

MICRONUTRIENTES E SÓDIO EM BERINJELA COM FERTILIZAÇÃO NÃO-CONVENCIONAL

Marinice Oliveira Cardoso¹; Walter Esfrain Pereira²; Ademar Pereira de Oliveira³

¹Embrapa Amazônia Ocidental, C. Postal 319, CEP 69010-970, Manaus-AM; ²Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais, ³Departamento de Fitotecnia - Universidade Federal da Paraíba, Campus II, CCA-UFPB, CEP 58397-000, Areia-PB; email: marinice.cardoso@cpaa.embrapa.br; walterufpb@yahoo.com.br; ademarm@cca.ufpb.br.

RESUMO

Objetivou-se estudar os efeitos de doses de esterco bovino (EB) e termofosfato magnésiano (TM), combinadas conforme a matriz "composto central de Box" (g kg^{-1} - mg kg^{-1}), respectivamente: 4,15-259; 4,15-1509; 24,15-259; 24,15-1509; zero-884; 28,3-884; 14,15-zero; 14,15-1768; 14,15-884), sobre os teores e conteúdos foliares de micronutrientes e sódio em berinjela. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições de um vaso com uma planta. Acrescentaram-se 170 mg kg^{-1} de sulfato de potássio (SK) e quatro parcelas de 50 mL por vaso (15 dm^3) de solução de UV, as duas últimas possuindo concentração em dobro ($200 \text{ mL/L H}_2\text{O}$). Tratamentos adicionais: TM sem UV e superfosfato triplo com uréia (ST com Ur). O maior teor de B (112 mg kg^{-1}) foi com $17,6 \text{ g kg}^{-1}$ de EB (incremento quadrático) e 1768 mg kg^{-1} de TM (interação positiva). A interação negativa conduziu ao menor teor de Zn ($15,16 \text{ mg kg}^{-1}$) na combinação das maiores doses dos fatores. Os teores de Fe, Cu e Mn decresceram quadraticamente com as doses somente de um dos fatores, com teores mínimos, respectivamente, nas doses de 500 mg kg^{-1} de TM ($18,16 \text{ mg kg}^{-1}$), $19,3 \text{ g kg}^{-1}$ ($2,63 \text{ mg kg}^{-1}$) e $8,9 \text{ g kg}^{-1}$ ($19,65 \text{ mg kg}^{-1}$) de EB. Os conteúdos tiveram equações de regressão similares aos teores, exceto o Fe. O teor e o conteúdo de Na responderam somente ao EB. Na presença de UV, o teor

de Mn e o conteúdo de Cu se elevaram. No ST com Ur versus TM com UV, os teores de B foram maiores no segundo tratamento, e os teores de Mn, os conteúdos de Cu, Fe e Mn, no primeiro. As correlações canônicas foram significativas para o conteúdo de Mn com o teor de K no substrato e para o conteúdo de B com teor de K e pH do substrato.

PALAVRAS-CHAVE: Solanum melongena, esterco, termofosfato, correção do solo, urina de vaca.

ABSTRACT

Micronutrients and sodium in eggplant growing with unconventional fertilization

The objective of this work was to study effects of bovine manure (BM) and magnesium thermophosphate (MT) levels, combined according "Box central composite" matrix (BM, g kg^{-1} - MT, mg kg^{-1} , respectively): 4.15-259; 4.15-1509; 24.15-259; 24.15-1509; zero-884; 28.3-884; 14.15-zero; 14.15-1768; 14.15-884), on eggplant leaf micronutrient and sodium contents as their total accumulation too. The experimental design was a randomized block with four replications which comprised one vase with one plant. Applied 170 mg kg^{-1} of potassium sulphate (KS) and four parcels of 50 mL/vase (15 dm^3) of cow urine solution, but in the two last parcels, the concentration was double ($200 \text{ mL/L H}_2\text{O}$). Treatments MT without



cow urine and triple superphosphate plus urea (TS plus Ur) were added. The highest B content (112 mg kg^{-1}) was with $17,6 \text{ g kg}^{-1}$ de BM (quadratic increasing) and 1768 mg kg^{-1} of MT (positive interaction). The Zn content was lowest ($15,16 \text{ mg kg}^{-1}$) by combination of upper doses of both fertilizers, due negative interaction. The Fe, Cu and Mn content decreased into quadratic model with doses of unique factor and their minimum values were related, respectively, to 500 mg kg^{-1} of MT ($18,16 \text{ mg kg}^{-1}$), $19,3 \text{ g kg}^{-1}$ ($2,63 \text{ mg kg}^{-1}$) and $8,9 \text{ g kg}^{-1}$ ($19,65 \text{ mg kg}^{-1}$) of BM. The micronutrients, except to Fe, had similar equation models to total accumulations and

contents. The Na content and accumulation were affected lonely by BM levels. In the presence of cow urine there were rise in Mn content and Cu accumulation. Regarding TS plus Ur versus MT plus cow urine the B content was higher in second treatment and Mn content as well as total accumulated of Cu, Fe and Mn were highest in the first. The canonical correlations were significant among Mn total accumulation with K level of substrate, and B total accumulation with K level and pH of substrate.

KEYWORDS: Solanum melongena, manure, thermophosphate, soil correction, cow urine.

INTRODUÇÃO

A berinjela é eficaz em fazer uso dos nutrientes disponíveis no solo (HEDGE, 1997), contudo, não dispensa a fertilização em solos distróficos. Quanto aos micronutrientes, ela resente-se particularmente da deficiência de B, Zn, Cu e Mn para a produção de frutos (RIBEIRO et al., 1998). As fontes alternativas de nutrientes são priorizadas nos sistemas de produção não-convencionais. Entretanto, há carência de informações para o cultivo da berinjela, como nas demais hortaliças, com uso dessas fontes de nutrientes, entre as quais, o esterco bovino e o termofosfato magnésiano. Por se tratar de um adubo orgânico, o esterco bovino é uma importante reserva de micronutrientes (KIEHL, 1985). Entretanto, alto teor de matéria orgânica no solo pode acarretar deficiência de Cu, Mn e Fe (FONTES, 2006). Já os termofosfatos magnésianos, podem, devido ao P, e ao efeito de correção do solo, em doses relativamente elevadas, induzir deficiências de alguns micronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997; SOUZA & YASUDA, 2003). De outro lado, a urina de vaca, igualmente aceita como fonte alternativa de nutrientes, possui significativos teores de B (GADELHA, 2001; SHAND et al., 2002).

O presente trabalho estudou os teores e conteúdos foliares de micronutrientes e sódio em berinjela, em função de doses de esterco bovino e de termofosfato magnésiano, associadas à urina de vaca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento, conduzido em abrigo telado (Areia – PB), foi delineado em blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela foi um vaso (15 dm^3) com uma planta. O substrato foi o horizonte superficial de um solo arenoso (P baixo), peneirado em malha de 4mm. Os tratamentos foram doses de esterco bovino e de termofosfato magnésiano combinadas

conforme a matriz composto central de Box (g kg^{-1} - mg kg^{-1} , respectivamente: 4,15-259; 4,15-1509; 24,15-259; 24,15-1509; zero-884; 28,3-884; 14,15-zero; 14,15-1768; 14,15-884), com urina de vaca, em cobertura. Acrescentou-se 170 mg kg^{-1} de sulfato de potássio. Foram adicionados os tratamentos termofosfato magnesiano sem urina de vaca e superfosfato triplo com uréia, equivalendo em esterco bovino e P O ao ponto médio do intervalo das doses (14,15-884), com a mesma dose anterior de sulfato de potássio. O esterco bovino tinha os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1} : 38,5; 15,0; 8964,0; 278,5 e 64,3, respectivamente), além de Na ($7553,3 \text{ mg kg}^{-1}$), e a urina de vaca B, Cu, Fe, Mn e Zn (38,8; 0,07; 0,95; 0,12 e 0,17 mg L^{-1} , respectivamente), bem como Na ($1031,3 \text{ mg L}^{-1}$). O termofosfato, além de macronutrientes (P, Ca e Mg) possuía B (0,10 %), Cu (0,05 %), Mo (0,006 %), Mn (0,12 %) e Zn (0,55 %). A umidade do substrato foi mantida próximo da capacidade de campo. Aos 15, 30, 45 e 60 dias, após o transplante das mudas, foram aplicados 50 mL/vaso de solução de urina de vaca, porém, nas duas últimas aplicações, a solução possuía concentração em dobro (200 mL/L de H₂O). Nessas ocasiões, a uréia (0,5 g/vaso), do tratamento adicional, foi aplicada junto com a água de irrigação. Aos 55 dias após o transplantio, os limbos da quarta e da quinta folha, a partir do ápice, foram coletados para diagnose foliar (TEDESCO et al., 1995). Com a massa seca desse conjunto de folhas, por diante denominado folha-diagnóstico (fd), e os teores dos micronutrientes, foram determinados os seus conteúdos em mg fd^{-1} (MALAVOLTA et al., 1997). Ao final, o substrato sofreu caracterização química (FERREIRA et al., 1990). Nas análises dos dados utilizou-se o software SAEG 5.0. Procedeu-se análise de regressão (simples e polinomial) para os dados de natureza quantitativa. Utilizou-se o teste F junto com o teste de Bonferroni para os contrastes (não-ortogonais). Aos tratamentos envolvidos na regressão aplicou-se a técnica de correlações canônicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito das doses sobre os teores e conteúdos foliares de micronutrientes

Os micronutrientes, com exceção do Fe, e o elemento Na, responderam às doses de esterco bovino (EB) e/ou termofosfato magnesiano (TM), com modelo similar de equações de regressão para o par teor-conteúdo (Figura 1).

O teor de B teve incremento quadrático com as doses de EB e diminuiu linearmente com as de TM, porém o TM interagiu positivamente. Assim, o maior teor de B (112 mg kg^{-1}) foi com $17,6 \text{ g kg}^{-1}$ de EB e 1768 mg kg^{-1} de TM. Com o EB, isoladamente, o teor máximo ($84,4 \text{ mg kg}^{-1}$) foi com $9,6 \text{ g kg}^{-1}$.

Esses teores são bem superiores ao limite (30 mg kg^{-1}) para deficiência na maioria das hortaliças (MAGALHÃES, 1988), provavelmente, devido ao efeito concentração pela ausência de N mineral. Mas, o modelo similar de regressão para o teor e conteúdo de B, atesta os efeitos do EB e do TM sobre o teor.

O teor de Zn cresceu linearmente em função dos dois fatores, com interação negativa. Portanto, na combinação das doses mais altas, ocorreu o menor teor ($15,16 \text{ mg kg}^{-1}$). Com o EB, isoladamente, o teor culminou em $25,55 \text{ mg kg}^{-1}$. A concentração crítica para o tomateiro e pimentão é 50 mg kg^{-1} (FONTES, 2006), portanto, os teores obtidos não caracterizam aquisição intensa de Zn. O modelo de regressão para o conteúdo corrobora o que se deu para o teor.

O teor de Fe decresceu quadraticamente em função somente das doses do TM. O teor mínimo ($18,16 \text{ mg kg}^{-1}$) foi com 500 mg kg^{-1} , contudo, os teores foram em geral modestos. Para o tomate e pimentão a concentração crítica é de 70 mg kg^{-1} (FONTES, 2006). Já o conteúdo cresceu linearmente com as doses de ambos, e o efeito do EB deve estar associado com a ausência do efeito diluição. Pelo fato do Fe ser absorvido somente através das pontas das raízes (MENGEL & KIRKBY, 1987), o efeito incremental do TM deve estar relacionado com o fornecimento de Ca, que favorece o crescimento radicular.

O teor de Cu diminuiu quadraticamente com as doses crescentes do EB, e foi mínimo ($2,63 \text{ mg kg}^{-1}$) com $19,3 \text{ g kg}^{-1}$. Isso pode ser atribuído ao modesto provimento deste micronutriente (15 mg kg^{-1}) pelo esterco, aliado à sua diluição (pelo N) no tecido foliar. Pois, o menor conteúdo ($0,0069 \text{ mg fd}^{-1}$) deu-se em menor dose de EB (10 g kg^{-1}), e o conteúdo reflete, de fato, a quantidade do elemento numa dada massa vegetal (MALAVOLTA et al., 1997). A ausência de efeito do TM, tanto para o teor como para o conteúdo, pode ser porque a solubilidade do Cu diminui com a elevação do pH (RAIJ, 1991) e o TM atua também corrigindo a acidez do solo. O teor de cobre situou-se na faixa ($2 \text{ a } 20 \text{ mg kg}^{-1}$), em geral, encontrada na matéria seca das plantas (MENGEL & KIRKBY, 1987).

O teor de Mn decresceu, quadraticamente, com as doses crescentes de EB, e o menor teor ($19,65 \text{ mg kg}^{-1}$) foi com $8,9 \text{ g kg}^{-1}$. A sua quantidade moderada no EB ($278,5 \text{ mg kg}^{-1}$) seguramente não foi suficiente para efeito de concentração nas doses mais baixas. A deficiência nas hortaliças é esperada com teor inferior a 50 mg kg^{-1} (MAGALHÃES, 1988), porém, sintomas visíveis não foram constatados. O conteúdo mínimo ($0,027 \text{ mg fd}^{-1}$) ocorreu com $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de EB, portanto, em dose aquém da que se registrou para o teor. Atribuí-se a ausência de efeito do TM ao seu efeito corretivo, que, segundo KIEHL (1985), afeta negativamente a solubilidade do Mn. O EB teve maior eficácia, e não promoveu teores excessivos, visto que a absorção de Mn é pouco regulada pela planta.

Considerando a média geral, os conteúdos (mg fd^{-1}) seguiram ordem de grandeza ($B - 0,176 > Mn - 0,0675 > Fe - 0,049 = Zn - 0,049 > Cu - 0,0099$), onde sobressaíram o B e Mn..

O teor de Na cresceu linearmente com as doses de EB, atingindo $346,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ($0,035\%$), na dose mais alta, considerado baixo. Pois, em geral, o teor na matéria seca das plantas é de $0,1\%$ (MARSCHENER, 1995). O conteúdo de Na ajustou-se ao modelo raiz quadrático, aumentando com as doses crescentes de EB, porém, o incremento linear de sua equação de regressão atesta incremento moderado no valor dessa variável.

Efeito dos tratamentos adicionais sobre os teores e conteúdos foliares dos micronutrientes

No contraste TM sem UV versus TM com UV, somente o teor de Mn e o conteúdo de Cu variaram, e foram maiores com UV (Tabela 1). No primeiro, pode ser efeito concentração, pela não significância do seu conteúdo. No segundo, como a UV não continha Cu apreciavelmente, admite-se que ela atuou para sua maior mineralização do EB. Ou, que tenha decrescido o pH do substrato (SHAND et al., 2002), favorecendo a solubilização do Cu (RAIJ, 1991).

No contraste ST com Ur versus TM com UV, a diferença significativa foi em favor do TM com UV para o teor de B, e em favor do ST com Ur para o teor de Mn e conteúdos de Cu, Fe e Mn (Tabela 1). Aparentemente, o teor de B incrementou devido à UV, pois anteriormente o TM não denotou eficácia no seu fornecimento.

A superioridade do ST com Ur, nos demais casos, atribui-se ao efeito do N da Ur, que ao favorecer a decomposição microbiana da matéria orgânica nativa e do EB, incrementa a disponibilidade de micronutrientes. Além disso, o N estimula o crescimento radicular, favorecendo a absorção de nutrientes (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Correlações canônicas entre os conteúdos foliares de micronutrientes com características do substrato

As correlações canônicas foram elevadas e significativas em dois pares canônicos (Tabela 2).

Os coeficientes canônicos (cc) elevados e positivos, no primeiro par canônico, indicam correlação positiva entre o conteúdo de Mn (cc=0,5224) e K no substrato (cc=0,8923), provavelmente, devido ao fornecimento paralelo desses dois nutrientes pelo EB, pois o TM, que possuía Mn, não denotou anteriormente eficácia no seu fornecimento. No segundo par canônico, esse resultado é reforçado porque quando o conteúdo de Mn foi menor (cc=-0,3453), o teor de K no substrato (cc=-0,5384) foi também menor, porém, o pH foi maior (cc=0,6372). Ressalta-se que o Mn tem sua disponibilidade reduzida pela elevação do pH do substrato (RAIJ, 1991). Ainda nesse par canônico, é sugerido que o maior conteúdo de B (cc=0,3562) foi maior com menor teor de K no substrato (cc=-0,5384) e maior pH (cc=0,6372). O fornecimento elevado de K reduz a absorção de B, e, de outro lado, a adsorção de B varia pouco em faixa de pH (5,0-7,0) bastante elástica (DANTAS, 1991).

LITERATURA CITADA

- DANTAS, JP 1991. Micronutrientes no solo: boro. In: FERREIRA, ME.; CRUZ, MCP. (Eds). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Potafos / CNPQ. p. 113-130.
- FERREIRA, ME; CRUZ, MCP; FERREIRA JUNIOR, ME 1990. Avaliação da fertilidade empregando o sistema IAC de análise de solo. Jaboticabal: FCAV / UNESP. 94 p.
- FONTES, PCR. 2006. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa, UFV. 122p.
- GADELHA, RSS. 2001. Urina de vaca na produção de alimentos. Agroecologia, v. 2, n. 8, p. 25-26.
- HEGDE, DM. 1997. Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops. Food & Fertilizer Technology Center. Maharashtra. Disponível em: <<http://www.fttc.agnet.org>>. Acesso em: 10 mai. 2005.
- KIEHL, EJ. 1985. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Agronômica Ceres. 492p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos. 319 p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 1995. 2. ed. London: Academic Press. 889 p.
- MENGEL, K; KIRKBY, EA. 1987. Principles of plant nutrition. 4. ed. Bern: International Potash Institute. 687 p.

RAIJ, B. van. 1991. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/Potafos. 343 p.

RIBEIRO, CS. da C.; BRUNE, S.; REIFCHNEIDER, F.J.B. 1998. Cultivo da berinjela. Brasília: Embrapa Hortaliças. 23 p. (Embrapa Hortaliças. Instrução Técnica 15).

SHAND, CA.; WILLIAMS, B.L.; DAWSON, L.A.; SMITH, S.; YOUNG, M.E. 2002. Sheep urine affects soil solution nutrient composition and roots: differences between field and sward box soils and the effects of synthetic and natural sheep urine. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 34, n.2, p. 163-171.

SOUZA, ECA; YASUDA, M. 2003. Manual científico: termofosfato magnésiano. Fertilizantes Mitsui. Poços de Caldas. Disponível em: <<http://www.fertimitsui.com.br/cinza/yoorin>>. Acesso em: 30 jul. 2003.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 2004. 3.ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p.

TEDESCO, MJ; GIANELLO, C; BISSANI, CA.; BOHNEN, H; VOLKWEISS, SJ. 1995. 2. ed. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS. 174 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

Tabela 1. Médias e estimativa (y) dos contrastes termofosfato magnésiano sem urina de vaca versus termofosfato magnésiano com urina de vaca (TM sem UV vs TM com UV) e superfosfato triplo com uréia versus termofosfato magnésiano com urina de vaca (ST com Ur vs TM com UV) relativas ao teor e conteúdo foliar de micronutrientes e sódio em berinjela (average and estimate of contrasting magnesium thermophosphate without cow urine versus magnesium thermophosphate with cow urine (TM without UV vs TM with UV) and triple superphosphate with urea versus magnesium thermophosphate with cow urine). Areia, UFPB, 2005.

Micronutriente/sódio	Médias			Y	
	TM com UV	TM sem UV	ST com Ur	TM sem UV vs TM com UV	ST com Ur vs TM com UV
	mg kg ⁻¹				
Teor					
Boro	92,80	74,56	55,08	-18,24 ^{ns}	-37,72**
Cobre	2,97	1,31	4,29	-1,66 ^{ns}	1,32 ^{ns}
Ferro	16,62	18,32	23,99	1,70 ^{ns}	7,37 ^{ns}
Manganês	22,35	17,01	29,60	-5,34*	7,25*
Zinco	21,83	20,31	20,15	-1,52 ^{ns}	-1,68 ^{ns}
Sódio	257,17	205,64	373,16	-51,53 ^{ns}	115,99**
Conteúdo					
	mg kg ⁻¹				
Boro	0,237	0,199	0,178	-0,038 ^{ns}	-0,059 ^{ns}
Cobre	0,008	0,004	0,014	-0,004*	0,006**
Ferro	0,042	0,049	0,078	0,007 ^{ns}	0,036**
Manganês	0,057	0,046	0,096	-0,011 ^{ns}	0,039**
Zinco	0,056	0,055	0,066	-0,001 ^{ns}	0,010 ^{ns}
Sódio	0,650	0,551	1,200	-0,099 ^{ns}	0,550**

**/* Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, e ^{ns} não significativo pelo teste F; com valores tabelados de F corrigidos pelo teste de Bonferroni (contrastos não-ortogonais).

Tabela 2. Correlações canônicas e pares canônicos entre conteúdos de micronutrientes com características do substrato (canonical correlations and canonic pairs among micronutrients total accumulation with substrate characteristics). Areia, UFPB, 2005.

Características	Par canônico	
	Primeiro	Segundo
Conteúdos de micronutrientes		
Boro	0,1545	0,3562
Zinco	-0,0641	0,0235
Cobre	-0,0774	0,0209
Ferro	0,3387	0,0854
Manganês	0,5224	-0,3453
Características do substrato		
Matéria orgânica	-0,0952	0,0588
Fósforo	0,3735	-0,0686
Potássio	0,8923	-0,5384
Cálcio	-0,0162	0,4051
Magnésio	-0,1875	-0,3615
pH (em água)	-0,1412	0,6372
R (correlação canônica)	0,94	0,75
Significância	**	*

**/* Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de qui-quadrado.

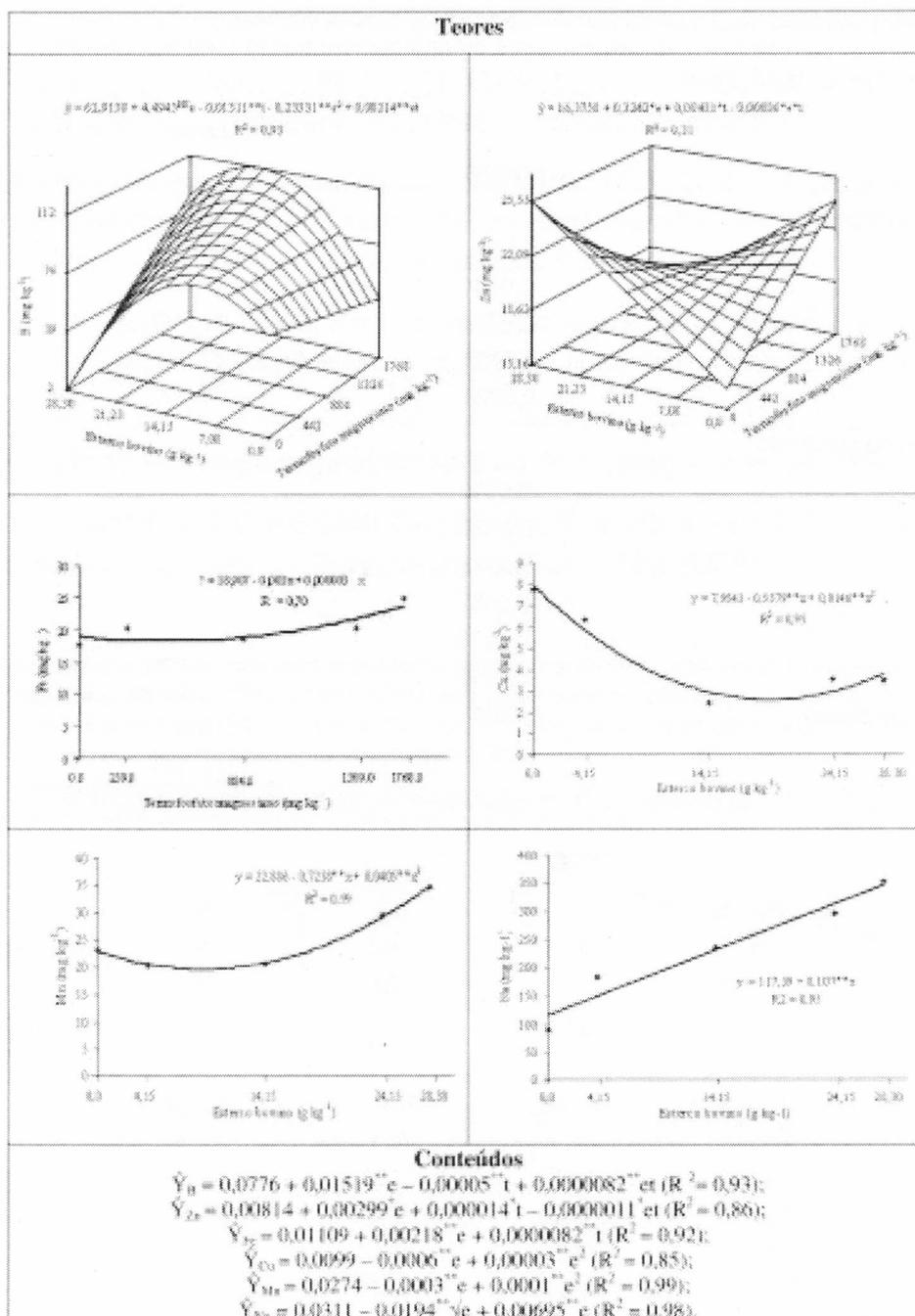


Figura 1. Teores e conteúdos de micronutrientes e Na com doses de esterco bovino e termofosfato magnésiano (contents and total accumulated of micronutrients and Na with bovine manure and magnesium thermophosphate) (**/▲ Significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente, pelo teste F).