

## ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO UTILIZANDO COMPOSTO ORGÂNICO EM CONSÓRCIO DE ALFACE-CENOURA<sup>1</sup>

Márcio Sampaio Pimentel<sup>2</sup>, Helvécio De-Polli<sup>3</sup>, Ângela Maria Quintão Lana<sup>4</sup>

### ABSTRACT

#### SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES USING ORGANIC COMPOST IN LETTUCE-CARROT INTERCROPPING

Indiscriminate use of fertilizers is responsible for problems as leaching and surface runoff, making more negative the energy balance in agroecosystems. The organic soil management using biological practices avoids waste and optimizes the exploration of natural resources. Two experiments, with intercropped lettuce and carrot and fertilized with organic compost (0 t ha<sup>-1</sup>, 12 t ha<sup>-1</sup>, 24 t ha<sup>-1</sup>, and 48 t ha<sup>-1</sup>), were conducted in Seropédica, Rio de Janeiro State, Brazil, during the year 2000, to observe P, K, Ca, and Mg levels, and pH in an Ultisol. Twenty treatments were evaluated using a complete randomized block design, with four replications. The treatments were combined as plots split in time, using doses of organic compost as main plots, and five collecting times as split plots. Soil was sampled at 0-10 cm, before and during the experimental period: 15 days before installation (DBI), 0, 6, 57, and 101 days after planting (DAP), in the first experiment, and 8 DBI, 1, 6, 60, and 116 DAP, in the second. P and K reflected the compost doses, independently of compost type, while Ca and Mg were dependent on compost quality. The period of maximum availability of P, K, Ca, and Mg occurred at 6 DAP, for both experiments. Highest correlations occurred between P and Ca, P and Mg, and K and Ca, which were associated with organic compost quality.

KEY-WORDS: Nutrients dynamics; phosphorus; potassium; organic manure.

### RESUMO

A utilização indiscriminada de fertilizantes responde por problemas relacionados à lixiviação e escoamento superficial, tornando mais negativo o balanço energético na olericultura. Por este prisma, a agricultura orgânica busca otimizar a utilização de recursos naturais na propriedade e evitar desperdícios pela adoção de práticas conservacionistas. Dessa forma, dois experimentos de consórcios de alface-cenoura, submetidos a 0 t ha<sup>-1</sup>, 12 t ha<sup>-1</sup>, 24 t ha<sup>-1</sup> e 48 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, foram realizados em 2000, no município de Seropédica, RJ, com o objetivo de monitorar os teores de P, K, Ca, Mg e pH, em Argissolo Vermelho-Amarelo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos foram combinados em esquema de parcela subdividida no tempo, sendo as doses de composto orgânico as parcelas, e as coletas de solo as subparcelas. As coletas de solo foram realizadas na profundidade de 0-10 cm, 15 dias antes da instalação (DAI), 0, 6, 57 e 101 dias após plantio (DAP), no primeiro experimento, e 8 DAI, 1, 6, 60 e 116 DAP, para o segundo experimento. Quando submetido a doses crescentes de composto orgânico, independentemente do composto, P e K responderam às doses, enquanto Ca e Mg foram influenciados pela qualidade do composto. O período de máxima disponibilidade de P, K, Ca e Mg às plantas foi aos 6 DAP, em ambos os experimentos. As maiores correlações foram obtidas em P x Ca, P x Mg e K x Ca e apresentaram variação com a qualidade do composto orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: Dinâmica de nutrientes; fósforo; potássio; adubação orgânica.

### INTRODUÇÃO

O sistema orgânico de produção constitui alternativa eficiente para conservação do solo e do ambiente e tem sido utilizado por pequenos e médios produtores, visando não só a obter lucro, mas assegurar a sustentabilidade do uso dos solos agrícolas. Ainda, o sistema orgânico possibilita menor dependência por insumos externos e redução do desperdício energético.

Khatounian (1994) descreve a obtenção de produções satisfatórias, com um mínimo de recursos externos, e, a isto, se aplica, também, redução nas perdas, em muitos casos consideradas aceitáveis. Neste sentido, as recomendações de adubação devem ser mais específicas e menos abrangentes, sendo necessário que se faça, portanto, recomendação regional ou local. Rodrigues & Casali (1999) recomendam o uso de dosagens regionais para redução nos custos e perda de fertilizante. Além das perdas econômicas por

1. Trabalho recebido em maio/2008 e aceito para publicação em jul./2009 (nº registro: PAT 3992).

2. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia Agrônômica, Petrolina, PE, Brasil.

E-mail: marcio.pimentel@univasf.edu.br.

3. Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: depollih@gmail.com.

4. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Zootecnia, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: lana@vet.ufmg.br.

lixiviação e escoamento superficial, o uso excessivo de fertilizantes, de origem orgânica ou mineral, pode conduzir ao acúmulo de nitrato nas folhas (Castro & Ferraz 1998), o que é prejudicial à saúde humana.

Na agricultura orgânica, um dos problemas encontrados é a baixa concentração de alguns nutrientes nos adubos orgânicos, sendo necessário o emprego de grandes quantidades para atender às exigências das culturas (Fernandes et al. 2007), o que aumenta os riscos de superdosagem e contaminação de lençóis freáticos, devido à lixiviação de nutrientes encontrados em maiores quantidades nestes insumos, como é o caso do fósforo (P).

De acordo com Kiehl (1985), os nutrientes no solo, independentemente da origem, podem ser mais facilmente perdidos por lavagem, imobilização, erosão e volatilização. Contudo, essas perdas podem ser reduzidas com o uso de adubos orgânicos, que, por suas características químicas, retêm os nutrientes por mais tempo. Neste caso, a adubação orgânica pode ser alternativa viável para reduções de custos (Aldabe & Aldabe 1988), além de possibilitar maiores ganhos, se comparada à adubação mineral (Ribeiro et al. 2000).

A combinação do uso de materiais orgânicos às práticas de uso do solo que utilizam melhor os recursos é uma alternativa viável, daí o valor que os sistemas de consórcio possuem, principalmente em pequenas e médias propriedades rurais. Salgado et al. (2006) e Caetano et al. (1999) demonstram a viabilidade econômica do consórcio alface-cenoura, o que, seguramente, deve ser levado em consideração, quando se trata de sistemas de hortas, conhecidos por serem extremamente exigentes, em termos de energia e nutrientes (Goto & Kimoto 1992).

Estudos em consorciamento de culturas são necessários para o fornecimento de informações que propiciem maior eficiência no aproveitamento de esterco animal e compostos orgânicos produzidos nas propriedades agrícolas. O consorciamento de culturas é prática tradicional na produção de alimentos e de biomassa vegetal e, dentre as vantagens proporcionadas pela sua adoção, destacam-se o aproveitamento mais eficaz dos recursos naturais (Humphries et al. 2004), a diminuição do uso de insumos químicos, a promoção do equilíbrio ecológico e a melhoria nos índices agrônômicos (Rezende et al. 2005), o que conduz ao melhor usufruto de nutrientes oriundos da adubação, maximizando a utilização dos recursos ambientais e dos solos agrícolas (Taveira 2000, Negreiros et al. 2002).

Estudos revelam a viabilidade agroeconômica de consórcio cenoura e alface (Negreiros et al. 2002). Porém, ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos, avaliando as estratégias de utilização de fertilizantes orgânicos. O desafio é conciliar rendimentos satisfatórios com melhores índices de aproveitamento de nutrientes (Khatounian 1994). Portanto, é premente a necessidade de mais pesquisas, para aumentar a eficiência de uso dos nutrientes, bem como atender à premissa de uma agricultura mais sustentável.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de P, K, Ca, Mg e o valor de pH do solo, em consórcio de alface e cenoura, adubado com composto orgânico. Estas informações serão úteis para o estabelecimento de estratégias de adubação para a região, que atendam aos pressupostos da sustentabilidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram desenvolvidos no ano de 2000, em área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) – Fazenda Agroecológica, km 47 – projeto de cooperação técnica entre a Embrapa Agrobiologia, Embrapa Solos, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio/ Estação Experimental de Seropédica) e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada na Baixada Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (Seropédica, RJ).

A região está situada a 22°46' de latitude Sul e 43°41' de longitude Oeste, com altitude de 33 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é AW, caracterizado por chuvas no verão e estiagem no inverno. A precipitação média é de 1.275 mm e a temperatura média anual de 23,5°C, com média máxima de 29,3°C e mínima de 19,2°C. As temperaturas mais elevadas se distribuem entre os meses de janeiro e fevereiro, enquanto a média mensal mais baixa ocorre no mês de julho.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcela subdividida no tempo, com cinco repetições. No âmbito das parcelas, foram alocadas as doses de composto orgânico (0 t ha<sup>-1</sup>, 12 t ha<sup>-1</sup>, 24 t ha<sup>-1</sup> e 48 t ha<sup>-1</sup>) e, como sub-parcelas, foram consideradas as coletas periódicas de solo, realizadas na profundidade de 0-10 cm, 15 dias antes da instalação (DAI), 0, 6, 57 e 101 dias após o plantio (DAP), no primeiro experimento, e 8 DAI, 1, 6, 60 e 116 DAP, para o segundo experimento. Cada

parcela contou com 2 m<sup>2</sup> (2 m x 1 m) de área, sendo o composto distribuído na superfície do solo, em toda a parcela experimental, no momento do plantio.

Antes da instalação dos experimentos, realizou-se o preparo do solo, com auxílio de enxada rotativa, sendo os canteiros levantados com enxada e encanteirador, no primeiro e segundo experimentos, respectivamente. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura franco-arenosa, com 69,4% de areia, 11,8% de silte e 18,8% de argila. As análises químicas do solo das parcelas, realizadas de acordo com Silva (1999), apresentaram os seguintes resultados, para o primeiro e segundo experimentos, respectivamente: pH (água) 5,5 e 6,4; 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al; 3,34 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 4,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 1,54 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 1,57 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 38,35 mg dm<sup>-3</sup> e 91,7 mg dm<sup>-3</sup> de P; 175,6 mg dm<sup>-3</sup> e 134,8 mg dm<sup>-3</sup> de K; 18,0 g kg<sup>-1</sup> e 18,6 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 10,5 g kg<sup>-1</sup> e 10,8 g kg<sup>-1</sup> de C-orgânico; e 1,03 g kg<sup>-1</sup> e 1,07 g kg<sup>-1</sup> de N-total. As análises de pH foram realizadas em água (1:2,5). Os teores de Ca, Mg e Al foram obtidos a partir da extração com KCL 1M. Para P e K, o extrator utilizado foi a solução de Mehlich-1 (duplo ácido). O percentual de carbono foi determinado por dicromatometria e o N-total pelo método Kjeldahl.

O composto orgânico utilizado no primeiro experimento foi feito utilizando-se 70% de capim Napier, 10% de restos de culturas e 20% de esterco bovino, enquanto, no segundo experimento, utilizou-se 1/3 do composto orgânico anterior, sendo o restante constituído de gramíneas diversas. A análise química do composto orgânico foi realizada conforme Silva (1999) e apresentou os seguintes teores para o primeiro e segundo experimentos, respectivamente: 264 g kg<sup>-1</sup> e 128 g kg<sup>-1</sup> de C; 23,9 g kg<sup>-1</sup> e 9,7 g kg<sup>-1</sup> de N; 447 g kg<sup>-1</sup> e 231 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; 4,5 g kg<sup>-1</sup> e 7,6 g kg<sup>-1</sup> de P; 7,0 g kg<sup>-1</sup> e 3,5 g kg<sup>-1</sup> de K; 47,5 g kg<sup>-1</sup> e 4,8 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 7,8 g kg<sup>-1</sup> e 0,7 g kg<sup>-1</sup> de Mg; 43% e 30% de umidade; e pH (água) de 6,7 e 6,6.

As mudas de alface foram preparadas em bandejas de isopor, no Departamento de Fitopatologia do Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. O substrato utilizado foi constituído de subsolo argiloso, areia lavada e composto orgânico, na proporção 2:1:1 (base em volume), sendo as mudas transplantadas 20 dias após a semeadura. A cenoura foi semeada diretamente sobre o solo das parcelas, sendo utilizadas sementes não peletizadas

e peletizadas, no primeiro e segundo experimentos, respectivamente. O espaçamento utilizado em alface foi de 0,25 m, entre plantas, e 0,50 m, entre linhas, totalizando 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> e, em cenoura, de 0,10 m, entre plantas, e 0,25 m, entre linhas, totalizando 400 mil plantas ha<sup>-1</sup>. O plantio foi realizado em 08/04/2000, no primeiro experimento, e em 22/06/2000, no segundo, quando as mudas de alface foram transplantadas, simultaneamente à semeadura da cenoura. O composto orgânico foi distribuído na superfície do solo, no momento do plantio, nas doses de 0; 4,21; 8,42; e 16,84 kg parcela<sup>-1</sup> (base seca), para o primeiro, e 0; 3,43; 6,86; e 13,72 kg parcela<sup>-1</sup> (base seca), para o segundo experimento. A irrigação dos experimentos foi realizada utilizando-se aspersores.

No primeiro experimento, a colheita da alface e da cenoura foi realizada aos 37 DAP e 104 DAP, respectivamente, enquanto, no segundo, a alface e a cenoura foram colhidas aos 53 DAP e 96 DAP, respectivamente.

As amostragens de solo foram realizadas durante o período de abril a setembro de 2000, tempo previsto de duração do consórcio. Ao todo, foram realizadas cinco coletas (15 DAI, 0, 6, 57 e 101 DAP, no primeiro experimento, e 8 DAI, 1, 6, 60 e 116 DAP, para o segundo experimento), sendo cada amostra composta constituída por seis amostras simples, na profundidade de 0-10 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, secas ao ar, destorroadas, peneiradas em malhas de 2 mm e homogeneizadas, para determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e valor de pH do solo.

Procedeu-se à análise de regressão, para os fatores que apresentaram significância na análise de variância, segundo Pimentel Gomes (2000). Para análise do P, os dados foram transformados em função logarítmica e, para o K, em raiz quadrada, no primeiro experimento, por não atenderem às pressuposições da análise de variância correspondentes à normalidade e homogeneidade dos erros das observações. Foram realizadas as seguintes análises de correlação: P x K, P x Ca, P x Mg, P x pH, K x Ca, K x Mg, K x pH, Ca x Mg, Ca x pH e Mg x pH.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento de atributos químicos no solo permitiu verificar que o aumento das doses de

composto orgânico favoreceu a elevação dos teores de P, K, Ca e Mg e o valor de pH, de 0-10 cm de profundidade, principalmente P e K, nos dois experimentos, e Ca, Mg e pH, apenas no primeiro experimento, tendo estes últimos atributos químicos sido pouco influenciados pelo composto orgânico do segundo experimento (Figuras 1 e 2). Em relação às correlações obtidas entre os mesmos atributos, foi possível verificar que foram positivas, em todos os casos, tendo sido as maiores correlações obtidas em P x Ca, P x Mg e K x Ca, durante o primeiro experimento. No segundo experimento, estas correlações foram positivas, porém, menores do que no primeiro, além de ter sido verificado que o valor de pH apresentou baixa correlação com P e não se ajustou aos teores de K, Ca e Mg (Tabela 1).

As análises químicas do solo, antes da instalação dos experimentos, indicaram que a correção da acidez era desnecessária, tendo em vista os valores de pH e as elevadas concentrações de Ca e Mg do solo (Tabela 2). Essas análises indicaram, também, que os valores de P e K estavam acima do considerado alto

Tabela 1. Matriz de correlações entre P, K, Ca, Mg e pH, que apresentaram diferença significativa, a 5%, durante a realização do primeiro e segundo experimentos, com consórcio alface-cenoura, em Seropédica, RJ.

	P	K	Ca	Mg	pH
P	-	<u>0,75</u>	<u>0,92</u>	<u>0,91</u>	<u>0,83</u>
K	0,73	-	<u>0,91</u>	<u>0,79</u>	na
Ca	0,84	0,63	-	<u>0,89</u>	<u>0,63</u>
Mg	0,73	0,63	0,64	-	<u>0,70</u>
pH	0,28	na	na	na	-

Células sublinhadas correspondem ao primeiro experimento. na: não se ajustou.

para as culturas estudadas (Almeida et al. 1988) e que os teores de Ca e Mg encontrados eram satisfatórios para ambas as culturas.

A comparação das análises químicas dos compostos orgânicos utilizados permitiu verificar que o primeiro composto orgânico apresentou conteúdo cerca de duas vezes maior de K e 10 vezes maior de Ca e Mg, enquanto o segundo composto orgânico apresentou maior conteúdo de P. Isto equivale a dizer que, durante o primeiro experimento, foram adicionados, na dosa-

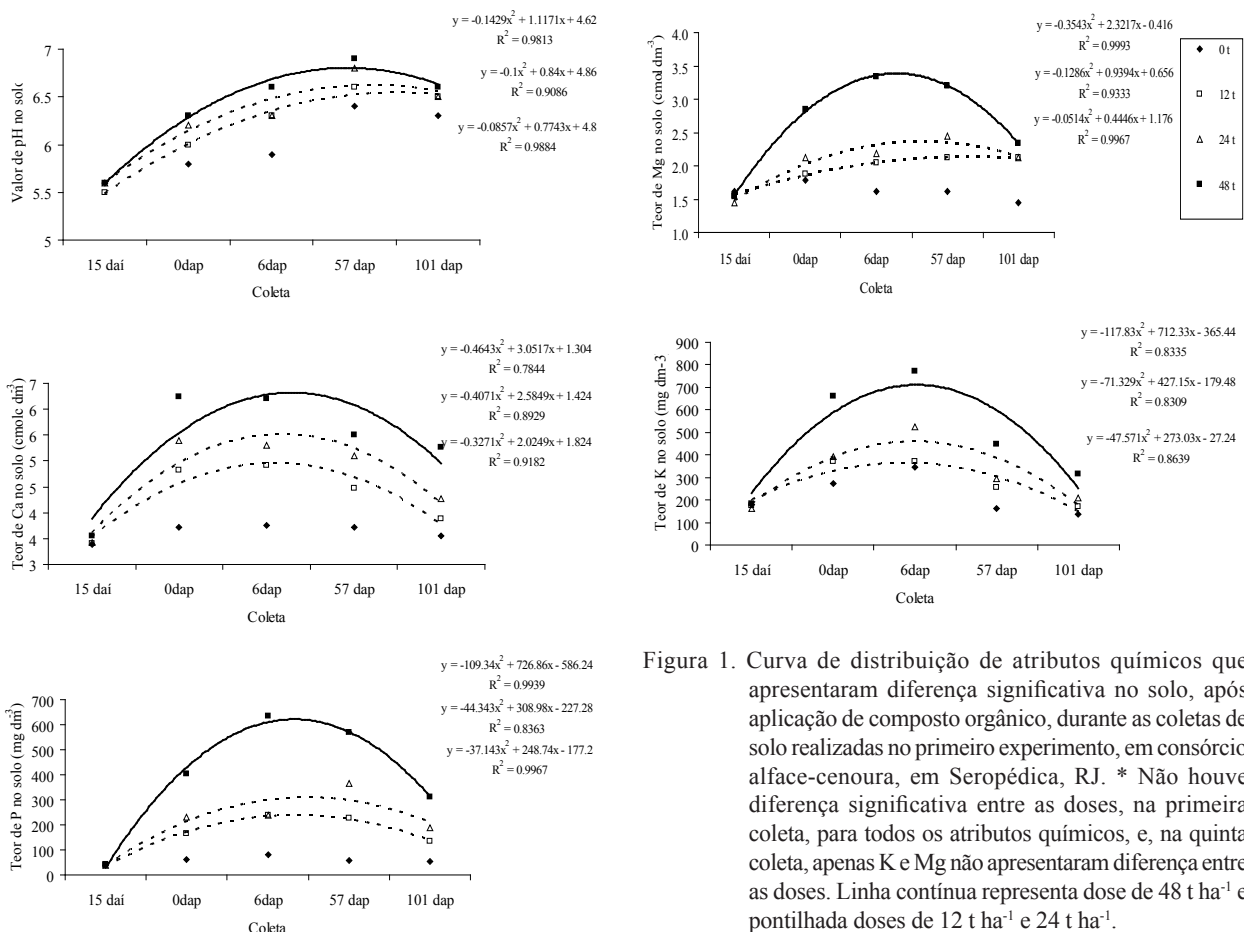


Figura 1. Curva de distribuição de atributos químicos que apresentaram diferença significativa no solo, após aplicação de composto orgânico, durante as coletas de solo realizadas no primeiro experimento, em consórcio alface-cenoura, em Seropédica, RJ. \* Não houve diferença significativa entre as doses, na primeira coleta, para todos os atributos químicos, e, na quinta coleta, apenas K e Mg não apresentaram diferença entre as doses. Linha contínua representa dose de 48 t ha<sup>-1</sup> e pontilhada doses de 12 t ha<sup>-1</sup> e 24 t ha<sup>-1</sup>.

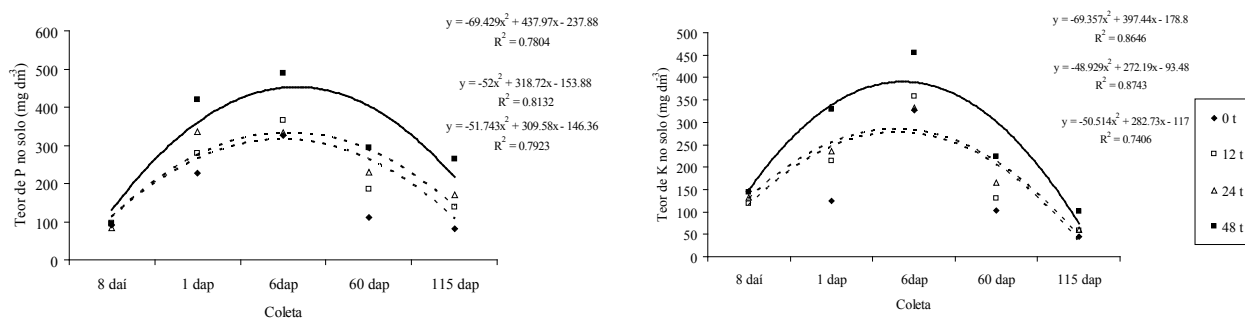


Figura 2. Curva de distribuição de atributos químicos que apresentaram diferença significativa no solo, após aplicação de composto orgânico, durante as coletas de solo realizadas no segundo experimento, em consórcio alface-cenoura, em Seropédica, RJ. \* Não houve diferença significativa entre as doses, na primeira coleta. Linha contínua representa dose de 48 t ha<sup>-1</sup> e pontilhada doses de 12 t ha<sup>-1</sup> e 24 t ha<sup>-1</sup>.

gem máxima, 380 kg ha<sup>-1</sup>, 590 kg ha<sup>-1</sup>, 4000 kg ha<sup>-1</sup> e 660 kg ha<sup>-1</sup> de P, K, Ca e Mg, respectivamente, e, durante o segundo experimento, foram adicionados, também com a dose máxima, 520 kg ha<sup>-1</sup>, 240 kg ha<sup>-1</sup>, 330 kg ha<sup>-1</sup> e 50 kg ha<sup>-1</sup> dos referidos nutrientes. Em relação ao pH, ambos os compostos orgânicos apresentaram-se muito próximos da neutralidade (6,7 e 6,6).

A adição de composto orgânico aumentou a concentração dos atributos químicos estudados no solo. No entanto, houve diminuição de seus teores, com o tempo (Figuras 1 e 2 e Tabela 2). No primeiro experimento, observou-se elevação da concentração de todos os atributos (P, K, Mg, Ca e pH), em função do aporte de composto orgânico, a partir da segunda

Tabela 2. Resultado da análise de solo, em função da adubação e aumento da concentração de nutrientes no solo, aos 15 DAI, 0, 6, 57 e 101 DAP e aos 8 DAI, 1, 6, 60 e 115 DAP, realizada no primeiro e segundo experimentos, respectivamente, submetidos a 0 t ha<sup>-1</sup>, 12 t ha<sup>-1</sup>, 24 t ha<sup>-1</sup> e 48 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, com consórcio alface-cenoura, em Seropédica, RJ.

Dose	Época	P	K	Ca	Mg	pH	Época	P	K	Ca	Mg	pH
t ha <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H <sub>2</sub> O		
0	15DAI	37,2	180,2	3,4	1,6	5,6	8DAI	91,8	146,4	4,0	1,6	6,4
12		37,4	176,6	3,4	1,6	5,5		97,0	117,8	4,2	1,6	6,4
24		38,2	163,2	3,4	1,4	5,6		83,0	131,6	4,2	1,5	6,3
48		40,6	182,4	3,6	1,5	5,6		95,0	143,6	4,1	1,6	6,4
0	0DAP	61,4	272,4	3,7	1,8	5,8	1DAP	171,0	125,0	4,8	2,0	6,3
12		164,4	369,6	4,8	1,9	6,0		278,4	214,2	4,9	2,6	6,3
24		232,6	393,6	5,4	2,1	6,2		335,6	234,6	5,7	2,2	6,3
48		403,8	661,4	6,2	2,8	6,3		419,2	328,2	6,2	2,5	6,4
0	6DAP	81,2	344,2	3,8	1,6	5,9	6DAP	181,5	79,2	5,6	2,5	6,4
12		238,6	370,2	4,9	2,0	6,3		313,2	254,4	6,4	2,1	6,5
24		237,6	526,6	5,3	2,2	6,3		361,4	333,6	6,0	2,2	6,5
48		633,2	770,6	6,2	3,3	6,6		488,6	454,8	6,7	2,7	6,5
0	57DAP	56,8	163,8	3,7	1,6	6,4	60DAP	111,4	103,8	4,3	1,5	6,4
12		225,6	254,0	4,5	2,1	6,6		186,0	129,8	4,6	1,7	6,5
24		363,8	295,0	5,1	2,4	6,8		230,4	165,2	5,1	1,9	6,5
48		567,4	445,8	5,5	3,2	6,9		294,4	224,4	5,5	1,9	6,5
0	101DAP	52,4	138,0	3,6	1,4	6,3	115DAP	81,0	44,0	4,1	1,3	6,2
12		136,2	172,4	3,9	2,1	6,5		138,8	58,2	4,7	1,7	6,2
24		187,2	208,4	4,3	2,1	6,5		169,2	59,4	5,0	1,8	6,2
48		312,8	317,0	5,3	2,3	6,6		264,4	102,0	5,3	2,0	6,3

coleta de solo (Figura 1). Para pH, P e Ca, mesmo aos 101 DAP, havia influência da adubação sobre os níveis destes atributos no solo, devido à aplicação de doses mais elevadas de composto orgânico. No segundo experimento, apenas os teores de P e K apresentaram interação positiva das doses com as épocas de coleta (Figura 2).

No primeiro experimento, os teores de P, K, Ca, Mg e pH, entre 6 e 57 DAP, foram maiores que os da testemunha, sendo esse aumento da ordem de 1.000%, 172%, 63%, 106% e 12%, respectivamente (Tabela 2). O aumento do conteúdo de P, obtido com a introdução do composto orgânico, em ambos os sistemas monitorados, concordam com Pires et al. (2008) que, avaliando o efeito da adubação orgânica, observaram aumento de 179% de P no solo, a partir da utilização de torta de filtro, além de promover aumento significativo do pH do solo, em todos os tratamentos e em todas as profundidades analisadas. Ruppenthal & Castro (2005), avaliando o uso de composto de lixo urbano, observou que, além da discreta elevação do pH, a adição de composto de lixo urbano, especialmente quando adicionado à adubação química, promoveu tendência de pequeno aumento na matéria orgânica e manteve teores adequados de P e K no solo.

A análise das Figuras 1 e 2 permite observar que, aos 6 DAP, em ambos os experimentos, foi o período em que houve tendência para a máxima disponibilidade de P, K, Ca e Mg, sendo que os dois últimos ocorreram apenas no primeiro experimento. Os maiores teores dos atributos estudados foram observados na dose de 48 t ha<sup>-1</sup>, como pode ser observado pelas curvas de distribuição polinomial apresentadas nas Figuras 1 e 2.

No experimento 1, foram obtidos os maiores valores de pH do solo, em função das doses ministradas na quarta coleta (57 DAP). Aos 101 DAP, somente P e Ca diferiram entre as doses de composto utilizadas. Provavelmente, K e Mg saíram do sistema por perda em profundidade e/ou exportação, denotando maior mobilidade no solo (Figura 1). Ceretta et al. (2003) observaram lixiviação, além das camadas amostradas, de parte do teor de K disponível no solo, a partir de 2,5 cm de profundidade. O resultado com Mg concorda com Cavallet et al. (2006) que, avaliando o valor fertilizante de água residuária de uma indústria de enzimas, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, verificaram que o teor de Mg apresentou maior solubilidade do que

de Ca e que este último apresentou baixa solubilidade no solo.

No segundo experimento, diferenças significativas dos teores de P e K só foram observadas a partir da segunda coleta, ou seja, após aplicação do composto orgânico, até os 115 DAP, de maneira semelhante ao primeiro experimento. Contrariamente, os teores de Ca e Mg não apresentaram o mesmo comportamento do experimento anterior, o que pode estar relacionado ao baixo conteúdo destes nutrientes no composto orgânico utilizado (330 kg ha<sup>-1</sup> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e Mg, no composto utilizado no segundo experimento, e 4.000 kg ha<sup>-1</sup> e 657 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e Mg, no do primeiro experimento, considerando-se a maior dosagem).

Essas informações apresentam convergência aos resultados obtidos por Pires et al. (2008), cuja conclusão indica acréscimos consideráveis de Ca e Mg no solo adubado com os tratamentos orgânicos, principalmente na camada superior, diferindo, significativamente, do tratamento com adubo mineral, em razão do menor conteúdo de Ca e Mg no adubo mineral, em comparação com os adubos orgânicos. Maia & Cantarutti (2004), avaliando o efeito do uso contínuo das adubações orgânica e mineral na cultura do milho, sobre a acumulação e a disponibilidade de nutrientes em um Argissolo Vermelho-Amarelo, verificaram que o efeito residual da adubação orgânica proporcionou 3,3 e 2,7 vezes mais P e K disponíveis, assim como 1,6 e 1,3 vezes mais Ca e Mg trocáveis no solo.

As correlações obtidas durante o primeiro experimento foram positivas e maiores que 63%, sendo as maiores correlações obtidas em P x Ca, P x Mg e K x Ca (maiores que 90%) e, apesar da conhecida relação entre Ca e pH, a mesma apresentou a menor correlação (63%), enquanto, entre K e pH, não houve correlação (Tabela 1). Durante o segundo experimento, observou-se que o valor de pH não se ajustou aos teores de K, Ca e Mg e apresentou baixa correlação com P, o que pode estar relacionado ao alto valor de pH inicial do solo (6,4), não respondendo às doses de composto orgânico. Quanto aos demais atributos químicos, observou-se que as correlações, apesar de positivas, foram menores que aquelas observadas no primeiro experimento. Dessa forma, é possível que os mesmos tenham sido influenciados tanto pela qualidade química dos compostos orgânicos utilizados, como pela própria fertilidade do solo inicial (Tabela 2).

Como medida para se evitar perdas de nutrientes, a sucessão ou consorciação de culturas pode ser recomendada. Ainda, deve-se atentar para a qualidade do composto orgânico a ser utilizado e para a análise química do solo, antes da disposição destes compostos no solo. A adoção dessas medidas em conjunto, como alternativa mitigadora em sistemas de cultivo e uso intensivo do solo, como as hortas, poderá favorecer o melhor aproveitamento de nutrientes e recursos.

### CONCLUSÕES

1. Os teores de P e K foram aumentados, independentemente do composto utilizado, enquanto a elevação dos teores de Ca e Mg foi dependente da qualidade do composto orgânico aplicado.
2. O período de máxima disponibilidade de P, K, Ca e Mg às plantas foi aos 6 DAP.
3. As maiores correlações ocorreram em P x Ca, P x Mg e K x Ca e estiveram associadas à qualidade do composto orgânico.

### AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa. À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e à Embrapa Agrobiologia, pelo apoio logístico e estrutural necessários para o desenvolvimento do trabalho.

### REFERÊNCIAS

- ALDABE, L.; ALDABE, R. *Producción comercial de hortalizas*. Montevideo: Epsilon, 1988.
- ALMEIDA, D. L. et al. *Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro*. Itaguaí: Ed. da UFRRJ, 1988.
- CAETANO, L. C. S.; FERREIRA, J. M.; ARAÚJO, M. L. Produtividade de cenoura e alface em sistema de consorciação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p.143-146, 1999.
- CASTRO, S. R. P. de; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. Teores de nitrato nas folhas e produção da alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 65-68, 1998.
- CAVALLET, L. E. et al. Melhoria da fertilidade do solo decorrente da adição de água residuária da indústria de enzimas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 724-729, 2006.
- CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 38, n. 6, p. 729-735, 2003.
- FERNANDES, S. B. V.; UHDE, L. T.; WÜNSCH, J. A. A fertilidade do solo em sistemas orgânicos de cultivo de soja. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1541-1544, 2007.
- GOTO, R.; KIMOTO, T. Efeito de diferentes adubos orgânicos na produção de cebola de verão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 10, n. 2, p. 114-115, 1992.
- HUMPHRIES, A. W. et al. Over-cropping lucerne with wheat: effect of lucerne winter activity on total plant production and water use of the mixture, and wheat yield and quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, Brisbane, v. 55, n. 8, p. 839-848, 2004.
- KHATOUNIAN, C. A. Algumas considerações sobre a olericultura orgânica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 12, n. 2, p. 256-258, 1994.
- KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.
- MAIA, C. E.; CANTARUTTI, R. B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo pela adubação orgânica e mineral contínua na cultura do milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 8, n.1, p. 39-44, 2004.
- NEGREIROS, M. Z. de et al. Cultivares de alface em sistemas solteiro e consorciado com cenoura em Mossoró. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 162-166, 2002.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*, 14. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000.
- PIRES, A. A. et al. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.
- REZENDE, B. L. A. et al. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 853-858, 2005.

RIBEIRO, L. G. et al. Adubação orgânica na produção de pimentão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p.134-137, 2000.

RODRIGUES, E. T.; CASALI, V. W. D. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p. 125-128, 1999.

RUPPENTHAL, V.; CASTRO, A. M. C. Efeito do composto de lixo urbano na nutrição e produção de gladiolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 145-150, 2005.

SALGADO, A. S. et al. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1141-1147, 2006.

SILVA, F. C. da (Org.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1999.

TAVEIRA, M. C. G. S. *Produtividade da cultura da beterraba em função da consorciação com rúcula em diferentes épocas de semeadura*. 2000. 29 f. Monografia (Graduação em Agronomia)–Universidade do Estado de São Paulo, Jaboticabal, 2000.