

ESTADO NUTRICIONAL E TEORES DE METAIS PESADOS EM PLANTAS DE ALFACE ADUBADAS COM COMPOSTOS ORGÂNICOS

NUTRITIONAL STATUS AND LEVELS OF HEAVY METALS IN LETTUCE PLANTS FERTILIZED WITH ORGANIC COMPOUNDS

Leandra Brito de OLIVEIRA¹; Adriana Maria de Aguiar ACCIOLY²;
Clístenes Williams Araújo do NASCIMENTO³; Carlos Leandro Rodrigues dos SANTOS⁴;
Rilner Alves FLORES⁵; Flávia Silva BARBOSA⁶

1. Doutoranda em Engenharia Agrícola, CCAAB - UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil. leandramaiorane@yahoo.com.br; 2. Pesquisadora, Doutora em Ciência do Solo, EMBRAPA, CNPMF, Cruz das Almas, BA, Brasil; 3. Professor, Doutor em Ciência do Solo, UFRPE, Recife, PE, Brasil; 4. Doutorando em Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil; 5. Professor, Doutor em Ciência do Solo, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil; 6. Professora, Doutora em Fitotecnia, CCAAB - UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil.

RESUMO: A utilização de compostos orgânicos tem sido uma boa opção para reduzir os gastos com fertilizantes minerais e obter aumento de produtividade no cultivo de alface. Entretanto, dada à grande diversidade de matérias primas utilizada na preparação de compostos orgânicos, são necessários estudos para avaliar seus efeitos tanto sobre a liberação de nutrientes essenciais às plantas quanto sobre a liberação de substâncias contaminantes, como os metais pesados. O objetivo desse trabalho foi avaliar a nutrição mineral, bem como contaminação por metais pesados, da alface crespa em solos tratados com doses e tipos de composto orgânico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x4, sendo cinco tipos de compostos orgânicos e quatro doses de nitrogênio (0, 35, 70 e 140 kg ha⁻¹ de N), com quatro repetições. De maneira geral, as doses dos compostos estudados não foram suficientes para fornecer a quantidade necessária de nutrientes para a alface, com exceção das de nitrogênio. Não se observou elevação dos teores de metais pesados no solo, acima do permitido pela legislação brasileira. Além disso, compostos a base de esterco mais grama, e um composto comercial causaram aumentos nos teores de Zn nas plantas, a níveis acima do recomendado para o consumo.

PALAVRAS CHAVE: *Lactuca sativa*. Adubação orgânica. Biofertilizantes. Nutrição de plantas.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais cultivada e consumida no Brasil, onde, os cultivos são realizados principalmente em pequenas áreas, e por produtores familiares (RESENDE et al., 2007), sendo bastante comum, no seu cultivo, o uso de adubação orgânica como forma de suplementação nutricional das plantas (KIEHL, 1985). Deste modo, o emprego de compostos orgânicos é uma importante prática alternativa, uma vez que, promove ganhos de produtividade, reduz o gasto com fertilizantes e possibilita a preservação do meio ambiente (FIGUEIREDO et al., 2010).

Na literatura, alguns trabalhos reportam a necessidade de estudos prévios e cautela na utilização de determinados compostos que, dependendo da matéria-prima, podem contaminar o solo e/ou plantas com parasitas, metais pesados e principalmente, excesso de nitrogênio (ABREU JUNIOR et al., 2002; DUARTE et al.; 2008; SAMPAIO et al., 2009; DELGADO et al., 2012). Neste sentido, dada à heterogeneidade da composição dos compostos orgânicos, tornam-se necessários estudos que avaliem seus efeitos, tanto

sobre a liberação de nutrientes para as plantas quanto à liberação de substâncias contaminantes.

O uso de compostos orgânicos pode suprir satisfatoriamente as necessidades nutricionais das plantas de alface (VILLAS BÔAS et al., 2004; SILVA et al., 2010). Nota-se ainda que, as plantas de alface podem ser beneficiadas pelo aumento do teor vitamínico das folhas e menor acúmulo de nitrato (SILVA et al., 2011). Nazareno et al. (2010) citam o efeito benéfico do emprego de compostos orgânicos na redução do ataque de pragas e doenças, como nematoides de galha em alface. Porém, somente o uso de compostos orgânicos não é suficiente para manter as plantas nutricionalmente equilibradas e produtivas (ROEL et al., 2007; SANTOS et al., 2008). Freitas et al. (2009) relatam a viabilidade do uso de compostos orgânicos associado aos fertilizantes minerais. Já Araújo et al. (2011) afirmam que o emprego de altas doses de fertilizantes minerais em solos previamente adubado com material orgânico podem causar declínio de produtividade.

Vários autores citam que a aplicação de composto orgânico não promove o acúmulo de metais pesados em plantas de alface (FERRAZ

JÚNIOR et al., 2003; SAMPAIO et al., 2010; CARDOSO et al., 2011). Em contra partida, alguns, afirmam que a aplicação destes compostos orgânicos pode aumentar os teores destes elementos no solo e nas plantas (SAMPALIO et al., 2009).

O emprego de compostos orgânicos, como fonte de nutrientes, pode melhorar o estado nutricional das plantas de alface, com baixa contaminação por metais pesados, tornando viável o uso alternativo destes compostos orgânicos para a produção dessa hortaliça.

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a nutrição mineral, bem como contaminação por metais pesados, da alface crespa em solos tratados com doses e tipos de composto orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. O solo utilizado para a condução do estudo foi retirado de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), sendo o material coletado na camada superficial do solo (0 a 20 cm), no Campus da UFRPE. Sub-amostras foram retiradas para a caracterização química e física (Tabela 1), conforme indicações de EMBRAPA (2009).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

pH - H ₂ O (1:2,5)	H+Al	Al	Ca	Mg	K	Na	P			
							(Mehlic h-1)	Zn	Cu	Cd
----- cmol _c dm ⁻³ -----							mg kg ⁻¹	----- mg dm ⁻³ -----		
5,20	5,50	0,91	2,20	0,50	0,45	0,14	5,85	1,45	LD	LD
C.O.	N	V	m		CTC	Ds	Areia	Silte	Argila	
g dm ⁻³	g kg ⁻¹	---- % ----			cmol _c dm ⁻³	g cm ⁻³	----- g kg ⁻¹ -----			
26,5	1,70	78,33	21,66		4,20	1,33	710,0	70,0	220,0	

C.O. = Carbono orgânico; V = Saturação por bases; m = saturação por Al³⁺; CTC = Capacidade de troca de cátions efetiva; Ds = Densidade do solo; LD = Abaixo do limite de detecção do equipamento utilizado.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x4, sendo cinco tipos de compostos orgânicos (Tabela 2), cujas características químicas são descritas na Tabela 3, e quatro doses de N: 0, 35, 70, e 140 kg ha⁻¹ de N, (Tabela 4), com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais.

Os compostos orgânicos utilizados apresentavam matéria orgânica quase que totalmente decomposta, ou seja, estabilizada, e as doses foram baseadas na necessidade de nitrogênio

para a alface, de acordo com as recomendações para o Estado de Pernambuco (CAVALCANTI, 1998), Para isso considerou-se uma densidade populacional de 157.000 plantas por ha⁻¹, sendo 0, 50, 100 e 200% da dose recomendada para a cultura.

Em cada composto orgânico, foi retirada uma amostra para a determinação da composição química do material (pH, P, K, N, Ca, Mg, Cu, Zn, Ni, e Cd), conforme métodos descritos por Embrapa (2009). Os resultados dessas análises são apresentados na Tabela 3.

Tabela 2. Composição dos compostos orgânicos

Compostos	Composição	Origem*
1	Gramma, casca de mandioca e bagaço de cana-de-açúcar*	Cruz das Almas-BA
2	Gramma e esterco *	Cruz das Almas-BA
3	Resíduos orgânicos doméstico, urbano e industrial*	Recife-PE
4	Composto comercial (Greenworld®)	Comercial
5	Esterco de gado, folha de caju, folha de manga, rama de gliricídia, capim seco, pó de telha, calcário dolomítico, fósforo natural, farinha de rocha, farinha de osso e grãos de feijão*	Esperança-PB

* - Resíduos e matéria prima com alta disponibilidade na região de estudo, portanto, passível de ser aproveitado artesanalmente por produtores na confecção de compostos.

Tabela 3. Características químicas dos compostos orgânicos utilizados no experimento

	Compostos				
	1	2	3	4	5
pH (H ₂ O)	5,71	7,44	7,75	2,50	8,90
M.O. (%)	39,00	37,00	62,00	90,00	73,00
C/N	17,20	15,50	28,46	25,65	13,75
N (g kg ⁻¹)	9,40	10,40	2,60	2,30	8,40
P (g kg ⁻¹)	2,90	3,40	3,00	4,10	4,30
K (g kg ⁻¹)	6,70	9,87	1,23	3,95	6,42
Ca (g kg ⁻¹)	4,30	6,80	13,70	8,10	15,20
Mg (g kg ⁻¹)	0,80	0,02	1,20	1,20	0,50
Zn (mg kg ⁻¹)	17,25	40,28	132,78	38,35	60,00
Cu (mg kg ⁻¹)	11,84	36,76	5,78	5,78	10,00
Cd (mg kg ⁻¹)	LD	6,07	46,82	23,67	1,74
Ni (mg kg ⁻¹)	11,90	19,05	59,50	15,20	99,94

M.O. = Matéria orgânica; C/N = Relação carbono/nitrogênio; LD = Abaixo do limite de detecção do equipamento utilizado.

A correção da acidez do solo foi realizada através da incorporação de carbonato de cálcio e de magnésio, incubadas em sacos de plásticos vedados e com umidade mantida em torno de 80% da capacidade de campo, por um período de 20 dias. Em seguida, foi realizada a homogeneização do solo

juntamente com a quantidade de composto orgânico correspondente para cada tratamento (Tabela 4). Após 15 dias foi realizado o transplântio das mudas de alface para os vasos, deixando após o desbaste, apenas uma planta por vaso.

Tabela 4. Doses de compostos utilizadas no experimento

Compostos	Doses de compostos (g/vaso)		
	½ x recomendação de N	1 x recomendação de N	2 x recomendação de N
1	23,72	47,43	94,86
2	21,35	42,70	85,40
3	85,73	171,46	342,92
4	95,65	191,30	382,60
5	26,54	53,07	106,14

x = 70 kg ha⁻¹ de N

Antes do transplântio, as mudas de alface, cultivar crespa, foram cultivadas em bandejas de isopor preenchidas com o substrato comercial Plantmax[®], sendo irrigadas com água destilada, durante os primeiros 30 dias. Em seguida, procedeu-se o transplântio das mudas para os vasos definitivos, com capacidade de 2,5 kg de solo. A irrigação foi feita diariamente com água destilada, procurando-se manter 80% da capacidade de retenção de água, mediante pesagem dos vasos para aferição de água perdida por evapotranspiração.

Após 35 dias do transplântio, as plantas de alface foram coletadas, cortadas rente ao solo. Em seguida, os tecidos vegetais de parte aérea foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C durante 48 h. Após esse período, o material vegetal foi triturado em moinho tipo Willey e submetida às análises laboratoriais para determinação da composição química (N, P, K, Ca, Mg, Cd, Cu, Ni e Zn), conforme métodos descritos em Embrapa (2009). Ainda, depois da colheita das plantas de alface, foi realizada a amostragem do solo dos vasos

para determinação dos metais pesados (Cd, Cu, Ni e Zn), seguindo os métodos de extração em DTPA (LINDSAY; NORVELL, 1978), e quantificados por

espectrometria de emissão atômica com plasma induzido de argônio (ICP/OES) (Tabela 5).

Tabela 5. Quantidade de elementos minerais adicionados na cultura contidas nos compostos calculados para suprir a adubação nitrogenada na proporção de 100% (1 x recomendação de N)

Compostos	1	2	3	4	5
N (g vaso ⁻¹)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
P (g vaso ⁻¹)	0,14	0,15	0,51	0,78	0,23
K (g vaso ⁻¹)	0,32	0,42	0,21	0,76	0,34
Ca (g vaso ⁻¹)	0,20	0,29	2,35	1,55	0,81
Mg (g vaso ⁻¹)	0,04	0,00	0,21	0,23	0,03
Zn (g vaso ⁻¹)	0,82	1,72	22,77	7,34	3,18
Cu (g vaso ⁻¹)	0,56	1,57	0,99	1,11	0,53
Cd (g vaso ⁻¹)	LD	0,26	8,03	4,53	0,09
Ni (g vaso ⁻¹)	0,56	0,81	10,20	2,91	5,30

LD = Abaixo do limite de detecção do equipamento utilizado

Os resultados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. Em seguida, foi aplicado o teste de regressão polinomial em todos os resultados obtidos das variáveis estudadas, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação dos tratamentos, notou-se que houve interação entre o tipo de composto orgânico e as doses de nitrogênio aplicadas no solo apenas para os teores de potássio das plantas de alface (Tabela 6). Após o desdobramento desta interação, através do estudo da regressão polinomial, pode-se observar que, os compostos 1, 2, 4 e 5 apresentaram incrementos com ajustes quadráticos para o teor de K nas folhas, os quais atingiram 29,4; 34,6; 25,9; e 24,0 g kg⁻¹ com o uso das doses de 94,0; 94,8; 83,6; e 97,0 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 1).

Porém, para o composto orgânico 3, os teores de potássio foliar não foram afetados em função das doses de nitrogênio aplicadas na forma de diferentes tipos de compostos orgânicos, apresentando teor médio de 16,1 g kg⁻¹ (Figura 1). Segundo Raij (2011), os teores de potássio nas folhas da alface, em todos os tratamentos avaliados, são considerados baixos (50-80 g kg⁻¹).

As diferenças entre os teores de nutrientes obtidos no presente estudo e os da literatura, possivelmente, são devido aos teores iniciais no solo

(Tabela 1) e os teores de K em cada composto (Tabela 3), que como foi proporcional à dose de N, talvez não tenha atendido à necessidade da cultura, em termos de K, sendo aplicado apenas 0,21 g vaso⁻¹ (Tabela 5). Ainda, o baixo teor de K nas folhas de alface pode ser explicado, em parte, pelo excesso de Zn observado nas folhas das plantas de alface, pois, segundo Prado (2008) plantas com excesso de Zn pode diminuir a absorção de K, principalmente por promover acúmulo de potássio no xilema na forma de tampões “plugs”, os quais dificultam a ascensão da seiva bruta.

Porém, Villas Bôas et al. (2004), avaliando diferentes tipos de compostos orgânicos, observaram que os teores de K nas folhas de alface ficaram dentro da faixa considerada adequada (69,48 g kg⁻¹) com o uso de composto orgânico a base de esterco de aves mais palha de feijão. Esse fato pode ser explicado, principalmente, pela composição mineral desse composto (3,19 g kg⁻¹ de K) e da quantidade aplicada no solo (240 g por vaso com 4 kg de solo).

O tipo de composto orgânico aplicado no solo afetou os teores de N, Ca, Zn, Cu e de Cd das plantas de alface (Tabela 6). Em relação aos teores de nitrogênio nas plantas de alface, os compostos 2, 3, e 1 foram os que apresentaram os melhores resultados, 32,21; 32,20; e 32,09 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 6). Segundo Raij (2011), os teores de nitrogênio nas folhas da alface são considerados adequados (30-50 g kg⁻¹), assim,

apenas os teores obtidos com o uso do composto 4 (28,69 g kg⁻¹) devem ser considerados baixos. Desta forma, observa-se que os compostos orgânicos

aplicados como fonte de nitrogênio supriram as necessidades nutricionais das plantas de alface, com exceção do composto 4 (Tabela 6).

Tabela 6. Teores foliares de N, K, P, Ca, Mg, Zn, Cu, Ni e Cd em plantas de alface, em função das doses de N aplicados na forma de diferentes tipos de compostos orgânicos.

Tratamentos	N	K	P	Ca	Mg	Zn	Cu	Ni	Cd
Compostos (C)	----- g kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----			
1	32,09a	22,69b	1,75a	6,70ab	1,48a	129,38ab	28,05ab	0,199a	0,112c
2	32,21a	26,01a	1,33a	7,17ab	1,48a	144,95ab	28,94a	0,210a	0,116c
3	32,20a	16,14c	1,48a	7,64a	1,47a	116,91b	28,48ab	0,197a	0,135b
4	28,69b	22,35b	1,68a	7,18ab	1,51a	166,64a	27,91ab	0,219a	0,138b
5	30,24ab	21,32b	1,41a	6,41b	1,53a	111,73b	26,95b	0,214a	0,160a
DMS (5%)	2,65	2,30	0,61	1,10	0,09	42,13	1,85	0,037	0,016
Fc	5,12**	40,92**	1,41 ^{ns}	3,11*	1,52 ^{ns}	4,10**	2,72*	1,33 ^{ns}	23,00**
Doses de N (Fc)	5,45**	69,54**	6,59 ^{ns}	0,84 ^{ns}	2,75 ^{ns}	3,22*	2,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Interação CxN (Fc)	1,93 ^{ns}	10,20**	0,22 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,26 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,68 ^{ns}
C.V. (%)	8,24	10,30	38,72	15,29	5,67	30,92	6,40	17,51	12,06

^{ns}, ** e *, - não-significativo a 5%, e significativo aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

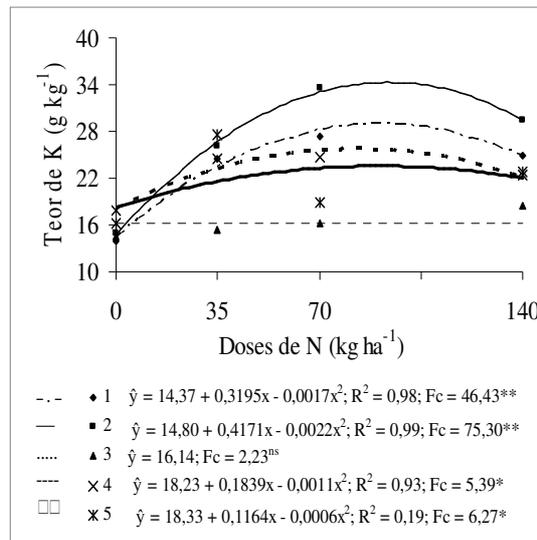


Figura 1. Teor de K nas folhas das plantas da alface, em função das doses de N fornecidas por meio de diferentes tipos de composto orgânico. ^{ns}, * e ** - não-significativo a 5%, e significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade.

O tipo de composto orgânico aplicado no solo não afetou os teores de P, Mg e Ni das plantas de alface, os quais apresentaram teores médios de 1,53 e 1,49 g kg⁻¹ e 0,21 mg kg⁻¹, respectivamente, independente da dose de N aplicada no solo (Tabela 6). Segundo Raij (2011) os teores de P e Mg são considerados baixos (4-7 e 4-6 g kg⁻¹), respectivamente. Esses resultados podem ser

explicados pelo baixo teor desses nutrientes presentes nos compostos orgânicos utilizados (Tabela 3), de modo que a quantidade aplicada no solo (Tabela 5) não tenha atendido à necessidade da cultura, e não ter sido feita nenhuma adubação complementar no que se refere a esses nutrientes.

Os baixos teores de P observados nas plantas de alface podem ser explicados através do

efeito depressivo do fósforo sobre a utilização dos micronutrientes catiônicos, especialmente o Zn (PRADO, 2008). Segundo Malavolta (1980) o transporte do fósforo no xilema se faz principalmente na forma de H_2PO_4^- , podendo aparecer na seiva bruta como fosforil colina e ésteres de barboidrato. Ainda, altas concentrações de metais nas plantas, em especial o Zn, aliado a pH pouco ácido podem determinar a reação de precipitação do fosfato inorgânico nos vasos do xilema, tendo o seu transporte reduzido para a parte aérea, causando a deficiência de P.

Os teores de Ca nas plantas de alface foram afetados pelos tipos de compostos orgânicos aplicados no solo, independente da dose de nitrogênio aplicada, os melhores resultados foram obtidos com o uso dos compostos 3, 4, 2, e 1, os quais apresentaram os teores médios de 7,6; 7,2; 7,2; e 6,7 g kg^{-1} , respectivamente (Tabela 6). Segundo Raij (2011) os teores de cálcio nas plantas de alface são considerados baixos (15-25 g kg^{-1}). Da mesma forma, os teores de Zn e Cu foram afetados em função do tipo de composto orgânico aplicado no solo, sendo os melhores resultados obtidos com o uso dos compostos 4, 2 e 1; e 2, 3, 1 e 4, os quais apresentaram os teores médios de 166,6; 144,9 e 129,4 mg kg^{-1} e 28,9; 28,5; 28,0; e 27,9 mg kg^{-1} , respectivamente (Tabela 6). Os teores de Zn e Cu nas folhas de alface estão acima dos teores considerados adequados por Raij (2011) (30-100 e 7-20 mg kg^{-1}), respectivamente. Nota-se que a absorção de Zn pelas plantas pode ser influenciada pelo pH, uma vez que, quanto mais alto, menor é a sua disponibilidade na solução do solo. Além disso, a matéria orgânica afeta a disponibilidade do Zn, aumentando a solubilidade através da formação de complexos com ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos flúvicos, porém, pode diminuir a solubilidade devido à formação de complexos orgânicos insolúveis que reduzem a sua disponibilidade. Ainda, a liberação de exsudados e ligantes pela raiz pode complexar o Zn na rizosfera, e os microrganismos podem imobilizar o Zn, fixando-o na biomassa, sendo liberado posteriormente após a mineralização da matéria orgânica (Malavolta, 2006).

De modo geral, observou-se que os teores de Zn na parte aérea das plantas foram superiores ao limite máximo aceitável para o consumo humano, que é de 100 mg kg^{-1} (ABIA, 1985). Sampaio et al. (2009) também observaram incrementos nos teores de Zn na parte aérea das plantas de alface em função da adubação com compostos orgânicos, porém, os valores observados não ultrapassaram o limite recomendado. De modo semelhante, Mesquita Filho

et al. (2002) observaram incrementos nos teores de Zn tanto no solo quanto na matéria seca da parte aérea em plantas de cenoura, com o uso de 80 Mg ha^{-1} de composto de lixo urbano no solo.

Os teores de nitrogênio foliar das plantas de alface foram afetados em função dos tratamentos aplicados no solo (controle, 50%, 100% e 200% da recomendação de N), independente do tipo de composto aplicado (Tabela 6), uma vez que, a quantidade de N aplicada foi a mesma em todos os compostos (Tabela 5). Nota-se ainda que, houve um incremento, com ajuste linear, nos teores de N nas folhas, os quais atingiram 33,00 g kg^{-1} com o uso da dose de 140,0 kg ha^{-1} de N, independente do tipo de composto orgânico aplicado no solo (Figura 2A). Segundo Raij (2011), os teores de nitrogênio nas folhas da alface são considerados adequados quando estão entre 30-50 g kg^{-1} , isto ocorreu apenas quando aplicado as maiores doses de N na forma de composto orgânico (70 e 140 kg ha^{-1}). Mantovani et al. (2005), em estudos com variedades de alface, observaram incrementos nos teores de nitrogênio da matéria seca da parte aérea (37,5 g kg^{-1}), com o uso de 30 Mg ha^{-1} de composto de lixo urbano.

Da mesma forma, os teores de Zn nas folhas da alface também foram afetados em função da aplicação das doses de nitrogênio aplicadas na forma de diferentes tipos de compostos orgânicos (Tabela 6). Nota-se ainda que, houve um incremento, com ajuste quadrático ao nível de 1% de probabilidade, nos teores de Zn-foliar, os quais atingiram 150,52 mg kg^{-1} com o uso de 75,78 kg ha^{-1} de N, independente do tipo de composto orgânico utilizado (Figura 2B).

A aplicação de doses de nitrogênio no solo, na forma de diferentes tipos de compostos orgânicos, não afetou os teores foliares de P, Ca, Mg, Cu, Ni e Cd nas plantas de alface, apresentando teores médios de 1,53; 7,02; 1,49 g kg^{-1} e 28,07; 0,208; 0,220 mg kg^{-1} , respectivamente (Tabela 6). Da mesma forma, Cardoso et al. (2011) e Santos et al. (2008) também observaram ausência do efeito significativo para os teores de fósforo em plantas de alface com o uso de compostos orgânicos.

Ferraz Junior et al. (2003) em estudos com a aplicação de compostos orgânicos (esterco de galinha e lodo de cervejaria) em plantas de alface, observaram que, mesmo com o uso de 40 Mg ha^{-1} desses compostos, as plantas de alface apresentaram baixos teores de Ca e Mg nas folhas (11,7 e 10,6 g kg^{-1} respectivamente). Segundo Asiegbu e Oikeh (1995) a baixa absorção de Ca^{+2} e Mg^{+2} , que são bases trocáveis, responsáveis, juntamente com o Na^+ pelas modificações de pH do solo, pode ser explicada pela alta disponibilidade de K^+ no solo.

Ferraz Júnior et al. (2003) em estudos com o uso de lodo de cervejaria e esterco de aves não observaram incrementos dos acúmulos de metais pesados (Zn, Cu e Cd) em plantas de alface em função desses compostos. Os mesmos autores obtiveram, ainda, ganhos de produtividades com o uso desses compostos orgânicos. Da mesma forma, Villas Bôas

et al. (2004) também obtiveram ganhos de produtividades das plantas de alface em função da aplicação de compostos orgânicos constituídos por palhada de feijão, além de incrementos nos teores de N, K, Ca, Mg, Cu, e Zn na parte aérea da cultura, principalmente com o uso da maior dose (240 g por vaso com 4 kg de terra).

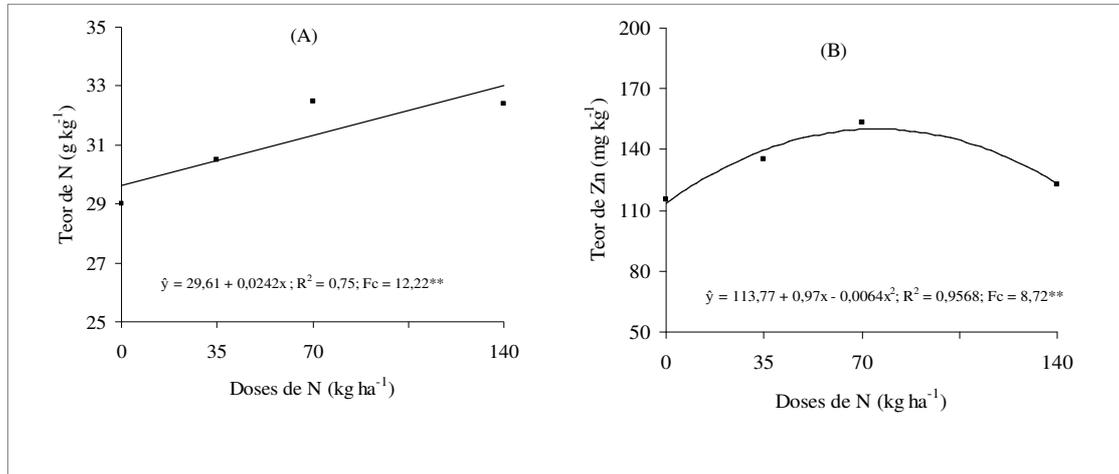


Figura 2. Teores de N (A) e Zn (B) nas folhas da alface, em função das doses de N aplicadas no solo, independente do tipo de composto orgânico aplicado. ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Após a aplicação dos tratamentos, notou-se que houve interação entre o tipo de composto orgânico e as doses de nitrogênio aplicadas no solo

para os teores de metais pesados no solo, com exceção do teor de Cu (Tabela 7).

Tabela 7. Teores de Zn, Cu, Ni e Cd no solo após cultivo da alface por 35 dias, em função das doses de N aplicados na forma de diferentes tipos de compostos orgânicos.

Tratamentos	Zn	Cu	Ni	Cd
Compostos (C)	-----mg kg ⁻¹ -----			
1	4,41 b	1,29 b	0,09 c	0,023 c
2	4,71 b	1,34 b	0,10 c	0,027 c
3	5,81 a	2,22 a	0,71 a	0,054 a
4	6,04 a	1,34 b	0,22 b	0,041 b
5	4,35 b	1,44 b	0,10 c	0,026 c
DMS (5%)	0,63	0,39	0,03	0,06
Fc	25,57 ^{**}	16,18 ^{**}	931,77 ^{**}	72,81 ^{**}
Doses de N (Fc)	20,04 ^{**}	0,06 ^{ns}	343,32 ^{**}	35,94 ^{**}
Interação CxN (Fc)	3,55 ^{**}	0,21 ^{ns}	213,04 ^{**}	13,17 ^{**}
C.V. (%)	12,57	25,56	14,15	17,94

^{ns}, **, - não significativo e significativo aos níveis de 1% de probabilidade, respectivamente. Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5%.

Após o desdobramento desta interação, através do estudo da regressão polinomial, pode-se observar que, os compostos 3 e 4 apresentaram incrementos, com ajustes lineares, para o teor de Zn no solo, os quais atingiram 7,1 e 7,9 mg kg⁻¹ com o

uso da maior dose aplicada, 140 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 3A). Para os demais compostos orgânicos aplicados (1, 2 e 5), a dose de nitrogênio aplicado no solo não afetou o teor de Zn

no solo, os quais apresentaram os teores médios de 4,41; 4,71; e 4,35 mg kg⁻¹ (Figura 3A).

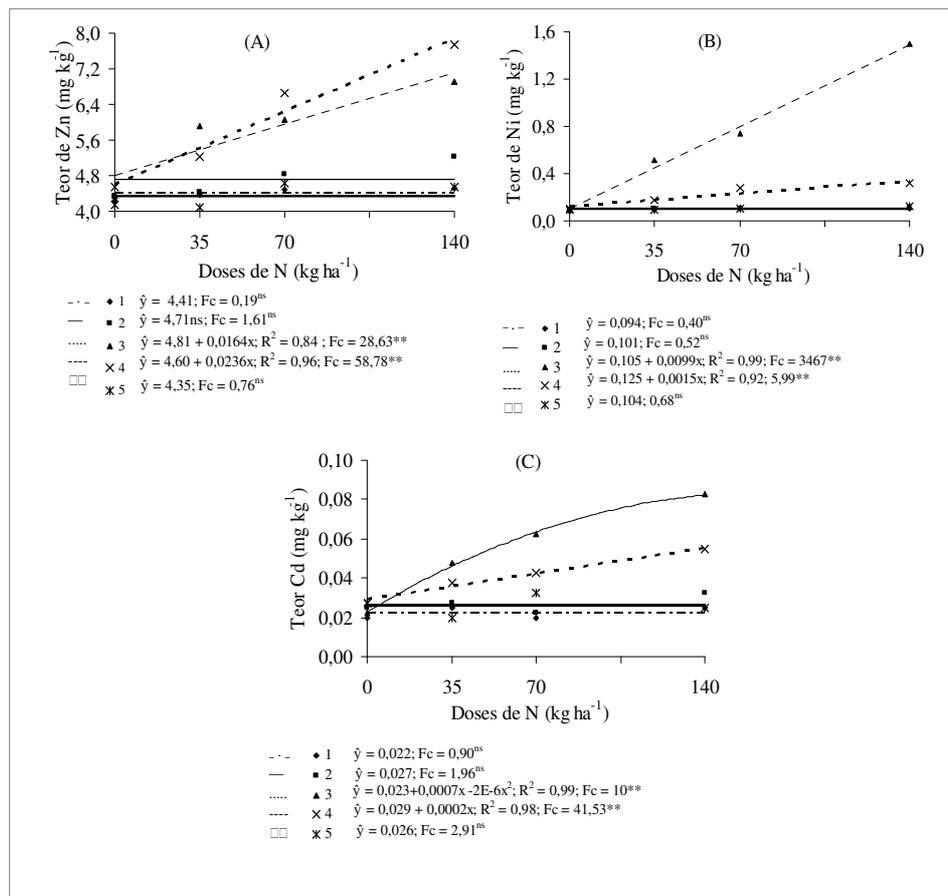


Figura 3. Teor de Zn (A), Ni (B) e Cd (C) no solo após cultivo da alface por 35 dias, em função das doses de N aplicadas na forma de diferentes tipos de compostos orgânicos. ^{ns} e ^{**} - não-significativo a 5%, e significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Da mesma forma, a aplicação das doses de nitrogênio na forma de composto orgânico, afetaram os teores de Ni no solo apenas para os compostos 3 e 4 apresentando incrementos, com ajustes lineares, os quais atingiram 1,49 e 0,34 mg kg⁻¹ com o uso da maior dose aplicada (Figura 3B). Para os demais compostos orgânicos aplicados (1, 2 e 5), a dose de nitrogênio aplicado no solo não afetou o teor de Ni no solo, os quais apresentaram os teores médios de 0,094; 0,101; e 0,104 mg kg⁻¹ (Figura 3B).

A aplicação de nitrogênio no solo, na forma de compostos orgânicos, também afetou os teores de Cd no solo para os compostos 3 e 4, porém, com ajustes quadráticos e lineares, os quais atingiram 0,078 e 0,049 mg kg⁻¹ com o uso de 159 e 140 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 3C). Para os demais compostos orgânicos aplicados (1, 2 e 5), a dose de nitrogênio aplicado no solo não afetou o teor de Ni no solo, os quais apresentaram os teores médios de 0,022; 0,027; e 0,026 mg kg⁻¹ (Figura 3C). Já para os teores de Cu no solo, a aplicação de nitrogênio no solo na forma de composto orgânico

não influenciou o teor deste nutriente, porém, o tipo de composto aplicado influenciou o teor deste nutriente no solo, sendo o melhor resultado obtido com o uso do composto 3, 2,22 mg kg⁻¹ (Tabela 7).

A elevação da concentração desses metais com a aplicação do composto 3 pode ser atribuída aos valores iniciais desses elementos nos compostos. Já para o composto 4, o aumento dos metais no solo parece estar mais relacionado com o pH do composto (Tabela 3), que pode ter ocasionado a redução do pH do solo, consequentemente aumentando a disponibilidade destes metais no solo (BOHNEN et al., 2006). Apesar do incremento de metais observado no solo, com a aplicação das crescentes doses dos compostos 3 e 4, nenhum dos teores observados atingiu valores de alerta ou valores críticos no solo segundo a Cetesb (2005). Delgado et al. (2012) também observaram incrementos nos teores de metais pesados no solo quando aplicado doses crescentes de composto fabricado com lodo de esgoto ao solo, contudo, recomendam-se cautela no uso desses

resíduos urbanos como também de resíduos agrícolas.

CONCLUSÕES

O uso de composto orgânico como única fonte de nutrientes para a cultura da alface não é suficiente para atender todas as necessidades nutricionais, com exceção do nitrogênio.

A aplicação dos compostos orgânicos utilizados neste estudo e nas quantidades avaliadas não eleva os teores de metais pesados no solo acima do permitido pela legislação brasileira.

Os compostos 2 (esterco e grama), e 4 (Greenworld[®]) aumentam os níveis de Zn foliar da alface a teores acima dos limites recomendados para o consumo.

ABSTRACT: The use of organic compounds has been a good option to reduce spending on fertilizers, and gain increased productivity in the cultivation of lettuce. However, given the wide variety of raw materials used in the preparation of organic compounds, studies are needed to evaluate its effects on the release of essential nutrients to plants and on the release of contaminants such as heavy metals. The aim of this study was to evaluate the mineral nutrition and heavy metal contamination of lettuce in soils treated with doses and types of compost. The experiment was conducted in a greenhouse in randomized blocks in factorial scheme 5x4, with five types of organic compounds and four nitrogen levels (0, 35, 70 and 140 kg ha⁻¹ of N), with four replications. In general, the doses of the compounds were not enough to provide the necessary quantity of nutrients to the lettuce, with the exception of nitrogen. There was no increase in levels of heavy metals in the soil above that allowed by Brazilian legislation. Furthermore, compounds based on manure plus grass, and commercial compound caused increases in Zn concentration in plants at levels above the recommended for consumed.

KEYWORDS: *Lactuca sativa*. Biofertilizers. Organic fertilizer. Plant nutrition.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO - ABIA. **Compêndio da legislação de alimentos**. São Paulo: ABIA, 1985. v. 1, 185 p.
- ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 769-780, 2002.
- ASIEGBU, J. E.; OIKEH, S. Evaluation of chemical composition of manures from different organic wastes and their potential for supply of nutrients to tomato in a tropical Ultisol. **Biological Agriculture Horticulture**, United Kingdom, v. 12, n. 1, p. 47-60, 1995.
- ARAÚJO, W. F.; SOUSA, K. T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 1, p. 12-17, jan-abr. 2011.
- BOHNEN, H.; MEURER, E. J.; BISSANI, C. A. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J., ed. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 2006. p. 163-183.
- CARDOSO, A. I. I.; FERREIRA, K. P.; VIEIRA JÚNIOR, R. M.; ALCARDE, C. Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 594-599, out-dez. 2011.
- CAVALCANTI, F. J. A. Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco. 2 ed. 2º aproximação. Recife: IPA, 1998, 198 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Decisão da Diretoria nº 195/2005. **Valores orientadores para solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo**. 4p. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf. Acesso: 11/08/2012.

- DELGADO, G.; ARANDA, V.; PÉREZ-LOMAS, A. L.; MARTÍN-GARCÍA, J. M.; CALERO, J.; DELGADO, R. Evolution of available heavy metals in soils amended with sewage sludge co-compost. **Compost Science & Utilization**, Emmaus, v. 20, n. 2, p. 105-119, jun. 2012.
- DUARTE, E. R.; CABRA, A. C. A. B.; ABRÃO, F. O.; OLIVEIRA, L. N.; FONSECA, M. P.; SAMPAIO, R. A. Análise da contaminação parasitária em compostos orgânicos produzidos com biossólidos de esgoto doméstico e resíduos agropecuários. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1279-1285, ago. 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.
- FERRAZ JUNIOR, L. S. A.; SOUZA, R. S.; CASTRO, P. R. S.; FERREIRA, B. R. Adubação de alface com lodo de esgoto de cervejaria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 60-63, 2003.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR Versão 4.6 (Build 6.1)**. DEX/UFLA. 2003. Disponível em: http://www.dex.ufla.br/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=1. Acesso em: 22/08/2012.
- FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 01-04, jul-set. 2010.
- FREITAS, M. E.; BONO, J. A. M.; PEDRINHO, D. R.; CHERMOUTH, K. S.; YAMOMOTO, C. R.; VIDIS, R. Y. Utilização de compostos orgânicos para adubação na cultura da alface. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 3, p. 41-52, jan-mar. 2009.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.
- LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 42, n. 3, p. 421-428, maio. 1978.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 758-762, jul-set. 2005.
- MESQUITA FILHO, M. V.; SOUZA, A. F.; MOITA, A. W.; RAMAGEM, R. D. Produção comercializável e teores de Cu e Zn em cenoura em decorrência da ação residual de fósforo e composto de lixo em solo sob cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 153-157, jun. 2002.
- NAZARENO, G. G.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R. Utilização de matéria orgânica para o controle de nematóides das galhas em alface sob cultivo protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 579-590, jul-ago. 2010.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Unesp, 2008. 407p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.
- RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T. C. O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R. B.; CLEMENTE, F. M. V. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília: Embrapa Hortaliça, 2007. 16 p. (Circular técnica, 56)

- ROEL, A. R.; LEONEL, L. A. K.; FAVARO, S. P.; ZATARIM, M.; MOMESSO, C. M. V.; SOARES, M. V. Avaliação de fertilizantes orgânicos na produção de alface em Campo Grande, MS. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 325-329, 2007.
- SAMPAIO, R. A.; RAMOS, S. J.; SILVA, L. G.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. Produção e teor de metais pesados em alface adubada com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, Recife, v. 5, n. 3, p. 298-302, jul-ago-set. 2010.
- SAMPAIO, R. A.; SILVA, L. G.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A.; GUILHERME, D. O. Caracterização qualitativa e quantitativa de metais pesados em alface adubada com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, (Suplemento), p. 948-954, 2009.
- SANTOS, M. L.; QUEIROZ, R. P.; SANTI, A.; OLIVEIRA, A. C. Teores de macro e micronutriente nas folhas e produtividade de alface crespa em função da aplicação de doses e fontes de nitrogênio. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 6, n. 1, p. 47-56, 2008.
- SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 242-245, abr-jun. 2011.
- SILVA, F. A. M; VILLAS BÔAS, R. L.; SILVA, R. B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 131-137, jan-mar. 2010.
- VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, M.; BÜLL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 28-34, jan-mar. 2004.