

**AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE ALFACE  
SOB DOSES DE SILIFÉRTIL<sup>®</sup>**

**REGINA LÚCIA FÉLIX FERREIRA**

**2004**

REGINA LÚCIA FÉLIX FERREIRA

AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE ALFACE SOB DOSES DE  
SILIFÉRTIL®

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Rovilson José de Souza

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Ferreira, Regina Lúcia Félix.

Avaliação de cultivares de alface sob doses de Silifertil®. / Regina  
Lúcia Félix Ferreira. – Lavras:UFLA, 2004.

90 p.: il.

Orientador: Rovilson José de Souza

Tese (Doutorado) – UFLA

Bibliografia.

1. *Lactuca sativa* L. 2. Alface. 3. Nutrição de planta. 4. Crescimento.  
5. Produtividade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635

**REGINA LÚCIA FÉLIX FERREIRA**

**AValiação DE CULTIVARES DE ALFACE SOB DOSES DE  
SILIFÉRTIL®**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras  
como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de concentração  
Fitotecnia, para a obtenção do título de "Doutor".

**APROVADA em 25 de outubro de 2004**

**Profa. Dra. Janice Guedes de Carvalho  
(Co-orientadora)**

**UFLA**

**Prof. Dr. Ernani Clarete da Silva**

**UNIFENAS**

**Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior**

**FAFEID**

**Prof. Dr. Luiz Antônio Augusto Gomes**

**UFLA**



**Prof. Dr. Rovilson José de Souza**

**UFLA**

**(Orientador)**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL**

**A Deus, pela infinita bondade e misericórdia**

## **OFEREÇO**

**Aos meus pais, Francisco e Ilza, pelos ensinamentos constantes;  
Ao meu esposo, Sebastião Elviro, pelo exemplo de dedicação e companheirismo  
e ao nosso filho, André Luiz, uma benção de Deus.  
Aos familiares, pelo apoio prestado em todos os momentos.**

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores, orientador Rovilson José de Souza e a co-orientadora Janice Guedes de Carvalho, pelo exemplo de dedicação, orientação e amizade.

Aos professores Ernani clarete da Silva, Valter Carvalho de Andrade Júnior, Luiz Antônio Augusto Gomes, Messias José Bastos de Andrade, Wilson Roberto Maluf e Samuel Pereira de Carvalho pelos ensinamentos e sugestões concedidas.

À Empresa Silifértil Ambiental LTDA.

Ao funcionário Adalberto, do Departamento de Ciência do Solo, pela contribuição nas análises foliares.

À Maria Auzita Barbosa Terra Duarte, proprietária da Fazenda Barreirinha, por ceder a área e financiar a instalação e condução do experimento no campo.

À amiga Fátima Mendonça, pela recepção na cidade de Lavras no início da nova morada.

À família Fernandes Silva, Enoque e Salwa, pais de Bruno, pelo acolhimento, companheirismo e amizade.

Ao casal Maurício Celano e Fabiane Celano, pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas de curso Vander Mendonça, Jony Yuri, Fabíola Villa, Luciano Gonçalves, Adriana Quixabeira, Cibele Fiorini, Aparecida Araújo, Sandra Sely, Nildo Silva, Geraldo Resende, José Hortêncio, Silvio Freitas, pelo compartilhamento de idéias nos estudos e apoio prestado.

À todos aqueles que contribuíram, direta e indiretamente, na execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii

### CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Aspectos gerais da cultura da alface.....	3
2.2 Silício no solo.....	3
2.3 Silício nas plantas superiores.....	6
2.4. Efeito do silício na produtividade das culturas.....	8
2.5 Interação do silício com outros nutrientes.....	12
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

### CAPÍTULO 2

Avaliação de cultivares de alface sob doses de Silifétil em casa de vegetação.

RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Localização e caracterização da área experimental.....	25
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	25
2.3 Condução do experimento.....	27
2.4 Características avaliadas.....	28
2.4.1 Massa fresca da parte aérea (MFPA).....	28
2.4.2 Massa fresca comercial (MFC).....	29
2.4.3 Número de folhas comerciáveis (NF).....	29
2.4.4 Massa seca comercial da parte aérea (MSPA).....	29
2.4.5 Massa seca da raiz (MSRA).....	29
2.4.6 Perda de massa.....	30
2.4.7 Teor de macro e micronutrientes na parte comercial.....	30
2.5 Análise estatística.....	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1 Massa fresca da parte aérea (MFPA).....	32
3.2 Massa fresca comercial (MFC).....	34
3.3 Número de folhas Comerciais (NFC).....	34
3.4 Massa seca da parte aérea (MSPA).....	35
3.5 Massa seca da raiz (MSRA).....	35

3.6 Perda de massa .....	36
3.7 Teor de macronutrientes na parte comercial .....	37
3.7.1 Nitrogênio, fósforo e potássio .....	37
3.7.2 Cálcio, magnésio e enxofre .....	39
3.8 Teor de micronutrientes na parte comercial .....	41
3.8.1 Manganês e ferro .....	41
3.8.2 Boro, zinco e cobre .....	44
3.8.3 Silício .....	45
4 CONCLUSÕES.....	47
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48

### CAPÍTULO 3

#### Avaliação de cultivares de alface sob doses de Silifétil em condições de campo

RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
1 INTRODUÇÃO .....	54
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	55
2.1 Localização e caracterização da área experimental .....	55
2.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	55
2.3 Condução do experimento .....	56
2.4 Características avaliadas .....	59
2.4.1 Massa fresca da parte aérea (MFPA).....	59
2.4.2 Massa fresca comercial (MFC) .....	59
2.4.4 Massa seca da parte aérea (MSPA).....	59
2.4.5 Teor de macro e micronutrientes na parte comercial .....	60
2.4.6 Perda de massa .....	60
2.5 Análise estatística .....	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
3.1 Massa fresca comercial (MFC) .....	62
3.3 Massa seca da parte aérea (MSPA) .....	64
3.5 Teor de macronutrientes na parte comercial .....	65
3.5.1 Nitrogênio, fósforo e potássio .....	65
3.5.2 Magnésio, cálcio e enxofre.....	68
3.6 Teor de micronutrientes na parte aérea comercial.....	70
3.6.1 Manganês e ferro .....	70
3.6.2 Boro, zinco e cobre .....	72
3.6.3 Silício .....	75
4 CONCLUSÕES.....	76
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77



## RESUMO

FERREIRA, Regina Lúcia Félix. **Avaliação de cultivares de alface sob doses de Silifertil®**. 2004. 80 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Com o objetivo de avaliar cultivares de alface sob doses de Silifertil®, dois experimentos foram instalados: o primeiro em Casa de vegetação, conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, em junho de 2002, em vasos contendo 5 dm<sup>3</sup> de solo tipo Latossolo Vermelho Distroférico. O segundo experimento em campo, foi conduzido no município de Santana da Vargem-MG, em setembro de 2002, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. O delineamento experimental do experimento em casa de vegetação em vaso foi em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial com tratamentos adicionais: 3 x 4 + 3, composto por três cultivares de alface: Raider, Regina e Vera, e quatro doses de Silifertil® (em vaso: 0, 500, 1.000 e 2.000 mg.dm<sup>-3</sup>). Os tratamentos adicionais foram compostos pela aplicação de carbonato de cálcio de 1.000 mg.dm<sup>-3</sup> para as três cultivares. O delineamento experimental do experimento no campo foi em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial com tratamentos adicionais: 3 x 4 + 3, composto por três cultivares de alface: Raider, Regina e Vera, e quatro doses de Silifertil® (0, 1, 2 e 4 t.ha<sup>-1</sup>). Os tratamentos adicionais foram compostos pela aplicação de carbonato de cálcio de 3,5 t.ha<sup>-1</sup> para as três cultivares. A fonte de silício utilizada foi o silicato de cálcio, na forma comercial de Silifertil® (escória de siderurgia) composto de: SiO<sub>2</sub> - 42%, Ca - 40%, Mg - 9%, Fe - 1,9%, P - 1%, K - 1%, Mn - 6%, S - 1%, Zn - 2000 ppm, B - 500 ppm, Cu - 500 ppm, Mo - 150 ppm, Co - 150 ppm. A aplicação de Silifertil® não promoveu aumento do crescimento das plantas cultivadas em vasos e também não aumentou a produtividade no campo das cultivares de alface Raider, Regina e Vera. A aplicação de Silifertil® não aumentou o teor de silício na parte aérea da alface e não alterou os teores da maioria dos nutrientes analisados nas cultivares de alface, com exceção do aumento dos teores de ferro e manganês no experimento de vaso e diminuição dos teores de potássio e zinco no experimento em campo. Com aplicação de carbonato de cálcio, a cultivar Regina absorveu mais N, Mn, Zn, Cu e Zn. Com aplicação de Silifertil®, a mesma cultivar absorveu mais N, Fe, Zn, para o experimento de vaso. Para o experimento de campo com aplicação de Silifertil®, a cultivar Regina absorveu mais N, P, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn e Cu. Com aplicação de calcário, a cultivar Regina absorveu mais Mg, Mn, Fe e Zn.

---

\* Comitê Orientador: Rovilson José de Souza - UFLA (Orientador)  
Janice Guedes de Carvalho - UFLA (Co-orientadora).

## ABSTRACT

FERREIRA, Regina Lúcia Félix. Lettuce cultivars evaluation under Silifertil® dosages. 2004. 80 p. Thesis (Doctorate in Plant Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.\*

The main purpose was to evaluate lettuce cultivars under Silifertil dosages, in two experiments. The first one was in greenhouse, carried out in the Soil Science Department of Universidade Federal de Lavras - UFLA, in June 2002, in pots with 5 dm<sup>3</sup> of soil type Dark Red Latossol. The second experiment was a field experiment, carried out in Santana da Vargem county, Minas Gerais, in September of 2002, in a soil as Dark Red Distrophic Latossol. The experimental design for greenhouse experiment in pots was randomized blocks design with four replicates, in factorial scheme with four additional treatments: 3 x 4 +3, with three lettuce cultivars: Raider, Regina and Vera and four Silifertil® dosages ( in pots: 0, 500, 1,000 and 2,000 mg.dm<sup>-3</sup>). The additional treatments used Calcium Carbonate in the amount of 1.000 mg. dm<sup>-3</sup> for the three cultivars. The experimental design for the field experiment was a randomized complete block design with four replications, in a factorial scheme with additional treatments: 3 x 4 +3, with three lettuce cultivars: Raider, Regina and, four Silifertil dosages (0, 1, 2 and 4 t.ha<sup>-1</sup>). The additional treatment used Limestone 3,5 t.ha<sup>-1</sup> applications for the three cultivars. Silicon source used was Calcium Silicate known as Silifertil® (SiO<sub>2</sub> - 42%, Ca - 40%, Mg - 9%, Fe - 1,9%, P - 1%, K - 1%, Mn - 6%, S - 1%, Zn - 2000 ppm, B - 500 ppm, Cu - 500 ppm, Mo - 150 ppm, Co - 150 ppm. The Si application from silifertil did not enhance plant growth neither in pots nor in the field of Raider, Regina and Vera cultivars. Silifertil applications did not increase silicon level in the lettuce aerial parts, except that increased the levels of Mn and Fe in the pots experiments and decreased K, and Zn levels in the field experiments, with the carbonate calcium applications, Regina cultivar got more N, Mn, Zn, Cu, and Zn, with Silifertil applications, Regina cultivar got more N, Fe, Zn, in the pot experiment and, in the field with silifertil application Regina cultivar got N, p, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn and Cu: with limestone applications Regina cultivar got more Mg, Mn, Fe, and Zn.

---

\* Guidance Committe: Rovilson José de Souza - UFLA (Major Professor)  
Janice Guedes de Carvalho - UFLA.

## CAPITULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma importante espécie olerícola, do ponto de vista econômico brasileiro. A sua larga adaptação às condições climáticas diversas, a possibilidade de cultivos sucessivos no mesmo ano, a baixa suscetibilidade a pragas e doenças e a comercialização segura fazem desta cultura a preferida pelos olericultores (Ricci, 1993), que a cultivam a céu aberto ou em cultivo protegido no solo e em hidroponia. Como fonte de vitaminas e de sais minerais, destacando-se o seu alto teor de vitamina A, se torna indispensável na dieta alimentar humana. Além disso, apresenta baixo teor de calorias, sendo aconselhável nas dietas por ser de fácil digestão (Casali et al., 1980).

A cultura da alface vem adquirindo importância crescente, principalmente, na região sul do estado de Minas Gerais, devido à sua condição edafoclimática favorável. Atualmente são cultivadas as alfaces americanas do grupo repolhuda-crespa, visando atender, principalmente, às redes de “fast food” (Yuri, 2000), além de outros grupos distintos, como a solta-crespa e a solta-lisa, que atendem ao mercado interno e são geralmente cultivadas em sistema hidropônico.

Por ser uma cultura exigente em relação às características químicas e físicas do solo, a adubação, prática agrícola onerosa, é primordial no seu cultivo e, uma vez que praticada de forma adequada, garante melhores rendimentos.

No entanto, a literatura ainda é escassa quanto ao estudo de alguns elementos, como é o caso do silício, que geralmente não é considerado parte do grupo de elementos essenciais ou funcionais para o crescimento das plantas (Korndörfer & Datnoff, 1995). De acordo com os mesmos autores, o crescimento e a produtividade de muitas gramíneas (arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, milheto, trigo, etc.) e algumas espécies não gramíneas (alfafa,

feijão, soja, tomate, alface e repolho) têm mostrado aumentos de produtividade em consequência do aumento da disponibilidade de Si para as plantas. Esse maior rendimento observado em algumas espécies cultivadas é promovido pela ocorrência de vários processos fisiológicos desejáveis para as plantas.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de alface sob doses de Silifertil®.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos gerais da cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.), planta herbácea da família Asteraceae, é a hortaliça folhosa de maior consumo no Brasil e está entre as hortaliças mais cultivadas no mundo, sendo considerada a mais importante hortaliça folhosa. Por ser consumida, de maneira geral crua, conserva todas as suas propriedades nutritivas, sendo rica em sais de cálcio e ferro, apresentando quantidades razoáveis de vitaminas B1, B2, B6, C e A (Casali et al, 1980) alcançando 4.000 UI por 100g de matéria fresca nas alfaces de folhas verdes (cerca de quatro vezes ao encontrado no tomate). Contudo, este teor é bem mais baixo nas folhas brancas, internas, das alfaces repolhudas (Sonnenberg, 1998). Além disso, possui baixo valor calórico, e é de fácil digestão (Casali et al, 1980).

Os plantios de alface americana no sul de Minas Gerais têm alcançado uma área cultivada anualmente de aproximadamente 1.800 hectares, devido à condição edafoclimática da região ser favorável ao seu desenvolvimento. Além disso, a facilidade de escoamento da produção pela situação geográfica privilegiada da região incentiva os investimentos para o cultivo desta hortaliça (Mota, 1999).

### 2.2 Silício no solo

As principais formas de silício presentes no solo estão descritas na Figura 1. O Si solúvel ( $H_4SiO_4$ ), que desprovido de carga elétrica tem interessantes conseqüências no comportamento do silício com relação aos vegetais; Si adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio e os minerais silicatados (cristalinos ou amorfos). A solubilidade destes minerais

depende da temperatura, pH, tamanho da partícula, composição química e presença de rachaduras e rupturas na sua estrutura (Rajj & Camargo, 1973).

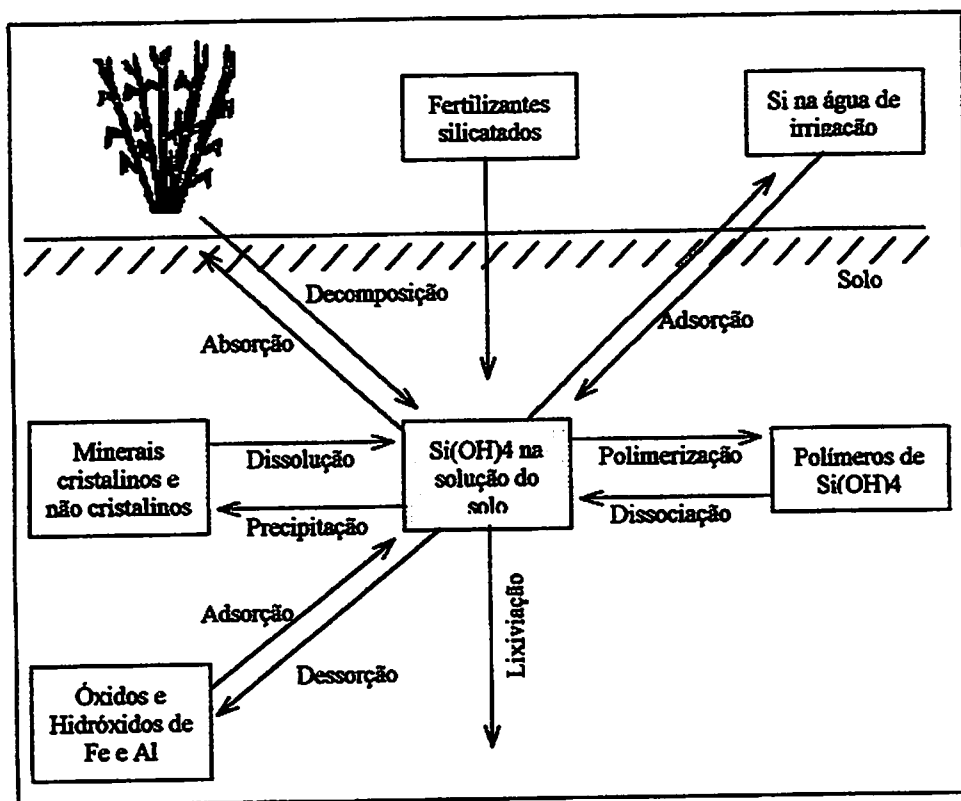


FIGURA 1 Formas assimiláveis de silício no solo: ácido silícico (Adap. de Savant et al., 1997).

Na solução do solo, o ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) comporta-se como um ácido muito fraco, de forma que, em pH 7,0, apenas 0,2% se ionizam na forma carregada negativamente ( $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ ), sendo que o grau de ionização aumenta a elevação do pH (McKeague e Cline, 1963).

De acordo com Raven (1983), o silício está presente na solução do solo como ácido monossilícico, a maior parte na forma não dissociada ( $\text{pK}_1 = 9,6$ ), o qual é prontamente absorvido pelas plantas. As principais fontes de ácido

silícico presente na solução do solo são: decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos, adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação. Os principais drenos incluem a precipitação do silício em solução, formando minerais; polimerização do ácido silícico; lixiviação, adsorção e hidróxidos de ferro e alumínio, e absorção pelas plantas (Savant et al., 1997)(Figura 1).

Solos tropicais e subtropicais sujeitos à intemperização e lixiviação, com cultivos sucessivos, tendem a apresentar baixos níveis de silício trocável devido à dessilicificação. Estes solos, normalmente, apresentam baixo pH, alto teor de alumínio, baixa saturação por bases e alta capacidade de fixação de P, além de uma atividade microbiana reduzida (Friesen et al., 1994). A compactação do solo também pode reduzir a quantidade de silício disponível para as plantas, pois aumenta o nível de ácidos polissilícicos, diminuindo o teor de ácido monossilícico (Matychenkov et al., 1995).

O pH e o cálcio trocável do solo aumentam com a aplicação de silicato de cálcio. A elevação do pH é explicada pelo aumento de hidroxilas (OH<sup>-</sup>). Além de atuar como corretivo de acidez do solo (Alcarde, 1992), os teores de cálcio no solo também aumentaram em função da composição do silicato (30,1 % de cálcio).

Na faixa normal de pH dos solos de cerrado, o ácido monossilícico é a principal espécie de silicato em solução. Em altas concentrações, ao redor de 28 mg.dm<sup>-3</sup> de silício na solução, o monômero H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> polimeriza-se para formar precipitados de sílica amorfa. Jones & Handreck (1967) reportaram que a concentração de ácido monossilícico na solução do solo diminuiu de 33 para 11 mg.dm<sup>-3</sup> com aumento do pH de 5,4 para 7,2.

Em solos de textura e idade variadas do estado de São Paulo, Rajj e Camargo (1973) verificaram os menores valores de silício no solo fase arenosa e

os maiores valores num podzólico argiloso. Isto se deve à reduzida porcentagem de argila neste latossolo, aliada à menor superfície específica total em relação ao podzólico menos intemperizado e mais argiloso. Esses autores verificaram teores de silício extraível com  $\text{CaCl}_2$  0,0025 mol.  $\text{L}^{-1}$ , variando de 1 a 43  $\text{mg.dm}^{-3}$ . Valores maiores foram encontrados nos solos mais argilosos, havendo também uma relação inversa com o grau de intemperismo. Para os solos com os mesmos teores de argila, os teores de silício solúvel foram maiores nos horizontes com B textural do que nos solos com B latossólico.

### 2.3 Silício nas plantas superiores

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, representando 27% em massa, superado apenas pelo oxigênio, sendo o mais abundante em solos tropicais. Porém, é encontrado, na sua quase totalidade, na forma de óxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) predominantemente nas formas de quartzo, opala ( $\text{SiO}_2.n\text{H}_2\text{O}$ ) e outras formas não disponíveis às plantas, que se formaram durante os processos de intemperização dos solos.

Sua absorção da solução do solo para a planta se dá de forma passiva, com o elemento acompanhando a absorção da água pela planta como ácido monossilícico (Jones & Handreck, 1967). Ma et al. (2001) ressaltam que o silício pode ser absorvido por três formas: 1) exclusiva, o silício é absorvido mais lentamente que a água; 2) passiva, por diferença de concentração; 3) absorção ativa, o silício é absorvido mais rapidamente que a água.

Jones & Handreck (1967) dividiram as plantas em três grupos distintos de acordo com a concentração de silicato ( $\text{SiO}_2$ ) encontrado na matéria seca: 1) acumuladoras de silício, contendo mais de 1% de silício e com uma relação molar silício/cálcio maior que 1, arroz e cana-de-açúcar são exemplos típicos deste grupo de plantas; 2) não acumuladoras, com menos de 0,5 % de silício,



exemplo típico é o tomateiro, que acumula a maior parte do silício nas raízes; 3) intermediárias, com 0,5 a 1,0% de silício ou mais de 1% de silício, porém, com uma taxa silício/cálcio menor que 1% (Epstein, 1995; Ma et al., 2001); as cucurbitáceas e a soja, por exemplo, enquadram-se neste tipo, pois translocam o silício livremente das raízes para a parte aérea.

As plantas diferem bastante quanto à sua capacidade em absorver silício. Até mesmo genótipos de uma mesma espécie podem apresentar concentrações diferentes de silício entre seus órgãos, a exemplo do morangueiro estudado por Lanning (1960), com diferenças marcantes no teor de silício, nos diferentes órgãos, entre cultivares de morangueiro.

Os principais locais de acúmulo de silício nas plantas são a parede celular, o lúmen e os espaços intercelulares ou as camadas cuticulares, ou seja, na planta, o silício concentra-se nos órgãos suportes, tanto do caule como das folhas. Pode ser encontrado em pequenas quantidades nos grãos. Em geral, o conteúdo médio de sílica nas raízes é cerca de um décimo da concentração no caule (Marschner, 1986). No arroz, o silício da epiderme polimeriza-se e acumula-se nas paredes celulares. Testes conduzidos com silício radiativo ( $\text{Si}^{31}$ ) têm mostrado que o silício é translocado ao caule em poucas horas, após ter sido absorvido pelas raízes. Assim, a translocação do silício é regulada pela taxa de transpiração. Nos órgãos de transpiração, a acumulação específica do silício forma uma dupla camada entre cutículas, que controla a eficiência da transpiração, fazendo com que a exigência de água pelas plantas seja menor. Isso pode ser de extrema importância, principalmente em se tratando de solos em áreas de cerrado, nas quais o período de estiagem é longo e severo (De Paula, 2000).

O silício acumulado ao redor das paredes celulares e entre as cutículas da epiderme confere também resistência a patógenos, principalmente por diminuir o acesso às enzimas de degradação, dificultando inclusive a penetração

de hifas de fungos. Além disso, os corpos silicosos opalinos (fitólitos) ajudam a manter as folhas com porte mais ereto e, conseqüentemente, aumenta a taxa de fotossíntese ( Marschner, 1986; Takahashi, 1995).

Até o momento, o envolvimento do silício no metabolismo de plantas ainda não foi bem elucidado. O silício é considerado um elemento benéfico por ser essencial para a maioria das culturas, contudo, a sua essencialidade é uma questão discutida por vários autores (Epstein, 1994; Epstein, 1995 e Marschner, 1995).

A essencialidade do silício para as plantas superiores foi demonstrada apenas para algumas espécies, apesar de ser um constituinte majoritário dos vegetais (Epstein, 1994; Marschner, 1995). Chen & Lewin (1969) comprovaram a essencialidade para a espécie *Equisetum arvense*.

De forma geral, o silício tem uma função essencialmente mecânica nas plantas, fortificando e sustentando tecidos, órgãos e parede celular (Ma et al.,2001). Esses processos ocorrem principalmente pela deposição de material silicatado, pela interação do ácido silícico com outros compostos à base de alumínio e também formando complexos com polifenóis. Nesse último caso, o silício funciona como alternativa à lignina no reforço da parede celular (Taiz & Zaiger, 1998; Ma et al., 2001; Epstein, 1995).

#### 2.4 Efeito do silício na produtividade das culturas

O silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal por meio de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas; decréscimo na suscetibilidade ao acamamento; maior rigidez estrutural aos tecidos; proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de alumínio, manganês, ferro e sódio; diminuição da incidência de patógenos e aumentando na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (Epstein, 1994; Marschner, 1995).

Em alface americana em cultivo de verão, a aplicação via foliar de 2,1 kg/ha de silício (silicato de potássio) possibilitou maior produção de massa fresca comercial (Resende et al., 2003). Enquanto a massa fresca total respondeu ao efeito quadrático, na qual a dose de 1,7 kg.ha<sup>-1</sup> de silício resultou em maior rendimento.

Para as condições de inverno, a massa fresca comercial evidenciou efeito significativo para as épocas de aplicação de silicato de potássio aos 21 e 28 dias, com 612,6 e 594,5 g.planta<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo superiores a primeira época de aplicação, sem estatisticamente diferirem entre si. Para doses, não se observaram diferenças significativas, todavia, a dose de 4,5 L.ha<sup>-1</sup> de silicato de potássio evidenciou um aumento de 8,8% na massa fresca comercial da cabeça (Yuri et al., 2003).

Adatia & Besford (1986) observaram, em pepineiro, vários efeitos devido à adição de 100 mg kg<sup>-1</sup> de silício ao meio nutritivo: aumento no teor de clorofila, maior massa foliar (fresca e seca), atraso na senescência e aumento da rigidez das folhas maduras, as quais se mantinham mais horizontais. A melhor arquitetura foliar permite maior penetração da luz solar, maior absorção de CO<sub>2</sub> e diminuição da transpiração excessiva, o que permite o incremento da taxa fotossintética (Takahashi, 1995).

Em experimentos conduzidos com a cultura do pepino em solos aluviais, durante um período de três anos, a aplicação de silicato promoveu o crescimento na produção de pepinos e também reduziu os danos causados por oídio (Miyake & Takahashi, 1983). Ao término dos estudos os autores concluíram que a quantidade total de frutos produzidos era maior nas plantas em que o silício foi aplicado, quando comparada com os tratamentos sem aplicação de silício. A diferença na produção de frutos entre plantas ocorreu pela presença de um número maior de plantas atacadas por oídio nas quais o silício foi omitido. O teor de silício nas folhas das plantas tratadas aumentou consideravelmente em

relação à testemunha, variando de 1,3% a 1,9% de silício, enquanto que nos tratamentos testemunhas os teores variaram de 0,7 a 1,0% de silício nas folhas. Os teores de silício encontrados nos talos foram mais baixos do que nas folhas.

Quando plantas de tomate foram cultivadas em solução nutritiva com baixo teor de silício, a deficiência de silício apareceu durante a fase reprodutiva, isto é, na formação dos botões florais (Miyake e Takahashi, 1978). Esta observação levou os pesquisadores a acreditarem que o silício possui um papel muito importante na reprodução de frutos. Além disso, plantas de tomate em solução sem o silício raramente conseguem manter os frutos, isto é, florescem, mas não produzem frutos. Por outro lado, segundo Miyake e Takahashi (1978), os frutos crescem normalmente quando submetidos a uma solução contendo  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$ .

Em condições de campo, Mengelle (1999) não verificou efeito das doses de silicato de cálcio sobre a produtividade da cultura do tomate e, ao aumentar a dosagem de silicato observou um maior acúmulo de silício nas folhas. O autor concluiu que a cultura do tomate comportou-se como não acumuladora de silício, devido aos baixos índices encontrados nas folhas (folhas novas: 0,26% – 0,54% e folhas velhas : 0,28% – 0,60%). As variáveis massa de frutos, altura de plantas, comprimento de raiz, diâmetro de caule e massa seca do tomateiro cultivar Débora Plus não sofreram influência significativa da aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio. Resultados semelhantes foram verificados por Lana et al. (2002) segundo os quais os teores de silício nas raízes, caule e folhas de tomateiro, cultivar Débora Plus, não diferiram estatisticamente com as doses crescentes de silicato de cálcio.

Segundo Carvalho et al. (2002), a aplicação de Silifertil® (silicato de cálcio) foi benéfica à produção e à qualidade do tomate cultivar Floradade, contribuindo para o aumento na produção total e redução na ocorrência de

podridão apical nos frutos. A dose de 11,10 g.planta<sup>-1</sup> (2,8 t.ha<sup>-1</sup>) foi a que garantiu os melhores resultados.

De acordo com Korndorfer et al. (1999), o efeito do silício é mais expressivo sobre o controle de doenças, pragas, resistência a estresse hídrico, aumento da resistência mecânica das células e aumento da capacidade fotossintética e nem sempre seu efeito benéfico está diretamente ligado à produtividade.

Experimento em vasos com a cultura do morangueiro foi conduzido de forma que os tratamentos foram divididos em três grupos: plantas continuamente sujeitas a 50 mg L<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub>, tratamento denominado (+ Si + Si); plantas livres de silício no início e depois de alguns dias sujeitas a 50 mg L<sup>-1</sup> (- Si + Si); e plantas privadas de SiO<sub>2</sub> (-Si -Si). Durante o crescimento das plantas de morango não foi observado nenhum sintoma anormal, nem mesmo nas plantas submetidas à ausência de silício. Porém, por ocasião da colheita, a quantidade total de frutos produzidos foi 77% mais alta nas plantas (+ Si + Si) do que nas plantas em que o silício foi omitido (-Si-Si). A produção de frutos comerciáveis foi 79% maior nas plantas com silício do que nas plantas livres de silício (Miyake & Takahashi, 1986).

Wang & Galleta (1998) também obtiveram respostas positivas quanto ao uso do silício. As plantas de morango foram pulverizadas com silicato de potássio e produziram significativamente maior quantidade de matéria seca (parte aérea e raízes) se comparadas com as plantas testemunhas. O efeito do silício foi evidente até mesmo com as baixas concentrações empregadas (4,25mM de silício). O maior desenvolvimento de plantas de morango devido ao efeito do silício deve-se à maior elasticidade das células e ao volume de água acumulado.

Na tentativa de aumentar a produtividade de cana-de-açúcar, tem sido aplicado o silicato de cálcio no solo. Vários estudos demonstraram que a sua utilização pode aumentar o potencial produtivo da cana-de-açúcar em até 40%, além da melhoria da qualidade do produto obtido, sendo também eficiente para outras gramíneas. Isso ocorre, provavelmente, porque a absorção e a deposição

de silício no tecido da cana-de-açúcar promove redução do fluxo transpiratório, aumentando assim a tolerância a falta de água, além de aumentar a capacidade fotossintética e produzir fitoalexinas nos tecidos (Korndörfer, 1997).

O efeito do silício na cana-de-açúcar pode estar relacionado à maior resistência ao acamamento e a alterações na arquitetura da planta. Plantas adubadas com silício possuem as folhas mais eretas e mais eficientes na absorção de luz solar e capacidade de realizar fotossíntese. Faria (2000) afirma que o silício pode aumentar a resistência da planta ao estresse hídrico.

Em milho (Piau, 1995) e cana-de-açúcar (Prado, 2000), a escória e o calcário foram semelhantes em termos de produção. Este fato pode ser explicado pelo maior ciclo de desenvolvimento nessas culturas, o que pode ter possibilitado maior tempo da reação da escória no solo, e, conseqüentemente maiores benefícios para as culturas.

Bezerra (2000) estudando o efeito de doses de silício na produtividade do cafeeiro, observou que não houve efeito significativo sobre a produtividade e teores do elemento pela planta. O autor justifica que, provavelmente, pode não ter ocorrido absorção do Si, ou se houve absorção, não houve translocação. Outra possibilidade seria que, pelo alto teor de Si já encontrado no solo antes da aplicação, teria ocorrido a absorção também nas plantas testemunhas.

## **2.5 Interação do silício com outros nutrientes**

O silício, por ser um elemento encontrado em grande quantidade no ambiente, possui forte interação com outros elementos, tanto no solo como na planta.

O fornecimento de Si às plantas alivia a toxicidade de manganês e do ferro, não somente porque reduz a absorção desses elementos, mas também porque aumenta o nível de tolerância interna ao excesso de manganês nos

tecidos (Jones & Handreck, 1967). De acordo com Jones Junior et al. (1991), concentrações de manganês acima de  $250 \text{ mg.kg}^{-1}$  são consideradas altas. Furlani et al., (1978) comparando cultivares de alface, constataram variação na concentração de manganês.

Trabalhando com adição de Si em solução nutritiva, Galvez et al. (1987) verificaram redução das relações parte aérea/raiz nas plantas cultivadas em níveis tóxicos de alumínio e manganês. O efeito tóxico do alumínio ( $0,296 \text{ mmol L}^{-1}$ ) em solução a pH 4,0 foi bastante reduzido com a adição de Si ( $1,068 \text{ mmol L}^{-1}$  ou  $3,560 \text{ mmol L}^{-1}$ ). O Si também aumentou a produção da parte aérea do sorgo e aliviou os sintomas de toxicidade de manganês. O Si na planta pode ajudar na redistribuição do manganês ao nível do tecido vegetal, prevenindo assim a acumulação desse elemento.

Em condições de casa de vegetação, Vermas & Minhas (1989) verificaram que a aplicação de  $200 \text{ mg Si/kg}$  de solo na forma  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ , diminuiu a translocação do ferro das folhas e talos para os grãos da cultura do arroz.

O benefício do silício pode ser atribuído à diminuição da relação P/Mn na planta, já que o Si reduz a absorção do manganês e do ferro. Trata-se, portanto, de um efeito indireto que ocorre principalmente onde os solos são pobres em fósforo.

Em solos ácidos e com altos teores de sesquióxidos de Fe e Al, como os solos do cerrado, é alta a capacidade de adsorção e fixação de fósforo. Se forem comprovados efeitos benéficos do silício na dessorção de fósforo nestes solos, os silicatos poderão ser utilizados como meio de tornar a adubação fosfatada mais eficiente, pelo fato de os silicatos e carbonatos de cálcio e magnésio aumentarem o pH do solo, disponibilizando o fósforo para a planta.

A adubação com Si poderá aumentar o aproveitamento do fósforo em solo de cerrado, que possui baixos teores deste elemento, indicando uma interação positiva entre P e Si (Mengelle, 1999).

Estudos têm demonstrado que a presença de silício pode aumentar o aproveitamento do P às plantas, principalmente em solos intemperizados (Sanches & Uehara, 1980). O benefício dos silicatos para o aproveitamento de P e a relação entre Si solúvel em água e P disponível e as correlações entre Si adicionando como silicato, P disponível e acumulado na planta são bastante conhecidas.

O Si também interage positivamente com N, P e K. Aplicações de doses adequadas de nitrogênio na presença de Si aumentaram a produção de matéria seca da cultura do arroz, a qual decresceu quando doses excessivas de N foram usadas (Ma & Takanashi, 1990).

O nitrogênio faz com que as folhas fiquem flácidas, enquanto o Si as torna mais eretas, aumentando a taxa fotossintética e, conseqüentemente, a produção de grãos (Yoshida, 1975), como no caso do arroz.

Aplicações de silicato de cálcio geralmente diminuem a concentração de manganês, alumínio e ferro em várias espécies de plantas (Clements, 1965). O carbonato de cálcio também diminui o conteúdo de manganês, mas é menos efetivo que o silicato de cálcio na redução da razão manganês/SiO<sub>2</sub>.

A aplicação de silicato de cálcio promoveu aumentos lineares e significativos nos teores de cálcio, magnésio e silício na cultura do arroz, o que pode ser explicado pela composição da vollastonita (50% de SiO<sub>2</sub>, 44% CaO e 1,48% MgO) e pelo fato de a cultura ser altamente acumuladora de silício (Kordorfer et al., 1999; Barbosa Filho et al., 2001). O silicato de cálcio também promoveu aumento linear significativo nas folhas de Braquiária, mostrando a capacidade que tem esta planta de acumular silício, e também a eficiência do silicato de cálcio em fornecer este elemento na forma prontamente disponível ao seu aproveitamento pela planta em questão (Junqueira Neto, 2000).

Os teores de nitrogênio, cálcio, magnésio, cobre e manganês foram influenciados pela fonte de silício (silicato de cálcio) na cultura do cafeeiro (Santos, 2002). Ao contrário, não foi observada influência nos teores de fósforo,



potássio, enxofre e zinco, com o aumento das doses de silicato de cálcio aplicadas ao substrato da cultura do cafeeiro.

Os teores de fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre na parte aérea de sorgo aumentaram com a aplicação de borra de fosfato, oriunda de resíduo de indústria siderúrgica (Defelipo et al., 1992). É possível que a queda na produção de massa verde nas doses mais elevadas de borra tenha sido provocada pela liberação tanto de fósforo como de zinco ou ferro pela borra de fosfato. Segundo Welb & Loneragan (1988) há interação negativa desses nutrientes entre si no solo e na planta, fazendo com que o rendimento seja afetado. Há também, outra possível interferência da nutrição fosfatada, pela inibição do crescimento do sistema radicular causada pelos altos teores de zinco (Marschner, 1986).

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Annals of Botany*, v. 58, n.3, p. 343-351, Sept, 1986.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L.E; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.2, p. 325-330, abr/jun. 2001.

BEZERRA, H. R. Estudo do silício no controle da ferrugem e na produtividade do cafeeiro. UFU: Uberlândia-MG, 36p, 2000. (Monografia de Graduação em Agronomia).

BUENO, C. R. Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido. 1998. 54p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARNEIRO, L. De. M.S.; JULLIATE, F.C.; RAMOS, H. F.; KORNDÖRFER, G.H.; OLIVEIRA, R. G.; AMADO, D. F.; LUZ, J. M. Q.; NOLLA, A. Programa de controle de requeima (*Phytophthora infestans*) na cultura da batata em função da aplicação de argila silicatada. 2º Simpósio sobre o silício na agricultura. UFLA: Lavras-MG. 2003.

CARVALHO, J. G. de.; Machado, A. Q.; NASCIMENTO, I. R. do.; BOAS, R. C. V. Desempenho da cultura do tomate adubado com Silifétil. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 20, n.2, p. 239, jul. 2002. Suplemento 2.

CASALL, V. W. D.; SILVA, R. F.; RODRIGUES, J. J. V.; SILVA, J. F.; CAMPOS, J. P. Anotações sobre produção de alface. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1980. 24p.

CHEN, C. H.; LEWIN, J. Silicon as a nutrition element for *equisetum arvense*. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 47, n.1, p. 125-131, Jan. 1969.

CLEMENTS, H. F. Proceeding international Society Sugar Cane Technic. P.197, 1965.

**DE PAULA, L. M. A. Opala biogênica em solo sob cerrado do triângulo mineiro e suas relações com silício assimilável. UFU: Uberlândia-MG. 32p. 2000 (Monografia de Graduação em Agronomia).**

**DEFELIPO, P. V.; NOGUEIRA A. V.; LOURES, E. G.; ALVAREZ, V. H. Eficiência Agronômica de um resíduo de indústria siderúrgica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 16, n.1, p. 127-131, jan/abr. 1992.**

**EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America, Washington, v. 91, n.1, p. 11-17, Jan. 1994.**

**EPSTEIN, E. Photosynthesis, inorganic plant nutrition, solutions, and problems. Photosynthesis Nutrition, Dordrecht, v. 15, n.1-2, p. 37-39, Nov. 1995.**

**FARIA, R. J. de. Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo. Lavras: UFLA, 2000. 54p. (Tese de Mestrado).**

**FRIESEN, D. K.; SANZ, J. I.; CORREA, F. J.; WINSLOW, M. D.; OKADA, K.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Silicon deficiency of upland rice on highly weathered savanna soils in Colombia. Evidence of a major yield constraint. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E PARA O CARIBE, 9, Goiânia, 1994.**

**FURLANI, A. C. M.; FURLANI, P. R.; BATAGLIA, O. C. Composição mineral de diversas hortaliças. Bragantia, Campinas, v. 37, n.5, p. 33-44, abr. 1978.**

**GALVEZ, L.; CLARK, R. B.; GOURLEY, L. M.; MARANVILLE, J. W. Silicon interactions with manganese and toxicity in sorghum. Journal of plant Nutrition, New York, v. 10, n.1, p. 1139-1147, 1987.**

**JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants, and animals. Advances in Agronomy, New York, v. 19, p. 107-149, 1967.**

**JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Georgia, USA: Micro-macro, 1991, p. 35-38.**

**JUNQUEIRA NETO, A. V. Efeito do silicato de cálcio na correção do solo e produção de *Brachiária decumbens*. UFU – Universidade Federal de Uberlândia. 2000. 37 p. Monografia.**

**KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n.3, p. 635-641, jul/set. 1999.**

**KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*. Piracicaba, n. 70. p. 1-3, jun. 1995.**

**LANA, R. M. Q.; CÉSAR, E. U. R.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, p. 245, jul. 2002. Suplemento 2.**

**LANNING, F. C. Nature and distribution of silica in strawberry plants. *Proceeding of the American Society Horticultural Science*, Maryland, v.76, p. 349-358, Dec. 1960.**

**MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. *Plant Soil*, Dordrecht, v. 126, n.1, p. 115-119, Aug. 1990.**

**MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: *Silicon in Agriculture*. DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. Eds. Elsevier Science, p. 17-39, 2001.**

**MCKEAGUE, J. A.; CLINE, M. G. Silica in soils. *Advances in Agronomy*, New York, v. 15, p. 339-397, 1963.**

**MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.**

**MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London, England, 1986. 889p.**

**MATYCHENKOV, V. V; PINSKLY, D. L.; BOCHARNIKOVA, Y. A. Influence of mechanical compaction of soils on the state and form of available silicon. *Eurasian Soil Science*, Silver Spring, v. 27, n. 12, p. 58-67, Dec. 1995.**

- MENGELLE, E. R. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro.** UFU – Universidade Federal de Uberlândia. 1999, 32 p. Monografia.
- MIYAKI, Y.; TAKAHASHI, E.** Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition.** Tokyo, v. 32, n.2, p. 321-326, Feb. 1986.
- MIYAKI, Y.; TAKAHASHI, E.** Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. **Soil Science and Plant Nutrition.** Tokyo, v. 29, n. 1, p. 463-471. Jan. 1983.
- MIYAKI, Y.; TAKAHASHI, E.** Silicon deficiency of tomato plant. . **Soil Science and Plant Nutrition.** Tokyo, v. 24, n. 2, p. 175-189. Feb. 1978.
- MOTA, J. H. Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido.** Lavras: UFLA, 1999. 46 p. Tese de Mestrado em Agronomia.
- PIAU, W. C. Efeito de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays L.*).** Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP, Piracicaba, 124p. 1995. Tese de Doutorado.
- PRADO, R. M. Resposta da cultura da Cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo.** Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 97p. 2000. Tese de Mestrado.
- SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E.** Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy,** v. 58, p. 151-199, 1997.
- RAIJ, B. V.; CAMARGO, O. A.** Silica solúvel em solos. **Bragantia,** Campinas, v. 32, p. 223-236, 1973.
- RESENDE, G.M. De.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; FREITAS, S. A. C. de.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J. De.; CARVALHO, J. G. de.** Adubação foliar com silício em alface americana (*Lactuca sativa L.*) em cultivo de verão. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v. 21, n.2, p. 374, jul, 2003. suplemento.

**RICCI, M. dos S.F. Crescimento e teores de nutrientes em cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adubados com vermicomposto. Viçosa: UFV, 1993. 101 p. Tese de Mestrado.**

**SANCHES, P.; UEHARA, G. Management considerations for acids soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNECH, F. E; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. The role of phosphorus in agriculture. Madison, p. 471-514. 1980.**

**SANTOS, D. M. Dos. Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de Cafeeiro (*Coffea arábica* L.). Lavras: UFLA, 2002. 43 p. Tese de Mestrado.**

**SONNENBERG, P. E. Olericultura Especial 1ª parte - Alface, Cenoura, Batata, Tomate, Cebola e Alho. Goiânia: UFG, 1998. 184 p.**

**TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant Physiology. Sinauer associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts, 1998.**

**TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H.; (Ed). Science of the rice plant: physiology. Tokyo: Food and agriculture policy Research Center, cap. 5, p. 420-433, 1995.**

**VERMAS, T. S.; MINHAS, R. S. Effect of iron and manganese interactions on paddy yield and iron and manganese nutrition in Silicon-treated and untreated soils. Soil Science, Baltimore, v. 147, n.2, p. 107-115, Feb. 1989.**

**WANG, S. Y.; GALLETA, G. J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. Journal Plant nutrition. New York, v. 21, n.1, p. 157-167. 1998.**

**WEBB, M. J.; LONERAGAN, J. F. Effect of zinc deficiency on growth, phosphorus concentration, and phosphorus toxicity of wheat plants. Soil Science Society American Journal, Madison, v. 52, n.6, p. 1676-1680, Nov/Dec. 1988.**

**YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. Bulletin National Institute Agriculture Science, Tokyo, v.15, n.1, p. 1-58p, 1975.**

YURI, J. E. **Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio e dois locais do sul de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2000. 51p. Tese de Mestrado em Fitotecnia.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M. de.; MOTA, J. H.; FREITAS, S. A. C. de.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J. de.; CARVALHO, J. G. de. Resposta da alface americana (*Lactuca sativa L.*) a doses e épocas de aplicação de silicato de potássio em cultivo de inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.2, p. 372, jul. 2003. suplemento.

## CAPÍTULO 2

### AValiação DE CULTIVARES DE ALFACE SOB DOSES DE SILIFÉRTIL® EM CASA DE VEGETAÇÃO

#### RESUMO

FERREIRA, Regina Lucia Félix. Avaliação de cultivares de alface sob doses de Silifertil® em casa de vegetação. 2004. Cap. 2, 80p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Este trabalho foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, no período de junho a agosto de 2002, em Latossolo Vermelho Distroférico. Objetivou-se avaliar cultivares de alface sob diferentes doses de Silifertil. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, com 1 planta/vaso, em esquema fatorial com tratamentos adicionais:  $3 \times 4 + 3$ , composto por três cultivares de alface (Raider, Regina e Vera) e quatro dosagens de Silifertil® (0, 500, 1000 e 2000  $\text{mg.dm}^{-3}$ ). Os tratamentos adicionais foram compostos pela aplicação de 1000  $\text{mg.dm}^{-3}$  de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) para as três cultivares. A aplicação de Si na forma de Silifertil® não promoveu aumento do crescimento das plantas. A aplicação de Silifertil® não aumentou o teor de silício na parte aérea da alface e não alterou os teores da maioria dos nutrientes analisados nas cultivares de alface, com exceção dos teores de ferro e manganês. O teor de Mn aumentou em função quadrática com ponto de máxima em 773,44  $\text{mg.dm}^{-3}$  de Silifertil® e semelhante ao teor de Mn, porém sem ajustar, estatisticamente, uma curva de regressão. O teor de Fe, aumentou nas doses de 500 e 1000  $\text{mg.dm}^{-3}$ , diminuindo com o aumento da dosagem de Silifertil®.

---

\* Comitê Orientador: Rovilson José de Souza – UFLA (Orientador)  
Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-orientadora)



## ABSTRACT

**FERREIRA, Regina Lucia Félix Ferreira. Lettuce cultivars evaluation under Silifertil<sup>®</sup> dosages in greenhouse. 2004. Chap. 3, 80p. Thesis (Doctorate in Plant Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.\***

This work carried out in the Soil Science trial Department of Universidade Federal de Lavras – UFLA, from June to August 2002, in Dark Red Distrophic Latossol, the purpose was to evaluate lettuce cultivars under different Silifertil<sup>®</sup> dosages. It was used a randomized complete blocks design with four replicates, with 1 plant/pot, in factorial scheme with additional treatments: 3 x 4 +3, with three lettuce cultivars: Raider (group crisphead lettuce); Regina (group butterhead lettuce) and Vera (group looseleaf lettuce) and four Silifertil<sup>®</sup> dosages (0, 500, 1000 and 2000 mg.dm<sup>-3</sup>), the additional treatment were made by the application of 1.000 mg.dm<sup>-3</sup> of Calcium Carbonate (CaCO<sub>3</sub>) for three cultivars. The application Silifertil<sup>®</sup> did not increase plants growth; Silifertil<sup>®</sup> application did not enhance silicon level in lettuce aerial parts and did not increase the levels of most of the analyzed nutrients in the lettuce cultivars, except the Fe and Mn levels, the Mn increased in a quadratic function with maximum point in 773,44 mg.dm<sup>-3</sup> of Silifertil<sup>®</sup>, and similar to Mn level, however, without adjustment, statistically, regression curve, Fe level increased in those 500 and 1.000 mg.dm<sup>-3</sup> dosages, decreased with higher Silifertil dosage.

---

\*Guidance Committee: Rovilson José de Souza – UFLA (Major Professor)  
Janice Guedes de Carvalho - UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), olerícola tradicionalmente cultivada em todo território nacional, é bastante sensível às condições adversas de temperatura e umidade (Rodrigues et al. 1997). Seu cultivo em casa de vegetação proporciona maior estabilidade de produção e maior precocidade (Bonnecarrère et al. 2000) e também o uso de nutrientes, como o elemento silício, pode aumentar a produção de algumas culturas (Korndorfer & Datnoff, 1995).

Apesar de considerado não essencial, alguns estudos apontam para a essencialidade do silício, principalmente quando a espécie é acumuladora deste elemento, como o arroz, por exemplo, indicando que o silício pode aumentar o rendimento de algumas espécies cultivadas, promovendo vários processos fisiológicos e bioquímicos desejáveis para as plantas (Miyake & Takahashi, 1978; Kordörfer & Datnoff, 1995).

A absorção e a utilização do silício pelas plantas diferem bastante entre genótipos de uma mesma espécie e até mesmo entre órgãos na mesma planta (Lanning, 1960; Nable et al., 1990; Barbosa Filho et al., 2001).

Por ser uma cultura exigente em relação às características químicas e físicas do solo, a fertilização, prática agrícola onerosa, é primordial no cultivo da alface e, uma vez utilizada de forma adequada, garante maiores rendimentos.

Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar cultivares de alface sob doses de silifétil em casa de vegetação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 3 de junho de 2002 a 20 de agosto de 2002, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal (DCS/UFLA) a 21° 14' S e 45° 00' W e 920 m de altitude (IBGE, 2003), em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa (Embrapa, 1999). A temperatura média anual de Lavras é de 19,3 °C; e a precipitação média anual é de 1.411 mm, com concentração de chuvas no verão e a umidade relativa do ar média é de 78% (Castro Neto, 1980; Brasil, 1992).

Os resultados da análise de solo estão apresentados na Tabela 1.

### 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3X4+3, com tratamentos adicionais e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de três cultivares de alface: Raider (grupo crespa repolhuda), Regina (grupo solta lisa) e Vera (grupo solta crespa) e quatro doses de Silifertil® (0, 500, 1.000 e 2.000 mg dm<sup>-3</sup>). Os tratamentos adicionais foram compostos pela aplicação de 1.000 mg.dm<sup>-3</sup> de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) para as três cultivares. O tratamento carbonato de cálcio foi utilizado para isolar o efeito do cálcio. Cada vaso representou uma parcela.

A alface Raider apresenta folhas crespas, bem consistentes, com nervuras destacadas, crocantes, formando uma cabeça bem compacta, pesando em torno de 750 g, após a retirada das folhas externas. É muito resistente ao transporte e adequada para ser utilizada em sanduíches (Yuri, 2000).

A cultivar Regina faz parte do grupo solta-lisa, não forma cabeça, mas sim uma roseta de folhas, as quais são macias, lisas e soltas (Filgueira, 2000). Atualmente, existem cultivares de inverno, que com temperaturas entre (15°C a 20°C), formam cabeça ou roseta de folhas e quando submetidas a temperaturas maiores a 20°C as plantas florescem precocemente e cultivares de verão que, quando submetidas a temperaturas entre 15°C a 20°C e maiores a 20°C no verão, a planta forma cabeça ou roseta de folhas.

A cultivar Vera pertence ao grupo solta-crespa, com folhas bem consistentes, crespas e soltas, também não formando cabeça de coloração verde-clara (Filgueira, 2000), sendo uma cultivar que se adapta bem ao cultivo hidropônico.

TABELA 1 Análise química do solo utilizado no experimento. Lavras, MG, UFLA, 2004<sup>(1)</sup>

Características	Profundidade (0 – 20 cm)
pH (H <sub>2</sub> O)	5,8
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	8,2
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	23
Ca <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	2,0
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,3
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,2
H + Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	4,5
V %	34,4
M O (dag.kg <sup>-1</sup> )	2,6
Zn (mg.dm <sup>-3</sup> )	2,1
Fe (mg.dm <sup>-3</sup> )	38,4
Mn (mg.dm <sup>-3</sup> )	15,1
Cu (mg.dm <sup>-3</sup> )	5,1
B (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,3

<sup>(1)</sup> Análise realizada no Laboratório de Análise de Solo da UFLA, Lavras, MG.

### 2.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras no período de junho a agosto de 2002.

O solo peneirado foi colocado em vasos com capacidade para 5 dm<sup>3</sup> de solo. Em todos os tratamentos foi feita adubação com: 300 mg.dm<sup>-3</sup> – N; 200 mg.dm<sup>-3</sup> – P; 300 mg.dm<sup>-3</sup> – K; 0,5 mg.dm<sup>-3</sup> – B; 1,5 mg.dm<sup>-3</sup> – Cu; 5 mg.dm<sup>-3</sup> – Zn e 0,1 mg.dm<sup>-3</sup> – Mo (Malavolta, 1980). A aplicação dos nutrientes foi feita por meio de solução nutritiva, com exceção do fósforo, que foi previamente incorporado ao solo.

A fonte de silício utilizada foi o silicato de cálcio, na forma comercial de Silifertil® (escória de siderurgia) composto de: SiO<sub>2</sub> - 42%, Ca - 40%, Mg - 9%, Fe - 1,86%, P - 1%, K - 1%, Mn - 6%, S - 1%, Zn - 2000 ppm, B - 500 ppm, Cu - 500 ppm, Mo - 150 ppm, Co - 150 ppm. A escória de siderurgia é a junção do calcário, o minério de ferro e o carvão, que são submetidos a uma temperatura de 1.900°C, que promove a redução do ferro e a produção de compostos indesejáveis (material inerte do minério do carvão) que não foram reduzidos. Estes combinam com cálcio e magnésio do calcário dando origem à escória.

O transplante foi realizado quando as plantas apresentaram quatro folhas definitivas (Figura 2). A reposição de água foi feita diariamente mantendo-se a umidade em 60% do volume total de poros.

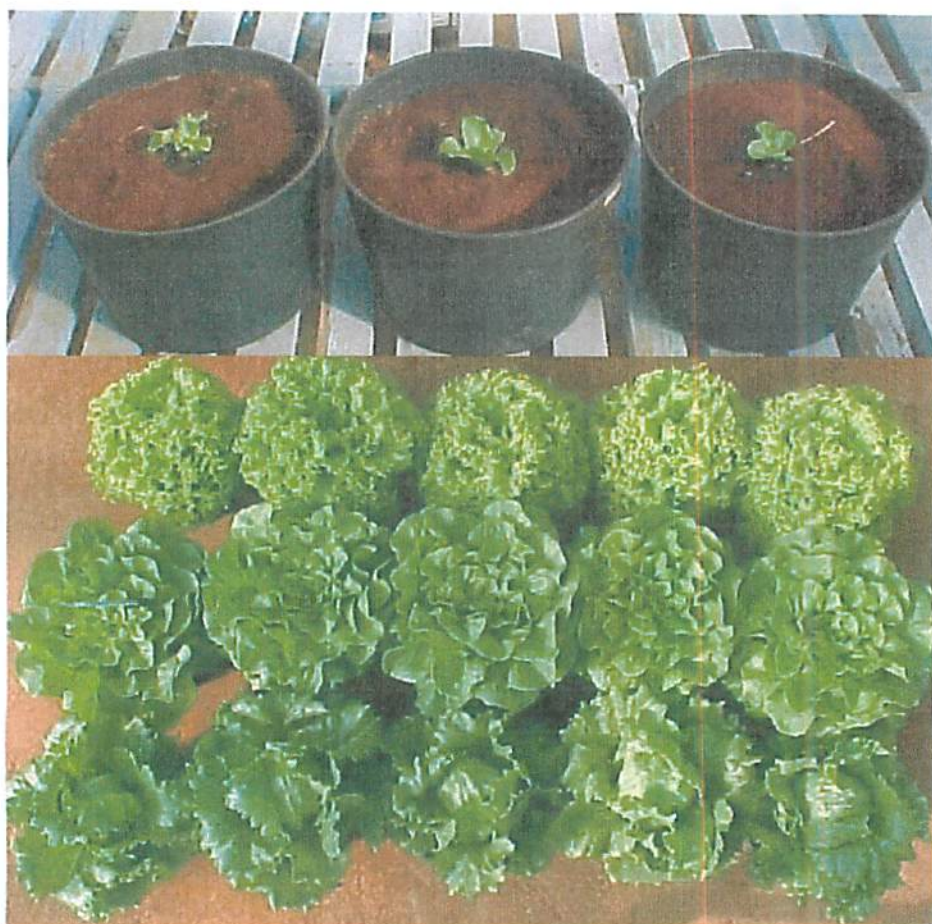


FIGURA 2 Vista parcial do experimento em vaso. Lavras-MG, UFLA, 2004.

## 2.4 Características avaliadas

### 2.4.1 Massa fresca da parte aérea (MFPA)

A massa fresca da parte aérea foi avaliada quando as plantas apresentaram o máximo crescimento vegetativo. As plantas foram cortadas logo abaixo das folhas basais, bem rente ao solo. A colheita foi realizada 78 dias após

o plantio, para as cultivares Vera e Regina e 85 dias para a cultivar Raider, por ter ciclo maior quando comparada as cultivares anteriores. Cada vaso contendo uma planta, representou uma parcela. Cada planta foi colhida e pesada em balança com sensibilidade de cinco gramas, tendo seu peso expresso em gramas.

#### **2.4.2 Massa fresca comercial (MFC)**

Para a avaliação da massa fresca comercial foram retiradas as folhas externas (que apresentavam danos, como ataque de pragas e doenças ou em senescência) de cada vaso e depois feita a pesagem. Os resultados foram expressos em gramas.

#### **2.4.3 Número de folhas comerciáveis (NF)**

O número de folhas foi obtido após a avaliação da massa fresca comercial, quando foi feita a contagem do número de folhas comerciáveis.

#### **2.4.4 Massa seca comercial da parte aérea (MSPA)**

Após a contagem do número de folhas de cada parcela, as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até apresentarem peso constante. Os dados foram expressos em g planta<sup>-1</sup>.

#### **2.4.5 Massa seca da raiz (MSRA)**

As raízes de cada parcela foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até apresentarem peso constante. Os dados foram expressos em g planta<sup>-1</sup>.

#### 2.4.6 Perda de massa

A perda de massa foi determinada por meio da seguinte equação:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{\text{MFC}}{\text{MFPA}} \times 100$$

em que: MFC= massa fresca comercial da parte aérea;

MFPA= massa fresca total da parte aérea.

#### 2.4.7 Teor de macro e micronutrientes na parte comercial

A parte aérea das plantas de cada parcela, posteriormente à análise da massa seca, foi moída e as amostras enviadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas DCS/UFLA para avaliação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco de cada tratamento, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e silício (gallo & Furlani, 1978).

As amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, exceto nitrogênio e boro, cujas amostras foram submetidas à digestão via seca. A concentração de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica, o potássio por fotometria de chama, fósforo e boro por colorimetria, enxofre por turbidimetria e o nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl (Malavolta et al., 1997).

Os teores de silício nos tratamentos foram determinados pelo método colorimétrico do “azul-de-molibdênio” proposto por Gallo & Furlani (1978).



## 2.5 Análise estatística

As análises estatísticas dos experimentos foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Para o fator qualitativo (cultivares), as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) e para o fator quantitativo (dose de Silifertil<sup>®</sup>), equações de regressão foram ajustadas aos dados das variáveis analisadas quando verificado efeito significativo para dose de Silifertil<sup>®</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Massa fresca da parte aérea (MFPA)

Com base na análise de variância, verificou-se efeito significativo apenas para as cultivares na característica massa fresca da parte aérea (Tabela 2).

A diferença encontrada entre as cultivares é decorrente das características genéticas de cada uma, principalmente por serem de grupos diferentes.

Quando aplicou-se Silifertil<sup>®</sup> a cultivar Raider apresentou maior massa fresca da parte aérea. Semelhantemente ao que ocorreu com a aplicação de Silifertil<sup>®</sup>, a cultivar Raider destacou com a aplicação de carbonato de cálcio. Provavelmente pelo fato desta cultivar apresentar maior capacidade de absorção, quanto ao Silifertil<sup>®</sup> e carbonato de cálcio.

TABELA 2 Resumo da análise de variância para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca comercial (MFC), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSRA) e perda de massa (PM). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios					
		MFPA	MFC	NF	MSPA	MSRA	PM
Cultivar (Cv.)	2	266506,94**	205157,02**	1744,33**	56,44**	11,97*	28,62*
Silifertil (Si)	3	858,78 <sup>ns</sup>	1520,31 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	4,34 <sup>ns</sup>	33,82*
Interação Cv. x Si	6	2142,47 <sup>ns</sup>	1654,24 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	5,77 <sup>ns</sup>	4,69 <sup>ns</sup>	15,19 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. adicional	1	19,27 <sup>ns</sup>	104,02 <sup>ns</sup>	17,60 <sup>ns</sup>	31,62*	5,90 <sup>ns</sup>	17,99 <sup>ns</sup>
Entre trat. adicionais	2	55002,33**	35587,00**	384,75**	9,64 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	47,62 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	47033,50**	35434,17**	306,85**	14,61*	5,15 <sup>ns</sup>	25,93**
Blocos	3	23714,78**	22057,02**	69,39**	24,49*	4,38 <sup>ns</sup>	20,31 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	23714,78	1866,70	6,06	6,60	2,99	9,15
C.V. (%)		15,47	16,67	6,05	16,88	27,72	30,91

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

\* - Significância a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

ns - Não significativo.

TABELA 3 Efeito da aplicação de Silifertil<sup>®</sup> em solo tipo Latossolo Vermelho Distroférrico sobre a massa fresca da parte aérea, massa fresca comercial, número de folhas, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz e perda de massa. Lavras, MG, UFLA, 2004. <sup>(1)</sup>

Tratamentos	Cultivares		
	Raider	Regina	Vera
<b>Massa fresca da parte aérea (g)</b>			
Silifertil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	414,75	211,75	235,00
Silifertil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	403,75	201,25	225,00
Silifertil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	446,00	194,75	231,25
Silifertil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	479,25	189,00	222,25
Média	435,81 a	199,06 b	228,38 b
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	421,00 a	196,50 b	250,50 b
<b>Massa fresca comercial (g)</b>			
Silifertil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	374,75	190,00	213,33
Silifertil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	352,50	180,00	204,50
Silifertil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	400,33	180,25	202,50
Silifertil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	431,75	181,00	206,75
Média	389,91 a	182,81 b	206,75 b
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	363,00 a	183,50 b	223,00 b
<b>Número de folhas</b>			
Silifertil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	26,75	43,75	21,75
Silifertil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	27,00	42,00	22,50
Silifertil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	26,75	42,75	23,00
Silifertil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	27,25	42,75	24,50
Média	26,94 b	42,69 a	22,94 c
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	25,00 b	40,75 a	22,75 b
<b>Massa seca da parte aérea (g)</b>			
Silifertil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	18,10	15,15	13,47
Silifertil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	17,24	14,73	15,24
Silifertil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	16,07	14,00	14,96
Silifertil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	19,54	13,40	15,03
Média	17,74 a	14,32 b	14,68 b
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	14,99 a	12,02 a	14,29 a
<b>Massa seca da raiz (g)</b>			
Silifertil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	9,91	6,38	5,41
Silifertil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	6,45	5,84	6,62
Silifertil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	6,81	5,91	6,13
Silifertil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	6,38	5,09	5,73
Média	7,39 a	5,81 b	6,04 ab
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	5,21 a	5,91 a	5,73 a
<b>Perda de massa (%)</b>			
Silifertil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	13,47	10,16	9,23
Silifertil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	10,24	10,52	9,21
Silifertil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	9,72	7,66	12,46
Silifertil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	10,01	4,37	7,15
Média	10,86 a	8,18 b	9,51 ab
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	13,85 a	11,70 ab	7,10 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

### **3.2 Massa fresca comercial (MFC)**

Para a característica massa fresca comercial, verificou-se efeito significativo apenas para as cultivares (Tabela 3).

Apesar da massa fresca comercial estar relacionada com o crescimento, esta não foi afetada pela aplicação do Silifertil<sup>®</sup>. Embora não significativa, pode-se observar que houve um aumento indiretamente da massa fresca comercial, o que pode ser comprovado pelo decréscimo da perda de massa, à medida que se aumenta a dose de Silifertil<sup>®</sup>.

Estudos realizados por Carvalho et al. (2002) indicam que a aplicação de Silifertil<sup>®</sup> foi benéfica à produção e qualidade do tomate cultivar Floradade, contribuindo para o aumento na produção total. A dose de 11,10 g planta<sup>-1</sup> (2,8 t.ha<sup>-1</sup>) foi a que garantiu melhores respostas, apesar do tomate não ser uma espécie acumuladora de silício.

Em milho (Piau, 1995) e cana-de-açúcar (Prado, 2000), a escória e o calcário foram semelhantes em termos de produção. Este fato pode ser explicado pelo maior ciclo de desenvolvimento nessas culturas, comparado ao da alface, o que pode ter possibilitado maior tempo da reação da escória no solo e conseqüentemente, maiores benefícios para as culturas.

Quando aplicou-se carbonato de cálcio a cultivar Raider se destacou em relação as cultivares Regina e Vera (Tabela 3).

### **3.3 Número de folhas Comerciais (NFC)**

Para a característica número de folhas comerciais, observou-se efeito significativo apenas para as cultivares (Tabela 3). A cultivar Regina apresentou maior número de folhas quando comparada às demais cultivares, provavelmente, devido às características genéticas de cada cultivar.

Normalmente a alface é comercializada por cabeça ou unidade, só que o consumidor na hora de comprar o produto, ele vai preferir aquele que visualmente está mais compacto (para o caso da Raider) e mais repleto de folhas para as cultivares soltas.

### **3.4 Massa seca da parte aérea (MSPA)**

Para a característica massa seca da parte aérea, verificou-se efeito significativo apenas para as cultivares (Tabela 3). A cultivar Raider destacou-se em relação as demais cultivares.

Não foram observadas diferenças significativas entre as doses de Silifertil® e nem entre a aplicação de Silifertil e carbonato de cálcio para a massa seca da parte aérea.

Amaral et al. (1994) estudaram, em dose equivalente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), uma escória de siderurgia (alto forno) e calcário, concluindo que ambos os produtos foram semelhantes na produção de matéria seca da alface, cultivar Babá de Verão.

### **3.5 Massa seca da raiz (MSRA)**

Para a característica massa seca da raiz, foi observado efeito significativo apenas para as cultivares (Tabela 3). A cultivar Raider apresentou maior massa seca da raiz, não diferindo da Vera e esta da Regina, provavelmente pelo fato das cultivares serem de grupos distintos.

Nas plantas olerícolas parece não haver qualquer relação entre parte aérea e à parte radicular. Muito embora, tem-se observado neste experimento que a cultivar Raider, também, se destacou das demais cultivares, para a característica massa seca da parte aérea.

### **3.6 Perda de massa**

Com base na análise de variância, verificou-se efeito significativo para cultivares e também resposta a aplicação de Silifétil® para a característica perda de massa (Tabela 2). A cultivar Raider apresentou maior perda de massa, não diferindo da cultivar Vera e esta da cultivar Regina.

À medida que se aumentou a dose de Silifétil, independentemente da cultivar, houve um decréscimo na perda de massa.

É um parâmetro muito importante, principalmente, para a cultivar Raider, que lhe garante maior poder de conservação, uma vez que, a mesma é utilizada para abastecer às principais redes de “fast food” do país.

Além das folhas que senesceram naturalmente, algumas folhas foram retiradas na colheita, antes da pesagem comercial, por apresentarem danos e sintomas causados por pragas e patógenos. Assim tanto os elementos que compõem o Silifétil®, como o silício, principalmente, têm a função de imprimir resistência às plantas do ataque de pragas e doenças. Por outro lado, o carbonato de cálcio (testemunha adicional), com efeito corretivo como o Silifétil, não reduziu a perda de massa.

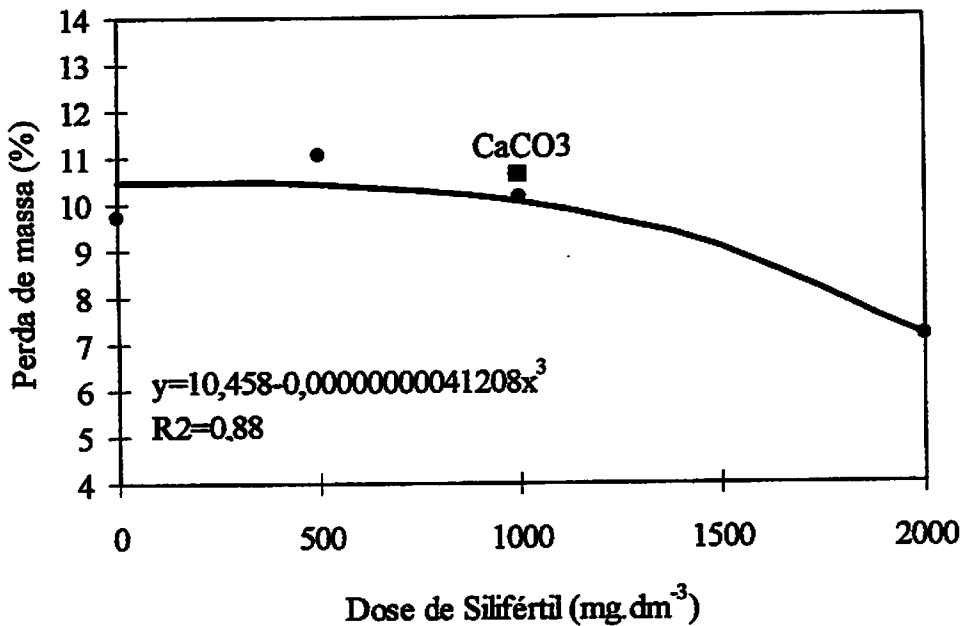


FIGURA 3 Perda de massa (%) de alface cultivada em vaso com diferentes doses de Silifertil. Lavras, MG, UFLA, 2004.

### 3.7 Teor de macronutrientes na parte comercial

#### 3.7.1 Nitrogênio, fósforo e potássio

Não foram observadas diferenças significativas para o efeito do Silifertil nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio em folhas de alface. Houve efeito significativo para o fator cultivar nos teores de nitrogênio e potássio. As cultivares diferiram significativamente no teor de nitrogênio com aplicação de carbonato de cálcio (Tabela 4).

TABELA 4 Resumo da análise de variância para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		N	P	K
Cultivar (Cv.)	2	0,7001**	0,0001 <sup>ns</sup>	6,679**
Silício (Si)	3	0,423 <sup>ns</sup>	0,0014 <sup>ns</sup>	0,417 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	0,056 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,821 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	0,128 <sup>ns</sup>	0,0027 <sup>ns</sup>	5,248**
Entre trat. Adicionais	2	4,770*	0,0007 <sup>ns</sup>	0,109 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	0,194*	0,0008 <sup>ns</sup>	1,786**
Bloco	3	0,069 <sup>ns</sup>	0,0169 <sup>ns</sup>	1,205 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	0,088	0,0019	0,479
C.V.		9,79	22,20	9,97

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de *F*.

\* - Significância a 5% de probabilidade, pelo teste de *F*.

ns - Não significativo.

Diferentemente do que foi observado por Santos (2002), em que o teor de nitrogênio foi influenciado significativamente pelas doses de silicato de cálcio. Aplicações de silício na presença de nitrogênio aumentam a produção de matéria seca e teor de nitrogênio (Yoshida, 1975).

O Si interage positivamente com nitrogênio. Aplicações de doses adequadas de nitrogênio na presença de Si aumentaram a produção de matéria seca, a qual decresceu quando doses excessivas de N foram usadas (Ma e Takahashi, 1990).

As cultivares Vera e Regina absorveram mais nitrogênio e potássio que a cultivar Raider (Tabela 5).

As plantas diferem bastante quanto à capacidade de absorver o silício. Até mesmo genótipos de uma mesma espécie podem apresentar concentrações diferentes de silício entre suas partes (Lanning, 1960). Fazendo uma analogia ao nitrogênio e potássio, possivelmente as cultivares Vera e Regina apresentaram



maior capacidade de absorver estes nutrientes, por apresentarem maior exigência nutricional ou acúmulo de nutrientes (Garcia et al., 2000).

TABELA 5 Teor de nitrogênio e potássio na massa seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em vasos. Lavras, MG, UFLA, 2004.

Cultivares	Médias para o fator CaCO <sub>3</sub>		Médias para o fator Silifétil	
	Nitrogênio		Nitrogênio	Potássio
	dag.kg <sup>-1</sup>		dag.kg <sup>-1</sup>	
Raider	2,82 b	2,57 b	7,50 a	
Regina	3,22 a	3,11 a	7,42 a	
Vera	3,14 a	3,16 a	6,34 b	
C.V.	9,79%	9,79%	8,37%	

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Os teores de fósforo não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Os teores encontrados neste trabalho variaram de 0,23 a 0,26 dag.kg<sup>-1</sup>, valores abaixo da faixa considerada como adequada por Van Raij et al. (1997), de 0,40 a 0,70 dag.kg<sup>-1</sup>.

Em termos de concentração de nutrientes na parte aérea de cultivares de alface, Lopes et al. (2003) não verificaram diferença estatística entre as cultivares para os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e manganês.

### 3.7.2 Cálcio, magnésio e enxofre

Não houve diferença entre as doses de Silifétil® e carbonato de cálcio para os teores de cálcio, magnésio e enxofre (Tabela 6).

Os teores presentes nos tecidos foliares de cálcio e enxofre variaram de 1,05 a 1,39 mg.kg<sup>-1</sup> e 0,22 a 0,28 mg.kg<sup>-1</sup>, valores abaixo da faixa considerada adequada por Malavolta (1992), que é de 1,40 a 1,50 mg.kg<sup>-1</sup> e 0,30 a 0,40 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Observou-se diferença no teor de magnésio, apenas entre cultivares quando aplicou-se o Silifertil<sup>®</sup>, tendo a cultivar Raider acumulado maior teor de magnésio seguida da cultivar Regina (Tabelas 7).

TABELA 6 Resumo da análise de variância para cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		Ca	Mg	S
Cultivar (Cv.)	2	0,1301 <sup>ns</sup>	0,0081 <sup>**</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>
Silício (Si)	3	0,0314 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	0,0480 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	0,0026 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	0,0770 <sup>ns</sup>	0,0028 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	0,0571 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,6552 <sup>**</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	0,0693	0,0011	0,0007
C.V.		22,01	54,50	10,33

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de *F*.

ns - Não significativo.

TABELA 7 Teor de magnésio em mg.kg<sup>-1</sup>, na massa seca da parte aérea das três cultivares de alfaca cultivadas em vasos. Lavras, MG, UFLA, 2004.

Cultivares	Médias
Raider	0,083 a
Regina	0,069 ab
Vera	0,039 b
C.V.	54,50%

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

### 3.8 Teor de micronutrientes na parte comercial

#### 3.8.1 Manganês e ferro

Foram observadas diferenças significativas para o fator Silifertil e interação fatorial x Silifertil<sup>®</sup> no teor de manganês em diferentes cultivares de alface (Tabela 8).

TABELA 8 Resumo da análise de variância para manganês (Mn) e ferro (Fe).  
Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Mn	Fe
Cultivar (Cv.)	2	9016,84 <sup>ns</sup>	1221,22 <sup>ns</sup>
Silício (Si)	3	13066,84 <sup>**</sup>	1974,67 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	2808,88 <sup>ns</sup>	3782,61 <sup>**</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	30918,76 <sup>**</sup>	2996,76 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	23559,89 <sup>**</sup>	986,36 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	10866,14 <sup>**</sup>	2573,69 <sup>ns</sup>
Bloco	3	589,77 <sup>ns</sup>	5026,96 <sup>*</sup>
Resíduo	42	2874,43	1255,15
C.V.		22,60%	31,09%

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de *F*.

ns - Não significativo.

O aumento do teor de manganês para as diferentes doses de Silifertil<sup>®</sup> foi quadrática, com ponto de máxima de 274,18 mg.kg<sup>-1</sup> na dosagem de 773,44 mg.dm<sup>-3</sup> (Figura 4). Talvez a fonte de silício utilizada (silicato de cálcio), na forma comercial de Silifertil<sup>®</sup> (escória de siderurgia), composto de 6% de manganês tenha contribuído para este resultado, pois as testemunhas diferiram significativamente do fatorial (Tabela 8) com teores de Mn menores.

As cultivares Regina e Vera absorveram mais manganês que a cultivar Raider, quando aplicou-se carbonato de cálcio (Tabela 9).

TABELA 9 Teores de manganês em  $\text{mg.kg}^{-1}$ , na matéria seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em vasos. Lavras, MG, UFLA, 2004.<sup>(1)</sup>

Cultivares	Silifétil	Carbonato de cálcio
Raider	222,63 a	113,02 b
Regina	253,98 a	196,19 ab
Vera	269,18 a	266,33 a
Média	248,60 A	191,85 B
C.V. = 23,33%		

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

O fornecimento de Si às plantas alivia a toxicidade de manganês e do ferro, não somente porque reduz a absorção desses elementos, mas também porque aumenta o nível de tolerância interna ao excesso de manganês nos tecidos (Jones & Handreck, 1967).

As altas concentrações de manganês diminuem a absorção de zinco e ferro principalmente (Marschner, 1995). De acordo com Jones Junior et al., (1991) concentrações de manganês acima de  $250 \text{ mg.kg}^{-1}$  são consideradas altas. Segundo Marschner (1995), a toxidez por manganês causa necroses e manchas nas folhas.

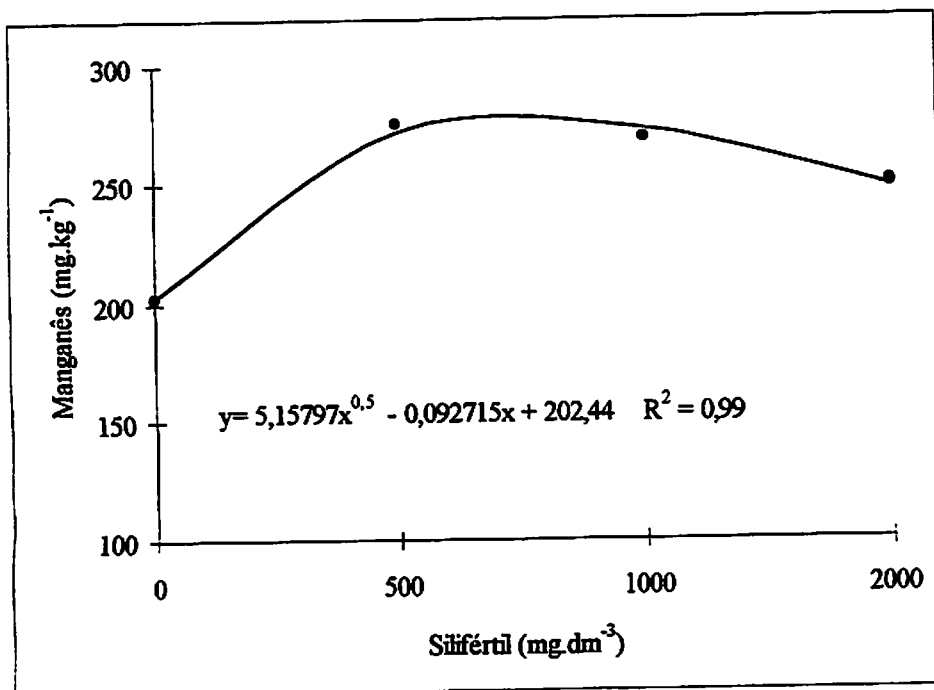


FIGURA 4 Teores foliares de manganês  $\text{mg.kg}^{-1}$  na massa seca da parte aérea das cultivares testadas. Valores: a-202,44; b-0,092715; c-5,15797. Lavras, MG, UFLA, 2004.

Houve interação entre as doses de Silifertil<sup>®</sup> e cultivares para o teor de ferro (Tabela 8). Apenas a cultivar Vera respondeu a aplicação de Silifertil<sup>®</sup> (Tabela 10). No entanto, não foi possível determinar um modelo de regressão para determinar as doses de máxima e mínima absorção de ferro na cultivar Vera.

A concentração de ferro encontrada no tecido foliar de 85,30 – 172,14  $\text{mg.kg}^{-1}$  enquadra-se na faixa de referência por Martinez et al. (1999).

TABELA 10 Teores foliares de ferro ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) na massa seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em vasos. Lavras, MG, UFLA, 2004.<sup>(1)</sup>

Tratamentos	Cultivares			
	Raider	Regina	Vera	Média
Silifertil 0 $\text{mg.dm}^{-3}$	123,10 Aab	172,14 Aa	88,92 ABb	128,38 A
Silifertil 500 $\text{mg.dm}^{-3}$	119,73 Aa	99,99 Aa	101,73 ABa	107,15 A
Silifertil 1000 $\text{mg.dm}^{-3}$	118,67 Aa	106,45 Aa	161,34 Aa	128,82 A
Silifertil 2000 $\text{mg.dm}^{-3}$	102,92 Aa	128,88 Aa	85,30 Ba	105,66 A
Média	116,06 a	126,87 a	109,57 a	-
C.V. 31,09%				-

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

### 3.8.2 Boro, zinco e cobre

Não foram observadas diferenças significativas em relação as doses de Silifertil e aplicação de carbonato de cálcio quanto ao teor de boro em diferentes cultivares de alface (Tabela 11).

TABELA 11 Resumo da análise de variância para boro (B), zinco (Zn) e cobre (Cu). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		B	Zn	Cu
Cultivar (Cv.)	2	128,84 <sup>ns</sup>	976,46 <sup>**</sup>	33,07 <sup>**</sup>
Silício (Si)	3	67,79 <sup>ns</sup>	117,80 <sup>ns</sup>	5,51 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	39,41 <sup>ns</sup>	66,42 <sup>ns</sup>	3,65 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	10,17 <sup>ns</sup>	70,05 <sup>ns</sup>	6,84 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	38,70 <sup>ns</sup>	377,46 <sup>**</sup>	12,27 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	56,80 <sup>ns</sup>	252,13 <sup>**</sup>	9,71 <sup>**</sup>
Bloco	3	111,15 <sup>ns</sup>	176,02 <sup>*</sup>	31,01 <sup>**</sup>
Resíduo	42	45,88	59,72	3,81
C.V. (%)		1,72	14,13	20,63

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

ns - Não significativo.

Santos (2002) também verificou que o teor de boro não diferiu significativamente com a utilização de silicato de cálcio no cafeeiro.

A concentração de boro encontrada nos tecidos foliares variou de 388,76 a 400,76 mg.kg<sup>-1</sup>, bem acima da faixa de referência de Martinez et al. (1999).

Para os teores de zinco e cobre, houve diferença apenas para o fator cultivar (Tabelas 11).

Tanto para a aplicação de Silifertil<sup>®</sup> como para a aplicação de carbonato de cálcio a cultivar Regina acumulou mais zinco quando comparada com as cultivares Vera e Raider, que não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 12).

Em cafeeiro, Santos (2002) também observou que os teores de zinco não diferiram com o aumento das doses de silicato de cálcio.

A cultivar Raider acumulou mais cobre quando comparada com a cultivar Vera, e esta não diferiu estatisticamente da cultivar Regina.

TABELA 12 Teores de zinco e cobre na matéria seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em vasos. Lavras, MG, UFLA, 2004.

Cultivares	Médias		
	Cobre CaCO <sub>3</sub> mg.kg <sup>-1</sup>	Zinco	
		Silifertil	CaCO <sub>3</sub>
		mg.kg <sup>-1</sup>	
Raider	10,75 a	48,77 b	47,76 b
Regina	9,24 ab	58,16 a	63,74 a
Vera	7,88 b	42,65 b	47,19 b
C.V.	25,56%	15,25%	

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

### 3.8.3 Silício

Os teores de silício nas folhas das cultivares de alface não diferiram estatisticamente com as doses crescentes de Silifertil<sup>®</sup> e carbonato de cálcio (Tabela 13). Provavelmente pelo fato de as plantas não serem acumuladoras de

silício, a concentração de Si encontrada neste trabalho (0,19% a 0,22%) ficou dentro do padrão de referência de Miyake & Takahashi, (1978), como planta não acumuladora de silício.

Em espécies acumuladoras, verifica-se que a aplicação de silicato de cálcio promove aumento linear e significativo no teor de silício, como na cultura do arroz, aliada à composição da vollastonita (50% de SiO<sub>2</sub>, 44% CaO e 1,48% MgO) (Korndorfer et al., 1999 e Barbosa Filho et al., 2001). O silicato de cálcio também promoveu aumento linear significativo nas folhas de Braquiária, mostrando a capacidade que tem esta planta de acumular silício e também a eficiência do silicato de cálcio em fornecer este elemento na forma prontamente disponível ao seu aproveitamento pela planta em questão (Junqueira Neto, 2000).

TABELA 13 Resumo da análise de variância para silício (Si). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios
Cultivar (Cv.)	2	0,0028 <sup>ns</sup>
Silício (Si)	3	0,0004 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	0,0013 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	0,0009 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	0,0009 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	0,0012 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0029 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	0,0017
C.V. (%)		22,72

ns - Não significativo pelo teste de F ( $p < 5\%$ ).



## 4 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- a aplicação de Silifertil não promoveu aumento do crescimento das plantas cultivadas em vasos;
- o aumento nas doses de Silifertil causou uma redução na perda de massa de plantas de alface;
- a aplicação de Silifertil® não promoveu aumento no teor de silício na parte aérea da alface e não alterou os teores da maioria dos nutrientes analisados nas cultivares de alface, com exceção dos teores de ferro e manganês;
- o teor de Mn aumentou em função quadrática com ponto de máxima em 773,44 mg.dm<sup>-3</sup> de Silifertil®, e semelhante ao teor de Mn; porém, sem ajustar, estatisticamente, uma curva de regressão, o teor de Fe aumentou nas doses de 500 e 1000 mg.dm<sup>-3</sup>, diminuindo com o aumento da dose de Silifertil®;
- com aplicação de carbonato de cálcio, a cultivar Regina absorveu mais N, Mn, Zn, Cu e Zn;
- com aplicação de Silifertil®, a cultivar Regina absorveu mais N, Fe, Zn;
- a alface é uma planta não acumuladora de silício.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L.E; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, n.2, p. 325-330, abr/jun. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normas Climatológicas - 1961-1990. Brasília: MARA, 1992. 84 p.

CARVALHO, J. G. de.; Machado, A. Q.; NASCIMENTO, I. R. do.; BOAS, R. C. V. Desempenho da cultura do tomate adubado com Silifétil. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 20, n.2, 2002. Suplemento 2.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A. de. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 4, n.1, p. 45-55, jan/jul. 1980.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de informações (SPI), 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos, SP. *Programas e Resumos...* São Carlos: UFSCar, p.235, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FURLANI, A. C. M.; FURLANI, P. R.; BATAGLIA, O. C. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, Campinas, v. 37, n.5, p. 33-44, abr. 1978.

GALLO, J. R.; FURLANI, P. R. Determinação do silício em material vegetal pelo método colorimétrico do azul de molibdênio. *Bragantia*, Campinas, v.37, n.2, p. 5-11, 1978.

GARCIA, N. C. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N.; LIMA, P. C. Absorção de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no

período de verão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 246-247, jul. 2000. Suplemento.

**IBGE. Organização do território – vilas e cidades.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de fev. 2003.

**JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A.** Silica in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, New York, v. 19, p. 107-149, 1967.

**JONES JÚNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A.** Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation guide. Georgia, USA: Micro-macro, 1991 p.35-38.

**JUNQUEIRA NETO, A. V.** Efeito do silicato de cálcio na correção do solo e produção de *Brachiária decumbens*. UFU – Universidade Federal de Uberlândia. 2000. 37 p. Monografia.

**KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H.** efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 23: 635-641, 1999.

**KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E.** Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**. Piraicaba, n. 70. p. 1-3, jun. 1995.

**LANNING, F. C.** nature and distribution of silica in strawberry plants. **Proceeding of the American Society of Horticultural Science**, Maryland, v. 76, p 349-358, Dec. 1960.

**LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, D. J.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; CASIMIRO, E. L. N.; SEVIGNANI, A.** Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 211-215. Jul. 2003.

**MA, J.; TAKAHASHI, E.** Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. **Pant Soil**, Dordrecht, v. 126, n.1, p. 115-119, Aug. 1990.

**MALAVOLTA, E.** Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

**MALAVOLTA, E. ABC da análise de solos e folhas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124p.**

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

**MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.**

**MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, de. J.G.; SOUZA, de. R. B. Diagnose Foliar. Cap. 17, p. 155. In: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais 5ª Aproximação. RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). Viçosa, MG, 359p, 1999.**

**MIYAKI, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon deficiency of tomato plant. . Soil Science and Plant Nutrition. Tokyo, v. 24, n. 2, p. 175-189. Feb. 1978.**

**NABLE, R. O.; LANCE, R. C. M.; CARTWRIGHT, B. Uptake of boron and silicon barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity. *Annal of Botany*, London, v.66, n.1, p.83-90, July. 1990.**

**PIAU, W. C. Efeito de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays L.*). Centro de Energia Nuclear na Agricultura – USP, Piracicaba, 124p. Tese de Doutorado.**

**PRADO, R. M. Resposta da cultura da Cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 97p. 2000. Tese de Mestrado.**

**RODRIGUES, A. B.; MARTINS, M. I. E. G.; ARAÚJO, J. A C. de. Avaliação econômica da produção de alface em estufa. *Informações econômicas*, Piracicaba, v.27, n.3, p. 27-35, mar, 1997.**

**SANTOS, D. M. Dos. Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola Berk. & Cooke*) em mudas de Cafeeiro (*Coffea arabica L.*). Lavras: UFLA, 2002. 43 p. Tese de Mestrado.**

**VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).**

**YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. Bulletin National Institute Agriculture Science, Tokyo, Serie B, v. 15, n.1, p. 1-58, 1975.**

**YURI, J. E. Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio e dois locais do Sul de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2000. 51p. Tese de Mestrado em Fitotecnia.**

## CAPÍTULO 3

### AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE ALFACE SOB DOSES DE SILIFÉRTIL EM CONDIÇÕES DE CAMPO

#### RESUMO

**FERREIRA, Regina Lucia Félix. Avaliação de cultivares de alface sob doses de Silifétil em condições de campo. 2004. Cap. 3, 80 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\***

Este trabalho foi conduzido no município de Santana da Vargem, sul de Minas Gerais, no período de setembro a novembro de 2002, com o objetivo de avaliar cultivares de alface sob doses de Silifétil<sup>®</sup> em condições de campo. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial com tratamentos adicionais: 3x4+3, composto por três cultivares de alface: Raider (grupo crespa-repolhuda); Regina (grupo solta-lisa) e Vera (grupo solta-crespa) e quatro dosagens de Silifétil<sup>®</sup> (0, 1, 2 e 4 t.ha<sup>-1</sup>). Os tratamentos adicionais foram compostos pela aplicação de 3,5 t.ha<sup>-1</sup> de carbonato de cálcio para as três cultivares. A aplicação de Silifétil<sup>®</sup> não aumentou a produtividade das cultivares de alface Raider, Regina e Vera. A aplicação de Silifétil<sup>®</sup> não aumentou o teor de silício na parte aérea da alface e não alterou os teores da maioria dos nutrientes analisados nas cultivares de alface, com exceção dos teores de potássio e zinco. O teor de K diminuiu em função polinomial inversa, com ponto de mínima em 944,3 mg.dm<sup>-3</sup> de Silifétil<sup>®</sup>e, sem ajustar, estatisticamente, uma curva de regressão, o teor de Zn, semelhante ao K, diminuiu com o aumento da dose de Silifétil<sup>®</sup>.

---

\* Comitê Orientador: Rovilson José de Souza – UFLA (Orientador)  
Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Co-orientadora)

## ABSTRACT

**FERREIRA, Regina Lucia Félix. Lettuce Cultivars evaluation lettuce under Silifertil rates in field conditions. 2004. Chap. 3, 80 p. Thesis (Doctorate in Plant Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.\***

The work was carried out in Santana da Vargem county, south Minas Gerais, Brazil, from September to November 2002, with the purpose to evaluate lettuce cultivars under Silifertil<sup>®</sup> dosages in the field conditions. It was used randomized complete blocks design, with four replicates, in a factorial scheme with additional treatments: 3x4+3, using the three cultivars: Raider (group crisphead lettuce); Regina (group butterhead lettuce) and Vera (group looseleaf lettuce) and four Silifertil<sup>®</sup> dosages (0, 1, 2 and 4 t.ha<sup>-1</sup>). The additional treatments used 3.5 t.ha<sup>-1</sup> limestone application on the three cultivars. The application of Silifertil<sup>®</sup> did not enhance the silicon level in the lettuce aerial part and did not change the levels of the most analyzed nutrients in the lettuce cultivars, except for the K and levels; K level decreased in inverse polynomial function, minimal point in 1,45 t.ha<sup>-1</sup> of Silifertil<sup>®</sup>, and without adjustment, statistically, regression curve, Zn level, similar to K, decreased with higher Silifertil<sup>®</sup>.

---

\* Guidance Committee: Rovilson José de Sousa - UFLA (Major Professor)  
Janice Guedes de Carvalho - UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da alface vem adquirindo importância crescente, principalmente na região sul de Minas Gerais, devido às suas condições edafoclimáticas favoráveis. Atualmente, nesta região, são cultivadas as alfaces americana do grupo repolhuda-crespa, visando atender, principalmente, às redes de “fast food” (Yuri, 2000), além de outras alfaces de grupos distintos, como a solta-crespa e a solta-lisa.

O silício pode aumentar o rendimento de algumas espécies cultivadas, promovendo vários processos fisiológicos desejáveis para as plantas e, em numerosos casos, tem sido demonstrado o efeito benéfico de sua aplicação no aumento da produção de diversas culturas (Kordörfer & Datnoff, 1995).

Quanto à aquisição de silício pelas plantas, as mesmas diferem bastante na sua capacidade de absorvê-lo. Até mesmo genótipos de uma mesma espécie podem apresentar concentrações de Si diferentes (Nable et al., 1990). Lanning (1960) encontrou diferenças marcantes no teor de silício, nos diferentes órgãos, entre cultivares de morangueiros. Genótipos de arroz diferem no teor de Si, respondendo de modo diferente à aplicação do elemento (Barbosa Filho et al., 2001).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar cultivares de alface sob doses de Silifétil em condições de campo.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2002, na Fazenda Barreirinha da produtora Maria Auzita Barbosa Terra. A propriedade está localizada em Santana da Vargem, sul de Minas Gerais, a uma altitude de 870 m, a 21°22'00 de longitude sul e 45°30'45" de longitude oeste (IBGE, 2003), no período de setembro a dezembro de 2002, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa (Embrapa, 1999). O clima da região é caracterizado por temperatura média anual variando de 15,8°C no mês mais frio, a 22,1°C no mês mais quente. A precipitação média anual é de 1.529,7 mm e a umidade relativa do ar de 76,2% (Castro Netto, 1980, Brasil, 1992). Os resultados da análise do solo estão apresentados no Tabela 14.

### 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x4+3, com tratamentos adicionais e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de três cultivares de alface: Raider (grupo crespá-repolhuda); Regina (grupo solta-lisa) e Vera (grupo solta-crespá) e quatro dosagens de Silifertil® (0, 1, 2 e 4 t.há<sup>-1</sup>). Os tratamentos adicionais foram compostos pela aplicação de 3,5 t.há<sup>-1</sup> de calcário dolomítico para as três cultivares, calculados de acordo com a análise química do solo. O tratamento calcário foi utilizado para isolar o efeito do cálcio.

As parcelas foram compostas por quatro linhas de 2,0 m de comprimento, espaçadas de 0,30 m, sendo o espaçamento entre plantas de 0,35 m, totalizando 28 plantas por parcela. Para efeito de avaliação, foram

consideradas como área útil as duas linhas centrais, eliminando-se as plantas das extremidades, avaliando-se 10 plantas pertencentes à área útil.

TABELA 14 Análise química do solo da área experimental. Lavras, MG, UFLA, 2004.<sup>(1)</sup>

Características	Profundidade (0 – 20 cm)
pH (H <sub>2</sub> O)	4,3
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	3,0
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	102
Ca <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	1,6
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,7
H + Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,5
V %	29,2
M O (dag.kg <sup>-1</sup> )	2,3
Zn (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,8
Mn (mg.dm <sup>-3</sup> )	4,0
B (mg.dm <sup>-3</sup> )	0,3

<sup>(1)</sup> Análise realizada no Laboratório de Análise de Solo do DCS/UFLA, Lavras, MG.

### 2.3 Condução do experimento

O plantio foi realizado em canteiros cobertos com “mulching” sob estrutura de proteção tipo túnel alto, com 2,0 m de altura (Figura 5).

O preparo do solo constou de aração, gradagem e levantamento dos canteiros a 0,20 m de altura.

As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células contendo o substrato comercial Plantmax®, sob casa de vegetação. As cultivares utilizadas foram: Raider, do grupo repolhuda-crespa, que apresenta ciclo de 48 a 50 dias após o transplante, folhas de coloração verde clara mais duras e boa tolerância ao pendoamento (Yuri, 2000). A cultivar Regina do grupo solta-lisa, não forma cabeça, mas sim uma roseta de folhas e apresenta folhas

macias, lisas e soltas (Filgueira, 2000). A cultivar Vera, pertencente ao grupo solta-crespa, com folhas bem consistentes, crespas e soltas, também não forma cabeçae tem coloração de folhas verde-claro (Filgueira, 2000).

As mudas foram irrigadas diariamente, sendo transplantadas para o local definitivo, no campo, aos 30 dias após a semeadura.

A adubação de plantio constou de 30 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 600 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, nas formas de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. As adubações de cobertura foram realizadas por meio de fertirrigações diárias, totalizando 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N e 95 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, utilizando como fontes uréia e cloreto de potássio.



FIGURA 5 Experimento de campo, vista dos canteiros de alface sob túneis em Santana da Vargem. Lavras, MG, UFLA, 2004.

A fonte de silício utilizada foi o silicato de cálcio, na forma comercial de Silifertil® (escória de siderurgia), conforme descrito no capítulo 2.

A colheita foi efetuada 75 dias após a semeadura, para as cultivares Regina e Vera e 85 dias, para a cultivar Raider.

## **2.4 Características avaliadas**

### **2.4.1 Massa fresca da parte aérea (MFPA)**

A massa fresca da parte aérea foi analisada quando as plantas apresentaram o máximo crescimento vegetativo. O procedimento consistiu em cortar a planta logo abaixo das folhas basais, bem rente ao solo. A colheita foi realizada 75 dias após o plantio, para as cultivares Vera e Regina e 85 dias para a cultivar Raider, por ter ciclo maior que as cultivares anteriores. As plantas da área útil foram colhidas e pesadas em balança com sensibilidade de cinco gramas. Os resultados foram expressos em gramas.

### **2.4.2 Massa fresca comercial (MFC)**

Para a avaliação da massa fresca comercial foram retiradas as folhas externas de todas as plantas da área útil e depois feita a pesagem. Os resultados foram expressos em gramas.

### **2.4.3 Número de folhas comerciáveis(NFC)**

O número de folhas comerciáveis foi obtido por meio da contagem de folhas retiradas de duas plantas, aleatoriamente, da área útil.

### **2.4.4 Massa seca da parte aérea (MSPA)**

Para massa seca da parte aérea, as plantas foram colhidas e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até apresentarem massa constante. Os dados foram expressos em g.planta<sup>-1</sup>.

#### **2.4.5 Teor de macro e micronutrientes na parte comercial**

A parte aérea das plantas, posteriormente à análise da massa seca, foi moída e as amostras enviadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras para avaliação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco de cada tratamento, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e silício (Furlani e Galo 1978).

As amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica para determinação dos teores de macro e micronutrientes, exceto nitrogênio e boro, cujas amostras foram submetidas à digestão via seca. A concentração de cálcio e magnésio foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica, o potássio por fotometria de chama; fósforo e boro por colorimetria, enxofre por turbidimetria e o nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl (Malavolta et al., 1997).

Os teores de silício nos tratamentos foram determinados pelo método colorimétrico do “azul-de-molibdênio”, proposto por Gallo & Furlani (1978).

#### **2.4.6 Perda de massa**

Foi determinado por meio da seguinte equação:

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{\text{MFC}}{\text{MFPA}} \times 100$$

#### **2.5 Análise estatística**

A análise estatística do experimento foi realizada utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Para o fator qualitativo (cultivares), as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ) e,

para o fator quantitativo (dose de Silifertil®). Equações de regressão foram ajustadas aos dados das variáveis analisadas quando verificado efeito significativo para dose de Silifertil®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Massa fresca comercial (MFC)

A análise de variância revelou efeito significativo apenas entre cultivares, para a característica massa fresca comercial, pois a adubação com Silifertil<sup>®</sup> não alterou a produção (Tabela 15). A diferença encontrada entre as cultivares é decorrente das características genéticas de cada uma, principalmente por serem de grupos diferentes.

TABELA 15 Resumo da análise de variância para número de folhas comerciáveis (NFC), massa fresca comercial (MFC), massa seca da parte aérea (MSPA) e perda de massa (PM). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios			
		NFC	MFC	MSPA	PM
Cultivar (Cv.)	2	1356,52**	338176,87**	78,97**	810,55**
Silício (Si)	3	5,01 <sup>ns</sup>	6631,95 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	5,44 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	4,20 <sup>ns</sup>	3212,56 <sup>ns</sup>	2,54 <sup>ns</sup>	10,11 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	0,11 <sup>ns</sup>	289,74 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	242,24**	17211,48**	10,45*	209,50**
Tratamento	14	231,27**	65016,98**	14,08**	151,41**
Blocos	3	13,08*	2280,42 <sup>ns</sup>	4,63 <sup>ns</sup>	58,43 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	3,99	4158,55	2,38	24,41
C.V. (%)		7,97	21,51	13,17	19,30

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de *F*.

\* - Significância a 5% de probabilidade, pelo teste de *F*.

ns - Não significativo.



TABELA 16 Efeito da aplicação de Silifétil em solo tipo Latossolo Vermelho Distroférico sobre o número de folhas comerciáveis, massa fresca comercial, matéria seca da parte aérea, perda de massa. Lavras, MG, UFLA, 2004. <sup>(1)</sup>

Tratamentos	Cultivares		
	Raider	Regina	Vera
<b>Número de folhas comerciáveis</b>			
Silifétil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	21,8	35,0	16,9
Silifétil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	22,9	37,0	17,3
Silifétil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	22,7	33,2	17,8
Silifétil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	22,4	36,3	18,2
Média	22,4 b	35,4 a	17,5 c
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	22,4 b	33,8 a	18,8 c
<b>Massa fresca comercial (g)</b>			
Silifétil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	453,1	249,8	174,2
Silifétil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	434,3	261,7	177,6
Silifétil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	437,6	216,9	198,6
Silifétil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	539,4	248,5	202,9
Média	466,1 a	244,2 b	188,3 b
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	475,4 a	207,7 b	203,2 b
<b>Massa seca da parte aérea (g)</b>			
Silifétil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	13,4	12,2	9,2
Silifétil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	13,1	12,3	9,1
Silifétil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	14,4	10,5	10,0
Silifétil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	14,5	12,4	9,5
Média	13,9 a	11,9 b	9,4 c
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	13,55 a	10,7 b	10,8 b
<b>Perda de Massa (%)</b>			
Silifétil 0 mg.dm <sup>-3</sup>	32,6	20,4	21,2
Silifétil 500 mg.dm <sup>-3</sup>	35,3	18,4	23,7
Silifétil 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	33,3	21,8	22,6
Silifétil 2000 mg.dm <sup>-3</sup>	34,2	23,0	21,8
Média	33,9 a	20,9 b	22,3 b
CaCO <sub>3</sub> 1000 mg.dm <sup>-3</sup>	33,3 a	19,5 b	22,7 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

### 3.2 Número de folhas comerciáveis (NFC)

Para a característica número de folhas comerciáveis, verificou-se efeito significativo apenas para cultivares. A adubação com Silifertil® não alterou a produção de folhas (Tabela 16), provavelmente em função das características de cada cultivar, uma vez que são de grupos diferentes.

Segundo Korndorfer et al. (1999), o efeito do silício é mais expressivo sobre o controle de doenças, pragas, resistência a estresse hídrico, aumento da resistência mecânica das células e aumento da capacidade fotossintética e nem sempre seu efeito benéfico está diretamente ligado à produtividade.

### 3.3 Massa seca da parte aérea (MSPA)

Observou-se diferença significativa apenas entre cultivares para a característica massa seca da parte aérea (Tabela 16).

Em condições de campo, Mengelle (1999) também não verificou efeito das doses de silicato de cálcio sobre a massa seca da parte aérea do tomateiro cultivar Débora Plus. Resultados semelhantes foram verificados por Lana et al., (2002), em que os teores de silício nas raízes, caule e folhas de tomateiro cultivar Débora Plus, não diferiram estatisticamente com as doses crescentes de silicato de cálcio. O autor atribuiu esta resposta ao fato do tomateiro ter se comportado como planta não acumuladora de silício em seus tecidos.

Apesar de ter sido observado aumento de 1.093 a 1.254 t.ha<sup>-1</sup> no rendimento de matéria seca pela adição de doses crescentes de calcário de até 3 t.ha<sup>-1</sup>, este efeito na absorção de nutrientes não foi significativo (Nicolaud et al., 1990). A ausência de resposta à calagem os autores atribuíram ao baixo teor de alumínio trocável do solo e pelo adequado nível de cálcio e magnésio trocáveis no solo na ausência da calagem, contrariando os dados obtidos por Hemphill e

Jackson (1982) que obtiveram efeito da calagem sobre o rendimento da alface. Este efeito foi justificado, em parte, pelo aumento da disponibilidade de fósforo com a elevação do pH.

### **3.4 Perda de massa**

A análise de variância revelou efeito significativo apenas entre cultivares (Tabela 15), para a característica perda de massa, enquanto a adubação com Silifertil<sup>®</sup> não alterou a produção e rendimento das cultivares de alface.

A cultivar Raider apresentou maior perda de massa em relação as cultivares Regina e Vera (Tabela 16). Provavelmente a maior perda de massa da cultivar Raider está relacionada com a sua maior produção (massa fresca comercial).

### **3.5 Teor de macronutrientes na parte comercial**

#### **3.5.1 Nitrogênio, fósforo e potássio**

Observou-se diferença significativa para as cultivares de alface nos teores de nitrogênio e fósforo (Tabela 17).

TABELA 17 Resumo da análise de variância para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		N	P	K
Cultivar (Cv.)	2	4,3100**	0,0155**	0,496 <sup>ns</sup>
Silício (Si)	3	0,0204 <sup>ns</sup>	0,0016 <sup>ns</sup>	0,371 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	0,0512 <sup>ns</sup>	0,0037 <sup>ns</sup>	0,888*
Fatorial x trat. Adicional	1	0,0057 <sup>ns</sup>	0,0040 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	0,8165 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	0,488 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	0,7591**	0,0046 <sup>ns</sup>	0,601*
Bloco	3	0,4403**	0,0078 <sup>ns</sup>	1,478**
Resíduo	42	0,0498	0,0029	0,299
C.V. (%)		6,89	11,78	8,40

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

\* - Significância a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

ns - Não significativo.

Quando aplicou-se Silifertil®, as cultivares Regina e Vera acumularam mais nitrogênio e fósforo que a cultivar Raider (Tabela 18). Diferentemente do que foi observado por Lopes et al., (2003) que não verificaram diferença estatística entre as cultivares de alface para os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e manganês.

TABELA 18 Teor de nitrogênio e fósforo na massa seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em vasos. Lavras, MG, UFLA, 2004.<sup>(1)</sup>

Cultivares	Médias	
	Nitrogênio	Fósforo
		dag.kg <sup>-1</sup>
Raider	2,64 b	0,47 ab
Regina	3,48 a	0,49 a
Vera	3,59 a	0,43 b
C.V.	6,89%	6,89%

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

Quanto ao potássio houve interação entre os fatores cultivares x Silifertil® (Tabela 19). Além do potássio, Ma e Takahashi (1990) afirmam que o

silício também pode interagir com o nitrogênio e fósforo, o que não foi observado neste trabalho.

Apenas a cultivar Regina respondeu à aplicação de Silifertil® (Figura 6). A resposta da cultivar Regina à aplicação de Silifertil® foi explicada pela função polinomial inversa, com ponto de mínima em 944,3 t.ha<sup>-1</sup> com 6,0% de potássio (Figura 6). Possivelmente, há um indicativo de exigência nutricional ou capacidade de acúmulo de nutriente desta cultivar.

TABELA 19 Porcentagem de potássio na matéria seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em Latossolo Vermelho Distroférrico adubado com Silifertil®. Lavras, MG, UFLA, 2004.<sup>(1)</sup>

Tratamentos	Cultivares			
	Raider	Regina	Vera	Média
Silifertil 0 t.ha <sup>-1</sup>	6,57 Aab	7,15 Aab	6,21 Ab	6,64 A
Silifertil 1t.ha <sup>-1</sup>	6,37 Aa	6,06 Ca	6,34 Aa	6,25 A
Silifertil 2t/há <sup>-1</sup>	6,87 Aa	6,14 BCa	6,60 Aa	6,54 A
Silifertil 4t/há <sup>-1</sup>	6,37 Ab	7,33 Aa	6,14 Ab	6,61 A
Média	6,54 a	6,67 a	6,32 a	-
C.V. 8,40%				

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

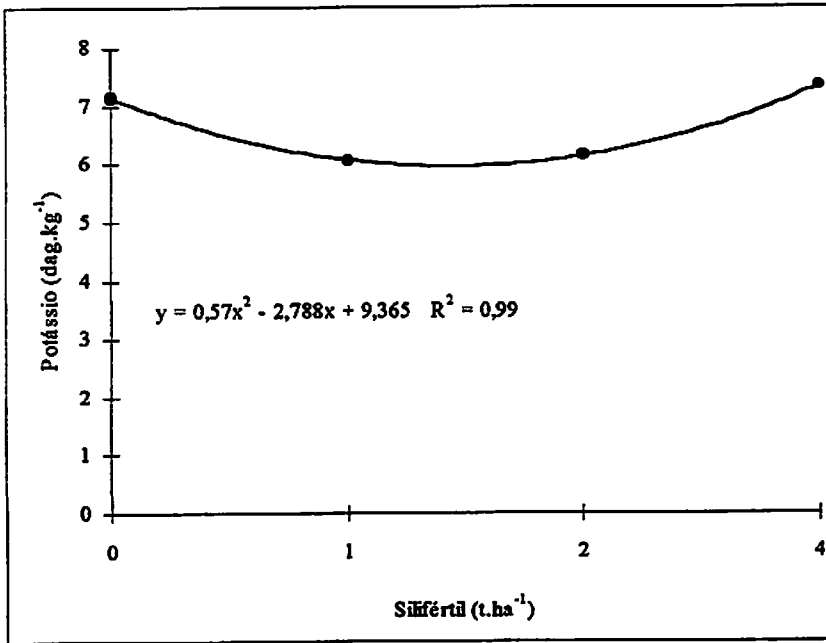


FIGURA 6 Teor de potássio na massa seca da parte aérea da alface cv. 'Regina' cultivada em Latossolo Vermelho Distroférico adubado com Silifertil®. Lavras, MG, UFLA, 2004.

As concentrações de potássio presentes nos tecidos foliares, de 6,06 a 7,33 dag.kg<sup>-1</sup>, estão adequadas, segundo a classificação de Malavolta (1992), que é de 4,50 a 5,50 dag.kg<sup>-1</sup> para a cultura da alface.

### 3.5.2 Magnésio, cálcio e enxofre

Observou-se diferença significativa para as cultivares de alface nos teores de magnésio, cálcio e enxofre (Tabela 20).

TABELA 20 Resumo da análise de variância para magnésio (Mg), cálcio (Ca) e enxofre (S). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		Mg	Ca	S
Bloco	3	0,0020**	0,0116 <sup>ns</sup>	0,0070 <sup>ns</sup>
Cultivar (Cv.)	2	0,0124**	0,9623**	0,0255**
Silifétil (Si)	3	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0030 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>
Interação Cv. X Si	6	0,0004 <sup>ns</sup>	0,0038 <sup>ns</sup>	0,0012 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0040 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	0,0041**	0,2683**	0,0063**
Tratamento	14	0,0027**	0,1784**	0,0052**
Resíduo	42	0,0003	0,0048	0,0007
C.V. (%)		36,97	8,62	8,20

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de *F*.

ns - Não significativo.

Quando aplicou-se Silifétil<sup>®</sup>, a cultivar Regina acumulou mais magnésio quando comparada com as cultivares Vera e Raider (Tabela 21). Ao aplicar-se calcário, a cultivar Regina acumulou mais magnésio, quando comparada com as cultivares Vera e Raider, que não diferiram estatisticamente entre si.

Para a concentração de cálcio, houve diferença para o fator cultivar, tanto nas plantas adubadas com Silifétil<sup>®</sup>, quanto naquelas adubadas com calcário (Tabela 21). Quando aplicou-se Silifétil<sup>®</sup>, as cultivares Regina e Vera acumularam mais cálcio que a cultivar Raider (Tabela 21). Quando aplicou-se calcário, a cultivar Vera acumulou mais cálcio, que a Regina e esta em relação à cultivar Raider.

Ao avaliar escória de siderurgia e de calcários como corretivos de acidez do solo no cultivo da alface, Prado et al. (2002) concluíram que, na parte aérea desta cultura, os teores de cálcio, magnésio e cobre aumentam e os teores de manganês e zinco não se alteram com a aplicação dos corretivos.

Para o nutriente enxofre foi observado que, ao aplicar-se Silifétil a cultivar Vera destacou-se com maior acúmulo de enxofre que a cultivar Regina e esta superior a Raider. Ao aplicar-se calcário, a cultivar Vera acumulou mais enxofre que as demais cultivares.

TABELA 21 Teores de magnésio, cálcio e enxofre na matéria seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em campo adubados com Silifétil e calcário. Lavras, MG, UFLA, 2004.<sup>(1)</sup>

Cultivares	Magnésio		Cálcio		Enxofre	
	Silifétil	Calcário	Silifétil	Calcário	Silifétil	Calcário
	mg.kg <sup>-1</sup>					
Raider	0,0244 c	0,022 b	0,515 b	0,529 c	0,281 c	0,303 b
Regina	0,0793 a	0,086 a	0,934 a	0,901 b	0,314 b	0,288 b
Vera	0,0438 b	0,049 b	0,946 a	1,027 a	0,361 a	0,363 a
C.V.	8,40%		8,62%		8,62%	

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

### 3.6 Teor de micronutrientes na parte aérea comercial

#### 3.6.1 Manganês e ferro

Verificou-se diferença significativa para o fator cultivar nas concentrações de manganês e ferro (Tabelas 22).

Com aplicação de calcário, a cultivar Regina destacou-se com maior acúmulo de manganês e ferro (Tabela 23). Aplicações de silicato de cálcio e carbonato de cálcio geralmente diminuem a concentração de manganês e ferro em várias espécies de plantas (Clements et al., 1967).



TABELA 22 Resumo da análise de variância para manganês (Mn) e ferro (Fe).  
Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios	
		Mn	Fe
Cultivar (Cv.)	2	927,23**	39633,03**
Silifértil (Si)	3	77,01 <sup>ns</sup>	69,32 <sup>ns</sup>
Interação Cv. X Si	6	475,81 <sup>ns</sup>	630,26 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	401,99 <sup>ns</sup>	6006,60 <sup>ns</sup>
Entre trat. Adicionais	2	1956,19**	29637,23**
Tratamento	14	661,05**	10612,62**
Bloco	3	266,35 <sup>ns</sup>	611,11 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	255,49	2490,36
C.V. (%)		35,16	35,21

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

ns - Não significativo.

TABELA 23 Teores de manganês e ferro na massa seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em campo. Lavras, MG, UFLA, 2004.  
(1)

Cultivares	Médias	
	Manganês	Ferro
	mg.kg <sup>-1</sup>	
Raider	37,97 b	88,06 c
Regina	51,35 a	187,56 a
Vera	50,95 ab	134,58 b
C.V.	35,16%	35,21%

(1) Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

As concentrações de ferro presentes nos tecidos foliares, de 84,14 – 202,96 mg.kg<sup>-1</sup>, se enquadram na faixa de teores encontrados por Martinez et al. (1999) para a cultura da alface (50 – 200 mg.kg<sup>-1</sup>). De acordo com Weir & Cresswell (1993), as plantas sadias apresentam teores de ferro variando de 50,00 a 100 mg.kg<sup>-1</sup>.

Os teores de manganês observados neste trabalho foram de (32,12 a 59,68 mg.kg<sup>-1</sup>). Os resultados deste trabalho encontram-se próximos dos limites considerados normais para a cultura, os quais de acordo com Weir & Creswell (1993) situam-se entre 50 e 300 mg.kg<sup>-1</sup>.

### 3.6.2 Boro, zinco e cobre

O teor de boro não diferiu significativamente entre os tratamentos aplicados (Tabela 24). Resultados semelhantes foram verificados por Santos (2002), com aplicação de silicato de cálcio na cultura do cafeeiro.

A cultivar Regina pode ter acumulado mais manganês e ferro, provavelmente devido a sua capacidade de absorver mais este nutriente que as demais cultivares.

Os teores de boro encontrados neste trabalho foram superiores aos observados por Alvarenga (1999) que, para a cultivar Raider constatou teores de boro de 26,69 a 29,22 mg.kg<sup>-1</sup>.

A concentração de zinco não diferiu para a interação cultivar x doses de Silifertil, mas, para o fator doses de Silifertil, houve diferença significativa (Tabela 24), porém, a regressão dos dados não ajustou-se. No entanto, Santos (2002) observou que os teores de zinco não diferiram com o aumento das doses de silicato de cálcio em cafeeiro.

TABELA 24 Resumo da análise de variância para boro (B), zinco (Zn) e cobre (Cu). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		B	Zn	Cu
Cultivar (Cv.)	2	33,45 <sup>ns</sup>	271,45 <sup>ns</sup>	3282,75 <sup>**</sup>
Silifêtil (Si)	3	3,20 <sup>ns</sup>	380,37 <sup>*</sup>	145,48 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	21,34 <sup>ns</sup>	151,17 <sup>ns</sup>	57,79 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	21,16 <sup>ns</sup>	59,88 <sup>ns</sup>	117,13 <sup>ns</sup>
Entre trat. adicionais	2	40,20 <sup>ns</sup>	833,82 <sup>**</sup>	1226,98 <sup>**</sup>
Tratamento	14	21,86 <sup>ns</sup>	308,46 <sup>*</sup>	708,55 <sup>**</sup>
Bloco	3	56,14 <sup>ns</sup>	317,98 <sup>ns</sup>	454,27 <sup>**</sup>
Resíduo	42	25,38	127,55	88,35
C.V. (%)		1,24	16,14	34,33

\*\* - Significância a 1% de probabilidade, pelo teste de *F*.

\* - Significância a 5% de probabilidade, pelo teste de *F*.

ns - Não significativo.

Houve diferença para o fator cultivar nas plantas adubadas com calcário, assim, verificou-se que a cultivar Regina acumulou mais zinco, porém não diferiu da cultivar Raider e esta não diferiu da cultivar Vera (Tabela 25).

A resposta positiva da alfaca à aplicação dos corretivos, especialmente dos calcários, está relacionada à neutralização da acidez do solo e ao fornecimento de nutrientes como cálcio e magnésio, uma vez que são conhecidos os efeitos positivos especialmente do cálcio, no crescimento radicular, favorecendo a absorção e acúmulo de nutrientes (cálcio, magnésio, zinco e cobre) (Prado et al., 2002).

Os valores de zinco encontrados nos tecidos foliares, de 63,08 – 88,35 mg.kg<sup>-1</sup>, se enquadram na faixa de concentração encontrada por Martinez et al. (1999), de 25 a 250 mg.kg<sup>-1</sup> para a cultura da alfaca. Estes valores foram superiores aos observados por Alvarenga (1999), Furtado (2001) e Resende (2004), que obtiveram teores médios de zinco de 44,65; 68,39 e 56,27 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

A concentração de cobre não diferiu significativamente entre as doses de Silifêtil (Tabela 24). Por outro lado, trabalho realizado com a cultura do

cafeeiro mostra que a concentração de cobre pode ser influenciada pela aplicação de silicato de cálcio (Santos, 2002).

No entanto, verificou-se diferença na concentração de cobre entre as cultivares, com a aplicação Silifétil e calcário (Tabela 25).

Com a aplicação de Silifétil a cultivar Regina acumulou mais cobre que as demais cultivares. Com relação a aplicação de calcário, a cultivar Vera acumulou mais cobre, que as demais cultivares. Não foi encontrado na literatura justificativa para estas respostas, o que se pode afirmar é que essas cultivares foram mais capazes de absorver o cobre nas condições em que o experimento foi conduzido.

TABELA 25 Teores de zinco e cobre em  $\text{mg.kg}^{-1}$  na matéria seca da parte aérea das três cultivares de alface cultivadas em Latossolo Vermelho Distroférico. UFLA, Lavras – MG, 2004.<sup>(1)</sup>

Cultivares	Zinco		Cobre	
	calcário	Silifétil	calcário	
	$\text{mg.kg}^{-1}$		$\text{mg.kg}^{-1}$	
Raider	65,51 ab	15,93 b	15,50 c	
Regina	83,48 a	45,73 a	25,46 b	
Vera	54,92 b	21,17 b	49,56 a	
C.V.	16,14%		36,80%	

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Os teores de cobre encontrados neste trabalho foram superiores aos obtidos por Alvarenga (1999) e por Resende (2004) com a cultivar Raider, que constatarem teores médios de cobre de 8,40 e 7,69  $\text{mg.kg}^{-1}$ , respectivamente. Embora se constate uma grande variação nos valores encontrados, essa não assume importância, uma vez que esses teores encontram-se dentro dos limites considerados normais para a cultura, que segundo Weir & Cresswell (1993), situa-se entre 7 e 80  $\text{mg.kg}^{-1}$ .

### 3.6.3 Silício

O teor de silício nas folhas das cultivares de alface não diferiram estatisticamente com as doses crescentes de Silifertil e calcário (Tabela 26). Este resultado, provavelmente, foi decorrente pelo das plantas não serem acumuladoras de silício, uma vez que foram encontrados baixos índices de silício em seus tecidos foliares (0,11% a 0,22%). Pode-se afirmar que a alface se enquadra como planta não acumuladora de silício, devido aos índices encontrados (Miyake & Takahashi, 1978; Voogt & Sonneveld, 2001). Discordando de alguns pesquisadores que observaram aumentos lineares e significativos nos teores de silício na cultura do arroz com aplicação de silicato de cálcio (Kordorfer et al., 1999 e Barbosa Filho et al., 2001) e braquiária (Junqueira Neto, 2000)

Possivelmente, a forma como foi aplicado o Silifertil e o calcário, via solo e o tipo de silicato utilizado, uma forma não prontamente disponível para a planta, sendo necessário o estudo de outras formas ou fontes de silício a serem usadas. Resultados positivos foram encontrados para a cultura da alface, porém em hidroponia (Voogt e Sonneveld, 2001) e aplicações via foliar (Resende et al., 2003).

TABELA 26 Resumo da análise de variância para silício (Si). Lavras, MG, UFLA, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios
Bloco	3	0,0015 <sup>ns</sup>
Cultivar (Cv.)	2	0,0003 <sup>ns</sup>
Silício (Si)	3	0,0011 <sup>ns</sup>
Interação Cv. x Si	6	0,0021 <sup>ns</sup>
Fatorial x trat. Adicional	1	0,0077 <sup>ns</sup>
Entre trat. adicionais	2	0,0020 <sup>ns</sup>
Tratamento	14	0,0020 <sup>ns</sup>
Resíduo	42	0,0013
C.V. (%)		21,09

ns - Não significativo pelo teste de F ( $p \leq 5\%$ ).

## 4 CONCLUSÕES

- A aplicação de Silifertil não aumentou a produtividade das cultivares de alface Raider, Regina e Vera.
- A aplicação de Silifertil<sup>®</sup> não aumentou o teor de silício na parte aérea da alface e não alterou os teores da maioria dos nutrientes analisados nas cultivares de alface, com exceção dos teores potássio e zinco.
- O teor de K diminuiu em função polinomial inversa, com ponto de mínima em 944,3 mg.d<sup>m</sup><sup>3</sup> de Silifertil<sup>®</sup> para a cultivar Regina e sem ajustar, estatisticamente, uma curva de regressão, o teor de Zn, semelhante ao K, diminuiu com o aumento da dosagem de Silifertil<sup>®</sup>;
- Com aplicação de Silifertil, a cultivar Regina absorveu mais N, P, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn e Cu;
- Com aplicação de calcário, a cultivar Regina absorveu mais Mg, Mn, Fe e Zn.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. R. Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar. 1999.117p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L.E; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, p. 325-330, mar/abr. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normas Climatológicas - 1961-1990. Brasília: MARA, 1992. 84 p.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A. de. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 4, n.1, p. 45-55, jan/jul. 1980.

CLEMENTS, H. F. *Proceeding international Society Sugar Cane Technic*. P.197, 1965.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de informações (SPI), 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos, SP. *Programas e Resumos...* São Carlos: UFSCar, p.235, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FURLANI, A. C. M.; FURLANI, P. R.; BATAGLIA, O. C. Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*, Campinas, v. 37, n.5, p. 33-44, abr. 1978.

FURTADO, S. C. Nitrogênio e fósforo na produção e nutrição mineral de alface americana cultivada em sucessão ao feijão após o pousio da área. 78p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GARCIA, N. C. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N.; LIMA, P. C. Absorção de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no período de verão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, p. 246-247, jul. 2000. Resumo.

IBGE. *Organização do território – vilas e cidades*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de fev. 2003.

JUNQUEIRA NETO, A. V. *Efeito do silicato de cálcio na correção do solo e produção de Brachiária decumbens*. UFU – Universidade Federal de Uberlândia. 2000. 37 p. Monografia.

KORNDÖRFER, G. H.; ARANTES, V. A.; CORRÊA, G. F.; SNYDER, G. H. efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n.3, p. 635-641, jul/set. 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*. Piracicaba, n. 70. p. 1-3, 1995.

LANA, R. M. Q.; CÉSAR, E. U. R.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tamateiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, p. 245, jul. 2002. Suplemento 2.

LANNING, F. C. nature and distribution of silica in strawberry plants. *Proceeding of American Society of Horticultural Science*, Maryland, v. 76, p. 349-358, Dec. 1960.

LOPES, M. C.; FREIER, M.; MATTE, D. J.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; CASIMIRO, E. L. N.; SEVIGNANI, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 2, p. 211-215. Jun. 2003.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. *Pant Soil*, Dordrecht, v. 126, n.1, p. 115-119, Aug. 1990.

MALAVOLTA, E. *ABC da análise de solos e folhas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124p.



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

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, de. J.G.; SOUZA, de. R. B. **Diagnose Foliar**. Cap. 17, p. 155. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais 5ª Aproximação**. RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Eds.). Viçosa, MG, 359p, 1999.

MIYAKI, Y.; TAKAHASHI, E. **Silicon deficiency of tomato plant**. . *Soil Science and Plant Nutrition*. Tokyo, v. 24, n. 2, p. 175-189. Feb. 1978.

MENGELLE, E. R. **Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro**. UFU – Universidade Federal de Uberlândia. 1999, 32 p. Monografia.

NABLE, R. O.; LANCE, R. C. M.; CARTWRIGHT, B. **Uptake of boron and silicon barley genotypes with differing susceptibilities to boron toxicity**. *Annal of Botany*, London, v.66, n.1, p.83-90, July. 1990.

PRADO. R. De. M.; COUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; VILLAR, M. L. P. **Avaliação de escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 4, p. 539-546, abr. 2002.

RESENDE, M.G. De.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; FREITAS, S. A. C. de.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J. De.; CARVALHO, J. G. de. **Adubação foliar com silício em alface americana (*Lactuca sativa L.*) em cultivo de verão**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n.2, p. 374, jul. 2003. suplemento.

RESENDE, G. M. de. **Características produtivas, qualidade pós-colheita e teor de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa L.*) sob doses de nitrogênio e molibdênio, em cultivo de verão e de inverno**. Lavras. 2004. 134p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS, D. M. Dos. **Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Creospora coffeicola Berk. & Cooke*) em mudas de Cafeeiro (*Coffea arábica L.*)**. Lavras: UFLA, 2002. 43 p. Tese de Mestrado.

**TRANI, P. E.; PASSOS, F.A.; AZEVEDO FILHO, J.A. Alface, almeirão, escarola, rúcula, e agrião d'água. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed). *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 168-169. (Boletim técnico, 100).**

**VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2 ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).**

**VOOGT, W.; SONNEVELD, C. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. In: *Silicon in Agriculture*. DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. Eds. Elsevier Science, p. 17-39, 2001.**

**WEIR, R. G.; CRESSWELL, G. C. *Plant nutrient disorders 3. vegetable crops*. Sydney, 1993. 105p.**

**YURI, J. E. *Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio e dois locais do Sul de Minas Gerais*. Lavras: UFLA, 2000. 51p. Tese de Mestrado em Fitotecnia.**