conforme relatado por Silva & Menten (1997), a cultura de milho está sujeita a fatores bióticos e abióticos que alteram a fisiologia e a morfologia da planta e, conseqüentemente, afetam a produtividade e a qualidade do produto. De acordo com os autores, os distúrbios abióticos são causados, dentre outros, por agentes como temperatura, deficiência nutricional, toxidez causada por substâncias químicas, fertilizantes e estresse hídrico.

De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), dentre as estratégias básicas relacionadas à obtenção de produtividade elevada e lucrativa na cultura de milho, podem ser destacadas: a escolha da época correta de semeadura para a região, o uso de genótipos adequados para as condições do ambiente de produção, o conhecimento pleno das etapas críticas da cultura, o emprego de recomendações e ações de intervenção fundamentadas em estágios fenológicos e a garantia do equilíbrio e do fornecimento de nutrientes em doses adequadas.

Büll (1993) relata que o nitrogênio é o elemento mais exportado pelas plantas de milho, uma vez que, a cada tonelada de grãos produzida são exportados aproximadamente 15 kg de nitrogênio. Assim, Yamada (1996) ressalta que para uma produtividade esperada de 10 toneladas de grãos por hectare, deve-se aplicar entre 150 e 200 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Büll (1993) ressalta que a magnitude das respostas de nitrogênio em ensaios conduzidos no Brasil tem sido variável, porém a maioria dos estudos indica respostas significativas entre 30 e 90 kg.ha<sup>-1</sup> de N, devido aos níveis de produtividade relativamente baixos. O autor salienta que não são incomuns casos de respostas a até 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N para a cultura de milho.

Conforme relatou Büll (1993) o zinco é o micronutriente mais limitante à produtividade de milho no Brasil, sendo que os relatos de deficiência desse elemento, para o milho, provêm, principalmente, de solo Argissolo Vermelho-Amarelo ou Latossolos altamente intemperizados e ácidos da região dos cerrados.

O zinco é considerado um elemento de grande importância para a cultura de milho, uma vez que, de acordo com Borkert (1989), uma das mais importantes funções desse elemento na planta de milho é participar como componente de um grande número de enzimas como as desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrolases, sendo que as funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo dos carboidratos, das proteínas e dos fosfatos, e na formação da estrutura das auxinas, RNA e ribossomos. Segundo Malavolta *et al.* (1991), o zinco também está relacionado ao metabolismo de fenóis, à formação de amido, ao aumento no tamanho e multiplicação celular e à fertilidade do grão de pólen. Decaro *et al.* (1983) citam que resultados obtidos por diversos autores mostram efeitos positivos do zinco perante a cultura de milho, o qual proporciona aumento da altura das plantas, do número de folhas, da produção de forragem e de grãos, bem como aumento do conteúdo total de proteína nos grãos. Dessa maneira, vários trabalhos conduzidos em casa-de-vegetação e campo têm demonstrado que a

adição de zinco promoveu aumentos significativos na produtividade de milho (Galvão & Mesquita Filho, 1981; Souza *et al.*, 1985; Galvão, 1995).

Dentro desse contexto, é considerado de fundamental importância à avaliação, em condições de campo, da influência dos elementos nitrogênio e zinco, aplicados em diferentes doses no sulco de semeadura e em cobertura. Sendo assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de nitrogênio e zinco e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, no município de Piracicaba, SP, (22°43'12"S, 47°38'54"O e 580 m).

O solo do local em que o experimento foi conduzido é classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico textura argilosa/muito argilosa.

A Tabela 1 mostra a composição química do solo, de acordo com o Laboratório de Análise de Solos e Plantas pertencente ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP.

As informações meteorológicas foram fornecidas pelo posto meteorológico automatizado pertencente ao Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP, instalado em Piracicaba, SP (Tabela 2).

O experimento foi instalado em área irrigada por pivô central, em sistema de plantio direto, iniciando em 24 de outubro de 2000, quando se efetuou a dessecação das plantas daninhas presentes na área com herbicida Glyphosate na dose de 3,0 L.ha<sup>-1</sup>, aplicado com pulverizador de barras regulado para a vazão de 200 L.ha<sup>-1</sup>.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 1º de novembro de 2000, distribuindo-se nove sementes por metro linear de sulco. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,8 m entre si, perfazendo área total de 16 m<sup>2</sup> e área útil de 6,4 m<sup>2</sup>, uma vez que as linhas externas foram consideradas bordaduras e que por ocasião da colheita, descartou-se 0,5 m nas extremidades de cada linha central.

Como adubação de semeadura aplicou-se manualmente, no sulco, 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, mediante o uso de superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O), respectivamente. A determinação da dose de tais elementos foi fundamentada nos resultados da análise do solo (Tabela 1), na eficiência das fontes utilizadas e nos valores de exportação desses nutrientes pela cultura de milho (Fancelli & Dourado Neto, 2000). Ainda, por ocasião da semeadura, efetuou-se a adubação nitrogenada com 30 kg.ha<sup>-1</sup> de N, apenas nos tratamentos que incluíam a aplicação do referido elemento, aplicando-se uréia (45% N) no sulco, juntamente com

os fertilizantes mencionados anteriormente. O restante do nitrogênio, necessário para completar a dose requerida pelos diferentes tratamentos estudados, foi aplicado manualmente, em cobertura, na entrelinha, a uma distância de 25 cm do colmo, no momento em que as plantas de milho apresentavam 5 folhas plenamente expandidas.

O híbrido utilizado foi o Cargill 909, tipo simples, ciclo superprecoce, com grão *flint* e cor laranja, cuja necessidade calórica, para o florescimento, correspondente a 810 graus-dia ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}^{-1}$ ), apresentando como características, altura média de plantas de 2,20 m e altura média de inserção de espiga de 1,20 m, com população recomendada ideal entre 55.000 e 60.000 plantas por hectare.

Os nutrientes avaliados no presente experimento foram o nitrogênio e o zinco (Tabela 3).

A fenologia da cultura de milho foi avaliada utilizando a escala proposta por Fancelli (1986) e Fancelli & Dourado Neto (1997), a qual contempla diferentes estádios fenológicos ao longo do ciclo da cultura.

Os estádios de crescimento e desenvolvimento, que ocorrem anteriormente ao aparecimento das espigas, foram identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas, ou desdobradas, e os estádios posteriores à emissão das espigas foram identificados com base no desenvolvimento e na consistência dos grãos (Fancelli & Dourado Neto, 1997). O final de um estágio e o início de outro foi determinado quando 50% das plantas apresentavam as características particulares de cada estágio em questão.

Cabe salientar que, para a avaliação, foram consideradas como folhas plenamente expandidas as que apresentavam a linha de união lâmina-bainha, popularmente conhecida como “colar”, facilmente visível.

A determinação de área foliar da  $i$ -ésima folha ( $AF_i$ ,  $\text{cm}^2$ ) foi realizada 20 dias após a emergência (por ocasião da emissão da quarta folha), 41 dias após a emergência, 49 dias após a emergência, e 65 dias após a emergência (por ocasião do florescimento). Nesta, foram avaliadas 2 (duas) plantas por parcela, mediante a retirada e mensuração de todas as folhas plenamente expandidas de cada planta, no seu comprimento ( $C_i$ , cm) e maior largura ( $L_i$ , cm). Os dados obtidos foram submetidos à seguinte equação proposta por Francis (1969), qual seja:

$$AF_i = 0,75.C_i.L_i \quad (1)$$

Assim, o Índice de Área Foliar (IAF,  $m^2 \cdot m^{-2}$ ) foi obtido pela seguinte equação:

$$IAF = \frac{AF_i}{e_1 \cdot e_2} \quad (2)$$

Em que  $e_1$  e  $e_2$  se referem ao espaçamento (cm) entre plantas (na linha) e entre linhas de plantas, respectivamente.

A determinação da altura média das plantas foi efetuada por ocasião do pleno florescimento através da simples medição do comprimento do colmo (da superfície do solo até a base da inflorescência masculina - “pendão”) mediante o uso de escala graduada (trena). Foram consideradas duas plantas de cada parcela.

Para medir a altura média de inserção de espiga utilizou-se uma treina (escala graduada) com a qual determinou-se a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga com o colmo. Nesta avaliação foram consideradas as mesmas plantas utilizadas para a determinação da altura média de plantas.

Para determinar o diâmetro médio do colmo, considerou-se o diâmetro do segundo internódio, a partir da base da planta, o qual foi mensurado através do uso de um paquímetro. Vale ressaltar que tal determinação foi efetuada por ocasião do pleno florescimento e que as plantas avaliadas foram as mesmas utilizadas para obtenção da altura média da base do pendão e altura média de inserção de espigas (foram avaliadas duas plantas por parcela).

O comprimento médio dos internódios do colmo foi determinado por ocasião do pleno florescimento através da simples medição com auxílio de escala graduada (trena). Foram consideradas duas plantas de cada parcela, as quais foram utilizadas para a determinação da altura média da base do pendão, alturas médias de inserção de espiga e diâmetro médio do colmo.

A determinação da massa média de matéria seca de folhas, colmo, pendão e espiga foi realizada, mediante a retirada (método destrutivo) de duas plantas localizadas na área útil da parcela experimental, nas quais foram efetuadas a separação das diferentes partes (folhas, colmo, pendão e espiga). As partes semelhantes coletadas nas plantas de cada parcela (pendões das duas plantas, por exemplo) foram reunidas e colocadas em sacos de papel. Posteriormente, realizou-se a pesagem (obtenção de peso úmido) de cada parte, as quais foram submetidas a uma pré-secagem natural por 5 dias e, posteriormente, a uma secagem forçada em estufa com temperatura de  $75^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante (massa seca). Assim, através da diferença entre a massa úmida e a massa seca do material coletado, obteve-se a fitomassa seca dos diferentes órgãos da planta.

Os tratamentos constituíram-se de combinações dos fatores doses de nitrogênio e doses de zinco, arranjados no esquema fatorial, totalizando 15 tratamentos



(Tabela 3) e três repetições. O delineamento experimental utilizado foi casualizado em blocos.

Foi realizada análise de variância para todas as variáveis de interesse (índice de área foliar, número de folhas fotossinteticamente ativas, altura de planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo, comprimento do primeiro e do segundo internódio do colmo, massa de matéria seca de folhas, colmo, pendão e espiga), utilizando-se o procedimento GLM do *SAS System* (SAS, 1998). Os efeitos de N e Zn e de suas interações foram avaliados pelo teste F. Quando apenas o efeito de N foi significativo, foram ajustadas funções de resposta para esse elemento. Para as variáveis onde houve interação entre N e Zn, foram ajustados modelos para descrever a variação do fator em questão em função das doses de B para cada nível de N, pelo método de máxima verossimilhança, utilizando o procedimento *MIXED* do *SAS* (SAS, 1998). Quando não houve interação, mas efeito significativo de N e Zn, ajustaram-se superfícies de resposta aos dois elementos considerados em cada caso.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam os valores médios referentes às variáveis número de folhas fotossinteticamente ativas aos 41, 49 e 65 dias após a emergência das plantas (Tabela 4), índice de área foliar aos 20, 41, 49 e 65 dias após a emergência das plantas (Tabela 5), diâmetro do colmo, massa de matéria seca de folha, colmo, espiga com palha e pendão (Tabela 6), altura da base de pendão, altura de inserção de espiga, prolificidade, comprimento do primeiro e segundo internódios (Tabela 7). As Tabelas 8, 9, 10 e 11 apresentam os valores referentes ao teste F para as mesmas variáveis citadas anteriormente.

Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), a produtividade de grãos da cultura de milho é diretamente dependente da atividade fotossintética da planta, sendo que a fotossíntese, por sua vez, depende da extensão da área foliar e do tempo de permanência das folhas em plena atividade na planta. Fancelli (1986) cita que a redução do índice de área foliar (IAF), o qual expressa a relação entre a área foliar total da planta e a área de solo ocupado pela mesma, pode resultar na diminuição da taxa de interceptação de radiação solar com conseqüente redução de produção de carboidratos e da produtividade.

Dessa maneira, julgou-se importante determinar o índice de área foliar (IAF) das plantas estudadas, o qual depende diretamente da população, do estado fitossanitário das plantas, do número de folhas fotossinteticamente ativas (NF), do tamanho das folhas e do estado nutricional das plantas.

Ao observar os valores de NF (Tabela 4) e IAF (Tabela 5), verificou-se que até 20 dias após a emergência (DAE), não houve diferença significativa entre o número de folhas fotossinteticamente ativas por planta (NF1) e entre o índice de área foliar (IAF1), uma vez que, em todos os tratamentos as plantas apresentavam 4 folhas plenamente expandidas.

Somente nas avaliações efetuadas aos 41, 49 e 65 (florescimento) dias após a emergência das plantas, verificou-se que a adição de nitrogênio em dose:

crescentes proporcionou aumento do NF e do IAF, o que certamente contribuiu para o suprimento de fotoassimilados e, conseqüentemente, para o incremento na produtividade. Esse resultado confirma o exposto por diversos autores que afirmam que até a emissão da quarta folha a absorção e a demanda de nutrientes (inclusive de nitrogênio) pelas plantas de milho é pequena, havendo grande aumento na absorção e na necessidade dos mesmos a partir da emissão da quinta folha (fase a partir da qual os nutrientes devem estar prontamente disponíveis para as plantas para que a produtividade não seja afetada). Os resultados também estão de acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), os quais sugerem que o ideal é que a aplicação de nitrogênio em cobertura, na cultura de milho, seja efetuada quando as plantas apresentarem 4 folhas plenamente desdobradas, para que o mesmo esteja plenamente disponível para a planta a partir da emissão da quinta folha.

Assim, na avaliação efetuada aos 41 dias após a emergência, ao observar o resultado do teste F (Tabela 9) para a variável, índice de área foliar (IAF2), foi possível verificar o nível de significância de 4,0% para a fonte de variação dose de nitrogênio (DN) o que indica ter havido influência significativa da mesma para a variável em questão. Observou-se que o aumento das doses de nitrogênio (DN), proporcionou um acréscimo significativo no número de folhas fotossinteticamente ativas por planta (NF2) e no índice de área foliar (IAF2), sendo que a aplicação de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N propiciou aumento de aproximadamente 23% no NF2 (Figura 1) e de aproximadamente 50% no IAF2, em relação aos tratamentos em que a aplicação de nitrogênio não foi efetuada (0 kg.ha<sup>-1</sup> de N). No entanto, ao elevar a dose de 120 para 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N o aumento no IAF2 foi menos expressivo (8%), o que leva a concluir que o acréscimo de IAF2 foi devido ao aumento no tamanho das folhas e não ao número de folhas por planta (NF2).

Quanto ao micronutriente estudado, conforme análise de regressão dos resultados, observou-se que as doses crescentes de zinco não influenciaram significativamente o NF2 e o IAF2.

Na avaliação efetuada aos 49 dias após a emergência das plantas de milho, em que se determinou o IAF3 e o NF3, ao observar os resultados do teste F demonstrados na Tabela 9 e na Tabela 10, verificou-se que a aplicação de nitrogênio proporcionou aumentos significativos tanto do NF3 (nível de significância de 1,2%) como do IAF3 (nível de significância de 0,5%), uma vez que a aplicação de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N proporcionou aumento de 16% e de 46% no NF3 e no IAF3, respectivamente, conforme demonstrado na Figura 2 e na Figura 3. No entanto, ao elevar a dose de N de 120 para 240 kg.ha<sup>-1</sup>, não houve acréscimo no valor de NF3 e o IAF3 foi aumentado em apenas 3%. Tais resultados confirmam praticamente a mesma tendência observada para NF2 e IAF2.

Ao observar o resultado do teste F (Tabela 9), notou-se que a variável IAF4, determinada no florescimento (65 DAE), foi fortemente influenciada pelas doses crescentes de nitrogênio. Dessa maneira, a aplicação de doses de nitrogênio (DN) proporcionou maior número de folhas fotossinteticamente ativas por planta no



florescimento (NF4) e, conseqüentemente, maior índice de área foliar (IAF4) às plantas submetidas à aplicação de 120 e 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N, quando comparadas às plantas dos tratamentos em que não se efetuou a aplicação de nitrogênio (0 kg.ha<sup>-1</sup> de N).

Analisando a Tabela 4, nota-se que o NF4 teve um aumento de aproximadamente 11% quando se elevou a dose de N de 0 kg.ha<sup>-1</sup> (média de 17,83 folhas.planta<sup>-1</sup>) para 240 kg.ha<sup>-1</sup> (média de 19,83 folhas.planta<sup>-1</sup>). Ao elevar a dose de N de 120 para 240 kg.ha<sup>-1</sup>, o aumento no IAF4 foi menos significativo (9%), atingindo valor de 4,34 (Figura 4). É válido ressaltar que, de acordo com Andrade et al. (1991), são considerados ideais para a cultura de milho valores de IAF entre 4 e 5, por ocasião do florescimento.

Houve influência significativa (nível de significância de 4,6%) da interação entre as doses de N e as doses de Zn aplicadas sobre o número de folhas fotossinteticamente ativas por planta, por ocasião do florescimento (NF4). Cabe salientar que, apesar do nível de significância apontado pelo teste F não foi possível verificar respostas lineares ou quadráticas (Figura 5) da variável NF4 para a interação entre as doses de N e de Zn estudadas, sendo que também não foi possível notar influência significativa do aumento das doses de zinco utilizadas sobre o NF4.

Assim, foi possível concluir que, de maneira geral, as aplicações de zinco no sulco de semeadura não exerceram influência significativa no número de folhas por planta e no índice de área foliar das plantas de milho, mesmo quando aplicados em doses consideradas elevadas. Concluiu-se também que o nitrogênio exerceu grande influência sobre o número de folhas fotossinteticamente ativas por planta e, conseqüentemente, sobre o índice de área foliar das plantas de milho, uma vez que a aplicação de N proporcionou aumento significativo no NF e no IAF em todas as avaliações efetuadas entre a emissão da sexta folha e o florescimento das plantas. Esses resultados são importantes, pois de acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), segundo dados registrados no *Corn Belt* americano, a produtividade de grãos aumenta significativamente com os incrementos do índice de área foliar da cultura de milho, o qual normalmente, varia de três a cinco. Esses resultados confirmam o exposto por Ferreira (1997), que ressalta a importância da área foliar para a obtenção de altas produtividades, uma vez que, quanto maior o período que as plantas permanecerem com folhas verdes (fotossinteticamente ativas) e quanto maior a área foliar, maior será a translocação de fotoassimilados para os grãos.

Os valores apresentados nas Tabelas 7 mostram que o nitrogênio exerceu grande influência sobre a altura das plantas de milho, pois tanto a altura média da base do pendão (ABP), como a altura média de inserção da espiga (AIE), aumentou significativamente em função da aplicação de doses crescentes de nitrogênio (DN), o que foi confirmado pelo teste F (Tabela 8 e Tabela 9) o qual mostra que a aplicação de nitrogênio proporcionou influência na AIE e na ABP com níveis de significância de 0,006% e 0,08%, respectivamente.

Nos tratamentos em que a aplicação de nitrogênio não foi efetuada (0 kg.ha<sup>-1</sup> de N), notou-se que a altura média da base do pendão (ABP) foi de 1,86m, valor 17% inferior ao obtido nas plantas dos tratamento em que se aplicou 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N (2,17 m). Porém, ao dobrar a dose de N aplicada, ou seja, 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N, a resposta não foi significativa, sendo que o aumento na altura média da base do pendão foi de aproximadamente 3% em relação aos tratamentos com 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N (Figura 6).

Resultados semelhantes foram observados para a variável altura de inserção de espigas (AIE), onde os tratamentos com 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N apresentaram valores de AIE 30% superiores em relação aos tratamentos com 0 kg.ha<sup>-1</sup> de N, sendo que ao dobrar a dose para 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N, o aumento na AIE foi de apenas 3% (Figura 7).

Os resultados obtidos estão de acordo com Arnon (1975), o qual afirma que plantas mal nutridas com nitrogênio apresentam menor capacidade de assimilar CO<sub>2</sub> e de sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em menor acúmulo de biomassa e em retardamento na divisão celular nos pontos de crescimento, o que tem como consequência a redução na altura da planta. Sangoi & Almeida (1994) também verificaram aumentos significativos (28%) na altura das plantas de milho mediante a aplicação de 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N, em relação a tratamento em que o N não foi aplicado.

Quanto à aplicação do micronutriente, Büll (1993) afirma que o zinco tem interferência direta na altura de plantas de milho, pois o referido elemento é necessário à produção de triptofano que é um aminoácido precursor do ácido indol-acético, o qual é um hormônio promotor do crescimento. Assim, de acordo com Furlani & Furlani (1996), a altura de plantas é a variável que melhor reflete o estresse provocado por baixos níveis de zinco na planta, sendo que, de acordo com Bokert (1989), a deficiência de zinco reduz o crescimento das plantas de milho.

Apesar dessas afirmações, notou-se que as aplicações de zinco, em doses crescentes no sulco de semeadura de milho, não tiveram influência significativa sobre a altura de inserção de espiga (AIE) e nem sobre a altura de base do pendão (ABP), conforme apresentado nas Tabelas 8 e 9, onde se observa que o nível de significância é alto (maior que 5%), em todas as fontes de variação que envolve os referidos elementos. Dessa maneira, concluiu-se que, nas condições de solo e clima em que foi conduzido o experimento, a aplicação de zinco e de nitrogênio no sulco de semeadura, mesmo em altas doses, não exerceu influência significativa na AIE e na ABP das plantas de milho, ou seja, não proporcionou aumento e nem provocou redução nos valores das variáveis em questão.

É importante salientar, que a ausência de respostas das variáveis AIE e ABP à aplicação de zinco no sulco de semeadura, pode ter ocorrido devido ao fato de que os níveis dos referidos elementos no solo (Tabela 1), eram satisfatórios para suprir as necessidades da cultura de milho, o que não possibilitou a ocorrência de deficiência nem mesmo na testemunha.

De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000), o crescimento do colmo das plantas de milho ocorre principalmente a partir da emissão da oitava folha,

prolongando-se até o florescimento, sendo que o colmo não somente atua como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente, como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis, os quais serão utilizados na formação dos grãos. Dessa maneira, assim como a altura da base do pendão, que representa o comprimento do colmo, o diâmetro do colmo (DC) das plantas de milho, também é muito importante para a obtenção de alta produtividade de grãos, pois quanto maior o DC, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos. Ao avaliar os resultados obtidos no experimento, notou-se que o diâmetro do colmo (DC) foi significativamente influenciado pela aplicação de nitrogênio em doses crescentes.

Assim, de acordo com os valores médios de diâmetro do colmo apresentados na Tabela 6, a aplicação de  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N proporcionou aumento de aproximadamente 20% no DC, em relação aos tratamentos onde a aplicação de N não foi realizada ( $0 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N), ou seja, de acordo com o resultado da análise de regressão (Figura 8), o DC passou de 1,89 para 2,27 cm. Porém, ao elevar a dose de nitrogênio aplicada de 120 para  $240 \text{ kg.ha}^{-1}$ , verificou-se que o resultado foi menos significativo, uma vez que proporcionou aumento no diâmetro médio do colmo das plantas de milho de apenas 4%, o que demonstra não ser viável o uso de doses de N muito acima de  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

Com relação ao micronutriente, ao avaliar os resultados obtidos no teste F (Tabela 9), notou-se que as aplicações de doses crescentes de zinco no sulco de semeadura, não exerceram influência significativa sobre o diâmetro de colmo das plantas de milho, uma vez que o nível de significância foi maior que 5% para todas as fontes de variação que envolveu os referidos elementos.

Verificou-se que o comprimento do segundo internódio do colmo (COMP\_NO2) foi significativamente influenciado pela aplicação de nitrogênio em doses crescentes (nível de significância de 1%), uma vez que, conforme apresentado na Figura 9, nos tratamentos em que se efetuou a aplicação de  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N, o COMP\_NO2 foi aumentado em 27% (de 7,0 para 8,8 cm), quando comparado aos tratamentos em que o nitrogênio não foi aplicado ( $0 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N). Observou-se também que ao elevar a dose de N de 120 para  $240 \text{ kg.ha}^{-1}$ , o aumento no COMP\_NO2 foi menos significativo (8%), o que confirma a baixa resposta da cultura de milho para doses de N superiores a  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$ . Tais resultados podem ser confirmados ao analisar a Figura 9, na qual é possível verificar a resposta da variável comprimento do segundo internódio do colmo (COMP\_NO2) à aplicação de doses crescentes de nitrogênio (DN).

Quanto ao elemento zinco, também não se notou influência significativa da aplicação de doses crescentes dos mesmos sobre a variável comprimento do segundo internódio do colmo, uma vez que, de acordo com resultados apresentados na Tabela 8, o nível de significância para todas as fontes de variação que envolvem o referido micronutriente foi maior do que 5%.

Quanto ao elemento zinco, também não se notou influência significativa da aplicação de doses crescentes dos mesmos sobre a variável comprimento do segundo internódio do colmo, uma vez que, de acordo com resultados apresentados na Tabela 8, o nível de significância para todas as fontes de variação que envolvem o referido micronutriente foi maior do que 5%.

Dessa maneira, verificou-se que, nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, a aplicação de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio proporcionou o aumento do comprimento do colmo e, conseqüentemente, contribuiu para que as plantas de milho apresentassem maior capacidade de armazenamento de sintetizados. Pôde-se verificar também que o elemento zinco, aplicado no sulco de semeadura de milho em doses de até 8 kg.ha<sup>-1</sup>, não alterou o desenvolvimento e crescimento do colmo.

Ao analisar os valores médios obtidos (Tabela 6), notou-se que a aplicação de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N proporcionou aumento de aproximadamente 65% e 30% na MMSC e na MMSF, respectivamente, em relação aos tratamentos onde a aplicação de N não foi efetuada (0 kg.ha<sup>-1</sup> de N). Porém, quando as doses de N foram aumentadas de 120 para 240 kg.ha<sup>-1</sup> de N, verificou-se que o aumento na MMSC e na MMSF não foi significativo.

Com relação à massa de matéria seca de espiga (MMSE) (Figura 10), foi observado que quanto maior a dose de nitrogênio aplicada, maior foi a MMSE obtida. Assim, em relação aos tratamentos em que o nitrogênio não foi aplicado (0 kg.ha<sup>-1</sup> de N), verificou-se que a MMSE teve um aumento de aproximadamente 50% quando se aplicou dose de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N. No entanto, ao aumentar a dose de N de 120 kg.ha<sup>-1</sup> para 240 kg.ha<sup>-1</sup>, notou-se que a resposta foi menos expressiva, proporcionando aumento de aproximadamente 10% na MMSE. Cabe salientar que, conforme apresentado na Tabela 6, doses crescentes de zinco no sulco de semeadura, não exerceram influência significativa sobre a MMSE.

Mediante os resultados obtidos, pode-se afirmar que aplicações de doses de nitrogênio acima de 120 kg.ha<sup>-1</sup> não contribuem significativamente para o aumento na massa de matéria seca de colmo, de folhas e de espigas.

Quanto à massa de matéria seca de pendão, de acordo com o apresentado na Tabela 11, nenhum dos tratamentos estudados exerceu influência significativa sobre a referida variável, uma vez que, para todas as fontes de variação o nível de significância foi superior a 5%.

## CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos nas condições do experimento, pode-se concluir que:

*i.* a aplicação de nitrogênio em doses crescentes proporcionou aumento no índice de área foliar, número de folhas, altura da base do pendão, altura de inserção

da espiga, comprimento do segundo internódio do colmo, diâmetro do colmo, comprimento da espiga, massa de matéria seca da espiga e prolificidade. Para todas essas variáveis os melhores resultados foram proporcionados pela aplicação de 120 kg.ha<sup>-1</sup> de N; *ii*. a aplicação de doses elevadas de zinco (até 16 kg.ha<sup>-1</sup>) no sulco de semeadura não influenciou significativamente os componentes de produção da cultura de milho, o que pode ser atribuído aos altos teores de argila e de matéria orgânica do solo em que se conduziu o experimento (alta capacidade de adsorção do elemento) e/ou à alta solubilidade da fonte utilizada (sulfato de zinco). Por outro lado, a não ocorrência de deficiência do referido elemento nos tratamentos em que o mesmo não foi aplicado pode ter sido devido ao fato de que os níveis, no solo, eram satisfatórios para suprir as necessidades da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnon, I. **Mineral nutrition maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.
- Borkert, C.M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L.T.; ROSOLEM, C.A. **Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p.309-329.
- Büll, L.T. Nutrição mineral do milho. In: Büll, L.T.; Cantarella, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- Decaro, S.T.; Vitti, G.C.; Fornasieri Filho, D.; Mello, W.J. Efeitos de doses e fontes de zinco na cultura de milho (*Zea mays* L.). **Revista de Agricultura**, v.58, n.1/2, p.25-36, 1983.
- Fancelli, A.L. **Plantas alimentícias: guia para aula, estudos e discussão**. Piracicaba: CALQ, 1986. 131p.
- Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. Fenologia do milho. In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Coord.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997. p.131-134.
- Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- Ferreira, A.C.B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho**. Viçosa, 1997. 73p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- Galvão, E.Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.255-60, 1995.
- Galvão, E.Z.; Mesquita Filho, M.V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.5, n.3, p.167-70, 1981.
- Malavolta, E.; Boaretto, A.E.; Paulino, V.T. Micronutrientes: uma visão geral. In: Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p.1-34.



Silva, H.P.; Menten J.O.M. Manejo integrado de doenças na cultura do milho In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Coord.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997. p.40-56.

Yamada, T. Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar? **Informações Agrônomicas**, n.74, p.1-5, 1996.

**Tabela 1.** Resultado da análise química de solo da área experimental

Ph	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V	B <sup>3</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn <sup>3</sup>
CaCl <sub>2</sub>	%	mg.kg <sup>-1</sup>				mmolc.dm <sup>-3</sup>			%		mg.dm <sup>-3</sup>			
5,3 <sup>1)</sup>	3,3	53	5,5	45	16	34	66,5	100,5	66	0,35	5,8	36	51,4	2,0
5,2 <sup>2)</sup>	3,1	33	5,3	42	17	34	64,3	98,3	65	0,32	6,2	41	57,4	2,1

<sup>1</sup> Profundidade de 0 a 10 cm; <sup>2</sup> Profundidade de 0 a 20 cm; <sup>3</sup> Zinco extraído pelo método de água quente e zinco através da solução de DTPA

**Tabela 2.** Valores de radiação global média (RGM, cal.cm<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), precipitação total (P, mm), umidade relativa média (UR, %) do ar (determinada às 7:00h), temperatura (°C) do ar (temperaturas máxima, mínima e média), e evaporação total do tanque classe A (E, mm) por decêndios, registrados durante o período de condução do experimento

Ano	Mês	Decêndio	RGM	P	UR	Temperatura (°C)			E
			(cal.cm <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	(mm)	(%)	Máxima	Mínima	Média	(mm)
2000	Out	1	483,0	21,5	68,0	31,3	16,7	24,0	56,0
2000	Out	2	495,0	9,5	63,0	34,1	19,1	26,6	62,0
2000	Out	3	462,0	83,0	74,0	31,0	18,2	24,6	54,0
2000	Nov	1 <sup>1</sup>	513,0	43,2	70,0	31,1	17,7	24,4	61,0
2000	Nov	2	429,0	88,9	80,0	27,9	17,3	22,6	54,0
2000	Nov	3	454,0	107,1	82,0	30,5	18,2	24,3	58,0
2000	Dez	1	490,0	43,9	76,0	29,9	18,5	24,2	58,0
2000	Dez	2	387,0	70,5	81,0	29,0	18,5	23,7	54,0
2000	Dez	3	465,0	81,8	85,0	30,4	19,9	25,2	59,0
2001	Jan	1	545,0	12,0	72,0	32,2	19,0	25,6	66,0
2001	Jan	2	537,0	95,1	71,0	32,3	19,6	26,0	65,0
2001	Jan	3	451,0	122,5	83,0	31,3	20,1	25,7	58,0
2001	Fev	1	433,0	51,7	84,0	30,9	21,0	26,0	60,0
2001	Fev	2	421,0	33,2	84,0	31,4	20,4	25,9	59,0
2001	Fev	3	532,0	7,8	76,0	32,9	19,7	26,3	62,0
2001	Mar	1	401,0	76,7	80,0	29,9	19,1	24,5	48,0
2001	Mar	2 <sup>2</sup>	479,0	18,6	76,0	32,3	19,8	26,0	54,0
2001	Mar	3	466,0	68,9	77,0	32,2	19,2	25,7	52,0

<sup>1</sup> Data da semeadura: 1º de novembro de 2000; <sup>2</sup> Data da colheita: 16 de março de 2001

**Tabela 3.** Descrição dos tratamentos estudados

Tratamento	Nutrientes e Doses	
1	Nitrogênio (0 kg.ha <sup>-1</sup> )	Testemunha A (sem e Zinco)
2	Nitrogênio (0 kg.ha <sup>-1</sup> )	2 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
3	Nitrogênio (0 kg.ha <sup>-1</sup> )	4 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
4	Nitrogênio (0 kg.ha <sup>-1</sup> )	8 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
5	Nitrogênio (0 kg.ha <sup>-1</sup> )	16 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
6	Nitrogênio (120 kg.ha <sup>-1</sup> )	Testemunha B (sem Zinco)
7	Nitrogênio (120 kg.ha <sup>-1</sup> )	2 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
8	Nitrogênio (120 kg.ha <sup>-1</sup> )	4 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
9	Nitrogênio (120 kg.ha <sup>-1</sup> )	8 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
10	Nitrogênio (120 kg.ha <sup>-1</sup> )	16 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
11	Nitrogênio (240 kg.ha <sup>-1</sup> )	Testemunha C (sem Zinco)
12	Nitrogênio (240 kg.ha <sup>-1</sup> )	2 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
13	Nitrogênio (240 kg.ha <sup>-1</sup> )	4 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
14	Nitrogênio (240 kg.ha <sup>-1</sup> )	8 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco
15	Nitrogênio (240 kg.ha <sup>-1</sup> )	16 kg.ha <sup>-1</sup> de Zinco

**Tabela 4.** Valores médios de número de folhas fotossinteticamente ativas por planta aos 20 (NF1), 41 (NF2), 49 (NF3) e 65 (NF4) dias após a emergência em função das doses (kg.ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio (DN) e zinco (DZn).

DN	DZn	NF1	NF2	NF3	NF4 <sup>1</sup>
0	0	4,00	6,16	11,50	17,83
0	0	4,00	6,50	12,00	18,16
0	0	4,00	6,16	11,66	17,66
0	0	4,00	6,50	12,66	18,00
0	0	4,00	6,66	12,00	18,33
0	2	4,00	6,50	12,16	18,00
0	4	4,00	6,50	12,50	18,00
0	8	4,00	6,33	11,66	18,16
0	16	4,00	6,66	12,33	17,83
120	0	4,00	8,16	14,16	18,00
120	0	4,00	7,33	13,00	18,83
120	0	4,00	8,33	14,00	19,00
120	0	4,00	8,16	14,16	19,33
120	0	4,00	8,16	14,50	19,00
120	2	4,00	7,83	14,33	18,83
120	4	4,00	7,50	14,16	18,83
120	8	4,00	7,66	14,16	19,00
120	16	4,00	8,50	13,83	18,83
240	0	4,00	8,33	14,66	19,83
240	0	4,00	7,83	13,66	19,50
240	0	4,00	8,33	14,33	19,00
240	0	4,00	7,83	14,66	19,33
240	0	4,00	8,00	14,16	19,33
240	2	4,00	8,66	14,33	18,66
240	4	4,00	8,00	13,50	18,83
240	8	4,00	7,00	13,33	19,83
240	16	4,00	7,66	13,66	19,33

<sup>1</sup> NF4 corresponde à avaliação efetuada por ocasião do florescimento

**Tabela 5.** Valores médios de índice de área foliar ( $m^2 \cdot m^{-2}$ ) aos 20 (IAF1), 41 (IAF2), 49 (IAF3) e 65 (IAF4) dias após a emergência em função das doses ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) de nitrogênio (DN) e zinco (DZn).

DN	DZn	IAF1	IAF2	IAF3	IAF4 <sup>1</sup>
0	0	0,09	0,97	1,96	2,44
0	0	0,09	0,98	2,08	2,43
0	0	0,10	1,30	2,65	2,83
0	0	0,10	0,95	1,91	2,27
0	0	0,09	1,19	2,39	2,93
0	2	0,09	1,10	2,08	2,67
0	4	0,10	1,04	2,11	2,70
0	8	0,11	1,18	2,44	2,69
0	16	0,10	1,04	2,21	2,73
120	0	0,11	1,59	3,18	3,55
120	0	0,11	1,77	3,32	3,83
120	0	0,12	1,35	2,91	3,75
120	0	0,11	1,57	3,08	4,46
120	0	0,11	1,68	3,16	4,10
120	2	0,12	1,51	3,15	4,08
120	4	0,10	1,56	3,18	3,90
120	8	0,12	1,70	3,75	4,23
120	16	0,11	1,68	3,47	3,92
240	0	0,11	2,02	3,94	4,79
240	0	0,10	1,44	3,27	4,26
240	0	0,10	1,55	3,13	4,25
240	0	0,11	1,34	3,11	4,34
240	0	0,10	1,41	3,23	4,36
240	2	0,11	1,51	3,09	4,04
240	4	0,11	1,65	3,40	4,38
240	8	0,10	1,97	3,59	4,17
240	16	0,11	1,74	3,46	4,45

<sup>1</sup> IAF4 corresponde à avaliação efetuada por ocasião do florescimento



**Tabela 6.** Valores médios de diâmetro do colmo (DC, cm), massa de matéria seca de folha (MMSE, g.planta<sup>-1</sup>), colmo (MMSC, g.planta<sup>-1</sup>), espiga com palha (MMSE, g.espiga<sup>-1</sup>) e pendão (MMSP, g.planta<sup>-1</sup>), em função das doses (kg.ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio (DN) e zinco (DZn).

DN	DZn	DC	MMSE	MMSC	MMSE	MMSP
0	0	1,85	72,49	68,81	190,08	6,23
0	0	1,96	84,60	86,56	125,75	7,92
0	0	1,86	74,86	73,35	160,96	6,86
0	0	1,93	82,69	103,86	178,52	7,88
0	0	1,91	88,72	95,55	214,50	6,93
0	2	1,75	62,66	63,34	194,05	5,73
0	4	1,95	89,72	92,60	160,67	6,68
0	8	1,87	81,32	86,79	134,36	7,96
0	16	1,95	77,56	82,87	167,24	7,22
120	0	2,28	95,05	114,82	191,71	9,15
120	0	2,17	97,42	132,47	271,73	8,16
120	0	2,10	101,52	128,06	288,62	7,36
120	0	2,18	108,03	118,10	246,42	9,26
120	0	2,40	101,21	128,39	286,50	9,18
120	2	2,25	99,66	127,09	283,22	9,59
120	4	2,20	118,91	172,97	250,77	9,77
120	8	2,37	97,09	127,68	238,96	7,62
120	16	2,32	118,39	137,13	283,13	8,98
240	0	2,39	106,94	125,84	303,15	8,13
240	0	2,27	105,00	138,88	289,81	9,02
240	0	2,28	119,58	141,10	291,03	7,98
240	0	2,21	105,59	122,54	281,79	8,97
240	0	2,25	111,00	133,80	302,73	8,84
240	2	2,25	103,07	126,84	279,43	8,79
240	4	2,30	106,97	143,98	292,52	9,96
240	8	2,26	124,02	151,29	264,24	9,03
240	16	2,38	131,24	124,92	271,98	9,32

**Tabela 7.** Valores médios de altura da base de pendão (ABP, m), altura de inserção de espiga (AIE, m), prolificidade (PROLIF, espiga.planta<sup>-1</sup>), comprimento do primeiro (COMP\_NO1, cm) e segundo (COMP\_NO2, cm) internódios em função das doses (kg.ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio (DN) e zinco (DZn).

DN	DZn	ABP	AIE	PROLIF	COMP_NO1	COMP_NO2
0	0	1,82	0,88	1,16	2,83	7,08
0	0	1,85	0,83	1,02	2,75	6,80
0	0	1,88	0,91	1,11	3,08	6,91
0	0	1,78	0,85	1,08	2,86	6,91
0	0	1,98	0,85	1,13	2,96	7,15
0	2	1,91	0,89	1,06	2,58	6,58
0	4	1,86	0,91	0,96	3,55	8,08
0	8	1,84	0,85	1,07	3,13	6,50
0	16	1,85	0,91	1,06	3,33	7,00
120	0	2,17	1,11	1,22	3,55	9,00
120	0	2,23	1,16	1,30	3,50	8,50
120	0	2,17	1,14	1,21	3,90	8,58
120	0	2,13	1,14	1,22	3,41	8,25
120	0	2,11	1,13	1,28	4,00	9,00
120	2	2,19	1,15	1,46	3,58	8,83
120	4	2,19	1,17	1,29	3,11	8,66
120	8	2,26	1,16	1,28	3,66	9,25
120	16	2,12	1,12	1,37	4,83	9,58
240	0	2,28	1,20	1,36	5,00	9,66
240	0	2,29	1,18	1,32	3,58	9,25
240	0	2,25	1,17	1,35	5,25	9,91
240	0	2,22	1,13	1,23	4,08	9,75
240	0	2,26	1,21	1,23	5,16	10,41
240	2	2,16	1,16	1,28	3,75	9,16
240	4	2,24	1,12	1,29	3,75	8,41
240	8	2,29	1,18	1,29	4,66	9,25
240	16	2,24	1,23	1,31	4,41	9,25

**Tabela 8.** Resultado dos testes F para avaliar o efeito das doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>) e zinco (DZn, kg.ha<sup>-1</sup>) e suas interações, sobre variáveis altura de inserção de espiga (AIE), comprimento do primeiro (COMP\_NO1) e do segundo (COMP\_NO2) internódios, comprimento da espiga (COMPESP) e do grão (COMPGRAO).

Variável	Fonte	GL <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>	PROB
AIE	Bloco	2	5,89090	0,0049
AIE	DN	2	11,76780	0,0000
AIE	DZn	4	0,08630	0,9863
AIE	DNxDZn	8	0,35700	0,9382
COMP_NO1	Bloco	2	1,89200	0,1610
COMP_NO1	DN	2	1,10050	0,3403
COMP_NO1	DZn	4	1,41270	0,2427
COMP_NO1	DNxDZn	8	1,02460	0,4297
COMP_NO2	Bloco	2	4,14640	0,0213
COMP_NO2	DN	2	5,02410	0,0101
COMP_NO2	DZn	4	0,20910	0,9322
COMP_NO2	DNxDZn	8	0,73050	0,6640
COMPESP	Bloco	2	11,04120	0,0001
COMPESP	DN	2	16,00590	≤0,0000
COMPESP	DZn	4	0,19000	0,9425
COMPESP	DNxDZn	8	0,28250	0,9688
COMPGRAO	Bloco	2	9,31530	0,0003
COMPGRAO	DN	2	0,52490	0,5947
COMPGRAO	DZn	4	0,40920	0,8012
COMPGRAO	DNxDZn	8	0,98560	0,4579

<sup>1</sup> Graus de liberdade; <sup>2</sup> Valor F; <sup>3</sup> Probabilidade

**Tabela 9.** Resultado dos testes F para avaliar o efeito das doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>) e zinco (DZn, kg.ha<sup>-1</sup>) e suas interações, sobre variáveis altura da base de pendão (ABP), índice de área foliar determinado aos 20 (IAF1), 41 (IAF2), 49 (IAF3) e 65 (IAF4) dias após a emergência e diâmetro do colmo (DC).

Variável	Fonte	GL <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>	PROB <sup>3</sup>
ABP	Bloco	2	11.58310	0.00007
ABP	DN	2	8.13300	0.00084
ABP	DZn	4	0.23570	0.91698
ABP	DNxDZn	8	0.46670	0.87392
IAF1	Bloco	2	0.10670	0.89900
IAF1	DN	2	0.64600	0.52827
IAF1	DZn	4	0.61820	0.65155
IAF1	DNxDZn	8	0.75320	0.64475
IAF2	Bloco	2	11.09780	0.00010
IAF2	DN	2	3.40060	0.04093
IAF2	DZn	4	1.24410	0.30386
IAF2	DNxDZn	8	0.74160	0.65460
IAF3	Bloco	2	18.28070	≤0.00001
IAF3	DN	2	5.76990	0.00546
IAF3	DZn	4	1.93800	0.11795
IAF3	DNxDZn	8	0.93840	0.49348
IAF4	Bloco	2	2.88790	0.06467
IAF4	DN	2	17.63600	≤0.00001
IAF4	DZn	4	0.15610	0.95938
IAF4	DNxDZn	8	1.41250	0.21350
DC	Bloco	2	2.52630	0.08973
DC	DN	2	5.75420	0.00553
DC	DZn	4	0.97350	0.43005
DC	DNxDZn	8	0.54450	0.81745

<sup>1</sup> Graus de liberdade; <sup>2</sup> Valor F; <sup>3</sup> Probabilidade

**Tabela 10.** Resultado dos testes F para avaliar o efeito das doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>) e zinco (DZn, kg.ha<sup>-1</sup>) e suas interações, sobre variáveis número de folhas fotossinteticamente ativas determinado aos 41 (NF2), 49 (NF3) e 65 (NF4) DAE, número de grãos por fileira (NGF) e prolificidade (PROLIF).

Variável	Fonte	GL <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>	PROB <sup>3</sup>
NF2	Bloco	2	5,46000	0,00700
NF2	DN	2	4,26000	0,01930
NF2	DZn	4	0,59000	0,66830
NF2	DNxDZn	8	0,73000	0,66390
NF3	Bloco	2	20,71000	≤0,00010
NF3	DN	2	4,78000	0,01240
NF3	DZn	4	2,13000	0,08960
NF3	DNxDZn	8	1,00000	0,44440
NF4	Bloco	2	0,54190	0,58487
NF4	DN	2	8,83400	0,00050
NF4	DZn	4	1,49720	0,21656
NF4	DNxDZn	8	2,16080	0,04608
NGF	Bloco	2	10,64730	0,00013
NGF	DN	2	8,55550	0,00061
NGF	DZn	4	0,07930	0,98834
NGF	DNxDZn	8	0,10610	0,99885
PROLIF	Bloco	2	3,94640	0,02537
PROLIF	DN	2	12,57470	0,00004
PROLIF	DZn	4	0,99980	0,41612
PROLIF	DNxDZn	8	1,48550	0,18527

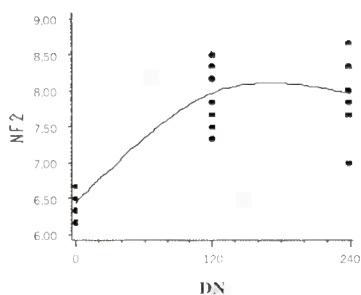
<sup>1</sup> Graus de liberdade; <sup>2</sup> Valor F; <sup>3</sup> Probabilidade.



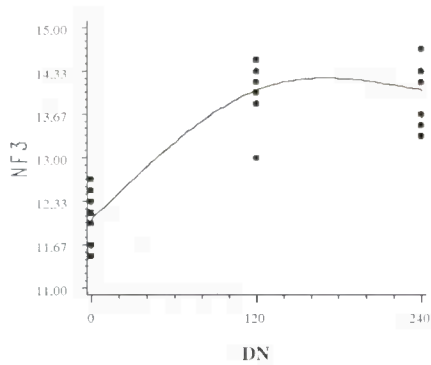
**Tabela 11.** Resultado dos testes F para avaliar o efeito das doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>) e zinco (DZn, kg.ha<sup>-1</sup>) e suas interações, sobre variáveis massa de matéria seca de colmo (MMSC), folha (MMSF), pendão (MMSP) e espiga (MMSE).

Variável	Fonte	GL <sup>1</sup>	F <sup>2</sup>	PROB <sup>3</sup>
MMSC	Bloco	2	6,39950	0,00328
MMSC	DN	2	10,07530	0,00020
MMSC	DZn	4	4,90190	0,00198
MMSC	DNxDZn	8	1,11960	0,36585
MMSF	Bloco	2	19,07290	≤0,00001
MMSF	DN	2	7,98620	0,00095
MMSF	DZn	4	4,28270	0,00453
MMSF	DNxDZn	8	1,49570	0,18158
MMSP	Bloco	2	2,17970	0,12329
MMSP	DN	2	1,74530	0,18467
MMSP	DZn	4	0,63260	0,64146
MMSP	DNxDZn	8	1,06940	0,39867
MMSE	Bloco	2	4,85000	0,01170
MMSE	DN	2	9,99000	0,00020
MMSE	DZn	4	0,79000	0,53810
MMSE	DNxDZn	8	0,96000	0,47820

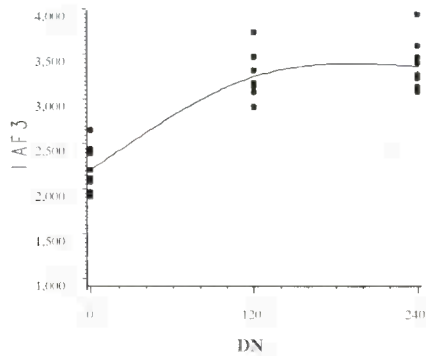
<sup>1</sup> Graus de liberdade; <sup>2</sup> Valor F; <sup>3</sup> Probabilidade



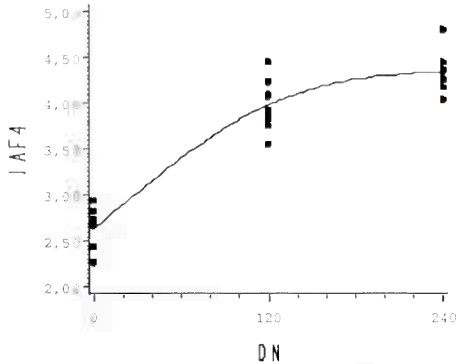
**Figura 1-** Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta (NF2), determinado aos 41 dias após a emergência, em função da aplicação de doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).



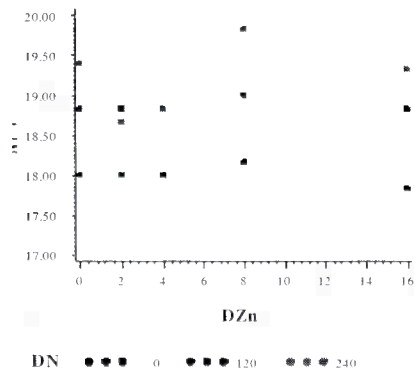
**Figura 2** - Número médio de folhas por planta (NF3), determinado aos 49 dias após a emergência, em função da aplicação de doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).



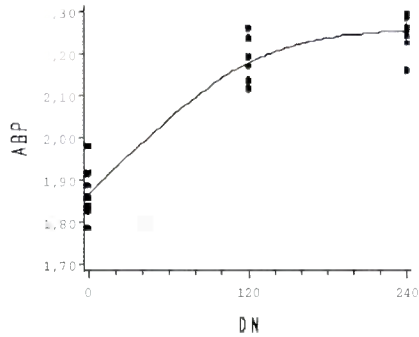
**Figura 3** - Índice de área foliar médio (IAF3, m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), determinado aos 49 dias após a emergência, em função da aplicação de doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).



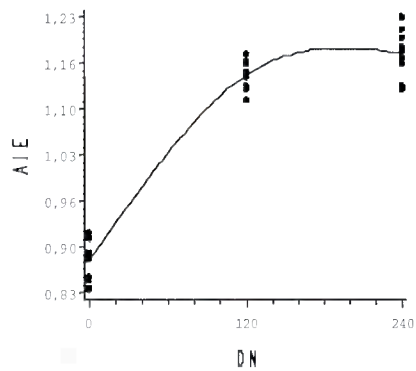
**Figura 4** - Índice de área foliar médio no florescimento (IAF4, m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), determinado aos 65 dias após a emergência, em função da aplicação de doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).



**Figura 5** - Número de folhas fotossinteticamente ativas por planta (NF4), determinado aos 65 dias após a emergência das plantas de milho (florescimento), em função da aplicação de doses crescentes de zinco (DZn, kg.ha<sup>-1</sup>), para as três diferentes doses de N (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).



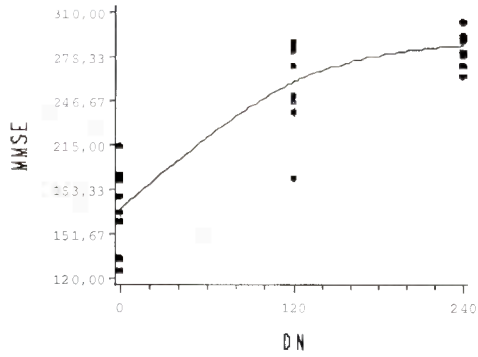
**Figura 6** - Altura média da base do pendão (ABP, m) das plantas de milho em função de doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).



**Figura 7** - Altura média da inserção de espiga (AIE, m) das plantas de milho em função de doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).







**Figura 10** - Massa de matéria seca de espiga (MMSE, g.planta<sup>-1</sup>) em função da aplicação de doses de nitrogênio (DN, kg.ha<sup>-1</sup>).