

Notas Científicas

Desenvolvimento inicial e estado nutricional do maracujazeiro em resposta à aplicação de lodo têxtil

Renato de Mello Prado⁽¹⁾ e William Natale⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual Paulista, Fac. de Ciências Agrárias e Veterinárias, Dep. de Solos e Adubos, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº, CEP 14870-000 Jaboticabal, SP. E-mail: rmprado@fcav.unesp.br, natale@fcav.unesp.br

Resumo – O processo de tratamento de efluentes líquidos da indústria têxtil gera, como resíduo, um lodo de características orgânicas com concentração significativa de sódio e potássio. Objetivou-se quantificar os efeitos da aplicação do lodo ao solo, sobre o desenvolvimento inicial do maracujazeiro, e avaliou-se o crescimento e o estado nutricional das plantas. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições de cinco tratamentos, que consistiram na aplicação de lodo têxtil, nas doses de 10, 15, 20 e 30 g vaso⁻¹ (base seca), correspondentes a 10, 15, 20 e 30 t ha⁻¹, respectivamente, além da testemunha sem aplicação do resíduo. As mudas receberam adubação básica com N, P, K, Zn e B, nas doses de 300, 450, 150, 5, e 0,5 mg dm⁻³, respectivamente. A unidade experimental foi constituída por vasos com 2 dm³ de amostra de um Latossolo Vermelho distrófico (V = 29%). Após 100 dias da semeadura, o lodo têxtil corrigiu a acidez do solo. Entretanto, em doses superiores a 10 t ha⁻¹, promoveu a morte das plantas. O lodo têxtil aumentou os teores de N, K, S, B, Mn e Zn, diminuiu os de Ca e Mg e não alterou os de Cu e Fe da parte aérea das mudas.

Termos para indexação: *Passiflora edulis*, efluente líquido, indústria têxtil, reciclagem, nutrição mineral.

Development and nutritional status of passion fruit cuttings in response to application of textile sludge

Abstract – In the treatment of liquid effluents of the textile industry the textile sludge results as residue. This work aimed at evaluating the effect of sludge application to the substrate of production of passion fruit cuttings in the development, and nutritional status of plants. Experimental design used was randomized blocks with five treatments and four replications. The textile sludge was applied in the doses of 10, 15, 20 and 30 g per pot (dry base), corresponding 10, 15, 20 and 30 t ha⁻¹, respectively, and a control without application. Plants were fertilized with N, P, K, Zn and B at 300, 450, 150, 5, and 0.5 mg dm⁻³, respectively. The experimental unit was represented by pots with 2 dm³ of a Red Latosol (Oxisol) (V = 29%). After 100 days the textile sludge corrected soil acidity. However, in doses superior to 10 t ha⁻¹ it caused plants death. The textile sludge increased the content of N, K, S, B, Mn and Zn, reduced Ca and Mg content, and it didn't alter Cu and Fe content of passion cuttings dry matter.

Index terms: *Passiflora edulis*, liquid effluents, textile industry, recycling, plant nutrition.

Em uma indústria têxtil, os diferentes processos de produção geram efluentes líquidos. O somatório desses efluentes é levado para a estação de tratamento da indústria e resulta em um lodo biológico que apresenta, em sua composição, parte das substâncias utilizadas nos processos (Guaratini & Zanoni, 2000). Além disso, o sulfato de alumínio é acrescentado na estação de tratamento de esgoto (ETE), como agente floculante.

A matéria orgânica que compõe o lodo de esgoto pode exercer efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (Clapp et al., 1986). Entretanto, existem restrições ao uso do lodo de esgoto, relacionadas à presença de patógenos, compostos orgânicos fitotóxicos, sais solúveis, metais pesados, odores e contaminação das águas (Sommers & Giordano, 1984). Quanto aos metais pesados, o lodo de esgoto tem: Cd, Zn, Mn, Cu,

Cr, Ni e Pb. Entre esses, o Cd, Cu, Ni e Zn são os que apresentam maior risco de contaminação ambiental (Logan & Chaney, 1983).

Os dados da literatura que indicam o uso agrícola do lodo de ETE estão polarizados para o lodo de esgoto urbano (Bettiol et al., 1983; Rappaport et al., 1988); não existem estudos específicos sobre o uso do lodo da indústria têxtil no sistema solo-planta. Como esse lodo tem uma parte orgânica, uma opção é utilizá-lo como componente orgânico, no substrato de produção de mudas de maracujazeiro.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial agrônomo do lodo da indústria têxtil, empregando-se o maracujazeiro como planta indicadora.

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, na Unesp, Campus de Jaboticabal, SP. Como substrato para o cultivo das mudas, utilizou-se a camada subsuperficial, de um Latossolo Vermelho distrófico, com as seguintes características: pH (CaCl₂) 5,1; MO, 3 g kg⁻¹; P (resina), 3 mg dm⁻³; K, 0,8; Ca, 7; Mg, 4; H+Al, 21; SB, 11,8 e CTC, 32,8 mM_c dm⁻³ e V = 36%.

Amostras do lodo, com umidade de 88%, foram coletadas de uma indústria têxtil localizada no Estado de Minas Gerais. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a partir da norma de classificação de resíduos sólidos (NBR 10.004), realizou-se a caracterização físico-química pelo laboratório da Ecolabor-SP, e o resíduo em estudo foi classificado como classe I (perigoso), tendo em vista a presença de fenóis (29 mg kg⁻¹ de C₆H₅OH), acima do limite máximo permitido, que é de 10 mg kg⁻¹; entretanto, os demais parâmetros considerados na amostra bruta e nos testes (lixiviação e solubilização), especialmente a presença de metais pesados (tóxicos), foram considerados dentro do limite permitido. Realizou-se a análise química do lodo têxtil, no laboratório da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, da Unesp, em amostra passada em peneira ABNT nº 50, que apresentou as seguintes características: CaO, 2,33 e MgO, 1,01 g kg⁻¹; PN (poder de neutralização), 6,68; K₂O, 3,87; P₂O₅, 1,99; ZnO, 0,08; Fe₂O₃, 1,92; CuO, 0,07; MnO, 0,46; Na₂O, 11,8 e Al₂O₃, 5,6%; Cl, 532; Pb, 11; Cr⁺⁶, 4; Ni, 15 e Cd, 0,4 mg kg⁻¹.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com 5 tratamentos: 0, 10, 15, 20 e 30 g vaso⁻¹ do lodo têxtil (base seca), correspondentes a 0, 10, 15, 20 e 30 t ha⁻¹, e quatro repetições.

O lodo foi aplicado ao solo e incubado durante 20 dias. Os vasos continham 2 dm³ de solo.

Na semeadura, cada unidade experimental recebeu doses de nivelamento para P (450 mg dm⁻³), N (300 mg dm⁻³), K (150 mg dm⁻³), Zn (5 mg dm⁻³) e B (0,5 mg dm⁻³). O N e o K foram parcelados em três aplicações, aos 30, 45 e 60 dias após a semeadura. Utilizaram-se três mudas por vaso. A irrigação foi mantida durante o período de condução do experimento a 70% da capacidade de campo.

Aos 100 dias após a semeadura, quando a maioria das plantas emitiu gavinhas, foram avaliadas variáveis biológicas, indicativas do desenvolvimento das plantas, como: altura (colo até a base do pecíolo da última folha expandida), diâmetro do caule (a 5 cm do colo), número de folhas e matéria seca da parte aérea e das raízes do maracujazeiro. Na mesma ocasião, o estado nutricional das plantas foi avaliado, dividindo-se as mudas em parte aérea e raízes. As determinações dos teores de macronutrientes e micronutrientes, no tecido vegetal, seguiram a metodologia de Bataglia et al. (1983). O Cr, Ni, Cd e Pb foram determinados conforme método proposto por Missio (1996). Amostragens de solo foram realizadas na mesma época, e as determinações seguiram as recomendações de Raij et al. (2001).

A aplicação do lodo têxtil, na maior dose (30 g vaso⁻¹ ou 30 t ha⁻¹), resultou na morte das plantas, cujos sintomas se iniciaram com necrose das folhas. É possível deduzir que o Na tenha provocado a toxidez, visto que o lodo apresenta-o em sua composição.

Acompanhando-se a evolução dos efeitos da aplicação do lodo têxtil ao solo, aos 100 dias após a semeadura, verifica-se aumento da matéria orgânica ($y = 3,0 + 0,1935x - 0,0047x^2$, $R^2 = 0,99^{**}$) e valor pH ($y = 5,00 - 0,002x + 0,0011x^2$, $R^2 = 0,99^{**}$), diminuição da concentração de H+Al ($y = 24,20 + 0,0022x - 0,0109x^2$, $R^2 = 0,91^{**}$) e incremento do K ($y = 2,85 - 0,0472x + 0,0101x^2$, $R^2 = 0,95^{**}$), P ($y = 98,44 + 0,1059x + 0,0795x^2$, $R^2 = 0,93^{**}$), Ca ($y = 20,91 - 0,1909x + 0,0215x^2$, $R^2 = 0,92^{**}$) e Mg ($y = 7,04 + 0,0303x + 0,0094x^2$, $R^2 = 0,98^{**}$), além do valor da soma de bases ($y = 31,12 - 1,265x + 1,075x^2$, $R^2 = 0,97^{**}$) e da saturação por bases ($y = 53,65 + 0,980x + 0,7000x^2$, $R^2 = 0,95^{**}$).

Na literatura os resultados indicam que a matéria orgânica (MO), que compõe o lodo, pode exercer efeitos nas propriedades químicas dos solos (Clapp et al., 1986). Aumento da MO no solo, com aplicação de lodo de es-

goto, foi observado por Lindsay & Logan (1998), em campo, com doses de até 300 t ha⁻¹. Assim, nota-se que o lodo têxtil é um resíduo que pode corrigir a acidez do solo.

A aplicação do lodo têxtil alterou a concentração dos micronutrientes no solo, exceto o Fe. Assim, houve aumento linear do B ($y = 0,033 + 0,009x$, $R^2 = 0,99^{**}$), Cu ($y = 0,10 + 0,0091x$, $R^2 = 0,91^{**}$), Mn ($y = 2,12 + 0,2051x$, $R^2 = 0,89^{**}$) e Zn ($y = 0,16 + 0,0371x$, $R^2 = 0,92^{**}$). Entretanto, apenas os teores de Mn e Zn, que eram inicialmente baixos, conforme indicação de Raij et al. (1996), passaram a valores considerados altos e médios, respectivamente, quando houve aplicação do lodo têxtil. Apesar do aumento de B (0,03–0,21 mg dm⁻³) e de Cu (0,1–0,2 mg dm⁻³) com a aplicação do lodo, esses permaneceram em níveis baixos, segundo Raij et al. (1996). Portanto, o lodo têxtil mostrou-se uma fonte capaz de fornecer Mn e Zn, embora seja pobre em Fe, B e Cu. O lodo promoveu aumento da disponibilidade dos micronutrientes, e mesmo o aumento do valor de pH (5–5,4) não foi suficiente para reduzir, significativamente, sua disponibilidade no solo.

A aplicação do lodo têxtil influenciou de forma quadrática a altura, o número de folhas e o diâmetro do caule (Figura 1) das mudas de maracujazeiro. Note-se, porém, que apenas a dose menor do lodo têxtil, 10 g vaso⁻¹, foi positiva no desenvolvimento das mudas.

Os incrementos da altura, número de folhas e diâmetro do caule das mudas de maracujazeiro, foram acompanhados, na mesma proporção, pela produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas (Figura 1); a dose menor do lodo foi a que promoveu o maior acúmulo de matéria seca do maracujazeiro. A dose de 10 g vaso⁻¹ favoreceu, possivelmente, o desenvolvimento das mudas, em virtude da resposta positiva da fruteira à neutralização da acidez do solo. Apesar de as doses de lodo maiores do que 10 g vaso⁻¹ terem melhorado as características químicas do solo, relacionadas à fertilidade, houve prejuízo significativo no desenvolvimento das mudas e na produção de matéria seca (Figura 1). O aumento das doses de lodo resultou em decréscimo, de forma quadrática, na relação massa da parte aérea/massa da raiz ($y = 6,7851 - 0,2471x + 0,0105x^2$, $R^2 = 0,95^*$).

A aplicação de lodo têxtil alterou os teores de macronutrientes e micronutrientes nas mudas, exceto o P, Cu e Fe na parte aérea, e Ca, B e Fe nas raízes das mudas de maracujazeiro (Tabela 1). A aplicação de lodo aumentou os teores de nutrientes na parte aérea e nas raízes, exceto o Ca e o Mg. Esse decréscimo de Ca e Mg na parte aérea, deve-se, provavelmente, ao efeito do lodo no aumento linear de K na CTC ($Y = 4,795 + 0,199x$, $R^2 = 0,91^*$), favorecendo a competição de K com Ca e Mg, durante o processo de absorção.

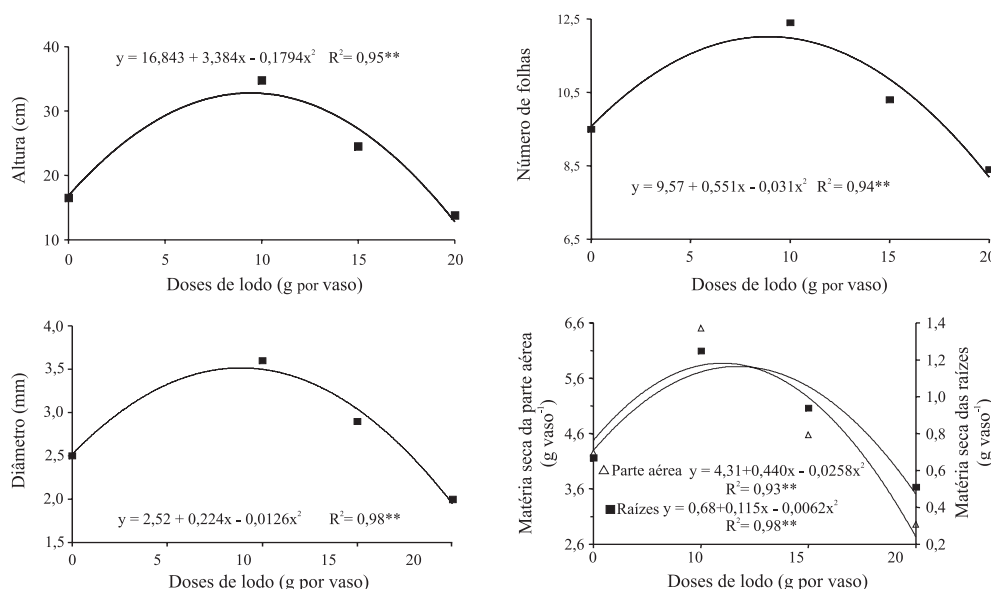


Figura 1. Efeito da aplicação de lodo têxtil, em substrato do Latossolo Vermelho distrófico, sobre a altura, número de folhas, diâmetro do caule e matéria seca da parte aérea e da raiz de mudas de maracujazeiro, aos 100 dias após a semeadura. Média de quatro repetições.

Vale ressaltar que o aumento nos teores dos nutrientes nas mudas de maracujazeiro, com a aplicação de lodo, pode ser explicado pelo efeito de concentração, ou seja, o aumento das doses de lodo promoveu redução na produção de matéria seca e, conseqüentemente, aumento nos teores dos nutrientes no tecido das mudas. Assim, houve efeito quadrático das doses de lodo, no acúmulo de nutrientes (Figura 2) nas mudas de maracujazeiro, e houve redução na absorção de nutrientes nas maiores doses de lodo. Saliencia-se que esta explicação pode-se aplicar apenas parcialmente aos dados do trabalho, já que o efeito do lodo não foi unânime, pois contribuiu com vários nutrientes para o sistema solo-planta.

A queda da produção de matéria seca das mudas, com aplicação de lodo têxtil, em doses maiores do que 10 g vaso⁻¹ (Figura 1), pode ser explicada por dois fatores, como a redução da absorção dos nutrientes (Figura 2) das mudas e os altos teores de Na e K, que inibem o crescimento radicular e da planta, que por sua vez perde a capacidade de absorção de nutrientes. A última hipótese pode ser a mais provável, já que a primeira fica enfraquecida, visto que o acúmulo de nutrientes, na maioria das vezes, refletiu o acúmulo de matéria seca. Entretanto, como não existem informações na literatura para a confrontação desses resultados, é importante o desenvolvimento de outros trabalhos.

A maior produção de matéria seca (Figura 1), com a dose próxima de 10 g vaso⁻¹, esteve associada ao maior acúmulo de nutrientes pelas mudas (Figura 2). Possivelmente, isto se deve ao crescimento adequado do sistema radicular e à nutrição da planta sem causar estresse.

Quanto aos teores de metais pesados potencialmente tóxicos, observou-se que na parte aérea das mudas, os valores de Cd ficaram abaixo do nível de detecção do método analítico (<1 mg kg⁻¹); os de Cr não sofreram alteração, enquanto os de Ni ($y = 1,53 + 0,0586x$, $R^2 = 0,81^{**}$) e os de Pb ($y = 4,43 + 0,2786x$, $R^2 = 0,99^{**}$) apresentaram incremento linear. Apesar desse aumento, os maiores teores de Ni e Pb, que foram detectados nas plantas, 2,8 e 9,8 mg dm⁻³, respectivamente, são considerados baixos, pois apenas os teores de Pb (de 30–300 mg kg⁻¹) (Kabata-Pendias & Pendias, 1985) e de Ni (>50 mg kg⁻¹) (Adriano, 1986) são considerados tóxicos. Assim, os resultados indicam que esses metais não foram considerados problema nesse solo, nas doses utilizadas.

O efeito negativo do lodo têxtil, em doses maiores que 10 g vaso⁻¹, no desenvolvimento e na nutrição das plantas, pode ser explicado por algumas hipóteses. Primeiro, pela presença de compostos tóxicos no lodo, orgânicos (fenóis) ou inorgânicos (metais pesados: Cd, Ni, Cr e Pb); a influência negativa desses últi-

Tabela 1. Teores de macronutrientes e micronutrientes na parte aérea e raízes de mudas de maracujazeiro, em função da aplicação de lodo têxtil, e valores do F calculado pela análise de variância e análise de regressão.

Dose (g vaso ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)				
	Parte aérea										
0	44,9	5,0	19,7	16,6	3,7	2,6	8	4	92	126	17
10	45,7	5,1	21,1	17,3	3,8	2,7	8	5	95	164	22
15	45,1	5,2	21,8	13,5	3,5	2,7	9	5	97	184	26
20	52,5	5,7	22,6	11,4	3,0	3,2	14	6	104	186	27
Teste F	4,11*	0,53 ^{ns}	3,95*	7,13**	5,99*	4,29*	8,96**	1,64 ^{ns}	1,20 ^{ns}	24,50**	10,70*
RL	6,12*	-	11,84**	-	-	9,55*	-	-	-	70,09**	31,33**
RQ	-	-	-	5,48*	8,21*	-	9,22*	-	-	-	-
CV (%)	7,6	16,3	5,8	14,0	7,5	8,9	21,1	20,8	9,5	6,8	12,3
	Raízes										
0	22,5	7,3	16,6	2,8	3,6	1,8	28	11	558	195	15
10	23,5	8,0	16,9	3,3	3,8	2,0	29	12	665	413	21
15	26,5	8,2	20,1	2,9	3,9	2,4	31	13	696	441	30
20	27,8	10,2	23,9	2,8	5,7	2,8	32	13	691	463	39
Teste F	10,36**	5,46*	4,26*	1,58 ^{ns}	8,40**	8,69**	2,48 ^{ns}	2,48 ^{ns}	1,29 ^{ns}	22,24**	18,00**
RL	27,63**	12,44**	9,90*	-	-	22,85**	-	-	-	-	50,00**
RQ	-	-	-	-	7,50*	-	-	-	-	6,74*	-
CV (%)	6,2	12,9	17,2	12,2	15,8	13,4	8,1	13,6	23,5	13,9	18,9

^{ns}Não-significativo. * e **Significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

mos fica enfraquecida, tendo em vista a baixa concentração nas mudas de maracujazeiro, conforme discutido anteriormente. A segunda hipótese seria a do efeito salino provocado pela presença de Na e K no lodo e ainda a aplicação de cloreto de potássio, no plantio das mudas. À medida que os sais se acumulam no solo, as raízes requerem maior energia para

absorver água, energia essa que é proveniente de processos metabólicos. Assim, possivelmente, o lodo provocou aumento da condutividade elétrica do solo, com reflexos no desenvolvimento das mudas. Na literatura existem indicações que constatarem maiores concentrações de sais em solos com a aplicação de lodo (Rodgers & Anderson, 1995).

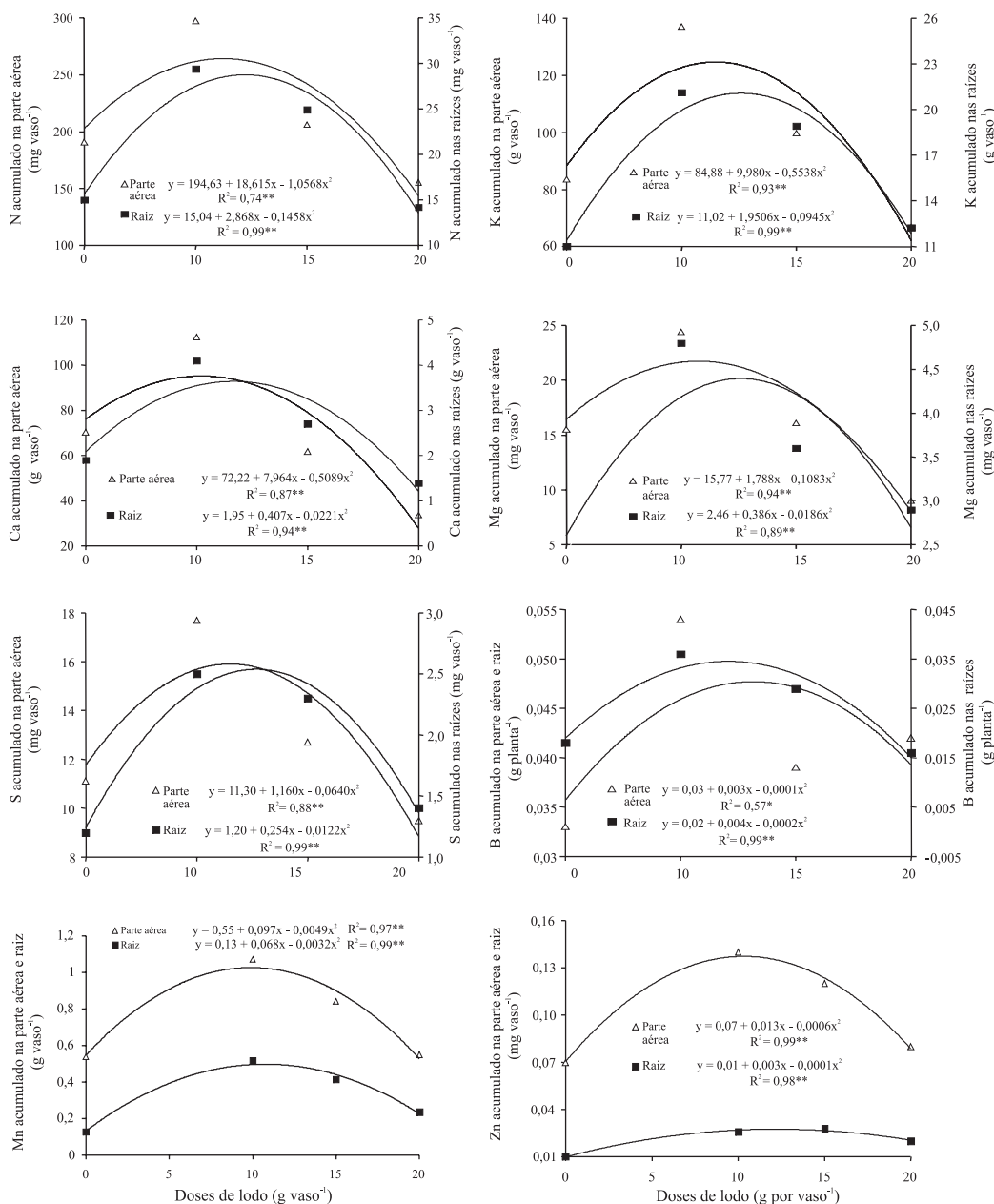


Figura 2. Efeito da aplicação de lodo têxtil, em substrato do Latossolo Vermelho distrófico, sobre o acúmulo de N, K, Ca, Mg, S, B, Mn e Zn, na parte aérea e nas raízes de mudas de maracujazeiro, aos 100 dias após a semeadura. Média de quatro repetições.

Referências

- ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T.; FRANCO, B.J.D.C. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, v.75, p.44-54, 1983.
- CLAPP, C.E.; SATARCK, S.A.; CLAY, D.E.; CARSO, H.E. Sewage sludge organic matter and soil properties. In: CHEN, Y.E.; ARNI MELEICH, Y. (Ed.). **The role of organic matter in modern agriculture**. Dordrecht: Ed. Kluwer, 1986. p.209-248.
- GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v.23, p.71-78, 2000.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 315p.
- LINDSAY, B.J.; LOGAN, T.J. Field response of soil physical properties to sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v.27, p.534-542, 1998.
- LOGAN, T.J.; CHANEY, R. Metals. In: PAGE, A.L.; GLEASON, T.L.; SMITH, J.E.; ISKANDAR, J.K.; SOMMERS, L.E. (Ed.). **Utilization of municipal wastewater and sludge on land**. Riverside: University of California, 1983. p.235-326.
- MISSIO, E. **Avaliação da disponibilidade de alguns metais pesados para as plantas**. 1996. 120p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; FURLANI, M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.
- RAPPAPORT, B.D.; MARTENS, D.C.; RENEAU JUNIOR, R.B.; SIMPSON, T.W. Metal availability in sludge-amended soils with elevated metal levels. **Journal of Environmental Quality**, v.17, p.42-47, 1988.
- RODGERS, C.S.; ANDERSON, R.C. Plant growth inhibition by soluble salts in sewage sludge-amended mine spoils. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p.627-630, 1995.
- SOMMERS, L.E.; GIORDANO, P.M. Use of nitrogen from agricultural, industrial and municipal wastes. In: HAUCK, R.D. (Ed.). **Nitrogen in crop production**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p.208-218.

Recebido em 29 de janeiro de 2004 e aprovado em 14 de janeiro de 2005