

DOSES DE NITROGÊNIO E FONTES DE Cu E Mn SUPLEMENTAR SOBRE A SEVERIDADE DA FERRUGEM E ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO MILHO

ANDRÉ LUÍS TOMAZELA¹, JOSÉ LAÉRCIO FAVARIN², ANTONIO LUIZ FANCELLI², THOMAS NEWTON MARTIN⁴, DURVAL DOURADO NETO^{2,3} e ANDRÉ RODRIGUES DOS REIS⁵

¹Eng. Agr. Mestre em Fitotecnia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Bolsista Fapesp. E-mail: tomazela@esalq.usp.br

²Prof. Dr. Departamento de Produção Vegetal, Esalq/USP, C.P. 9, CEP 13.418-900, Piracicaba, SP, E-mail: jlfavari@esalq.usp.br (autor para correspondência)

³Bolsista do CNPq

⁴Doutorando de Pós-graduação em Fitotecnia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Bolsista CNPq

⁵Mestrando de Pós-graduação em Fitotecnia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Bolsista CNPq

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.2, p.192-201, 2006

RESUMO – A aplicação de doses elevadas de nitrogênio aumenta o risco de doenças na cultura de milho, enquanto os nutrientes cobre e manganês podem reduzir a severidade das mesmas, pois esses nutrientes participam dos mecanismos de defesa da planta. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de doses de nitrogênio e fonte de cobre e manganês suplementar, aplicado via foliar, sobre a severidade da ferrugem tropical (*Physopella zae*) e dos atributos morfológicos, bem como a viabilidade desses micronutrientes na substituição de fungicida no controle dessa doença em milho. O experimento consistiu de nove tratamentos em blocos ao acaso, com quatro repetições, analisados por meio de contrastes ortogonais, dos resultados obtidos nas avaliações de severidade da *Physopella zae*, altura de plantas, diâmetro de colmo, índice de área foliar, matéria seca total, comprimento de espiga, número de fileiras de grãos, grãos por fileira, massa de 100 grãos e rendimento de milho. O fornecimento de 200 kg ha⁻¹ de N aumentou o rendimento de milho e a severidade da ferrugem tropical (*Physopella zae*), independentemente das fontes de cobre e manganês usadas nas aplicações foliares. O sulfato de cobre foi mais eficiente na supressão da ferrugem tropical (*Physopella zae*) do que o hidróxido de cobre. A suplementação foliar de cobre e manganês, na dose usada nesse experimento, não substituiu o uso de fungicida no controle da ferrugem tropical (*Physopella zae*).

Palavras-chave: *Zea mays* L., *Physopella zae*, sulfato de manganês e cobre, hidróxido de cobre, manganês quelatizado

RATES OF NITROGEN AND SOURCES OF SUPPLEMENTAR Cu AND Mn ON THE SEVERITY OF THE RUST AND MORPHOLOGIC ATTRIBUTES OF MAIZE

ABSTRACT - The application of high rates of nitrogen increases the risk of disease in the maize culture, while copper and manganese can reduce the occurrence of the same ones because these nutrients participate in the plant's defense mechanism. This work was carried out with the objective of evaluating the influence of rates of nitrogen and sources of supplementary copper and manganese, applied foliarly, on the severity of the

tropical rust (*Physopella zae*) and morphologic attributes, as well as the viability to substitute the use of fungicide for the micronutrients in the control of this disease in maize culture. The experiment consisted of nine treatments with four repetitions, where the severity of the *Physopella zae*, the height of plants, stem diameter, leaf area index, total dry matter, length of spike, number of rows of grains, grains for row, mass of 100 grain, and production of grains were evaluated. The supply of 200 kg ha⁻¹ of N increased the maize production and the severity of the tropical rust (*Physopella zae*), regardless of the sources of copper and manganese applied in leaves. The copper sulphate was more efficient in the suppression of the tropical rust (*Physopella zae*) than copper hydroxide. The supplemental foliar of Cu and Mn applied in this experiment does not substitute the fungicide in the control of the tropical rust.

Key words: *Zea mays* L., *Physopella zae*, manganese sulphate, manganese chelate, copper hydroxide, copper sulphate

As doenças foliares na cultura do milho são responsáveis por reduções de 40% na produtividade de grãos (Casa & Reis, 2003). Os estudos de doenças são importantes, devido à frequência que as mesmas ocorrem e aos danos que causam à germinação, à emergência e ao desenvolvimento da planta. A nutrição mineral equilibrada, principalmente com relação ao nitrogênio e aos micronutrientes cobre (Cu) e manganês (Mn), pode atenuar a severidade de doenças, por participarem esses nutrientes dos mecanismos de defesa dos vegetais.

Os nutrientes podem conferir diferentes níveis de resistência às plantas (Huber & Wilhelm, 1988), além da estratégia de escape à doença, devido à sua ação no padrão de crescimento, na morfologia e anatomia e, particularmente, na composição química da planta. A mudança na anatomia, como o espessamento de células da epiderme e um maior grau de lignificação, tornam o vegetal mais resistente. Por sua vez, as alterações nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, que resultam na produção de substâncias repelentes ou inibidoras, como as fitoalexinas, também conferem resistência às plantas (Marschner, 1995). Segundo o autor, são escassas as informações sobre o efeito da nutrição

mineral nos mecanismos de defesa contra bacterias e vírus. No entanto, existem muitas evidências da ação de nutrientes na supressão da severidade de doenças causadas por fungos.

O nitrogênio, quando em excesso, aumenta a severidade de determinadas doenças, enquanto o cobre e o manganês podem reduzi-las (Zambolim & Ventura, 1996). Para os autores, o efeito da nutrição é marcante em plantas que apresentam algum grau de tolerância ou resistência, enquanto as plantas altamente resistentes ou suscetíveis praticamente não são afetadas pelo estado nutricional. Os elementos minerais estão envolvidos em todos os mecanismos de defesa do vegetal, seja como componentes de estruturas ou como ativadores, inibidores ou reguladores do metabolismo secundário. Portanto, o conhecimento da fonte e da função dos elementos minerais nas plantas é necessário para a avaliação do seu papel na resistência aos patógenos (Zambolim & Ventura, 1996).

O nitrogênio 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. Esse nutriente participa da constituição de aminoácidos e proteínas, além da formação de

reguladores de crescimento, fitoalexinas e fenóis. As plantas adubadas com doses elevadas de N possuem maior quantidade de tecidos jovens, pouco lignificados, suscetíveis ao ataque de patógenos (Zambolim & Ventura, 1996).

O cobre influencia a atividade da peroxidase e da catalase, a qual é reduzida sob alto teor de cobre, fato que resulta no acúmulo de peróxidos, substância altamente bactericida, que se forma a partir do estímulo provocado pelo aumento da respiração de tecidos infectados (Zambolim & Ventura, 1996). O efeito desse micronutriente sobre o patógeno pode ser direto (Graham & Webb, 1991), haja vista que a quantidade de cobre requerida pelos microrganismos é inferior à da planta (10 a 20 mg kg⁻¹), além de serem pouco tolerantes ao excesso desse elemento. Um dos efeitos indiretos do cobre na resistência à infecção deve-se à sua participação na síntese de lignina, uma barreira parcial à sua penetração nos tecidos vegetais (Graham; Webb, 1991).

Para o manganês, existe uma relação entre a sua concentração no tecido vegetal e a severidade das infecções por doenças nas plantas hospedeiras. Há maiores quantidades desse elemento em tecidos saudáveis em relação à concentração inferior que ocorre em tecidos de plantas doentes ou suscetíveis (Huber & Wilhelm, 1988). De acordo com Zambolim & Ventura (1996), a aplicação de manganês via foliar, tratamento de sementes ou adição no solo, pode auxiliar na redução da severidade de doenças.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de doses de nitrogênio e fontes de cobre e manganês suplementar, aplicado via foliar, sobre a severidade da ferrugem tropical (*Physopella zaeae*) e dos atributos morfológicos, bem como a viabilidade desses micronutrientes na substituição de fungicida no controle dessa doença em milho.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em área do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, no município de Piracicaba, SP. O clima local, segundo Köppen, é do tipo CWA (mesotérmico tropical úmido), enquanto o solo é classificado como Nitossolo Vermelho eutroférico, textura muito argilosa, cujos atributos químicos estão apresentados na Tabela 1.

Foram utilizados nove tratamentos, com quatro repetições, instalados em blocos ao acaso, em que foram alocados dois fatoriais dentro de cada bloco. O primeiro fatorial (2 x 2) corresponde às doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹), com e sem aplicação de fungicida. O segundo fatorial (2 x 2 x 2) foi obtido pela combinação da aplicação de doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹), fontes de cobre (sulfato de cobre – 25 % Cu e hidróxido de cobre – 42,3 % de Cu) e fontes de manganês (sulfato de manganês – 31 % Mn e manganês quelatizado – 11 % Mn). Nas

TABELA 1. Resultados das análises químicas de solo para macronutrientes e micronutrientes

Prof. cm	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K mmolc dnl ⁻³	Ca	Mg	T %	V %	B	Cu mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³
0-20	5,1	21	15	5,4	40	13	89	65	0,60	0,5	3,6	2,1
20-40	5,2	23	19	4,1	36	11	82	62	0,21	0,6	3,6	2,3

aplicações foliares suplementares de cobre e manganês foram fornecidos 60 g ha⁻¹ de Cu e 300 g ha⁻¹ de Mn, haja vista que o solo contém teores médios (Raij *et al.*, 1997). As parcelas experimentais consistiram de quatro linhas de milho com 0,70 m de espaçamento entre linhas, com uma área de amostragem de 2,80 m².

O plantio foi feito com o híbrido P30F33, aplicando-se, no sulco de semeadura, 400 kg ha⁻¹ da fórmula 10:20:10, o que equivale ao fornecimento de 40 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, de acordo com Fancelli & Dou-rado-Neto (1996).

A adubação nitrogenada em cobertura foi feita com uréia (45 % N), no estágio de três folhas expandidas (estádio V3), cuja dose do fertilizante variou conforme a quantidade total de N relativa ao tratamento (100 e 200 kg ha⁻¹). Assim, as plantas dos tratamentos de 100 kg ha⁻¹ de N receberam uma complementação de 60 kg ha⁻¹ de N, enquanto, nas dos tratamentos de 200 kg ha⁻¹, a cobertura foi de 160 kg ha⁻¹, uma vez que, no plantio, foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N.

As aplicações foliares de micronutrientes e fungicida foram realizadas com um pulverizador de barra de 1,4 m de largura, acoplado a um cilindro de CO₂, usando um volume equivalente a 300 L ha⁻¹ de calda, quando as plantas apresentavam cinco folhas expandidas (estádio V5). Foi aplicada a dose de 0,75 L ha⁻¹ do produto comercial, que consiste de uma mistura de estrobilurina e triazol.

Os atributos morfológicos do milho foram avaliados por meio da altura de plantas (AP, cm), diâmetro de colmo (DC, cm), índice de área foliar (IAF, m² m⁻²), matéria seca total (MST, g), comprimento de espiga (CE, cm), número de fileiras de grãos (NF), grãos por fileira (GF), massa de 100 grãos (M100, g), rendimento de grãos

(RG, kg ha⁻¹) e severidade da ferrugem tropical (*Physopella zea*).

A altura de plantas, diâmetro de colmo e o índice de área foliar foram determinados 30 dias após a emissão do estilo-estigma, enquanto que matéria seca total, comprimento de espiga, número de fileiras de grãos, grãos por fileira, massa de 100 grãos e rendimento de grãos, determinados após a colheita do milho, feita 138 dias após a semeadura.

O índice de área foliar (m² m⁻²) foi calculado a partir das medidas de área foliar total (AFT) de duas plantas por parcela, conforme a expressão 1:

$$IAF = \frac{AFT}{e_1 \cdot e_2}$$

em que IAF corresponde ao índice de área foliar (m² m⁻²), e_1 e e_2 referem-se aos espaçamentos entre plantas na linha de plantio (m) e entre as linhas de semeadura (m) e AFT (m²) a área foliar total fotossinteticamente ativa. A determinação da área foliar foi realizada com um medidor digital marca LICOR modelo LI – 300.

A severidade da ferrugem tropical (SF) foi estimada por avaliação visual, em cinco plantas aleatoriamente, realizada 30 dias após o florescimento. Essa avaliação foi feita com base numa escala diagramática de notas, graduada de 1 (sem infecção) até 9 (100% da área foliar lesionada). Os resultados dessa avaliação foram obtidos pela média de três notas, emitidas por avaliadores independentes.

A análise estatística dos dados experimentais foi realizada utilizando o programa SOC desenvolvido pela Embrapa (1997), utilizando a técnica de contrastes ortogonais e teste F, cujos contrastes comparados estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Descrição dos contrastes comparados entre os tratamentos utilizados no experimento

Contrastes	Descrição dos contrastes
1	100 kg ha ⁻¹ x 200 kg ha ⁻¹
2	100 kg ha ⁻¹ , com fungicida x 100 kg ha ⁻¹ com Cu e Mn
3	100 kg ha ⁻¹ , sulfato Cu x 100 kg ha ⁻¹ e hidróxido Cu
4	100 kg ha ⁻¹ , sulfato Cu e sulfato Mn x 100 kg ha ⁻¹ sulfato Cu e Mn quelatizado
5	100 kg ha ⁻¹ , hidróxido Cu e sulfato Mn x 100 kg ha ⁻¹ hidróxido Cu e Mn quelatizado
6	200 kg ha ⁻¹ , com fungicida x 200 kg ha ⁻¹ com Cu e Mn
7	200 kg ha ⁻¹ , sulfato Cu x 200 kg ha ⁻¹ e hidróxido Cu
8	200 kg ha ⁻¹ , sulfato Cu e sulfato Mn x 200 kg ha ⁻¹ sulfato Cu e Mn quelatizado
9	200 kg ha ⁻¹ , hidróxido Cu e sulfato Mn x 200 kg ha ⁻¹ hidróxido Cu e Mn quelatizado

Resultados e Discussão

Pela análise do contraste 1 (100 kg ha⁻¹ N x 200 kg ha⁻¹ N), verifica-se que o fornecimento de 200 kg ha⁻¹ de N aumentou a severidade da ferrugem tropical (*Physopella zaeae*) e o índice de área foliar (IAF). Essa constatação corrobora os resultados obtidos por Durães *et al.* (2004), os quais verificaram que doses crescentes de nitrogênio favorecem a infecção do milho por *Phaeosphaeria maydis*.

Adubações nitrogenadas elevadas demandam uma 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 fúngicas (Marschner, 1995).

As médias obtidas no contraste 2 (100 kg ha⁻¹ N com fungicida x 100 kg ha⁻¹ N com Cu e Mn) indicam que as plantas pulverizadas com

micronutrientes apresentaram maior severidade por *Physopella zaeae* (SF = 2,88) do que aquelas tratadas com fungicida (SF = 1,85). Do exposto, a complementação exclusiva com esses nutrientes (Cu e Mn) não é suficiente para o controle da doença, a qual pode ser devido à pequena dose de cobre (60 g ha⁻¹) e manganês (300 g ha⁻¹) aplicada. Além do que, os teores desses micro-nutrientes no solo eram iguais a 0,5 mg dm⁻³ (Cu) e 3,6 mg dm⁻³ (Mn) inferiores, portanto, a concentração que não há resposta à sua aplicação (Cu: 0,8 mg dm⁻³ e Mn: 5,0 mg dm⁻³) (Raij *et al.*, 1996).

A produção de substâncias de defesa pela planta pela ação desses nutrientes deve ter sido equivalente, uma vez que não houve diferença no estado nutricional entre as plantas pulverizadas com Cu (11,3 mg kg⁻¹) e Mn (32,6 mg kg⁻¹) em relação àquelas que receberam somente a aplicação de fungicida foliar (Cu = 10,6 mg kg⁻¹ e Mn = 35,3 mg kg⁻¹) (Tabela 5, contraste 2).

De acordo com as médias do contraste 3 (100 kg ha⁻¹ N e sulfato de Cu x 100 kg ha⁻¹ N e hidróxido de Cu), verifica-se que a aplicação de sulfato foi mais eficiente na supressão da infecção (SF = 2,68) do que o hidróxido de cobre (SF = 3,09). Esse fato pode ser explicado pela presença de maior quantidade de cobre solúvel (sulfato > hidróxido) na cutícula foliar, com ação direta do cobre sobre o patógeno, uma vez que as quantidades requeridas pelos microrganismos são muito inferiores às plantas (Graham & Webb, 1991), cujo teor foliar é da ordem de 10 mg kg⁻¹ a 15 mg kg⁻¹. Esta afirmação pode ser corroborada por Chamel & Gambonnet (1982), os quais verificaram que, em folhas lavadas com água destilada, para fins de análise foliar, a presença de 60 % do cobre que fora aplicado permanece retido na cutícula, enquanto 100 % do Mn tinha sido eliminados, com esse procedimento.

As médias do contraste 7 (200 kg ha⁻¹ N sulfato Cu x 200 kg ha⁻¹ N hidróxido Cu) confirmam a eficiência do sulfato de cobre, cuja severidade de infecção da ferrugem tropical foi inferior (SF = 3,04) às das plantas pulverizadas com hidróxido de cobre (SF = 3,51), em razão da solubilidade do sulfato na inibição da severidade do fungo. O acúmulo diferencial de cobre fornecido pelo sulfato, na cutícula foliar, em relação ao hidróxido, atuaria como barreira física e, por hipótese, com ação direta sobre o fungo, como explicado anteriormente.

O resultado do contraste 8 (200 kg ha⁻¹ N, sulfato Cu, sulfato Mn x 200 kg ha⁻¹ N, sulfato Cu e Mn quelatizado) não confirmou a observação feita com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N (contraste 5, Tabela 3). O fornecimento de 200 kg ha⁻¹ de N, combinado à aplicação de cobre e manganês, na forma de sulfato, foi mais eficiente na supressão da severidade da infecção por *Physopella zae* (SF = 2,88), comparativamente

ao uso de sulfato de cobre com manganês quelatizado (SF = 3,20). A ação desses nutrientes (Cu e Mn) deve-se, possivelmente, à presença de Cu na cutícula foliar, haja vista que não houve variação no teor foliar (Tabela 5).

Em pós-colheita, verificou-se, pelo contraste 1 (100 kg ha⁻¹ N x 200 kg ha⁻¹ N), que o fornecimento de 200 kg ha⁻¹ N aumentou a quantidade de grãos por fileira (GF: 35,7), o comprimento de espigas (CE: 35,20) e, conseqüentemente, o rendimento de grãos (RG: 8.686 kg ha⁻¹) (Tabela 4). O número de grãos por planta é variável com o comprimento e o número de grãos por fileira, sendo esse componente (número de grãos) o que apresenta maior relação com a produtividade de milho (Below, 1995).

No contraste 2 (100 kg ha⁻¹ N com fungicida x 100 kg ha⁻¹ N com micronutrientes Cu e Mn), constata-se que o fornecimento suplementar de Cu e Mn pela via foliar aumentou a massa de 100 grãos (34,48 g) e do rendimento de grãos (RG: 7.922 kg ha⁻¹) (Tabela 4). Não há, aparentemente, uma explicação para esse comportamento, uma vez que a aplicação de Cu e Mn não reduziu a severidade da ferrugem tropical (Tabela 3, contraste 2, SF: 2,88) e, tampouco, influenciou o estado nutricional da planta (Tabela 5, contraste 2).

O aumento do rendimento de grãos verificado no contraste 3 (100 kg ha⁻¹ N sulfato Cu x 100 kg ha⁻¹ N hidróxido Cu), devido à aplicação de hidróxido de cobre (8.289 kg ha⁻¹), não se justifica, diante dos dados apresentados nesta pesquisa. Esta afirmação fundamenta-se na eficiência superior do sulfato de cobre na redução da severidade da ferrugem (*Physopella zae*) e, também, porque não houve diferença no estado nutricional nas plantas desse contraste (Tabela 5).

No contraste 6 (200 kg ha⁻¹ N com fungicida x 200 kg ha⁻¹ N com fungicida e Cu +

TABELA 3. Médias dos contrastes para a altura de plantas (AP, m), o diâmetro de colmo (DC, cm), a severidade da ferrugem (SF), o índice de área foliar (IAF) e a matéria seca (MST, g)

	Contrastes	AP	DC	SF	IAF	MST
1	100 kg ha ⁻¹ N	2,60 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,72*	4,68*	82,00 ^{ns}
	200 kg ha ⁻¹ N	2,60	2,29	3,05	5,03	78,83
	CV	2,45	4,84	18,39	9,13	13,35
2	N-100, com fungicida	2,59 ^{ns}	2,23 ^{ns}	1,85*	4,63 ^{ns}	79,10 ^{ns}
	N-100, com micr. Cu+Mn	2,59	2,25	2,88	4,68	80,88
	CV (%)	2,54	4,85	10,25	9,11	13,62
3	N-100, sulfato Cu	2,58 ^{ns}	2,21 ^{ns}	2,68*	4,75 ^{ns}	78,16 ^{ns}
	N-100, hidróxido Cu	2,60	2,28	3,09	4,62	83,59
	CV (%)	2,81	4,72	7,56	8,73	10,34
4	N-100, sulf. Cu e sulf. Mn	2,58 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,70 ^{ns}	4,82 ^{ns}	83,40 ^{ns}
	N-100, sulf. Cu e quelato Mn	2,58	2,18	2,65	4,68	72,93
	CV	2,61	5,29	8,5	8,43	8,88
5	N-100, hidrox. Cu e sulfato Mn	2,63 ^{ns}	2,28 ^{ns}	3,20 ^{ns}	4,69 ^{ns}	81,12 ^{ns}
	N-100, hidrox. Cu e quelato Mn	2,58	2,28	2,98	4,55	86,07
	CV (%)	3,23	4,66	6,58	9,36	11,70
6	N-200, com fungicida	2,59 ^{ns}	2,29 ^{ns}	3,01 ^{ns}	5,00 ^{ns}	78,03 ^{ns}
	N-200, com micron. Cu e Mn	2,64	2,32	3,28	5,19	82,86
	CV (%)	2,49	5,09	19,4	8,83	13,78
7	N-200, sulfato Cu	2,57 ^{ns}	2,25 ^{ns}	3,04*	4,89 ^{ns}	78,01 ^{ns}
	N-200, hidróxido Cu	2,59	2,28	3,51	5,05	78,83
	CV (%)	2,81	4,74	6,26	9,07	14,27
8	N-200, sulf. Cu e sulf. Mn	2,55 ^{ns}	2,24 ^{ns}	2,88*	4,80 ^{ns}	74,88 ^{ns}
	N-200, sulf. Cu e quel. Mn	2,59	2,27	3,20	4,98	81,14
	CV	3,51	5,31	3,98	10,50	15,89
9	N-200, hidrox. Cu e sulf. Mn	2,59 ^{ns}	2,32 ^{ns}	3,43 ^{ns}	5,24 ^{ns}	79,00 ^{ns}
	N-200, hidrox. Cu e quel. Mn	2,59	2,23	3,60	4,86	78,66
	CV (%)	2,31	4,33	5,54	6,91	13,44

* e ^{ns} significativo e não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro

Mn), detectou-se diferença para a massa de 100 grãos (35,86 g), sem qualquer influência no rendimento de grãos (Tabela 4). Nesse caso, não houve diferença na supressão da ferrugem, cuja severidade foi, em média, igual a 3,15. Além do

que, os teores foliares de Cu e Mn foram semelhantes com e sem a aplicação dos mesmos (Tabela 5). Não há, aparentemente, uma explicação para esse resultado, com base nas considerações feitas anteriormente.

TABELA 4. Médias dos contrastes para o número de fileira (NF), grãos por fileira (GF), massa de 100 grãos (M100, g), comprimento de espiga (CE, cm) e o rendimento de milho (RG, kg ha⁻¹)

	Contrastes	NF	GF	M100	CE	RG
1	100 kg ha ⁻¹ N	14,9 ^{ns}	34,0*	34,19 ^{ns}	14,9*	7.575*
	200 kg ha ⁻¹ N	15,1	35,7	35,20	15,6	8.686
	CV (%)	7,7	8,3	2,62	3,5	7,7
2	N-100, com fungicida	14,9 ^{ns}	33,6 ^{ns}	33,56*	15,0 ^{ns}	7.160*
	N-100, com micronutrientes Cu+Mn	14,9	34,1	34,48	14,9	7.922
	CV (%)	8,0	8,7	2,33	4,4	5,6
3	N-100, sulfato Cu	14,8 ^{ns}	34,7 ^{ns}	34,60 ^{ns}	1,5 ^{ns}	7.555*
	N-100, hidróxido Cu	15,1	33,6	34,36	1,6	8.289
	CV (%)	7,7	8,6	2,48	4,4	3,6
4	N-100, sulfato Cu e Mn	15,0 ^{ns}	34,7 ^{ns}	34,55 ^{ns}	15,1 ^{ns}	7.554 ^{ns}
	N-100, sulfato Cu e quelato Mn	14,6	34,7	34,65	14,8	7.557
	CV (%)	7,3	7,5	2,82	4,0	4,6
5	N-100, hidrox. Cu e sulfato Mn	15,2 ^{ns}	34,3 ^{ns}	33,84 ^{ns}	15,3 ^{ns}	8.258 ^{ns}
	N-100, hidrox. Cu e quelato Mn	14,9	32,9	34,89	14,4	8.320
	CV (%)	8,0	9,6	1,44	5,0	3,1
6	N-200, com fungicida	15,0 ^{ns}	35,9 ^{ns}	35,07*	15,7 ^{ns}	8.636 ^{ns}
	N-200, com micronutr. Cu+Mn	15,4	34,7	35,86	15,4	8.932
	CV (%)	7,6	7,8	2,61	2,7	6,8
7	N-200, sulfato Cu	15,0 ^{ns}	35,9 ^{ns}	34,71 ^{ns}	15,7 ^{ns}	8.368 ^{ns}
	N-200, hidróxido Cu	15,1	35,5	35,07	15,6	8.514
	CV (%)	7,7	7,2	2,04	3,0	6,5
8	N-200, sulfato Cu e sulfato Mn	14,7 ^{ns}	36,2 ^{ns}	34,52 ^{ns}	15,8 ^{ns}	8.016 ^{ns}
	N-200, sulfato Cu e quelato Mn	15,2	35,7	34,91	15,5	8.719
	CV (%)	6,6	8,2	1,73	3,1	5,3
9	N-200, hidrox. Cu e sulfato Mn	14,8 ^{ns}	35,5 ^{ns}	35,16 ^{ns}	15,9 ^{ns}	8.443 ^{ns}
	N-200, hidrox. Cu e quelato Mn	15,3	35,4	34,98	15,3	8.585
	CV (%)	8,5	6,3	2,25	2,4	6,7

* e ^{ns} significativo e não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro

TABELA 5. Médias dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, g kg⁻¹) e de micronutrientes (B, Cu, Mn e Zn, mg kg⁻¹)

Contrastes	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
1 100 kg ha ⁻¹	30,7b	3,3b	27,1	5,7	0,9	1,6b	8,1	11,3b	33,6b	37,9
200 kg ha ⁻¹	35,9a	3,6a	26,8	5,6	1,0	1,8a	7,1	13,2a	41,4a	36,9
CV (%)	8,6	7,5	5,2	9,6	12,8	13,3	40,8	9,4	14,4	24,6
2 100 kg ha ⁻¹ , c/fung.	30,8	3,6	28,1	6,0	1,0	1,6	9,5	10,6	35,3	35,0
100 kg ha ⁻¹ , c/Cu+Mn	30,2	3,3	26,9	5,6	0,9	1,6	8,4	11,3	32,6	39,2
CV (%)	9,7	10,0	4,9	11,0	16,0	14,5	38,2	11,7	15,6	36,8
3 100 kg ha ⁻¹ , sulf.Cu	29,4	3,3	26,8	5,7	0,9	1,6	6,8	11,2	34,5	33,9
100 kg ha ⁻¹ , hidr.Cu	31,1	3,3	26,9	5,6	1,0	1,6	10,0	11,2	30,8	44,6
CV (%)	10,5	11,1	5,3	10,9	17,4	15,7	39,2	12,5	15,9	38,0
4 100 kg ha ⁻¹ , sulf.Cu+Mn	26,6b	3,1	26,7	5,6	0,9	1,5	7,3	10,4	34,3	34,1
100 kg ha ⁻¹ , sulf.Cu+quel.Mn	32,1a	3,4	26,9	5,7	1,0	1,7	6,3	12,0	34,7	33,8
CV (%)	7,7	9,4	4,5	9,6	21,2	13,7	61,5	10,9	12,4	11,6
5 100 kg ha ⁻¹ , hidr.Cu+sulf.Mn	31,4	3,4	26,3	5,5	1,0	1,6	10,1	11,8	30,7	38,9
100 kg ha ⁻¹ , hidr.Cu+quel.Mn	30,8	3,2	27,5	5,6	0,9	1,6	9,9	11,3	30,9	50,2
CV (%)	9,1	13,0	6,3	13,6	14,9	19,1	27,2	13,1	21,7	48,1
6 200 kg ha ⁻¹ , c/fung.	36,1	3,7	26,8	5,6	1,0	1,8	6,8	13,2	41,0	37,1
200 kg ha ⁻¹ , c/Cu+Mn	34,7	3,5	26,6	5,3	1,0	1,7	7,7	13,1	43,2	35,9
CV (%)	7,6	5,3	5,5	8,8	11,3	12,6	30,2	7,6	14,5	7,5
7 200 kg ha ⁻¹ , sulf.Cu	36,5	3,6	26,5	5,5	1,0	1,8	7,3	13,0	39,7	37,1
200 kg ha ⁻¹ , hidr.Cu	35,6	3,6	27,2	5,7	0,9	1,8	6,6	12,9	43,3	36,5
CV (%)	7,8	5,2	6,4	10,1	11,7	12,4	25,9	8,0	15,7	7,9
8 200 kg ha ⁻¹ , sulf.Cu+Mn	35,8	3,7	26,0	5,7	1,0	1,7	7,0	12,6	38,4	37,3
200 kg ha ⁻¹ , sulf.Cu+quel.Mn	37,1	3,6	26,9	5,4	1,0	1,9	7,6	13,5	41,0	37,0
CV (%)	10,4	6,1	2,9	4,4	11,8	12,4	28,7	4,9	14,3	8,3
9 200 kg ha ⁻¹ , hidr.Cu+sulf.Mn	35,1	3,5	26,2	5,8	0,9	1,8	5,9	13,2	43,6	35,6
200 kg ha ⁻¹ , hidr.Cu+quel.Mn	36,0	3,7	28,2	5,7	0,9	1,7	7,4	12,6	43,0	37,5
CV (%)	5,1	4,6	8,0	14,1	13,2	13,5	23,1	10,1	18,6	8,2

Conclusões

O fornecimento de 200 kg ha⁻¹ de N aumentou o rendimento de milho e a severidade da ferrugem tropical (*Physopella zaeae*), independentemente das fontes de cobre e manganês usadas nas aplicações foliares.

O sulfato de cobre foi mais eficiente na supressão da ferrugem tropical (*P. zaeae*) do que o hidróxido de cobre.

A suplementação foliar de cobre e manganês, na dose usada neste experimento, não substitui o uso de fungicida no controle da ferrugem tropical (*P. zaeae*).

Literatura Citada

- BELOW, F. E. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: PRESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 275–301.
- CASA, R. T.; REIS, E. M. Doenças na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: estratégia de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 1 – 18.
- CHAMEL, A.; GAMBONNET, B. Study with isolated cuticles of the behaviour of zinc applied to leaves. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 5, n. 3, p. 153–171, 1982.
- DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; MARRIEL, I. E.; GAMA, E. G.; CASELA, C. R.; OLIVEIRA, A. C.; CANTÃO, F. R. O. **Caracterização de genótipos para uso e eficiência de nitrogênio em milho e influência da adubação nitrogenada sobre a incidência e severidade da mancha foliar de *Phaenocarpa maydis***. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 53).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura. **Ambiente de software NTIA: manual do usuário – ferramental estatístico**. Campinas: CNPTIA, 1997. 258 p.
- GRAHAM, R. D.; WEBB, M.J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison : Soil Science Society of America 1991. p. 329–370 (Soil Science Society of America. Book Series, 4).
- HUBER, D. M.; WILHELM, N. S. The role of manganese in resistance to plant disease. In: GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J.; UREN, N.C. (Eds.) **Manganese in soils and plants**. Dordrecht; Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 155-173. (Developments in Plant and Soil Sciences, 33) Proceedings of the International Symposium on Manganese in Soils and Plants, held at the Waithe Agricultural Research Institute, The University of Adelaide, Australia, August 22-26, 1988.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p.
- ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 75, p. 1–16, 1996.