

**LILIAN MARIA DE CAMPOS SOUZA**

**AÇÃO DE SILICATO E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA EM RAÍZES DE  
MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**

**Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte  
das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia,  
para obtenção do título de *Doctor  
Scientiae*.**

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2013**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S729a  
2013

Souza, Lilian Maria de Campos, 1966-  
Ação de silicato e conservação pós-colheita em raízes de  
mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) / Lilian  
Maria de Campos Souza. – Viçosa, MG, 2013.  
ix, 90 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 79-90.

1. Batata-baroa - Conservação pós-colheita. 2. Silício.  
3. Batata-baroa - Armazenamento - Efeito da refrigeração.  
4. Batata-baroa - Fisiologia pós-colheita. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 635.226

LILIAN MARIA DE CAMPOS SOUZA

AÇÃO DE SILICATO E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA EM RAÍZES DE  
MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 24 de julho de 2013.

---

Prof. Caetano Marciano de Souza  
(Co-Orientador)

---

Prof. Vicente Wagner Dias Casali

---

Prof. Luciana Santos C. Pinto

---

Pesq. Paula Acácia Silva Ramos

---

Prof. Fernando Luiz Finger  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

À Deus, Pai de infinita misericórdia, pela oportunidade da Vida.

À minha mãe, Maria Helena (*in memoriam*), anjo de luz que acompanha meus passos e me protege...

Ao meu pai, Amilton, exemplo de dignidade e amor aos filhos.

Aos meus filhos, Marcella e Giuliano, razão da minha luta.

À Laurentino, por seu imenso amor, que alegra meus dias...

Aos familiares, minha gratidão pela compreensão e paciência pela minha ausência nesses anos de estudos de doutorado.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pelos ensinamentos, pela dedicação como pesquisador e pelo apoio aos nossos estudos.

Aos professores Caetano Marciano de Souza e Paulo Roberto Cecon, pelos ensinamentos e amizade.

À Paula Acácia, pela atenção, conhecimentos, gentileza e sorriso.

Ao Sr. Aníbal, produtor de Ouro Branco-MG, que cedeu a área, pessoal e material para a instalação do experimento.

Aos amigos do laboratório da Pós-Colheita Fitotecnia/UFV, aos técnicos do laboratório Sebastião e Geraldo, à secretaria da Pós-Graduação, a César Moreira (bibliotecário IFMG/campus Ouro Preto), aos amigos do IFMG/campus São João Evangelista e campus Bambuí e Djair Melo (IFRR).

À Luiz Roque e Simone, amigos sempre presentes, dividindo tarefas, dúvidas, alegrias e conquistas diárias.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao curso de Fitotecnia, pela acolhida e aos professores do curso, pelo conhecimento transmitido e amizade.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), pela oportunidade de cursar o Doutorado pelo convênio DINTER/UFV e à FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudo.

## BIOGRAFIA

LILIAN MARIA DE CAMPOS SOUZA, filha de Amilton Campos e Maria Helena de Campos, nasceu em Ituiutaba-MG, em 27 de julho de 1966.

Em outubro de 1987, graduou-se em Farmácia pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em Ouro Preto, Minas Gerais.

Em janeiro de 1988, foi admitida no cargo de programador de computador, na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Em junho de 1991, foi admitida como professor efetivo pela Escola Técnica Federal de Ouro Preto (ETFOP).

Em julho de 1992, completou a especialização em Informática na Educação, pelo CEFET/MG.

Em dezembro de 2000, graduou-se em Filosofia pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em Ouro Preto, Minas Gerais.

Em julho de 2001, completou a especialização em Turismo-Ambiente-Sustentabilidade pela Pontifícia Universidade Católica, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em 2001, iniciou o Mestrado em Filosofia na UFMG, submetendo-se à defesa em maio de 2004.

Em maio de 2005, graduou-se em Direito pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em Ouro Preto-MG.

Em maio de 2010, iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de tese em julho de 2013.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	viii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>6</b>
<b>Capacidade de absorção de nutrientes minerais de raízes tuberosas de duas cultivares de mandioquinha-salsa com utilização de silicato e calcário no plantio</b>	
RESUMO .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
2.1 Matéria fresca e seca .....	14
2.2 Teor de silício .....	15
2.3 Teor de magnésio .....	15
2.4 Teor de cálcio .....	15
2.5 Teor de boro .....	15
2.6 Teor de nitrogênio .....	16
2.7 Teor de fósforo .....	16
2.8 Teor de potássio .....	16
2.9 Análise estatística .....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
3.1 Matéria fresca e seca da parte aérea, coroa e raízes da planta .....	17
3.2 Análise de nutrientes .....	19
3.2.1 Silício .....	20

3.2.2 Absorção de cátions e ânions .....	24
4. CONCLUSÃO .....	33
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	
<b>Conservação pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com silicato ou calcário no plantio</b>	
<b>RESUMO .....</b>	<b>34</b>
1. INTRODUÇÃO .....	36
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
2.1 Obtenção das raízes .....	39
2.2 Armazenamento .....	40
2.3 Características avaliadas .....	41
2.3.1 Aparência comercial .....	41
2.3.2 Perda de matéria fresca .....	41
2.3.3 Teor de amido .....	42
2.3.4 Teor de açúcares solúveis totais .....	44
2.3.5 Teor de açúcares redutores e não redutores .....	45
2.4 Análise estatística .....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
3.1 Alterações físicas nas raízes de mandioquinha-salsa .....	46
3.1.1 Perda de matéria fresca .....	46
3.1.2 Aparência comercial .....	52
3.2 Alterações químicas nas raízes de mandioquinha-salsa .....	58
4. CONCLUSÃO .....	77
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79

## RESUMO

SOUZA, Lilian Maria Campos, D.Sc, Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Ação de silicato e conservação pós-colheita em raízes de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).** Orientador: Fernando Luiz Finger. Co-Orientadores: Caetano Marciano de Souza e Mário Puiatti.

Em mandioquinha-salsa, hortaliça de preço elevado ao consumidor, a manutenção da integridade física das raízes é importante na valorização dessa mercadoria. O presente trabalho teve como objetivos avaliar a capacidade de absorção de nutrientes minerais de duas cultivares de mandioquinha-salsa cultivadas com Agrosilício® ou com calcário e determinar os efeitos na conservação pós-colheita de raízes cultivadas com Agrosilício® ou calcário. Os tratamentos foram: T1- calcário dolomítico na dose de 1.000 Kg ha<sup>-1</sup> (saturação por bases a 60%); T2-Agrosilício (Harsco Minerais), na dose de 1.000 Kg ha<sup>-1</sup>; T3 - Agrosilício, na dose de 2.000 Kg ha<sup>-1</sup> (dobro da dose recomendada para calagem), incorporados uniformemente no solo. As touceiras foram arrancadas com enxadão, as raízes retiradas e conduzidas ao laboratório de pós-colheita/UFV. Pelo teor de Si absorvido pelas folhas e de acordo com a classificação proposta por Ma e Takahashi (2002), a mandioquinha-salsa pode ser considerada espécie “intermediária” na acumulação de Si. O aumento da concentração externa de Si com o tratamento T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), causou aumento da concentração do Si na parte aérea e raízes. O tratamento T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>) foi mais eficiente que T1- CaCO<sub>3</sub> dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) em aumentar a absorção de potássio na cultivar ‘Amarela de Carandaí’. Na cultivar ‘Senador Amaral’ houve maior resposta com T1- CaCO<sub>3</sub> dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) em relação à cultivar ‘Amarela de Carandaí’ em aumentar o teor de potássio. As raízes da variedade ‘Amarela

de Carandaí', cultivada com T1- calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) e com o T3 - silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) tiveram perda linear de massa fresca das raízes, quando armazenadas a 4 e 8 °C, durante 60 dias. O filme de PVC foi benéfico em manter baixa a taxa respiratória no T1 e no T3, e os açúcares acumulados durante a exposição ao frio não foram consumidos até os 60 dias de armazenamento. Nas raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), a 4 °C, houve aumento no teor de açúcares redutores em comparação à 8 °C, indicando possível efeito da baixa temperatura no acúmulo dos açúcares redutores e a sensibilidade das raízes de mandioquinha-salsa ao frio.

## ABSTRACT

SOUZA, Lilian Maria Campos, D.Sc, Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **Silicate action and postharvest conservation in arracacha roots (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-Advisers: Caetano Marciano de Souza and Mário Puiatti.

In arracacha, vegetable of high final price, keeping the physical integrity of its roots is important to value this product. The objective of this work was to evaluate the absorption capacity of mineral nutrients of two plantations of arracacha grown with Agrosilício™ or with lime (agricultural lime) and to determine the effects in the conservation postharvest of the roots grown with Agrosilício™ or lime. The treatments were: T1 – dolomitic lime in the dose of 1,000 kg ha<sup>-1</sup> (saturation for basis at 60%); T2 - Agrosilício™ (Harsco Minerais) in the dose of 1,000 kg ha<sup>-1</sup>; T3 Agrosilício™ in the dose of 2,000 kg ha<sup>-1</sup> (double the recommended dose for liming), evenly mixed to the soil. The clumps were dug out with a mattock, the roots were then removed and taken to the postharvest lab/ UFV. By the content of Si absorbed by the leaves and according to the classification proposed by Ma and Takahashi (2002), the arracacha can be considered an 'intermediate' species in the Si accumulation. The increase in the external concentration of Si with treatment T3 – calcium silicate and magnesium (2 ton ha<sup>-1</sup>) led to the increase of the concentration of Si in the aerial parts and roots. The treatment T3 – calcium silicate and magnesium (2 ton ha<sup>-1</sup>) was more efficient than T1 – dolomitic CaCO<sub>3</sub> (1 ton ha<sup>-1</sup>) at increasing the potassium absorption in the plantation 'Amarela de Caranda'. In plantation 'Senador Amaral' had better response with T1 – dolomitic CaCO<sub>3</sub> (1 ton ha<sup>-1</sup>) compared to the plantation 'Amarela de Caranda' at increasing the content of potassium. The roots of 'Amarela de Caranda' kind, grown with T1 – dolomitic lime (1 ton ha<sup>-1</sup>) and with T3 – calcium silicate and magnesium (2 ton ha<sup>-1</sup>) had linear loss of fresh mass of

the roots, when stored at 4°C and 8°C, for 60 days. PVC film was beneficial in keeping low the breathing rate of the roots in T1 and T3, and sugars accumulated during the cold exposure were not consumed up to 60 days of storage. The roots grown with T1 – dolomitic lime (1 ton ha<sup>-1</sup>), at 4°C had an increase in the content of reducing sugars in comparison with the 8°C, indicating a possible effect of the low temperature in the accumulation of reducing sugars and the sensibility of the arracacha roots to cold.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), também conhecida como batata-baroa, batata-salsa, batata-cenoura, cenoura-amarela é originária dos trópicos andinos e foi introduzida no Brasil, provavelmente, no início do século XX (ZANIN e CASALI, 1984). Devido à melhor adaptação dessa espécie a regiões de altitude elevada, de clima ameno, semelhante ao habitat original, a disseminação do cultivo ficou limitada à região centro-sul. Mais recentemente, houve expansão no Planalto Central, especialmente no Distrito Federal, entre 1.000 e 1.200m de altitude.

No Brasil, os dados de produção de mandioquinha-salsa pelos órgãos estatísticos públicos responsáveis são escassos, visto que boa parte da produção é comercializada diretamente do produtor aos varejistas ou às beneficiadoras, não passando pelas centrais de abastecimento, não sendo, conseqüentemente, computada em dados oficiais. No censo agropecuário de 2006, a produção brasileira de mandioquinha-salsa foi de 43.096 toneladas/ano, sendo o sudeste a região com a maior produção, 32.270 toneladas. São Paulo foi o principal produtor do país, com 16.549 toneladas, representando 62,5% da produção de mandioquinha-salsa do país, seguido por Minas Gerais com 10.379 toneladas (IBGE, 2006).

A raiz tuberosa é utilizada na preparação de sopas, cremes, pré-cozidos, purês, e fritas fatiadas (*chips*). Essa raiz destaca-se no grupo de alimentos ricos em carboidratos, com amido considerado de fácil digestibilidade. A raiz tem alto conteúdo de cálcio, ferro, fósforo e vitaminas do complexo B (PEREIRA, 1997; LEONEL e CEREDA, 2002), e por essas características é recomendada em dietas de crianças, idosos e convalescentes.

É planta rústica, com baixa utilização de insumos agrícolas, especialmente defensivos e reduzido custo de produção (SANTOS, 1997;

CASALI e SEDIYAMA, 1997), constituindo-se em ótima alternativa para pequenos e médios produtores com emprego de mão-de-obra familiar.

As recomendações de adubação para a mandioquinha-salsa ainda hoje em uso no Brasil foram estabelecidas com base nos resultados dos primeiros trabalhos de pesquisa realizados com a espécie no estado de São Paulo, na década de 60, por Silva et al. (1962) e Silva et al. (1966). De acordo com Nogueira et al. (1984), as recomendações de adubação para essa cultura, não somente em Minas Gerais mas também no Brasil, são mais resultados da experiência dos produtores e técnicos do que de trabalhos experimentais, que são escassos. De acordo com Câmara (1997), a aplicação de cálcio e magnésio no solo pode definir o sucesso do cultivo da mandioquinha-salsa, beneficiando essa cultura, pelo fato da maioria dos solos brasileiros serem ácidos e pobres em nutrientes.

O calcário é usado na agricultura, reduzindo a acidez do solo. Na reação do carbonato de cálcio com água há liberação de  $\text{CO}_2$  e  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , sendo que 100 toneladas de calcário libera 44 toneladas de  $\text{CO}_2$  (SOUZA, 2006).

Diversos outros produtos também podem ser usados para correção da acidez, dentre eles os silicatos de cálcio e/ou magnésio (BRAGA, 1991). O Agrosilício® (silicato de cálcio e magnésio) é um resíduo siderúrgico, oriundo de escória da produção do aço inox, que é tratada e beneficiada por processo físico, para ser retirado o aço inox, tornando-se uma escória “limpa”. A empresa HARSCO Minerais é a responsável pelo processo que recupera metais em escória de aço inox utilizando um processo exclusivamente mecânico, não havendo utilização de substâncias químicas, reações químicas, nem acréscimo de qualquer tipo de material físico ou químico (SOUZA, 2006).

O Brasil produz, anualmente, três milhões de toneladas de escória siderúrgica de silicato de cálcio e magnésio, no entanto, é pouco usado na agricultura, provavelmente, pelos poucos dados experimentais obtidos, em

comparação a outros países, como no Japão, EUA, África do Sul e China (PRADO e FERNANDES, 2000; CARVALHO FILHO et al., 2007). A escória silicatada contém na sua composição silício, cálcio e magnésio, além de outros elementos em menor concentração, como fósforo, potássio, enxofre, zinco, manganês e molibdênio (PRADO et al., 2003).

O silicato de cálcio ou o silicato de cálcio e magnésio podem ser utilizados também na agricultura como fertilizante silicatado, ou seja, passível de fornecer silício para as plantas. Eles ainda contêm, além de 22,5% de  $\text{SiO}_2$ , 36% de  $\text{CaO}$  e 9% de  $\text{MgO}$ , outros nutrientes em menores proporções. A reação desse composto no solo libera ácido metasilícico, sem emissão de  $\text{CO}_2$  atmosférico (SOUZA, 2006).

São muitos os estudos revelando os impactos das alterações climáticas desencadeadas pelo “efeito estufa” sobre espécies animais e vegetais. As mudanças são necessárias e urgentes na direção da mitigação (redução das emissões de gases-estufa) e adaptação (ações que reduzam os impactos inevitáveis causados pelas mudanças climáticas).

O relatório publicado pelo CETESB (2011) traz o levantamento de 1990 a 2008 do consumo de calcário na agricultura do Estado de São Paulo, e as estimativas das emissões antrópicas de gases de efeito estufa pela aplicação do calcário no solo. Somente no ano de 2008 o consumo de calcário foi de 3.322 Ggcalcário/ano (1 Gg de calcário equivale a 1.000 toneladas de  $\text{CaCO}_3$ ) e a emissão de  $\text{CO}_2$  atmosférico foi 1.462 Gg $\text{CO}_2$ /ano (1 Gg de  $\text{CO}_2$  equivale a 1.000 toneladas de  $\text{CO}_2$ ), sendo esses os valores médios para os anos anteriores. A tecnologia baseada no uso do silício é limpa e sustentável, com potencial para diminuir o uso de agrotóxicos e aumentar a produtividade por meio de uma nutrição mais equilibrada e fisiologicamente mais eficiente (LIMA FILHO, 2013).

Quanto à comercialização das raízes de mandioquinha-salsa, a conservação pós-colheita é um fator importante, porque está limitada ao máximo de seis dias em temperatura ambiente (THOMPSON, 1980; AVELAR

FILHO, 1989; SCALON et al., 1998). Algumas alternativas podem prolongar o período de conservação das raízes de mandioquinha-salsa, entre elas, cuidados na colheita, no manuseio, uso de refrigeração juntamente com embalagens, como as de filmes plásticos (THOMPSON, 1980; CÂMARA, 1984; CASALI et al., 1988), além do processamento industrial imediato das raízes.

As principais causas de deterioração das raízes são mudanças bioquímicas relacionadas com o metabolismo respiratório, alterações da composição química, danos mecânicos, condições inadequadas de armazenamento e infecções por microrganismos (CÂMARA, 1984; YUPANQUI, 1998).

Após a colheita das raízes ocorrem podridões secas e podridões moles, sendo essas últimas as mais importantes. O principal agente apodrecedor é a bactéria *Erwinia carotovora*, que causa grandes perdas quando as raízes são colhidas em solos molhados, no período de verão e/ou no sistema de manuseio adotado no Brasil, com lavagem das raízes e secagem deficiente. Também afeta a ocorrência da doença o uso de caixas de madeira para acondicionar e transportar as raízes e a exposição do produto a temperaturas acima de 20°C (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008).

A refrigeração é o procedimento mais simples para diminuir o metabolismo do produto e é uma alternativa no aumento do tempo de conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa (MENOLLI, 2006), mas exige certos cuidados quanto à escolha da temperatura de armazenamento, por ser espécie subtropical, a planta pode ser sensível à injúria por frio.

O filme de PVC utilizado em raízes de mandioquinha-salsa armazenadas a 5 e 10 °C por 60 dias, reduziu a perda de matéria fresca, manteve o teor relativo de água e minimizou a degradação do amido (RIBEIRO et al., 2007).

A mandioquinha-salsa é hortaliça de preço elevado ao consumidor e a manutenção da integridade física das raízes é importante para a valorização

dessa mercadoria. O presente trabalho teve como objetivos avaliar a capacidade de absorção de nutrientes minerais de duas cultivares de mandioquinha-salsa cultivadas com Agrosilício® e calcário, e também determinar os efeitos na conservação pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com Agrosilício® e calcário.

## CAPÍTULO 1

SOUZA, Lilian Maria Campos. D.Sc. **Capacidade de absorção de nutrientes minerais de raízes tuberosas de duas cultivares de mandioquinha-salsa com utilização de silicato e calcário no plantio.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Co-Orientador: Caetano Marciano de Souza.

### RESUMO

A mandioquinha-salsa é planta rústica e pode ser cultivada com baixo uso de insumos agrícolas. A aplicação de calcário e adubo beneficia a cultura pelo fato de a maioria dos solos brasileiros serem ácidos e pobres em nutrientes. O silicato de cálcio e magnésio pode ser utilizado na agricultura como corretivo de solo. Para avaliar a capacidade de absorção de nutrientes minerais de duas variedades de mandioquinha-salsa, realizou-se um experimento, em Ouro Branco-MG, de março a dezembro/2011, com as variedades 'Senador Amaral' (Embrapa Hortaliças) e 'Amarela de Carandaí' (produção local). Os tratamentos foram: T1- calcário dolomítico na dose de 1.000 Kg ha<sup>-1</sup> (saturação por bases a 60%); T2-Agrosilício (Harsco Minerais), na dose de 1.000 Kg ha<sup>-1</sup>; T3 - Agrosilício, na dose de 2.000 Kg ha<sup>-1</sup> (dobro da dose recomendada para correção de acidez do solo), incorporados uniformemente no solo. As touceiras foram arrancadas com enxadão, as raízes retiradas e conduzidas ao laboratório de pós-colheita/UFV. As raízes foram lavadas manualmente e as plantas foram separadas em parte aérea (folhas), coroa e raízes. Os materiais foram pesados e colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C para secagem, por 72 horas. Na análise laboratorial da matéria seca de raízes, não houve interação significativa entre as cultivares e os tratamentos realizados para o cálcio. O cálcio é transportado unidirecionalmente no xilema, das raízes para a parte aérea, e o possível acúmulo desse nutriente por excesso de absorção dar-se-ia na

parte aérea, e não na raiz. Quanto ao magnésio, houve diferença significativa na cultivar 'Amarela de Carandaí' / T2 - Agrosilício®, na dose de 1.000 Kg ha<sup>-1</sup>, onde ocorreu maior absorção deste elemento. O silício teve diferença significativa no T3 - Agrosilício®, na dose de 2.000 Kg ha<sup>-1</sup>, para folhas e raízes. A mandioquinha-salsa é considerada espécie "intermediária" na acumulação de silício, mas ocorreu aumento da concentração de silício tanto na parte aérea como nas raízes no T3- Agrosilício®, na dose de 2.000 Kg ha<sup>-1</sup>, o que pode ser benéfico na conservação pós-colheita. Concluiu-se que, no aspecto econômico, deve-se analisar o custo-benefício para a utilização de silicato de cálcio. Há vantagens agrônômica e ambiental na utilização de silicatos comparativamente a carbonatos.

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo da mandioquinha-salsa restringe-se a poucas cultivares, com características semelhantes. A uniformidade genética decorre, provavelmente, do reduzido número de cultivares introduzidas no Brasil e do fato de a cultura ser reproduzida por via vegetativa (SEDYAMA et al., 2009). A propagação sexuada é absolutamente inviável, pelos baixos índices de germinação e vigor da planta de primeira geração e pela desuniformidade da população oriunda de sementes (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008). A planta raramente atinge a fase reprodutiva e a colheita é realizada antes do florescimento, ao final do estágio vegetativo (HERMANN, 1997).

A cultivar ‘Amarela’, conhecida como ‘Amarela Comum’ e ‘Amarela de Carandaí’ vem sendo cultivada desde sua introdução no Brasil, no início do século XX e é o material tradicionalmente cultivado e consumido. A autopolinização de diferentes populações resultou em progênies com ampla variação de coloração de raízes, desde branco até amarelo intenso, demonstrando ser altamente heterozigoto (HERMANN, 1997). As raízes tuberosas possuem formato cônico-cilíndrico, e coloração amarela intensa, com sabor e odor característico, características muito apreciadas pelo consumidor brasileiro.

Diante da necessidade dos pequenos e médios produtores de aumentar a produtividade das lavouras, a Embrapa lançou, em 1998, nova cultivar de mandioquinha-salsa, a ‘Senador Amaral’, desenvolvida mediante a seleção de clones originários de sementes botânicas, coletadas no sul de Minas Gerais, oriundas de material tradicionalmente cultivado. Essa cultivar foi avaliada desde 1993 pela Embrapa Hortaliças, por produtores rurais e pelas instituições de Pesquisa e de Extensão Rural de diversos Estados brasileiros, com produção acima de 25 t/ha, considerada superior à da tradicional ‘Amarela Comum’, inclusive com maior proporção de raízes comerciais (CNPQ-EMBRAPA, 2003). As raízes possuem coloração amarela

intensa, formato retilíneo com ponta oblonga, e tamanho variando de 15 cm a 20 cm.

A correção de acidez do solo é realizada principalmente para fornecer cálcio, pois o teor desse nutriente no solo está relacionado positivamente à produtividade e à qualidade das raízes. A alteração da acidez corrige a elevada acidez dos solos, eliminando os efeitos nocivos do alumínio trocável. Visa também fornecer nutrientes, especialmente cálcio, magnésio e micronutrientes, além de deixar o pH do solo na faixa favorável à maior disponibilidade dos nutrientes no solo, em especial os micronutrientes. Como efeito adicional, a correção da acidez do solo diminui a disponibilidade de elementos considerados nocivos às plantas e para o ambiente, como metais pesados (SOUZA, 2006).

Essas condições resultam em solos com elevado potencial de produção agrícola, possibilitando que a agricultura tenha elevada produtividade, qualidade e competitividade, visto que os efeitos da correção adequada do solo se refletem, além da correção da acidez em si, no estímulo à atividade microbiana, na melhoria da fixação simbiótica de nitrogênio e no aumento da disponibilidade da maioria dos nutrientes. Resulta também na preservação do teor de matéria orgânica do solo e, em alguns casos, no seu aumento (SOUZA, 2006).

O conteúdo de Si nas plantas varia de 0,1% a 10% em base seca, concentrando-se nos tecidos-suporte do caule e das folhas. Extensa pesquisa realizada sobre as concentrações de Si de cerca de 500 espécies de plantas efetuada por Ma e Takahashi (2002), mostra que existe uma distribuição característica de acumulação de Si no reino vegetal, e as plantas podem ser classificadas como acumuladoras e não acumuladoras de Si. Em plantas acumuladoras, a absorção está ligada à respiração aeróbia, sendo representantes desse grupo de plantas o arroz, a cana-de-açúcar, o trigo, o sorgo e as gramíneas em geral. No estudo realizado por Ma e Takahashi

(2002), ficou demonstrado que não existem espécies acumuladoras de Si em dicotiledôneas.

Ainda, plantas “intermediárias”, como as cucurbitáceas (ex.: abobrinha, melão, pepino) e a soja, possuem quantidade considerável de Si, translocando livremente das raízes para a parte aérea, e mostram acumulação intermediária de Si, quando a concentração do elemento já é alta. As plantas não acumuladoras são caracterizadas por um baixo teor de Si. O morango, o tomateiro, o cafeeiro e as dicotiledôneas em geral são plantas que representam esse grupo (REIS, 2007).

Apesar do silício não ser considerado um nutriente essencial para a maioria das plantas, seu efeito benéfico é reconhecido em muitas delas e seu potencial benéfico tem sido extensivamente estudado. Seu papel nas plantas é reconhecido por diminuir os efeitos dos estresses bióticos e abióticos, sendo este mecanismo traduzido na diminuição da expressão de enzimas do estresse oxidativo. Considerando-se o aspecto nutricional da planta, o silício é o único elemento que não causa injúrias às plantas quando acumulado em excesso, devido às suas propriedades de não oxidação em pH fisiológico e à polimerização (MA et al., 2001a).

O efeito da proteção mecânica do Si nas plantas é atribuído, principalmente, à deposição/acúmulo na parede celular na forma de sílica amorfa. Seu efeito é mais expressivo sobre o controle de doenças e 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 (PEREIRA et al., 2003; REIS et al., 2008).

Em muitos casos, a aplicação de silicato tem demonstrado efeitos benéficos do ponto de vista fisiológico, para o crescimento e desenvolvimento das plantas, com o aumento de produção de diversas culturas como: cana-de-açúcar, arroz e outras gramíneas. Em todas elas, o

produto comercial está relacionado à parte aérea dessas plantas (EPSTEIN, 1994; REIS et al., 2008).

Embora não tenham sido encontrados trabalhos com Agrosilício® em culturas nas quais os produtos comerciais são as raízes tuberosas, como é o caso da mandiocinha-salsa, Prado et al. (2003) defendem que, por ser um corretivo com efeito residual prolongado, o Agrosilício® pode beneficiar culturas de ciclo longo, minimizando a queda de produção ao longo do ciclo produtivo.

As plantas assimilam macronutrientes catiônicos como potássio, magnésio e cálcio, além de micronutrientes catiônicos – cobre, ferro, manganês, cobalto, sódio e zinco (TAIZ, 2009).

A aplicação de silicato em substituição ao carbonato foi estudada em solos com diferentes texturas e mineralogias para produção de braquiarião (*Brachiaria brizantha*). Observou-se que o suprimento de silicato alterou a disponibilidade dos nutrientes para as plantas e também aumentou a produtividade dessa gramínea. Ca, Mg, B, S e Si tiveram seus teores aumentados com o aumento do suprimento de silicato. Já para os nutrientes N, P, K, Cu, Fe, Mn e Zn ocorreu o contrário (SOUZA et al., 2005).

O aumento nos teores de Ca e Mg no solo, em razão da utilização do silicato de Ca e Mg, pode apresentar efeito positivo no desenvolvimento de raízes, especialmente em relação ao Ca, uma vez que são bem conhecidos os efeitos positivos deste elemento no crescimento radicular (CAIRES et al., 2001).

Uma das principais funções do cálcio é na estrutura da planta, como integrante da parede celular, e sua falta afeta particularmente os pontos de crescimento da raiz. Os cátions divalentes, como o íon cálcio, podem formar ligações cruzadas entre as bordas paralelas que possuem grupos carboxilas negativamente carregados. As pectinas tipicamente formam géis – redes frouxas formadas por polímeros altamente hidratados. São as pectinas que constituem as geleias e gelatinas de frutos, como “gel” ou solidificada. Nos

géis pécticos, os grupos carboxila ( $\text{COO}^-$ ) carregados de cadeia de pectina vizinhas são ligados via  $\text{Ca}^{2+}$ , que forma complexo consistente com pectina. Desse modo, pode formar-se ampla rede com pontes de cálcio (TAIZ, 2009).

A função fisiológica do boro difere da dos outros micronutrientes, pois este ânion não foi identificado em qualquer composto ou enzima específica. Apesar da concordância de que é essencial às plantas, ainda não foi estabelecida uma função bioquímica para o boro, e a hipótese mais aceita é a de Gauch e Dugger Júnior (1953), para os quais a função deste elemento é a de facilitar o transporte de açúcares através das membranas.

O potássio é conhecido por reduzir a suscetibilidade a doenças, pela influência em processos bioquímicos e estruturas de tecidos. Devido à interação de fatores, tais como condições ambientais, suscetibilidade da planta às doenças, incidência das doenças e nível de outros nutrientes, os efeitos do K podem ser variáveis.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de absorção de nutrientes minerais de duas cultivares de mandioquinha-salsa cultivadas com Agrosilício® e calcário.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado com duas cultivares de mandioquinha-salsa, a 'Senador Amaral' (mudas provenientes da Embrapa Hortaliças) e a 'Amarela de Carandaí' (mudas de produção local), conduzido no município de Ouro Branco, Minas Gerais, latitude  $20^{\circ}52'06''$  sul e longitude  $43^{\circ}69'14''$  oeste, com altitude de 1.052 m, clima sub-tropical úmido, no período de março de 2011 a dezembro de 2011.

Foram realizados todos os manejos culturais recomendados à cultura até o ponto de colheita. O solo utilizado, um Latossolo Vermelho-Amarelo, com as seguintes características químicas (Tabela 1), na camada de 0 a 20 cm.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo utilizado no experimento, Ouro Branco-MG

Análise química	Características químicas
pH em água (1:2,5)	5,86
P (mg dm <sup>-3</sup> )	10,3
K (mg dm <sup>-3</sup> )	54
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,37
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,02
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,1
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,2
SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,53
CTC (cmolc dm <sup>-3</sup> )	7,73
V (%)	45,7

Análise feita antes da aplicação do produto (Laboratório de solos da UFV).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação do corretivo de acidez do solo em duas cultivares de mandioca-salsa ('Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral'): Tratamento 1 - calcário dolomítico na dose de 1 ton ha<sup>-1</sup>, visando elevar a saturação por bases a 60% (LORENZI et al., 1997); Tratamento 2 - silicato de cálcio e magnésio (Agrosilício®, Harsco Minerals), na dose de 1 ton ha<sup>-1</sup>; Tratamento 3 - silicato de cálcio e magnésio (Agrosilício®, Harsco Minerals), na dose de 2 ton ha<sup>-1</sup>, o dobro da dose recomendada para correção de acidez do solo. Cada parcela foi composta de uma fileira de 6,0 m de comprimento. Todos os corretivos de acidez (Tabela 2) foram incorporados uniformemente no solo.

Tabela 2. Caracterização do Calcário dolomítico e da Escória silicatada (Agrosilício®) utilizados no experimento

Corretivo	PRNT(%)	CaO (%)	MgO(%)	SiO <sub>2</sub>
Agrosilício®	88	36	9	22,5
Calcário	95	41	10,9	-

O preparo do solo consistiu de aração e gradagem. No plantio, também foi adicionado ao solo o superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na dose recomendada para o cultivo de mandioquinha-salsa. As mudas foram plantadas em leiras de 30 cm de altura, no espaçamento de 0,25 x 0,50 m, totalizando 240 plantas na parcela. Os tratos culturais consistiram de capinas manuais e irrigações por aspersão, sempre que necessárias.

A colheita foi realizada no mês de dezembro de 2011, aos 9 meses após o plantio. Como indicador do ponto de colheita, utilizou-se o amarelecimento e secamento natural das folhas externas das plantas associado ao ciclo cultural. As touceiras foram arrancadas com o auxílio de enxada e as raízes retiradas manualmente. Imediatamente, as plantas foram transportadas para o laboratório de pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

## 2.1 – Matéria seca

As plantas tratadas e selecionadas para análise foram lavadas manualmente, em seguida, pesou-se a parte aérea, a coroa e as raízes. O material pesado foi colocado em estufa de circulação com ar forçado a 65 °C para secagem, até atingirem peso constante.

Posteriormente, mediante a relação entre a matéria seca e úmida (tomada no dia zero), foi obtido o teor de matéria seca, expresso em percentagem.

## **2.2 – Teor de Silício**

Foi utilizado o procedimento de análise e determinação de silício no tecido vegetal descrito por Elliott et al. (1991) e adaptado por Korndörfer et al. (2004). O processo de extração de silício na planta foi feito através da oxidação da matéria orgânica, isto é, eliminação do carbono do tecido vegetal com água oxigenada (digestão). O hidróxido de sódio adicionado à solução digestora tem a finalidade de melhorar a eficiência do oxidante ( $H_2O_2$ ) e aumentar o pH da solução visando manter o silício do tecido vegetal em solução.

## **2.3 – Teor de Magnésio**

A preparação do extrato foi feita por digestão nitroperclórica (MALAVOLTA, 1997) e a determinação do teor de magnésio efetuada através do método espectrofotométrico por absorção atômica.

## **2.4 – Teor de Cálcio**

A preparação do extrato foi feita por digestão nitroperclórica (MALAVOLTA, 1997), sendo necessária a adição de estrôncio para prevenir interferências ocasionadas pela presença de fosfatos e de alumínio, como formação de compostos termicamente estáveis. A determinação do teor de cálcio foi realizada através do método espectrofotométrico por absorção atômica.

## **2.5 – Teor de Boro**

A preparação do extrato foi feita por digestão por via seca (incineração em mufla). Procedeu-se à determinação do boro através do método de colorimetria da azometina H.

## **2.6 – Teor de Nitrogênio**

A preparação do extrato foi feita por digestão sulfúrica, transformando o nitrogênio para a forma de sulfato de amônio:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , e o extrato obtido foi utilizado na determinação do teor de nitrogênio total. Procedeu-se à determinação do teor de nitrogênio total pelo método Kjeldahl.

## **2.7 – Teor de Fósforo**

A preparação do extrato foi feita por digestão nitroperclórica (MALAVOLTA, 1997). Procedeu-se à determinação do fósforo através do método de colorimetria do azul de molibdênio (fósforo solúvel em ácido acético) utilizando meio redutor – ácido ascórbico (vitamina C).

## **2.8 – Teor de Potássio**

A preparação do extrato foi feita por digestão nitroperclórica (MALAVOLTA, 1997). Procedeu-se à determinação do potássio através do método de fotometria de chama de emissão.

## **2.9 – Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. A significância dos modelos foi testada pelo teste-F e seus coeficientes de regressão pelo teste t. O coeficiente de determinação e o potencial do modelo para explicar o fenômeno biológico, também foram considerados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Matéria fresca e seca da parte aérea, da coroa e das raízes

Nas características relacionadas à matéria fresca e matéria seca de parte aérea não houve efeito dos tratamentos e interação cultivares x tratamento (Tabela 3).

Tabela 3. Matéria fresca (MFF) e matéria seca da parte aérea (MSF) das cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral'

Tratamentos <sup>ns</sup> (ton ha <sup>-1</sup> )	MFF (g)		MSF(g)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	461,70	309,10	88,20	66,50
T2- silicato de Ca e Mg (1)	572,00	304,66	89,73	56,53
T3- silicato de Ca e Mg (2)	332,66	315,26	57,73	51,93

<sup>ns</sup> não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Madeira et al. (2002) encontraram correlação de baixa magnitude entre altura de plantas e produção comercial, demonstrando que parte aérea não é característica confiável para seleção de clones produtivos da mandioquinha-salsa.

Sediyama et al. (2009), avaliando nove clones de mandioquinha-salsa em função da aplicação de Agrosilício®, observaram que houve interação significativa na matéria fresca de parte aérea de quatro clones analisados. 'Senador Amaral', em específico, não houve resposta à utilização do Agrosilício®. No presente trabalho ocorreu resultado semelhante na cultivar 'Senador Amaral'.

Na produção de coroa (Tabela 4), houve variação significativa de matéria fresca entre as cultivares somente no T1. Na cultivar 'Senador

Amaral' ocorreu menor produção de matéria fresca de coroa nos demais tratamentos, dados discordantes de Sedyama et al. (2009), que observaram que 'Senador Amaral', na presença de Agrosilício®, teve maior produção que os demais clones avaliados.

Tabela 4. Matéria fresca (MFC) e matéria seca da coroa (MSC) das cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral'

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	MFC (g)		MSC (g)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	333,83 Aa	162,53 Ab	98,30 Aa	47,60 Ab
T2- silicato de Ca e Mg (1)	245,50 Aa	214,23 Aa	61,70 Aba	56,90 Aa
T3- silicato de Ca e Mg (2)	193,63 Aa	182,86 Aa	56,73 Ba	50,63 Aa

\* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação da matéria seca de tratamento x cultivar, 'Amarela de Carandaí' apresentou variação significativa, sendo que o T3- silicato de Ca e Mg (2 ton ha<sup>-1</sup>) teve a menor produção de matéria seca.

Na característica relacionada à matéria fresca de raiz não houve efeito dos tratamentos e nem da interação cultivar x tratamento (Tabela 5). Sedyama et al. (2002) também não constataram aumento na produtividade de raízes comerciais de 9 clones de mandioquinha-salsa pela aplicação de Agrosilício®. Para Pereira et al. (2003), isso ocorreu porque o Si está mais ligado à resistência da planta a pragas, doenças e estresse hídrico, e nem sempre ao aumento da produtividade. Nesse experimento, não houve prejuízos por ataque de pragas e doenças nem por estresse hídrico.

Tabela 5. Matéria fresca (MFR) e matéria seca da raiz (MSR) das cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral'

Tratamentos <sup>ns</sup> (ton ha <sup>-1</sup> )	MFR (g)		MSR (g)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	388,06	270,36	121,33	85,73
T2- silicato de Ca e Mg (1)	317,56	335,10	93,73	94,50
T3- silicato de Ca e Mg (2)	183,96	260,83	59,23	78,03

<sup>ns</sup> não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Com relação aos valores encontrados na matéria fresca de raiz (Tabela 5), a qual constitui a parte comercializável desta hortaliça, as plantas tiveram bom desenvolvimento da parte radicular, não sendo afetadas de forma negativa pela utilização de silicato. Segundo Prado et al. (2003), o Agrosilício®, por ser um corretivo de efeito residual prolongado, pode beneficiar culturas de ciclo longo, minimizando a queda de produção ao longo do ciclo produtivo. Pulz et al. (2008) avaliando a influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica, concluíram que o silicato de Ca e Mg proporcionou os mesmos níveis de correção do solo e fornecimento desses nutrientes que o calcário dolomítico, e que a deficiência hídrica teve pouca influência na nutrição da batateira.

### 3.2. Análise de nutrientes

De modo geral, as exigências nutricionais das hortaliças obedecem a seguinte ordem decrescente: macronutrientes: K > N > Ca > Mg > P=S; e micronutrientes: Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo. Furlani et al. (1978) avaliaram 50 cultivares de hortaliças, num total de 35 espécies, no momento da colheita, efetuando comparação entre tuberosas, folhosas (agrião, alface, etc.), amarilidáceas (alho, cebola), cucurbitáceas (abobrinha, pepino, etc.),

leguminosas (ervilha, feijão-vagem), solanáceas (berinjela, jiló) e outras (morango, quiabo).

As tuberosas avaliadas por Furlani et al. (1978) (beterraba, cenoura, mandioquinha-salsa, nabo, rabanete) apresentaram a seguinte ordem de concentração média de macronutrientes na matéria seca: K, N, Ca, P, Mg e S. Em relação aos teores médios de micronutrientes e não nutrientes, as tuberosas tiveram teores mais elevados de B, Cl, Mn, Al e Na.

A mandioquinha-salsa apresenta os seguintes teores médios de nutrientes na matéria seca (Tabela 6).

Tabela 6. Médias das concentrações dos nutrientes na matéria seca, percentagem de umidade das diversas partes e das proporções entre cada parte e o peso fresco total para a mandioquinha-salsa

N	P	K	Ca	Mg	B	Água
%	%	%	%	%	PPM	%
0,90	0,330	2,27	0,11	0,08	10	76,7

(FURLANI et al., 1978).

A análise do teor de silício foi realizada no Laboratório de Fertilizantes/ICIAG/UFU, em Uberlândia-MG. A análise dos demais nutrientes foi realizada no Laboratório de Solos de Viçosa Ltda, Viçosa-MG.

### 3.2.1 Silício

Em relação à absorção de Si pela mandioquinha-salsa, na parte aérea houve interação significativa de cultivar x tratamento (Tabela 7), sendo que o T3- silicato de Ca e Mg (2 ton ha<sup>-1</sup>), tem cerca de 30% a mais de silício que os demais tratamentos, nas duas cultivares avaliadas. Oliveira et al. (2010), discutindo os mecanismos de absorção do silício pela planta, observaram que no xilema os nutrientes minerais são transportados por fluxo de massa,

sendo que a força motriz é a tensão gerada pela transpiração ou, alternativamente, a pressão de raiz durante o processo de gutação. Como a força motriz normalmente é a transpiração, os nutrientes tendem a se acumular nos órgãos que transpiram mais, como as folhas maduras, em detrimento dos brotos novos e frutos.

Quanto à absorção de Si na coroa (Tabela 7), não houve efeito da cultivar, dos tratamentos e nem da interação cultivar x tratamento no acúmulo de Si nesta parte da planta.

Tabela 7. Teor de silício de parte aérea (SILF), teor de silício da coroa (SILC) e teor de silício da raiz (SILR) das cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral'

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	SILF (%)		SILC (%)		SILR (%)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral	Amarela Carandaí	Senador Amaral	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1-CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	1,15Ba	1,18 Ba	1,10 Aa	1,22 Aa	0,63 Ba	0,83 Ba
T2- silicato de Ca e Mg (1)	1,11Bb	1,42 ABA	1,62 Aa	1,22 Aa	0,54 Bb	1,27 Aba
T3- silicato de Ca e Mg (2)	1,52Aa	1,63 Aa	1,47 Aa	1,42 Aa	1,11 Aa	1,17 Aba

\*As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Interpretando os valores maiores de Si encontrados neste experimento, no T3 (Tabela 7), o excesso de Si na solução externa foi absorvido por difusão passiva pela mandioquinha-salsa, através da raiz e transportado até a parte aérea (via xilema), tendo o processo de transpiração como força motriz. Em T1 e T2, na mesma dose que o calcário, na cultivar 'Amarela de Carandaí', não houve interação significativa com relação à absorção de Si na parte aérea, o que confirma a hipótese de que em mandioquinha-salsa, somente com o aumento de Si na solução externa é que haveria alterações significativas de concentração de Si na planta.

Quanto à concentração de Si nas raízes da cultivar 'Amarela de Carandai', não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, houve diferença significativa na absorção de Si pelas raízes no T3, acima do dobro observado no T2.

De acordo com a classificação de Ma e Takahashi (2002), a espécie "acumuladora" apresenta Si >0,5% na matéria seca de folhas e relação Si:Ca > 1,0. A espécie "intermediária" apresenta Si > 0,5% na matéria seca de folhas ou ainda Si < 0,5% na matéria seca de folhas e relação Si:Ca < 1,0. A espécie "exclusora" é aquela com Si < 0,5% na matéria seca de folhas e relação Si:Ca < 1,0.

A mandioquinha-salsa é dicotiledônea, da família *Apiaceae* que compreende também a cenoura, a salsa, o coentro, o aipo, o funcho, entre outras. A mandioquinha-salsa pode ser considerada espécie "intermediária", pelos valores encontrados de Si nas folhas (Tabela 7) e em comparação com os teores de Si encontrados em outras espécies (MA e TAKAHASHI, 2002; KORNDÖRFER, 2004; MITANI et al., 2005).

No processo de absorção do ácido monossilícico [Si(OH)<sub>4</sub>], a passagem pode ocorrer para dentro da célula da raiz por difusão passiva ou por canais de entrada de água (RAVEN, 2001). Ou ainda, o ácido monossilícico pode passar da solução externa a raiz para dentro das células da epiderme pelos espaços livres aparentes da membrana, atingindo os espaços intercelulares por simplasto.

Os estudos mais recentes comprovam a existência de transportadores e de genes responsáveis pela sua sinalização (MA et al, 2009). Estudo da cinética de absorção de Si mostra que a sua concentração no simplasto aumenta com o aumento da concentração externa, porém nessa forma de transporte pode ocorrer retenção de silício na endoderme, pela camada de suberina, ou por saturação dos transportadores de efluxo de Si (RAVEN, 2001; MITANI e MA, 2005).

No estudo realizado por Mitani et al. (2005), examinando os sistemas de absorção em arroz, pepino e tomate, que representam alta, intermediária e baixa acumulação de Si, respectivamente, os resultados sugerem que tanto o transporte mediado por transportador ou por difusão passiva de Si estão envolvidos no transporte radial de Si

Nesse experimento, as raízes de mandioquinha-salsa tratadas com T3 tiveram aumento significativo na absorção de Si nas folhas e raízes (Tabela 7). O aumento da concentração externa de silício levou a um aumento da concentração na parte aérea e também nas raízes, o que sugere a retenção de silício na endoderme, pela camada de suberina na raiz. O silicato de Ca e Mg é um corretivo de efeito residual prolongado e a mandioquinha-salsa é cultura de ciclo longo (8 a 10 meses), o que propicia a absorção de silício em maior quantidade pela planta, se o mesmo estiver disponível no solo, nesse intervalo de tempo (PRADO et al., 2003).

O excesso de silício observado nas folhas e raízes cultivadas com T3 poderiam acumular-se na membrana celular, à semelhança do observado por Tesfay et al. (2011).

Na cultivar 'Senador Amaral' houve interação significativa com os tratamentos realizados (Tabela 7), sendo que no T2 – silicato de Ca e Mg (1 ton ha<sup>-1</sup>), houve maior efeito na absorção do silício. Ao avaliar em conjunto as informações “silício na folha” e de “silício na raiz”, na comparação tratamento x cultivar, observa-se que a cultivar 'Senador Amaral' teve valores maiores do que na cultivar 'Amarela de Carandaí'.

O teor de Si também varia com a variedade, dentro da mesma espécie (MA e TAKAHASHI, 2002). Os resultados encontrados no experimento (Tabela 7) apontam para a capacidade de absorção de Si diferenciada entre cultivares de uma mesma espécie e estão de acordo com os demais estudos realizados com Si. Arsenault-Labrecque et al. (2012) demonstraram que as cultivares de soja absorvem Si diferencialmente e que esta propriedade pode ter incidência na cultivar como uma capacidade de defesa sobre doença

particular. Em teste envolvendo ferrugem da soja, os autores mostraram que uma determinada cultivar, 'Hikmop', teria absorvido até quatro vezes mais Si do que as outras cultivares e que a nutrição com Si resultou em maior capacidade em relação às outras cultivares de resistir à infecção da ferrugem da soja. A resistência da cultivar 'Hikmop' pareceu estar associada à resposta de hipersensibilidade associada a característica genética.

O mais provável é que a diferença observada entre as cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral' na absorção de Si seja característica genética da cultivar em questão. Outros trabalhos devem ser realizados para avaliar o mecanismo de transporte de Si entre cultivares da mesma espécie.

### **3.2.2 Absorção de cátions e ânions**

#### **a. Magnésio**

Com relação ao teor de Mg encontrado nas folhas (Tabela 8), houve variação significativa entre as cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral' para os tratamentos T1 e T2, em que 'Amarela de Carandaí' obteve maiores valores de absorção de Mg. Na relação cultivar x tratamento, a cultivar 'Amarela de Carandaí' absorveu menos magnésio no tratamento T3 (silicato de Ca e Mg, 2 ton ha<sup>-1</sup>), o que pode ser explicado pelo maior teor de potássio também encontrado (Tabela 13). Não houve influência dos tratamentos nas folhas da cultivar 'Senador Amaral' (Tabela 8).

Tabela 8. Teor de magnésio da parte aérea (MgF), da coroa (MgC) e da raiz (MgR) das cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral'

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	MgF (%)		MgC (%)		MgR (%)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral	Amarela Carandaí	Senador Amaral	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	0,53Aa	0,32 Ab	0,50 Aa	0,20 Ab	0,07 Ba	0,08 Aa
T2- silicato de Ca e Mg (1)	0,52Aa	0,27 Ab	0,35ABa	0,19 Aa	0,10 Aa	0,07 Ab
T3- silicato de Ca e Mg (2)	0,33Ba	0,25 Aa	0,19 Ba	0,22 Aa	0,07 Ba	0,09 Aa

\*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na análise do teor de Mg da coroa (Tabela 8) houve diferença significativa entre as cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral' no tratamento T1, em que 'Amarela de Carandaí' absorveu maior quantidade de Mg. Na relação cultivar x tratamento, a cultivar 'Amarela de Carandaí' absorveu menos magnésio na coroa no tratamento T3 (silicato de Ca e Mg, 2 ton ha<sup>-1</sup>), em relação a T1, à semelhança do que foi encontrado nas folhas, o que pode ser explicado pelo maior teor de potássio encontrado (Tabela 13). Não houve influência dos tratamentos na 'Senador Amaral'.

Quanto à absorção de magnésio pela raiz (Tabela 8), há variação significativa na relação cultivar x tratamento para 'Amarela de Carandaí' em relação ao T2 - silicato de Ca e Mg (2 ton ha<sup>-1</sup>), onde ocorreu maior absorção. A absorção de magnésio se dá na forma de Mg<sup>2+</sup> e essa taxa pode ser afetada por outros cátions, como K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mn<sup>2+</sup>, assim como em condições de baixo pH (HEENAN e CAMPBELL, 1981). Em um trabalho com mandioquinha-salsa, Furlani et al. (1978), constatou que o valor de Mg na matéria seca foi de 0,08%. Neste trabalho, a cultivar 'Amarela de Carandaí' teve valores mais altos em T2, de 0,10% (Tabela 8) o que pode ser explicado pela influência do suprimento de silicato, elevando o pH do solo para valores

mais próximos do pH ideal de absorção de Mg. No T3, devido ao aumento na dosagem do silicato, houve alteração do pH do solo.

Segundo Câmara et al. (1985), plantas de mandioquinha-salsa, sem adubação e colhidas aos 9 meses, tinham teor de Mg de cerca de 300 mg/100g na matéria seca das folhas, 110 mg/100 g das coroas e 75 mg/100 g de raízes. Neste experimento, a cultivar ‘Amarela de Carandaí’ teve variação significativa na relação cultivar x tratamento. O mesmo não foi verificado com a cultivar ‘Senador Amaral’, o que pode estar ligado à variação genotípica. Pozza et al. (2006) estudaram a eficiência nutricional de mudas de cafeeiros adubadas com Si para as variedades ‘Catuaí’, ‘Mundo Novo’ e ‘Icatu’. A adubação com silicato alterou a eficiência nutricional das variedades de cafeeiro, principalmente das variedades Icatu e Mundo Novo, e praticamente não alterou a eficiência nutricional da ‘Catuaí’.

## b. Cálcio

Quanto à absorção de cálcio pela planta, não houve interação significativa entre as cultivares e os tratamentos realizados (Tabela 9), e os valores encontrados estão de acordo com a percentagem de Ca na matéria seca de mandioquinha-salsa encontrado por Furlani et al. (1978), ou seja, de 0,11% (Tabela 6).

Tabela 9. Teor de cálcio da raiz (CaR) das cultivares ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	CaR (%) <sup>ns</sup>	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	0,09	0,12
T2- silicato de Ca e Mg (1)	0,11	0,13
T3- silicato de Ca e Mg (2)	0,14	0,13

<sup>ns</sup> não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Seria esperado que raízes de 'Amarela de Carandaí' tratadas com o T3 - silicato de Ca e Mg ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ), tivesse maior absorção de cálcio devido ao aumento da disponibilidade desse nutriente no solo. Isso porque os corretivos utilizados – calcário dolomítico e Agrosilício® têm na sua composição percentuais aproximados de CaO (Tabela 2), e que foi disponibilizado à planta. Entretanto, o cálcio é transportado unidirecionalmente no xilema, das raízes para a parte aérea, e possível acúmulo desse nutriente por excesso de absorção dar-se-ia na parte aérea, e não na raiz.

Estes dados são concordantes com Pulz et al. (2008), que avaliaram a nutrição, produtividade e a qualidade de tubérculos de batata cultivada em solo corrigido com calcário ou silicato. Comparando os teores de cálcio no solo, após a colheita da batata, verificaram que o teor de cálcio do solo aumentou em relação à análise inicial do solo, mas não houve interação significativa com o tratamento aplicado (calcário ou silicato). Também na análise de folhas de plantas de batata o teor de cálcio não foi alterado com o tratamento aplicado.

Câmara et al. (1985), observaram que raízes de mandioquinha-salsa, aos 11 meses de ciclo, tinham cerca de  $100 \text{ mg}/100\text{g}$  de Ca na matéria seca, enquanto que as folhas tinham cerca de  $1100 \text{ mg}/100\text{g}$  de matéria seca. Paiva et al. (1997) observaram aumento no teor de cálcio nas folhas de batata com o aumento do teor de cálcio na solução nutritiva, sendo que a taxa de acréscimo reduziu com o aumento da disponibilidade de cálcio na solução, sugerindo a existência de barreira à absorção de cálcio acima de certo nível. Atribuiu este efeito à endoderme nas raízes, já que é obrigatória a passagem do cálcio via simplasto. Paiva et al. (1997) também não detectaram alteração na estrutura das paredes da camada de súber e que as concentrações de cálcio diferiram pouco entre as regiões periférica e medular

dos tubérculos de batata, concluindo que a absorção de cálcio pela superfície (periderme) dos tubérculos é pouco significativa.

### c. Boro

Na análise do teor de boro na raiz de mandioquinha-salsa (Tabela 10), as cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral' apresentaram variação para o T2 - silicato de Ca e Mg (1 ton ha<sup>-1</sup>). Na cultivar em separado, a 'Senador Amaral' teve menor absorção de boro no T1. Na análise da composição química do Agrosilício®, Souza (2006) encontrou quantidades muito baixas de boro (0,022 mg g<sup>-1</sup>) e assim estes resultados não foram sequer discutidos visto que a quantidade incorporada é insuficiente para atender a demanda das plantas. Não há dados do percentual de boro no solo utilizado neste experimento com a mandioquinha-salsa.

Tabela 10. Teor de boro da raiz (BR) das cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral'

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	BR (%)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	6,63 Aa	6,13 Ba
T2- silicato de Ca e Mg (1)	6,93 Ab	9,17 Aa
T3- silicato de Ca e Mg (2)	7,27 Aa	7,90 Aa

\*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre os tratamentos, com maior absorção de boro nos T2 e T3, entretanto, não houve influência dos tratamentos na 'Amarela de Carandaí' (Tabela 10), e pode-se admitir que os resultados estejam relacionados à variação genotípica entre as cultivares.

Os valores de boro nas cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral' estão abaixo daquele encontrado por Furlani et al. (1978) (Tabela 6).

Como não foram observados sintomas visuais de deficiência em relação ao boro, pode-se concluir que os teores estão dentro daqueles requeridos pela planta. Mesquita Filho et al. (1996) ao avaliarem a resposta de parte aérea da mandioquinha-salsa à adubação com bórax, verificaram que, mesmo no tratamento testemunha não houve sintomas de deficiência de boro, embora as plantas responderam positivamente à aplicação de doses crescentes do elemento.

Os trabalhos relacionando a mandioquinha-salsa com boro aplicado são escassos, mas as recomendações para a fertilização com boro em solos brasileiros devem levar em consideração não apenas o boro disponível, mas as características de adsorção de boro no solo, uma vez que são elas que concorrem para que os requerimentos desse micronutriente variem tanto entre solos (MESQUITA FILHO, 1996). No experimento, utilizando solo Latossolo Vermelho-Amarelo, a quantidade de boro no solo foi considerada suficiente para atender a demanda requerida pela mandioquinha-salsa, diante do desenvolvimento normal das plantas avaliadas (parte aérea, coroa e raízes).

#### **d. Nitrogênio**

Não houve interação significativa entre as cultivares e os tratamentos realizados (Tabela 11), quanto à absorção de nitrogênio pela planta. Resultado semelhante foi obtido por Mesquita Filho et al. (1996a), trabalhando com adubação nitrogenada e fosfatada para produção comercializável em Latossolo Vermelho-Amarelo, procedeu à correção de acidez do solo com calcário dolomítico, e não obteve resposta de produção de raízes comercializáveis à níveis crescentes de adubação nitrogenada.

Tabela 11. Teor de nitrogênio da raiz (CaR) das cultivares ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	NR (%) <sup>ns</sup>	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	0,40	0,34
T2- silicato de Ca e Mg (1)	0,39	0,33
T3- silicato de Ca e Mg (2)	0,34	0,38

<sup>ns</sup> não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os valores de nitrogênio encontrados nas cultivares ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’ estão cerca de 50% abaixo daquele encontrado por Furlani et al. (1978) (Tabela 6). Não foram observados neste experimento os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio, caracterizados pelo amarelecimento foliar, começando pelas folhas mais velhas, e a drástica redução do crescimento. Mesquita Filho et al. (1996a) não detectaram sintomas de deficiência, mesmo no tratamento testemunha, à semelhança do presente trabalho.

#### e. Fósforo

Com relação ao teor de fósforo encontrado nas raízes do experimento (Tabela 12), a cultivar ‘Senador Amaral’ teve variação significativa para o T3, em relação à ‘Amarela de Carandaí’. Não houve interação significativa com os tratamentos realizados. Vieira et al. (1998) estudaram a resposta da mandioquinha-salsa à adubação com fósforo e a utilização de cama-de-aviário, concluindo que a produção de matéria seca de raízes comercializáveis foi independente de doses de cama-de-aviário, mas aumentou linearmente com as doses de fósforo.

Tabela 12. Teor de fósforo da raiz (PR) das cultivares ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	PR (%)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	0,18 Aa	0,19 Aa
T2- silicato de Ca e Mg (1)	0,18 Aa	0,20 Aa
T3- silicato de Ca e Mg (2)	0,18 Ab	0,23 Aa

\*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A absorção do fósforo pela mandioquinha-salsa está condicionada à disponibilidade desse nutriente no solo. A maior disponibilidade de P no solo pode ser explicada pela desorção de P promovida pela presença de Si solúvel, aumentando a sua disponibilidade (PRADO e FERNANDES, 2001), Nesse experimento, não foi observado aumento na absorção do fósforo pelas raízes de mandioquinha-salsa, não ocorrendo interferência do acréscimo de silício ao solo, no T3.

Verifica-se que os valores de fósforo encontrados nas cultivares ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’ estão abaixo do mencionado por Furlani et al. (1978) (Tabela 6), mas estão de acordo com Câmara et al. (1985), com cerca de 200mg/100g de matéria seca aos 9 meses de ciclo, sendo estes valores considerados pelos autores como de níveis excelentes, não sendo observados sintomas de deficiência, mesmo no tratamento testemunha.

#### f. Potássio

Com relação ao teor de potássio encontrado nas raízes (Tabela 13), na comparação entre as cultivares, ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’ apresentaram variação no T1 - (CaCO<sub>3</sub> dolomítico, 1 ton ha<sup>-1</sup>). Quanto à relação cultivar x tratamento, não houve influência dos tratamentos

na cultivar ‘Senador Amaral’; na cultivar ‘Amarela de Carandaí’ observou-se alteração no T1 (CaCO<sub>3</sub> dolomítico, 1 ton ha<sup>-1</sup>), com menor absorção de potássio, em relação ao T3 (silicato de Ca e Mg, 2 ton ha<sup>-1</sup>).

Tabela 13. Teor de potássio da raiz (KR) das cultivares ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	KR (%)	
	Amarela Carandaí	Senador Amaral
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	0,81 Bb	1,10 Aa
T2- silicato de Ca e Mg (1)	0,88 ABa	0,94 Aa
T3- silicato de Ca e Mg (2)	1,02 Aa	1,01 Aa

\*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de potássio encontrados nas cultivares ‘Amarela de Carandaí’ e ‘Senador Amaral’ (Tabela 13) estão abaixo do mencionado por Furlani et al. (1978) (2,27%). A deficiência de potássio resulta, usualmente, no acúmulo de compostos nitrogenados solúveis e de açúcares em plantas (VAN RAIJ, 1990) e os sintomas externos de deficiência de potássio caracterizam-se pela redução do desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular, além de descoloração das folhas mais velhas e acamamento dos pecíolos (EMBRAPA, 2008). Entretanto, não foram observados esses sinais externos de deficiência de K neste experimento.

#### 4. CONCLUSÃO

Foi observado que, pelo teor de Si absorvido pelas folhas e de acordo com a classificação proposta por Ma e Takahashi (2002), a mandioquinha-salsa, cultivares 'Amarela de Carandaí' e 'Senador Amaral', pode ser considerada espécie "intermediária" na acumulação de Si.

O aumento da concentração externa de Si promoveu o aumento da concentração do Si na parte aérea e raízes.

A aplicação de silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) foi eficiente em aumentar o teor de magnésio nas raízes da cultivar 'Senador Amaral'.

Os tratamentos não foram eficientes no aumento da absorção de cálcio e nitrogênio nas raízes de mandioquinha-salsa.

Nas raízes da cultivar 'Senador Amaral', os tratamentos com aplicação de silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) e silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) foram mais eficientes em aumentar a absorção de boro que a aplicação de carbonatos.

A cultivar 'Senador Amaral' respondeu melhor à aplicação de silicato, em relação à cultivar 'Amarela de Carandaí', na absorção de boro.

Os tratamentos não tiveram efeito na absorção de fósforo pelas raízes de mandioquinha-salsa.

A absorção de potássio na cultivar 'Amarela de Carandaí' foi maior com o uso do silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ), comparativamente ao calcário. Para a cultivar 'Senador Amarela' o calcário teve mais efeito na absorção de potássio, em relação à 'Amarela de Carandaí'.

Estes resultados permitem concluir é possível a substituição do calcário pelo silicato de cálcio e magnésio proveniente das escórias siderúrgicas, no cultivo da mandioquinha-salsa.

## CAPÍTULO 2

SOUZA, Lilian Maria Campos. D.Sc. **Conservação pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com silicato ou calcário no plantio.** Orientador: Fernando Luiz Finger; Co-Orientador: Caetano Marciano de Souza.

### RESUMO

Entre as técnicas de pós-colheita que podem ser empregadas visando preservar e estender a vida comercial da mandioquinha-salsa, destacam-se a temperatura e o uso de embalagens. Na tentativa de encontrar outras formas de aumentar o período de conservação pós-colheita desta espécie, comparou-se o uso do calcário e do silicato no cultivo de raízes de mandioquinha-salsa associado ao comportamento das raízes em condições de armazenamento refrigerado. Para tanto, realizou-se um experimento, em Ouro Branco-MG, de março a dezembro/2011, com a variedade 'Amarela de Carandaí'. Os tratamentos foram: T1- calcário dolomítico na dose de 1.000 Kg ha<sup>-1</sup>(saturação por bases a 60%); T2-Agrosilício® (Harsco Minerais), na dose de 1.000 Kg ha<sup>-1</sup>; T3 - Agrosilício®, na dose de 2.000 Kg ha<sup>-1</sup> (dobro da dose recomendada para correção de acidez do solo), incorporados uniformemente no solo. As touceiras foram arrancadas com enxadão, as raízes retiradas, lavadas no lavadouro local e conduzidas ao laboratório de pós-colheita/UFV. As raízes foram embaladas e armazenadas em câmara fria sob refrigeração, à temperatura de 4 e 8 °C, durante 60 dias. A associação do filme de PVC e a refrigeração atuaram na prevenção da perda excessiva de massa fresca. A conservação das raízes cultivadas com T1 e as raízes cultivadas com T3 mostrou-se viável para o consumo imediato após a refrigeração. O tratamento T2- silicato de cálcio e magnésio (1 ton ha<sup>-1</sup>) não foi eficiente para aumentar a conservação pós-colheita das raízes de

mandioquinha-salsa, armazenadas a 4 e 8 °C, e o experimento com T2 foi encerrado aos 15 dias de armazenamento. A absorção de cálcio pelas raízes nos 3 tratamentos não teve variação significativa e, possivelmente, o teor de silício nas raízes cultivadas com T2 não foi suficiente para acumular na periderme, formando uma barreira física eficaz contra o ataque de patógenos.

Os teores de açúcares solúveis totais na mandioquinha-salsa foram influenciados pelo tipo de corretivo utilizado. As raízes cultivadas com T1 a 4 °C, tiveram aumento no teor de açúcares redutores em comparação à temperatura de 8 °C, indicando possível efeito da baixa temperatura no acúmulo dos açúcares redutores e a sensibilidade das raízes de mandioquinha-salsa ao frio.

## 1. INTRODUÇÃO

O plantio de mandioquinha-salsa é realizado utilizando da calagem como principal fornecedor de cálcio, pois o teor desse nutriente no solo está positivamente relacionado à produtividade e à qualidade das raízes. O cálcio é capaz de reduzir a transpiração, retardar o amadurecimento e evitar a incidência de patógenos, aumentar a firmeza e reduzir as perdas de água e, conseqüentemente, prolongar a vida de armazenamento de alguns produtos hortícolas, conforme observado em Kiwi (GERASPOULOUS et al., 1996), morango (SCALON, 1996), maracujá (VIEITES e BEZERRA, 1996) e tomate (BARNABÉ et al., 2000), dentre outros.

A aplicação de silicatos de Ca e Mg também é efetuada para reduzir a acidez do solo e apresenta efeitos benéficos em várias espécies (MA, 2004) e efetivo controle de doenças em plantas (GUÉVEL et al., 2007). Muitos dos efeitos benéficos do Si são atribuídos à sua deposição nas paredes celulares em vários órgãos das plantas (MA, 2004; MA e YAMAJI, 2006) e nem sempre seu efeito benéfico está diretamente ligado à produtividade (PEREIRA et al., 2003; REIS et al., 2008).

As raízes de mandioquinha-salsa possuem vida pós-colheita reduzida, tendo durabilidade máxima de seis dias à temperatura ambiente. Mudanças bioquímicas relacionadas com o metabolismo respiratório, alterações da composição química, danos mecânicos durante a limpeza e transporte, condições inadequadas de armazenamento e infecções por microrganismos são as causas de deterioração pós-colheita (CÂMARA, 1984; YUPANQUI, 1998).

Ao contrário de outras hortaliças, como a batata, em que existem segmentos de mercado que aceitam tubérculos escovados ou sem lavar, a limpeza das raízes de mandioquinha-salsa é essencial para a sua comercialização, melhorando a aparência e ressaltando atributos de cor e forma. Porém, considera-se que o processo de lavagem acelera a

deterioração das raízes, sendo que o maior tempo de imersão das raízes em água aumenta a possibilidade de infiltração da água em raízes intactas, agravado pela ausência da secagem das raízes (HENZ et al., 1991). Também a embalagem em caixa do tipo “K” fechadas e feitas com madeira nova, propicia um ambiente de alta umidade no interior da embalagem, reduzindo a conservação em relação àquelas que não sofreram lavagem.

A infecção por patógenos pode ocorrer através da entrada de bactérias nas raízes de mandioquinha-salsa através de ferimentos provocados por insetos, nematoides, e através das lenticelas que se encontram expandidas, devido ao encharcamento do solo e à baixa aeração (HENZ et al., 1991).

Entre as técnicas de pós-colheita que podem ser empregadas visando preservar e estender a vida comercial da mandioquinha-salsa, destacam-se a temperatura e o uso de embalagens. A temperatura de armazenamento das raízes de mandioquinha-salsa afeta significativamente a incidência da podridão-mole, sendo 0% a 3 °C, 21,2% a 15°C e 94,6% a 25°C aos seis dias após a colheita (HENZ et al., 1991). A refrigeração tem sido considerada o método mais efetivo de preservação da qualidade desse produto, pois temperaturas abaixo de 10 °C diminuem a taxa respiratória, a produção de etileno, a senescência, as alterações indesejáveis, como síntese de álcoois e aldeídos, a perda de água por meio da redução do gradiente de vapor e o desenvolvimento de podridões pós-colheita (RIBEIRO, 2003).

As temperaturas mais adequadas de refrigeração estão entre 0 e 10 °C. Entretanto, em armazenamento de raízes de mandioquinha-salsa em caixas abertas, apenas com o uso da refrigeração à temperaturas abaixo de 10 °C, pode ocorrer injúria por frio (MENOLLI, 2006), ou seja, danos fisiológicos permanentes, com depressões na superfície, descolorações interna e externa, colapso dos tecidos, aumento da susceptibilidade a doenças e alterações em componentes químicos com consequente redução da qualidade do produto. Câmara (1984) observou que, nas raízes de

mandioquinha-salsa armazenadas a 5°C, em caixas abertas, houve injúria por frio e em duas semanas de armazenamento o aspecto comercial foi razoável.

A vantagem no uso da embalagem plástica associado à refrigeração na conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa foi comprovada por Avelar Filho (1989); Scalon et al. (1998) e (2002). A embalagem de filme plástico conserva a qualidade por maior período, devido à modificação da atmosfera no seu interior, com elevação do CO<sub>2</sub> e diminuição dos níveis de O<sub>2</sub>. Em consequência, há redução da taxa respiratória, da senescência, da produção e sensibilidade ao etileno, de desenvolvimento de patógenos, das reações de oxidação e dos sintomas de injúria por frio. Além disso, as embalagens atuam como barreiras ao movimento de vapor de água e podem ajudar a manter a umidade relativa elevada e o turgor da hortaliça (FINGER e VIEIRA, 1997).

Embora existam muitos filmes plásticos com permeabilidade específica a gases visando à embalagem de frutos e hortaliças e à modificação da atmosfera do ar ao redor dos produtos, o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o cloreto de polivinila (PVC) são os principais filmes usados (ZAGORY e KADER, 1988; KADER, 1990).

A refrigeração associada à embalagem de filme plástico proporciona melhores resultados, em termos de aumento da conservação, quando comparada ao uso das técnicas isoladamente. O filme de PVC atua favoravelmente na prevenção da perda de massa fresca excessiva das raízes de mandioquinha-salsa. O filme de PVC serve de barreira à permeação de vapor de água, pelo surgimento de ambiente saturado de umidade no interior da embalagem, devido ao menor movimento do vapor de água entre as raízes e a atmosfera interna da embalagem. Esse efeito, de acordo com Ben-Yehoshua (1985), Moleyar e Narasimham (1994) e Fonseca et al. (2000) diminui a transpiração das raízes; também, com o tempo, a elevação da concentração de CO<sub>2</sub> e a redução da concentração de O<sub>2</sub> do

microambiente, com o período de armazenamento, pode reduzir a respiração.

A baixa concentração de O<sub>2</sub> limita sua difusão no interior dos tecidos (TAIZ e ZEIGER, 2009) e pode retardar a atividade da citocromo-c oxidase, um das enzimas fundamentais da cadeia de elétrons (BURTON, 1974) e, deste modo, a taxa respiratória é reduzida.

O sucesso da atmosfera modificada, proporcionada pela embalagem plástica, dependerá do balanço adequado entre permeabilidade do filme aos gases CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, da respiração do produto, da temperatura de armazenamento, da cultivar, da massa e estágio de desenvolvimento do produto hortícola (HARDENBURG, 1971; MOLEYAR e NARASIMHAM, 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do calcário ou silicato no cultivo de raízes de mandioquinha-salsa associado ao comportamento das raízes em condições de armazenamento refrigerado.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Obtenção das raízes**

As raízes de mandioquinha-salsa cultivar 'Amarela de Carandaí' foram obtidas de experimento conduzido no município de Ouro Branco, Minas Gerais, latitude 20°52'06" sul e longitude 43°69'14" oeste, com altitude de 1.052m, clima sub-tropical úmido, no período de março de 2011 a dezembro de 2011. As mudas foram provenientes de produção local.

Os tratamentos foram constituídos pela aplicação do corretivo de acidez do solo: Tratamento 1 - calcário dolomítico na dose de 1 ton ha<sup>-1</sup>, visando elevar a saturação por bases a 60% (LORENZI et al., 1997); Tratamento 2 - silicato de cálcio e magnésio (Agrosilício®, Harsco Minerals),

na dose de 1 ton ha<sup>-1</sup>; Tratamento 3 - silicato de cálcio e magnésio (Agrosilício®, Harsco Minerals), na dose de 2 ton ha<sup>-1</sup>, o dobro da dose recomendada para correção de acidez do solo. Cada parcela foi composta de uma fileira de 6,0 m de comprimento. Todos os corretivos de acidez foram incorporados uniformemente no solo.

O preparo do solo consistiu de aração e gradagem. No plantio, também foi adicionado ao solo o superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na dose recomendada para o cultivo de mandioquinha-salsa. As mudas foram plantadas em leiras de 30 cm de altura, no espaçamento de 0,25 x 0,50 m, totalizando 240 plantas na parcela. Os tratos culturais consistiram de capinas manuais, adubações nitrogenadas de cobertura e irrigações por aspersão, sempre que necessárias.

As raízes foram colhidas de plantas com 9 meses após o plantio e acondicionadas em engradados plásticos. A lavagem foi feita no lavadouro pertencente ao produtor local, num sistema de limpeza mecanizado, em que as raízes foram acondicionadas em redes de panos presas pelas extremidades, e que faziam um movimento pendular, por 30 minutos, com as raízes parcialmente submersas em tanques de água. As raízes foram retiradas das redes, colocadas em engradados plásticos, enxaguadas em um tanque com água limpa, colocadas em mesas para secagem, e em seguida encaminhadas para o laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia-UFV.

## **2.2 Armazenamento**

As raízes da cultivar 'Amarela de Carandaí' foram armazenadas em câmaras frias às temperaturas de 4 e 8 °C e umidade relativa de 89±1%, para avaliação da influência da temperatura associada ao tipo de corretivo de acidez utilizado sobre a conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa. As

raízes foram colocadas em bandejas de poliestireno e envolvidas, manualmente, por filme plástico de PVC, marca FILMITTO.

## **2.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS**

### **2.3.1. Aparência comercial**

A aparência comercial foi avaliada na superfície das raízes segundo a escala de notas subjetivas adotadas por Ribeiro (2003), em função do aparecimento ou não de murcha aparente, perda de brilho, enrugamento, amolecimento e ataque por microrganismos, e o respectivo tempo em que se apresentaram sem os sintomas (comercializáveis) aplicando-se notas subjetivas como se segue: (0) excelente, (1) boa, (2) razoável, (3) má e (4) péssima. Os agentes patogênicos causadores de deterioração foram identificados no Departamento de Fitopatologia da UFV.

A análise visual foi efetuada aos 0, 15, 30, 45 e 60 dias de armazenamento, e foi quantificado o aspecto comercial das raízes da cultivar 'Amarela de Carandaí'.

### **2.3.2. Perda de matéria fresca**

Durante o armazenamento avaliou-se a perda de matéria fresca das raízes, que foram pesadas no dia da colheita e aos 15, 30, 45 e 60 dias. Estimou-se a perda de matéria fresca em relação à matéria fresca inicial das raízes, por tratamento:

$$PMF = ((MFI - MFF) \times 100) / MFI \text{ em que:}$$

PMF = perda de matéria fresca (%)

MFI = matéria fresca inicial (g)

MFF = matéria fresca final (g)

Os dados foram transformados em percentagem de perda de matéria fresca.

### **2.3.3. Teor de amido**

#### **a) Extração**

Para a extração dos açúcares, pesou-se 1 g de cada amostra de raízes de mandioquinha-salsa, transferidas ao almofariz, adicionado etanol 80% fervente, por 30 minutos, e realizada a trituração manual destas raízes. O material foi centrifugado três vezes. O volume foi completado para 50 mL com etanol 80%. O extrato alcoólico foi armazenado em geladeira em vidros vedados com parafilme para posterior quantificação do teor de açúcares solúveis totais e açúcares redutores.

Na análise de amido foi utilizado o resíduo da extração de açúcares solúveis totais (AST) após secagem por 72 h à temperatura de 65 °C mediante metodologia descrita por McCready et al. (1950). As amostras foram transferidas com espátula ao almofariz sendo submetidas à desintegração. As amostras foram pesadas em balança analítica e colocadas em tubo de ensaio com rosca, tipo "Falcon" e ressuspensa em 2,5 mL de água destilada e 3,25 mL de ácido perclórico 52%, agitado em Vortex e deixado em repouso por 30 minutos. Em seguida, foram centrifugadas a 2000g em centrífuga "Excelsa Baby I Modelo 206" por 10 minutos. Os sobrenadantes foram coletados em proveta de 25 mL. Essa operação foi realizada, até que o conteúdo não estivesse mais turvo, e o volume das provetas foi completado com água deionizada para 25 mL. O extrato foi armazenado a -20 °C em vidros vedados com parafilme até o momento da quantificação.

## b) Ensaio

Na quantificação do teor de amido, as amostras armazenadas foram retiradas e colocadas à temperatura ambiente antecipadamente. Para a confecção da curva, preparou-se soluções padrões de sacarose (20, 30, 40, e 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), e obteve-se a equação para uso posterior.

Foi realizada a diluição ( $\mu\text{L}$  do extrato bruto em tubo de 10 mL completado com água destilada) e, dessa diluição, uma alíquota de 250 $\mu\text{L}$  foi utilizada na quantificação de amido, sempre em duplicata.

Em cada réplica, pipetou-se 250  $\mu\text{L}$  da amostra diluída em tubo de ensaio e adicionou-se 250  $\mu\text{L}$  de fenol 5% e em seguida, os tubos foram agitados em vortex. Após essa primeira etapa, acrescentou-se 1,25 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e agitou-se. Posteriormente os tubos foram deixados em banho-maria por 20 minutos a temperatura de 30°C. Após o banho-maria, os tubos foram novamente agitados e fez-se leitura da absorbância em  $\lambda = 490$  nm no espectrofotômetro Shimatzu, modelo UV1601. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose nas concentrações de 10, 20, 30 e 40 e 50  $\mu\text{L mL}^{-1}$ .

O teor de amido foi obtido pelo método direto, utilizando-se a equação pré-estabelecida:

$$\text{AM (\%)} = ((L \times n \times v) / (\text{MF} \times \text{MS})) \times 100 \times 0,9 \text{ em que:}$$

AM: amido na MS da amostra (%);

L: concentração da amostra obtida pela leitura do espectrofotômetro ( $\text{g mL}^{-1}$ );

n: número de diluições caso existir;

v: volume final do extrato bruto;

MF: matéria fresca obtida pela amostra composta inicialmente e

MS: matéria seca obtida posteriormente.

#### 2.3.4. Teor de açúcares solúveis totais (AST)

Na análise de açúcares solúveis totais foi utilizado o extrato alcoólico obtido na extração de amido.

Na quantificação dos açúcares solúveis totais foi empregado o método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). Para a confecção da curva, preparou-se soluções padrões de sacarose (20, 30, 40, e 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), e obteve-se a equação para uso posterior. Para obter melhor leitura no espectrofotômetro, em testes anteriores ao ensaio, determinou-se que as amostras seriam diluídas para quantificação do açúcar total.

Em cada réplica, pipetou-se 250  $\mu\text{L}$  da amostra diluída em tubo de ensaio e adicionou-se 250  $\mu\text{L}$  de fenol 5% e em seguida, os tubos foram agitados em vortex. Após essa primeira etapa, acrescentou-se 1,25 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado e agitou-se. Posteriormente os tubos foram deixados em banho-maria por 20 minutos a temperatura de 30°C. Após o banho-maria, os tubos foram novamente agitados e fez-se leitura da absorbância em  $\lambda = 490$  nm no espectrofotômetro Shimatzu, modelo UV1601. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose nas concentrações de 10, 20, 30 e 40 e 50  $\mu\text{L mL}^{-1}$ .

O teor de açúcares solúveis totais foi obtido pelo método direto, utilizando-se a equação pré-estabelecida:

$$\text{AST (\%)} = ((L \times n \times v) / (\text{MF} \times \text{MS})) \times 100 \text{ em que:}$$

AST: açúcares solúveis totais na MS da amostra (%);

L: concentração da amostra obtida pela leitura do espectrofotômetro ( $\text{g.mL}^{-1}$ );

n: número de diluições caso existir;

v: volume final do extrato bruto (50 mL);

MF: matéria fresca obtida inicialmente pela amostra composta (1g) e

MS: matéria seca obtida posteriormente.

### **2.3.4. Teor de açúcares redutores e não redutores (AR)**

As mesmas amostras do extrato alcoólico utilizado na quantificação de açúcares solúveis totais foram também utilizadas na determinação de açúcares redutores.

Na determinação dos açúcares redutores, utilizou-se a metodologia Somogyi-Nelson (NELSON, 1944). Procederam-se as diluições prévias ( $\mu\text{L}$  do extrato alcoólico completado para 10 mL com água destilada) e deste extrato etanólico diluído, alíquotas de  $200\mu\text{L}$  foram pipetadas em microtubos de ensaio eppendorf, sempre em duplicatas. Em seguida, foram adicionados  $200\mu\text{L}$  do Reagente 4 de Nelson, agitados em vortex e incubados em água fervente por 15 minutos. Depois dos tubos resfriarem em água à temperatura ambiente, foram adicionados  $200\mu\text{L}$  do Reagente 5 de Nelson. Os tubos foram agitados e logo após foram adicionados  $600\mu\text{L}$  de água deionizada e novamente agitados. Procedeu-se a leitura a  $540\text{nm}$ , em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV1601. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose nas concentrações de 0, 10, 20, 30, 40 e  $50\mu\text{g}$ .

Os açúcares não redutores foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores (AR) do teor de açúcares solúveis totais (AST).

### **2.4. Análise estatística**

O experimento foi instalado no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o fatorial  $2 \times 3$  (1º fator - temperatura:  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 2º fator - Tratamentos: Tratamento 1 -  $\text{CaCO}_3$  dolomítico ( $1\text{ ton ha}^{-1}$ ); Tratamento 2 – silicato de Ca e Mg ( $1\text{ ton ha}^{-1}$ ); Tratamento 3 – silicato de Ca e Mg ( $2\text{ ton ha}^{-1}$ ). Nas subparcelas os períodos de armazenamento (0, 15, 30, 45 e 60 dias). O dia 0 (zero) correspondeu às amostragens feitas no dia

da implantação do experimento, no mesmo dia da colheita. A unidade experimental foi constituída por 3 raízes.

Foi realizada análise descritiva das notas atribuídas às raízes de mandioquinha-salsa, para avaliação da aparência comercial.

Os demais dados foram submetidos à análise de variância, e, quando pertinente, foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A significância dos modelos foi testada pelo teste-F e seus coeficientes de regressão pelo teste-t, de Student. O coeficiente de determinação e o potencial do modelo para explicar o fenômeno biológico também foram considerados.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1. Alterações físicas nas raízes de mandioquinha-salsa**

##### **3.1.1. Perda de matéria fresca**

A perda de matéria fresca das raízes de mandioquinha-salsa foi influenciada pela interação temperatura x tratamento x tempo de armazenamento.

Nas raízes cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio (1 ton ha<sup>-1</sup>) e armazenadas a 4 e 8 °C, houve perda de matéria fresca, respectivamente, de 0,93 e 1,38%, aos 15 dias (Figura 1), com diferença significativa na taxa de perda de matéria fresca, entre as temperaturas, com maior perda observada nas raízes mantidas à temperatura de 8 °C. A temperatura mais elevada (8 °C) pode ter contribuído para proliferação de fungos e bactérias, o que levou ao aumento do metabolismo das raízes, e

consequente utilização do amido. O experimento com T2 foi encerrado aos 15 dias, porque as raízes encontravam-se imprestáveis ao consumo.

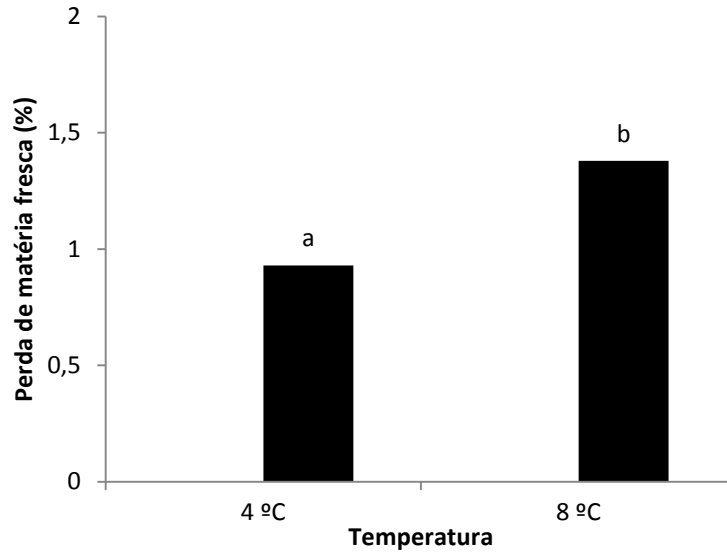


Figura 1. Perda de matéria fresca acumulada em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) armazenadas a 4 e 8 °C durante 15 dias.

Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tanto nas raízes cultivadas com T1-  $\text{CaCO}_3$  dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), quanto naquelas cultivadas com T3- silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ), a taxa de perda de matéria fresca foi linear ao longo dos dias de armazenamento (Figura 2; Figura 3).

As raízes cultivadas com T1 e armazenadas a 4 e 8 °C tiveram perda de matéria fresca acumulada, respectivamente de 3,55 e 3,17%, até o final do armazenamento. A taxa de perda de matéria fresca foi maior nas raízes mantidas sob a temperatura de 4 °C, mas não houve diferença significativa em relação às que foram armazenadas a 8 °C (Figura 2).

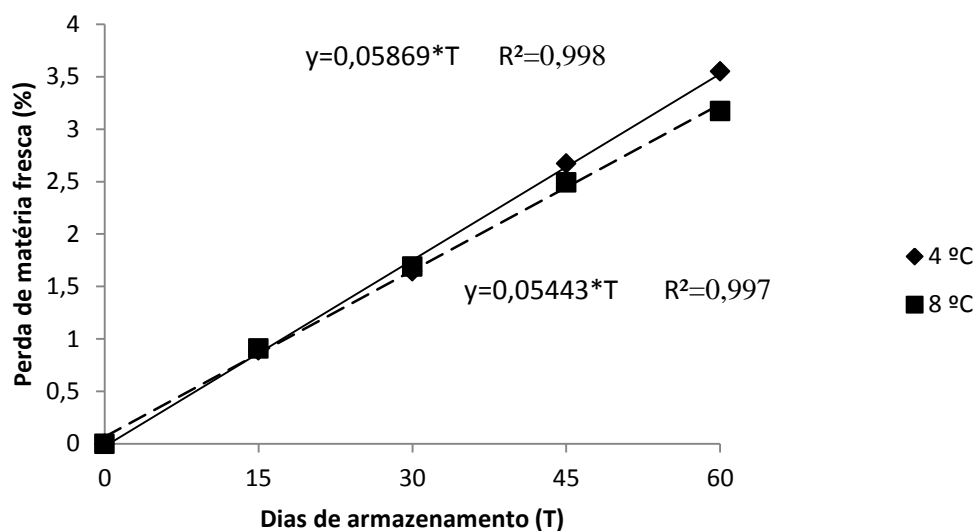


Figura 2. Perda de matéria fresca acumulada em raízes de mandioca cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) armazenadas a 4 e 8 °C.

As raízes cultivadas com T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>) e armazenadas a 4 e 8°C tiveram perda de matéria fresca, respectivamente de 2,51 e 2,67%, até o final do armazenamento, aos 60 dias. Não houve diferença significativa em relação à temperatura utilizada na refrigeração (Figura 3).

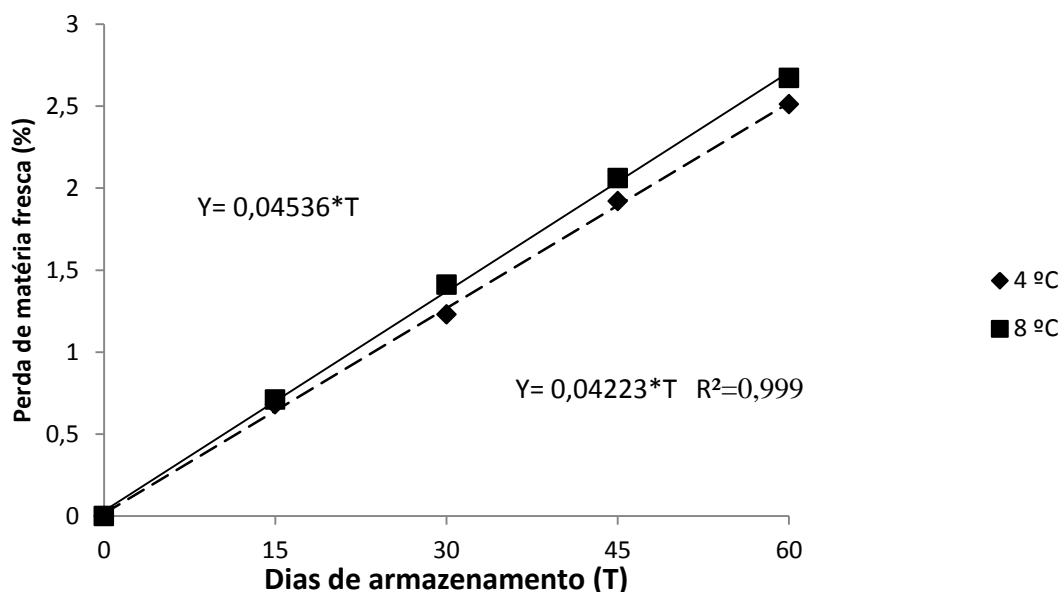


Figura 3. Perda de matéria fresca acumulada em raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) armazenadas a 4 e 8 °C.

Quanto aos tratamentos utilizados no cultivo das raízes de mandioquinha-salsa, houve interação entre temperatura x tempo de armazenamento. À temperatura de 4 °C, as raízes cultivadas com T1 tiveram maior perda de matéria fresca aos 45 dias, com 2,67%, e as raízes cultivadas com T3, de 1,92%. Ao final do experimento, aos 60 dias de armazenamento, as raízes cultivadas com T1 mantiveram maior perda de matéria fresca, com 3,55% e as raízes cultivadas com T3, com 2,51% (Figura 4).

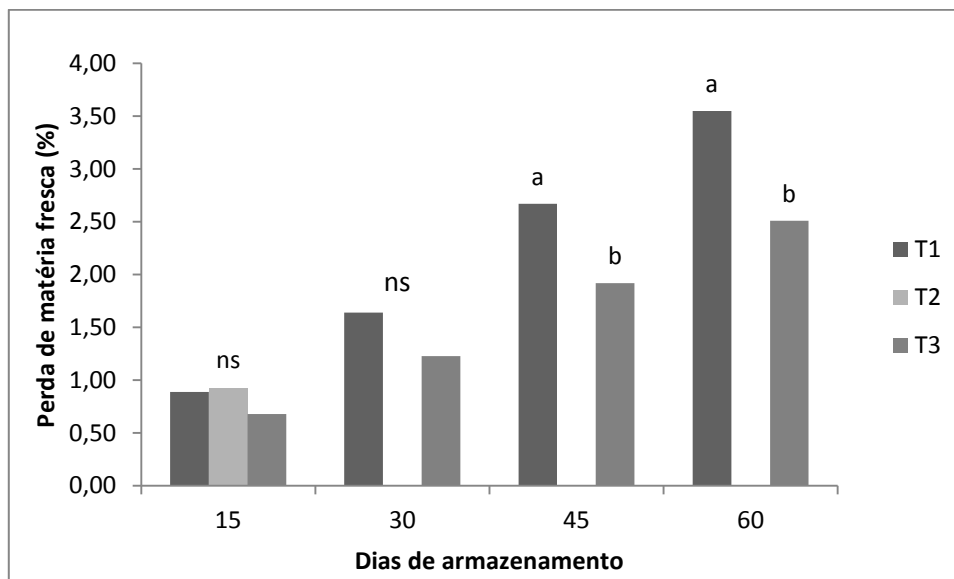


Figura 4. Perda de matéria fresca acumulada em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T1- calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) e T3- silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) armazenadas a  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>ns</sup> não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade.

À temperatura de  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 5), aos 15 dias de armazenamento, as raízes cultivadas com T2 tiveram diferença significativa em relação à T1 e T3, com maior perda de matéria fresca, 1,38%, e as raízes cultivadas com T1 e T3, de 0,91% e 0,71%, respectivamente. Aos 30 e 45 dias não foi observada influência da temperatura sobre os tratamentos. Aos 60 dias de armazenamento, as raízes cultivadas com T1 tiveram maior perda de matéria fresca, com 3,17% e as raízes cultivadas com T3, com 2,67%.

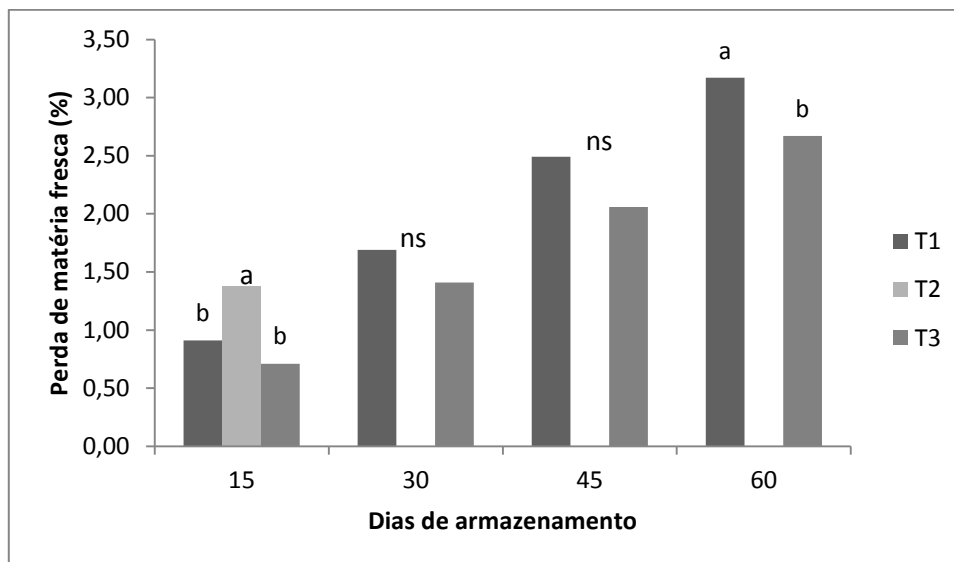


Figura 5. Perda de matéria fresca acumulada em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T1- calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) e T3- silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) armazenadas a  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra entre as temperaturas, em cada dia, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>ns</sup> não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Ao final desse experimento, à temperatura de  $4$  e  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figuras 4 e 5), as raízes cultivadas com T3- silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) tiveram menor perda de massa fresca. Este resultado pode estar relacionado ao fato do silício atuar na redução de perda de água pelos tecidos vegetais, ou seja, interferindo positivamente no acúmulo de água. A maioria dos efeitos benéficos do Si em reduzir o estresse hídrico é atribuída à deposição de Si na parede celular de raízes, folhas e caules. Essa deposição aumenta a resistência e rigidez das paredes celulares e reduz a transpiração cuticular e aumenta a resistência à seca (MA e YAMAJI, 2006).

Tesfay et al. (2011) demonstraram que tecidos do mesocarpo de frutos de abacate (dicotiledônea) absorveram e depositaram Si em resposta a várias concentrações de silicato de potássio ( $0, 5, 13, 25 \times 10^3 \text{ mgL}^{-1}$ ). A membrana celular foi afastada da parede celular, criando a lacuna entre a

parede celular e membrana celular, e aparentemente preenchida com Si (Figura 6).

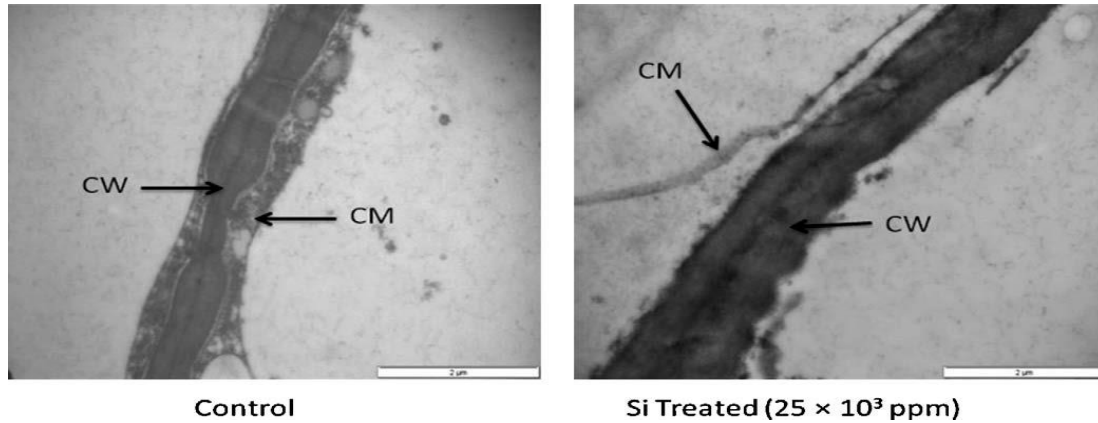


Figura 6. Microscopia eletrônica de transmissão (TEM) mostra as mudanças estruturais nos componentes celulares, parede celular (CW) e da membrana celular (CM), do exocarpo de abacate. Comparações entre antes (controle) e após os tratamentos de frutas com silício. (Fonte: Tesfay et al. (2011))

### 3.1.2. Aparência comercial

A aparência comercial foi avaliada de acordo com escala de notas adaptada de Ribeiro (2003) (Figura 7). As raízes cultivadas com T1 e as raízes cultivadas com T3, ambas embaladas com filme PVC, permaneceram na câmara fria até 60 dias, às temperaturas de 4 e 8 °C.

As raízes da mandioquinha-salsa cultivadas com T2, armazenadas com embalagem de PVC, sob refrigeração de 4 °C (Figura 8A) e 8 °C (Figura 8B) tiveram comportamento diferente do verificado no T1 e T3. À temperatura de 4 °C, aos 15 dias, as raízes obtiveram nota 3,0 (má) (Figura 7), com micélios do fungo do gênero *Penicillium sp.*, associado a sinais de amolecimento, causado pela bactéria *E. carotovora*, e estavam em condições inadequadas para comercialização.

Figura 7. Escala visual da aparência comercial em raízes de mandioquinha-salsa 'Amarela de Carandaí': 0 – excelente; 1 – boa; 2 – razoável; 3 – má; 4 – péssima

**0 – Excelente**



**1 – Boa**



**2 – Razoável**



**3 – Má**



**4 - Péssima**





A



B

Figura 8. Raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), a  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (A) e a  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (B), armazenadas por 15 dias.

À temperatura de  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , o lote de raízes cultivadas com T2, obteve nota 4,0 (péssima) (Figura 7), sendo considerado imprestável ao consumo, devido à presença de micélios do fungo *Penicillium sp.* e, também, por amolecimento acentuado causado pelo ataque da bactéria *Erwinia carotovora*, um patógeno do solo. O ataque de patógenos foi causado provavelmente por injúrias na ocasião da colheita, associadas à contaminação das raízes por patógenos presentes no solo.

À temperatura de  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , as raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1 (Figura 9A) e as raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T3 (Figura 9B), obtiveram nota 1,00 (boa). Não houve os sintomas visuais externos de injúria por frio, como modificações de coloração ou depressões na superfície, evidenciando que o filme de PVC foi efetivo para prevenir esses danos nas raízes à baixa temperatura.



A B  
Figura 9. Raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1- calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) (A) e raízes T3- silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) (B) armazenadas a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , durante 60 dias.

No entanto, mesmo envolvidas com o filme de PVC, as raízes cultivadas com T1, a  $4^\circ\text{C}$ , tiveram maior perda de matéria fresca (Figura 4), com diferença significativa em relação às raízes cultivadas com T3, o que pode indicar sintomas de mais sensibilidade ao frio das raízes cultivadas com T1. Ribeiro et al. (2007), avaliaram a influência da temperatura de armazenamento e do uso do filme de cloreto de polivinila (PVC) sobre a incidência de danos causados por frio em raízes tuberosas de mandioquinha-salsa da cultivar 'Amarela de Carandaí' armazenadas às temperaturas de 5 e  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , durante 60 dias. No final do armazenamento, as raízes estavam sem murcha e a perda de matéria foi maior a  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  do que a  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , e isso poderia estar relacionado à maior incidência de dano por frio a  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  e às diferenças no gradiente de pressão de vapor entre as raízes e o ar ambiente das câmaras responsáveis pela desidratação dos tecidos.

O acúmulo de silício nas raízes de T3 pode ter influenciado positivamente na resposta da raiz à baixa temperatura. Nos estudos sobre absorção e transporte de Si em pepino, arroz, milho e girassol, dentre outros,

constatou-se que as folhas das plantas tratadas com Si em cultivo hidropônico à baixa temperatura (0-4 °C) foram mais tolerantes à murcha provocada pelo frio, e que a capacidade de absorção de nutrientes pela raiz foi maior (Liang et al., 2006), sugerindo que o Si confere resistência e/ou tolerância ao frio ou ao estresse de congelamento.

As raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1 envolvidas com o filme de PVC e mantidas a 8 °C (Figura 10A) obtiveram nota 1,00 (boa) (Figura 7), sem podridões ou qualquer outra doença provocada por microrganismos. As raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T3 (Figura 10B), à 8 °C, obtiveram nota 2,00 (razoável), devido ao aparecimento de sinais de amolecimento causados pela bactéria *Erwinia carotovora*, nas extremidades das raízes. Provavelmente, injúrias mecânicas durante a colheita desse lote de raízes favoreceu a infecção por *Erwinia*, já que essa bactéria é um patógeno do solo, oportunista, e ataca somente tecidos injuriados.



A

B

Figura 10. Raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1- cálcio dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) (A) e raízes cultivadas com T3 – silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>) (B), armazenadas a 8 °C, durante 60 dias.

Os resultados obtidos com os tratamentos T1 e T3 evidenciam que o filme de PVC atuou favoravelmente na manutenção da turgescência e, conseqüentemente, sobre a conservação das raízes às temperaturas de 4 e 8 °C. Houve perda de matéria fresca significativa aos 60 dias entre os tratamentos, mas isso não interferiu na aparência comercial das raízes de mandioquinha-salsa.

As raízes cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio (1 ton ha<sup>-1</sup>), mesmo sob refrigeração e embaladas com filme PVC, tiveram vida de prateleira de 15 dias. O cálcio é um nutriente considerado importante na manutenção da lamela média da periderme de raízes (TAIZ, 2009). Entretanto, na análise dos nutrientes minerais (capítulo 1), as raízes de mandioquinha-salsa cultivadas nos 3 tratamentos não apresentaram variação significativa com relação ao teor de cálcio.

Scalon et al. (2002), avaliando combinações de cálcio na pré-colheita, atmosfera modificada e refrigeração (4 °C) na conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa, concluíram que a suplementação de cálcio nas formas avaliadas (pulverização, no solo ou sem calcário) não favoreceu a conservação pós-colheita das raízes de mandioquinha-salsa, e que pode ter havido resposta diferencial do cálcio ligado à parede celular nos tecidos das raízes diferente daquelas respostas encontradas nos frutos, conforme observado em Kiwi (GERASPOULOUS et al., 1996), tomate (BARNABÉ et al. 2000), dentre outros.

Neste experimento, nas raízes cultivadas com T2, houve variação significativa no teor de Mg (capítulo 1), com valores acima da média para mandioquinha-salsa. Pode ter ocorrido interferência do Mg sobre a ligação que o Ca estabelece com as pectinas, para a formação de pectato, levando à maior fragilidade da parede celular e conseqüente exposição aos patógenos. Na ausência de cálcio disponível, a lamela média se dissolve e as paredes celulares são separadas umas das outras, promovendo desorganização

celular e deixando os tubérculos menos resistentes a danos mecânicos e infecções (VENTER e VILLIERS, 1993).

Por sua vez, o teor de silício variou significativamente nas raízes de mandioquinha-salsa cultivada com calcário ou com silicato de cálcio e magnésio (capítulo1). Nas raízes cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio (1 ton ha<sup>-1</sup>), possivelmente, o teor de silício não foi suficiente para acumulação na periderme, formando barreira física eficaz contra o ataque de patógenos. Nas raízes cultivadas com T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), e o mais provável é que tenha ocorrido o acúmulo de silício na periderme, tendo ele efeito benéfico na conservação pós-colheita mais prolongada.

### **3.2. Alterações químicas nas raízes de mandioquinha-salsa**

#### **a) AMIDO**

Os teores de amido obtidos imediatamente (0 dia) após a colheita não foram significativamente diferentes nos três tratamentos. O teor de amido na matéria fresca foi 20,11% em T1; 16,42% em T2 e 22,06% em T3 (Tabela 1).

Durante o armazenamento, nas raízes dos três tratamentos, o teor de amido reduziu gradualmente, tanto a 4 quanto a 8 °C. O T2, a 4 °C, teve valores praticamente constantes aos 15 dias, de 16,03% no teor de amido; a 8 °C a queda foi mais acentuada, porém não significativa, de 14,03% (Figura 11, Tabela 1). O tratamento T2 foi encerrado aos 15 dias porque as raízes estavam imprestáveis ao consumo.

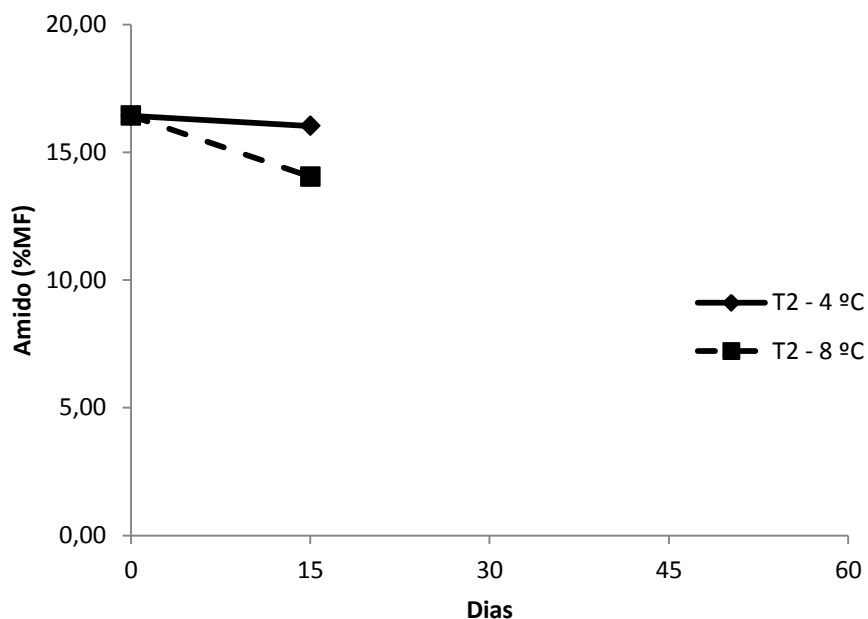


FIGURA 11. Teores de amido da matéria fresca, em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), armazenadas às temperaturas de 4 e 8 °C, durante 15 dias.

O T1 teve queda mais acentuada na degradação de amido a partir dos 45 dias de armazenamento, atingindo, aos 60 dias e às temperaturas de 4 e 8 °C, teores de 11,13% e 7,86% respectivamente (Tabela 1).

O T3, à temperatura de 4 °C, também teve queda mais acentuada na degradação de amido a partir dos 45 dias de armazenamento, atingindo, aos 60 dias de armazenamento, teor de 10,33%. À temperatura de 8 °C os teores de amido tiveram um comportamento linear, sem redução drástica (Tabela 1).

TABELA 1. Percentagem de amido em raízes de mandiquinha-salsa, em função do tratamento e do tempo de armazenamento

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita									
	0 Dia		15 Dias		30 Dias		45 Dias		60 Dias	
	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	20,11Aa	20,11Aa	20,39Aa	19,72Aa	19,99Aa	19,07Aa	18,97Aa	16,30Aa	11,13Aa	7,86Aa
T2- silicato de Ca e Mg (1)	16,42Aa	16,42Aa	16,03Aa	14,03Aa	---	---	---	---	---	---
T3- silicato de Ca e Mg (2)	22,06Aa	22,06Aa	16,24Aa	19,88Aa	14,64Aa	17,25Aa	12,15Ba	16,64Aa	10,33Aa	8,90Aa

Em cada dia, as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas colunas e, minúscula, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nas raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T3 houve variação significativa em relação às raízes cultivadas com T1 apenas aos 45 dias e à temperatura de 4 °C (Figura 12), com redução mais acentuada na degradação do amido. A maior taxa de degradação do amido nas raízes a 4°C, em T3 indica que houve aumento da atividade metabólica, com conseqüente mobilização das reservas.

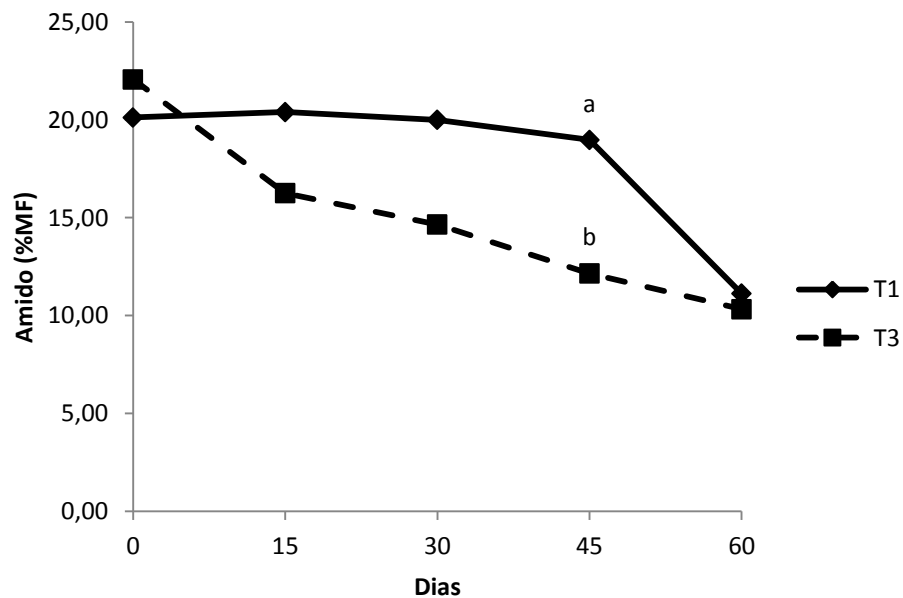


FIGURA 12. Teores de amido da matéria fresca, em raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1- calcário dolomítico (2 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), armazenadas às temperaturas de 4 °C.

As raízes de mandioquinha-salsa tiveram composição de açúcares com valores próximos aos encontrados na literatura em análises dessa raiz, para amido, de 16,91 – 25,49%, (PEREIRA, 1997). Os teores de amido obtidos imediatamente após a colheita estão acima daqueles apresentados por Ribeiro (2003), o que pode ser explicado pela época de colheita do experimento, aos 09 meses de plantio, sendo que entre os 6 e 9 meses de

cultivo, a mandioquinha-salsa apresenta os maiores valores de amido (CÂMARA et al., 1985).

À temperatura abaixo de 10 °C, tubérculos de batata sofrem conversão do amido principalmente em sacarose (ISHERWOOD, 1973). No presente experimento, realizado às temperaturas de 4 e 8 °C, os níveis de amido tiveram queda mais acentuada aos 45 dias, temperaturas estas em que o amido continua a ser convertido em sacarose.

#### **b) AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS, REDUTORES E NÃO REDUTORES**

Os teores de carboidratos solúveis totais obtidos imediatamente após a colheita não diferiram significativamente entre os tratamentos. O T1 teve 3,77% de carboidratos solúveis totais na matéria fresca, o T2 teve teor de 2,60% e o T3 de 3,63% (Tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro (2003) em mandioquinha-salsa, cultivar 'Amarela de Carandaí', com 3,5 % de açúcares solúveis totais em raízes cultivadas durante 10 meses. Carmo e Leonel (2012) encontraram teores de AST de 2,16 % em raízes do clone 'Amarela de Carandaí', cultivadas durante 08 meses. Além da utilização de outra metodologia, o tempo de cultivo, os tratos culturais e as condições climáticas podem contribuir significativamente para as divergências dos dados comparados.

Nas raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T2, o experimento foi encerrado aos 15 dias porque as raízes estavam imprestáveis ao consumo. À temperatura de 4°C, aos 15 dias, os teores de açúcares solúveis totais de T2 foram de 3,52% de AST, com variação significativa com os demais tratamentos, à mesma temperatura. Com relação à temperatura de 8 °C, também houve variação significativa. À temperatura de 8 °C, houve aumento acentuado dos teores de AST, similar aos demais tratamentos (Tabela 2, Figura 13).

TABELA 2. Percentagem de açúcares solúveis totais em raízes de mandioquinha-salsa, em função do tratamento e do tempo de armazenamento

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita									
	0 Dia		15 Dias		30 Dias		45 Dias		60 Dias	
	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	3,77 Aa	3,77 Aa	5,72 Aa	6,06 Aa	6,07 Aa	4,96 Aa	4,87 Aa	3,94 Ba	3,71 Aa	3,32 Ba
T2- silicato de Ca e Mg (1)	2,60 Aa	2,60 Aa	3,52 Bb	6,62 Aa	---	---	---	---	---	---
T3- silicato de Ca e Mg (2)	3,63 Aa	3,63 Aa	4,03 ABa	5,04 Aa	5,43 Aa	4,90 Aa	4,41 Aa	5,90 Aa	3,35 Ab	8,09 Aa

Em cada dia, as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas colunas e, minúscula, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

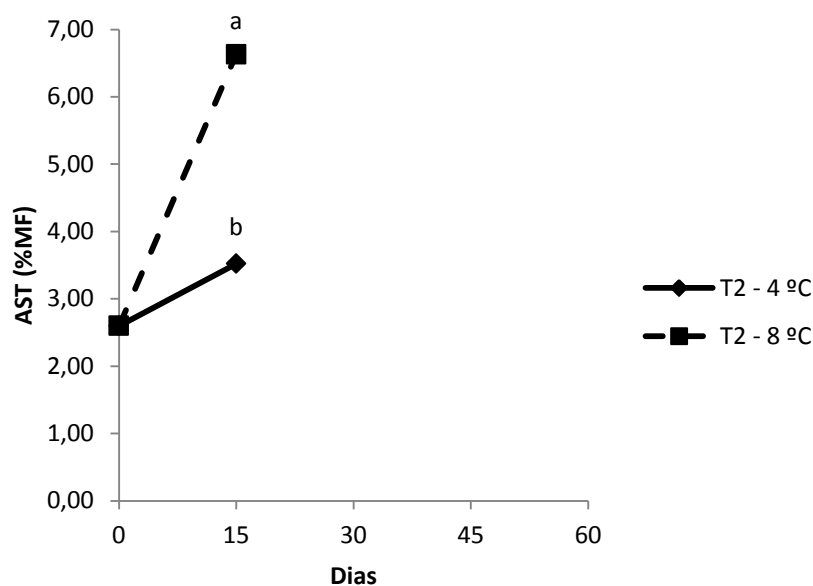


FIGURA 13. Açúcares solúveis totais, em percentagem da matéria fresca, em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), armazenadas às temperaturas de 4 e 8 °C, durante 15 dias.

Nas raízes de mandioca-salsa tratadas com T1, os teores de açúcares solúveis totais tiveram comportamento similar durante o armazenamento. À temperatura de 4 °C houve aumento acentuado aos 15 dias de armazenamento e diminuição progressiva, chegando aos 60 dias com 3,71% de AST. À temperatura de 8 °C, houve aumento acentuado aos 30 dias e posterior diminuição, chegando aos 60 dias com 3,32% de AST (Tabela 2).

Em rizomas de Taro, Haspad et al. (1956) observaram elevação dos teores dos carboidratos solúveis totais na fase inicial da armazenagem, com posterior decréscimo e ligeiro aumento, novamente, nos dias finais. Em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T1, a 4 e a 8 °C, o teor de açúcares solúveis é menor que o teor inicial.

Nas raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T3, a 4 °C, o teor açúcares solúveis totais aumentou até aos 30 dias. Dos 30 aos 60 dias houve queda no teor de açúcares solúveis totais. À temperatura de 8 °C, houve aumento até o 15º dia, estabilizando-se até o 30º dia, e ocorreu elevação dos teores de açúcares solúveis totais até o final dos 60 dias de armazenamento com 8,09%, variando significativamente em relação à temperatura de 4 °C (3,35%) (Tabela 2).

Esses resultados do T3 podem estar relacionados à elevação da temperatura, com aumento da atividade metabólica, com alterações na síntese, na atividade e nas propriedades físicas e cinéticas das enzimas que participam do metabolismo dos carboidratos (TAIZ, 2009).

Não houve variação significativa entre os tratamentos T1 e T3, à temperatura de 4 °C. Entretanto, à temperatura de 8 °C, os tratamentos T1 e T3 tiveram variação significativa, a partir dos 45 dias (Figura 14).

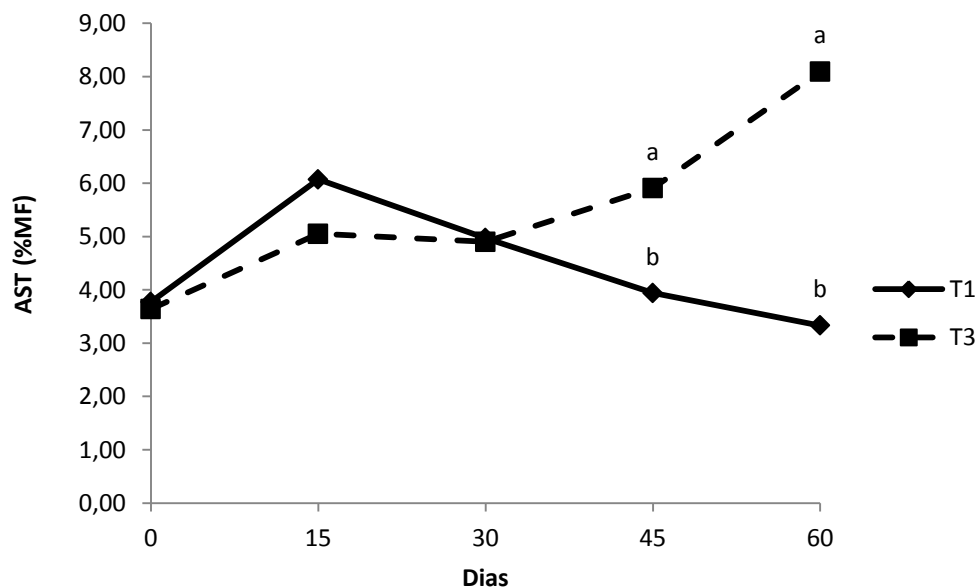


FIGURA 14. Açúcares solúveis totais, em porcentagem da matéria fresca, em raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e com T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), armazenadas à temperatura de 8 °C.

As alterações observadas no teor de carboidratos podem ocorrer entre e dentro da mesma cultivar, e também quando submetidas a formas de cultivo diferentes, e entre produtos hortícolas, de acordo com as condições e tempo do armazenamento (WEICHMANN, 1987). Os dados encontrados neste experimento confirmam essas alterações, em relação aos tratamentos utilizados, das temperaturas de armazenamento (4 e 8 °C), ao longo dos dias (Tabela 2).

Os resultados aqui encontrados parecem indicar que os teores de açúcares solúveis totais na mandioquinha-salsa também são influenciados pelo tipo de corretivo utilizado.

Os carboidratos solúveis totais estão presentes na planta na forma de açúcares não redutores e redutores. Em raízes de mandioquinha-salsa, os açúcares não redutores são constituídos na sua grande maioria pela sacarose, enquanto os açúcares redutores são formados especialmente pela glicose e frutose.

Nas raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio (1 ton ha<sup>-1</sup>), o experimento foi encerrado aos 15 dias, em ambas temperaturas avaliadas, a 4 e 8 °C, porque as raízes estavam imprestáveis ao consumo (Figura 4). Observou-se aumento acentuado do teor de açúcares não redutores à temperatura de 8 °C aos 15 dias de armazenamento (Figura 15, Tabela 3), sem redução dos açúcares redutores (Figura 16, Tabela 4). Pode-se inferir que o acúmulo de açúcares não redutores foi diretamente proveniente da hidrólise do amido, cuja queda foi mais acentuada a 8 °C, e não da recombinação da glicose e frutose.

À temperatura de 4 °C, aos 15 dias, as raízes do tratamento T2 tiveram o menor teor de açúcares não redutores (2,38%), em relação aos outros tratamentos (Tabela 3).

Também, o aumento do teor de açúcares redutores, aos 15 dias de armazenamento, à temperatura de 4 e 8 °C (Tabela 4), pode estar associado à resposta metabólica ao ataque de patógenos nessas raízes.

TABELA 3. Percentagem de açúcares não redutores em raízes de mandioquinha-salsa em função do tratamento e do tempo de armazenamento

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita									
	0 Dia		15 Dias		30 Dias		45 Dias		60 Dias	
	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	3,17 Aa	3,17 Aa	4,67 Aa	4,90 Aa	3,22 Aa	2,99 Aa	1,76 Aa	1,44 Ba	2,04 Aa	2,16 Aa
T2- silicato de Ca e Mg (1)	2,22 Aa	2,22 Aa	2,38 Bb	5,09 Aa	---	---	---	---	---	---
T3- silicato de Ca e Mg (2)	2,80 Aa	2,80 Aa	3,00 ABa	2,74 Ba	3,03 Aa	2,07 Aa	2,40 ABa	3,65 Aa	2,18 Aa	3,02 Aa

Em cada dia, as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas colunas e, minúscula, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 4. Percentagem de açúcares redutores em raízes de mandioquinha-salsa em função do tratamento e do tempo de armazenamento

Tratamentos (ton ha <sup>-1</sup> )	Dias após a colheita									
	0 Dia		15 Dias		30 Dias		45 Dias		60 Dias	
	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C	4°C	8°C
T1- CaCO <sub>3</sub> dolomítico (1)	0,59 Aa	0,59 Aa	1,05 Aa	1,16 Ba	2,84 Aa	1,97 Bb	3,10 Aa	2,49 Aa	1,67 Aa	1,16 Ba
T2- silicato de Ca e Mg (1)	0,37 Aa	0,37 Aa	1,14 Aa	1,52 Ba	---	---	---	---	---	---
T3- silicato de Ca e Mg (2)	0,83 Aa	0,83 Aa	1,02 Ab	2,29 Aa	2,40 Aa	2,82 Aa	2,01 Ba	2,24 Aa	1,17 Ab	5,06 Aa

Em cada dia, as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula, nas colunas e, minúscula, nas linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

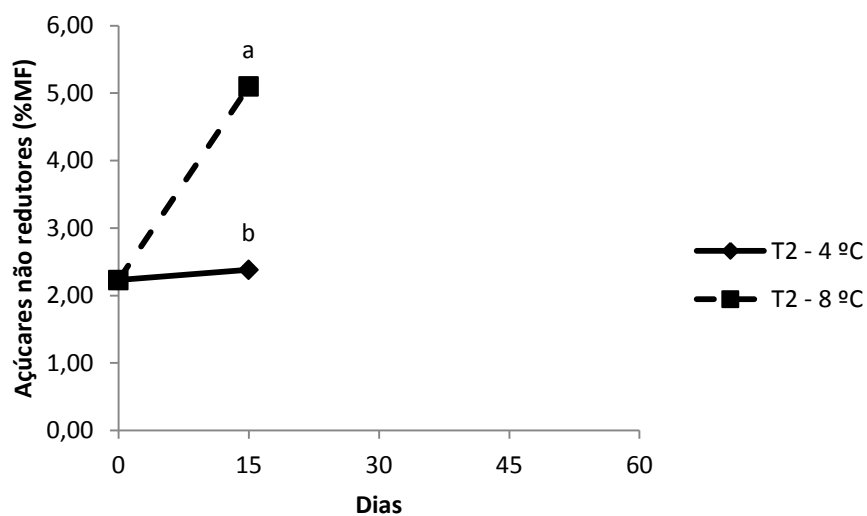


FIGURA 15. Açúcares não redutores, em percentagem da matéria fresca, em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), armazenadas às temperaturas de 4 e 8 °C, durante 15 dias.

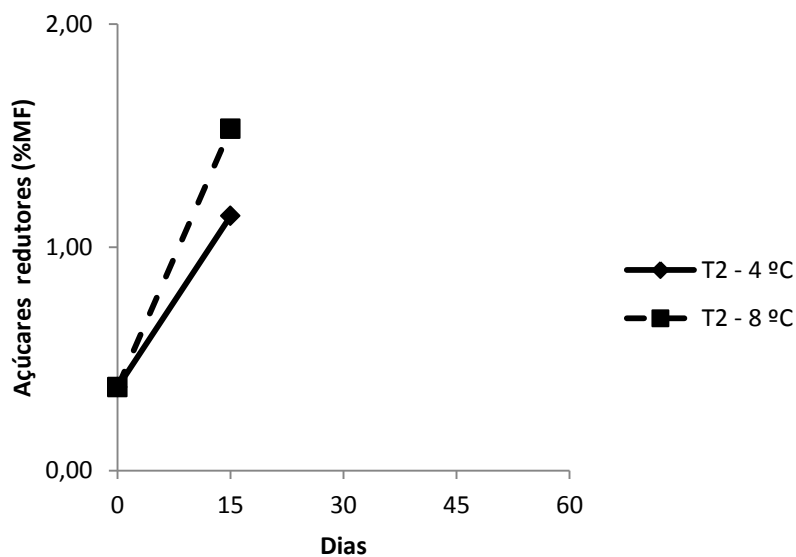


FIGURA 16. Açúcares redutores, em percentagem da matéria fresca, em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T2- silicato de cálcio e magnésio ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), armazenadas às temperaturas de 4 e 8 °C, durante 15 dias

Nas raízes cultivadas com T1, à temperatura de 4 °C, os açúcares não redutores, com teor inicial de 3,17%, tiveram aumento aos 15 dias de armazenamento (Tabela 3). No período compreendido entre o 15º e o 45º dia de armazenamento, diminuíram acentuadamente, e de 45 aos 60 dias houve pequeno aumento no teor de açúcares não redutores, até 2,04%.

Os açúcares redutores, no T1, à temperatura de 4 °C, com teor inicial de 0,59% (Tabela 4), tiveram aumento até aos 45 dias de armazenamento (3,10%), e dos 45 aos 60 dias um decréscimo acentuado, até aos 1,67%.

Analisando os teores de açúcares não redutores de T1 a 4 °C (Tabela 3), observa-se os menores teores aos 45 dias, indicando que o sacarose foi convertida em glicose e frutose (Tabela 4).

As raízes cultivadas com T3, à temperatura de 4 °C, com teor inicial de açúcares não redutores de 2,80%, teve ligeiro aumento até aos 30 dias de armazenamento (Tabela 3). No período compreendido entre o 30º e o 60º dia de armazenamento, os teores de açúcares não redutores das raízes cultivadas com T3 diminuíram até aos 2,18%..

Nas raízes com T3, os açúcares redutores, à temperatura de 4 °C, com teor inicial de 0,83% (Tabela 4), houve aumento até aos 30 dias de armazenamento, e decréscimo de 30 aos 60 dias, chegando ao final do armazenamento com teor de açúcares redutores de 1,17%.

Não houve variação significativa para o teor de açúcares não redutores, entre as raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), à temperatura de 4 °C, durante os 60 dias de armazenamento.

À temperatura de 4 °C, houve variação significativa no teor de açúcares redutores, entre as raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), aos 45 dias (Figura 17), indicando maior sensibilidade das raízes de T1 ao frio.

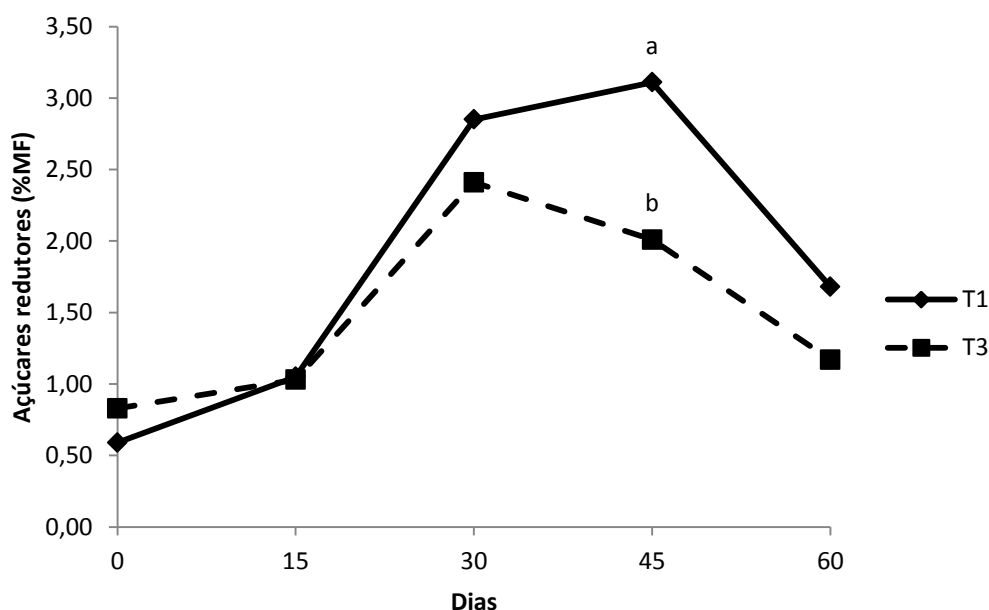


FIGURA 17. Açúcares redutores, em percentagem da matéria fresca, em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T1-calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) e T3-silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) armazenadas à temperatura de  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

À temperatura de  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , nas raízes cultivadas com T1, os açúcares não redutores, com teor inicial de 3,17%, tiveram aumento aos 15 dias de armazenamento (Tabela 3). No período compreendido entre o 15º e o 45º dia de armazenamento, diminuíram acentuadamente (1,44%), e de 45 aos 60 dias houve pequeno aumento no teor de açúcares não redutores, até aos 2,16%.

No T1, à temperatura de  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , com teor inicial de açúcares redutores de (0,59%) (Tabela 4), houve aumento até aos 45 dias de armazenamento (2,49%), e de 45 aos 60 dias um decréscimo acentuado, até aos 1,16%.

Nas raízes de T3, à temperatura de  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , os teores iniciais de 2,80% de açúcares não redutores mantiveram-se estáveis até aos 15 dias de armazenamento, diminuindo aos 30 dias de armazenamento (2,07%) (Tabela 3). Após esse declínio, os teores de açúcares não redutores aumentaram consideravelmente (3,65%), e diminuíram até ao final do armazenamento (3,02%).

Nas raízes cultivadas com T3, o teor de açúcares redutores, à temperatura de 8 °C, com teor inicial de 0,83%, houve aumento até aos 30 dias de armazenamento, com decréscimo dos 30 aos 45 dias. Ao final do armazenamento, esses teores tiveram aumento acentuado (5,06%).

À temperatura de 8 °C, houve variação significativa no teor de açúcares não redutores, entre as raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), aos 15 e aos 45 dias (Figura 18).

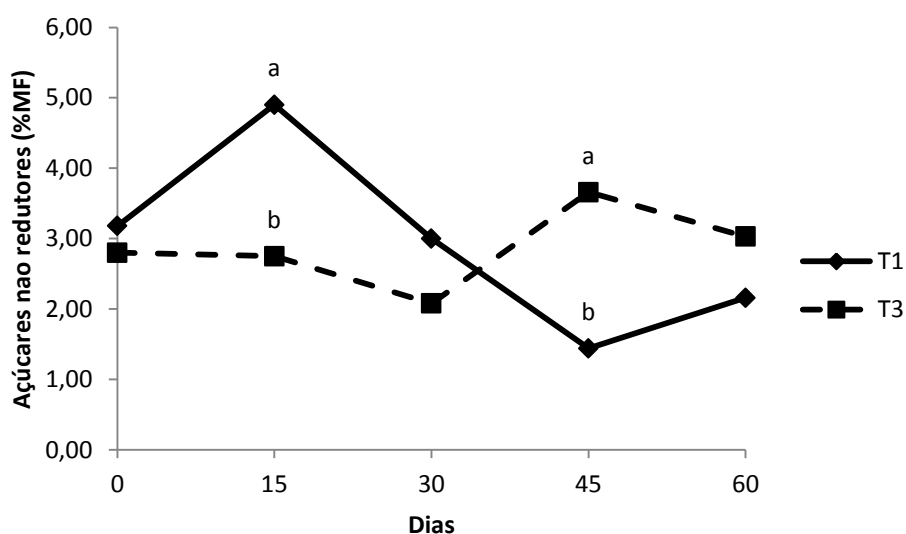


FIGURA 18. Açúcares não redutores, em percentagem da matéria fresca, em raízes de mandioca-salsa cultivadas com T1-calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3-silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>) armazenadas à temperatura de 8 °C.

Também houve variação significativa no teor de açúcares redutores, à temperatura de 8 °C, entre as raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), de 15 aos 30 dias e ao final do armazenamento, aos 60 dias (Figura 19).

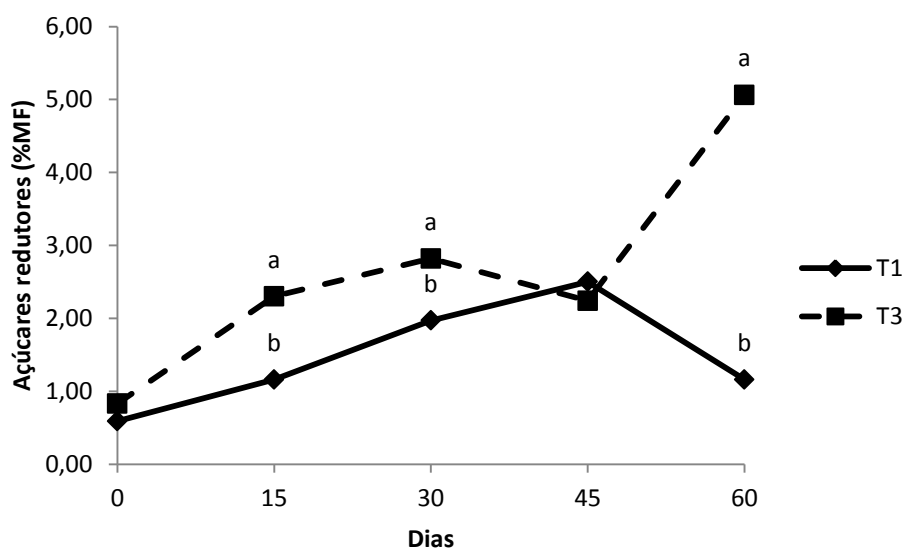


FIGURA 19. Açúcares redutores, em porcentagem da matéria fresca, em raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1-calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ) e T3-silicato de cálcio e magnésio ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) armazenadas à temperatura de  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Os valores de açúcares redutores, em T3, indicam que após os 45 dias, o uso de raízes cultivadas com T3, sob forma de fritas fatiadas (“chips”), não seria indicada devido ao escurecimento não enzimático.

Em T1, dos 15 aos 45 dias de armazenamento, houve diminuição dos teores de açúcares não redutores e aumento dos açúcares redutores, o que é característico da hidrólise da sacarose. Dos 45 aos 60 dias, há queda no teor de amido e aumento de açúcares não redutores, indicando a hidrólise de amido em sacarose.

As raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico ( $1 \text{ ton ha}^{-1}$ ), tiveram também maior perda de matéria fresca à  $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , em comparação com a temperatura de  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e, apesar de não apresentarem sintomas visuais de injúria por frio, esse aumento no teor de açúcares redutores pode indicar o efeito da baixa temperatura no acúmulo dos açúcares redutores, com aumento da atividade metabólica e a sensibilidade das raízes de mandioquinha-salsa ao frio.

Figueiredo et al. (2010) avaliaram atributos físico-químicos de morangos tratados com pulverização foliar e fertirrigação com silício. Os teores de sacarose foram influenciados pela composição da fertirrigação,

onde a presença de Si elevou em 17% os teores de sacarose dos “frutos” independente das aplicações foliares. Nesse caso, fica evidente que o silício pode ter ação efetiva no metabolismo dos açúcares como evidenciado também por Wang e Galleta (1998), os quais encontraram aumento de carboidratos solúveis nas folhas de plantas pulverizadas com silicato de potássio.

Ao longo dos tratamentos, neste experimento, observam-se flutuações nos teores de açúcares solúveis, como também encontradas por Blenkinsop et al. (2002), que estudaram por 4 anos tubérculos de batata de cultivares sensíveis e de cultivares resistentes ao adoçamento armazenados a 4 °C, por 10 semanas. Apesar de não comparar estatisticamente dois clones de mandioquinha-salsa, Ribeiro (2003) encontrou diferença nos teores de açúcares não redutores durante o armazenamento a 5 °C. As raízes ‘Amarela de Carandaí’ obtiveram aumento durante o armazenamento, uma vez que ‘Roxa de Viçosa’ diminuiu entre 12 e 18 dias.

Em cenouras, o padrão de alteração dos carboidratos, durante o armazenamento refrigerado, é aumento nos teores de açúcares redutores e diminuição nos teores de sacarose (SUOJALA, 2000). No trabalho de Chaves (2003) na cultivar Brasília, aconteceu o contrário do esperado, redução nos teores de AR e aumento nos teores de ANR, ao final do armazenamento. Este aumento nos ANR poderia ter ocorrido por meio da hidrólise de amido e não da recombinação de glicose e frutose para formação da sacarose. Conforme verificado por Chapper (2003), o metabolismo em tubérculos de batata é altamente dependente do material genético e do ambiente de cultivo.

Ainda, o procedimento adotado na lavagem das raízes, pode interferir nos teores de amido e açúcares solúveis, visto que as raízes de mandioquinha-salsa foram lavadas em tanques de lavagem, por 30 minutos, o que aumenta consideravelmente danos mecânicos, com lesões na periderme e infecções por bactérias e fungos presentes na água de lavagem, levando a alterações metabólicas importantes.

#### 4. CONCLUSÃO

As raízes de mandioquinha-salsa variedade 'Amarela de Carandaí', cultivada com T1- calcário dolomítico(1 ton ha<sup>-1</sup>) e as raízes cultivadas com T3 - silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>) tiveram perda linear de massa fresca das raízes, quando armazenadas a 4 e 8 °C, durante 60 dias.

A conservação das raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>), e das raízes cultivadas com T3 - silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), mantidas em câmara fria por 60 dias, mostrou-se viável para o consumo imediato após a refrigeração. A associação do filme de PVC e a refrigeração atuaram na prevenção na perda excessiva de massa fresca.

O tratamento T2- silicato de cálcio e magnésio (1 ton ha<sup>-1</sup>) não foi eficiente em aumentar a conservação pós-colheita das raízes de mandioquinha-salsa, armazenadas a 4 e 8 °C, e o experimento foi encerrado aos 15 dias. O teor de cálcio não sofreu variação significativa nos 3 tratamentos e, possivelmente, o teor de silício nas raízes cultivadas com T2 não foi suficiente para acumulação na periderme, formando barreira física eficaz contra o ataque de patógenos.

O filme de PVC foi benéfico em manter baixa a taxa respiratória das raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1 e com T3, uma vez que os açúcares acumulados durante a exposição ao frio não foram consumidos até os 60 dias de armazenamento.

Os teores de açúcares solúveis totais na mandioquinha-salsa foram influenciados pelo tipo de corretivo.

As raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T2 - silicato de cálcio e magnésio (1 ton ha<sup>-1</sup>), aos 15 dias de armazenamento, apresentaram aumento acentuado do teor de açúcares não redutores à temperatura de 8 °C, sem redução dos açúcares redutores. Pode-se inferir que o acúmulo de açúcares não redutores foi diretamente proveniente da hidrólise do amido, cuja queda foi mais acentuada a 8 °C, e não da recombinação da glicose e frutose. O aumento do teor de

açúcares redutores, aos 15 dias de armazenamento, à temperatura de 4 e 8 °C, pode estar associado ao ataque de patógenos nessas raízes.

À temperatura de 4 °C, houve variação significativa no teor de açúcares redutores, entre as raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), aos 45 dias, indicando maior sensibilidade das raízes de T1 ao frio.

À temperatura de 8 °C, houve variação significativa no teor de açúcares redutores, entre as raízes cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>), de 15 aos 30 dias e ao final do armazenamento, aos 60 dias, possivelmente como resposta ao ataque de patógenos.

No presente experimento, as raízes de mandioquinha-salsa cultivadas com T1- calcário dolomítico (1 ton ha<sup>-1</sup>) e T3- silicato de cálcio e magnésio (2 ton ha<sup>-1</sup>) apresentaram boas condições de conservação pós-colheita até aos 60 dias, com boa aparência comercial.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO-BOLANÕS, E.N., MERCADO-SILVA, E. Effects of polyphenol oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content in the browning of cut jicama. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, p.275-283, 2004.

ARPAIA, M.L.. Grower practices will influence postharvest fruit quality. In: **2 Seminario Internacional De Paltos** , Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda, Quillota, 2004.

ARSENAULT-LABRECQUE, E. R., MENZIES, J.G.; BELANGER, R.R. Effect of silicon absorption on soybean resistance to *Phakopsora pachyrhizi* in different cultivars. **Plant disease**, Saint Paul, v. 96:37-42, 2012.

AVELAR FILHO, J. A. **Estudo da conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. Viçosa, MG:UFV, 1989. 42 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1989.

BARNABE, D. et al. Aplicação de cloreto de calcio na conservação pós-colheita de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p299-301, 2000.

BEN-YEHOSHUA, S. Individual Seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film: a new postharvest technique. **HortScience**, Alexandria, v. 20, n.1, p.32-37, 1985.

BLENKINSOP, R.W.; COPP, L.P.; YADA, R.Y.; MARANGONI, A.G. Changes in compositional parameters of tubers of potato (*Solanum tuberosum*) during low-temperature storage and their relationship to chi processing quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, p.4545-4553, 2002.

BRAGA, J. M. Aspectos qualitativos do calcário. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 170, p. 5-11, 1991.

BURTON, W. G. Some biophysical principles underlying the controlled the controlled atmosphere storage of plant material. **Annals of Applied Biology**. Warwick, v.78, n.2, p.149-168, 1974.

CAÍRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1029-1040, 2001.

CÂMARA, F. L. A.; Manejo pós-colheita da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p. 70-72, 1984.

CÂMARA, F.L.A.; MAFFIA, L.M.; CASALI, V.W.D. Curva de crescimento e utilização de mandioquinha-salsa na alimentação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 3, n.2, p.29-33, 1985.

CÂMARA, F. L. A. Nutrição mineral e adubação da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 37-39, 1997.

CARMO, E.L.; LEONEL, M. Composição físico-química e cor de clones de mandioquinha-salsa. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v.27, n.1, jan-mar, 2012.

CARVALHO, M.C.G.S.; OLIVEIRA, S. Adubação da batata-salsa (*Arracacia esculenta*) com bórax. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**, 23, 1983, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro: SOB, p.6, 1983.

CARVALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. J.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C.; DRUMOND, L. C. D. Agressividade da adubação com sílica sobre a germinação do milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 199-203, 2007.

CASALI, V. W. D.; KIMURA, S.; AVELAR FILHO, J. A. de. Tempo de frigorificação e conservação da mandioquinha-salsa após a retirada da câmara fria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.6, n.1, p. 49, 1988. (Resumo).

CASALI, V. W.D.; SEDIYAMA, M. A. N. Origem e botânica da batata-baroa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.190, p.13-14, 1997.

CETESB. 1º inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do estado de São Paulo. **Relatórios de referência agropecuária - emissões na calagem**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo – 2011. Disponível no site: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/geesp/file/docs/consulta/relatorios/calagem.pdf>

CHAPPER, M. **Metabolismo do adoçamento em batata armazenada a 20°C e 15°C** (tese de doutorado). Viçosa: UFV, 2003.

CHAVES, D. **Metabolismo de carboidratos e de fenóis no armazenamento refrigerado de cenoura**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa – Viçosa: UFV, 2009.

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium spp.* **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, n. 3, p. 236- 242, 1994.

CNPQ-EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças. 2003. Disponível em: [http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/produtos/cultivares/amarela\\_de\\_Senador\\_Amaral'.htm](http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/produtos/cultivares/amarela_de_Senador_Amaral'.htm) Último acesso em: 28/06/13.

DÖPKE, F.; RUDOLPH, K. Screening for resistance to soft rots. In: KLEMENT, Z.; RUDOLPH, K.; SANDS, D.C. (ed.). **Methods in phytobacteriology**. Budapest: Akademiai Kiado, 1990.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K. REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related compounds. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

EL-HILARI, F.; AIL-OUBAHOU, A.; REMAH, A.; AKHAYAT, O. Chilling injury and peroxidase activity and peroxidase activity change in “Fortune” mandarin fruit during low temperature storage. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Bulgária, v.29, p44-54, 2003.

ELLIOT, C.L.; SNYDER, G.H. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicone in rice straw. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington. v. 39, p.1118-1119, 1991.

EMBRAPA HORTALIÇAS. Mandioquinha-salsa. Versão eletrônica: Junho/2008. Disponível em URL: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioquinha/MandioquinhaSalsa/doencas.html> Consultado em 28/06/13.

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

FIGUEIREDO, F.C.; BOTREL, P.P.; TEIXEIRA, C.P.; PETRAZZINI, L.L.; LOCARNO, M.; CARVALHO, J.G. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, set./out., 2010

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. **Cadernos Didáticos**, 19, Editora UFV, Viçosa, 29p., 1997.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.; CHAU, K. V. Modelling O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Exchange for development of perforation-

mediate modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 43, p.9-15, 2000.

FURLANI, A.C.M.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, Campinas, v.37, n.5, p33-44, 1978.

GAUCH, H.G.; DUGGER Jr., W.M. The role of boron in the trans-location of sucrose. **Plant Physiology**, Standford, v.28, p.457-466, 1953.

GERASPOULOUS, D. et al. Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwi. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.7, p65-72, 1996.

GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S. ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, Limerick, v.169, p. 313-321, 2005.

GROTHGE-LIMA, M.T. **Interação cancro da haste (Diaporthe phaseolorum f. sp. Meridionalis) e silício em Soja [*Glycine Max (L.) Merril*]**. Tese (doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1988.

GUÉVEL, M.H.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER R.R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, 118:115-123, 2007.

HANSEN, H.; WEICHAMNN, J. Carbohydrates. In.: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Macel Dekker, Inc., p.469-474, 1987.

HARDENBURG, R. E. Effect of in-package environment on Keeping quality of fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v.6, n.3, p. 198-201, 1971.

HASPAD, M.N.; STINO, K.R.; EL HINMAWY, S.I. Transformation of carbohydrates in taro corms during storage. In: **Annals of Agricultural Science**, Cairo. Fac. Agric.; Ain. Shams. University, v.1, n.1, 1956.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVÁ, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in sorghum bicolor. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 123, p. 459-466, 2005.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine max (L.) Merr. cv Bragg*). **Plant and Soil**, The Hague, 61: 447-456, 1981.

HENZ, G.P. ; SANTOS, F.F.; SANTOS, R.F.A. deterioração pós-colheita de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.9, n.1, p16-18, 1991.

HENZ, G.P. ; LOPES, C.A.; SANTOS, F.F. Doenças pós-colheita mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.10, n.2, p58, 1992.

HENZ, G.P. **Perdas Pós-colheita e métodos de manejo da “podridão-mole” causada por *Erwinia chrysanthemi* Burkholder et al. E *Erwinia carotovora* spp. (Jones) Bergey et al. em raízes de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bacroft)**. Brasília-DF; UNB, 2001, 256p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Brasília, 2001.

HERMANN, M.; HELLER, J. (ed.) **Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon**. IPGRI, Germany, 1997.

HIDALGO, O.A.; ECHANDI, E. Evaluation of potato clones for resistance to tuber and stem rots induced by *Erwinia chrysanthemi*. **American Potato Journal**, Orono, v.59, p.585-592, 1982.

ISHERWOOD, F. A. Starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. **Phytochemistry**, New York, v.12, p. 2579-2591, 1973.

KADER, A. A. Modified atmospheres during transport and storage. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n.5, p.99-104, 1990.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991, 435p.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. **Boletim Técnico** nº2. Uberlândia: UFU, 2004.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. **Boletim Técnico**, n. 01, 3ª ed. Uberlândia: UFU/ICIAG, 2004.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, p. 65-69, jan-abr. 2002.

LIANG, Y.C; HUA, H.X.; ZHU, Y.G.; ZHANG, J.; CHENG, C.M.; RÖMHELD, V. importance of plant species and external silicone concentration to active silicone uptake and transport. **New Phytologist**. Cambrigde, v.172, p.63-72, 2006.

LIMA FILHO, O. F. O silício e a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos. Disponível no site:

<http://www.cpaoc.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo1.html>.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B. V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. e FURLANI, A.M.C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico, 100. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, p.221-229, 1997.

MA, J.F., MIYAKE Y., TAKAHASHI E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF L.E., SNYDER G.H., KORNDORFER G.H. (Ed.). **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science. 2001.

MA, J.F.; GOTO, S.; TAMAI, K.; ICHII, M. Role of root hairs and lateral roots in silicone uptake by rice. **Plant Physiology**, Washington, DC, v.127, n.4, 2001a.

MA, J.F.; TAKAHASHI, E. **Soil, fertilizer and plant silicon research in Japan**. 1ª ed. Amsterdam, 274p, 2002.

MA, J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tohyo, 50:11-18, 2004.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.11, p.392-397, 2006.

MADEIRA, N. R.; SANTOS, F. F.; SOUZA, R.J. Desempenho de clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) na região de Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 26, n.4, p.711-718, 2002.

MADEIRA, N. R.; SOUZA, R. J.. Mandioquinha-salsa: alternativa para o pequeno produtor. Disponível em:

<http://www.editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-60.pdf>

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

MARQUEZ. G.; AÑON, M. C. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v.51,n.1, p. 157-160, 1986.

McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H.S. Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 22, p.1156-1158, 1950.

MENOLLI, L. N. **Atuação das enzimas oxidativas em raízes de batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) submetidas à injúria por frio.** Tese de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MESQUITA FILHO, M.V.; SOUZA, A.F.; SANTOS, F.F.; OLIVEIRA, S.A. Resposta da mandioquinha-salsa à adubação com bórax em um latossolo vermelho-escuro distrófico de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p45-48, 1996.

MESQUITA FILHO, M.V.; SOUZA, A.F.; SILVA, H.R.; SANTOS, F.F.; OLIVEIRA, S.A. Adubação nitrogenada e fosfatada para produção comercializável de mandioquinha-salsa em latossolo vermelho-amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p211-215, 1996a.

MITANI N., MA J.F., Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, 56:1255-1261, 2005.

MOLEYAR, V.; NARASIMHAM, P. Modified atmosphere packaging of vegetables; an appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.31, n.4, p.267-278, 1994.

MONTALDO, A. Arracacha. In: MONTALDO, A. (Ed.). **Cultivo de raízes y tuberculos tropicales**. San Jose: IICA, p.297-203, 1991.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.153, p. 375-380, 1944.

NOGUEIRA, F.D.; FONTES, P.C.R.; PAULA, M.B. Solo, nutrição e adubação da cenoura e da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p.28-32, 1984.

OLIVEIRA, L.; ABREU JUNIOR, C.H.; CARNEIRO, J.M.; BENDASSOLLI, J.A. Mecanismos de absorção de silício pelas plantas. In: RODRIGUES, F. (ed). **Silício na Agricultura - Anais do V simpósio brasileiro sobre silício na agricultura**. Viçosa, MG: UFV, DFP, 2010.

PAIVA, E.A.; CASALI, V.W.D.; SILVA, E.A.M.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G. Qualidade de tubérculos de batata em função de doses de cálcio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.2, p.53-57, 1997.

PEREIRA, A. S. Valor nutritivo da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 11-12, 1997.

PEREIRA, H.S.; KORNDORFER, G.H.; MOURA, W.F.; CORRÊA, G.F. Extratores de silício disponível em escória e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.265-274, 2003.

PEREIRA, RLF.; PÍCHA, D. H. Carbohydrate changes in sweet potatoes during curing and storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.1, p. 89-92, 1987.

POZZA, A.A.A.; REIS, T.H.P.; MEDEIROS, J.F.; ROMANIELLO, M.M.; GUIMARÃES, P.T.G.; FIGUEIREDO, F.C. Eficiência nutricional das variedades de cafeeiro adubadas com silício. In: **32º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, Poços de Caldas, 2006.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 739-744, 2000.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36: 1199-1204, 2001.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.2, p.287-296, 2003.

PULZ, A.L.; CRUSCIOL, A.C.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P.. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.32, p.1651-1659, 2008.

RAVEN, J. A. Silicon transport at the cell and tissue level. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G. H. (Eds.) **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier Science, 2001.

REIS, M. A.; ARF, O.; SILVA, M. G.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Aplicação de silício em arroz de terras altas irrigado por aspersão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 37-43, 2008.

REIS, T.H. O silício na nutrição e defesa de plantas. **Boletim Técnico**, n.82, Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.

REISENAUER, H.M.; WALSH, L.M.; HOEFT, R.G. Testing soils for sulphur, boron molybdenum and chlorine. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, p.173-200, 1973.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (ed.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais**. Viçosa, 1999.

RIBEIRO, R. A. **Conservação pós-colheita e metabolismo de carboidratos em raízes de dois clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Viçosa – Viçosa: UFV, 2003.

RIBEIRO, R. A.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; CASALI, V. W. D. Chilling injury sensitivity in arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) roots. **Tropical Science**, London, v.45, 55–57, 2005.

RIBEIRO, R. A.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; CASALI, V. W. D. Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.453-458, abr. 2007.

SAEG - **Sistema para Análise Estatística**: versão 8,0. Viçosa: Fundação Artur Bernardes, 2000.

SANTOS, F. F. A cultura da mandioquinha-salsa no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p.5-7, 1997.

SCALON, S.P.Q. **Qualidade do morango: efeito do CaCl<sub>2</sub> sobre a parede celular e níveis residuais de Benomil**. 1996. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, 1996.

SCALON S.P.Q.; HEREDIA, Z.N.A.; VIEIRA, M.C. Conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa em atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, resumo 303, 1998.

SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C., ZÁRATE, N.A.H. Combinações de cálcio, atmosfera modificada e refrigeração na conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1461-1466, 2002.

SEDIYAMA, M. A. N.; CASALI, V. W. D. Propagação vegetativa da mandioquinha salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 190, p. 24-27, 1997.

SEDIYAMA, M.A.N., Agrosilício® na produção de clones de mandioquinha-salsa, **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 427-432, 2002.

SILVA, J.R.; GARCIA, B.H.; NORMANHA, E.S. Adubação de mandioquinha-salsa: ensaio preliminar N-P-K em terra tipo massapé. **Revista de Olericultura**, Viçosa, v.2, p.1-9, 1962.

SILVA, J.R.; NORMANHA, E.S.; FREIRE, E.S. Efeito de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção de raízes de mandioquinha-salsa. **Bragantia**, Piracicaba, v.25, n.33, p.365-370, 1966.

SOMOGYI, M. A new reagent for the determination of sugars. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.160, p.61-68, 1945.

SOUZA, R.F.; POZZA, A.A.A.; CARVALHO, J.G.; FAQUIN, V. Effect of the application of silicate in substitution to the carbonate, in soils with different textures and mineralogies in the production of *Brachiaria brizantha*. In: **III Silicon in agriculture conference**: 22-26, October, 2005. Uberlândia. KORNDÖRFER, F.H.; CEOLHO, L.; NOLLA, A.; RODRIGUES, F.A. (Eds.). Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2005.

SOUZA, C.M. **Relatório Técnico: Uso de agrosilício na agricultura e sua relação com substâncias inorgânicas no solo**. Depto fitotecnia.UFV. Viçosa, 2006.

SOUZA, C.M. **Relatório de emissão de CO<sub>2</sub>**. Depto Fitotecnia. UFV, Viçosa, 2009.

SUOJALA, T. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 85, p.1-19, 2000.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4<sup>a</sup>ed. Porto Alegre: ArtMed, 2009.

TESFAY, S.Z.; BERTLING, I.; BOWER, J.P. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 60, p.92—99, 2011.

THOMPSON, A. K. Reducion of losses during the marketing of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). **Acta Horticulturae**, Leuven, n.116, p.55-60, 1980.

VAN RAIJ, B., **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: POTAFOS, 1990.

VENTER, M.W.; VILLIERS, O.T. Relationship between calcium levels and pectin fractions in potato tubers after storage. **Applied Plant Science**, v. 7, n.1, p.1-4, 1993.

VIEIRA, M.C.; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A.; MOSQUIM, P.R. Crescimento e produção de mandioquinha-salsa em função da adubação fosfatada e da utilização de cama-de-aviário. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p68-72, 1998.

VIEITES, R. L.; BEZERRA, L.P. Efeito do sulfato de cálcio e da embalagem de polietileno, na conservação do maracujá amarelo, armazenado em condições de refrigeração. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 18, n.2, p235-243, 1996.

WANG, S.Y.; GALLETTA, G.J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. **Journal Plant Nutrition**, London, v.21, p.157-167, 1998.

WEICHMANN, J. **Postharvest Physiology of vegetables**, New York: Macel Dekker, Inc., 597p, 1985.

YUPANQUI, A. T. Poscosecha de las raices andinas com enfasis en el manejo del producto fresco: arracacha, achira, maca, yacon, chago y ajipa. In: Seminário, J., Comp. Produccion de raices andinas. **Manual de capacitacion**, Lima: CIP, p. 24.1-24.10, 1998.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, Chicago, v.42, n.9, p.70-77, 1988.

ZANIN, A. C. W.; CASALI, V. W. D. Origem, distribuição geográfica e botânica da mandioquinha-salsa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.120, p.9-11, 1984.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN Q.; YUET, J. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of saltstressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Plant Science**, Limerick, v.167, p. 527-533, 2004.