

Produção, aparência e teores de nitrogênio, fósforo e potássio em alface cultivada em substrato com zeólita

Alberto C.C. Bernardi¹; Marta R. Verruma-Bernardi²; Carlos G. Werneck³; Patrick G. Haim³; Marisa B.M. Monte⁴

¹Embrapa Solos/Embrapa Pecuária Sudeste, C.Postal 339, 13560-970 São Carlos-SP; E-mail: alberto@cnpse.embrapa.br; ²UFF, Depto. Nutrição e Dietética e UFSCar, Depto. Tecnologia Agroindustrial e Sócio-Economia Rural, Araras-SP; E-mail: verruma@cca.ufscar.br; ³UFRRJ, Engenharia Agrônoma, Seropédica-RJ; ⁴CETEM/MCT, Rio de Janeiro-RJ

RESUMO

Neste trabalho foi avaliado e relacionado a produção, teores de N, P e K e a aparência de alface cultivada em substrato com zeólita enriquecida com N, P e K. Os tratamentos utilizados foram quatro níveis (20; 40; 80 e 160 g/vaso) de zeólitas enriquecidas com H_3PO_4 /apatita, KNO_3 e KH_2PO_4 , além de uma testemunha cultivada em solução nutritiva. Avaliou-se a produção da alface e os teores de N, P e K no tecido da parte aérea. O teste de ordenação foi utilizado para comparar a aparência das amostras. A alface cultivada em meio com zeólita enriquecido com fontes de fósforo apresentou maior produção e qualidade visual equivalente à alface testemunha, cultivada em solução nutritiva. Houve correlações significativas entre os teores de N e os atributos sensoriais cor e tamanho, e entre os teores de P e o tamanho das plantas. A análise sensorial foi uma ferramenta adequada para avaliar a qualidade da alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, estilbita, análise sensorial, teste de ordenação.

ABSTRACT

Yield, appearance and content of nitrogen, phosphorus and potassium in lettuce grown in substrate with zeolite

In this research we evaluated and related yield and tissue levels of N, P and K in shoot tissues and appearance of lettuce plants grown in a substrate with N, P and K enriched with zeolite. Treatments comprised of four levels (20; 40; 80 and 160 g/pot) of zeolite enriched with H_3PO_4 /apatite, KNO_3 and KH_2PO_4 , and a control grown in a nutrient solution. Lettuce yield and N, P and K levels in the shoot tissues were evaluated. Ordering test was carried out to compare the appearance of the samples. Lettuces grown in substrate with zeolite enriched with phosphorus sources showed higher yield, and equivalent visual quality in comparison with the control. There were significant correlations between N level in tissues and the sensory attributes of plant color and size, and between the P levels and the size of the plant. The sensory analysis of the appearance was an adequate tool to identify the quality of lettuce.

Keywords: *Lactuca sativa*, stilbite, sensory analysis, preference test.

(Recebido para publicação em 4 de outubro de 2004 e aceito em 5 de agosto de 2005)

Alface é a mais popular das hortaliças folhosas e seu consumo ocorre principalmente na forma natural. Assim, o aumento da produção dessa hortaliça é necessário devido ao aumento do consumo, função da crescente elevação populacional e da mudança no hábito alimentar do consumidor, em razão da conscientização sobre a importância nutricional das hortaliças (CORTEZ et al., 2002). É importante alimento para a saúde humanas, por ser fonte de vitaminas e de sais minerais, além de apresentar baixo valor calórico.

Com a tendência de crescimento do mercado hortícola, os produtores têm adotado novos sistemas de cultivo, como os protegidos (túneis e estufas) e o hidropônico, em alternativa ao sistema tradicional a campo. Existe ainda uma nova possibilidade que é o cultivo zeopônico, no qual plantas são cultivadas em substrato artificial composto

pelo mineral zeólita misturados a rochas fosfáticas, e que funciona como um sistema de liberação controlada e renovável de nutrientes para as plantas. Este mineral apresenta três propriedades principais, que conferem grande interesse para uso na agricultura pela alta capacidade de troca de cátions, alta capacidade de retenção de água livre nos canais e alta habilidade na adsorção. Assim, a zeólita pode atuar na melhoria da eficiência do uso de nutrientes por meio do aumento da disponibilidade de P da rocha fosfática, na melhora do aproveitamento do N (NH_4^+ e NO_3^-) e redução das perdas por lixiviação dos cátions trocáveis, especialmente K^+ e também como um fertilizante de liberação lenta (ALLEN et al., 1995; NOTARIO-DEL-PINO et al., 1994; BARBARICK et al., 1990).

No entanto, não bastam alternativas viáveis para o aumento quantitativo da

produção e a manutenção do fornecimento o ano todo, pois o consumidor de hortaliças tem se tornado mais exigente, havendo necessidade de se obter principalmente produtos de qualidade. A qualidade final de um produto agrícola é resultado de diversos fatores, entre estes os níveis de fornecimento de nutrientes. A qualidade é a soma de todas características combinadas que produzam uma hortaliça com valor nutritivo, aceitável e desejável como alimento humano. A aparência externa das hortaliças é de grande importância, uma vez que o consumidor somente adquire o produto mais atrativo.

A análise sensorial pode ser uma ferramenta adequada para avaliar a qualidade ou aparência externa das hortaliças. Esta técnica é utilizada para medir, analisar e interpretar de forma rápida e criteriosa os atributos físicos e químicos dos alimentos através da percepção

pelos sentidos da visão, olfato, tato, audição e gustação (MATTHEIS; FELLMAN, 1999; MEILGAARD et al., 1988; AMERINE et al., 1965). Esta avaliação baseia-se em técnicas que são fundamentais na percepção psicológica e fisiológica, sendo que o grau de apreciação de um produto alimentício está ligado a um processo subjetivo. O sentido da visão se antecipa na percepção a todas as outras informações, e possibilita aquisição de informações sobre aspectos do alimento como estado, tamanho, forma, textura e cor (DUTCOSKY, 1996). Resultados obtidos por Siomos et al. (2001) mostraram que com a avaliação da qualidade visual foi possível a diferenciação de alfaces produzidas em diferentes substratos de cultivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e relacionar a produção, teores de N, P e K e a aparência de alface cultivada em substrato com zeólita enriquecida com N, P e K.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, em vasos com 3 kg de substrato inerte, composto de areia lavada com água destilada e ácido clorídrico diluído (3:1 v:v).

A zeólita utilizada foi coletada na Bacia do Parnaíba, no Maranhão, onde se localiza o principal depósito de zeólita natural do País, com grande potencial de aproveitamento econômico (REZENDE; ANGÉLICA, 1991). O material coletado foi concentrado em mesa vibratória, resultando em um produto com 84% de zeólita estilbíta e com capacidade de troca de cátions de $2,5 \text{ cmol}_c \text{ g}^{-1}$. A fórmula química determinada da zeólita foi: $(\text{CaO})_{0,82} (\text{Na}_2\text{O})_{0,19} (\text{K}_2\text{O})_{0,15} (\text{MgO})_{0,56} (\text{Fe}_2\text{O}_3)_{0,30} (\text{TiO}_2)_{0,11} (\text{Al}_2\text{O}_3)_{1,85} (\text{SiO}_2)_{16} (\text{H}_2\text{O})_{4,7}$. A zeólita concentrada foi enriquecida por meio da incubação com soluções contendo H_2PO_4 1 mol L^{-1} (ZP), KNO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (ZNK) e K_2HPO_4 1 mol L^{-1} (ZPK). A relação utilizada foi de 1:40 por 24 horas, com temperatura e agitação constantes. Após a incubação, a suspensão foi filtrada e o material sólido desidratado a 100°C . A zeólita enriquecida com H_3PO_4 recebeu, ainda, a adição de fosfato natural (34% de P_2O_5) na proporção de 2:1 na base de massa.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. Utilizaram-se 11 tratamentos: Z20, Z40, ZP20, ZP40, ZP80, ZP160, ZNK40, ZNK80, ZPK20, ZPK40, e a testemunha (sem adição de zeólita). As doses e concentrações de nutrientes em cada tratamento estão na Tabela 1. A zeólita apresentava traços de outros elementos, entre eles o fósforo, razão pela qual o material concentrado apresentou uma pequena porcentagem de P disponível.

A testemunha recebeu todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas por meio de uma solução nutritiva, com a composição (mg L^{-1}): N = 210; P = 31; K = 234; Ca = 200; Mg = 48; S = 65; B = 0,5; Cu = 0,02; Fe = 5,0; Mn = 0,5; Zn = 0,2, e Mo = 0,02. O preparo dessa solução foi feito segundo Sarruge (1975). O fornecimento foi realizado em quatorze aplicações de 150 ml de solução nutritiva por vaso com duas plantas, totalizando 2,1 L por vaso. As aplicações ocorreram ao longo de todo ciclo de cultivo, sendo que na primeira semana de cultivo o intervalo de fornecimento foi de três dias, e nas seguintes o intervalo foi de 1 dia. Nos dias em que não se forneceu solução, as plantas receberam água da irrigação. Quando a zeólita utilizada não possuía um dos macronutrientes em teste, N, P ou K, este era adicionado na forma de solução, na mesma concentração fornecida à testemunha. Desse modo todos os tratamentos receberam as mesmas quantidades de Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn.

Os tratamentos foram iniciados em 26/06/2003, com o transplante para os vasos de cultivo, de duas mudas da alface cv. Regina, aos 30 dias após a germinação. Ao final de 30 dias de cultivo, ambas plantas de cada vaso foram avaliadas com relação à aparência, produção e teores de nutrientes na parte aérea.

A análise da aparência foi realizada pelo teste de ordenação de preferência (ABNT, 1994), utilizando-se 53 provadores não treinados. O teste foi aplicado para os atributos de cor, tamanho e presença de lesões e para a preferência de compra. Os provadores atribuíram notas de 1 a 11, de modo que o tratamento que apresentasse cor mais intensa, maior tamanho, menos lesões e

fosse o preferido para ser comprado, receberia as menores notas.

Em seguida foram realizadas avaliações da produção e dos teores dos macronutrientes N, P e K na parte aérea das alfaces. A parte aérea das plantas foi colhida e pesada e, em seguida seca a 65°C em estufa de circulação forçada de ar. Foram realizadas determinações, na matéria seca, dos teores totais de N, no extrato da digestão sulfúrica e determinados pelo método semi-micro Kjeldhal. Também foram feitas determinações de P e K, no extrato da digestão nitro-perclórica e determinados por espectrometria de plasma induzido (ICP-OES) e fotometria de chama, respectivamente, de acordo com a metodologia de Carmo et al. (2000).

A interpretação dos resultados dos atributos (cor, tamanho, presença de lesões, e preferência de compra) foi realizada por meio do teste de Friedman, utilizando-se a tabela de Newel e MacFarlane, conforme ABNT (1994). Os resultados de produção e teores de N, P e K foram analisados estatisticamente utilizando-se a análise de variância e teste de Tukey (5%). Estabeleceu-se o coeficiente de correlação de Pearson (r), entre as médias de produção e teores de nutrientes e a somatória das notas dos atributos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os melhores tratamentos para produção das alfaces (peso fresco) foram ZP40, ZP20, ZP80 e ZPK20, não havendo diferenças significativas entre eles (Tabela 2). Porém, foram significativamente maiores que a produção obtida com a testemunha, que recebeu todos os nutrientes de forma balanceada por meio de solução nutritiva, sendo que estes valores representam aumentos de 56; 46; 39 e 30%, respectivamente. Os resultados indicam o potencial, para o cultivo desta hortaliça, da utilização da zeólita acidificada e em mistura com apatita (tratamentos ZP) nas doses de 20; 40 e 80 g do material por vaso. Outro aspecto interessante é que as produções obtidas com a zeólita acidificada em mistura com a apatita foram equivalentes à obtida com a zeólita enriquecida com uma fonte solúvel de fósforo (KH_2PO_4).

Tabela 1. Tratamentos utilizados em função dos nutrientes adicionados à zeólita, dose de zeólita por vaso e quantidade de nutrientes fornecidas. São Carlos, Embrapa Solos, 2004.

Tratamentos Enriquecimento		Concentração* (mg kg ⁻¹)			Zeólita (g por vaso)	Quantidade fornecida pela zeólita (mg/vaso)		
		N (N-NO ₃)	P	K		N (N-NO ₃)	P ₂ O ₅	K ₂ O
Z 20	zeólita concentrada	0,1	17	3,9	20	0,002	0,78	0,09
Z 40	zeólita concentrada	0,1	17	3,9	40	0,004	1,56	0,19
ZP 20	zeólita + H ₃ PO ₄ + apatita	0,2	130	3,9	20	0,004	327	0,09
ZP 40	zeólita + H ₃ PO ₄ + apatita	0,2	7130	3,9	40	0,008	653	0,19
ZP 80	zeólita + H ₃ PO ₄ + apatita	0,2	7130	3,9	80	0,016	1306	0,38
ZP 160	zeólita + H ₃ PO ₄ + apatita	0,2	7130	3,9	160	0,032	2612	0,75
ZNK 40	zeólita + KNO ₃	93796	17	15210	40	3752	1,56	733
ZNK 80	zeólita + KNO ₃	93796	17	15210	80	7504	3,11	1466
ZPK 20	zeólita + KH ₂ PO ₄	0,1	11289	41925	20	0,002	517	1010
ZPK 40	zeólita + KH ₂ PO ₄	0,1	11289	41925	40	0,004	1034	2021

* Extraídos em pasta de saturação (Embrapa, 1997).

Tabela 2. Produção (peso fresco) e teores de N, de P e de K de alfaces cultivadas em substrato com zeólitas. Média de três repetições. São Carlos, Embrapa Solos, 2004.

Tratamentos	Produção (g por vaso)	Teores (g kg ⁻¹)		
		N	P	K
Z 20	190,90 def	24,69 de	2,30 d	34,97
Z 40	162,83 f	26,65 bcde	2,37 d	33,70
ZP 20	296,74a	30,19abcd	4,52 bc	37,17
ZP 40	315,89a	32,15abc	5,70ab	35,47
ZP 80	283,30ab	32,06abc	6,02ab	33,90
ZP 160	220,83 cde	31,17abc	5,80ab	35,47
ZNK 40	160,14 f	21,28 e	2,97 cd	33,00
ZNK 80	180,91 ef	26,93 bcde	2,83 cd	34,50
ZPK 20	263,55abc	33,55a	6,07ab	32,33
ZPK 40	239,25 bcd	32,67ab	7,13a	36,27
Testemunha	202,61 def	26,09 cde	2,55 d	35,13
Teste F	24,38***	10,54***	24,66***	0,69 ^{N.S.}
CV% ⁽¹⁾	8,40	7,30	14,44	8,52
DMS ⁽²⁾	56,11	6,15	1,85	-

Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

⁽¹⁾CV% = coeficiente de variação; ⁽²⁾DMS = diferença mínima significativa. *, **, *** indicam significância para p < 0,05; 0,01; e 0,001, respectivamente. N.S. indica não significativo.

Estes resultados estão em concordância com os de Allen et al. (1995) que concluíram que uma mistura adequada da zeólita clinoptilolita e rocha fosfática da Carolina do Norte foi eficiente para o cultivo intensivo de trigo (*Triticum aestivum* cv. Coker). Barbarick et al. (1990) também verificaram que a combinação de zeólita e rocha fosfática pode ser um eficiente fornecedor de fósforo para as plantas, desde que outros elementos essenciais não sejam limitantes.

Os resultados da Tabela 2 também indicam que os demais tratamentos (ZPK40; ZP160; Z20; ZNK80; Z40 e

ZNK40) apresentaram produções (peso fresco) estatisticamente equivalentes à testemunha. Estes resultados demonstram, assim, o potencial para utilização do mineral zeólita enriquecida, como fonte de nutrientes para esta hortaliça folhosa. Confirmando os resultados obtidos por Notario-Del-Pino et al. (1994) e Williams e Nelson (1997) com alface e crisântemo, respectivamente.

A análise de tecidos vegetais é uma medida direta da disponibilidade de nutrientes no substrato de cultivo, pois os resultados correspondem à quantidade de nutriente absorvida pelas plantas.

Desta forma, o teor de nutrientes nos tecidos vegetais reflete sua real disponibilidade, pois existe uma relação entre o fornecimento de um nutriente pelo substrato de cultivo ou por um fertilizante e a concentração nas folhas, e uma relação entre essa concentração e a produção da cultura. Tal técnica pode estar sujeita a algumas limitações tais como épocas de amostragem, interpretação, contaminação da amostra, deficiências e excessos de nutrientes (MALAVOLTA et al. 1997).

Os teores de nitrogênio na parte aérea da alface (Tabela 2) foram significativamente maiores, nos tratamentos ZPK40 e ZPK20, aos quais foram adicionados o KH₂PO₄. Provavelmente houve uma interação positiva entre o fornecimento de fósforo no substrato de cultivo, e a absorção de nitrogênio pelas plantas de alface. Estes teores, assim como os dos tratamentos ZP40; ZP80 e ZP160, podem ser considerados adequados, adotando-se a faixa de 31 a 40 g kg⁻¹, proposta por Reuter e Robinson (1997). Nos demais tratamentos não foram observadas diferenças significativas em relação à testemunha, cultivada com solução nutritiva, e estão todos abaixo da faixa adequada (REUTER; ROBINSON, 1997). Challinor et al. (1995) também haviam observado baixos teores de nitrogênio em cravo cultivado em substrato com zeólita. Os teores de nitrogênio na parte aérea observados neste estudo foram inferiores aos de Fernandes et al. (2002), que encontraram o valor médio de 47 g

kg⁻¹ para a cultivar Regina cultivada em sistema hidropônico.

Observa-se na Tabela 2 que os teores de fósforo na parte aérea das plantas de alface foram significativamente maiores que a testemunha, nos tratamentos ao qual foi adicionado à zeólita uma fonte do nutriente, na forma de KH₂PO₄ (ZPK40; ZPK20) ou na forma de apatita (ZP80; ZP160; ZP40; ZP20). Nestes tratamentos, as concentrações encontradas na parte aérea estão dentro da faixa (4 a 6 g kg⁻¹) considerada como adequada para a cultura (REUTER; ROBINSON, 1997). No entanto são inferiores aos teores estabelecidos por Fernandes et al. (2002), que encontraram valores de 8,5 g kg⁻¹.

Estes valores evidenciam a maior disponibilidade do macronutriente fósforo no substrato que recebeu o mineral zeólita enriquecida com apatita. Notario-Del-Pino et al. (1994), em um experimento em casa-de-vegetação com alface, compararam o fornecimento de fósforo e potássio, através da zeólita (phillipsita) com o KH₂PO₄, e confirmaram o aumento dos teores deste nutriente na planta.

Os resultados do presente estudo indicaram que os teores de potássio não diferiram significativamente em função dos tratamentos utilizados (Tabela 2). Esta ausência de diferenças entre as fontes de fornecimento do nutriente também foi observada por Challinor et al. (1995) em cravo. Diferentemente, Williams e Nelson (1997) observaram em crisântemo, que as plantas cultivadas em substrato com zeólita enriquecida com potássio, apresentaram maiores teores que as testemunhas que receberam fertilizantes na forma solúvel. Os resultados da concentração de potássio, nos tecidos da parte aérea, foram menores que o valor médio de 71 g kg⁻¹ encontrado por Fernandes et al. (2002) para a mesma cultivar de alface utilizada neste estudo. Também estão abaixo da faixa adequada (50 a 80 g kg⁻¹) proposta por Reuter e Robinson (1997).

A aparência é o atributo que mais causa impacto na escolha por parte do consumidor e dentro desta, a cor é a característica mais relevante. Isto porque a cor caracteriza sobremaneira o produto, constituindo-se no primeiro critério para sua aceitação ou rejeição. A apa-

Tabela 3. Somatório das notas das alfaces pelos 53 provadores não treinados. São Carlos, Embrapa Solos, 2004.

Tratamentos	Cor	Tamanho	Lesões	Preferência
Z 20	304 ab	489 c	277 b	354 b
Z 40	367 b	445 c	316 b	367 b
ZP 20	307 ab	253 ab	302 b	321 ab
ZP 40	276 ab	195 a	341 b	295 ab
ZP 80	255 ab	203 a	296 b	234 a
ZP 160	243 a	183 a	322 b	282 ab
ZNK 40	436 b	513 c	436 c	504 c
ZNK 80	296 ab	321 b	239 ab	250 ab
ZPK 20	272 ab	272 ab	192 ab	267 ab
ZPK 40	310 ab	290 ab	374 b	383 b
Testemunha	356 b	319 b	162 a	222 a

Valores seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Friedman. Diferença mínima = 112.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as médias dos pesos fresco, teores de N, P e K e o somatório das notas dos atributos de cor, tamanho, presença de lesões e preferência de compra. São Carlos, Embrapa Solos, 2004.

	Cor	Tamanho	Lesões	Preferência
Peso fresco	-0,539 ^{N.S.}	-0,789 ^{**}	-0,062 ^{N.S.}	-0,416 ^{N.S.}
Teor N	-0,803 ^{**}	-0,860 ^{***}	-0,168 ^{N.S.}	-0,519 ^{N.S.}
Teor P	-0,624 [*]	-0,752 ^{**}	0,191 ^{N.S.}	-0,188 ^{N.S.}
Teor K	-0,252 ^{N.S.}	-0,370 ^{N.S.}	0,116 ^{N.S.}	-0,112 ^{N.S.}

*, **, *** indicam significância para p < 0,05; 0,01; e 0,001, respectivamente. N.S. indica não significativo.

rência geral e a cor estão relacionadas com a qualidade, índice de maturação e deterioração do produto. O consumidor espera uma determinada cor para cada alimento e qualquer alteração nesta, pode diminuir sua aceitabilidade (DELLA-MODESTA, 1994).

Na Tabela 3 estão a soma das notas atribuídas às alfaces pelos 53 provadores que participaram do teste de preferência. Observou-se que o atributo cor foi o que apresentou menores variações entre os tratamentos. As maiores diferenças observadas foram no tamanho e na presença (ou ausência) de lesões.

O teste de preferência pode ser considerado como uma das mais importantes etapas da análise sensorial, pois representa o somatório de todas as percepções sensoriais e expressa o julgamento, por parte do consumidor, sobre a qualidade do produto (DUTCOSKY, 1996). Os resultados deste teste indicaram que a alface preferida foi a testemunha, cujos nutrientes foram fornecidos em quantidades adequadas através

de solução nutritiva, e a alface obtida no substrato com o tratamento ZP80 (zeólita + apatita, na dose de 80 g por vaso). Os outros tratamentos ZP (160; 40 e 20), ZNK80 e ZPK20 também obtiveram alta preferência de compra pelos provadores. Os resultados de Siomos et al. (2001) também mostraram que a avaliação visual da aparência foi adequada para diferenciar alface obtida em diferentes substratos.

Os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as médias dos pesos fresco, teores de N, P e K e o somatório das notas dos atributos de cor, tamanho, presença de lesões e preferência de compra estão na Tabela 4. Observaram-se correlações significativas (r = -0,79^{**}) entre a média peso fresco da alface e o somatório das notas dadas pelos provadores para o atributo tamanho. O coeficiente negativo justifica-se pelo fato de que o tratamento que aparentava ser o de maior tamanho recebeu a menor nota, estabelecendo-se assim a correlação negativa.

Houve também correlações significativas e negativas entre os teores de nitrogênio na parte aérea das plantas e as notas dos atributos cor ($r = -0,80^{**}$) e tamanho ($r = -0,86^{***}$). Isso é justificável em função das funções fundamentais que este nutriente exerce no metabolismo vegetal. O nitrogênio é constituinte de todas as proteínas e ácidos nucleicos da planta e também o teor deste macronutriente nas folhas é um dos fatores que determina o conteúdo de clorofila (MENGEL; KIRKBY, 1982; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997). Por isso, nos tratamentos onde houve maior disponibilidade de nutriente, as plantas apresentaram cor mais verde, mais intensa e maior tamanho.

O teor de fósforo das folhas da parte aérea da alface correlacionou-se significativamente ($r = -0,75^{**}$) com o atributo sensorial de tamanho avaliado pelos provadores. A explicação é que o P, nos vegetais, é um componente dos fosfolípidos da membrana, dos açúcares fosforilados e das proteínas, é também parte integrante do DNA (ácido desoxiribonucleico), RNA (ácido ribonucleico), ATP (adenosina 5-trifosfato); PEP (fosfoenolpiruvato), NADPH (nicotinamida adeninadineucleotídeo difosfato) e outros compostos bioquímicos que utilizam o fosfato como armazenamento de energia (MENGEL; KIRKBY, 1982; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997). Como vários processos metabólicos vitais dependem desse suprimento de energia, a nutrição adequada deste nutriente vai interferir diretamente sobre a síntese de proteínas e de ácidos nucleicos, e conseqüentemente influenciar o crescimento das plantas, como mostraram os resultados. Não houve correlações significativas entre os teores de K os atributos sensoriais avaliados.

Os resultados mostraram que o uso das zeólitas pode ser uma fonte eficiente

de nutrientes N, P e K. A alface cultivada em meio com zeólita apresentaram maior produção e qualidade visual equivalente à alface testemunha, cultivada em solução nutritiva. Houve correlações significativas entre os teores de N e os atributos sensoriais cor e tamanho, e entre os teores de P e o tamanho. A análise sensorial foi uma ferramenta adequada para avaliar a qualidade da alface.

AGRADECIMENTOS

À FINEP através do CT Mineral, pelo financiamento do trabalho. Aos Drs. Nélio G.A.M. Rezende, da CPRM; Hélio Salim de Amorim e Fernando de Souza Barros, da UFRJ; e Paulo Renato Perdigão Paiva, do CETEM.

LITERATURA CITADA

ALLEN, E.; MING, D.; HOSSNER, L.; HENNINGER, D.; GALINDO, C. Growth and nutrient uptake of wheat in a clinoptilolite-phosphate rock substrate. *Agronomy Journal*, Madison, v.87, n.6, p.1052-1059, 1995.

AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. *Principles of sensory evaluation of food*. New York: Academic Press, 1965. 802 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Teste de ordenação em análise sensorial*: NBR 13170, Rio de Janeiro, 1994. 76 p.

BARBARICK, K.A.; LAI, T.M.; EBERL, D.D. Exchange fertilizer (phosphate rock plus ammonium-zeolite) effects on sorghum-sudangrass. *Soil Science Society of America Journal*, v.54, n.3, p.911-916, 1990.

CARMO, C.A.F.S.; ARAÚJO, W.S.; BERNARDI, A.C.C.; SALDANHA, M.S. *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p. (Embrapa Solos. Circular Técnica, 6).

CHALLINOR, P.F.; PIVERT, J.M.; FULLER, M.P.; LE-PIVERT, J.M.; ADAMS, P.; HIDDING, A.P.; KIPP, J.A.; SONNEVELD, C.; KREIJ, C. The production of standard carnations on nutrient-loaded zeolite. *Acta Horticulturae*, v.401, p.293-299, 1995.

CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; NEVES FILHO, L.C.; MORETTI, C.L. Importância do resfriamento para frutas e hortaliças no Brasil. In: CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. *Resfriamento de frutas e hortaliças*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2002. p.17-35.

DELLA-MODESTA, R.C. *Manual de análise sensorial de alimentos e bebidas*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1994. 67 p.

DUTCOSKY, S.D. *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Editora Champagnat, 1996. 123 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 1).

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.2, p.195-200, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MATTHHEIS, J.P.; FELLMAN, J.K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, v.15, p.227-232, 1999.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. *Sensory evaluation techniques*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1988. 281 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 3.ed. Bern: International Potash Institute, 1982. 655 p.

NOTARIO-DEL-PINO, J.S.; ARTEAGA-PADRON, I.J.; GONZALEZ-MARTIN, M.M.; GARCIA-HERNANDEZ, J.E. Response of alfalfa to a phillipsite-based slow-release fertilizer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.25, n.13-14, p.2231-2245, 1994.

REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. *Plant analysis: an interpretation manual*. 2.ed. Sydney: Inkata Press, 1997. 572 p.

REZENDE, N.G.A.M.; ANGÉLICA, R.S. Sedimentary zeolites in Brazil. *Mineralogica et Petrographica Acta*, v.42, p.71-82, 1991.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopatologica*, Piracicaba, v.1, p.231-3, 1975.

SIOMOS, A.S.; BEIS, G.; PAPADOPOULOU, P.P.; NASI, P.; KABERIDOU, I.; MALOUPA, E.; GERASOPOULOS, D. Aerial biomass, root biomass and quality of four lettuce cultivars grown hydroponically in perlite and pumice. *Acta Horticulturae*, n.548, p.437-443; 2001.

WILLIAMS, K.A.; NELSON, P.V. Using precharged zeolite as a source of potassium and phosphate in a soilless container medium during potted chrysanthemum production. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.122, n.5, p.703-708; 1997.