

CORRELAÇÕES ENTRE OS TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DO ARROZ E RENDIMENTO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO¹

ADY RAUL DA SILVA² e JOSÉ MARIA VILELA DE ANDRADE³

RESUMO - Estudou-se, por dois anos, o efeito residual de adubação com micronutrientes na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) em um Latossolo Vermelho-Amarelo virgem. O Zn aumentou a produção acima de 800 kg/ha, anualmente, mesmo na menor dose, de 2,8 kg/ha, que foi suficiente para alcançar produções próximas ao máximo. O nível crítico de Zn nas folhas foi de 10,6 ppm, e no solo, de 3,1 ppm. Houve correlações positivas entre rendimento e teores nas folhas de Zn e K, e negativas com N, P, Mg e Cu. O coeficiente de correlação entre o teor de zinco no solo e nas folhas foi de 0,877, e a regressão foi linear. O zinco lixiviou-se atingindo a camada de 20 cm a 40 cm de profundidade.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, micronutrientes, zinco, potássio.

YIELD CORRELATIONS WITH NUTRIENTS IN LEAVES OF RICE CULTIVATED IN A RED-YELLOW LATOSOL

ABSTRACT - Residual influence of micronutrient fertilization in rice (*Oryza sativa* L.) crop in a virgin Red-Yellow Latosol was studied during two years. Increases in rice yield above 800 kg/ha/year were due to Zn even in the smallest doses of 2.8 kg/ha, which were sufficient to get almost optimum yield. The critical level of Zn in the leaves and in the soil was 10.6 ppm and 3.1 ppm, respectively. There were positive correlations between yield and the Zn and K content in the leaves, and negative correlations with N, P, Mg and Cu. The correlations coefficient between Zn in the soil and in the leaves was 0.877, and the regression was liner. Zn lixiviate in the soil up to 20 cm and 40 cm of depth.

Index terms: *Oryza sativa*, micronutrients, Zn, K.

INTRODUÇÃO

Os solos dos cerrados nos altiplanos do Brasil são muito pobres em nutrientes, inclusive em micronutrientes.

O fornecimento de nutrientes, tanto macro como micro, é essencial à obtenção de rendimentos satisfatórios das plantas cultivadas.

Há necessidade, por isso, de informações, as mais completas possíveis, do teor adequado de nutrientes nas plantas sem haver excesso ou deficiência, para o maior retorno econômico.

Há conveniência, ao ser estudada a melhor tecnologia para uma cultura, de se verificar o efeito sobre as outras espécies cultivadas nas mesmas áreas, principalmente o efeito residual de fertilizantes e a correção da acidez do solo, itens de elevado custo.

É dentro desse conceito que o presente trabalho que foi iniciado para o estudo do controle da esterilidade masculina (chochamento) do trigo pela aplicação de micronutrientes, teve prosseguimento, estudando-se o efeito residual sobre o arroz, a soja e o próprio trigo, simultaneamente, em dois anos, nas mesmas parcelas experimentais.

O efeito residual da adubação com macro e micronutrientes, sobre o seu teor nas folhas e no rendimento com a cultura da soja, já foi apresentado pelos autores (Silva et al. 1986) e no presente trabalho são apresentados os resultados de estudo semelhante em relação ao arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado num Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), textura argilosa, fase cerrado (Brasil. Ministério da Agricultura 1966), do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), da EMBRAPA.

O solo utilizado não tinha sido cultivado antes de ser instalado o experimento para o trigo.

As suas análises físicas e químicas encontram-se na Tabela 1, antes de ser instalado o experimento e após o primeiro, o segundo e o terceiro cultivos.

¹ Aceito para publicação em 10 de junho de 1986.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA, à disposição do PROVÁRZEAS NACIONAL, Ministério da Agricultura, Anexo B, sala 227, 70000 Brasília, DF.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), CEP 73300 Planaltina, DF.

Houve uma correção do solo aplicando-se, em todo o experimento, 4 t de calcário dolomítico por hectare, com 62% de PRNT.

A adubação inicial foi de 40 kg por hectare de nitrogênio, sob a forma de sulfato de amônio, 36,4 kg por hectare de P_2O_5 sob a forma de superfosfato triplo, e 58 kg por hectare de cloreto de potássio.

Nos anos seguintes, a adubação foi de 60 kg por hectare de P_2O_5 e 40 kg por hectare de K_2O , sob a forma de cloreto de potássio.

A adubação foi sempre feita nos sulcos de plantio, incorporando-se o adubo com um sacho, antes da semeadura.

O preparo do solo, que inicialmente foi realizado com lavra e gradagem, nos anos seguintes foi feito com enxada rotativa, assegurando uma distribuição uniforme dos nutrientes residuais.

As parcelas utilizadas foram de 5 m x 5 m, com intervalo entre si de 2 m, no meio dos quais foram feitas valetas para evitar que a água da chuva transportasse solo de uma parcela para outra.

TABELA 1. Análise do solo do experimento de micronutrientes, em Planaltina, DF.

Composição física em percentagem, solo virgem.

Profundidade (cm)	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa
0 - 20	44	9	42	5
20 - 40	47	9	39	5
40 - 60	54	6	36	4

Composição química

Solo virgem					
Profundidade (cm)	pH (1:1)	Al ⁺⁺⁺ meq	Ca + Mg meq	P ppm	K ppm
0 - 20	4,7	0,04	0,1	Traços	16
20 - 40	4,6	0,34	0,1	Traços	31
40 - 60	5,1	0,0	0,1	Traços	9
Após primeiro cultivo - setembro/1980					
0 - 20	5,2	0,0	1,97	7,4	40
20 - 40	5,6	0,0	0,39	0,7	14
40 - 60	5,4	0,0	0,51	0,7	8
Após segundo cultivo - outubro/1981					
0 - 20	5,2	0,1	1,73	5,0	46
20 - 40	4,9	0,0	0,30	0,6	28
40 - 60	4,9	0,0	0,24	0,4	26
Após o terceiro cultivo					
0 - 20	5,4	0,04	1,81	2,9	22
20 - 40	5,3	0,05	0,98	0,9	22

As parcelas de arroz constituíam um terço da área, sendo os outros dois terços ocupados com trigo e soja, para também ser estudado o efeito residual da adubação com micronutrientes nessas culturas.

Para evitar o efeito de bordo e influência de uma cultura sobre a outra, para medir a produção, foi utilizada apenas a fileira central do arroz e eliminados um metro em cada cabeceira.

O esquema experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições.

Os tratamentos são:

- 1 - Testemunha, (sem micronutrientes);
- 2 - FTE BR 12, na dose de 60 kg/ha (Cu 0,51, Fe 2,27, Mn 2,09, Mo 0,08, Zn 5,52, B 1,3, kg/ha);
- 3 - completo de sais: sulfato de cobre 2 kg/ha (Cu 0,51 kg/ha); sulfato de ferro 11,3 kg/ha (Fe 2,27 kg/ha); sulfato de manganês 8,5 kg/ha (Mn 2,09 kg/ha); molibdato de sódio 0,2 kg/ha (Mo 0,08 kg/ha); sulfato de zinco (igual ao da dose 2) 24,3 kg/ha (Zn 5,52 kg/ha) e borax (igual ao da dose 2) com 11,5 kg/ha (B 1,3 kg/ha);
- 4 - sulfato de cobre, 2 kg/ha (Cu 0,51 kg/ha);
- 5 - sulfato de ferro, 11,3 kg/ha (Fe 2,27 kg/ha);
- 6 - sulfato de manganês, 8,5 kg/ha (Mn 2,09 kg/ha);
- 7 - molibdato de sódio, 0,2 kg/ha (Mo 0,08 kg/ha);
- 8 - sulfato de zinco, 12,15 kg/ha (dose 1) (Zn 2,76 kg/ha);
- 9 - sulfato de zinco, 24,3 kg/ha (dose 2) (Zn 5,52 kg/ha);
- 10 - sulfato de zinco, 97,2 kg/ha (dose 3) (Zn 22,08 kg/ha);
- 11 - bórax, 5,75 kg/ha (dose 1) (B 0,65 kg/ha);
- 12 - bórax, 11,5 kg/ha (dose 2) (B 1,3 kg/ha);
- 13 - bórax, 46,0 kg/ha (dose 3) (B 5,2 kg/ha).

A dose de cada micronutriente foi idêntica ao seu teor no FTE BR 12 na dose de 60 kg/ha, porque em prévios experimentos sabia-se que esta dose era efetiva no controle do chochamento do trigo e este era o objetivo principal do experimento.

Conhecendo-se a influência do boro e do zinco em outras culturas, em solos de cerrado, decidiu-se aplicar três doses, sendo a dose 2 igual ao boro e zinco contido no FTE BR 12, a dose 1 a metade e a dose 3, quatro vezes maior.

Foi utilizada a dose fraca para ver se era possível diminuir a necessidade de boro e zinco e também, verificar se a dose média utilizada não tinha efeito tóxico. A dose 3, quatro vezes superior à dose 2, considerada normal, destinava-se a medir o possível efeito tóxico do excesso, principalmente do boro. Julgou-se conveniente utilizar dose elevada também para observar se a ausência do efeito, notada em experimentos anteriores, não poderia ser devida à fixação pelo solo, ou à lixiviação e lavagem provocada pelas fortes chuvas que ocorrem na estação das águas.

Os micronutrientes foram aplicados uma única vez em 1980.

Utilizou-se a cultivar IAC 25 plantada a 17 de novembro de 1980 e a 20 de novembro em 1981.

Nos dois anos de experimentação não foram utilizados defensivos e herbicidas, por não haver necessidade dos primeiros e ter sido feita capina manual quando houve necessidade, embora a ocorrência de invasoras tenha sido diminuta.

Amostras de folhas de arroz foram colhidas por ocasião da floração. Secas em estufa a 65°C, no mínimo por 72 horas, até a obtenção de peso constante, foram analisadas em 1980/81 para cobre, ferro, manganês, zinco e, em 1981/82, para cobre, ferro, manganês, zinco, cálcio, magnésio, potássio e fósforo.

Na análise do tecido, o processo de digestão das amostras foi por via úmida com ácido sulfúrico e água oxigenada. A determinação de Cu, Fe, Zn, Mn, Ca e Mg foi feita por espectrofotometria de absorção atômica, e de P, pelo método de Murphy & Riley (1962) e a de K por fotometria de chama.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito de micronutrientes nos rendimentos de grãos

Entre os micronutrientes, apenas o zinco tem-se mostrado deficiente para a cultura do arroz, em grandes regiões do país.

A influência do zinco no rendimento e desenvolvimento da cultura do arroz na região dos cerrados, foi apresentada em uma série de trabalhos de pesquisa, tais como: Pereira & Vieira 1969, Galvão et al. (1978), Barbosa Filho & Fageria (1980), Galvão & Mesquita Filho (1981), Silva & Andrade (1983), Fageria (1984).

Ela é do conhecimento dos produtores que utilizam com frequência fórmulas de adubação contendo zinco, para as suas plantações.

Justifica-se a publicação dos resultados do presente trabalho porque além da influência do zinco no rendimento são apresentados dados importantes que permitirão a técnicos e produtores uma decisão mais precisa sobre a necessidade e conveniência da adubação com zinco e conhecer a sua interação com outros nutrientes, permitindo melhor interpretação dos resultados da análise de solos e de plantas.

O zinco foi o micronutriente que influenciou fortemente o rendimento do arroz, nos dois anos do experimento. No ano agrícola 1980/81, a média nos tratamentos com zinco foi de 2.301 kg/ha, enquanto nos sem zinco foi de 1.034 kg/ha. Em

1981/82, a média dos com zinco foi de 2.544 kg/ha, enquanto as sem zinco foi de 1.625 kg/ha. (Tabela 2).

Não houve efeito significativo no rendimento provocado pelas doses, que variaram de 2,76 a 22,08 kg/ha de zinco.

A menor dose de zinco (2,76 kg/ha), nesse experimento, foi suficiente para se obter rendimento próximo ao máximo, uma vez que não houve diferenças com as outras doses tanto no primeiro ano, como no segundo, de efeito residual.

Essa dose é inferior à recomendação geral, que é de 5 kg/ha de zinco.

No experimento em 1981/82 ficou evidenciado o nível crítico de 3,1 ppm de zinco no solo, estabelecido segundo o método de Cate & Nelson (1965) e que pode ser utilizado para estabelecer uma faixa crítica de 2,5 ppm a 3,5 ppm no solo. Esse valor é muito superior ao indicado por Lopes (1975), que foi de 1 ppm.

Na análise de folhas de arroz colhidas antes da floração, o nível crítico situou-se em 10,5 ppm de zinco, o que concorda com dados encontrados em outras partes do mundo, que são citados por Fageria (1984).

A aplicação de boro na dose de 5,2 kg/ha, prejudicou sensivelmente o rendimento do arroz, em 1981/82, o que foi devido à redução do número de plantas que emergiram nas parcelas deste tratamento. As que sobreviveram desenvolveram-se normalmente. O boro ficou muito concentrado com a aplicação no sulco, e a dose foi 4 vezes maior do que a considerada normal.

Nas outras duas doses de boro não houve diferença de rendimento em comparação com a testemunha, não sendo observada influência no número de plantas por parcela.

O único tratamento com efeito residual de boro é o FTE BR 12, que continha boro na mesma quantidade que a dose média de boro e zinco. Tanto em 1980/81 como em 1981/82 não houve diferença no rendimento desse tratamento em comparação com a dose média de zinco, constatando que o boro não diminuiu o rendimento.

Teores de macro e micronutrientes nas folhas

Os teores de nutrientes encontrados nas folhas, na média de todas as parcelas do experimento,

foram: nitrogênio 3,15%, fósforo 0,14%, potássio 1,65%, cálcio 0,71%, magnésio 0,38%, cobre 3,35 ppm, ferro 115,69 ppm, manganês 205 ppm e zinco 11,54 ppm. (Tabela 3).

acima do mínimo, o potássio e o cobre abaixo do mínimo, especialmente este último. O zinco alcançou o nível mínimo apenas com a dose alta.

TABELA 2. Efeito residual de micronutrientes aplicados em março de 1980, em experimento de trigo, sobre a cultura do arroz (IAC 25) nos anos agrícolas de 1980/81 e 1981/82*.

Tratamentos	1980/81		1981/82	
	kg/ha	Significação	kg/ha	Significação
Testemunha	1.093	b	1.701	b
FTE BR 12 60 kg/ha, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	2.247	a	2.486	a
Completo: Cu, Fe, Mn, Mo, Zn (em 81/82)	2.407	a	2.446	a
Sulfato de cobre	1.093	b	1.847	b
Sulfato de ferro	1.242	b	1.710	b
Sulfato de manganês	1.188	b	1.673	b
Molibdato de sódio	1.018	b	1.718	b
Sulfato de zinco 12,2 kg/ha	2.182	a	2.562	a
Sulfato de zinco 24,4 kg/ha	2.250	a	2.750	a
Sulfato de zinco 97,2 kg/ha	2.420	a	2.474	a
Bórax 5,75 kg/ha			1.678	b
Bórax 11,50 kg/ha			1.672	b
Bórax 46,00 kg/ha			1.000	c

* Silva et al. 1986.

As médias com as mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

TABELA 3. Teores de micronutrientes e de Ca, Mg, P e K em folhas de arroz colhidas em 1982.

	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Cálcio	Magnésio	Fósforo	Potássio	Nitrogênio
	ppm				%				
Testemunha	2,750 bc	108,9 b	192,9 ab	9,50 c	0,662 ab	0,397 ab	0,150 bcd	1,552 bcd	3,087 bcd
FTE BR 12 60 kg/ha	3,125 abc	94,9 b	193,2 ab	13,75 b	0,642 b	0,345 cd	0,130 de	1,680 abcd	3,047 cd
Completo (saís)	3,750 abc	113,0 b	211,2 ab	14,87 b	0,692 ab	0,347 cd	0,132 cde	1,945 a	2,905 d
Sulfato de cobre	4,500 a	109,2 b	219,9 ab	8,62 c	0,737 ab	0,420 a	0,152 bc	1,442 d	3,257 abc
Sulfato de ferro	3,750 abc	108,9 b	196,1 ab	8,75 c	0,775 a	0,410 a	0,150 bcd	1,462 cd	3,167 abcd
Sulfato de manganês	3,250 abc	138,6 ab	265,5 a	8,12 c	0,787 a	0,412 a	0,155 b	1,460 cd	3,275 abc
Molibdato de sódio	3,125 abc	111,6 b	181,2 ab	7,87 c	0,662 ab	0,382 abc	0,150 bcd	1,567 bcd	3,155 abcd
Sulfato de zinco 12,2	2,500 bc	102,9 b	223,4 ab	12,12 b	0,657 ab	0,382 abc	0,132 cde	1,677 abcd	2,977 cd
Sulfato de zinco 24,4	2,250 c	99,1 b	174,6 b	13,25 b	0,757 ab	0,327 d	0,125 e	1,927 a	2,910 d
Sulfato de zinco 97,2	2,750 bc	104,7 b	195,0 ab	27,25 a	0,710 ab	0,322 d	0,135 bode	1,805 ab	3,130 abcd
Bórax 5,75 kg/ha	3,125 abc	111,2 b	215,6 ab	8,62 c	0,690 ab	0,397 ab	0,147 bcd	1,627 bcd	3,215 abcd
Bórax 11,50 kg/ha	3,500 abc	132,0 ab	194,7 ab	8,25 c	0,770 ab	0,407 a	0,147 bcd	1,507 bcd	3,385 ab
Bórax 45,0 kg/ha	4,000 ab	168,8 a	201,3 ab	9,00 c	0,660 ab	0,372 bcd	0,175 a	1,750 abc	3,452 a

As médias com as mesmas letras não diferem significativamente, pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Os teores de nitrogênio, potássio, ferro e manganês estão no nível adequado, segundo Fageria (1984). O fósforo e o cobre estão deficientes, e cálcio e magnésio, em excesso. O zinco variou de deficiente, onde não foi aplicado, na faixa crítica na menor dose, a adequado, nas doses média e alta.

Segundo Trani et al. (1983) os níveis de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio estão pouco

Os macronutrientes, embora não fossem fatores no experimento, foram analisados não só para se verificar em que condições nutricionais estavam as plantas, mas também para constatar a sua possível associação com o efeito de micronutrientes.

Houve diferenças significativas provocadas pelos tratamentos nos teores de nitrogênio, de fósforo, de potássio e magnésio. Entre os micronutrientes

houve efeito positivo apenas no teor do zinco nas folhas, com nítida influência das doses aplicadas.

Nos tratamentos com zinco os teores de nitrogênio, fósforo e magnésio foram menores, e o de potássio foi maior. Nos com zinco, a média de nitrogênio foi de 2,99%, enquanto nos sem zinco, foi de 3,23%. Queda semelhante ocorreu com o fósforo e magnésio. Os tratamentos com zinco tiveram em média 0,13% de fósforo, enquanto os sem zinco 0,15%. Foi de 0,34% o teor de magnésio nos tratamentos com zinco e de 0,4% nos sem zinco. Com o potássio ocorreu o inverso. Os tratamentos com zinco tiveram 1,81% de potássio e os sem zinco 1,55%.

A dose alta de zinco, provocou um teor de 27,25 ppm nas folhas. A dose média de 5,52 kg/ha determinou um teor médio de 13,5 e a dose baixa de 2,76 kg/ha, um teor médio de 12,1 ppm. Os tratamentos sem zinco tiveram em média 8,59 ppm.

Teores de macro e micronutrientes no solo

Foram analisados os teores de fósforo, cálcio mais magnésio, manganês e zinco, nas camadas de 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm.

Na Tabela 4 pode-se ver os teores dos nutrientes e que apenas o zinco variou significativamente em relação aos tratamentos. Os teores de fósforo, cálcio mais magnésio, e manganês tiveram valores mais elevados na camada de 0 cm a 20 cm, enquanto potássio e zinco tiveram valores semelhantes nas duas camadas de solo.

A dose 3 de zinco elevou o teor no solo, na camada de 0 cm a 20 cm, para 6,18 ppm, a dose média de zinco e o zinco equivalente contido no FTE BR 12 deram origem a um teor de 3,2 ppm no solo e a dose baixa, um teor de 2,18 ppm no solo que não diferiu da testemunha e dos demais tratamentos sem zinco.

Os teores de zinco foram mais elevados do que o citado para solos de cerrado. Lopes (1975) menciona 0,5 ppm a 0,8 ppm; Galvão et al. (1978) 0,5 ppm, em comparação com 1,85 ppm nas parcelas sem zinco neste experimento na camada de solo de 0 cm a 20 cm.

Foram calculadas correlações entre os teores de P, K, Ca + Mg, Mn e Zn na camada de 0 cm a 20 cm e na de 20 cm a 40 cm. Não houve correla-

ção entre os teores de P, e houve para os demais. Para o potássio foi de 0,359, para Ca + Mg 0,531, para manganês 0,475 e para zinco 0,539.

A análise de zinco no solo, nas camadas de 0 cm a 20 cm e de 20 cm a 40 cm após três anos de aplicação, mostrou que o zinco lixiviou, em desacordo com os resultados de Brown, citados por Lopes (1975) e mencionados por Fageria (1975). Na camada de 20 cm a 40 cm a média de Zn, nos tratamentos com Zn, foi de 2,73 ppm enquanto nos sem Zn foi de 1,95 ppm. A hipótese de ter havido incorporação mecânica do zinco na camada profunda, ou imperfeição de amostragem, fica eliminada ao se comparar com as análises de fósforo feitas nas mesmas amostras onde se verifica que o teor de fósforo na camada profunda é muito inferior, pouco aumentando no período de três anos, enquanto o zinco, nas parcelas adubadas com zinco, foi superior às parcelas sem zinco, na camada de 20 cm a 40 cm, especialmente na dose elevada.

Correlação entre os teores de nutrientes nas folhas

Encontram-se na Tabela 5 os coeficientes de correlação e a probabilidade de não haver correlação entre os nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn.

O nitrogênio correlacionou-se positivamente com o P, o Mg e o Cu, e negativamente com o K, o Mn e o Zn. O P correlacionou-se positivamente com o N, o Mg e o Cu e negativamente com o K e o Zn. O K correlacionou-se positivamente com o N, o P e o Zn. O Mg, além das correlações mencionadas, apresentou negativa com o zinco. O Cu além das mencionadas, teve correlação com o Fe. Finalmente, o Fe correlacionou-se positivamente com o Mn. Apenas a correlação entre N e P foi elevada, com o coeficiente 0,69.

Correlação entre os teores de nutrientes nas folhas e no solo

Na Tabela 6 encontram-se os coeficientes de correlação significativos ao nível de 5% de probabilidade de não haver correlação. A única correlação elevada foi entre o teor de Zn na folha e no solo, com um coeficiente de 0,877 e r^2 de 0,76.

Na Fig. 1, encontra-se a regressão do teor de Zn no solo e nas folhas de 0 cm a 20 cm de profundidade, evidenciando ser possível estimar-se, a partir do teor no solo, o teor nas folhas.

TABELA 4. Teores de P, K, Ca mais Mg, Mn e Zn, no solo, nas camadas de 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm de profundidade, em amostras colhidas em março de 1983, CPAC, Planaltina, DF.

Tratamentos	Profundidade da amostra	P-ppm	K ppm	Ca + Mg meq	Mn ppm	Zn ppm
Testemunhas	0 - 20	3,575	20,75	2,015	4,725 AB	1.900 D
	20 - 40	1,100	20,50	1,080	2,250 a	1.900 bc
FTE BR 12	0 - 20	3,275	23,50	1,840	4,625 AB	3,250 B
	20 - 40	1,075	19,50	0,920	1,500 abc	2,525 ab
Completo	0 - 20	4,600	24,75	1,895	5,425 A	3,125 BC
	20 - 40	1,000	23,50	1,010	1,475 abc	2,075 bc
Sulfato de cobre	0 - 20	2,500	22,33	1,920	4,300 AB	1,833 D
	20 - 40	0,733	19,33	0,900	1,266 abc	1,700 bc
Sulfato de ferro	0 - 20	2,700	21,75	1,695	4,400 AB	1,725 D
	20 - 40	0,975	21,75	1,020	1,825 abc	2,200 bc
Sulfato de manganês	0 - 20	2,675	22,75	1,785	4,650 AB	1,825 D
	20 - 40	0,825	24,00	0,915	2,050 ab	1,400 C
Molibdato de sódio	0 - 20	2,200	23,25	1,750	3,975 AB	1,850 D
	20 - 40	0,700	23,75	0,995	1,275 abc	2,200 bc
Sulfato de zinco dose 12,2 kg/ha	0 - 20	2,975	20,75	1,720	3,100 B	2,175 CD
	20 - 40	0,900	24,75	0,950	1,075 bc	2,850 ab
Sulfato de zinco dose 24,3 kg/ha	0 - 20	3,200	22,50	1,845	3,925 AB	3,225 B
	20 - 40	1,125	24,50	1,075	1,875 abc	2,650 ab
Sulfato de zinco dose 97,2 kg/ha	0 - 20	3,475	19,50	1,830	3,150 B	6,175 A
	20 - 40	0,850	19,75	6,925	0,875 c	3,550 a
Bórax dose 5,75 kg/ha	0 - 20	2,675	22,50	1,855	3,775 AB	2,100 CD
	20 - 40	0,725	21,00	0,920	1,250 abc	2,150 bc
Bórax dose 11,5 kg/ha	0 - 20	2,250	20,00	1,800	3,400 B	1,575 D
	20 - 40	0,800	24,00	0,935	1,300 abc	2,300 bc
Bórax dose 46 kg/ha	0 - 20	2,025	20,25	1,640	3,150 B	2,025 D
	20 - 40	0,700	20,00	1,030	1,300 abc	1,750 bc
Média	0 - 20	2,933	21,89	1,815	4,036	2,522
	20 - 40	0,885	22,02	0,975	1,486	2,250
Significação estatística		NS	NS	NS		

As médias com as mesmas letras não diferem significativamente, pelo teste de Duncan, ao nível de 5%. Letras maiúsculas para amostras de 0 cm a 20 cm e minúsculas para amostras de 20 cm a 40 cm.

TABELA 5. Coeficiente de correlação entre nutrientes nas folhas de arroz, 1981/82.

	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
N	0,698*	-0,417	0,145	0,293	0,307	0,127	-0,366	-0,305
	0,001**	0,002	0,310	0,035	0,027	0,371	0,008	0,028
P		-0,356	-0,122	0,391	0,305	0,236	-0,183	-0,428
		0,010	0,370	0,004	0,028	0,091	0,194	0,001
K			0,003	-0,375	-0,212	-0,102	-0,009	0,457
			0,984	0,006	0,131	0,470	0,952	0,001
Ca				0,076	0,092	-0,114	-0,074	-0,029
				0,592	0,516	0,421	0,602	0,840
Mg					-0,072	0,022	-0,120	-0,540
					0,613	0,877	0,398	0,001
Cu						0,389	0,221	-0,200
						0,004	0,115	0,155
Fe							0,463	-0,207
							0,001	0,141
Mn								0,001
								0,999

* Coeficiente de correlação.

** Probabilidade de não haver correlação.

Os valores em negrito são significativos com a probabilidade indicada.

6. Correlações entre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, na camada de 0 cm a 20 cm, em arroz - 1981/82.

Folha	Solo	Coefficiente	Probabilidade de não haver correlação
Ca	Ca + Mg	-0,2739	0,0494
Mg	Ca + Mg	0,3091	0,0258
P	P	-0,3718	0,0067
P	Zn	-0,4794	0,0003
K	P	0,2859	0,0399
K	Zn	0,4741	0,0004
N	P	-0,3945	0,0004
N	Zn	-0,2896	0,0372
Cu	P	-0,2899	0,0371
Zn	Zn	0,8772	0,0001
Mn	Mn	0,3129	0,0239
Mn	Ca + Mg	-0,2850	0,0406

Correlação entre o rendimento e teores de nutrientes nas folhas e no solo

Na Tabela 7 encontram-se os coeficientes de correlação, que foram significativos.

Observa-se que o Zn e K correlacionaram-se positivamente com o rendimento, e negativamente com N, P, Mg, Cu e Fe.

Os teores de Zn nas folhas e no solo foram positivamente correlacionados com os rendimentos, conforme se pode ver nas Fig. 2 e 3.

As aparentemente surpreendentes correlações negativas entre P nas folhas e P no solo; entre N, P e Mg nas folhas e o rendimento, podem ser esclarecidas pelo fato de o Zn ter sido o nutriente que influenciou fortemente o rendimento e provocou uma diminuição daqueles nutrientes nas folhas. Assim, as correlações negativas observadas foram causadas por influência do Zn.

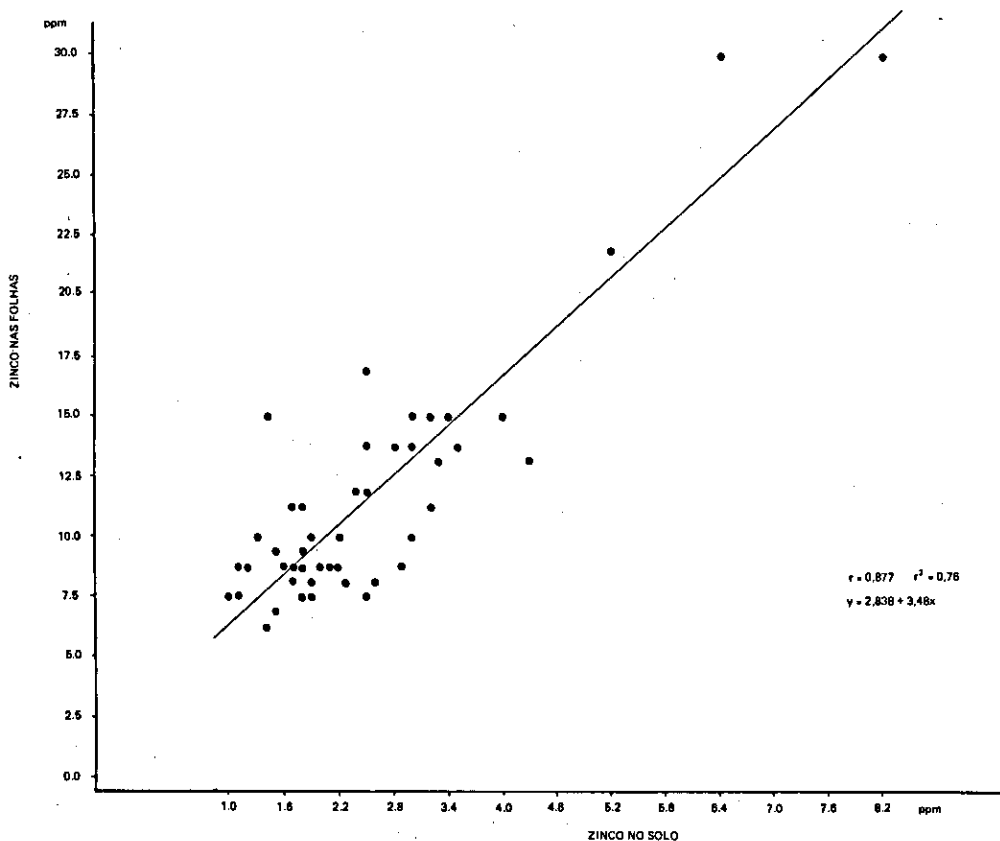


FIG. 1. Teores de Zn no solo e nas folhas de arroz.

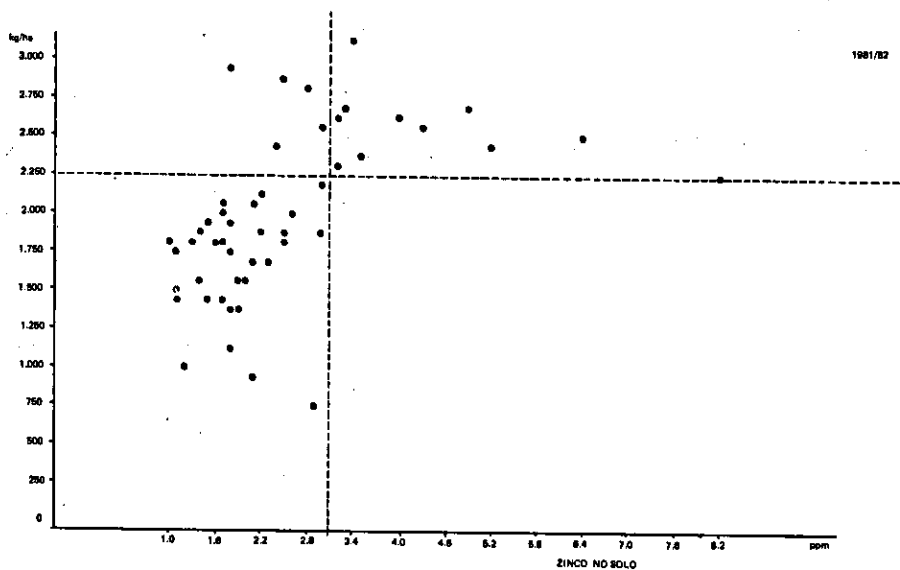


FIG. 2. Teor de Zn no solo e rendimento do arroz, nível crítico.

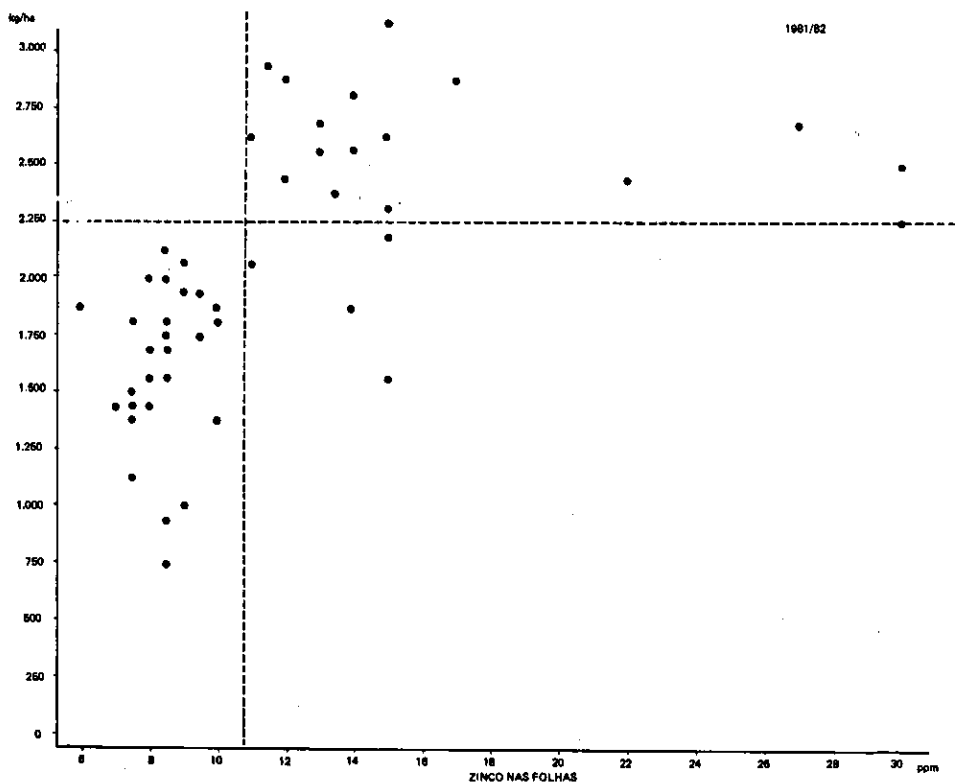


FIG. 3. Teor de Zn nas folhas e rendimento do arroz, nível crítico.

TABELA 7. Correlação entre rendimento de arroz em 1981/82 e teores de nutrientes nas folhas e no solo.

Nutrientes	Nas folhas		No solo	
	Coefficiente de correlação	Probabilidade de não haver correlação	Coefficiente de correlação	Probabilidade de não haver correlação
Nitrogênio	-0,5062	0,0001	—	—
Potássio	0,3692	0,0071	—	—
Fósforo	-0,7197	0,0001	0,2977	0,0321
Magnésio	-0,3147	0,0231	—	—
Cobre	-0,3116	0,0245	—	—
Ferro	-0,4727	0,0004	—	—
Zinco	0,5505	0,0001	0,4903	0,0002

Esses resultados são importantes, ao se interpretar as análises de plantas, porque é necessário levar em conta não apenas os teores de cada nutriente mas também a sua interação.

CONCLUSÕES

1. Constatou-se grande efeito residual da adubação com Zn no rendimento do arroz, mesmo após três anos de sua aplicação, em Latossolo Vermelho-Amarelo virgem, em solo originalmente com vegetação de cerrado.

2. A menor dose de 2,76 kg/ha foi suficiente para se alcançar rendimentos próximos ao máximo, nos dois cultivos de arroz.

3. Das adubações com micronutrientes, apenas o Zn teve efeito no seu teor nas folhas, sendo estes proporcionais às doses aplicadas.

4. Há evidência de que o Zn desceu no perfil do solo, atingindo a camada de 20 cm a 40 cm de profundidade.

5. Os teores de N, P e Mg nas folhas foram menores nos tratamentos com Zn, e o de K foi maior.

6. O coeficiente de correlação entre os teores de Zn no solo e nas folhas foi de 0,877, e houve regressão linear.

7. Houve correlação entre o rendimento e teores de nutrientes nas folhas e no solo. Nas folhas, o Zn e o K correlacionaram-se positivamente; N, P, Mg, Cu e Fe, negativamente. As correlações negativas com os rendimentos e o P foram atribuídas à forte influência do Zn sobre o rendimento e às diminuições por ele provocadas no teor de P nas folhas.

8. O nível crítico de Zn nas folhas foi de 10,6 ppm, e no solo, de 3,1 ppm, podendo-se considerar a faixa crítica nas folhas de 10 ppm a 12 ppm, e no solo, de 2,5 ppm a 3 ppm.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M.P. & FAGERIA, N.K.A. Ocorrência, diagnose e correção da deficiência de zinco na cultura de arroz de sequeiro. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1980. 18p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular técnica, 4)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, 1966. 135p. (Boletim, 8)
- CATE, R.B. & NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response. Washington, North Carolina University, 1965. 23p. (Int. soil test ser. tech. bull., 1)
- FAGERIA, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1984. p.340.
- GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo, 8:111-6, 1984.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) e do milho (*Zea mays* L.) em solo de cerrado. R. bras. Ci. Solo, 5:72-5, 1981.
- GALRÃO, E.Z.; SUHET, A.R.; SOUSA, D.M.G. de. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. R. bras. C. Solo, 2:129-32, 1978.
- LOPES, A.S. A survey of the fertility status of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138p. Tese Mestrado - Ciência solo.

- MURPHY, J. & RILEY, J.P. Modified single solution method for determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta*, 27:31-6, 1962.
- PEREIRA, J. & VIEIRA, I.F. Níveis de sulfato de zinco em arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. Sete Lagoas, IPEACO, 1969. p.4-5. (IPEACO. Pesquisa/Extensão, 8)
- SILVA, A.R. da & ANDRADE, J.M.V. de. Efeito de micronutrientes no chochamento do trigo de sequeiro e nas culturas de soja e arroz, em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Pesq. agropec. bras.*, 18(6):593-601, 1983.
- SILVA, A.R. da; ANDRADE, J.M.V. de; PERES, J.R.R. Efeito residual de micronutrientes no teor foliar e na produção de soja no cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, 21(6):597-613, 1986.
- TRANI, E.P.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. *Análise foliar; amostragem e interpretação*. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.