

ALDO MAX CUSTÓDIO

**TEOR DE VITAMINA C, ACÚMULO DE MINERAIS E PRODUÇÃO DE
RABANETES SUBMETIDOS A DIFERENTES ADUBAÇÕES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

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

T

C987t Custódio, Aldo Max, 1989-
2014 Teor de vitamina C, acúmulo de minerais e produção de
rabanetes submetidos a diferentes adubações. / Aldo Max
Custódio. – Viçosa, MG, 2014.
xi, 48f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Gilberto Bernardo de Freitas.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Raphanus sativus* L.. 2. Rabanete - Cultivo. 3. Rabanete -
Adubos e fertilizantes. I. Universidade Federal de Viçosa.
Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Agroecologia.
II. Título.

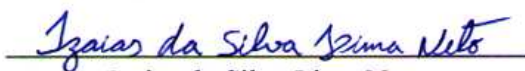
CDD 22. ed. 635.15

ALDO MAX CUSTÓDIO

**TEOR DE VITAMINA C, ACÚMULO DE MINERAIS E PRODUÇÃO DE
RABANETES SUBMETIDOS A DIFERENTES ADUBAÇÕES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2014.


Izaías da Silva Lima Neto


Tatiana Pires Barrella


Herminia Emilia Prieto Martinez


Helena Maria Pinheiro Sant'Ana
(Coorientadora)


Gilberto Bernardo de Freitas
(Orientador)

Aos meus grandes amigos, Estênio Moreira
Alves e Natália Sant'Anna de Medeiros, pelo
valeroso apoio e preciosa colaboração durante
o Mestrado.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida e saúde, fé e graça, e por mais uma vitória concedida.

Aos meus pais e meus irmãos que sempre me apoiaram, e me ajudam a subir degrau por degrau na escada da vida.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela oportunidade. Em nome dos professores Ricardo H. Santos e Silvia Priori, agradeço aos demais, pelos ensinamentos em sala de aula e/ou fora dela. E, em nome do Sebastião (da Fruticultura), Rosângela, Mariana e Chiquinho (da Agroecologia) aos técnicos e demais servidores da (e na) UFV por contribuírem para o funcionamento da instituição.

Aos amigos/companheiros do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia: Adalgisa, Steliane, Célio, Silvane, Bianca, Filipe, Sandro, Luiza, Paula, Aristides... Particularmente, a Elaine pela amizade desde o início do Mestrado e por todas as suas colaborações. Ao Estênio (o “Gauchão”) pelos conselhos – somente os “bons”, e apoio quando mais precisei. A Natália (“Co-autora”) pela ajuda no campo e laboratório, mas principalmente pela amizade sólida. Ao Paulo (“Baiano” - “Co-orientador”) pela amizade e companhia nas refeições do RU, pelos debates, discussões e apoio. Ao Thiago (o “Macho”) pela força e experiências compartilhadas e Galdino pela ajuda no laboratório, e claro, amizade.

Ao Carlos, meu amigo “Gringo”. Aos meus irmãos de fé da Igreja Adventista do Sétimo Dia de Viçosa. Ao meu amigo e colega de “república” André LS Souza (Andrézinho).

Aos membros da banca que aceitaram o convite e contribuíram com este trabalho. Em especial agradeço a professora Helena (co-orientadora) pela paciência, pelo ensino, disposição em nos atender, e por abrir as portas do Laboratório de Análises de Vitaminas. Ao professor Luiz Antônio (co-orientador - DFT) pelas orientações e contribuições na parte estatística.

Ao professor Gilberto (orientador) por se propor a me orientar, por todas as experiências compartilhadas, pela prontidão em nos atender e aconselhar quando necessário, pelo tratamento amigável e todo aprendizado que adquiri acompanhando suas aulas na graduação e pós-graduação, e nas simples conversas que tivemos.

Enfim, agradeço a todas as pessoas, cujos nomes não foram citados, que durante dois anos, perto ou distante, conscientes ou não, me apoiaram, motivaram e/ou fortaleceram, contribuindo, assim, para que eu concluísse mais uma fase da jornada acadêmica.

A todos, muito obrigado!

BIOGRAFIA

ALDO MAX CUSTÓDIO, o segundo filho, de um total de quatro, de Adelipe Joaquim Custódio e Ceila Furtado Custódio, nasceu em Costa Rica – MS, no dia 23 de julho de 1989. Residiu a maior parte de sua infância e adolescência em um sítio no interior de Mato Grosso. Coursou o ensino médio em uma escola da Zona Rural do município de Novo São Joaquim – MT.

No ano de 2007 iniciou sua graduação na Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em agosto de 2011.

Em março de 2012, ingressou no curso de Pós-Graduação em Agroecologia na Universidade Federal de Viçosa, em nível de Mestrado, submetendo-se à defesa em fevereiro de 2014.

“A Agroecologia não se propõe como uma panaceia para resolver todos os problemas gerados pelas ações antrópicas de nossos modelos de produção e de consumo, nem espera ser a solução para as mazelas causadas pelas estruturas econômicas globalizadas e oligopolizadas, senão que busca, simplesmente, orientar estratégias de desenvolvimento rural mais sustentável e de transição para estilos de agriculturas mais sustentáveis, como uma contribuição para a vida das atuais e das futuras gerações neste planeta de recursos limitados.”

Francisco Roberto CAPORAL.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. CAPÍTULO 1	
Teor de vitamina C e produção de rabanetes cultivados com diferentes adubações	5
2.1. INTRODUÇÃO	6
2.2. MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.3. RESULTADOS	12
2.4. DISCUSSÃO	15
2.5. CONCLUSÕES	20
2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
3. CAPÍTULO 2	
Rendimento e acúmulo de minerais pela cultura do rabanete cultivado com diferentes níveis de adubação mineral e orgânica	26
3.1. INTRODUÇÃO	27
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.3. RESULTADOS	32
3.3.1. <i>Dados de Produção</i>	32
3.3.2. <i>Extração e teor de nutrientes</i>	33
3.4. DISCUSSÃO	39
3.5. CONCLUSÕES	43
3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	48
ANEXOS	

RESUMO

CUSTODIO, Aldo Max, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Teor de vitamina C, acúmulo de minerais e produção de rabanetes submetidos a diferentes adubações.** Orientador: Gilberto Bernardo de Freitas. Coorientadores: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana e Luiz Antônio Dias.

A adubação é um dos principais fatores que afetam o desenvolvimento, a produtividade e qualidade final das culturas agrícolas. Estudos sobre o rendimento das culturas e extração e acúmulo de minerais em função do tipo de adubação e/ou doses de fertilizantes são importantes para subsidiar estratégias de adubação das culturas que garantam bons rendimentos, e a máxima eficiência no uso dos fertilizantes. Além disso, o conhecimento dos teores de nutrientes extraídos ou produzidos e acumulados pelas culturas revela seu potencial nutritivo para o homem. Para a cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) há uma carência de estudos analisando os efeitos da adubação sobre seu valor nutricional e desempenho produtivo. Diante disso, foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar a produção, acúmulo de minerais e teor de vitamina C em rabanetes cultivados com diferentes tipos de adubações e doses. No primeiro experimento, plantas de rabanetes foram cultivadas em casa de vegetação, com delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos - adubação mineral, adubação orgânica (quatro doses) e adubação organomineral (três proporções) - e quatro repetições. A unidade experimental foi um vaso constituído por três plantas. Foram avaliadas: produção de raiz (g/planta) e o teor total de vitamina C (mg 100g⁻¹). Neste estudo, as adubações organomineral apresentaram as maiores produtividades, enquanto os rabanetes com adubação orgânica apresentaram teores mais elevados de vitamina C, corroborando com outros estudos encontrados na literatura. As doses crescentes de adubação orgânica levaram a um aumento da produção do rabanete até a dose estimada de 101 g/planta, e reduziram o teor de vitamina C na ordem de 28%. A adubação organomineral mostrou o melhor equilíbrio entre produção e qualidade nutricional (teor de Vitamina C). No segundo experimento, os rabanetes foram cultivados com dez tratamento, sendo cinco níveis de adubação mineral e cinco níveis de adubação orgânica (composto orgânico + sulfato de potássio). Foram avaliados a produção de matéria fresca da raiz, matéria seca da raiz e matéria seca da parte aérea das plantas e; extração e acúmulo de minerais (N, K, P, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe e Mn) em função das doses de fertilizantes. Além disso, foi calculada a matéria seca relativa da raiz. Os níveis de adubação mineral e adubação orgânica tiveram efeito positivo

em todas as variáveis de produção analisadas, por outro lado, reduziram a matéria seca relativa das raízes. Os teores de N, P e K aumentaram nos tecidos das plantas com o aumento nas adubações. Os teores de Ca, Mg e Cu diminuíram na adubação com NPK. A adubação mineral resultou em boa produção em relação ao esperado. Já a adubação orgânica apresentou produção aquém das obtidas com adubação mineral. Independente da adubação e níveis, a ordem de extração de nutrientes pela cultura foi: $K > N > Ca > P > S > Mg$ e $Fe > Mn > Zn > Cu$. A partir dos experimentos, conclui-se que a produção, extração e acúmulo de minerais e teor de vitamina C do rabanete são afetados pelo tipo de adubação e pelas doses de fertilizantes utilizados.

ABSTRACT

CUSTODIO, Aldo Max, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2014. **Content Vitamin C, mineral accumulation and production of radishes under different fertilizations.** Adviser: Gilberto Bernardo de Freitas. Co-Advisers: Helena Maria Pinheiro Sant'Ana and Luiz Antônio Dias.

Fertilization is one of the main factors that affect the development, productivity and finishing quality of agricultural crops. The studies on crop yields and extraction and accumulation of minerals on function the type of fertilization and or fertilizer dose are important for subsidize strategies of fertilization of the crops ensuring good yields, and maximum efficiency in the use of fertilizers. In addition, knowledge of the amount of nutrients extracted and accumulated in the cultures shows its nutritional potential to man. For the culture of radish (*Raphanus sativus* L.) there is a gap of studies analyzing the effects of fertilization on nutritional value and productive performance. Therefore, two experiments were made to assess the production, accumulation of minerals and content vitamin C in radishes grown with different fertilization types and fertilizer doses. In the first experiment, plant radishes were grown in a greenhouse in a Random Block Design with four repetitions. The experimental unit was a vase with three plants. Treatments consisted of mineral fertilizer, organic fertilizer (four doses) and organomineral fertilizer (in three proportions) totaling eight treatments. Were evaluated root production (g/plant) and total vitamin C content (mg 100g⁻¹). In this study, organomineral fertilizer showed the highest yield, while the radishes with organic manure had higher levels of vitamin C, corroborating other studies found in the literature. Increasing doses of organic fertilizers has led to increased production of radish until the estimated dose of 101 g / plant, but reduced the quantity of vitamin C in the order of 28%. The organomineral fertilization showed the best balance between the production and nutritional value (vitamin C). In the second experiment, the radishes were grown in 10 treatments with five doses of mineral fertilizer (NPK) and five doses of organic manure (compost + potassium sulphate). Were evaluated the production of fresh mass root, dry mass root and dry mass of aerial part and extraction and accumulation of minerals (N, K, P, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe e Mn) in function of the doses of fertilizers for each type of the fertilization. Moreover, was calculated relative dry mass of root. The doses of mineral and organic fertilizer had a positive effect on all production variables analyzed, on the other hand, reduced relative dry mass of root. The N, P and K in the plant tissue increased with the increase in fertilization. Concentrations of Ca, Mg

and Cu decreased in mineral fertilization. The mineral fertilizer resulted in good production from expected. Have organic fertilization showed yields lower than mineral fertilization. Independent of fertilization and dose, the order of nutrient uptake were $K > N > Ca > P > S > Mg$ and $Fe > Mn > Zn > Cu$. From the experiments, it is concluded that the type and doses of fertilizer affects the production, extraction and accumulation of minerals and vitamin C content of the radish.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O modelo predominante de produção agrícola baseado no uso de insumos industrializados tem recebido, já há certo tempo, muitas críticas devido a seus impactos negativos no meio ambiente e social onde está ou é inserido. Em última instância, as críticas convergem para apontar uma “insustentabilidade” deste modelo de produção, comumente chamado de agricultura convencional ou moderna (ALTIERI, 2010; GLIESSMAN, 2009; ALTIERI, 2004; KHATOUNIAN, 2001). A intensificação dessas críticas contribuiu para o surgimento e/ou fortalecimento das diferentes correntes de agricultura alternativa: orgânica, biodinâmica, natural, permacultura, agroecológica etc., que se contrapõem, por exemplo, ao uso indiscriminado de fertilizantes altamente solúveis e agrotóxicos (KHATOUNIAN, 2001).

Neste contexto, a Agroecologia emergiu e consolida-se como um campo capaz de oferecer as bases científicas para a promoção de estilos de agriculturas mais sustentáveis (ALTIERI, 2004; CAPORAL, 2009). Na abordagem agroecológica assume-se que o processo rumo à sustentabilidade é contínuo e permanente, ou seja, sempre é possível avançar para uma forma de produção mais sustentável. Assim, a transição “agroecológica” de um modelo convencional de produção incluiria, em um primeiro momento, a racionalização e uso eficiente das tecnologias disponíveis e usadas na agricultura convencional, como por exemplo, os fertilizantes (GLIESSMAN, 2009; ALTIERI, 2010; ALTIERI, 2004).

As discussões sobre os modelos de agricultura centraram-se a partir dos anos de 1960 essencialmente nos impactos ambientais e sociais de cada um e, mais tarde, entre os anos 1980 e 1990, em sua capacidade de garantir a segurança alimentar aos consumidores de seus produtos. Essas discussões avançaram e passaram a focalizar, além dos fatores já citados, o valor nutricional dos alimentos. Neste sentido, segundo Hoefkens et al. (2009) e Borguini e Torres (2006) nos últimos anos ocorreu uma mudança nos padrões de consumo de uma parcela da população, que passaram a preferir alimentos oriundos de sistemas de produção genericamente rotulados de “orgânicos” (ou seja, alternativos). Segundo os autores isto se deve, principalmente, a busca por alimentos saudáveis (livre de contaminantes), à preocupações ambientais, e à melhores características sensoriais e nutricionais desses alimentos.

Entretanto, a atribuição de um melhor valor nutricional aos alimentos “orgânicos” tem gerado polêmicas no meio acadêmico-científico. Pois, existem muitos estudos contraditórios,

como pode ser vistos nos trabalhos de revisão feitos por Sousa *et al.*, 2012; Huber *et al.* (2011); Lairon (2010); Hoefkens *et al.* (2009) e Borguini e Torres (2006). O único consenso entre os autores parece ser o de que há necessidade de mais estudos para que as contradições/polêmicas sejam dissolvidas. No Brasil, há um número escasso de publicações de trabalhos originais tratando dessa temática.

Pesquisas com objetivo de comparar alimentos de diferentes sistemas de produção são complexas e difíceis de serem delineadas observando se os preceitos científicos para produção de dados confiáveis e passíveis de validação e aceitação, pois há muitos fatores que afetam a composição nutricional final dos alimentos (HUBER, 2011; DANGOUR *et al.*, 2009; BOURGUINI e TORRES, 2006). Por não levarem em consideração aspectos como variedade cultivada, características edafoclimáticas locais, ponto de colheita etc, muitos desses estudos comparativos tem recebido críticas quanto aos seus resultados (HUBER, 2011; DANGOUR *et al.*, 2009; HOEFKENS *et al.*, 2009; BOURGUINI e TORRES, 2006). Além disso, é importante observar que não há uma homogeneidade nas práticas agrícolas adotadas nas unidades de produções, mesmo entre aquelas adotantes de um mesmo sistema de produção (alternativo, seja qual for, ou convencional). Ou seja, os resultados de um trabalho não podem ser extrapolados para todos os casos em que envolvam o mesmo sistema de produção.

Entre outras, as principais diferenças entre os sistemas de produção agrícola “orgânicos” e convencionais incluem: variedades utilizadas, técnicas de controle de insetos e doenças, manejo de plantas espontâneas e, manejo da fertilidade do solo, que inclui a adubação. No caso desta última, enquanto um sistema é baseado no uso intensivo de fertilizantes minerais, o outro é baseado no uso de fertilizantes orgânicos (ALTIERI e NICHOLLS, 2003). Alguns estudos realizados em diferentes locais e condições mostraram que o manejo da adubação afeta não apenas a produtividade, mas também as características nutricionais dos alimentos. Entre os nutrientes mais estudados, destacam-se os minerais e vitaminas (BOURGUINI e TORRES, 2006).

Os teores de nutrientes minerais presentes nas plantas estão diretamente relacionados ao manejo da adubação, pois sua absorção e acúmulo dependem, entre outros fatores, de sua concentração na solução do solo. Portanto, estes teores refletem o potencial nutricional das culturas agrícolas para o homem. Além disso, os teores de nutrientes minerais presentes nos diversos órgãos das plantas possibilita o conhecimento da quantidade de nutrientes extraídos pela cultura do solo, sendo de suma importância para subsidiar programas de adubação.

Nas plantas a vitamina C (ácido ascórbico *L*) é particularmente abundante, e está ligada a uma série de processos fisiológicos. Atua como um potente agente antioxidante nas

células, e participa como cofator de várias enzimas chaves do processo de fotossíntese, crescimento, divisão e expansão celular e senescência (DANTAS et al., 2012).

Os estudos sobre o efeito das adubações na composição nutricional dos alimentos não deve prescindir o efeito sobre a produção das culturas agrícolas, pois, em última instância, é ela que determina qual tipo e dose de fertilizante o produtor irá utilizar. Desta forma, estudos devem caminhar no sentido de encontrar um ponto de equilíbrio entre os interesses dos produtores e consumidores.

Não obstante, o conhecimento do rendimento das culturas em função do fornecimento de nutrientes ao solo contribui para a definição da dose de fertilizante com maior eficiência de uso pela cultura, o que, consequentemente acarreta aumento da produção e/ou redução de custos de produção e problemas ambientais decorrentes da lixiviação e erosão dos nutrientes e, se for o caso, do processo de obtenção dos fertilizantes (ALLEY E VANLAUWE, 2009; ISHERWOOD, 2000).

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma hortaliça cuja parte comestível é sua raiz tuberosa. Entre outras características nutricionais, é conhecido por ser fonte de vitamina C, e apresentar altos teores de potássio (CAMARGO *et al.*, 2007). A cultura é amplamente utilizada em programas de pesquisa, haja vista, sua relativa rusticidade, facilidade de cultivo e ciclo rápido (SILVA et al., 2006). Entretanto, poucos são os estudos avaliando o efeito da adubação na sua produção e em seu valor nutricional. Portanto, há necessidade de estudos que contribuam para um manejo adequado da adubação da cultura visando um bom rendimento com o mínimo de impactos ambientais e sem redução de seu valor nutricional.

Diante disso, foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar a produção, acúmulo de minerais e teor de vitamina C em rabanetes cultivados com diferentes tipos de adubações e dosagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista NERA**, v. 13, n. 16, pp. 22 – 32, 2010.
- ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 117 p.
- ALTIERI, M; NICHOLLS, C. I. Agroecologia: resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. **Ciência e Ambiente**, v.1, n. 1, pp.141 – 152, 2003.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. da S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, n. 2, pp. 64-75, 2006.
- CAMARGO, G. A. et al. Bebidas naturais de frutas perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.1, p.181-195, 2007.
- DANTAS, J. I. A. et al. Biossíntese de vitaminas em frutos e hortaliças. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.4, 2012, pp.22-37.
- DANGOUR. A. D. et al. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, pp. 680 – 685, 2009.
- HOEFKENS, C. et al. The nutritional and toxicological value of organic vegetables: Consumer perception versus scientific evidence. **British Food Journal**, v. 111, n. 10, 2009.
- HUBER, M. et al. Organic food and impact on human health: Assessing the *status quo* and prospects of research. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 58, n. 3 – 4, pp. 103 – 109, 2011.
- KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Rio de Janeiro: Editora IAPAR, 2001.
- LAIRON. D. Nutritional quality and safety of organic food - A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 1, pp. 33 – 41, 2010.
- SILVA, C. J. et al. Crescimento e produção de rabanete cultivado com diferentes doses de húmus de minhoca e esterco bovino. **Revista Ceres**, v. 53, pp. 25-30, 2006.
- SOUSA, A. A. et al. Alimentos orgânicos e saúde humana: estudo sobre as controvérsias. **Rev Panam Salud Publica**, v. 31, n. 6, pp. 513 – 517, 2012.

2. CAPÍTULO 1

Teor de vitamina C e produção de rabanetes cultivados com diferentes adubações

RESUMO: A adubação é um dos principais fatores que afetam o desenvolvimento, a produtividade e qualidade final das culturas agrícolas. Para a cultura do rabanete há uma carência de estudos avaliando esses efeitos, assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes tipos de adubações e doses de composto orgânico na produção de raiz e no teor de vitamina C na cultura do rabanete. Plantas de rabanete foram cultivadas em casa de vegetação com adubação mineral - AM, adubação orgânica - AO (quatro doses) e adubação organomineral (em três proporções), resultando num total de oito tratamentos, com quatro repetições. Foram avaliados a produção de raiz (g/planta) e o teor total de vitamina C (mg 100g⁻¹) por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjos de diodo. As adubações organomineral, independente da proporção (AM:AO), apresentaram as maiores produtividades. Os rabanetes com adubação orgânica apresentaram teores mais elevados de vitamina C, corroborando com outros estudos, que mostram maior teor desta vitamina em alimentos produzidos de forma orgânica. Doses crescentes de adubação orgânica levaram a um aumento da produção do rabanete até a dose estimada de 101 g/planta, e reduziram o teor de vitamina C na ordem de 28%. A adubação organomineral apresentou maior produtividade, enquanto a adubação orgânica resultou em maior teor de vitamina C. São necessários estudos no sentido de elucidar por qual mecanismo a adubação interfere no teor de vitamina C.

Palavras-chave: *Raphanus sativus* L., composto orgânico, adubação organomineral, ácido ascórbico.

2.1. INTRODUÇÃO

Recentemente, as discussões sobre os modelos e formas de produção agrícola avançaram para além dos impactos ambientais e sociais da agricultura ao incorporar questões relacionadas à segurança alimentar e valor nutricional dos alimentos. Assim, os estudos sobre o efeito da adubação nas culturas agrícolas ganham novos contornos, já que ela consiste em uma das práticas mais distintas entre os sistemas de produção. Sabe-se que, além de afetar o crescimento e rendimento das plantas, a adubação também influencia na qualidade final de seus produtos, e, no caso dos alimentos, em seu valor nutricional (DANGOUR et al., 2009).

A adubação é uma prática agrícola que visa aumentar a disponibilidade de nutrientes na solução do solo e favorecer o desenvolvimento adequado das plantas, assegurando níveis aceitáveis/satisfatório de produção. Grosso modo, as adubações podem ser mineral, orgânica ou organomineral (BISSANI et al., 2008; ALCARDE et al., 1998).

Na adubação mineral são utilizados fertilizantes, geralmente sais, altamente solúveis e dependentes de algum processo industrial para sua obtenção (ISHERWOOD, 2000). As principais vantagens desses fertilizantes são a disponibilidade imediata de nutrientes para culturas de ciclo anual, alta concentração de nutrientes e facilidade de manuseio. Entretanto, seu uso, principalmente por longos períodos e grandes quantidades, contribui para alterações nas propriedades químicas e biológicas do solo, que dependendo da magnitude podem causar estresses na planta. Além disso, muitas vezes apresentam altas taxas de perdas de nutrientes (lixiviação, adsorção) e, custos elevados e instáveis (DALZELL, 1987).

Por sua vez, a adubação orgânica, além do fornecimento de nutrientes, condiciona o solo, melhorando sua estrutura, aeração, armazenamento de água e drenagem interna; contribui para o aumento no teor de matéria orgânica no solo e sua capacidade de troca catiônica; reduz as variações bruscas de temperatura do solo e estimula a atividade microbiana. O uso de fertilizantes humificados (como vermicomposto e composto orgânico) no solo favorece, ainda, a adaptação das plantas ao meio de cultivo, desenvolvimento radicular e crescimento (CANELLAS et al., 2006). Contudo, há necessidade de grandes volumes de fertilizantes para suprir as demandas das plantas, seu manejo é oneroso, há risco de contaminação da área cultivada com doenças e plantas invasoras e, os teores de nutrientes efetivamente disponíveis para a cultura são desconhecidos (PIMENTEL et al., 2009).

Já a adubação organomineral tem o status de conciliar os benefícios da adubação mineral e adubação orgânica, ao mesmo tempo em que compensa algumas limitações de

ambas (KIEHL, 1985; DALZELL, 1987). Por isso, na maioria das vezes apresenta melhores resultados na produtividade das culturas em relação às outras duas separadamente (ANDRADE et al., 2012; SILVA et al., 2007).

A eficiência da adubação e seus efeitos sobre a planta dependem de uma série de fatores relacionados principalmente ao solo, à cultura em questão, ao sistema de cultivo e, ao tipo e dose de fertilizante utilizado (ALLEY E VANLAUWE, 2009; FERNANDES, 2006; ANDREOLA et al., 2000; FAGERIA, 1998). No caso da utilização de fertilizantes orgânicos, fatores bióticos e abióticos do meio são determinantes dos resultados.

Alguns estudos com fertilizantes orgânicos (QUEIROZ et al., 2011; VITTI et al., 2007; SANTOS et al., 1999) e minerais (PEDÓ et al., 2014; SILVA e SILVEIRA, 2012; CARDOSO e HIKARI, 2001; CECÍLIO FILHO et al., 1998) sugerem que a cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.), hortaliça com valor alimentício, responde de forma positiva e diferenciada às distintas adubações e doses. Entretanto, conforme apontam Minami e Tessarioli Neto (1997), em um material técnico para produtores, há uma escassez de estudos no Brasil sobre o manejo da adubação na cultura. Outros autores também ressaltaram a falta de pesquisas relacionadas a nutrição e resposta da cultura à aplicação de diferentes fertilizantes e doses (CARDOSO E HIKARI, 2001; COSTA et al., 2006; VITTI et al., 2007; QUEIROZ et al., 2011; RODRIGUES et al., 2013). No que se refere ao efeito do manejo da adubação sobre o valor nutricional do rabanete, a carência de estudo é ainda mais evidente, não sendo encontrada em pesquisa qualquer bibliografia a respeito.

Não obstante, alguns estudos, como os levantados e citados nos trabalhos de revisão de Lairon (2010), Borguini e Torres (2006), procuraram verificar o efeito da adubação no teor nutricional de outros vegetais. Entre os nutrientes estudados destaca-se a vitamina C (BORGUINI e TORRES, 2006). Entretanto os estudos não são conclusivos quanto ao tipo de efeito (positivo/negativo) dos diferentes tipos de adubação e doses de fertilizantes utilizados.

A vitamina C é um nutriente não sintetizado pelo homem e que, portanto, precisa ser fornecido através dos alimentos (LEE e KADER, 2000). Contudo, ela é amplamente encontrada em frutas e hortaliças na forma de ácido ascórbico ou na forma oxidada, ácido desidroascórbico, ambas com atividade vitamínica. Sua principal função no organismo é atuar como agente antioxidante (CAMPOS et al., 2008; CAMPOS et al., 2009). Nas plantas, onde é particularmente abundante, está ligada a uma série de processos fisiológicos. Atua como um potente agente antioxidante nas células, e participa como cofator de várias enzimas chaves do processo de fotossíntese, crescimento, divisão e expansão celular e, senescência (DANTAS et al., 2012).

Segundo Lee e Kader (2000), cerca de 90% da vitamina C fornecida ao homem é proveniente de hortaliças e frutas. A raiz do rabanete é reconhecida, entre outras características nutricionais, como fonte de vitamina C (LU et al., 2008; CAMARGO et al., 2007).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes adubações (mineral, orgânica e organomineral) e de diferentes níveis de adubação orgânica no teor final de vitamina C e na produção do rabanete.

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área da Agroecologia (Vale da Agronomia), na Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa, Minas Gerais, que apresenta as seguintes coordenadas geográficas: altitude de 651 m, latitude de 20°45'14" S e longitude 42°52'53".

Os rabanetes foram cultivados em vasos com diâmetro superior de 27 cm e volume total de 12 dm³. Foi usado como substrato subsolo misturado com areia, na proporção 2:1. A análise química e de textura do substrato, após calagem, encontra-se na Tabela 1. Foram empregados os seguintes tratamentos: T1 = AM – adubação mineral; T2 = OM1 – adubação organomineral 1 (3/4 AM + 1/4 AO); T3 = OM2 – adubação organomineral 2 (1/2 AM + 1/2 AO); T4 = OM3 – adubação organomineral 3 (1/4 AM + 3/4 AO); T5 = AO – adubação orgânica equivalente à adubação mineral; T6 = 2AO – dobro da adubação orgânica; T7 = 3AO – triplo da adubação orgânica; T8 = 4AO – quádruplo da adubação orgânica.

Tabela 1: Análise química e textura do substrato usado no experimento com rabanetes.

P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	pH	P rem	MO	V	Arg	Sil	Are
mg/dm ³					cmol _c dm ⁻³				H ₂ O	mg l ⁻¹	dag kg ⁻¹		%		
4.5	15	1.3	0.32	0	0.3	1.68	1.68	2.01	7.0	16	0.6	84	14	36	50

Onde: t = CTC efetiva; T = CTC total; P rem = fósforo remanescente; MO = matéria orgânica; V = saturação por base; Arg = argila; Sil = silte e; Are = areia.

O delineamento empregado foi o de blocos casualizados (DBC), com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando trinta e duas unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu de um vaso com três plantas distribuídas de forma equidistante na superfície (Anexo 1).

O tratamento 1 (AM) consistiu de adubação com nitrogênio - N, fósforo - P e Potássio K (NPK) + zinco - Zn + boro - B. A quantidade e fonte de cada nutriente foi: N - 0,31 g/planta na forma de sulfato de amônio (20 % no plantio + 40 % na 1ª cobertura + 40 % na 2ª cobertura); P₂O₅ - 0,21 g/planta na forma de superfosfato simples (no plantio); K₂O - 0,7 g/planta na forma de cloreto de potássio (20 % no plantio + 40 % na 1ª cobertura + 40 % na 2ª cobertura); B - 4,5 mg/planta (plantio) na forma de ácido bórax e Zn - 4 mg/planta (plantio) na forma de sulfato de zinco. As doses foram definidas a partir da absorção e acúmulo de nutrientes pela cultura (HAAG E MINAMI, 1987) esperando uma produtividade de até 60 g/planta e considerando os fatores de aproveitamento dos nutrientes de: 0,7; 0,33 e 0,8 para N,

P e K, respectivamente (GRANJEIRO et al., 2011).

Por sua vez, a adubação orgânica foi feita com composto orgânico de gliricídia, estrume de ovinos e gramíneas diversas, em dose contendo teores de nutrientes (NPK) equiparáveis à AM, estabelecida a partir dos resultados da análise de composição química (Tabela 2). A diferença de potássio foi fornecida na forma de sulfato, uma vez que, esse fertilizante é permitido em sistemas orgânico de produção (Sousa e Resende, 2006). Assim, os tratamentos com adubação orgânica foram: AO – 24 g de composto orgânico planta⁻¹ (base seca) no plantio + 0,58 g de K₂O na adubação de cobertura (50% + 50%); 2AO – 48 g de composto orgânico por planta (base seca) + 1,16 g de K (adubação de cobertura – 50% + 50%); AO – 72 g de composto por planta + 1,74 g de K₂O (adubação de cobertura – 50% + 50%) e; 4AO – 96 g de composto por planta + 2,32 g de K₂O (adubação de cobertura – 50% + 50%). Não foi realizado adubação com zinco (presente no composto), e a adubação com boro complementou as 4,5 mg/planta usadas na AM.

Os tratamentos com adubação organomineral (T2, T3 e T4) caracterizaram-se por proporções diferenciadas entre os fertilizantes da adubação mineral e orgânica, sendo: OM1 – $\frac{3}{4}$ AM + $\frac{1}{4}$ AO; OM2 – $\frac{1}{2}$ AM + $\frac{1}{2}$ AO e; OM3 – $\frac{1}{4}$ AM + $\frac{3}{4}$ AO.

Tabela 2: Análise química do composto orgânico (gliricídia + extrume de ovinos + gramíneas diversas).

N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N	Zn	Mn	Cu	B	pH
----- % -----							----- ppm -----					H ₂ O
1,29	0,36	0,48	1,43	0,3	0,44	11,7	9,07	98	516	31	13,8	6,5

A adubação de plantio foi realizada logo abaixo do “leito” da semente, em uma pequena cova. Esta adubação foi feita cinco dias antes da semeadura, e durante este intervalo os vasos foram irrigados e mantidos com umidade sempre próxima à capacidade de campo. A semeadura ocorreu no dia 30 de julho de 2013 com sementes da variedade Cometa. A primeira e segunda adubação de cobertura ocorreu, respectivamente, aos 14 e 20 dias após a semeadura (DAS), conforme a marcha de absorção dos nutrientes pela cultura (HAAG e MINAMI, 1987), seu crescimento (PEDÓ et al., 2010) e o ciclo da variedade. Durante o ciclo da cultura os vasos foram mantidos com a umidade sempre próxima à capacidade de campo. Aos 21 DAS foi feita uma escarificação do solo seguido da “amontoa” visando dar maior proteção às raízes.

Os rabanetes foram colhidos aos 34, 35 e 36 DAS, sendo um bloco no primeiro dia, dois blocos no segundo dia e um bloco no terceiro dia. Após serem colhidos os rabanetes

foram imediatamente levados para o laboratório pesados e preparados para a análise de vitamina C total (ácido ascórbico – AA + ácido desidroascórbico – ADA).

A extração e análise do AA foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Campos et al. (2009), com modificações. Para extração, cerca de 5 g das raízes dos rabanetes foram trituradas por aproximadamente 5 minutos em 15 cm³ de solução extratora (ácido metafosfórico a 3% , ácido acético a 8%, H₂SO₄ 0,3 N e 1 mM EDTA). O extrato obtido foi centrifugado a 4000 rpm (1789 g) por 15 minutos, filtrado a vácuo em funil de Büchner e diluído para 25 mL em balão volumétrico, com água ultrapura e acondicionado sob refrigeração (5 ± 1 °C) até o momento da análise.

Para conversão do ADA a AA e subsequente análise, uma alíquota de 1,0 mL de extrato obtido na etapa anterior foi pipetada em frasco âmbar, no qual foi adicionado solução tampão Trizma 1,2 M (pH 9,0) contendo 40 mM de DTT em volume suficiente para elevar o pH para próximo de 6,0. Em seguida, os frascos com os extratos foram acondicionados ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 10 minutos, para que ocorresse a reação de conversão. Logo após, foi adicionado solução de H₂SO₄ (0,4 M) para redução do pH (~ 2,0) (CAMPOS et al., 2009). Assim, a concentração de ADA foi calculada a partir da subtração da concentração de AA após a conversão da concentração anterior a conversão. O teor de Vitamina C total foi determinado a partir da soma do AA e ADA presentes nos rabanetes.

Os teores de AA foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), no Laboratório de Análise de Vitaminas (LAV) do Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa. A análise foi realizada utilizando um sistema de CLAE (Shimadzu, SCL 10AT VP, Japão), acoplado a um detector de arranjos de diodos (DAD) (Shimadzu, SPD-M10A). Utilizou-se coluna RP-18 (Lichrospher 100, 250 x 4 mm, 4 µm), equipada com coluna de guarda (Phenomenex ODS, 4 mm×3 mm); fase móvel composta de água ultrapura contendo 1 mM de NaH₂PO₄, 1mM de EDTA e pH ajustado para 3,0 com H₃PO₄; eluição isocrática a fluxo de 1,0 mL minuto⁻¹. Os cromatogramas foram obtidos a 245 nm (CAMPOS et al., 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística com auxílio do *software* ASSISTAT, de acesso livre. Para comparação entre as diferentes adubações foi aplicado teste de média Scott-Knot a 5% de probabilidade, protegido pela análise de variância (ANOVA) a 1% de probabilidade. Para verificar o efeito das doses de adubação orgânica sobre as variáveis analisadas foi aplicado o teste F e feita análise de regressão.

2.3. RESULTADOS

Comparando o efeito das diferentes adubações (mineral – T1; orgânica – T5 e organomineral – T2, T3 e T4) na produção, observou-se que os tratamentos com adubação organomineral apresentaram as maiores médias, sendo a média do T3 (1/2AM + 1/2AO) 29% superior a do T2 (3/4AM + 1/4AO), entretanto, não diferiram estatisticamente entre si. Por sua vez, os tratamentos com adubação mineral (T1) e adubação orgânica (T2) isoladas, resultaram em menores médias de produção, não diferindo entre si (Tabela 3).

Tabela 3: Produção média ($\pm$ erro padrão da media) de rabanetes cultivados com diferentes adubações.

Trat	Descrição	Produção (g/planta)
T1	Ad. Mineral (AM)	11,18 ($\pm$ 1,57) b
T2	3/4 AM + 1/4 AO	26,66 ($\pm$ 3,39) a
T3	1/2 AM + 1/2 AO	34,36 ($\pm$ 6,59) a
T4	1/4 AM + 3/4 AO	30,40 ($\pm$ 2,82) a
T5	Ad. Orgânica (AO)	11,56 ($\pm$ 1,65) b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). CV (%) = 28,58.

No que se refere aos níveis de adubação orgânica, observou-se um efeito quadrático sobre a produtividade do rabanete (Figura 1). O maior incremento na produtividade ocorreu entre o T5 (AO) e T7 (3AO), onde a produtividade passou de 11 g/planta para 38 g/planta. Este aumento corresponde a 86% do incremento total observado entre a menor e maior dose.

Quanto ao teor de vitamina C total (Tabela 4), o tratamento com adubação orgânica (T5) apresentou o maior valor (21,1 mg 100g⁻¹), enquanto o tratamento com adubação mineral (T1) apresentou o menor valor (9,75 mg 100g⁻¹), que não diferiu estatisticamente do valor encontrado no T2 (3/4 AM + 1/4 AO). Os tratamentos T3 (1/2 AM + 1/2 AO) e T4 (1/4 AM + 3/4 AO) apresentaram teores intermediários de vitamina C, diferindo estatisticamente dos outros tratamentos, mas não diferindo entre si. A contribuição do ácido desidroascórbico para o teor vitamina C total variou de 27 a 25% nos rabanetes com adubações mineral e orgânica, respectivamente, a 11% na adubação organomineral (média). Em termos quantitativos por planta, os tratamentos T3 e T4 apresentaram maiores quantidades de vitamina C.

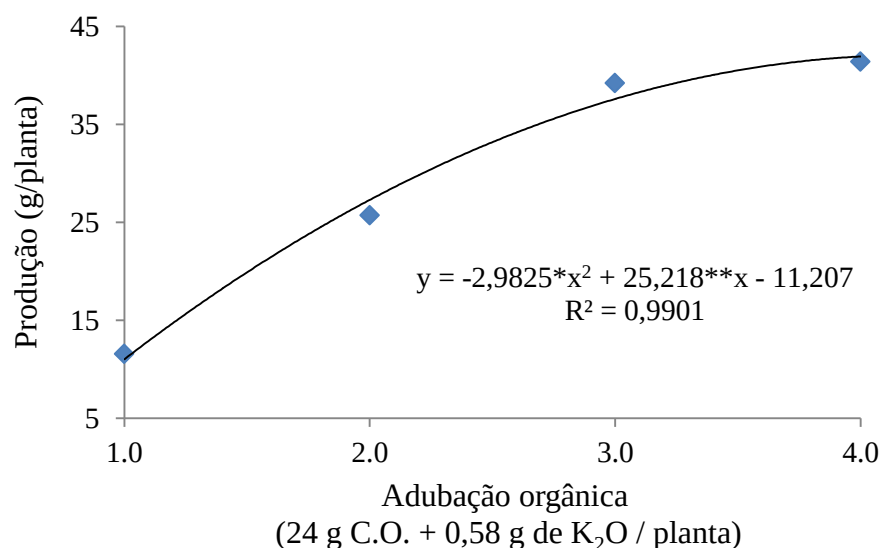


Figura 1: Modelo de regressão ajustado para a produção de rabanete em função da dose de adubação orgânica. (C.O. – Composto orgânico. *Coeficiente (β_i) significativo pelo teste F a 5% e ** β_i significativo pelo teste F a 1%. CV (%) = 17,27).

Tabela 4: Teor médio ($\pm$ erro padrão da média) de ácido ascórbico (AA), ácido desidroascórbico (ADA) e vitamina C total (Vit C) na matéria fresca de raízes de rabanetes cultivados com diferentes adubações. Dados referentes a matéria fresca (MF).

Trat	Descrição	AA	ADA	Vit C	Vit C
		-----	mg 100g ⁻¹ MF-----		mg/planta
T1	Ad. Mineral (AM)	7,19 ($\pm$ 0,7) a	2,56 ($\pm$ 0,3) b	9,75 ($\pm$ 0,6) c	1,07 ($\pm$ 0,12) c
T2	3/4 AM + 1/4 AO	10,37 ($\pm$ 1,4) a	1,36 ($\pm$ 0,2) b	11,72 ($\pm$ 1,2) c	3,05 ($\pm$ 0,29) b
T3	1/2 AM + 1/2 AO	13,68 ($\pm$ 2,3) b	1,35 ($\pm$ 0,2) b	15,03 ($\pm$ 2,1) b	4,81 ($\pm$ 0,48) a
T4	1/4 AM + 3/4 AO	14,39 ($\pm$ 0,5) b	1,76 ($\pm$ 0,7) b	16,16 ($\pm$ 0,6) b	4,88 ($\pm$ 0,42) a
T5	Ad. Orgânica (AO)	15,83 ($\pm$ 1,5) b	5,24 ($\pm$ 1,0) a	21,06 ($\pm$ 1,6) a	2,40 ($\pm$ 0,29) b
Coeficiente de Variação (%)		19,98	38,91	16,44	20,12

*Os grupos de médias seguidos pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (5%).

Em nosso estudo, as doses de composto orgânico afetaram negativamente o teor de ácido ascórbico, ácido desidroascórbico e vitamina C total (Figura 2). Os rabanetes que receberam 24 g/planta de composto orgânico + 0,58 g de K₂O (T5) apresentaram teor de vitamina C 28% superior aqueles com o quádruplo dos fertilizantes (T8). Entretanto, é importante observar que em quantidades absolutas de vitamina C (mg/planta), que associa teor (Figura 2) e produção de massa (Figura 1), houve um efeito positivo, quadrático, das doses de adubação. Os teores de AA e Vit C total nos rabanetes com adubação orgânica foram

maiores que os obtidos em rabanetes com adubação mineral independente das doses (Tabela 5).

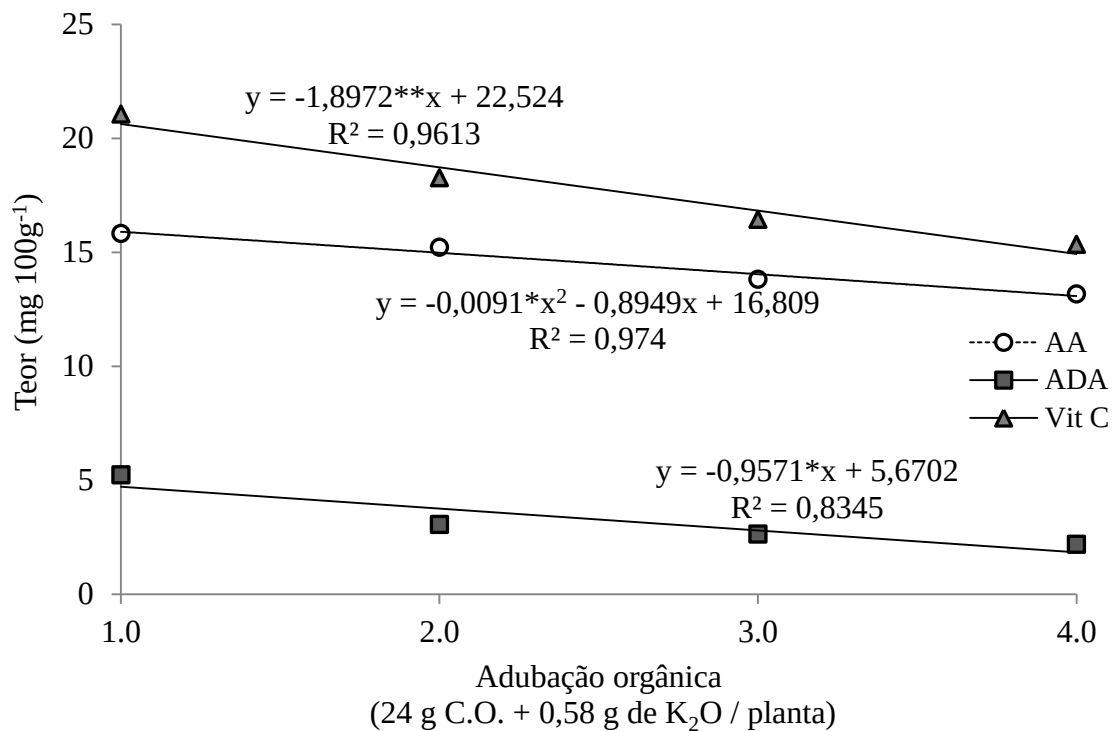


Figura 2: Modelo de regressão ajustado para o teor de ácido ascórbico (AA), ácido desidroascórbico (ADA) e vitamina C total (Vit C) em rabanete submetidos a diferentes doses de adubação orgânica. (C.O. – Composto orgânico. *Coeficiente (β_i) significativo pelo teste F a 5% e ** β_i significativo pelo teste F a 1%. CV (%) = 12,86; 47,89 e 11,18 respectivamente, para AA, ADA e Vit C).

2.4. DISCUSSÃO

A produção dos rabanetes com adubação mineral (AM) aquém do esperado e menor que as de outros tratamentos, se deve a estresses sofridos pelas plantas em decorrência de efeitos negativos ocasionados pelos fertilizantes utilizados. A dose de cloreto de potássio usada pode ter liberado íon cloreto (Cl^{-1}) na solução do solo além do ponto crítico tolerado pela cultura do rabanete (MARQUES et al., 2010), considerada moderadamente suscetível à salinidade (MAAS e HOFFMAN, 1977). Em seus estágios iniciais foi possível observar sintomas de estresse salino nas plantas, associado à toxidez de cloro, como folhas pequenas, cloróticas e com “queimaduras” no ápice e bordadura (DIAS e BLANCO, 2010). Conforme Meurer (2006) e, Epstein e Bloom (2006), altas doses de KCl podem afetar o desenvolvimento das plantas por toxicidade do cloro.

Segundo Dias (2004), Prisco e Gomes Filho (2010) a salinidade altera inicialmente a absorção de água, nutrientes e a permeabilidade das membranas, afetando o balanço hídrico e nutricional da planta e provocando mudanças no metabolismo, no balanço hormonal, nas trocas gasosas e na produção de espécies reativas de oxigênio. Todas essas mudanças comprometem a expansão e divisão celular e o crescimento vegetativo e reprodutivo das plantas.

O fornecimento de N na forma de sulfato de amônio pode ter contribuído para o agravamento do estresse das plantas, pois, embora as plantas também absorvam nitrogênio na forma de amônio, há um limite crítico para a maioria das culturas, acima do qual a concentração de amônio na planta pode ocasionar toxidez (EPSTEIN e BLOOM, 2006; BRITTO e KRONZUCKE, 2002).

Os fertilizantes utilizados também podem ter reduzido temporariamente o pH do solo próximo às raízes da planta, onde foram colocados (ALCARDE et al., 1998). Neste sentido, é importante observar que as características físicas-químicas do solo usado como substrato, tais como: teor de matéria orgânica e textura, conferem um baixo poder tampão ao solo, não possibilitando a atenuação dos efeitos negativos acima mencionados.

Quanto à adubação orgânica, a baixa produtividade pode ser explicada pelo curto espaço de tempo correspondente ao ciclo da cultura, que não possibilitou a completa mineralização do composto orgânico e liberação de alguns nutrientes, principalmente o nitrogênio, para a cultura (CARNEIRO et al., 2013; DALZELL, 1987). Deste modo o efeito positivo do aumento nas doses de adubação orgânica sobre a produção, possivelmente reflete

maior disponibilidade de nutrientes (principalmente N). Costa et al. (2006) não obtiveram interação ou efeito significativo de doses e fontes de adubos orgânicos na cultura do rabanete. Segundo os autores o fato pode ser explicado pelo teor de matéria orgânica e fertilidade do solo ter sido suficiente para o rabanete. Além disso, em decorrência de fatores climáticos adversos as plantas apresentaram produtividades aquém das encontradas na literatura o que, consequentemente, reduziu a exigência da fertilidade.

As boas produtividades obtidas com a adubação organomineral, independentemente da proporção, possivelmente está associado a uma interação positiva destas adubações. Muitos estudos têm demonstrado resultados positivos da adubação organomineral em diferentes culturas (OLIVEIRA et al., 2010; LUZ et al., 2010; SILVA et al., 2007; DALZELL, 1987). No rabanete, Reis et al. (2012) obtiveram maior massa seca de raiz e parte aérea em rabanete cultivado com a combinação de esterco bovino com fertilizantes minerais e esterco de galinha com fertilizantes minerais em relação à utilização isolada de cada fertilizante e a testemunha.

Em nosso estudo, observamos que substituindo apenas um quarto da adubação mineral por adubação orgânica não houve sintomas visíveis de estresse salino, de modo que, o T2 (OM1) apresentou uma produtividade 2,4 vezes superior ao T1 (AM) (Tabela 3). Segundo Cavalcante et al. (2010) a matéria orgânica mesmo não sendo considerada corretivo químico, exerce efeitos positivos na melhoria química e física dos solos salinizados, uma vez que, promove a liberação de CO₂, produz ácidos orgânicos e estimula a oxidação biológica e a atividade microbiana. Assim, a matéria orgânica adicionada via composto deve ter contribuído para imobilização de pelo menos parte significativa do cloreto, redução da condutividade elétrica, estabilização do pH, e um balanceamento adequado de NH₄ + NO₃, mitigando os efeitos danosos dos fertilizantes minerais utilizados (RADY, 2012; BRITO et al., 2008).

Os teores de vitamina C obtidos neste estudo estão próximos aos encontrados por outros autores no rabanete, e acima do teor médio apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO/NEPA, 2011), que é de 9,6 mg 100g⁻¹. Lu et al. (2008) estudando o valor nutricional de 42 cultivares chinesas de rabanete, encontraram teor total de vitamina C variando entre 14,66 e 33,41 mg 100g⁻¹.

No que se refere às proporções de AA e ADA nos teores de vitamina C total, Lee e Kader (2000) ressaltam a importância de se quantificar os teores de ambas as formas vitamínicas, pois, uma vez que o ADA pode ser facilmente convertido em AA no corpo humano, possibilita o conhecimento do real potencial de vitamina C do alimento. Contudo, os mesmos autores apontam que em muitas culturas hortícolas o teor médio de ADA representa

menos de 10% da vitamina C total. Em nosso estudo o percentual de ADA observado para os T1 (AM) e T5 (AO) foi de 26 e 25%, respectivamente (Tabela 4). Nas plantas, existem complexos enzimáticos que convertem ADA em AA, uma vez que, o ADA é um composto altamente instável, sendo degradado facilmente em relação ao AA (MARSCHNER, 2012). Ressalta-se assim a importância da análise de AA+ADA para a determinação do teor real de vitamina C nos vegetais.

Os resultados observados para os teores de AA e vitamina C no caso da adubação organomineral em relação à adubação orgânica e no caso dos níveis crescentes de adubação orgânica podem ser explicados, em parte, por um efeito “diluição”. Entretanto, é evidente que este não é o caso da diferença observada nos teores de vitamina C entre AO e AM (Tabela 4).

Maiores teores de vitamina C em alimentos adubados com fertilizantes orgânicos foram observados por outros autores. Toor et al. (2006) encontraram teores de ácido ascórbico em tomates cultivados com esterco de galinhas e palhada de trevo, em média, 30% superior aos tomates cultivados com fertilizantes minerais. Citak e Sonmez (2010) obtiveram maiores teores de vitamina C em espinafres cultivados com fertilizantes orgânicos por duas estações seguidas. Schuphan (1974), em um estudo clássico realizado na Alemanha, obteve valores médios de vitamina C em espinafre, repolho, batata e cenoura cultivados em áreas com adubação orgânica e rotação de culturas na ordem de 28% acima dos valores obtidos em sistema de produção com adubação mineral, a despeito de um decréscimo na produtividade da ordem de 40 – 50 %. Os dados referem-se a 12 anos de cultivo em dois tipos de solos. Ainda que não seja um consenso, as evidências apontam a favor dos alimentos orgânicos.

No Brasil ainda há pouco estudos comparando diferentes tipos de adubação e seu efeito no teor final de vitamina C, não sendo encontrados na literatura trabalhos referentes à cultura do rabanete. Contudo, ainda que com pouca expressividade, houve nos últimos anos um crescimento no número de estudos verificando o efeito da adubação ou sistema de cultivo na composição nutricional dos alimentos, em especial no teor de vitamina C (HUBER et al., 2011; LAIRON, 2010). Porém, não têm sido verificados estudos que consigam explicar de que forma os diferentes manejos das culturas influenciam no teor final de alguns constituintes, como as vitaminas.

Não obstante, em termos da adubação orgânica, é conhecido que substâncias húmicas resultantes do processo de decomposição da matéria orgânica (adicionada através de fertilizantes orgânicos) influenciam o metabolismo da planta de diferentes maneiras por meio de mecanismos ainda não muito claros (CANELLAS et al., 2006; NARDI et al., 2002). Alguns estudos, por exemplo, mostram que substâncias húmicas interferem de alguma forma

na absorção de nutrientes e no crescimento das plantas (YHERAGUIBEL et al. 2008), podendo até mesmo exercer efeito-hormônio na planta, interferindo em diferentes etapas e processos de seu metabolismo (TREVISAN et al., 2010; NARDI et al., 2002). Deste modo, uma hipótese possível para explicar os melhores resultados da adubação orgânica, seria um provável efeito de substâncias húmicas resultantes do composto orgânico sobre a fisiologia das plantas de rabanete, interferindo na produção e/ou acúmulo de vitamina C.

Outro fato que já é bem registrado, é que a adubação orgânica condiciona positivamente características físico-químicas e biológicas do solo, proporcionando um ambiente propício para o desenvolvimento das raízes o que favorece uma absorção equilibrada dos nutrientes pelas plantas (CARDOSO et al., 2011; PRIMAVESI, 2006; KIEHL, 1985), o que por sua vez, favorece seu crescimento e desenvolvimento de forma “balanceada”. Por outro lado, quando as plantas são submetidas à adubação mineral, ficam sujeitas a uma série de condições adversas e/ou instáveis, pois sabe-se que os fertilizantes altamente solúveis, em menor ou maior grau, a depender de sua fórmula e das características do ambiente (solo e clima) onde são colocados, alteram o pH do solo (CATANI e GALLO, 1954), a condutibilidade elétrica (SILVA et al., 2001), a composição da solução do solo, e a disponibilidade dos nutrientes (ERNANI et al., 2007). Esses fatores por sua vez, afetam o desenvolvimento e a fisiologia das raízes, e conseqüentemente o estado nutricional das plantas (MARCHENER, 2012). Ainda que muitas vezes esses efeitos não sejam suficientes para ocasionar sintomas visíveis ou queda/aumento na produtividade, eles podem de alguma forma interferir no metabolismo das plantas, especialmente na produção de metabólitos secundários, que é diretamente afetada pelo balanço nutricional (MARIN et al., 2009; TAIZ e ZEIGER, 2013; BRANDT e MOLGAARD, 2001; HAUKIOJA et al., 1998).

Diante disso, outra hipótese que pode explicar os maiores teores de vitamina C nos rabanetes com adubação orgânica, seria as melhores condições de adaptação e desenvolvimento do sistema radicular e fornecimento equilibrado de nutrientes às plantas, enquanto o estresse sofrido pelos rabanetes com adubação mineral, ao alterar seu status nutricional, provocou uma menor produção e/ou acúmulo. Além disso, o composto orgânico fornece outros nutrientes (micronutrientes) muitas vezes negligenciados na adubação mineral (DALZELL, 1987), e que podem interferir em rotas diretamente ou indiretamente associadas a produção e/ou acúmulo e degradação de ácido ascórbico e ácido desidroascórbico, caso, por exemplo, do cobre – Cu (MARSCHNER, 2012). Para Ibrahim et al. (2013) este fato explicaria os maiores teores de metabólitos secundários, inclusive ácido ascórbico, em plantas de *Labisia pumila* B. adubados com fertilizantes orgânicos.

Por sua vez, a redução nos teores de AA, ADA e Vit C com aumento da adubação orgânica pode estar relacionada ao maior fornecimento de N, presente no composto orgânico (Tabela 2) (IBRAHIM et al., 2013). Lee e Kader (2000) apresentam estudos com diferentes culturas que correlacionam negativamente doses de N com o teor final de vitamina C.

A maior ou menor disponibilidade de nutrientes no solo, em condições de serem absorvidos pela planta, pode acelerar a rota metabólica primária das plantas através do processo de assimilação de nutrientes em composto carbônicos, desta forma, quando o processo de assimilação é mais intenso uma quantidade menor de compostos carbônicos é destinada às rotas metabólicas secundárias (GOBBO-NETO e LOPES, 2007; BRANDT e MOLGAARD, 2001; HAUKIOJA et al., 1998). Com o aumento na produção de metabólitos primários e consequente crescimento do tecido considerado, pode ocorrer um processo de “diluição” dos metabólitos secundários produzidos, por isso, muitos autores associam o aumento da produção com a diminuição nos teores de alguns nutrientes nas plantas.

Os resultados deste trabalho ressaltam a importância e necessidade de estudos com o objetivo de elucidar de que forma o tipo de adubação e as doses de fertilizantes interferem na produção e/ou acúmulo de vitamina C nas diferentes culturas. Especial foco deve ser dado na relação entre os diferentes nutrientes minerais das plantas e esse metabólito. Neste sentido, as hipóteses levantadas neste trabalho, a partir dos estudos de outros autores, poderão ser exploradas em outros estudos.

2.5. CONCLUSÕES

Rabanetes cultivados com adubação orgânica, nas condições do presente estudo, apresentam maiores teores de vitamina C que aqueles cultivados com adubação mineral ou organomineral.

O uso de doses crescentes de adubação orgânica aumentou a produção do rabanete, mas por outro lado, reduziu os teores de vitamina C.

As adubações organomineral, independente das proporções empregadas, resultaram nas maiores produtividades, e teores intermediários de vitamina C nos rabanetes, deste modo, é o tipo de adubação recomendada para obter o equilíbrio entre produção e qualidade do rabanete.

2.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C. et al. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3ª ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35p. (Boletim Técnico, 3).
- ALLEY, M. M.; VANLAUWE, B. **The Role of Fertilizers in Integrated Plant Nutrient Management**. 5th ed. Paris: International Fertilizer Industry Association/ International Centre for Tropical Agriculture (Institute Tropical Soil Biology and Fertility), 2009. 59 p.
- ANDRADE, E. M. G. et al. Adubação orgânomineral em hortaliças folhosas, frutos e raízes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, 2012, pp. 07 - 11.
- ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 24, 2000. pp. 867 – 874.
- BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas**. Porto Alegre, RS: Gênese, 2008. 344 p.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. da S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, n. 2, pp. 64-75, 2006.
- BRANDT, K.; MOLGAARD, J. P. Featured Article Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 81, 2001, pp. 924 – 931.
- BRITO, L. M. et al. Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2008, p.1959-1968.
- BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. **Journal of plant physiology**, v. 159, 2002, pp. 567 – 584.
- CAMARGO, G. A. et al. Bebidas naturais de frutas perspectivas de mercado, componentes funcionais e nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.1, p.181-195, 2007.
- CAMPOS, F. M. et al. Optimization of methodology to analyze ascorbic and dehydroascorbic acid in vegetables. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 87-91, 2009.
- CANELLAS, L. P. et al. Efeitos fisiológicos de substâncias húmicas – o estímulo às H^+ -ATPASES. In. FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006, 432 p.
- CARDOSO, A.I.I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 196-199, 2001.

CARDOSO, P. C. et al. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, v. 126, 2011, 411–416.

CARNEIRO, W. J. de O. et al. Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de ciências do solo**, v. 37, n. 3, 2013, pp. 715-725.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo d e fertilizantes. **Bragantia**, v. 13, n. 6, 1954, pp. 75 – 83.

CAVALCANTE, L. F. et al. Recuperação de solos afetados por sais. In. GHEYI, H. R. et al. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura**: estudo básico e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010.472 p. il.

CECILIO FILHO, A. B. et al. Deficiência nutricional e seu efeito na produção de rabanete. **Científica**, v. 26, n. 1, 1998. pp. 231 – 241.

CITAK, S.; SONMEZ, S. Effects of conventional and organic fertilization on spinach (*Spinacia oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 4, 2010, pp. 415 – 420.

COSTA, C. C. et al. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, 2006, pp. 118 - 122.

CRISP, P.. Radish, *Raphanus sativus* (Cruciferae). In: SMARTT, J., SIMMONDS, N.W. editors. **Evolution of crop plants**. 2 ed. Reino Unido: Longman Scientific & Technical, 1995. pp. 86–89.

DALZELL, H. W. (ed.). **Soil management**: compost production and use in tropical and subtropical environments. Food e Agriculture Org., 1987.

DANGOUR. A. D. et al. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. **The American Journal of Clinical Nutrion**, v. 90, pp. 680 – 685, 2009.

DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In. GHEYI, H. R. et al. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura**: estudo básico e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010.472 p. il.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p. il.

ERNANI, P.R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n. 2, 2007, pp. 393-402.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.2, 1998, pp. 6 – 16.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, 2007, pp. 374 - 381.

GRANGEIRO, L. C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, 2011, pp. 11-16.

HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. LXXIV. Marcha de absorção de nutrientes pela cultura do rabanete. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v. 44, 1987, pp. 409-418.

HAUKIOJA, E. et al. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization? **Chemoecology**, v. 8, 1998, pp. 133–139.

HUBER, M. et al. Organic food and impact on human health: Assessing the *status quo* and prospects of research. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 58, n. 3 – 4, pp. 103 – 109, 2011.

IBRAHIM, M. H. et al. Impact of organic and inorganic fertilizers application on the phytochemical and antioxidant activity of Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Benth). **Molecules**, v. 18, n. 9, 2013, pp.10973-88.

ISHERWOOD, K. F. **Mineral Fertilizer Use and the Environment**. Paris: IFA (International Fertilizer Industry Association)/UNEP (United Nations Environment Programme), 2000.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492 p.

LAIRON. D.. Nutritional quality and safety of organic food - A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n. 1, pp. 33 – 41, 2010.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, 2000, pp. 207-220.

LU, Z. et al. Analysis and Evaluation of Nutritional Quality in Chinese Radish (*Raphanus sativus* L.). **Agricultural Sciences in China**, v. 7, n. 7, 2008, pp. 823 - 830.

LUZ, J. M. Q. et al. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, 2010. pp. 373-377.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, n.1r2, p.115-134, 1977.

MARQUES, D. J. et al. Efeito do estresse mineral induzido por fontes e doses de potássio na produção de raízes em plantas de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, 2010, pp. 7-12.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MESQUITA, G. M. et al. Produção de rabanete cultivado sob diferentes doses de boro com presença e ausência de calagem. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 2, 2011, pp. 18 – 26.

MEURER, E. J. Potássio. In: Fernandes, M. S. (ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006, pp. 281 – 298.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **Rabanete**: cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argilosos. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27 p. il. (Série Produtor Rural).

NARDI, S. et al. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 34, 2002, pp. 1527 – 1536.

OLIVEIRA, A. E. S. D. et al. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas de melão em Mossoró – RN - Brasil. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 5, n. 3, 2010, pp. 53 – 58.

PEDÓ, T. et al. Análise de crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2014.

PEDÓ, T. et al. Crescimento de três cultivares de rabanete (*Raphanus sativus*) ao longo da ontogenia das plantas. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 4, n.3, 2010, pp.17-21.

PIMENTEL, M. S. et al. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. **Pesquisa Agropecuário Tropical**, v. 39, n. 3, 2009, pp. 225-232.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. 18 ed. São Paulo: Nobel, 2006.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R. et al. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura**: estudo básico e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010.472 p. il.

QUEIROZ, T. B. et al. Produtividade de rabanete cultivado sob doses de biofertilizante suíno. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n.2, 2011, pp. 1 – 5.

RADY, M. M. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. **South African Journal of Botany**, v. 81, 2012, pp. 8 – 14.

REIS, J. M. R. et al. de A. Combinação de fertilizantes na produção de rabanete. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, 2012, pp. 438 – 444.

RODRIGUES, J. F. et al. Utilização de esterco em substituição a adubação mineral na cultura do rabanete. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, V. 7, N.2, 2013, pp. 160 – 168.

- SANTOS, C. M. P. R. et al. Efeito de doses crescentes de composto de lixo no desenvolvimento de *Raphanus sativus*. In: encontro de iniciação científica, mostra de pós-graduação, 4., 1999. Taubaté. **Anais eletrônicos**. Taubaté: UNITAU, 1999.
- SCHUPHAN, W. Nutritive value of crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatments. **Qualitas Plantarum: plant foods for human nutrition**, v. 23, n. 4, pp. 333-358, 1974.
- SILVA, C. R. M. da, SILVEIRA, M. H. D. Fertirrigação da cultura do rabanete com diferentes dosagens de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, 2012b, pp. 946 – 53.
- SILVA, L. F. O. da et al. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v. 59, n.5, pp. 624- 629, 2012a.
- SILVA, M. A. G. da et al. Efeito do cloreto de potássio na salinidade de um solo cultivado com pimentão, *Capsicum annuum* L., em ambiente protegido. **Acta Scientiarum** , v. 23, n. 5, 2001, pp. 1085-1089.
- SILVA, R. G. et al. Produtividade de milho em diferentes sistemas produtivos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n.2, 2007, pp. 136 – 141.
- SOUZA JL; REZENDE PL. **Manual de horticultura orgânica**. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.
- TACO/NEPA - TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA – UNICAMP. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011. 161 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p
- TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P.; HEEB, A. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n.1, 2006, pp. 20 – 27.
- TREVISAN, S. et al. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: from environmental aspects to molecular factors. **Plant Signaling e Behavior**, v. 5, n. 6, 2010, pp. 635-643.
- VITTI, M. R. et al. Resposta do rabanete a adubação orgânica em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.
- YAMANE K, Lü N.; OHNISHI, O. Multiple origins and high genetic diversity of cultivated radish inferred from polymorphism in chloroplast simple sequence repeats. **Breeding Science**, v. 59, pp. 55 – 65, 2009.
- YHERAGUIBEL, B. et al. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 10, 2008, pp. 4206 – 4212.

3. CAPÍTULO 2

Rendimento e acúmulo de minerais pela cultura do rabanete cultivado com diferentes níveis de adubação mineral e orgânica

RESUMO: Estudos sobre o rendimento das culturas e extração de nutrientes em função do aumento da adubação são importantes para subsidiar estratégias que garantam a máxima eficiência no uso dos fertilizantes. Por sua vez, o conhecimento dos teores de nutrientes nas culturas revela seu potencial nutritivo para o homem. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção da cultura do rabanete e a extração de nutrientes pelas plantas quando submetidos a níveis crescentes de adubação mineral e de adubação orgânica. Rabanetes foram cultivados em vasos, em casa de vegetação, recebendo 10 tratamentos: 5 níveis de adubação mineral e 5 níveis de adubação orgânica. Foram avaliados a produção de matéria seca da raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca relativa da raiz (MSRr) e a concentração de K, N, P, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mg na parte aérea e raiz dos rabanetes. A partir da produção e dos teores foi calculado a extração de nutrientes pela cultura para cada tratamento. Os níveis de adubação mineral e adubação orgânica tiveram efeito significativo positivo na produção de MFR, MSR e MSPA, entretanto reduziram a MSRr. Os teores de N, P e K aumentaram, enquanto os de Ca reduziram com o aumento nas doses de ambas as formas de adubação. Os teores de Mg na raiz aumentaram com as doses de adubação mineral, enquanto os teores de Cu na parte aérea reduziram. Resultados inversos para Mg e Cu foram obtidos com adubação orgânica. Apenas a maior dose de adubação orgânica resultou em produção de MFR equiparável a adubação mineral. Independente da adubação e níveis a extração de nutrientes pela cultura seguiu a seguinte ordem $K > N > Ca > P > S > Mg$ e $Fe > Mn > Zn > Cu$.

Palavras-chave: *Raphanus sativus* L., nutrição mineral, adubação orgânica, absorção.

3.1. INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.) é uma espécie hortícola com valor alimentício, de pequeno porte e ciclo anual, da família botânica *Brassicaceae*, (FILGUEIRA, 2008). Seu consumo ocorre principalmente na forma de saladas e conservas (SILVA et al., 2012). As melhores condições para seu cultivo são temperatura amena (20 – 30° C), e solos bem drenados (franco-arenosos), com boa fertilidade e disponibilidade de água durante todo o seu ciclo (MINAMI e TESSARIOLI NETO, 1997). Atualmente, é cultivado em várias regiões do mundo, principalmente na região do Mediterrâneo, de onde acredita se que seja originário (CRISP, 1995), e na Ásia (YAMANE K e OHNISHI, 2009). No Brasil, mais de 90% da produção e consumo ocorrem nas regiões Sudeste e Sul, sendo os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul os maiores produtores e consumidores (IBGE, 2011).

Sabe se que a adubação é um dos principais fatores que afetam o crescimento e rendimento das culturas agrícolas (ALLEY E VANLAUWE, 2009; ISHERWOOD, 2000; FAGERIA, 1998), principalmente as olerícolas (FILGUEIRA, 2008), bem como sua qualidade final, e no caso dos alimentos, sua composição nutricional (DANGOUR et al., 2009). Entre outros fatores, esses efeitos variam de acordo com as características do solo, variedade, com o tipo de adubação, a dose e o tipo de fertilizantes usados (FAO, 2006).

Alguns estudos com fertilizantes orgânicos (SANTOS et al., 1999; VITTI et al., 2007; QUEIROZ, 2011) e minerais (PEDÓ et al., 2014; MAIA et al., 2011; CARDOSO e HIKARI, 2001; CECÍLIO FILHO et al., 1998) sugerem que a cultura do rabanete, à semelhança da maioria das hortaliças (MESQUITA et al., 2011), responde de forma positiva, ainda que diferenciada, a distintas adubações, doses e tipos de fertilizantes. Outros estudos, no entanto, não mostraram resposta da cultura a adubação orgânica (COSTA et al., 2006; RODRIGUES et al., 2013) e mineral (SILVA e SILVEIRA, 2012)

Não obstante, no Brasil, ainda são escassas as publicações sobre a nutrição e resposta da cultura do rabanete à aplicação de diferentes fertilizantes e doses (MINAMI e TESSARIOLI NETO, 1997; CARDOSO e HIKARI, 2001; COSTA et al., 2006; VITTI et al., 2007; NARLOCH et al., 2009; QUEIROZ et al., 2011; RODRIGUES et al., 2013) e, principalmente, no que se refere a absorção e acúmulo de nutrientes pela cultura. Neste sentido, destacam-se os trabalhos realizados por FURLANI et al. (1978) e HAGG e MINAMI (1988). Coutinho et al. (2010) analisaram a produção de matéria seca e estado

nutricional (teores de N, K, Ca e Mg) do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica, entretanto, o trabalho limitou-se a avaliação do efeito na parte aérea das plantas.

Estudos sobre a produção das culturas agrícolas em função do fornecimento e disponibilidade de nutrientes no solo é de fundamental importância para que os produtores adotem práticas otimizadoras da fertilização, contribuindo para o aumento no rendimento das culturas e/ou redução de custos de produção e problemas ambientais decorrentes da lixiviação e carreamento pela erosão dos nutrientes e, se for o caso, do processo de obtenção dos fertilizantes (ALLEY E VANLAUWE, 2009; ISHERWOOD, 2000). Por sua vez, o conhecimento dos teores de nutrientes minerais presentes nos diversos órgãos das plantas, bem como da sua capacidade de absorção e acúmulo em determinadas condições, possibilitam o conhecimento da quantidade de nutrientes extraídos pela cultura do solo, e a proporção entre eles, sendo de suma importância para subsidiar programas de adubação (ALCARDE et al., 1998). Além disso, os teores de nutrientes acumulados nas partes alimentícias das culturas refletem seu valor nutricional para alimentação humana (KARLEY e WHITE, 2009; FURLANI et al., 1978).

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi analisar a produção e acúmulo de minerais pela cultura do rabanete, cultivada com doses crescentes de adubação NPK e de adubação orgânica.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Setor de Fruticultura, no *campus* da Universidade Federal de Viçosa (UFV), município de Viçosa, Minas Gerais, que apresenta as seguintes coordenadas geográficas: altitude 651 m, latitude de 20°52'40" S e longitude 42°52'40" W. A classificação climática da região, segundo Koppen (1948), é "Cwa", caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e secas no inverno.

Os rabanetes foram cultivados em vasos com diâmetro superior de 27 cm e volume total de 12 dm³, sendo usado como substrato subsolo misturado com areia na proporção 2:1. A análise química e de textura do substrato, após calagem, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Características químicas e granulométricas do substrato (solo) usado no experimento.

P ¹	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	pH	P rem	MO	V	Arg	Sil	Are
mg/dm ³					cmol _c	dm ⁻³			H ₂ O	mg l ⁻¹	dag kg ⁻¹		%		
4.5	15	1.3	0.32	0	0.3	1.68	1.68	2.01	7.0	16	0.6	84	14	36	50

Onde: t = CTC efetiva; T = CTC total; P rem = fósforo remanescente; MO = matéria orgânica; V = saturação por base; Arg = argila; Sil = silte e; Are = areia. ¹ Extraído com Melich 1.

Os tratamentos adotados consistiram em cinco doses crescentes de fertilizantes usados na adubação mineral e na adubação orgânica. Os tratamentos com adubação mineral foram: T1 = AM (adubação mineral); T2 = 1,5AM; T3 = 2AM; T4 = 2,5AM e; T5 = 3AM. Os tratamentos com adubação orgânica foram: T1 = AO – adubação orgânica equiparável à adubação mineral; T7 = 2AO; T8 = 4AO; T9 = 8AO e; T10 = 16AO. O delineamento foi em blocos inteiramente casualizados (DBC) para as variáveis relacionadas ao rendimento da cultura. Ao todo, foram 10 tratamentos e seis repetições, totalizando sessenta unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu de um vaso com três plantas distribuídas de forma equidistante na superfície (Anexo 1 – Imagem 1 e 2). Para análise dos teores de nutrientes, foram constituídas quatro amostras aleatórias dos rabanetes de cada tratamento.

A adubação mineral foi à base de NPK, boro e zinco (HAAG e MINAMI, 1987; CECÍLIO FILHO et al., 1998; FILGUEIRA, 2008). O tratamento T1 (AM) recebeu: 0,18 + 0,12 + 0, 36 g/planta de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e ainda 4,5 mg de boro e 4 mg de zinco. O N e K₂O foram distribuídos no plantio (20 %) e em adubação de cobertura (80%). As quantidades usadas foram estabelecidas a partir da absorção e acúmulo pela cultura (Haag e Minami, 1987), esperando se uma produção mínima de raiz de 30 g/planta e considerando os fatores de aproveitamento dos nutrientes (*f*) pela cultura de 0,6, 0,3 e 0,7 respectivamente,

para N, P_2O_5 e K_2O . Os f foram estipulados a partir das características do solo, cultura, fertilizantes e da forma de cultivo (GRANJEIRO et al., 2011). Os outros tratamentos receberam proporcionalmente ao T1, dosagens crescentes de NPK conforme segue a constante de multiplicação: T2 = 1,5; T3 = 2,0; T4 = 2,5 e T5 = 3,0. Os fertilizantes utilizados foram o nitrato de potássio (fonte de K e N), sulfato de amônio (fonte de N), superfosfato simples (fonte de P), ácido bórico (fonte de B) e sulfato de zinco (fonte de Zn).

Por sua vez, a adubação orgânica foi feita com composto orgânico (de gliricídia (*Gliricidia sepium*) + esterco de ovinos + gramíneas diversas) em dose contendo quantidades de nutrientes (N-P-K) equiparáveis à AM (T1), levando em consideração os resultados da análise de composição química (Tabela 2). A diferença de potássio foi fornecida na forma de sulfato, permitido em sistemas orgânicos de produção agrícola (Sousa e Resende, 2006). Assim, o tratamento com adubação orgânica, T6 (AO), foi constituído por 15 g de composto/planta (base seca, no plantio) + 0,525 g de K_2SO_4 (em adubação de cobertura). Não foi realizado adubação com zinco (presente no composto), e a adubação com boro visou complementar a diferença entre a quantidade fornecida pela AO e as 4,5 mg/planta fornecidas na AM. Os outros tratamentos receberam proporcionalmente ao T6, doses crescentes de composto orgânico e K_2SO_4 conforme segue a constante de multiplicação: T7 = 2,0; T8 = 4,0 e T9 = 8,0 e T10 = 16,0.

Tabela 2: Análise química do composto orgânico.

N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N	Zn	Mn	Cu	B	pH
----- % -----								----- mg kg ⁻¹ -----				H ₂ O
1,29	0,36	0,48	1,43	0,3	0,44	11,7	9,07	98	516	31	13,8	6,5

A adubação de plantio foi realizada logo abaixo do “leito” da semente três dias antes da semeadura e os vasos irrigados em seguida. Três sementes de rabanete da variedade Cometa foram colocadas em três pontos equidistantes entre si, na superfície do vaso. Quatorze dias após a semeadura (DAS) foi feito o desbaste deixando apenas três plantas por vaso. A adubação de cobertura foi parcelada em doses iguais conforme a Tabela 3. As datas foram definidas a partir da marcha de absorção dos nutrientes pela cultura (Haag e Minami, 1987), seu crescimento (Pedó et al., 2010), o ciclo da variedade, e as características do solo. Durante todo o ciclo, os rabanetes foram irrigados por gotejamento, com quantidade de água suficiente para manter o solo sempre úmido.

Tabela 3: Calendário de realização de adubação de cobertura para cada tratamento de acordo com as doses crescentes de adubação mineral (AM) e adubação orgânica (AO).

Trat	Descrição	Datas do parcelamento da adubação de cobertura					
		----- Dias após a semeadura – DAS -----					
T1	AM	14	21	-	-	-	-
T2	1,5AM	14	19	24	-	-	-
T3	2AM	14	18	21	24	-	-
T4	2,5AM	12	15	18	21	24	-
T5	3AM	12	15	18	20	22	24
T6	AO	14	21	-	-	-	-
T7	2AO	14	18	21	24	-	-
T8	4AO	14	18	21	24	-	-
T9	8AO	12	15	18	20	22	24
T10	16AO	12	15	18	20	22	24

Aos trinta e quatro dias após a semeadura os rabanetes foram colhidos e pesados para determinar a produção de raízes por tratamento e a massa média de matéria fresca das raízes (MFR) (g/planta). Em seguida, amostras de raízes foram levadas para secarem em estufa com circulação forçada de ar (65° C) para determinar a massa da matéria seca da raiz (MSR) (g/planta) e a massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA) (g/planta). Pela razão entre MSR e MFR foi calculada a massa seca relativa da raiz (MSRr).

Após a determinação da produção, a parte aérea e raízes das plantas correspondentes a cada tratamento foram somadas, formando uma porção única, a partir da qual foram compostas quatro repetições para análise dos teores de minerais na raiz e na parte aérea das plantas. Foram analisados: potássio (K), nitrogênio (N), cálcio (Ca), fósforo (P), enxofre (S), magnésio (Mg), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu). As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da Universidade Federal de Viçosa. O teor de N-total foi determinado pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1985). Após digestão nitro-perclórica, os teores de K e P, foram determinados, respectivamente, por fotometria de emissão de chama e por calorimetria (BRAGA e DEFELIPO, 1974), e os teores de Ca, Mg, S e micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) determinados por espectrofotometria de absorção atômica (CARMO et al., 2000).

Os dados foram submetidos, após análise de variância (5% e 1%), a análise de regressão para verificar o efeito dos níveis de cada adubação nas variáveis analisadas. Os dados de produção e dos teores de nutrientes dos tratamentos com adubação orgânica foram comparados com os dados do tratamento com adubação mineral (T1) usando-se ANOVA e teste de Dunnet, ambos a 5%. Os testes foram realizados com auxílio do *software* estatístico ASSISTAT (versão 7.7 beta) de acesso livre (SILVA e AZEVEDO, 2009).

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Dados de Produção

As doses crescentes de adubação mineral e de adubação orgânica tiveram efeito significativo positivo sobre todas as variáveis de produção (Figura 1). Foi observado um efeito quadrático dos níveis de adubação mineral sobre a MFR e MSR (Figura 1A). A máxima produção de MFR (g/planta) foi estimada para uma adubação mineral equivalente a 2,68 AM, já a máxima produção de MSR foi estimada para a dose de 2,45AM. Quanto a MSPA observou-se um efeito linear positivo das doses de adubação mineral (Figura 1A). Por sua vez, os níveis de adubação orgânica teve efeito linear sobre a produção de MFR, MSR e MSPA (Figura 1B).

Em termos de valores relativos (MSRr), houve uma redução linear na matéria seca dos rabanetes com aumento na dose dos fertilizantes tanto para adubação mineral quanto orgânica (Figura 1). Esta redução foi da ordem de 11% para a adubação mineral e de 27% para adubação orgânica, entre a menor e a maior dose de cada adubação.

Os rabanetes tratados com adubação orgânica tiveram uma produção de MFR aquém das obtidas com adubação mineral, sendo que, apenas o T10 (16AO) apresentou produção comparável ao T1 (AM) – tratamento controle (Tabela 4). Quanto a MSR e MSPA os tratamentos T9 (8AO) e T10 (16AO) tiveram produções estatisticamente iguais às obtidas no tratamento controle (Tabela 4).

Tabela 4: Produção de matéria fresca de raiz (MFR), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de rabanetes cultivados com doses crescentes de adubação orgânica em comparação ao tratamento com AM². (Viçosa, 2013).

Variável	Adubação orgânica ¹					Controle AM ²	CV (%)
	1x	2x	4x	8x	16x		
	----- g/planta -----						
MFR	4.51*	8.95*	15.74*	23.36*	27.72	29.44	17,89
MSR	0.35*	0.65*	0.97*	1.42	1.57	1.60	24,9
MSPA	0.23*	0.38*	0.61*	0.79	0.87	0.98	17,9

¹ (15g de Composto orgânico + 0,525 g de K₂SO₄ / planta); ²Adubação mineral (0,18g N + 0,12g P₂O₅ + 0, 36g K₂O/planta). *Média difere estatisticamente da média do tratamento controle pelo teste de Dunnet (5%).

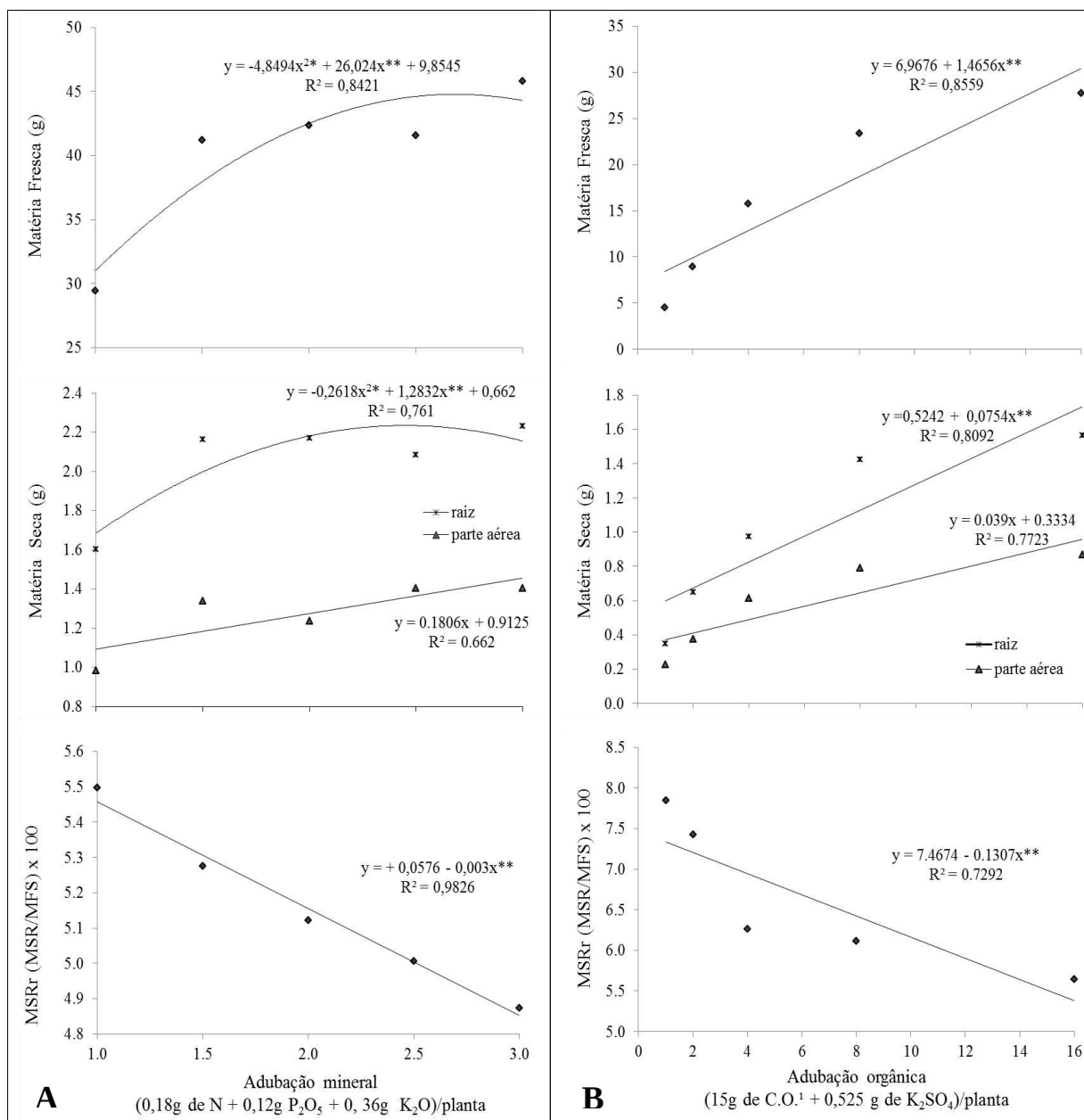


Figura 1: Produção de plantas de rabanetes cultivados com doses crescentes de adubação mineral N-P-K (A) e de adubação orgânica (B). Viçosa, 2013.

¹ Composto orgânico; MSRr = matéria seca relativa da raiz (dada por: Matéria Seca da Raiz – MSR / Matéria Fresca da Raiz – MFR). **Coeficiente significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. *Coeficiente significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F. (CV (%), A - B, dos dados referentes a matéria fresca da raiz, matéria seca da raiz, matéria seca da parte aérea, e MFRr, respectivamente, foi: 11,98 – 19,71; 13,03 – 19,01; 15,16 – 21,24 e 9,01 – 11,06.

3.3.2. Extração e teor de nutrientes

As maiores doses de adubação mineral e de adubação orgânica resultaram em maiores concentrações de N, P e K nas raízes e na parte aérea das plantas de rabanetes (Figura 2 e 3). Os maiores teores, associados às maiores produções, levaram a um maior acúmulo desses

nutrientes (Tabela 6). O K representou entre 9,1 e 10,9% da matéria seca da raiz e entre 9,1 e 11,5% da matéria seca da parte aérea das plantas cultivadas com adubação mineral (Figura 2) e sua extração variou de 234 a 399 $\mu\text{g/planta}$ entre a menor e a maior dose.

Nos rabanetes cultivados com adubação orgânica também houve um efeito linear positivo das doses de adubação sobre a concentração de K na parte aérea e raiz (Figura 3). Seu acúmulo pelas plantas variou de 39,1 a 252 $\mu\text{g/planta}$ entre o T6 e o T10 (Tabela 6).

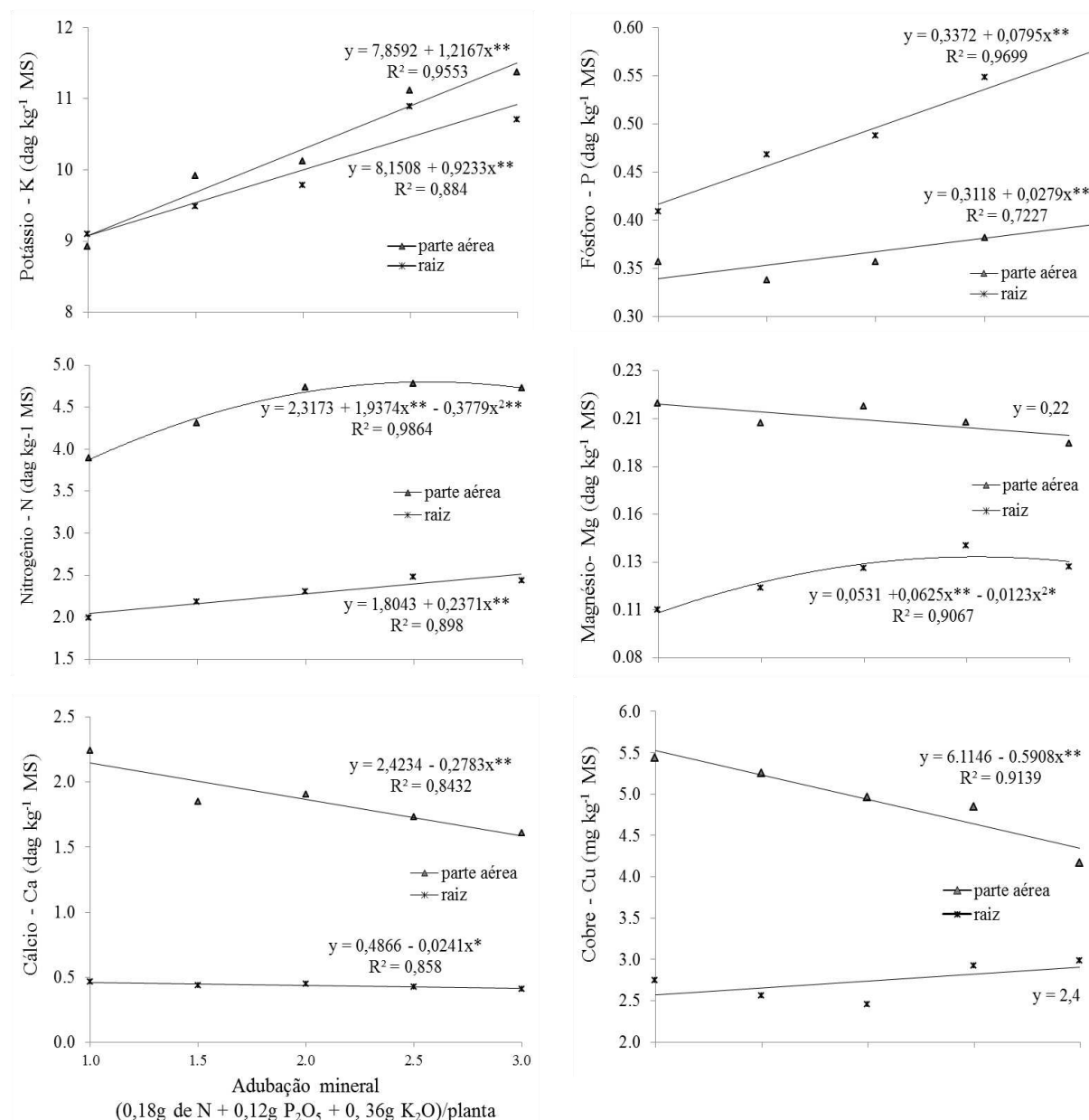


Figura 2: Concentração de nutrientes (K, N, Ca, P, Mg e Cu) na parte aérea e raiz de rabanetes submetidos a diferentes doses de adubação mineral (N-P-K). Viçosa, 2013.

**Coeficiente significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. *Coeficiente significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F. O CV (%), parte aérea - raiz, dos dados referentes ao K, N, Ca, P, Mg e Cu, respectivamente, foi: 4,93 – 5,6; 4,09 – 7,22; 8,1 – 8,1; 7,45 – 5,04; 11,82 – 7,93; 17,33 – 20,6).

O nitrogênio foi o segundo nutriente mais extraído pelo rabanete, variando de 70 a 121 $\mu\text{g/planta}$ entre os tratamentos com adubação mineral e 10,47 a 65,36 $\mu\text{g/planta}$ nos tratamentos com adubação orgânica (Tabela 6). Sua concentração, na parte aérea e raiz, aumentou de forma linear com o aumento nas doses de adubação orgânica (Figura 3). Entretanto, apenas o T10 (16AO) apresentou plantas com teores médios na parte aérea e raiz estatisticamente iguais ao T1 (AM) (Tabela 5). No caso da adubação mineral, os níveis de adubação resultaram em aumento linear na raiz e quadrática na parte aérea, com a maior concentração estimada para a dose de 2,5AM (T4) (Figura 2).

O terceiro nutriente mais extraído pela cultura, independente da adubação e dose, foi o Ca (Tabela 6). Sua concentração, na parte aérea e raiz, diminuiu de forma linear com aumento nas doses de adubação mineral (Figura 2) e de adubação orgânica (Figura 3).

Os teores de P aumentaram de forma linear na parte aérea e raiz com os níveis de adubação mineral (Figura 2). Já para adubação orgânica, não houve efeito das doses sobre o teor de P na raiz e na parte aérea foi observado um efeito quadrático (Figura 3). Dos tratamentos com adubação orgânica, apenas o T6 (AO) apresentou concentração de P na parte aérea inferior a concentração do T1 (AM), enquanto na raiz todos apresentaram uma concentração de P maior (Tabela 5).

Quanto ao Mg, foi observado um efeito quadrático dos níveis de adubação mineral sobre seu teor na raiz dos rabanetes (Figura 2) com aumento até a dose de 2,5AM (T4). Por sua vez, houve um efeito linear negativo nas doses de adubação orgânica sobre os teores de Mg na raiz dos rabanetes (Figura 3). O Mg foi o macronutriente menos extraído pela cultura e, assim como o Ca, seu acúmulo se deu majoritariamente na parte aérea (Tabela 6).

Por sua vez, a concentração de enxofre variou apenas com as doses de adubação orgânica, conforme apresentado na Figura 3. Para a adubação mineral a concentração média foi de 0,37 $\mu\text{g/planta}$ na parte aérea e 0,5 $\mu\text{g/planta}$ na raiz.

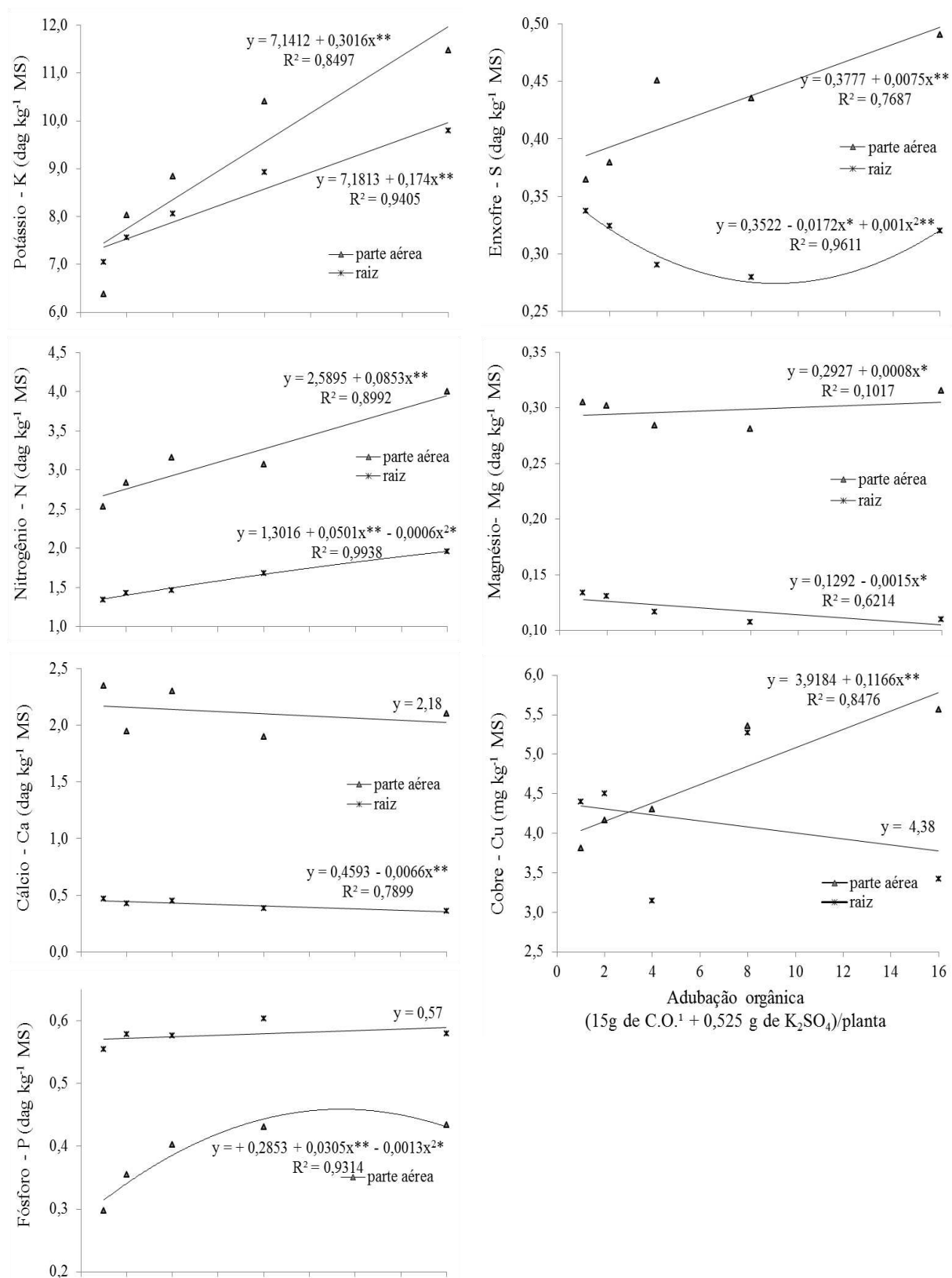


Figura 3: Concentração de nutrientes (K, N, Ca, P, S, Mg e Cu) na parte aérea e raiz de rabanetes submetidos a diferentes doses de adubação orgânica. Viçosa. 2013.

**Coeficiente significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. *Coeficiente significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F. (CV (%), parte aérea - raiz, dos dados referentes ao K, N, Ca, P, S, Mg e Cu, respectivamente, foi: 7,26 – 5,69; 16,5 – 7,45; 12,02 – 8,99; 6,81 – 6,06; 9,57 – 7,44; 10,32 – 14,68; 10,57 – 37).¹Composto orgânico.

Tabela 5: Teores de minerais na parte aérea (A) e raízes (R) de rabanetes cultivados com doses crescentes de adubação orgânica em comparação ao tratamento controle (AM). Viçosa, 2013.

Min.		AO	2AO	4AO	8AO	16AO	AM	CV (%)
----- dag kg ⁻¹ MS -----								
K	Aérea	6,37*	8,01	8,82	10,39*	11,47*	8,93	6,3
	Raiz	7,03*	7,55*	8,04	8,91	9,78	9,10	5,4
N	Aérea	2,53*	2,84*	3,16*	3,07*	4,00	3,90	8,4
	Raiz	1,34*	1,43*	1,47*	1,68*	1,96	1,99	7,5
P	Aérea	0,30*	0,35	0,40	0,43*	0,43*	0,36	6,5
	Raiz	0,55*	0,58*	0,57*	0,60*	0,58*	0,41	6,4
S	Aérea	0,36*	0,38	0,45	0,44	0,49	0,45	9,8
	Raiz	0,34	0,32	0,29	0,28	0,32	0,29	8,2
Ca	Aérea	2,35	1,95	2,30	1,90	2,10	2,24	11,1
	Raiz	0,47	0,42	0,45	0,38*	0,36*	0,47	8,2
Mg	Aérea	0,31*	0,30*	0,28*	0,28*	0,32*	0,21	11,4
	Raiz	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11	15,0
----- mg kg ⁻¹ MS -----								
Zn	Aérea	28,51*	28,80*	26,98*	30,90*	27,09*	38,14	9,9
	Raiz	29,38*	29,41*	23,85*	30,01	29,29*	35,36	9,6
Cu	Aérea	3,81*	4,17*	4,30	5,36	5,56	5,44	13,5
	Raiz	4,40*	4,50*	3,15*	5,27*	3,42*	2,75	15,4
Fe	Aérea	190,40	195,89	161,57	204,69	180,44	170,13	19,0
	Raiz	257,76	196,64	95,88	164,63	175,79	163,24	28,0
Mn	Aérea	75,20	68,28	57,89	54,02	54,85	67,11	12,7
	Raiz	19,34	20,21	16,37	19,10	15,79	17,61	8,5

*Média difere estatisticamente da média do tratamento controle pelo teste de Dunnet (5 %).

Quanto aos micronutrientes, não houve efeito das doses de adubação sobre os teores de Zn e Fe. Contudo, o aumento da adubação mineral levou a uma redução linear nos teores de Cu na parte aérea e um aumento nos teores de Mn, na parte aérea e raiz, entretanto, para este último o modelo apresentou um ajuste apenas regular ($R=0,58$ e $0,52$) (regressão não apresentada). Ao contrário, o aumento das doses de adubação orgânica aumentou a concentração de Cu na parte aérea (Figura 3) e reduziu os teores de Mn na parte aérea ($R^2=0,57$) e raiz ($R^2 = 0,46$) (regressão não apresentada). O Fe foi o micronutriente mais acumulado pela cultura, seguido pelo Mn, já o Cu foi o nutriente menos extraído pela cultura, independente da adubação e dose (Tabela 6).

Tabela 6: Extração e acúmulo de minerais por plantas de rabanetes cultivados com diferentes dosagens de adubação mineral N-P-K e de adubação orgânica. (Viçosa, 2013).

Nut. Min.	Parte da planta	Adubação mineral (0,18g N + 0,12g P ₂ O ₅ + 0, 36g K ₂ O / planta)					Adubação orgânica (15g de C.O. ¹ + 0,525 g de K ₂ SO ₄ / planta)				
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	1	2	4	8	16
----- µg/planta -----											
K	A	87,9	132,9	125,2	156,2	159,6	14,6	30,1	54,2	82,1	99,5
	R	145,8	205,3	212,4	226,9	239,1	24,5	49,0	78,2	126,8	153,1
	TOTAL	233,8	338,2	337,7	383,1	398,7	39,1	79,1	132,4	208,9	252,6
N	A	38,38	57,75	58,60	67,16	66,35	5,78	10,66	19,41	24,25	34,69
	R	31,93	47,22	49,94	51,62	54,43	4,68	9,26	14,27	23,87	30,68
	TOTAL	70,31	104,97	108,55	118,77	120,78	10,47	19,92	33,67	48,11	65,36
Ca	A	22,09	24,76	23,56	24,30	22,55	5,37	7,32	14,14	14,98	18,22
	R	7,460	9,508	9,735	8,887	9,192	1,637	2,756	4,403	5,450	5,657
	TOTAL	29,55	34,27	33,29	33,19	31,74	7,00	10,07	18,54	20,43	23,87
P	A	3,514	4,524	4,412	5,359	5,680	0,678	1,328	2,471	3,398	3,757
	R	6,56	10,12	10,58	11,43	12,67	1,93	3,75	5,59	8,58	9,06
	TOTAL	10,07	14,65	14,99	16,79	18,35	2,61	5,08	8,06	11,98	12,81
S	A	4,400	5,819	5,211	5,807	6,082	0,833	1,425	2,769	3,440	4,254
	R	4,635	5,940	5,966	5,694	5,674	1,178	2,104	2,825	3,982	5,007
	TOTAL	9,036	11,759	11,178	11,501	11,757	2,011	3,528	5,595	7,422	9,261
Mg	A	2,096	2,712	2,616	2,854	2,694	0,697	1,135	1,747	2,219	2,733
	R	1,686	2,519	2,749	2,890	2,849	0,466	0,848	1,134	1,531	1,723
	TOTAL	3,782	5,231	5,365	5,744	5,542	1,163	1,983	2,881	3,750	4,456
Cu	A	0,054	0,070	0,061	0,068	0,058	0,009	0,016	0,026	0,042	0,048
	R	0,044	0,055	0,053	0,061	0,067	0,015	0,029	0,031	0,075	0,054
	TOTAL	0,098	0,126	0,115	0,129	0,125	0,024	0,045	0,057	0,117	0,102
Zn	A	0,376	0,471	0,406	0,457	0,468	0,065	0,108	0,166	0,244	0,235
	R	0,567	0,692	0,703	0,820	0,817	0,103	0,191	0,232	0,427	0,459
	TOTAL	0,942	1,164	1,109	1,277	1,285	0,168	0,299	0,398	0,671	0,694
Fe	A	1,675	2,116	2,127	2,373	2,259	0,435	0,736	0,993	1,617	1,565
	R	2,616	2,363	5,223	2,173	2,159	0,900	1,277	0,932	2,343	2,752
	TOTAL	4,291	4,478	7,350	4,546	4,418	1,335	2,013	1,925	3,961	4,317
Mn	A	0,661	0,900	0,996	1,132	1,080	0,172	0,257	0,356	0,427	0,476
	R	0,282	0,363	0,389	0,417	0,420	0,068	0,131	0,159	0,272	0,247
	TOTAL	0,943	1,263	1,385	1,549	1,500	0,239	0,388	0,515	0,699	0,723

¹Composto orgânico; A = parte aérea; R = raiz.

3.4. DISCUSSÃO

De maneira geral, as culturas agrícolas respondem positivamente ao aumento na dose de fertilizantes aplicados ao solo, uma vez que, os mesmos aumentam a disponibilidade de um ou mais nutrientes, esta resposta é ainda mais expressiva em solos com baixa concentração de nutrientes (ALLEY E VANLAUWE, 2009). Entretanto, é importante observar que a resposta das culturas (espécie e variedade) ao aumento na adubação apresenta certo limite, a partir do qual estabiliza e/ou decresce em decorrência de limitação genética e de efeitos negativos do excesso de fertilizantes (ALCARDE et al., 1998; ISHERWOOD, 2000). Portanto, o efeito das doses de fertilizantes visualizado neste estudo corrobora com a literatura.

Em um estudo desenvolvido por Coutinho et al. (2010) com rabanete, a adubação nitrogenada e potássica promoveram incrementos na produção de matéria seca e nas concentrações de N e K na parte aérea das plantas. Narloch et al. (2002) também obtiveram efeito positivo da adubação fosfatada na produção da cultura do rabanete e na quantidade de P absorvido pelas plantas. Maia et al. (2011) obtiveram maiores produções dos rabanetes com adubação potássica. Já Silva et al. (2012) não obtiveram aumento na produção de rabanete com doses crescentes de N via fertirrigação, contudo, a falta de descrição mais detalhada do método não permite inferências sobre seus resultados.

As menores produtividades dos tratamentos com adubação orgânica em comparação a adubação mineral (AM) estão relacionadas ao ciclo curto da cultura, durante o qual não houve tempo suficiente para mineralização do composto orgânico e liberação dos nutrientes necessários para a cultura (DALZELL, 1987). A baixa extração pelas plantas e menor concentração nos tecidos, em relação aos valores observado no T1 (AM) (Tabela 5), indicam que o N, fornecido via composto orgânico, limitou o rendimento das plantas com adubação orgânica. Trabalhos de outros autores, como Carneiro et al., 2013 e Tedesco et al, 2004, sugerem que apenas uma pequena porção no nitrogênio foi liberada durante o ciclo da cultura, visto que, sua disponibilidade está condicionada ao processo de mineralização da matéria orgânica. O estudo de Pimentel et al. (2009), que analisou a concentração de nutrientes no solo em dois experimentos com composto orgânico, reforça a tese de que foi a baixa disponibilidade de N que limitou o rendimento dos rabanetes com adubação orgânica. Isto porque os autores observaram que outros nutrientes (P, K, Ca e Mg) estavam disponíveis às plantas já no primeiro dia após o plantio, e que a máxima disponibilidade ocorreu 6 dias após o plantio das culturas.

Rodrigues et al. (2013) obtiveram produtividades de rabanete com adubações orgânica (esterco bovino e cama de frango) semelhantes a adubação mineral, entretanto, o solo onde foram cultivadas as plantas apresentava teor médio de P e K e teor de M.O, diretamente relacionado a disponibilidade de N, na ordem de $2,05 \text{ dag kg}^{-1}$, desta forma, a cultura pode ter usado nutrientes já presentes no solo. Além disso, os fertilizantes usados apresentam uma dinâmica de liberação do N mais rápida (KIEHL, 1985). Costa et al. (2006) não verificaram efeito de diferentes doses e fontes de adubos orgânicos na produtividade do rabanete em solos com boas condições de fertilidade e teor de matéria orgânica na ordem de $3,5 \text{ dag kg}^{-1}$.

A redução na MS_{Rr} com o aumento nas dose dos fertilizantes usados, tanto na adubação mineral quanto orgânica, pode estar associado ao maior acúmulo de potássio nas raízes (Figura 2 e 3). Aumento dos teores de minerais nos tecidos da planta, principalmente o potássio, aumentam seu potencial osmótico, e conseqüentemente, a absorção de água (MARSCHNER, 2012). Assim, a manutenção da quantidade de água nas células e tecidos das plantas é frequentemente consequência do acúmulo de potássio (CHAVARRIA e SANTOS, 2012). Este processo de “diluição” da matéria seca associada ao aumento nos teores de K é bem conhecido, por exemplo, na cultura da batata (BANSAL e TREHAN, 2011; PERRENOUD, 1993).

Por sua vez, os aumentos observados nos teores de K, N e P nos tecidos das plantas e o maior acúmulo desses nutrientes pelo rabanete com o aumento nas adubações refletem o acréscimo dos nutrientes no solo através dos fertilizantes utilizados (PIMENTEL et al., 2009).

Os resultados mostraram que o potássio foi o nutriente mais absorvido pela cultura (Tabela 6), corroborando com Haag e Minami (1987). No trabalho desses autores o rabanete também extraiu grande quantidade K ate seu ciclo final (514 mg/planta), com teores médios acumulados na parte aérea de $7,46 \text{ dag kg}^{-1}$ e na raiz de 7 dag kg^{-1} . Os teores de potássio, mesmo para a menores doses de adubação, estão acima dos teores médios apresentados por Furlani et al. (1978) – $5,08 \text{ dag kg}^{-1}$ e $5,33 \text{ dag kg}^{-1}$, respectivamente, para parte aérea e raiz. Os altos teores de K encontrado nas plantas com adubação orgânica se deve ao fato deste nutriente estar na forma livre nos fertilizantes orgânicos, portanto, em forma disponível para as plantas. Além disso, o sulfato de potássio é uma fonte solúvel fornecendo nutrientes (K e S) para a planta de forma imediata.

Os efeitos negativos dos níveis de adubações sobre a concentração de Ca, do Mg na adubação orgânica e do Cu na adubação mineral possivelmente estão associados a maior absorção e acúmulo de K e, se for o caso, em menor importância, de N absorvido na forma de NH_4^+ . Estes íons são antagônicos de Ca, Mg e Cu ao competirem por sítios de absorção nas

raízes e contribuírem para a redução do potencial eletroquímico da membrana (MENGEL e KIRKBY, 2001; MARSCHNER, 2012). A redução nos teores destes nutrientes, entretanto, não resultou em sintomas de deficiências conforme apresentados por Cecílio Filho et al. (1998). Coutinho Neto et al. (2010) observaram efeito negativo da adubação potássica nos teores de Ca e Mg na parte aérea de rabanete.

O aumento nos teores de Mg nas raízes dos rabanetes com adubação mineral pode estar associado ao aumento nas concentrações de P. Trabalhos realizados por Skinner e Matthews (1990); Zhong et al. (1993) e Zambrosi (2012) mostraram que a disponibilidade de P influencia a mobilização, absorção e acúmulo de Mg pela planta. Deste modo, o efeito negativo esperado do aumento no teor de K sobre o acúmulo de Mg nas raízes não compensou a interação positiva com o P, pelo menos até a dose equivalente ao T4 (2,5AM).

Por sua vez, o aumento nos teores de S com o aumento da adubação orgânica reflete o fornecimento crescente do nutriente através do sulfato de potássio (15% de S) e do composto orgânico (Tabela 2). De todo modo, os valores são menores que os apresentados por Furlan et al. (1978). No caso da adubação mineral, o aumento no fornecimento deste nutriente via sulfato de amônio sem o consequente aumento no teor pode estar associado a maior absorção e acúmulo de nitrato pelas plantas, e/ou ao aumento da produção.

Já o acréscimo no teor de Cu, no caso da adubação orgânica, possivelmente está associado a aumento no fornecimento deste nutriente via composto (Tabela 2), o que não ocorreu na adubação mineral. Um dos benefícios da utilização de composto orgânico é fornecer ao mesmo tempo, em um único produto, macro e micronutrientes para as culturas (DALZELL, 1987). No caso de sistemas com adubação mineral muitas vezes a preocupação centra-se na tríade NPK, voltando-se para os outros nutrientes apenas quando constatados sintomas de deficiências.

O aumento nos teores de Mn na adubação mineral pode estar associado a maior absorção de K. Segundo Valagro (2004) há um efeito sinérgico na absorção desses nutrientes. No caso da adubação orgânica, tal fato não foi observado possivelmente devido a formação de quelatos de Mn que reduzem sua absorção pelas plantas (Camargo, 2006).

As altas taxas de extração e acúmulo de K pela cultura do rabanete (Tabela 6), principalmente nas raízes, têm duas implicações importantes: durante o programa de manejo da adubação os produtores devem atentar para que a adubação seja capaz de repor as quantidades do nutriente exportadas, e assim, não ocorra seu esgotamento no agroecossistema (CAMARGO, 2012); por outro lado, o torna boa fonte de potássio para os consumidores. Entretanto, Karley e White (2009) apontam que raramente ocorre deficiência de potássio na

alimentação humana, sendo mais comuns, casos de deficiência de cálcio e magnésio, nutrientes presentes em menores concentrações nos vegetais, portanto, o aumento no teor de K em detrimento do acúmulo de Ca e Mg não traz grandes benefícios aos consumidores.

O rabanete demonstrou ser pouco exigente em P para produções satisfatórias (Tabela 6; Figura 1), portanto, as recomendações para esse nutriente presentes em manuais de recomendação de adubação devem ser analisadas, uma vez que, parecem estar superestimadas para atender a real demanda da cultura. Diante disso, recomendamos que a adubação fosfatada seja feita de acordo com as especificidades locais, como: características físico-químicas do solo e forma de cultivo; e que considere a produtividade esperada e a extração da cultura. Isherwood (2000) e Alley e Vanlauwe (2009) apontam que adubações generalizadas podem acarretar menor eficiência produtiva ou de utilização dos fertilizantes.

No manejo com adubação orgânica em solos com baixo teor de matéria orgânica são necessárias altas doses de composto orgânico para compensar a “indisponibilidade” temporária de N à cultura e, conseqüentemente, obter produtividades comparáveis à adubação mineral (ver Tabela 4 e Figura 1). Assim, a recomendação deve estar baseada entre outros fatores, no índice de eficiência de nitrogênio do fertilizante (TEDESCO et al., 2004). No entanto, a quantificação de composto com base no fornecimento de N deve ser feita de forma criteriosa para não ocorrer à perda de outros nutrientes como fósforo e potássio, podendo ocasionar problemas ambientais. Além disso, é importante observar que cultivos subsequentes poderão se beneficiar do efeito residual da adubação orgânica (TEDESCO et al., 2004; SANTOS et al., 2001; VIDIGAL et al., 1995a, 1995b; DALZELL, 1987).

Práticas agrícolas como a incorporação de adubo verde ou o plantio consorciado com leguminosas podem fornecer N adicional durante o ciclo da cultura do rabanete em sistemas com manejo de adubação orgânica, entretanto, são necessárias pesquisas para verificarem a eficiência e viabilidade destas práticas.

3.5. CONCLUSÕES

O aumento nas doses da adubação mineral afetou positivamente a produção (MFR, MSR e MSPA), aumentou as concentrações de K, N e P nas plantas e de Mg nas raízes, por outro lado, reduziu as concentrações de Ca e de Cu na parte aérea.

A adubação orgânica com composto orgânico + sulfato de potássio resultaram em baixas produtividades da cultura do rabanete quando comparado à adubação mineral. Aumento nos níveis da adubação orgânica aumentaram a MFR, MSR e MSPA e as concentrações de K, N na planta, S na raiz e Cu na parte aérea e reduziu as concentrações de Ca e Mg nas raízes.

Apenas o tratamento com a maior dose de adubação orgânica apresentou produção média de MFR estatisticamente igual a produção média do tratamento com menor dose de adubação mineral.

Independente da adubação e dos níveis, a cultura do rabanete apresentou a seguinte ordem decrescente de extração e acúmulo de macronutrientes K-N-Ca-P-S-Mg no total de seu ciclo e dos micronutrientes analisados Fe-Mn-Zn-Cu.

3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J. C. et al. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 3ª ed. São Paulo: ANDA, 1998. 35p. (Boletim Técnico, 3).
- ALLEY, M. M.; VANLAUWE, B. **The Role of Fertilizers in Integrated Plant Nutrient Management**. 5th ed. Paris: International Fertilizer Industry Association/ International Centre for Tropical Agriculture (Institute Tropical Soil Biology and Fertility), 2009. 59 p.
- BANSAL, S. K.; TREHAN S. P. Effect of potassium on yield and processing quality attributes of potato. **Karnataka J. Agric. Sci.**, v. 24, n.1, 2011, pp. 48 – 54.
- BLANCHARD, R.W. et al. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.29, n.1, 1965, pp.71-72.
- CAMARGO, M. S. de. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2012, pp.
- CAMARGO, O. A. **Reações e interações de micronutrientes no solo**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/micronutrientes/Index.htm>. Acesso em: 15/01/2013.
- CARDOSO, A.I.I.; HIRAKI, H. Avaliação de doses e épocas de aplicação de nitrato de cálcio em cobertura na cultura do rabanete. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 196-199, 2001.
- CARMO, C. A. F. S. do et al.. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2000. 41 p. – (Circular Técnica 6).
- CARNEIRO, W. J. de O. et al. Mineralização de nitrogênio em latossolos adubados com resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de ciências do solo**, v. 37, n. 3, 2013, pp. 715-725.
- CECILIO FILHO, A. B. et al. Deficiência nutricional e seu efeito na produção de rabanete. **Científica**, v. 26, n. 1, 1998. pp. 231 – 241.
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Plant Water Relations: Absorption, Transport and Control Mechanisms. In: MONTANARO, G. DICHIO, B. (eds.) **Advances in Selected Plant Physiology Aspects**. Rijeka: In Tech, 2012. P. 105-132.
- COSTA, C. C. et al. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, 2006. pp. 118-122.
- COUTINHO NETO, A. M. et al. Produção de matéria seca e estado nutricional do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica. **Nucleus**, v.7, n.2, 2010, pp. 105 – 114.
- CRISP, P.. Radish, *Raphanus sativus* (Cruciferae). In: SMARTT, J., SIMMONDS, N.W. editors. **Evolution of crop plants**. 2 ed. Reino Unido: Longman Scientific & Technical, 1995. pp. 86–89.

DALZELL, Howard W. (Ed.). **Soil management**: compost production and use in tropical and subtropical environments. Food e Agriculture Org., 1987.

DANGOUR, A. D. et al. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, pp. 680 – 685, 2009.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.2, 1998, pp. 6 – 16.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FURLANI, A. M. C. et al. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, v. 37, n. 5, 1978. pp. 33 – 44.

FURLANI, P.R.; PURQUERIO, L.F.V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: **Nutrição de Plantas**: diagnose foliar em hortaliças. MELLO PRADO, R. et al. Jaboticabal:FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2010. p.45-62.

GRANGEIRO, L. C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, 2011, pp. 11-16.

HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. LXXIV. Marcha de absorção de nutrientes pela cultura do rabanete. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v. 44, 1987, pp. 409-418,

ISHERWOOD, K. F. **Mineral Fertilizer Use and the Environment**. Paris: IFA (International Fertilizer Industry Association)/UNEP (United Nations Environment Programme), 2000.

KARLEY, A. J.; WHITE, P. J. Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 12, 2009, pp. 291–298.

MAIA, P. M. E. de et al. Desenvolvimento e qualidade do rabanete sob diferentes fontes de potássio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, 2011.

MARSCHNER, P. **Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 2012. 651 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

MESQUITA, G. M.; COSTA E SILVA, S. M. DA; BUSO, W. H. D.; SILVA, S. de D. Produção de rabanete cultivado sob diferentes doses de boro com presença e ausência de calagem. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 2, 2011, pp. 18 – 26.

MEURER, E. J. Potássio. In: Fernandes, M. S. (ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006. pp. 281 – 298.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **Rabanete**: cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argilosos. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27 p. il. (Série Produtor Rural).

NARLOCH, C. et al. Respostas da cultura do rabanete à inoculação de fungos solubilizadores de fosfatos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 6, 2002, pp. 841-845.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; MARTINAZZO, E. G.; VILLELA, F. A.; LOPES, N. F.; MAUCH, C. R. Análise de crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2014.

PEDÓ, T. et al. Crescimento de três cultivares de rabanete (*Raphanus sativus*) ao longo da ontogenia das plantas. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 4, n.3, 2010, pp.17-21.

PERRENOUD, S. **Fertilizing for High Yield Potato**. IPI Bulletin 8. 2 ed. International Potash Institute, Basel, Switzerland. 1993.

PIMENTEL, M. S. et al. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, 2009, pp. 225 – 232.

PULITI, J.P.M. et al. Comportamento da cultura do rabanete em função de fontes e doses de cálcio. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 3003-3008, 2009.

QUEIROZ, T. B.; TORRES, W. G. A.; BARROS, R. E.; PARREIRAS, N. de S.; MARTINS, E. R.; COLEN, F. Produtividade de rabanete cultivado sob doses de biofertilizante suíno. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n.2, 2011, pp. 1 – 5.

REIS, J. M. R. et al. Combinação de fertilizantes na produção de rabanete. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, 2012, pp. 438 – 444.

RODRIGUES, J. F. et al. Utilização de esterco em substituição a adubação mineral na cultura do rabanete. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, V. 7, N.2, 2013, pp. 160 – 168.

SANTOS, C. M. P. R. et al. Efeito de doses crescentes de composto de lixo no desenvolvimento de *Raphanus sativus*. In: encontro de iniciação científica, mostra de pós-graduação, 4., 1999. Taubaté. **Anais eletrônicos**. Taubaté: UNITAU, 1999.

SANTOS, R. H. S. et al. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, 2001, pp. 1395-1398.

SILVA, C. J. et al. Crescimento e produção de rabanete cultivado com diferentes doses de húmus de minhoca e esterco bovino. **Revista Ceres**, v. 53, pp. 25-30, 2006.

SILVA, F. de A. S. e. AZEVEDO, C. A. V. de. **Principal Components analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance**. In.:World Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, C. R. M. da, SILVEIRA, M. H. D. Fertirrigação da cultura do rabanete com diferentes dosagens de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, 2012, pp. 946 – 53.

SILVA, L. F. O. da, et al. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com rabanetes. **Revista Ceres**, v. 59, n.5, 2012, pp. 624- 629.

SKINNER, P.W.; MATTHEWS, M.A. A novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorus to roots of grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Plant, Cell and Environment**, v.13, 1990, pp. 821-826

TEDESCO, M. J. et al (ed.). **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10ª ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p. il.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos ,UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico, 5).

VIDIGAL, S. M. et al. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: I. Ensaio de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 239, 1995a, pp. 80-88.

VIDIGAL, S. M. et al. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: II. Ensaio em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 239, 1995b, pp. 89-97.

VITTI, M. R. et al. Resposta do rabanete a adubação orgânica em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.

YAMANE K, Lü N.; OHNISHI, O. Multiple origins and high genetic diversity of cultivated radish inferred from polymorphism in chloroplast simple sequence repeats. **Breeding Science**, v. 59, pp. 55 – 65, 2009.

ZAMBROSI, F. C. B. Adubação com fósforo em cana-soca e sua interação com magnésio. **Bragantia**, v. 71, n. 3, 2011, pp.400-405.

ZHONG, W. et al. Transport of magnesium ions in the phloem of *Ricinus communis* L. seedlings. **Planta**, v. 190, 1993, pp. 114 – 119

4. CONCLUSÕES GERAIS

O tipo de adubação e a dose de fertilizantes afetam a produção e a composição nutricional do rabanete positiva ou negativamente.

A adubação orgânica aumenta o teor de vitamina C nos rabanetes, sendo inversamente proporcional às doses de fertilizantes.

As raízes de rabanetes apresentam alta concentração de potássio, por outro lado, baixas concentrações de outros nutrientes minerais, principalmente N e P.

A produção de rabanete aumenta com elevação das doses de fertilizantes.

Na adubação mineral, a produção pode variar de acordo com os fertilizantes utilizados.

Na adubação orgânica, fatores do ambiente (abióticos e/ou bióticos) podem condicionar resultados diferentes.

Baseado na extração e acúmulo de minerais pela cultura do rabanete os produtores devem ter um programa de adubação capaz de fornecer grandes quantidades de potássio, por outro lado, a cultura é pouco exigente em fósforo e exporta apenas uma pequena quantidade desse nutriente.

Na adubação orgânica a base de composto, o nitrogênio é o nutriente que limita a produção, deste modo, para que não haja necessidade de quantidades elevadas de composto orgânico fonte suplementar de nitrogênio deve ser utilizada.

ANEXOS



Figuras 1 e 2: Unidade experimental com plantas de rabanetes 10 DAS (1) e 30 DAS (2). (Viçosa, 2013).