

Produção de mini-alface em cultivo hidropônico

Production of mini-lettuce in hidroponic cultivation

Danieele Fabíola Pereira Silva*
Mara Rosane Batirola da Silva*
Rosmeri Terezinha Batirola da Silva*
Ana Maria Mapeli*
Camila Rodrigues Khouri*
Suzana Patrícia Lisboa*
Virgínia Álvares Souza*
Paulo Roberto Gomes Pereira**

Resumo: No Brasil, a alface (*Lactuca sativa*) é a folhosa mais comercializada, sendo boa fonte de sais minerais, além de se destacar por seu elevado teor de vitamina A. O presente trabalho objetivou avaliar a germinação e a produção, por área e por tempo de mini-alface em sistema hidropônico em diferentes concentrações de solução nutritiva e população de plantas de alface cv. *Regina de verão*. Houve influência da força da solução nutritiva quanto à taxa de produção de massa fresca da parte aérea da planta. Em função da força, o peso de massa seca foi linear decrescente, diferindo do comportamento da massa fresca. Analisando as quantidades de nutrientes das plantas, observa-se que, em função da força, houve comportamento linear e crescente de fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K), enquanto para nitrato (NO_3^-), amônio (NH_4^+) e cálcio (Ca) o comportamento foi quadrático. Somente para o magnésio (Mg), o comportamento foi linear e decrescente. A germinação das sementes foi influenciada pela força da solução nutritiva, havendo um decréscimo linear da germinação com o aumento da força, refletindo o efeito negativo do aumento da concentração de sais na solução sobre a germinação. Os dados indicam que a produtividade deve ser baseada na massa fresca, uma vez que é o critério avaliado pelo mercado consumidor.

Palavras-chave: alface, hidroponia, capilaridade.

Abstract: In Brazil, the lettuce (*Lactuca sativa*) it is the marketed foliage, being good source of mineral salts, besides standing out for its high vitamin text A. THE present work aims to evaluate the germination and the production for area and for time of mini-lettuce in hidroponic system in different concentrations of nutritious solution and population of plants of lettuce cv. Summer Regina. There was influence by force of the nutritious solution with relationship to the rate of production of fresh mass of the aerial part of the plant. In function of force, the weight of mass drought was lineal decreasing, differing from the behavior of the fresh mass. Analyzing the amounts of nutrients of the plants, it is observed that, in function of the force, there was lineal and growing behavior of match (P), sulfur (S) and potassium (K), while for nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) and calcium (Ca) the behavior was quadratic. Only for the magnesium (Mg) the behavior was lineal and decreasing. The germination of the seeds was influenced by force of the nutritious solution, having a lineal decres of the germination with the increase of force, reflecting the negative effect of the of concentration increase of salts in the solution on the germination. The data indicate that the productivity should be based on the fresh mass, once it is the approach evaluated by the consuming market.

Key-words: lettuce, hidroponic, capillarity

* Doutorandos em Fitotecnia na UFV, e-mail: danieele@ufv.br

** Professor do Departamento de Fitotecnia - Universidade Federal de Viçosa

Introdução

O consumo de hortaliças tem aumentado não só pelo crescente aumento da população, mas também pela tendência de mudança no hábito alimentar do consumidor, tornando-se inevitável o aumento da produção. Entretanto, o consumidor tem se tornado mais exigente, havendo a necessidade de se produzir a hortaliça em quantidade e qualidade, o que pode ser obtido através da hidroponia.

A hidroponia é caracterizada como o cultivo de plantas em meio líquido, associado ou não a substratos não orgânicos naturais, ao qual é adicionada uma solução nutritiva necessária ao desenvolvimento da cultura (Castellane & Araújo, 1994).

A produção de hortaliças em hidroponia vem ganhando destaque, por apresentar maior rendimento por área, melhor programação da produção, ciclo mais curto em decorrência de maior controle ambiental, menor incidência de pragas e doenças, maior facilidade de execução dos tratamentos culturais, eliminação de perdas de nutrientes por lixiviação, escoamento, volatilização, fixação e retrogradação, resultando, inclusive, no uso mais racional dos fertilizantes (Martinez, 2002).

O cultivo em estufas (casa de vegetação) permite a utilização intensiva do capital e maior rendimento por área, como também a produção de maneira controlada, melhor qualidade do produto, menor incidência de pragas e doenças, menor dependência das condições climáticas, melhor aproveitamento de insumos, possibilitando a distribuição da produção ao longo do ano, regularizando a oferta e dando oportunidade ao produtor de fugir das épocas de menor preço (Rodrigues *et al.*, 1997; Martinez, 2002).

No Brasil, a alface (*Lactuca sativa*) é a folhosa mais comercializada, sendo boa fonte de sais minerais, além de se destacar por seu elevado teor de vitamina A. É adequada ao clima ameno, pois se adapta melhor em cultivos de inverno por obtenção de maiores produções (Delistoianov, 1997). A alface, por ocupar pouco espaço,

atinge o ponto de comercialização mais rápido proporcionando vantajoso retorno financeiro, tornando-se uma cultura que vem ganhando, cada vez mais, espaço na produção hidropônica (Zito *et al.*, 1994).

Um dos sistemas hidropônicos mais utilizados é o NFT (Nutrient Film Technique), onde a absorção de nutrientes pela planta é através de um filme de água que passa por suas raízes (Castellane & Araújo, 1995; Martinez, 2002). Porém, este tipo de sistema apresenta como desvantagem um alto consumo de energia, aumentando assim os custos de produção. O cultivo hidropônico de mini-alface por capilaridade se destaca, dessa forma, como excelente alternativa por ser uma técnica bastante simples, de baixo custo e, principalmente, por eliminar a necessidade do uso de eletricidade (Chanseetis *et al.*, 2001).

A produção de mini-alface em ambiente doméstico pela técnica hidropônica em bandejas com um substrato pouco oneroso, como o TNT, torna-se, também, atraente devido à facilidade de montagem, manutenção, higiene e praticidade de acomodação das bandejas nas residências.

O cultivo em solução nutritiva é utilizado tanto em estudos sobre nutrição de plantas quanto na área comercial. A solução nutritiva é um dos pontos mais importantes em todo o sistema de cultivo hidropônico, no qual, seu mau uso poderá acarretar em sérios prejuízos para as plantas (Martinez, 2002).

As formulações das soluções nutritivas onde as plantas são capazes de sobreviver são muito variadas. No entanto, a formulação de uma solução que garanta o desenvolvimento máximo sem excedentes nem faltas é muito difícil, pois as exigências nutricionais variam entre eles, sendo que a composição ideal depende de diversos fatores, desde aqueles relacionados às concentrações de nutrientes até os ligados aos sistemas de cultivo.

Diversas soluções nutritivas já foram propostas na

literatura havendo, em alguns casos, diferenças marcantes entre elas em relação às concentrações dos macronutrientes, enquanto que para os micronutrientes, as diferenças são bem menores (Furlani et al., 1999).

Além disso, sabe-se que o espaçamento entre plantas e, conseqüentemente a densidade de plantas, exerce uma grande influência no comportamento das mesmas, afetando-lhes, a arquitetura, o desenvolvimento, o peso, a qualidade e a produção (Gualberto et al., 1999).

O objetivo do trabalho foi avaliar a germinação e a produção, por área e por tempo, de mini-alface em sistema hidropônico em diferentes concentrações de solução nutritiva e população de plantas de alface cv. Regina de verão.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação pertencente ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, localizada em 20° 45' de latitude sul e 42° 51' de longitude, de altitude 651 m, durante o período de março a maio de 2005.

Para as unidades experimentais foram utilizados vasos plásticos de 1,7 L cada, sendo preenchido 1,6 L de solução, que foram previamente lavados e pintados externamente com tinta aluminizada para proteção da solução à luz solar, evitando o crescimento de algas. Sobre os vasos foram colocadas, como suporte, lâminas de isopor com 1,5 cm de espessura e área total de 81 cm² (9 x 9 cm), recobertos com TNT preto (20 x 20) previamente embebido em solução nutritiva, adaptando à técnica de *Floating*, para promover a manutenção da umidade por capilaridade. Sobre o TNT foram dispostas as sementes, em número de acordo com cada tratamento (Tabela 1). Utilizou-se a variedade *Regina de verão*, sendo as sementes não-peletizadas das mesmas, adquiridas comercialmente na mesma cidade.

Tabela 1

Descrição dos tratamentos utilizados no experimento de mini-alface hidropônica, variando concentração da solução nutritiva (força) e a população de plantas. Viçosa, MG.

Tratamento	Força	População de plantas
1	0,5	50
2	1,0	50
3	1,5	50
4	2,5	50
5	5,0	50
6	1,0	20
7	1,0	75
8	1,0	100
9	1,0	150
10	1,0	1

A semeadura ocorreu em 31 de março e a colheita em 2 de maio de 2005, já que foram visadas mini-alfaces. O sistema não recebeu arejamento e o pH e a condutividade inicial da solução variou de acordo com a concentração de cada tratamento.

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, em que os dois fatores em estudo (força e população de plantas) foram distribuídos em uma matriz baconiana, com 10 tratamentos e três repetições cada, totalizando em 33 unidades experimentais. O tratamento (força 1,0 e 50 plantas) foi fixado como referência.

As soluções concentradas de macronutrientes e micronutrientes, previamente preparadas, foram diluídas em cinco vasilhames de plástico, de cor clara (marrom-amarelado), marca Plasvale, sendo um com

capacidade para 50 L (Força 1,0) e quatro com capacidade para 10 L cada um (Forças 0,5; 1,5; 2,5 e 5,0). A solução de macronutrientes utilizada foi a de modificada de Steiner (1980) e a solução de micronutrientes a de Clark (1975), de acordo com a Tabela 2, cuja composição química para a força 1,0 foi de: 1; 2; 1,5; 4,5; 6; 1 e 1mL/L de KH_2PO_4 , MgSO_4 , $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KCl, micronutrientes menos Fe e Fe-EDTA, respectivamente. Os demais tratamentos foram preparados, proporcionalmente, ao padrão, de acordo com cada força.

Tabela 2

Concentração de macro e micronutrientes em solução nutritiva de Steiner modificada (mmol/L) e de Clark (mol/L), respectivamente, utilizadas em experimento de mini-alface hidropônica. Viçosa, MG.

Macronutrientes	mmol/L
NO_3^-	9
NH_4^+	3
H_2PO_4^-	1
K^+	7
Ca^{2+}	4,5
Mg^{2+}	2
SO_4^{2-}	3,5
Micronutrientes	mol/L
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$7 \cdot 10^{-3}$
H_3BO_3	$19 \cdot 10^{-3}$
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	$2 \cdot 10^{-3}$
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$86 \cdot 10^{-6}$
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Fe EDTA	$3,8 \cdot 10^{-2}$

Foram medidos, em intervalos frequentes, o pH (através de um pHmetro de mesa) e a condutividade elétrica (através de um condutímetro de mesa) das soluções, assim como, diariamente, a temperatura máxima e mínima ($^\circ\text{C}$) e umidade relativa (%) do ar na

casa-de-vegetação. O pH inicial das soluções nutritivas variou de 5,44 a 4,66. A condutividade elétrica inicial (CE) foi diretamente proporcional à força, variando de 0,94 a 4,88 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ (dados não mostrados). O nível da solução nutritiva de cada unidade experimental foi mantido pela reposição do volume consumido com a própria solução, sendo realizada quando houve redução de 20% do volume de cada vaso, que correspondeu à descida de 2,5 cm no nível da solução. Foram medidos os volumes finais de reposição das soluções para cada tratamento, durante todo o período de cultivo.

Antes da colheita, foi realizada a avaliação do aspecto visual das plantas por meio de um critério de notas variando de 1 a 5, sendo a nota máxima correspondente às plantas de melhor aspecto quanto à cor e aparência geral. Em seguida, as plantas foram lavadas, separada em parte aérea e raízes, em que as raízes foram descartadas, sendo a massa verde das folhas pesada e contado o número de plantas e o número de folhas por planta. O material foi colocado para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C , até obtenção de peso constante. O material vegetal, após secagem, foi pesado e triturado em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 mesh, para análise dos teores de nutrientes.

Amostras do material vegetal (parte aérea) foram submetidas à digestão nítrico-perclórica para posterior determinação do teor de P por colorimetria, segundo método descrito por (Braga e Defelipo, 1974); o S por turbidimetria (Blanchar et al., 1965); do K por fotometria de chama; e Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de N-orgânico foi determinado por colorimetria utilizando o reagente de Nessler após uma digestão sulfúrica das amostras (Jackson, 1958), estimando-se o teor de proteína usando o fator de multiplicação 6,25 (Silva, 1981).

A porcentagem de germinação das sementes foi realizada pela contagem do número de sementes germinadas em relação às que não germinaram. O cálculo foi realizado através da fórmula: $G = (\text{NSG}/\text{NSI}) \times 100$, em que G é a porcentagem de germinação das

plantas, NSG é o número de sementes germinadas e NST é o número de sementes iniciais.

Os dados foram analisados usando-se o programa SAEG (Sistema de Análise Estatística e Genética) (Euclides, 1999; Ribeiro Júnior, 2001). Segundo a matriz baconiana, cada fator foi estudado individualmente, fazendo-se análises de variância para força (tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5) e populações (tratamentos 1, 6, 7, 8, 9 e 10). Para o estudo da força e população, foi feita a análise de regressão. As análises de variância e de regressão foram testadas pelo teste F a 5% de probabilidade. O desvio-padrão da regressão calculado pelo SAEG foi corrigido a partir do quadrado médio do resíduo da análise de variância, testando-se a significância dos coeficientes pelo teste t a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Houve influência da força da solução nutritiva quanto à taxa de produção de massa fresca da parte aérea da planta ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$) (Figura 3). O comportamento adequou-se a um modelo de equação quadrática, onde ocorreu um decréscimo na taxa de produção a partir do tratamento de força 1,5, com o ponto máximo em 1,69. De acordo com Martinez (2002), plantas jovens são mais sensíveis aos baixos potenciais ocasionados por altas concentrações salinas, que pode levar à plasmólise das células radiculares. O fluxo de água é um processo passivo. Ou seja, a água move em resposta a forças físicas, em direção a regiões de baixo potencial hídrico ou de baixa energia livre (Taiz e Zeiger, 2004).

Quanto à taxa de produção de massa fresca da parte

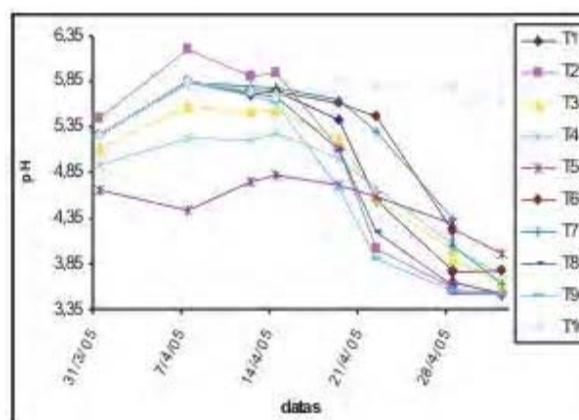


Figura 1 - Valor semanal do pH das soluções nutritivas considerando forças e populações de plantas em experimento com mini-alface no cultivo hidropônico.

(T1= 0,5 força, 50 pl.; T2= 1,0 força, 50 pl.; T3= 1,5 força, 50 pl.; T4= 2,5 força, 50 pl.; T5= 5,0 força, 50 pl.; T6= 1,0 força, 20 pl.; T7= 1,0 força, 75 pl.; T8= 1,0 força, 100 pl.; T9= 1,0 força, 150 pl.; T10= 1,0 força, 1 pl.).

aérea da planta em relação à população, houve um comportamento semelhante, adequando-se a um modelo de equação quadrática, havendo decréscimo na taxa de produção a partir do tratamento com 100 plantas (Figura 4). A maior taxa de produção de massa fresca foi obtida com a população de 115 plantas. As plantas competem pela luz solar. Mantidas verticalmente pelos caules as folhas configuram um dossel que absorve luz e influencia taxas fotossintéticas e crescimento sobre ele. As folhas que estavam sombreadas apresentaram-se menores, possivelmente pela menor taxa fotossintética, menor crescimento e menor transpiração, conseqüentemente havendo menor produção de massa fresca e possível estiolamento.

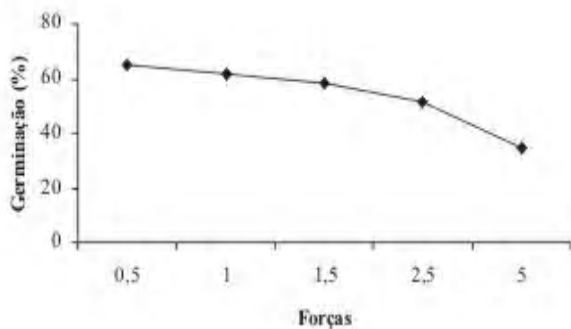


Figura 2 - Estimativa da germinação de sementes de alface *Regina de Verão* em cultivo hidropônico, em função das forças da solução nutritiva.

As taxas de produção de massa fresca obtidas nos pontos máximos são superiores as encontradas por Delistoianov (1997), aos 50 dias após a semeadura, no período de verão, obtido em cultivo hidropônico ou em solo.

Em função da força, o peso de massa seca foi linear decrescente (Tabela 3), diferindo do comportamento da massa fresca. Dessa forma, as análises devem ser baseadas na matéria fresca uma vez que o consumo de alface é feito *in natura*. Para o peso de massa seca da parte aérea, o comportamento foi adequado ao modelo quadrático quanto a população de plantas, onde 133 plantas obtiveram maiores valores. Houve relação entre a absorção da solução nutritiva e a massa seca das plantas, sendo as que absorveram maiores volumes de solução, obtiveram maiores pesos (Tabela 4).

Ao longo do tempo, os valores de pH da solução nutritiva variaram, mantendo-se praticamente constante até a 4ª leitura (14/04/05) com redução até a 7ª leitura (26/04/05) até a estabilização, provavelmente pela adição

mais freqüente das soluções estoque (Figura 1).

Conforme Marschner (1995), a excessiva absorção de cátions, em relação aos ânions, pode acidificar a solução nutritiva.

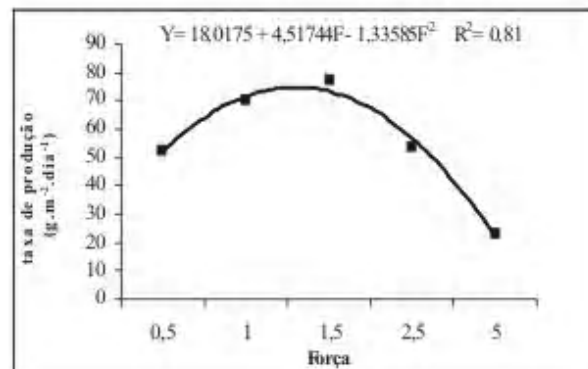


Figura 3 - Estimativa da taxa de produção de massa fresca de mini-alface em função da força da solução nutritiva.

O efeito direto do pH sobre o crescimento de plantas cultivadas em solução está relacionado com a ação dos íons H^+ ou OH^- sobre as membranas das células das raízes. Em pH inferior a 4,0, a elevada concentração hidrogeniônica afeta a integridade e permeabilidade das membranas, podendo haver perda de nutrientes já absorvidos (Martinez, 2002).

A germinação das sementes foi influenciada pela força da solução nutritiva, havendo um decréscimo linear da germinação com o aumento da força, refletindo o efeito negativo do aumento da concentração de sais na solução sobre a germinação (Figura 2). Não houve diferença significativa na germinação das sementes em relação à população de plantas, indicando que inicialmente as sementes estavam utilizando suas própria reserva nutricional.

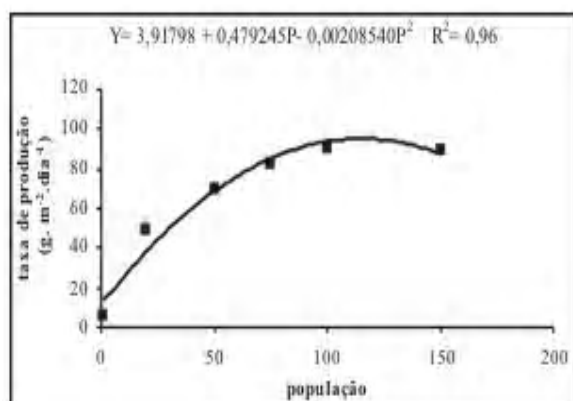


Figura 4 - Estimativas da taxa de produção de massa fresca de mini-alface em função da população.

De acordo com a análise de variação dos dados (Tabela 3), o número de folhas foi alterado pelo aumento da concentração da solução nutritiva (Força), em nível de 5% de probabilidade. Conforme os estudos de regressão, este efeito foi linear e crescente. Dentre os trabalhos encontrados na literatura, a respeito dos efeitos da salinidade sobre o crescimento e desenvolvimento da alface (Shannon et al, 1983; Cramer & Spur, 1986; Gervásio et al., 2000), não fazem qualquer referência ao efeito dos sais sobre a emissão de folhas, porém, todos se reportam à redução de fitomassa da parte aérea, levando a crer que, nos referidos trabalhos, tem havido redução do número de folhas com o incremento da salinidade, não estando em concordância com os resultados obtidos no presente trabalho.

Tabela 3

Equações de regressão ajustadas para o nº de folhas (NF), volume consumido (V), peso da matéria fresca (PMF) e peso da matéria seca (PMS). Viçosa-MG.

Variável Dependente	Equação	R ²
NF	$Y = 6,21419 + 0,501181F^*$	0,799
V	$Y = 747,776 - 61,7979F^*$	0,911
PMF	$Y = 18,0175 + 4,51744F^{*2} - 1,33585F^{*2*}$	0,808
PMS	$Y = 1,28163 - 0,169029F^*$	0,931

* Coeficientes de determinação significativos a 5 % de probabilidade pelo teste t.

O número de folhas aumentou com a concentração de sais, reduzindo o gradiente de potencial hídrico, e, conseqüentemente, a absorção da solução nutritiva. O menor volume absorvido proporcionou um menor turgor, dificultando o crescimento foliar.

O número de folhas foi reduzido, lineamente, em relação à população de plantas (Tabela 4), mesmo não havendo diferença significativa na germinação, o que

indica que quanto maior a população de plantas e o espaço limitante disponível a estas, mais difícil será o suprimento de fatores de produção que garantam o crescimento otimizado e o seu desenvolvimento normal. Isto porque afeta, diretamente, o volume disponível para o desenvolvimento e a arquitetura do sistema radicular, bem como o estado nutricional das plantas, prejudicando, profundamente, a qualidade

destas. Por haver maior quantidade de nutrientes disponíveis em soluções com menor população, torna-se mais fácil o suprimento de fatores ótimos de produção para o crescimento e o desenvolvimento

das plantas, sendo que em altas populações as raízes apresentaram-se escurecidas, o que prejudicou o desenvolvimento das mesmas.

Tabela 4

Equações de regressão ajustadas para o nº de folhas (NF), volume consumido (V), peso da matéria fresca (PMF) e peso da matéria seca (PMS) em função da população. Viçosa-MG.

Variável Dependente	Equação	R ²
NF	$Y = 8,00585 - 0,00848936P^*$	0,464
V	$Y = 460,676 + 6,87488P^* - 0,0259958P^{2*}$	0,988
PMF	$Y = 3,91798 + 0,479245P^* - 0,00208540P^{2*}$	0,964
PMS	$Y = 0,173163 + 0,0236621P^* - 0,0000887856P^{2*}$	0,989

* Coeficientes de determinação significativos a 5 % de probabilidade pelo teste t.

Em relação ao volume de água consumido, houve necessidade de reposição somente a partir da 3ª semana. O volume de solução consumido adequou ao modelo linear decrescente em função da força, obtendo no experimento o maior valor com o tratamento 0,5 força. Em função da população, o modelo quadrático foi o mais adequado, com o ponto de máximo obtido por 132 plantas (força 1,0) (Tabela 4), que totalizaria ao final do experimento 0,915 L. A maior absorção da solução nutritiva pelas plantas no tratamento com 0,5 força ocorreu devido à baixa concentração de nutrientes fazendo com que as plantas absorvessem mais para compensar a necessidade nutritiva; e em populações máximas o consumo foi reduzido devido a competição entre as plantas, já que houve uma menor produção de folhas.

Analisando as quantidades de nutrientes das plantas, observa-se que, em função da força, houve comportamento linear e crescente de fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K), enquanto para nitrato (NO³⁻), amônio (NH₄⁺) e cálcio (Ca) o comportamento foi quadrático. Somente para o magnésio (Mg),

o comportamento foi linear e decrescente (Tabela 5). As forças estimadas entre 2,5 e 3,5 foram apresentadas como as de melhor absorção para NO³⁻, NH₄⁺ e Ca, sendo que, a partir desta concentração, o crescimento ou produtividade diminuiu em decorrência a toxicidade. O aumento na disponibilidade de nutrientes, tais como P, S e K, é diretamente relacionado a um aumento no crescimento ou produtividade, sendo que ao atingir um ponto em que uma adição continuada de nutrientes não mais se relaciona a aumentos no crescimento ou produtividade, mas resulta em aumentos na concentração nos tecidos (Taiz & Zeiger, 2004). Os valores de Mg foram, reduzidos, provavelmente, pelo aumento de K, o que pode ter inibido competitivamente, a sua absorção, mas não chegando a apresentar sintomas visíveis de deficiência. O teor de Ca nas folhas foi diminuído com o uso de altas concentrações de nutrientes na solução, provavelmente, por estar, de acordo com Fontes (2003), uma competição por sítios de absorção entre íons Ca⁺⁺ e K⁺, já que este último continuou a ser absorvido com elevadas forças. A diminuição do pH da solução pode ter reduzido à absorção de Ca e Mg.

Tabela 5

Equações de regressão ajustadas para as concentrações foliares de N-O₃, N-NH₄⁺, P, K, Ca, Mg e S em função da força. Viçosa-MG.

Variável Dependente	Equação	R ²
N-NO ₃	$Y = -0,0487905 + 0,121218F^* - 0,0222878F^{2*}$	0,885
N-NH ₄	$Y = 3,05224 + 1,79776F^* - 0,344772F^{2*}$	0,934
P	$Y = 0,0806016 + 0,0361449F^*$	0,676
K	$Y = 7,21577 + 0,50,587951F^*$	0,514
Ca	$Y = 0,580845 + 0,159671F^* - 0,0227329F^{2*}$	0,892
Mg	$Y = 0,180434 - 0,0110180F^*$	0,738
S	$Y = 0,179014 + 0,0230677F^*$	0,923

* Coeficientes de determinação significativos a 5 % de probabilidade pelo teste t.

O limite de nitrato estabelecido pela comunidade européia é de 0,3 dag.kg⁻¹ de massa seca (McCall & Willumsen, 1998), o que indica que os resultados do presente estudo estão abaixo deste valor.

A maior concentração de NH₄⁺ foi obtida nos tratamentos com 100 plantas e força 2,5. A absorção de NH₄⁺ respeitando o limite que não causa toxidez para cada espécie e variedade, está associada as maiores taxas fotossintéticas e a proporção dos metabólicos translocados para os drenos (Vidigal et al., 2002), em que a massa fresca teve o mesmo comportamento.

As plantas de alface em diferentes populações não apresentaram diferença significativa na absorção do nitrato, no entanto, esta foi observada nos demais nutrientes. Todos os nutrientes apresentaram comportamento quadrático, com exceção do Mg que se ajustou ao modelo cúbico (Tabela 6). Analisando a proporção dos valores de nitrato e amônio quanto ao

estudo de população, observou-se que os altos valores de amônio podem ter interferido na absorção de nitrato, que apresentaram baixas concentrações na massa seca foliar. Sady et al (1995) e Abd-Elmoniem et al. (1996) relataram que folhas de alface apresentaram menor acúmulo de nitrato com o fornecimento de N na forma de amônio e nitrato, quando comparadas aquelas de nutrição exclusiva com N-NO₃⁻. A liberação de íons H⁺, após acentuada absorção de amônio, poderia deslocar íons Ca⁺² da superfície externa da plasmalema e, por conseguinte, alterar a permeabilidade da membrana para o nitrato. Foi sugerido que o amônio pode alterar a taxa de ativação ou de síntese do sistema de absorção de nitrato (Muniz, 2004). Não há evidência conclusiva de que o amônio seja o único e principal fator responsável pela inibição da redução de nitrato em plantas. Outros fatores como temperatura, luz, CO₂, hormônios e posição da enzima na planta podem interferir no processo de redução do nitrato (Sagi e Lips, 1998).

Tabela 6

Equações de regressão ajustadas para as concentrações foliares de $N-NH_4^+$, P, K, Ca, Mg e S em função da população. Viçosa-MG.

Variável Dependente	Equação	R ²
N-NH ₄	$Y = 1,133 + 0,0861043P^* - 0,000473019P^{2*}$	0,671
P	$Y = 0,612882 + 0,00577126P^* - 0,0000253899P^{2*}$	0,632
K	$Y = 2,26183 + 0,151483P^* - 0,000768240P^{2*}$	0,663
Ca	$Y = 0,668828 + 0,00281565P^* - 0,0000190895P^{2*}$	0,234
Mg	$Y = 0,144222 + 0,00357350P^* - 0,0000600055P^{2*} + 0,000000242681P^{3*}$	0,733
S	$Y = 0,145307 + 0,00126863P^* - 0,00000654244P^{2*}$	0,379

* Coeficientes de determinação significativos a 5 % de probabilidade pelo teste t.

Conclusões

A germinação foi afetada com o aumento da concentração de nutrientes na solução, sendo que a força e a população que permitiram crescimento máximo foram de 1,69 e 115 plantas, respectivamente.

Os dados indicam que a produtividade deve ser baseada na massa fresca, uma vez que é o critério avaliado pelo mercado consumidor.

Referências Bibliográficas

ABD-ELMONIEM, E. M.; et al. Effect of nitrogen form on lettuce plant grown in hydroponic system. *Acta Horticulturae*, 434: 47-52, 1996.

BLANCHAR, R. W.; REM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by with nitric and percloric acid. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 29 (1): 71-72, 1965.

BRAGA, F. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, Viçosa, 21 (113): 73-85,

1974.

CASTELLANE, P. D. & ARAUJO, J. A. C. de. Cultivo sem solo – hidroponia. *SOB Informa*, Itajaí, 13 (1): 28 – 29, 1994.

CASTELLANE, P. D. & ARAÚJO, J. A. C. de. *Cultivo sem solo – hidroponia*. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.

CLARK, R. B. *Characterization of phosphatase of intact maize roots*. J. Agric. Food Chem., 23: 458-460, 1975.

CHANSEETIS, C.; et al. Aplicação do sistema capilar de Hidroponic à alface que cresce sob circunstâncias de clima tropical. *International Symposium on growing Média and Hydroponics*. 2001.

CRAMER, G. P.; SPURR, A. S. Responses of lettuce to salinity. I. Effects of NaCl and NaSO₄ on growth. *Journal of Plant Nutrition*, New York, 9 (2): 115-130, 1986.

DELISTOIANOV, F. *Produção, teores de nitrato e capacidade de rebrota de cultivares de alface, sob estufa, em hidroponia e solo, no verão e outono*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, (Tese de Mestrado), 1997. 76 p.

- EUCLYDES, R. F. *Sistema para análise estatística e genética (SAEG – 8.0)*. Manual provisório. Viçosa: UFV, CD-ROM, 1999. 114p.
- FONTES, P. C. R. Podridão apical do tomate, queima dos bordos das folhas de alface e depressão amarga dos frutos em maçã: deficiência de Ca? *Horticultura Brasileira*, 21 (2): 145, 2003.
- FURLANI, P. R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L. C. P. & FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte. 20 (200-201): 90-98, 1999.
- GERVÁSIO, E. S.; CARVALHO, J. A.; SANTANA, M. J. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, 4 (1): 125-128, 2000.
- GUALBERTO, R.; RESENDE, F. V. & BRAZ, L. T. Competição de cultivares de alface sob cultivo hidropônico 'NFT' em três diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 17 (2): 155-158, 1999.
- GUAZZELLI, E. M. F. M. *Efeito de nitrato e amônio no crescimento, assimilação e eficiência de utilização do nitrogênio por cultivares de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) na fase inicial de crescimento*. Lavras, MG, 1988 (Tese de Mestrado) Escola Superior de Agricultura de Lavras. 1988.
- JACKSON, M. L. Nitrogen determination for soil and plant tissue. In: JACKSON, M. L. (ed.) *Soil and Chemical analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1958. p. 183-204.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2 ed. New York: Academic Press, 1995, 889 p.
- MARTINEZ, H. E. P. *O uso de cultivo hidropônico de plantas em pesquisa*. Viçosa: UFV, 2002. 61p.
- MCCALL, d.; WILLUMSEN, J. Effects os nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content f soil-grown lettuce. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 37 (5): 698-703, 1998.
- MUNIZ, M. A. *Crescimento e desenvolvimento de crisântemo em resposta a relações nitrato/amônio*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 64p. (Tese de Mestrado).
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa: UFV, 2001. 301p.
- RODRIGUES, A.B.; MARTINS, M.I.E.G. & ARAÚJO, J. A. C. Avaliação econômica da produção de alface em estufa. *Informações econômicas*, SP, 27 (3): 27 – 35, 1997.
- SADY, W.; ROZEK, S.; MYCZKOWSKI, J. Effect of different forms of nitrogen on the quality of lettuce yield. In: Growing Media e Plant Nutrition. *Acta Horticulturae*, 401: 409-416, 1995.
- SAGI, M.; LIPS, H. S. The levels of nitrate reductase and MoCo in annual ryegrass as affected by nitrate and ammonium nutrition. *Plant Science*, 135: 17-24, 1998.
- SHANNON, M. C.; MCCREIGHTH, J. D.; DRAPER, J. H. Screening test for salt tolerance in lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mout Vermon, 108 (2): 225-230, 1983.
- STEINER, A. A. The selective capacity of plants for íons and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. *Acta Horticulturae*, 98: 87-97, 1980.
- SILVA, D. J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: UFV, 1981, 166p.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p., 2004.

VIDIGAL, S. M.; PEREIRA, P. R. G.; PACHECO, D. D. Nutrição mineral e adubação da cebola. In: A cultura da cebola. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 23 (218): 36-50, 2002.

ZITO, R. K. et al. Fontes de nutrientes, relações nitrato: amônio e molibdênio em alface (*Lactuca sativa* L.) produzida em meio hidropônico. *Revista Ceres*. Viçosa, 41 (236): 419-430, 1994.