



## Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro<sup>1</sup>

Maria I. de Aguiar<sup>2</sup>, Isabel P. Lourenço<sup>3</sup>, Teógenes S. de Oliveira<sup>4</sup> & Nilda B. de Lacerda<sup>5</sup>

### RESUMO

Pretendeu-se, com o presente estudo, avaliar as perdas de nutrientes por lixiviação, em função do tipo de matéria orgânica incorporada ao solo e a sua acumulação na cultura do meloeiro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UFC/CCA. O solo utilizado foi um Argissolo Acinzentado, coletado na camada de 0-10 cm. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 4 repetições. Os tratamentos testados, foram: 0% de matéria orgânica (TEST); 100% de esterco bovino (EB); 100% de palha de arroz (PA) e 50% de esterco bovino + 50% de palha de arroz (EB + PA). Avaliaram-se: densidade do solo, nitrogênio (total NT, mineral NM e orgânico NO), C orgânico total (CO), P, K, Ca, Mg e Na no solo, na água percolada e na planta. Os menores valores de densidade do solo foram encontrados no tratamento PA e os maiores, no TEST. Ocorreu perda de nutrientes por lixiviação com destaque para o P. A lixiviação dos nutrientes foi maior nos tratamentos que contiam matéria orgânica, na forma de esterco bovino. As perdas de NT e CO não tiveram, como principal causa, a lixiviação.

**Palavras-chave:** adubação orgânica, adubação mineral, perda de fósforo

## Nutrient losses by leaching in an Ultisol with melon

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the nutrient losses by leaching as a function of the type of incorporated organic residues into the soil, as well as the accumulation in the melon crop. The experiment was developed in a greenhouse of the UFC/CCA. The soil was a Ultisol, collected in the layer of 0-10 cm. A completely randomized design considering four replications was adopted. The treatments tested were: 0% of organic residues (TEST); 100% of cattle manure (EB); 100% of rice straw (PA) and 50% of cattle manure + 50% of rice straw (EB + PA). The soil bulk density, the nitrogen (total NT, mineral NM and organic NO), total organic carbon (CO), P, K, Ca, Mg and Na in the soil, in the leached water and in the plants were evaluated. The lowest and highest soil bulk density values were found in the PA and TEST treatments, respectively. Nutrients losses by leaching, mainly in relation to P, were observed. The leaching of nutrients seems to be greater in the treatments using cattle manure. The NT and CO losses were not caused exclusively by leaching.

**Key words:** organic fertilization, mineral fertilization, loss of phosphorus

<sup>1</sup> Trabalho realizado com bolsas de Iniciação Científica do Programa PIBIC-CNPq-UFC

<sup>2</sup> Mestranda do Departamento de Solos/UFV. CEP 36571-000. E-mail: [ivanildaaguiar@yahoo.com.br](mailto:ivanildaaguiar@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Mestranda do Departamento de Fitotecnia/UFC. E-mail: [isabelpxl@hotmail.com](mailto:isabelpxl@hotmail.com)

<sup>4</sup> Departamento de Ciências do Solo/UFC. CEP 60455-760. Fortaleza, CE. Fone (85) 3366-9690, E-mail: [teo@ufc.br](mailto:teo@ufc.br), Bolsista do CNPq. E-mail: [nildalacerda@ig.com.br](mailto:nildalacerda@ig.com.br)

<sup>5</sup> Bolsista DCR-CNPq-FUNCAP do Departamento de Ciências do Solo/UFC. Fone: (85) 3366-9690.

## INTRODUÇÃO

A exploração da cultura do melão (*Cucumis melo* L.) é uma das atividades agrícolas de maior expressão econômica do Nordeste brasileiro, destacando-se os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará (Farias et al., 2003; IBGE, 2003). Esta área de produção é a principal exportadora de melão do País devido, principalmente, às condições climáticas, como alta temperatura, alta intensidade luminosa e baixa umidade relativa do ar, propícias ao desenvolvimento e à produção do meloeiro (Sousa et al., 1999). Nesta região, em que o principal fator limitante à produção é a água, a irrigação pode promover incrementos na produtividade, sendo considerada como perspectiva de futuro da agricultura.

A associação da fertilização via irrigação localizada às características e/ou propriedades de solos (tipicamente de textura arenosa) originários de sedimentos arenoquartzosos da Formação Barreiras (Brasil, 1973), tem sido uma prática que, nos últimos tempos, vem se tornando comum nas principais áreas agrícolas da região litorânea do Nordeste brasileiro, principalmente no estado do Ceará. Como nem sempre as condições de trabalho nessas áreas privilegiam o uso racional da terra, a eficiência dos fatores de produção deve estar comprometida, sobretudo quanto ao uso de fertilizantes e de matéria orgânica.

Práticas conservacionistas, tais como materiais orgânicos deixados na superfície ou incorporados ao solo, repercutem na estrutura do solo, no aumento e na conservação da estabilidade de agregados na superfície e na redução da compactação das camadas subsuperficiais. Todos esses fatores incidem também sobre a capacidade de infiltração de água no solo, que é resultante do balanço entre a quantidade de água que chega e a que sai.

Em todos esses fatores citados, a matéria orgânica tem participação direta ou indireta, estando presente na atividade agrícola, desde a origem até a sua utilização, de maneira histórica, diretamente à fertilidade e à produtividade dos solos cultivados. Em muitos solos, a matéria orgânica humificada do horizonte superficial é o principal fator responsável pela “capacidade de troca de cátions” (CTC) verdadeira dispensa dos nutrientes, que podem ser liberados progressivamente à disposição dos cultivos; logo, pode-se deduzir que é um componente do solo que tem papel fundamental nas perdas de nutrientes por lixiviação (EMBRAPA, 2005).

Perdas de nutrientes são amplamente estudadas pela pesquisa científica, em particular quando se refere à lixiviação de N, K, Ca e Mg e a alguns metais pesados (Lawton et al., 1978; Espinoza & Reis, 1982; Anjos & Rowell, 1983; Soprano & Alvarez, 1989; Bassoi & Carvalho, 1992; Beltrame et al., 1992; Bassoi & Reichardt, 1995; Carvalho, 1996; Bertoni & Mattiazzo, 1999), porém poucos são os trabalhos em que, além das análises de solo, se tenha realizado as quantificações de nutrientes na água de drenagem (Soprano & Alvarez, 1989; Figueiredo Jr. et al., 2002).

Com o presente estudo, objetivou-se avaliar as perdas de nutrientes por lixiviação, em função do tipo de matéria orgânica incorporada ao solo e a sua acumulação na cultura do meloeiro, para testar a hipótese de que as perdas

de nutrientes por lixiviação acontecem, mesmo em condições de manejo recomendado para a cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com amostras de um Argissolo Acinzentado, proveniente da Estação Experimental de Pacajus, CE, pertencente ao Centro Nacional de Pesquisa da Agroindústria Tropical da EMBRAPA (CNPAT-EMBRAPA). O experimento foi instalado em casa de vegetação da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici, situado na cidade de Fortaleza, CE. Segundo Köppen, o tipo climático nesta localidade é Aw, com temperatura e precipitação médias anuais de 26,7 °C e 1350 mm, respectivamente. A coleta do solo foi feita a uma profundidade de 0-10 cm, em quantidade suficiente para se instalar o experimento e executar as análises laboratoriais. As características físicas e químicas do solo estudado apresentadas na Tabela 1, foram determinadas segundo EMBRAPA (1997).

**Tabela 1.** Características físicas e químicas de um Argissolo Acinzentado utilizado no experimento

Características	Resultados
Areia grossa, g kg <sup>-1</sup>	530,00
Areia fina, g kg <sup>-1</sup>	350,00
Silte, g kg <sup>-1</sup>	40,00
Argila, g kg <sup>-1</sup>	80,00
Argila natural, g kg <sup>-1</sup>	30,00
Grau de floculação, dag kg <sup>-1</sup>	63,00
Densidade do solo, g cm <sup>-3</sup>	1,49
Densidade de partícula, g cm <sup>-3</sup>	2,65
Umidade - 0,033 MPa, dag kg <sup>-1</sup>	4,80
Umidade - 1,5 MPa, dag kg <sup>-1</sup>	3,62
Água útil, dag kg <sup>-1</sup>	1,18
pH em água	6,50
CE, dS m <sup>-1</sup>	1,36
Cálcio, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1,90
Magnésio, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,00
Potássio, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,21
Sódio, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,08
(H+Al), cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,82
Alumínio, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,00
Soma de bases, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	3,10
CTC, cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	3,90
Saturação de bases (V%)	79,00
C orgânico total (COT), g kg <sup>-1</sup>	4,90
Nitrogênio total (NT), g kg <sup>-1</sup>	0,50
C/N	10,00
Matéria orgânica (MO), g kg <sup>-1</sup>	8,40
Fósforo, mg kg <sup>-1</sup>	27,00

Depois de homogeneizado e secado ao ar, o solo foi destorroado e passado em peneira com abertura de malha de 2 mm e sua correção se deu conforme as necessidades da cultura, considerando-se as características físicas e químicas do solo (Tabela 1). Para a condução deste estudo utilizaram-se vasos plásticos de 20 L com 32 cm de altura e diâmetros de

32,5 e 30 cm, preenchidos com 17 L de solo.

A escolha da fonte de matéria orgânica se baseou na relação C/N, apresentada por vários materiais analisados, utilizando-se o esterco bovino e a casca de arroz, na forma isolada e em mistura (Tabela 2). Os tratamentos testados, foram: 0% de matéria orgânica (TEST); 100% de esterco bovino (EB); 100% palha de arroz (PA) e 50% esterco bovino + 50% palha de arroz (EB + PA).

A quantidade adicionada aos vasos foi calculada com base

**Tabela 2.** Teores de carbono orgânico (CO), nitrogênio total (NT), macronutrientes (P, K, Ca, e Mg) e sódio (Na) das fontes de matéria orgânica, utilizados nos vasos para o cultivo de melão do tipo Cantaloupl, híbrido Trusty

Variáveis	Materiais Utilizados	
	Esterco Bovino	Palha de Arroz
CO, g kg <sup>-1</sup>	144,00	358,00
N, g kg <sup>-1</sup>	12,90	3,40
Relação C/N	11,20	105,30
P, g kg <sup>-1</sup>	4,76	1,85
K, g kg <sup>-1</sup>	0,74	0,18
Ca, g kg <sup>-1</sup>	2,63	0,54
Mg, g kg <sup>-1</sup>	0,15	0,02
Na, g kg <sup>-1</sup>	1,98	0,17

em doses adotadas nos campos comerciais de cultivo de melão (*Cucumis melo* L.), empregando-se o equivalente a 10 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, correspondendo a 1.400 e 707 g de esterco bovino e palha de arroz por vaso, respectivamente.

Além da matéria orgânica, utilizaram-se, para as correções, os calcários dolomítico e calcítico para elevar a relação cálcio e magnésio para 4:1, o superfosfato triplo, na forma comercial, e soluções de micronutrientes p.a. Na adubação de cobertura foram empregados uréia, nitrato de amônio, nitrato de cálcio, sulfato de potássio e cloreto de potássio, cuja aplicação se deu via fertirrigação. As quantidades totais dos corretivos e fertilizantes aplicados se encontram na Tabela 3.

Com a irrigação, objetivou-se fornecer água ao meio para simular as condições de umidade encontradas numa área ocupada pela cultura do meloeiro irrigado, favorecendo as reações químicas que ocorrem no solo. A quantidade de água

**Tabela 3.** Corretivos e fertilizantes aplicados diretamente ao solo e via fertirrigação nos vasos utilizados para o cultivo de melão do tipo Cantaloupl, híbrido Trusty

Solo (g vaso <sup>-1</sup> )				
Calcário dolomítico	Calcário calcítico	Superfosfato triplo	Micronutrientes	
11,57	13,11	4,37	2,26	
Fertirrigação (g vaso <sup>-1</sup> )				
Uréia	Nitrato de amônio	Nitrato de cálcio	Sulfato de potássio	Cloreto de potássio
105,87	96,67	245,41	197,14	138,36
Nutrientes fornecidos pelos corretivos e fertilizantes (g vaso <sup>-1</sup> )				
N	P	K	Mg	Ca
116,35	0,38	75,24	0,26	57,36

aplicada para irrigação foi calculada com base na evaporação do tanque classe A, considerando-se a lâmina de água, a área do vaso e o estágio fenológico da cultura, segundo recomendação de Santos et al. (2001b).

O experimento foi de 49 dias utilizando-se, como cultura, a cultivar de melão do tipo Cantaloupl, híbrido Trusty, com oito épocas de coleta de água percolada; para isto, coletaram-se amostras diariamente, através de funis colocados na parte inferior dos vasos, sendo a própria água percolada, o extrato utilizado nas determinações. Cada amostra foi constituída de coletas com um período de 7 dias consecutivos. O solo foi coletado de três camadas dos vasos (5-10, 15-20 e 25-30 cm), após o término do ensaio. A parte aérea das plantas foi coletada e separada em ramos, folhas e frutos, além de determinados a área foliar, o peso de matéria seca e os teores totais de nutrientes.

Realizaram-se determinações de densidade do solo, através de amostras indeformadas e N total (NT), N mineral (NM), N orgânico (NO), P, K, Ca, Mg, Na e C orgânico (CO) no solo e na água percolada dos vasos.

As determinações de P disponível no solo e de K, Na, Ca e Mg trocáveis no solo e solúveis na água percolada, foram realizadas conforme EMBRAPA (1997).

O carbono orgânico (no solo, na água percolada e na parte aérea das plantas) foi determinado pelo método de Walkley-Black, via úmida, utilizando-se o dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 0,167 mol L<sup>-1</sup> em meio ácido, como oxidante, e titulado, com o sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O) 1 mol L<sup>-1</sup>, conforme Yeomans & Bremner (1988). O NT (no solo, água percolada e na parte aérea das plantas) e NM (no solo e na água percolada) foram determinados via úmida, através da digestão com solução catalizadora, destilação com micro-Kjedahl e titulação com ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0,02N e 0,005N, respectivamente (Tedesco et al., 1995). Obteve-se o nitrogênio orgânico (NO) através da diferença entre NT e NM. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, conforme EMBRAPA (1997).

Para determinação da área foliar utilizaram-se o aparelho medidor de área foliar LI 3100 Area Meter, Li-Cor, Inc. Lincoln, Nebraska, USA e as determinações de matéria seca de ramos, frutos e folhas, realizadas através da secagem em estufas com circulação forçada de ar com temperatura de 65 °C, seguida de pesagem em balança de precisão. Após pesados e secados, ramos, folhas e frutos foram submetidos a trituração em moinho fazendo-se, em seguida, uma digestão nitro-perclórica (2:1), para determinação dos teores totais de P, K, Na, Ca e Mg, segundo Malavolta et al. (1989).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo as variáveis de solo analisadas como parcelas subdivididas, cujos tratamentos foram considerados parcelas e as camadas de solo subparcelas. Os valores foram submetidas a análise de variância e o nível de significância foi analisado através do teste F enquanto as médias comparadas entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os resultados relativos às variáveis da água percolada, foram avaliados através de análise de variância e regressão. Utilizou-se o programa estatístico Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG), desenvolvido pela Univer-

cidade Federal de Viçosa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se, na Tabela 4, os resultados referentes à densidade do solo, através dos quais se nota ausência total de diferenças significativas entre as camadas de solo, para os tratamentos EB e EB + PA; já para os demais tratamentos, a menor densidade foi encontrada na camada 5-10 cm, diferindo significativamente da camada 25-30 cm do tratamento PA e TEST, indicando certo grau de adensamento do solo, a essas profundidades.

A menor densidade encontrada no tratamento PA se deve,

**Tabela 4.** Valores médios\* da densidade do solo em Argissolo Acinzentado cultivado com melão e incorporado a diferentes tipos de matéria orgânica, nas camadas de 5-10, 15-20 e 25-30 cm

Camada (cm)	Tratamentos <sup>1</sup>			
	TEST	EB	PA	EB + PA
	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )			
5-10	1,34 Ab	1,31 Aa	1,19 Bb	1,27 Aab
15-20	1,40 Ab	1,34 Aa	1,27 Aba	1,33 Aa
25-30	1,51 Aa	1,33 Ba	1,34 Ba	1,27 Ba

\* Médias seguidas de letras distintas maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade; <sup>1</sup> TEST: testemunha; EB: esterco bovino; PA: palha de arroz; EB + PA: esterco bovino (50%) e palha de arroz (50%).

provavelmente, à menor densidade da palha (0,12 g cm<sup>-3</sup>) em relação aos demais, fato este que também pode ser atribuído à maior densidade observada no tratamento TEST, no caso pela ausência de matéria orgânica que minimizasse a acomodação das partículas do solo.

A influência da matéria orgânica sobre a densidade do solo foi estudada por Andreola et al. (2000) em condições de campo. Trabalhando com cobertura vegetal de inverno e adubação orgânica e/ou mineral, os autores verificaram que a aplicação de adubo orgânico reduziu a densidade do solo na camada de 0-10 cm, profundidade de maior influência da aplicação, sendo associada ao aumento de macroporos e à diminuição dos microporos.

Encontram-se, na Tabela 5, os resultados de nitrogênio mineral (NM), nitrogênio orgânico (NO), nitrogênio total (NT), P disponível e K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> Na<sup>+</sup> trocáveis e carbono orgânico (CO).

Observa-se, nesta tabela, que as variáveis NM, NO e NT não apresentaram, quando analisadas no solo, interações significativas entre tratamentos e camadas porém, ao se avaliar os teores desses elementos acumulados na água percolada (Figura 1A, B, C), conclui-se que as interações entre tratamentos e épocas foram significativas, confirmando a lixiviação deste nutriente no tempo e nas suas várias formas analisadas. De modo geral, os maiores valores são daqueles tratamentos que continham esterco bovino (EB e EB + PA), seguidos do PA e TEST. A exceção fica por conta do NM, no tratamento TEST.

Ao adicionar matéria orgânica ao solo, aumenta-se o ni-

**Tabela 5.** Teores médios\* de NM, NO, NT, de nutrientes e CO em Argissolo Acinzentado cultivado com melão e incorporado a diferentes tipos de matéria orgânica, nas camadas de 5-10, 10-20 e 25-30 cm

Variáveis	Camada (cm)	Tratamentos <sup>1</sup>			
		TEST <sup>1</sup>	EB	PA	EB + PA
NM mg kg <sup>-1</sup>	0-30	0,16 A	0,17 A	0,08 B	0,05 B
NO mg kg <sup>-1</sup>	0-30	0,24 C	0,55 A	0,40 B	0,61 A
NT mg kg <sup>-1</sup>	0-30	0,40 D	0,72 A	0,47 C	0,66 B
P mg kg <sup>-1</sup>	05-10	4,01 Ca	52,82 Ac	5,27 Ca	24,14 Bc
	15-20	6,71 Ca	164,78 Ab	7,90 Ca	49,63 Bb
	25-30	8,23 Ca	209,31 Aa	12,16 Ca	114,51 Ba
K <sup>+</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	05-10	0,09 Cb	0,36 Ac	0,22 Bb	0,27 Abc
	15-20	0,19 Db	0,88 Ab	0,35 Ca	0,48 Bb
	25-30	0,23 Da	1,11 Aa	0,44 Ca	0,82Ba
Ca <sup>2+</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	05-10	1,41 Cb	2,80 Aa	2,02 Bb	2,02 Ba
	15-20	1,57 Cba	2,62 Aa	2,38 Aa	2,04Ba
	25-30	1,73 Ba	2,69 Aa	2,39 Aa	1,91 Ba
Mg <sup>2+</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	05-10	0,41 Ca	1,28 Ab	0,83 Bb	0,72 Bb
	15-20	0,41 Ca	1,81 Aa	1,11 Ba	0,98 Ba
	25-30	0,58 Da	1,89 Aa	1,30 Ba	1,00 Ca
Na <sup>+</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	05-10	0,08 Ba	0,21 Ab	0,14 ABa	0,22 Ac
	15-20	0,12 Ba	0,39 Aa	0,20 Ba	0,34 Ab
	25-30	0,13 Ba	0,47 Aa	0,21 Ba	0,52 Aa
CO mg kg <sup>-1</sup>	0-30	1,02 B	1,51 A	1,59 A	1,16 B

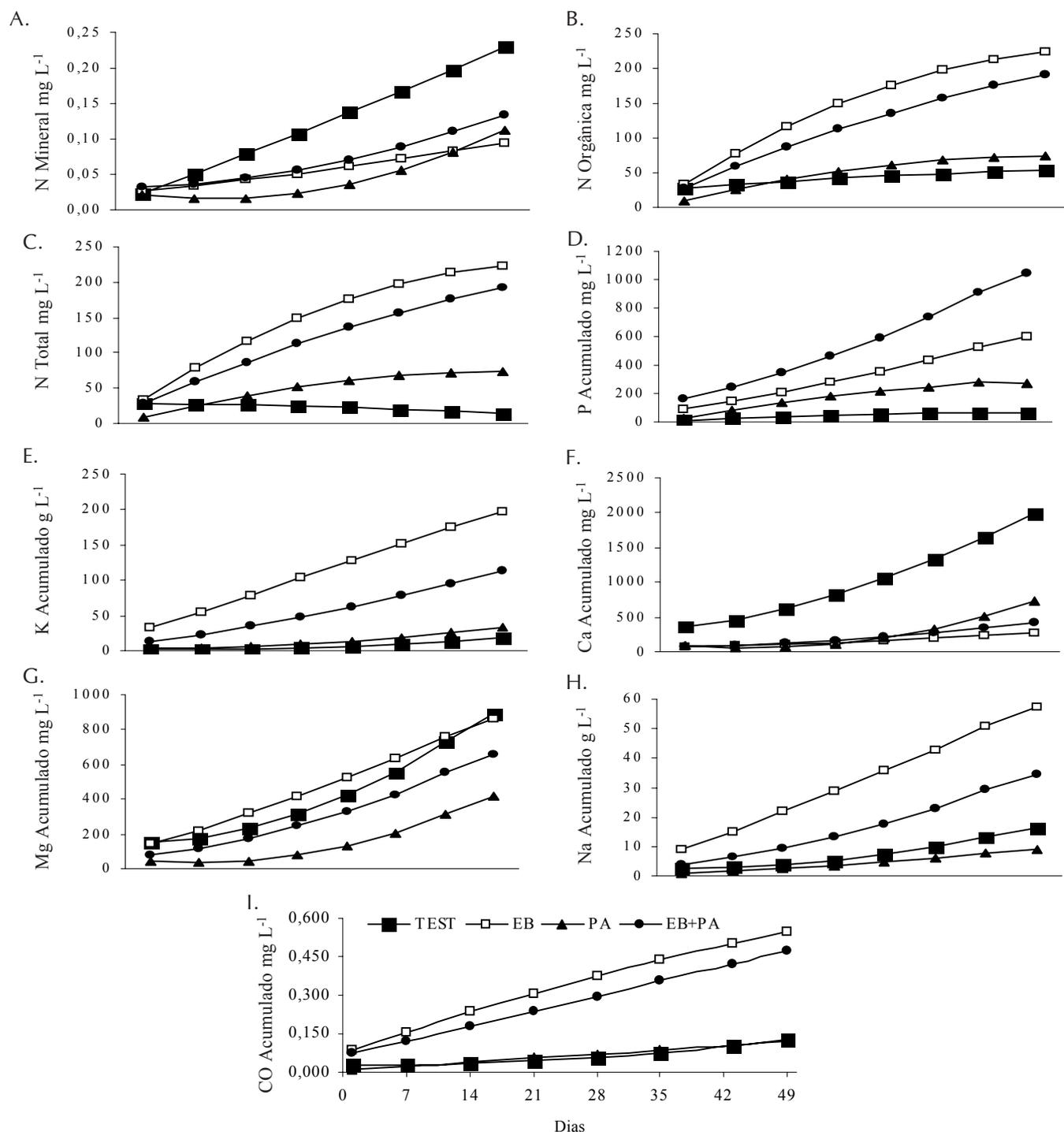
\* Médias seguidas de letras distintas maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade <sup>1</sup>TEST: testemunha; EB: esterco bovino; PA: palha de arroz; EB + PA: esterco bovino (50%) e palha de arroz (50%), NM: nitrogênio mineral, NO: nitrogênio orgânico, NT: nitrogênio total, CO: carbono orgânico.

trogênio orgânico e sua população microbiana, o que ampliaria as chances de perda, justificando a maior perda do nitrogênio orgânico (Figura 1B), nos tratamentos que contêm esterco bovino (EB e EB + PA) e que, de acordo com Ernani et al. (2002), deve estar associada à maior nitrificação do N aplicado na forma amoniacal, uma vez que as condições de oxigenação, umidade e temperatura, são favoráveis à atividade microbiana; esta condição ainda é favorecida pela movimentação vertical de água, típica de um solo de textura arenosa, como o utilizado neste estudo (Tabela 1).

A relação C/N do material utilizado interfere na liberação de N através dos processos microbianos de imobilização ou mineralização. Por se tratar de material de alta relação C:N, o tratamento PA apresenta maior imobilização, fato observado nas fases iniciais da cultura (Figura 1), os menores valores iniciais e a redução dos teores de NM, caracterizam o processo de imobilização, amplamente comentado na literatura. Griffin & Honeycutt (2000), Trinsourtrot et al. (2000) Sampaio & Salcedo (1993) também observaram imobilização de N em condições de adição de material orgânico, de relação C/N alta.

A maior perda de NM (Figura 1A) foi notada no tratamento TEST, podendo ser explicada pela não adição de matéria orgânica no mesmo. Como no solo o NO<sub>3</sub> é a forma predominante, por ser negativo, é repelido pelas superfícies negativas dos colóides, tendendo a permanecer livre na solução do solo, o que facilita, sem dúvida, a lixiviação, ocorrendo o acúmulo nas camadas mais profundas.

Observa-se ainda que o NT (Figura 1C) apresentou comportamento semelhante ao NO (Figura 1B), indicando ser este o responsável pelos maiores valores de lixiviação. Embora o NM tenha sido lixiviado em maior quantidade, no tratamento



**Figura 1.** Teores de nitrogênio mineral (NM), nitrogênio orgânico (NO), nitrogênio total (NT), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e carbono orgânico (CO) acumulados na água percolada em vasos com Argissolo Acinzentado cultivado com melão, variedade Cantaloupl, híbrido Trusty e incorporado a diferentes tipos de matéria orgânica.

TEST; verifica-se, pela escala numérica da Figura 1A, que os valores são bem menores exercendo, assim, pouca influência no NT. Trabalhos recentes têm mostrado que as perdas por lixiviação são desprezíveis nas dosagens de N comumente empregadas na agricultura, quando se utilizam técnicas de manejo e conservação do solo.

O comportamento observado para o N, também se repete para os demais nutrientes quando avaliados no solo e na água percolada, ou seja, ocorre, de modo geral, movimentação de

nutrientes em profundidade, principalmente nos tratamentos compostos com esterco bovino (EB, EB + PA), exceto para o Ca<sup>+2</sup> (Tabela 5). Os teores de nutrientes notados na água percolada indicam também que houve lixiviação de todos os nutrientes estudados (Figura 1).

Conclui-se que as diferenças estatísticas observadas para o P disponível (Tabela 5) entre os tratamentos e as camadas do solo apontam os maiores valores nos tratamentos EB e EB + PA, e na camada de 25-30 cm, indicando que ocorreu

lixiviação deste nutriente para as camadas mais profundas do solo mas nos demais tratamentos não se observaram diferenças significativas entre as camadas.

Além das razões atribuídas para o comportamento de N, no que se refere à textura, pode-se associar, também, a ocupação dos poucos sítios de troca por ácidos orgânicos, contribuindo efetivamente para a movimentação de P na vertical. Esses resultados concordam com Andrade et al. (2004) que, trabalhando com lixiviação de P, observaram que a aplicação de ácidos orgânicos influenciou a lixiviação de P nas colunas de solo.

Ao se estudar a água percolada (Figura 1D), confirmam-se as observações anteriores referentes à participação dos ácidos orgânicos, sendo encontrados os menores valores nos tratamentos PA e TEST. Tais resultados indicam a menor lixiviação em relação ao esterco bovino. Novamente, pode-se atribuir as mesmas razões já comentadas, ou seja, a ocupação dos poucos sítios de adsorção do solo por ácidos orgânicos liberados do esterco bovino, deixando-o disponível em meio à solução do solo, favorecendo a sua movimentação junto à água percolada. A movimentação de P em profundidade também foi observada por Araújo et al. (2000) e Soprano & Alvarez (1989).

O  $K^+$  trocável (Tabela 5) apresentou comportamento idêntico ao P, tanto no solo como na água percolada (Figura 1E), ou seja, ocorreu movimentação nas camadas em todos os tratamentos, em que os maiores valores foram encontrados nos tratamentos EB e EB + PA e seus resultados concordam também com os de Soprano & Alvarez (1989) que, estudando nutrientes lixiviados de colunas de solo, observaram ocorrência de grandes perdas de K em todos os tratamentos; este é um elemento conhecido por sua mobilidade no solo (Riekerk, 1971; Meurer & Anghinoni, 1993; Alfaro et al., 2004), cujos maiores valores foram encontrados para os tratamentos que tinham, como fonte de matéria orgânica, o esterco bovino (EB), o que deve estar associado não apenas ao K adicionado na forma mineral mas, também, na forma orgânica (Tabela 2).

O comportamento observado para os nutrientes já comentados não ocorreu com o  $Ca^+$  trocável (Tabela 5), ou seja, não se encontraram diferenças significativas entre as camadas nos tratamentos EB e EB + PA mas, sim, para os tratamentos TEST e PA, sendo os menores valores constatados nas camadas 5-10 cm. Nota-se a seguinte ordem decrescente de tratamentos: EB > EB + PA > PA > TEST, havendo uma correspondente ordem decrescente quando se analisa a água percolada (TEST > PA > EB + PA > EB), indicando que o  $Ca^{2+}$  foi o mais retido no tratamento EB. A condição de cátion bivalente e a pequena CTC do solo utilizado, favoreceram a movimentação deste elemento em profundidade e na água percolada nos tratamentos em que não ocorreu a adição de matéria orgânica; já para os tratamentos com adição, foi notória a contribuição da fração orgânica adicionada à CTC do solo utilizado.

Para o  $Mg^{2+}$  trocável observa-se, entre os tratamentos, comportamento semelhante ao  $Ca^{2+}$ , quando analisado no solo e na água percolada, enquanto entre as camadas estudadas o comportamento é diferenciado, uma vez que se verifica diferença significativa (Figura 1G, Tabela 5). No solo, os menores valores foram encontrados na camada de 5-10 cm para

todos os tratamentos, exceto para o TEST, que não apresentou diferença significativa. Soprano & Alvarez (1989) também constataram movimentação de K, Ca e Mg em colunas de solo porém em condições de tratamento com sais de cálcio.

Para o  $Na^+$  trocável (Tabela 5) observaram-se diferenças entre camadas para os tratamentos EB e EB + PA, em que os menores valores foram encontrados na camada 5-10 cm. Em relação aos tratamentos verificaram-se, como nos demais nutrientes, os maiores valores no tratamento EB. Ao se avaliar a água percolada, nota-se que a maior lixiviação deste nutriente se deu no tratamento EB (Figura 1H). A movimentação deste elemento, assim como de K, já é relatada na literatura, uma vez que referidos elementos são tidos como móveis no solo (Mathew et al., 2001).

Os teores de carbono orgânico no solo (Tabela 5) indica-

**Tabela 6.** Área foliar, massa seca e teores de nutrientes nos ramos, folhas e frutos das plantas de melão aos 49 dias após o plantio em vasos com Argissolo Acinzentado cultivado com melão, variedade Cantaloupl, híbrido Trusty

Variáveis	Parte da Planta	Tratamentos <sup>1</sup>			
		TEST	EB	PA	EB+PA
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	-	13195,83 ab	15338,11 ab	11542,51 b	16271,04 a
Massa seca, g	Ramos	29,47	35,36	26,06	37,85
	Folha	42,45 ab	47,51 a	34,40 b	48,90 a
	Fruto	42,22	46,85	1,46	118,06
	Total	114,14	129,72	61,92	204,81
P, g kg <sup>-1</sup>	Ramos	1,12 c	6,29 a	2,56 b	6,53 a
	Folha	1,69 c	4,79 a	3,04 b	4,70 a
	Fruto	2,61 b	10,61 a	6,79 ab	6,96ab
	Total	5,42	11,69	12,39	18,19
Ca, g kg <sup>-1</sup>	Ramos	3,09 a	1,12 b	2,57 ab	2,35 ab
	Folha	8,27	9,40	9,72	10,07
	Fruto	0,85	0,60	0,97	0,83
	Total	12,21	11,12	13,26	13,25
Mg, g kg <sup>-1</sup>	Ramos	0,13	0,12	0,11	0,13
	Folha	0,32 b	0,55 a	0,30	0,48 a
	Fruto	0,10 b	0,13 ab	0,15 a	0,13 ab
	Total	0,55	0,8	0,56	0,69
K, g kg <sup>-1</sup>	Ramos	3,92	4,19	4,24	4,10
	Folha	3,92	4,19	4,24	4,10
	Fruto	2,65 ab	2,85 a	2,97 a	2,33b
	Total	10,49	11,23	11,45	10,53
CO, g kg <sup>-1</sup>	Ramos	314,93	307,80	281,75	319,65
	Folha	383,80	459,08	482,22	499,63
	Fruto	559,73 c	591,48 bc	627,70 b	670,10 a
	Total	1258,46	1368,36	1391,67	1489,58
N, g kg <sup>-1</sup>	Ramos	2,81	2,00	2,62	2,10
	Folha	3,79 b	3,89 ab	4,63 a	3,95 ab
	Fruto	2,88 c	3,33 b	4,29 a	3,09 bc
	Total	9,48	9,22	11,54	9,05
Na, g kg <sup>-1</sup>	Ramos	3,37 ab	4,04 a	2,75 b	4,06 a
	Folha	0,94	1,21	1,20	1,21
	Fruto	1,52 b	1,96 a	1,50 b	1,98 a
	Total	5,83	7,21	5,45	7,19

\* Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

<sup>1</sup> TEST: testemunha; EB: esterco bovino; PA: palha de arroz; EB + PA: esterco bovino (50%) e palha de arroz (50%)

ram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos PA e EB. Na água percolada (Figura 11), vê-se que a maior lixiviação ocorreu na ordem decrescente EB > EB + PA > PA > TEST. Os resultados obtidos concordam com Figueirêdo Jr. et al. (2002) que, estudando a redução dos teores de CO, P e K, observaram que as maiores perdas relativas se deram nos tratamentos com menor relação C/N, enquanto as menores, nos tratamentos com elevada relação C/N, caso em que se tem uma fonte de matéria orgânica de relação C/N ampla, como o é a palha de arroz (105,30), enquanto o esterco bovino é bem menor (11,20), com teores de CO na proporção de 2:1.

Encontram-se, na Tabela 6, os resultados obtidos de área foliar, massa seca e teores de nutrientes nos ramos, folhas e frutos do meloeiro. Avaliando-se, nesta tabela os pesos dos frutos e dos ramos, nota-se que não há diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) devido, provavelmente,

ao elevado coeficiente de variação, uma vez que a duração do experimento não correspondeu ao ciclo completo das plantas. Desta forma, algumas repetições não frutificaram e as plantas não tiveram o seu completo desenvolvimento; mesmo assim se constataram, em algumas situações de análise, as diferenças estatísticas significativas podendo-se inferir tendências, considerando-se os demais resultados obtidos.

Na análise de área foliar sentiu-se que o tratamento PA foi responsável pelos menores valores, embora diferisse do tratamento EB + PA; para os valores de massa seca de folhas, o comportamento foi semelhante, ou seja, os menores valores foram encontrados no tratamento PA, diferindo significativamente do EB e EB + PA.

Esses resultados estão associados à menor disponibilidade de nutrientes proporcionada por este tratamento, uma vez que há indicações de imobilização de macronutrientes, caracterizando uma relativa competição com a planta, comparativamente aos outros tratamentos. Não se deve descartar, po-

**Tabela 7.** Teor e conteúdo de nutrientes contidos na água percolada, nas plantas e no Argissolo Acinzentado cultivado com melão, variedade Cantaloupl, híbrido Trusty

	Nutrientes (Teor – g kg <sup>-1</sup> / Conteúdo – g por vaso) <sup>1</sup>						
	NT	P	K	Ca	Mg	Na	CO
	TEST						
Solo Inicial <sup>2</sup>	5,19/129,02	0,05/1,14	3,05/77,27	2,64/66,97	0,01/0,26	0,01/0,29	4,90/124,12
Solo Final <sup>3</sup>	0,00/0,01	0,01/0,16	0,07/1,59	0,31/7,56	0,06/1,35	0,02/0,60	0,01/0,25
Água percolada	0,05/0,30	0,06/0,43	16,43/108,91	1,73/11,46	0,75/4,93	14,48/96,85	0,00/0,00
Ramos	2,81/0,08	1,12/0,03	3,92/0,12	3,09/0,09	0,13/0,00	2,81/0,08	214,93/9,28
Folhas	3,79/0,16	1,69/0,07	3,92/0,17	8,27/0,35	0,32/0,01	0,94/0,04	383,80/16,29
Frutos	2,88/0,12	2,61/0,11	2,65/0,11	0,85/0,04	0,10/0,00	2,88/0,12	559,73/23,63
Eficiência <sup>4</sup>	0,28	18,78	0,51	0,71	8,27	83,07	39,64
	EB						
Solo Inicial <sup>2</sup>	17,99/147,08	4,80/7,79	3,79/78,31	5,27/70,66	0,16/0,47	1,99/3,07	148,90/325,72
Solo Final <sup>3</sup>	0,00/0,02	0,14/3,21	0,31/6,92	0,54/12,21	0,20/4,49	0,08/1,85	0,02/0,34
Água percolada	0,23/1,25	0,50/2,85	181,45/993,2	0,23/1,29	0,77/4,22	51,81/283,67	0,00/0,00
Ramos	2,00/0,07	6,29/0,22	4,19/0,15	1,12/0,04	0,12/0,00	4,04/0,19	307,80/10,88
Folhas	3,89/0,18	4,79/0,23	4,19/0,20	9,40/0,45	0,55/0,03	1,21/0,06	459,08/21,81
Frutos	3,33/0,16	10,61/0,50	2,85/0,13	0,60/0,03	0,13/0,01	1,96/0,09	591,48/27,71
Eficiência <sup>4</sup>	0,28	12,15	0,61	0,73	7,73	9,53	18,55
	PA						
Solo Inicial <sup>2</sup>	8,49/131/42	0,05/1,14	3,29/77,44	2,81/67,10	0,19/0,39	0,36/0,54	363,90/377,22
Solo Final <sup>3</sup>	0,00/0,01	0,01/0,18	0,13/2,84	0,35/7,59	0,13/2,79	0,04/0,9	0,02/0,34
Água percolada	0,07/0,67	0,26/2,49	27,47/260,58	0,60/5,65	0,33/3,15	7,89/74,52	0,00/0,00
Ramos	2,62/0,07	2,56/0,07	4,24/0,11	2,57/0,07	0,11/0,00	2,75/0,07	281,75/7,34
Folhas	4,63/0,16	3,04/0,10	4,24/0,15	9,72/0,33	0,30/0,01	1,20/0,04	482,22/16,59
Frutos	4,29/0,01	6,79/0,01	2,97/0,00	0,97/0,00	0,15/0,00	1,50/0,00	627,70/0,92
Eficiência <sup>4</sup>	0,18	15,83	0,34	0,60	3,45	21,26	6,59
	EB + PA						
Solo Inicial <sup>2</sup>	21,39/139,25	4,80/4,47	4,03/77,87	5,44/68,88	0,34/0,43	2,34/1,80	506,90/351,29
Solo Final <sup>3</sup>	0,00/0,01	0,06/1,35	0,21/4,42	0,40/8,57	0,11/2,32	0,08/1,79	0,01/0,25
Água percolada	0,19/0,88	0,9/4,06	102,18/466,16	0,36/1,64	0,57/2,60	30,83/140,68	0,00/0,00
Ramos	2,10/0,08	6,53/0,25	4,10/0,16	2,35/0,09	0,13/0,00	4,06/0,15	319,65/12,10
Folhas	3,95/0,19	4,70/0,23	4,10/0,20	10,07/0,49	0,48/0,02	1,21/0,06	499,63/24,43
Frutos	3,09/0,36	6,96/0,82	2,33/0,28	0,83/0,10	0,13/0,02	1,98/0,23	670,10/79,11
Eficiência <sup>4</sup>	0,46	29,06	0,81	0,99	10,17	24,76	32,92

<sup>1</sup> Cada vaso com 25,33 kg de solo

<sup>2</sup> Nutrientes presentes no solo + aplicados via tratamentos

<sup>3</sup> Nutrientes extraídos do solo após o término do experimento

<sup>4</sup> Cálculo considerando-se conteúdo de nutrientes inicial (solo inicial) e acumulados nas plantas (ramos + folhas + frutos) x 100; TEST: testemunha; EB: esterco bovino; PA: palha de arroz; EB + PA: esterco bovino (50%) e palha de arroz (50%)

## CONCLUSÕES

rém, a possibilidade de existência de efeito alelopático induzido pela palha de arroz, fato já conhecido em relação às ervas daninhas (Santos et al., 2001a).

Em relação aos teores de nutrientes extraídos pela cultura de melão, além de se poder observar a alocação diferenciada dos nutrientes com relação à parte da planta (ramos, folhas e frutos) constatam-se, no entanto, o efeito dos tratamentos, os reflexos da composição das fontes de matéria orgânica e os fenômenos de imobilização-mineralização, em conjunto com a menor ou maior CTC, oriunda da fração mineral ou orgânica, interagindo. O fato de alguns tratamentos e/ou repetições não gozarem do pleno desenvolvimento da planta, não invalida os resultados obtidos, visto que são reflexos do conjunto do sistema solo-água-nutrientes-planta.

Vê-se que, para os ramos, Tabela 6, apenas os nutrientes P, Ca e Na apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o P e o Na são maiores nos tratamentos EB + PA e EB, porém os maiores teores de Ca foram observados no tratamento TEST, significativamente superior ao EB.

Ainda na Tabela 6 se verificam, para as folhas, diferenças significativas para os nutrientes P e Mg, em que os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com esterco bovino (EB e EB + PA), exceto o N, relativamente maior no tratamento PA. Os maiores teores de nutrientes extraídos pelas folhas nos tratamentos EB e EB + PA devem estar associados aos maiores teores desses nutrientes retidos no solo (Tabela 5); já para os frutos (Tabela 6), notam-se diferenças significativas entre os tratamentos para todos os nutrientes estudados, exceto para o Ca. Os teores de nutrientes extraídos dos frutos foram superiores nos tratamentos que receberam adição de alguma fonte de matéria orgânica (esterco bovino, palha de arroz, ou ambos).

Observam-se, na Tabela 7, os teores e conteúdos de nutrientes na água percolada, nas plantas e no solo, inicialmente e após o término do experimento e a eficiência na utilização desses nutrientes pelas plantas. Na obtenção dos resultados não se consideram os valores associados ao sistema radicular nas situações estudadas, visto não ser possível separá-los nos tratamentos testados e, em assim sendo e apesar de parcial, o balanço de nutrientes torna evidente a baixa eficiência de uso de nutrientes pelas plantas, demonstrando que as perdas são muito maiores. Em geral, essas perdas estão associadas a fenômenos que podem ser controlados e a outros que já são mais difíceis como, por exemplo, a lixiviação e a volatilização, respectivamente.

Nota-se que os nutrientes relativamente menos utilizados pelas plantas, foram NT, K e Ca, inferiores a 1% do total inicial do solo, em todos os tratamentos testados. Comparando-se os tratamentos, vê-se que a eficiência na utilização dos nutrientes no tratamento TEST, tende a ser maior que nos tratamentos EB e PA, e menor que o tratamento EB + PA, exceto para os Na e CO.

Os baixos conteúdos de NT e CO na água percolada indicam que a redução desses nutrientes no solo não tem, como principal causa, a lixiviação, mas a forma gasosa, através do processo de mineralização (CO<sub>2</sub>) e volatilização, respectivamente.

1. Os menores valores de densidade do solo foram encontrados no tratamento PA, e os maiores no TEST.

2. Constataram-se perdas de nutrientes por lixiviação, com destaque para o P.

3. A lixiviação dos nutrientes foi favorecida pela presença de matéria orgânica na forma de esterco bovino.

4. As perdas de nitrogênio total e carbono orgânico não tiveram, como principal causa, a lixiviação.

## LITERATURA CITADA

- Alfaro, M.A.; Jarvis, S.C.; Gregory, P.J. Factors affecting potassium leaching in different soils. *Soil Use and Management*, v. 20, n.2, p.182-189, 2004.
- Andrade, F.V.; Mendonça, E.S.; Matos, E.S.; Mateus, R.F. Lixiviação de fósforo em função da aplicação de ácidos orgânicos em amostras de Latossolos. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 26, 2004, Lages. Resumos...Lages: SBCS, 2004. CD-Rom
- Andreola, F.; Costa, L.M.; Olszusi, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e/ou, mineral sobre as propriedades de uma terra Roxa estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.4, p.857-865, 2000.
- Anjos, J.T.; Rowell, D.L. Perdas de cálcio em solos: efeito de doses de óxidos de cálcio, temperatura e períodos de secagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.7, n.1, p.5-81, 1983.
- Araújo, C.A.S.; Ruiz, H.A.; Ferreira, P.A.; Silva, D.J.; Carvalho, M.A. Transporte de Fósforo e de Potássio em colunas com agregados de um Latossolo Vermelho Distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.2, p.259-268, 2000.
- Basso, L.H.; Carvalho, A.M. Lixiviação de macronutrientes em um solo cultivado com milho com e sem irrigação suplementar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.3, p.283-287, 1992.
- Basso, L.H.; Reichardt, K. Lixiviação de nitrato em terra roxa estruturada latossólica cultivada com milho fertirrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.541-548, 1995.
- Beltrame, L.F.S.; Iochpe, B.; Rosa, S.M. da; Miranda, T.L.G. Lixiviação de íons em solos cultivado com arroz irrigado por inundação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.203-208, 1992.
- Bertoncini, E.I.; Mattiazzo, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.3, p.737-744, 1999.
- Brasil, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório. Reconhecimento de solos do estado do Ceará. Recife, 1973. v.1, 310p. Série Pedológica, 16
- Carvalho, M.S.B.S.C. Perdas de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio por lixiviação em alguns solos dos estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte cultivados com cajueiro. Fortaleza: UFC, 1996, 74p. Dissertação Mestrado

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/> 22 Nov.2005.
- Ernani, P.R.; Sangoi, L.; Rampazzo, C. Lixiviação e Imobilização de nitrogênio num Nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.4, p.993-1000, 2002.
- Espinoza, W.; Reis, A.E.G. dos. Lixiviação de Ca, K e Mg em um Latossolo Vermelho-escuro (LE) de Cerrado. I. Magnitude e variabilidade do fenômeno na época chuvosa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.2, p.299-317, 1982.
- Farias, C.H. de A.; Espínola Sobrinho, J.; Medeiros, J.F. de; Costa, M. da C.; Nascimento, I.B. do; Silva, M.C. de C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.3, p.445-450, 2003.
- Figueiredo Jr., L.G. de; Oliveira, T.S. de; Soares, I.; Lacerda, C.F. de. Redução de teores de carbono orgânico, fósforo e potássio em colunas de um solo fertirrigado. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.33, n.2, p.5-12, 2002.
- Griffin, T.S.; Honeycutt, C.W. Using growing degree days do predict nitrogen availability from livestock manures. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.64, n.5, p.1876-1882, 2000.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_%5Banual%5D/2003/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banual%5D/2003/) 25 Nov.2005.
- Lawton, K.; Coelho, M.A.; Crisóstomo, L.A. Movimento e perdas por lixiviação de nutrientes solúveis aplicados a solos do Estado do Ceará, Brasil. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v.8, n.1/2, p.9-18, 1978.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveita, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- Mathew, E.K.; Panda, R.K.; Nair, M. Influence of subsurface drainage on crop production and soil quality in a low-lying acid sulphate soil. *Agricultural Water Management*, Columbus, v.47, n.3, p.191-209, 2001.
- Meurer, E.J.; Anghinoni, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.377-382, 1993.
- Riekerk H. Mobility of phosphorus, potassium, and calcium in a forest soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.35, n.2, p.350-631, 1971.
- Sampaio, E.V.S.B.; Salcedo, I.H. Mineralização e absorção por milho do nitrogênio do solo, da palha de milho  $-(^{15}\text{N})$  e uréia- $(^{15}\text{N})$ . *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.423-429, 1993.
- Santos, F.J. de S.; Lima, R.N. de; Crisóstomo, L.A.; Souza, F. Irrigação do melão: manejo através do tanque classe "A". Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 2001b. 7p. Circular Técnica, 11.
- Santos, J.C.F.; Sousa, I.F.; Mendes, A.N.G.; Morais, A.R.; Conceição, H.E.O.; Marinho, J.T.S. Influência alelopática da cobertura morta de casca de café (*Coffea arabica* L.) e casca de arroz (*Oriza sativa* L.) sobre o controle do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis* L.) em lavoura de café. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.25, n.5, p.1105-1118, 2001a.
- Soprano, E.; Alvarez, V.H. Nutrientes lixiviados de colunas de solo tratados com diferentes sais de cálcio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.1, p.25-29, 1989.
- Sousa, V.F.; Coelho, E.F.; Souza, V.A.B. Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.4, p.659-664, 1999.
- Tedesco, M.J.; Gianello, G.; Bissani, C.A.; Bohnen, H.; Volkweis, S.I. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.
- Trinsoutrot, I.; Recous, S.; Bentz, B.; Linéres, M.; Chéneby, D.; Nicolardot, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.64, n.3, p.918-926, 2000.
- Yeomans, J.C.; Bremner, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.