

**BRUNO NOVAES MENEZES MARTINS**

**ENXOFRE EM COBERTURA E APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO NO  
PLANTIO, NA PRODUÇÃO, QUALIDADE E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES  
EM SEMENTES DE ALFACE**

**Botucatu**

**2018**



**BRUNO NOVAES MENEZES MARTINS**

**ENXOFRE EM COBERTURA E APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO NO  
PLANTIO, NA PRODUÇÃO, QUALIDADE E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES  
EM SEMENTES DE ALFACE**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para  
obtenção do título de Doutor Agronomia  
(Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ismael I. Cardoso

**Botucatu**

**2018**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M386e	<p>Martins, Bruno Novaes Menezes, 1988- Enxofre em cobertura e aplicação de composto orgânico no plantio, na produção, qualidade e acúmulo de macronutrientes em sementes de alface / Bruno Novaes Menezes Martins. - Botucatu: [s.n.], 2018 51 p.: fots. color., tabs.</p> <p>Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018 Orientador: Antonio Ismael I. Cardoso Inclui bibliografia</p> <p>1. Alface - Sementes. 2. Sementes - Qualidade. 3. Fertilizantes. 4. Matéria orgânica. 5. Enxofre na agricultura. I. Cardoso, Antonio Ismael I. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.</p>
-------	---

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ENXOFRE EM COBERTURA E APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO NO PLANTIO, NA PRODUÇÃO, QUALIDADE E ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM SEMENTES DE ALFACE”

AUTOR: BRUNO NOVAES MENEZES MARTINS

ORIENTADOR: ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO  
Departamento de Horticultura / UNESP / Botucatu/SP

Dra. CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON  
Departamento de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES  
CERAT / Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Dr. PÂMELA GOMES NAKADA FREITAS  
Engenharia Agrônômica / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - FCAT - Unesp

Prof. Dr. FELIPE OLIVEIRA MAGRO  
Unidade de Gestão do Agronegócio, Abastecimento e Turismo / Prefeitura de Jundiá

Botucatu, 31 de agosto de 2018.



## **DEDICO**

*Ao meu pai Djaci Martins Menezes e avós paternos Manoel Antônio de Menezes (in memorian) e Djanira Maria de Souza Menezes (in memorian), que foram minha base moral e que se fizeram tão presentes para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. Se hoje cheguei aqui foi por causa deles.*

## **OFEREÇO**

*Aos meus irmãos, Pedro Henrique Novaes Menezes Martins e Milena Cristina Novaes Menezes Martins, pelo carinho, confiança e amizade.*





## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar presente em minha vida, pela sua bondade, sabedoria e por todas as oportunidades colocadas no decorrer dessa caminhada;

À Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP – Campus de Botucatu), pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação e pela formação profissional adquirida;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso, pela paciência, ensinamento, dedicação e credibilidade na realização deste trabalho;

Aos meus familiares, que sempre estiveram comigo nos momentos de dificuldade e por saber que poderia sempre contar com o apoio de todos vocês;

À Letícia Galhardo pelo amor, compreensão, carinho, apoio em todos os momentos e por fazer parte da minha vida.

Aos meus sogros, toda ajuda no decorrer desses anos sendo praticamente uma segunda família em Botucatu.

A todos os professores da pós-graduação em Agronomia (Horticultura), pela ajuda, força e direcionamento passado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos meus amigos de Botucatu, pela ajuda, companheirismo e momentos de descontração.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para minha formação e realização deste trabalho.



## RESUMO

Um dos fatores essenciais para a obtenção de altas produtividades é o correto manejo da adubação, aperfeiçoando os métodos de utilização dos fertilizantes orgânicos e minerais. Entretanto, ainda que existam estudos relacionados com a nutrição mineral e recomendações de adubação para o cultivo comercial de alface e de outras hortaliças em geral, dificilmente se encontram trabalhos que abordem os efeitos dos nutrientes na produção e qualidade de sementes. Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar doses de enxofre em cobertura, com e sem aplicação de composto orgânico no plantio, na produção, extração de macronutrientes e qualidade fisiológica de sementes de alface. Foram avaliados dez tratamentos, em esquema fatorial 5x2 (cinco doses de enxofre em cobertura x com e sem aplicação de composto orgânico no plantio). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, contendo cinco plantas por parcela, sendo três úteis. As doses de enxofre aplicadas em cobertura foram 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de S, além da testemunha (dose 0). Para os tratamentos com composto orgânico utilizou-se a dose de 70 t ha<sup>-1</sup> (base úmida). Foram avaliadas as seguintes características: índice de clorofila nas folhas, produção de sementes (em massa e em número por planta), qualidade de sementes (massa de mil sementes, primeira contagem no teste padrão de germinação, germinação, índice de velocidade de germinação, índice de velocidade de emergência e taxa de plântulas emergidas no 7º dia após a semeadura), teor e acúmulo de macronutrientes nas sementes. A aplicação de composto orgânico no plantio (70 t ha<sup>-1</sup>) aumentou a produção de sementes em cerca de 43% em relação a ausência. Não houve efeito das doses de enxofre em cobertura nem da aplicação, ou não, de composto orgânico no plantio, na qualidade das sementes. A ordem decrescente média dos macronutrientes acumulados nas sementes foi: N > K > P > Mg > Ca > S.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L. Fertilizante. Matéria orgânica. Adubação de cobertura.



## ABSTRACT

One of the essential factors to obtain high productivity is the correct management of fertilization, improving methods of utilization of organic and mineral fertilization. However, although there are studies related to mineral nutrition and fertilization recommendations for the commercial cultivation of lettuce and other vegetables in general, there are hardly any studies that address the effects of nutrients on seed production and quality. The objective of this work was to evaluate sulfur doses in coverage with and without fertilization with organic compost in the planting in the production and physiological quality of lettuce seeds and macronutrient extraction. Ten treatments were evaluated, in a 5x2 factorial scheme (five doses of sulfur in coverage x with and without addition of organic compost), in the experimental design of randomized blocks, with four replications, containing five plants per plot, three of which were useful. The doses of sulfur in coverage were 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of S, in addition to the control (dose 0). For the treatments with organic compost the dose of 70 t ha<sup>-1</sup> (moist base) was used. The following characteristics were evaluated: leaf chlorophyll content, seed production (in weight and number per plant), seed quality (one thousand seed weight, first count in the standard germination test, germination, germination speed index, emergence speed index and seedling rate emerged on the 7<sup>th</sup> day after sowing), and content and accumulation of macronutrients in seeds. The application of organic compost in the planting (70 t ha<sup>-1</sup>) increased seed production by 43% in relation to non-use. There was no effect of sulfur doses in coverage or application of organic compost before planting on seed quality. The mean decreasing order of nutrients accumulated in the seeds was: N > K > P > Mg > Ca > S.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L. Fertilizing. Organic matter. Fertilizing coverage.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1	Aspectos gerais da alfaca.....	17
2.2	Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes.....	19
2.3	Adubação com enxofre.....	21
2.4	Adubação orgânica.....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1	Localização e caracterização da área experimental.....	25
3.2	Caracterização do solo.....	25
3.3	Preparo do solo, correção e adubação de plantio e em cobertura.....	26
3.4	Tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.5	Obtenção das mudas e condução das plantas.....	28
3.6	Características avaliadas.....	28
3.6.1	Índice de clorofila nas folhas.....	28
3.6.2	Produção de sementes.....	29
3.6.3	Qualidade das sementes.....	30
3.6.3.1	Massa de mil sementes.....	30
3.6.3.2	Teste de germinação e primeira contagem do teste de germinação....	30
3.6.3.3	Índice de velocidade de germinação (IVG).....	30
3.6.3.4	Emergência em bandeja e índice de velocidade de emergência (IVE).....	31
3.6.3.5	Análise química das sementes.....	31
3.7	Análise estatística.....	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1	Índice de clorofila nas folhas.....	32
4.2	Produção de sementes.....	33
4.3	Qualidade de sementes.....	36
4.4	Teor de macronutrientes nas sementes.....	37
4.5	Acúmulo de macronutrientes nas sementes.....	39
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	43
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	45





## 1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores essenciais para se obter altas produtividades é o correto manejo da adubação, aperfeiçoando os métodos de utilização da adubação orgânica e mineral com o objetivo de alcançar o potencial produtivo da cultura de interesse. Tal manejo abrange técnicas que proporcionam otimização no uso da água, dos nutrientes, da mão-de-obra e dos demais insumos, de modo que satisfaça as necessidades nutricionais das plantas nos diferentes estádios de desenvolvimento, resultando na diminuição de perdas de nutrientes por erosão, lixiviação e volatilização.

Entretanto, ainda que existam estudos relacionados com a nutrição mineral e recomendações de adubação para o cultivo comercial de alface e de outras hortaliças em geral, dificilmente se encontram trabalhos que abordem os efeitos dos nutrientes na produção e qualidade de sementes. Provavelmente, a quantidade de nutrientes a serem empregados pode diferir devido à cultura apresentar um ciclo maior, com formação de novas estruturas (flores e frutos) e alta extração de nutrientes para a produção de sementes (QUADROS et al., 2010).

Conforme Carvalho e Nakagawa (2012), uma planta bem nutrida está em condições de produzir mais sementes bem formadas, sendo este período de formação a fase mais crítica em termos de exigência nutricional, tendo em vista que neste estágio de desenvolvimento há translocação de uma considerável quantidade de nutrientes para as mesmas. Entretanto, há relatos como o de Delouche (1980) que comenta que as sementes produzidas sob condições desfavoráveis, são tão viáveis e vigorosas quanto aquelas produzidas sob situações mais favoráveis. Nesse caso, a influência da adubação seria basicamente no número de sementes produzidas, não chegando a afetar a qualidade. Há também relatos de que o efeito da nutrição das plantas na qualidade da semente possa ser observado somente após algum período de armazenamento das sementes (KANO et al., 2011a; MAGRO et al., 2012).

Em brócolis, Corrêa et al. (2017) notaram efeito significativo na produção e qualidade de sementes com enxofre aplicado em cobertura e adubação orgânica no plantio. O enxofre se destaca como o segundo nutriente mais acumulado nas sementes de brássicas, como a couve-flor (CARDOSO et al., 2016b) e o brócolis (MAGRO et al., 2010). No entanto, em alface, o enxofre foi o macronutriente com menor teor (KANO et al., 2010; 2011b; QUADROS et al., 2011). Embora se trate de um elemento essencial para o desenvolvimento das plantas por ser um componente

do acetil-CoA, composto que representa o centro ativo no ciclo de Krebs, influenciando, portanto, todo o metabolismo de gordura e carboidratos (VITTI et al., 2006), nenhum trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a resposta da produção de sementes de alface a este nutriente.

Ressalta-se que a matéria orgânica é a principal fonte de enxofre no solo, pois, durante o processo de decomposição, vários elementos vão sendo liberados. De acordo com Prado (2008), estima-se que mais de 95% do enxofre encontra-se fazendo parte de compostos orgânicos, na matéria orgânica do solo. Esta elevada proporção de enxofre em compostos orgânicos explica as elevadas correlações existentes entre os teores de carbono orgânico e nitrogênio total com os de enxofre total.

De acordo com Magro (2012), dependendo de sua procedência os compostos orgânicos apresentam quantidades variadas de nutrientes. Embora menos imediatos e marcantes do que os obtidos com adubos minerais, os incrementos de produtividade proporcionados por adubos orgânicos, apresentam maior duração, possivelmente pela liberação mais progressiva de nutrientes e pelo estímulo do crescimento radicular (MARCHESINI et al., 1988). Além disso, a mineralização dos nutrientes ocorre em períodos diferentes após a sua aplicação ao solo, e, em função dessas diferenças, ocorrem dúvidas do quanto se deve aplicar. Com estudos mais intensivos que tratem da decomposição e liberação de nutrientes de adubos orgânicos, as adubações podem ser otimizadas para desempenharem funções benéficas durante o ciclo das culturas.

Em alface a adubação com composto orgânico favorece a produção de sementes de elevada qualidade fisiológica (CARDOSO et al., 2011; QUADROS et al., 2012).

Deste modo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência de doses de enxofre em cobertura, associados com a aplicação ou não de composto orgânico no plantio, na produção e qualidade fisiológica de sementes de alface e no acúmulo de macronutrientes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária da região do Mediterrâneo, pertencente à família Asteraceae. É uma das principais hortaliças folhosas no território brasileiro, além de ser a mais cultivada em todo mundo. Possui uma vasta importância econômica, social e alimentar (FILGUEIRA, 2008; SOUZA et al., 2013).

No Brasil, a alface é a hortaliça com segunda maior participação no faturamento com fertilizantes, com movimento superior a 90 milhões de dólares e contribuição de 15 % entre as demais. Ocupa uma área equivalente à 91.172 ha, com produção de 1.701.872 toneladas, com uma produtividade estimada de 18 t ha<sup>-1</sup>. Quanto a movimentação financeira nos CEASAS (ano de 2016), a quantidade de alface que entrou foi de 105.207 toneladas, com perdas de 30% e volume comercializado de 73.645 toneladas que movimentaram um valor de 50 milhões de dólares. Em relação à cadeia de sementes e mudas de alface, o valor movimentado com sementes gira em valores superior a 17 milhões de dólares, sendo 70% do montante destinados a viveiristas que faturam cerca de 52 milhões de dólares com a venda e mudas desta cultura (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL, 2017).

Esta espécie é uma importante fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se pelo elevado teor de vitamina A, possuindo ainda as vitaminas B1, B2 e C e sais minerais como cálcio e ferro (FILGUEIRA, 2008).

Segundo Lopes (2012), devido à cultura apresentar ciclo curto, permite vários cultivos ao longo do ano, sendo comum o plantio próximo aos centros consumidores. É uma planta anual, herbácea, com caule pequeno e não ramificado, ao qual se prendem as folhas, que crescem em forma de roseta em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma “cabeça”. O caule é ereto, cilíndrico e glabro, em geral é ramificado até um terço da altura e emerge do meio de folhas basilares. As raízes são do tipo pivotante, podendo atingir até 60 cm de profundidade, porém apresentam ramificações, distribuídas superficialmente, explorando principalmente os primeiros 25 cm de solo (FILGUEIRA, 2008).

O ciclo de desenvolvimento se divide em duas fases distintas. A primeira, é conhecida como fase vegetativa, da qual se obtém a alface hortaliça, com duração de aproximadamente 30 dias para produção de mudas e mais 30 a 45 dias para a fase

pós-transplântio para os segmentos de alface lisa, mimosa, crespa, romana, vermelha e minialface. A segunda, fase reprodutiva, se caracteriza pelo início da emissão do pendão floral, que pode alcançar até 1 m de altura, terminando por uma inflorescência ramificada, com numerosas flores hermafroditas.

A transição entre a fase vegetativa e reprodutiva pode ser lenta ou rápida, dependendo da suscetibilidade da cultivar ao pendoamento precoce e das variações de temperatura. Este último fator pode influenciar o pendoamento e, conseqüentemente, seu florescimento e produção de sementes. Dias longos associados com temperaturas acima de 25 °C estimulam e induzem o início do pendoamento, após a alface completar seu ciclo vegetativo. Já dias curtos e temperaturas amenas ou baixas favorecem a etapa vegetativa do ciclo (SALA e NASCIMENTO, 2014).

A inflorescência é uma panícula composta por diversos capítulos, cada capítulo apresenta inúmeros floretes, normalmente em torno de 12 a 20. O florete apresenta uma única pétala amarela, envolvida por brácteas imbricadas que formam um invólucro, possui cinco estames soldados que formam um tubo. O estilete é bifurcado no ápice e o ovário contém um único óvulo, sendo assim, cada florete origina uma única semente que, botanicamente, é um fruto seco (aquênio).

É uma espécie autógama, sendo a taxa de fecundação cruzada pouco frequente (até 3%). Dependendo da luminosidade e temperatura do ambiente, todos os floretes do capítulo abrem-se na parte da manhã, a partir das 8h e fecham após as 10h. O florescimento é contínuo e sequencial, aproximadamente 90% das sementes produzidas são originárias de flores que abrem nos primeiros 35 dias após a antese da primeira flor. A fase de florescimento pode se prolongar em até 70 dias. Normalmente, as sementes originadas dos dois primeiros picos de floração, apresentam maior massa, quando comparadas com as sementes produzidas tardiamente (VIGGIANO, 1990; RYDER, 1999, SALA e NASCIMENTO, 2014).

Segundo Filgueira (2008) e Yuri et al. (2016), a cultura se adapta melhor em solos de textura média, bem estruturados, arejados, com boa capacidade de retenção de água e ricos em matéria orgânica. Em solos encharcados e compactados há diminuição na produtividade e aumento da infestação de doenças nas plantas. São bastante exigentes em nutrientes, com destaque para o nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, entretanto, não deve desprezar a importância dos demais nutrientes.

A cultura não se desenvolve adequadamente em solos com reação ácida ou muito alcalino, por favorecerem deficiências e/ou toxidez mineral na planta. Quando necessário, efetua-se a calagem para elevar a saturação por bases para 70%, podendo-se realizar uma única aplicação ou parcelar em duas aplicações usando o calcário dolomítico ou calcítico (YURI et al., 2016).

Diversos produtores têm utilizado fertilizantes formulados, especialmente o 04-30-16. Na falta de dados regionais, sugerem-se as seguintes doses de macronutrientes: 30 kg ha<sup>-1</sup> de N; 250-400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80-90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (FILGUEIRA, 2008).

O uso de matéria orgânica é altamente benéfico para o desenvolvimento da planta, devendo ser incorporada durante o preparo do solo (SALA e NASCIMENTO, 2014). Fontes (1999) recomendam a aplicação de 50 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino ou 12 t ha<sup>-1</sup> de esterco de aves. Trani et al. (1997) recomendam utilizar 60 a 80 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou um quarto dessa quantidade de esterco de galinha.

## **2.2 Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes**

Para se avaliar a remoção de nutrientes da área de cultivo, o conhecimento do conteúdo de nutrientes nas plantas, principalmente da parte colhida, torna-se um dos componentes necessários para as recomendações econômicas de adubação. As plantas possuem, em média, cerca de 5% de nutrientes minerais na massa de material seco, porém existem amplas diferenças entre as espécies. De acordo com a fase de desenvolvimento da planta, a absorção de nutrientes é diferente, intensificando-se com o florescimento e a frutificação (RAIJ et al., 1997; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Vários são os fatores que comprometem a qualidade das sementes, podendo-se destacar: a origem da semente, diferentes níveis de adubação, condições climáticas durante a fase de maturação e colheita, tipo de colheita, secagem do material, condições gerais de armazenamento, sanidade, dentre outros. Magro et al. (2012) apontam poucas pesquisas realizadas visando verificar as relações existentes entre fertilidade do solo, nutrientes fornecidos às plantas e qualidade das sementes produzidas.

De modo geral, plantas adubadas de forma adequada e equilibrada podem produzir um maior número de sementes viáveis, fato esse que pode ser explicado

devido ao melhor desenvolvimento das plantas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012; MAGRO et al., 2012).

O aspecto nutricional das plantas afeta o tamanho, a massa e o vigor das sementes, sendo que, em muitos casos, estes efeitos estão ligados à permeabilidade e integridade das membranas dos tecidos, onde os nutrientes atuam como ativadores enzimáticos ou constituem essas membranas (SÁ, 1994).

A disponibilidade de nutrientes está relacionada à boa formação do eixo embrionário e do órgão de reserva, assim como à sua composição química e, conseqüentemente, ao metabolismo e vigor da semente. Considerando-se que o tamanho da semente influencia sua qualidade, pode-se concluir que a adubação resulta em um efeito indireto devido ao aumento ocasionado no tamanho ou na massa da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Além disso, uma adubação equilibrada mantém a planta mais resistente a pragas e patógenos, que podem afetar a qualidade sanitária das sementes. Sendo assim, o manejo da adubação tem como objetivo suprir a demanda de todos os nutrientes exigidos pela planta, em quantidades e em épocas adequadas, e depende de um conjunto de práticas ou ações. Ao mesmo tempo que existem recomendações definidas com base em pesquisas de campo para algumas hortaliças, para outras essas informações são escassas e, em se tratando de produção de sementes, são raras (CARDOSO et al., 2014).

Kano et al. (2010), ao avaliarem efeitos de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface, obtiveram a seguinte sequência: nitrogênio > potássio > fósforo > magnésio > cálcio > enxofre.

Para produção de sementes de alface, Kano et al. (2012) observaram aumento linear na produção e no número de sementes por planta ao se utilizar doses crescentes de fósforo, entretanto não constataram interferência das doses na qualidade fisiológica das sementes. Kano et al. (2006) também obtiveram resultados semelhantes ao utilizar doses crescentes de potássio na produção de sementes de alface.

Magro et al. (2010), avaliando a produção e qualidade de sementes de brócolis, observaram aumento linear em função das doses de composto orgânico para a massa de sementes por planta, com um aumento de 0,6 g na produção de sementes, para cada 10 toneladas de composto orgânico por ha.

Corrêa et al. (2017), com o objetivo de avaliar o efeito de doses de enxofre em cobertura na produção, qualidade e acúmulo de macronutrientes nas sementes de brócolis obtiveram aumento linear na produção de sementes com o aumento das doses de enxofre.

Bardivieso (2018), avaliando a produção e qualidade de sementes de abobrinha-de-moita em função da utilização de composto orgânico no plantio em conjunto com a dose de enxofre, obtiveram um modelo quadrático com máxima produção estimada em 32 g por planta para a dose 59 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre.

Cardoso et al. (2016b), avaliando o efeito da adubação fosfatada na demanda de macronutrientes em plantas de couve-flor destinadas à produção de sementes, obtiveram a seguinte ordem decrescente dos nutrientes acumulados nas sementes: nitrogênio > enxofre > potássio > fósforo > cálcio > magnésio.

De modo geral, devido à escassez de informações relacionadas ao efeito da adubação na produção e qualidade de sementes de alface, nota-se a necessidade de determinar a demanda nutricional e a dose dos nutrientes para auxiliar na recomendação de adubação que proporcione a melhor produtividade de sementes de boa qualidade.

### **2.3 Adubação com enxofre**

Apesar do enxofre ser um nutriente essencial para as plantas, provavelmente é o macronutriente menos empregado nas adubações. O uso de adubos com enxofre na sua constituição está diretamente relacionado com o uso eficiente do nitrogênio, pois ambos exercem funções relacionadas na planta; sendo possível definir o estado nutricional da planta com base na relação dos teores desses dois elementos na massa seca. A sua deficiência é fator limitante da produção agrícola em extensas áreas do Brasil. Na agricultura brasileira, as fontes mais comuns de enxofre são o superfosfato simples (12% S-sulfato), sulfato de amônio (24% de S-sulfato), sulfato de potássio (18% S-sulfato) e também o gesso, um subproduto da fabricação de ácido fosfórico (CUNHA et al., 2001; HOROWITZ e MEURER, 2006; RAIJ, 2017).

A concentração de enxofre nos solos varia de 0,1% em solos minerais até 1% em solos orgânicos. A proporção de enxofre no solo varia de acordo com o tipo de solo e sua profundidade; entretanto, grande parte desse elemento está na forma orgânica (60% - 90% do total, ou seja, como S- aminoácidos, S- fenóis, S-

carboidratos, S- lipídeos, S- húmus) e necessita passar pelo processo de mineralização para se tornar disponível às plantas ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). A forma inorgânica predominante em solos bem drenados é a do sulfato, cuja determinação é bastante utilizada para avaliar a disponibilidade desse nutriente (RAIJ et al., 1997; HOROWITZ e MEURER, 2006; PRADO, 2008; RAIJ, 2017).

Conforme Malavolta (1981), os compostos orgânicos de enxofre no solo estão na forma de aminoácidos livres, sulfato orgânico e derivados de quinomas e aminoácidos com enxofre. A mineralização do enxofre depende da relação entre carbono e enxofre (C/S) no solo ou substrato.

A deficiência de enxofre pode ocorrer em diferentes cultivos e regiões do Brasil, em razão da baixa fertilidade do solo que pode estar associada à pequena quantidade de matéria orgânica presente, o aumento da exportação de S pelas plantas, ocasionado por produtividade elevada das cultivares melhoradas e da lixiviação de sulfato, acentuada pela aplicação de calcário e fósforo (MALAVOLTA, 2006; VITTI et al., 2007).

Em plantas, os compostos de enxofre atuam nas reações fisiológicas e bioquímicas, participando de dois aminoácidos essenciais (cistina e metionina). Além disso, o enxofre participa diretamente na redução do nitrato na fixação biológica do nitrogênio e na síntese de proteínas nos tecidos vegetais e reprodutivos da planta. O transporte do enxofre na planta ocorre da epiderme até a endoderme de forma passiva ou pelo interior das células, de forma ativa. Da endoderme até o xilema ocorre, basicamente, um transporte ativo. Após atingir o xilema, tem-se o transporte a longa distância até a parte aérea da planta, de forma passiva. A redistribuição na planta é muito pequena, sendo considerado pouco móvel na planta (VITTI et al., 2006; PRADO, 2008; RAIJ, 2017).

Os sintomas de deficiência de S são semelhantes aos da deficiência de nitrogênio, no qual as plantas se apresentam uniformemente cloróticas, com início dos sintomas nas folhas mais novas. A deficiência neste nutriente interrompe a síntese de proteínas, devido à mesma estar relacionada com a atividade da nitrato redutase, diminuindo assim, o aproveitamento do N pela planta; diminui a fotossíntese e a atividade respiratória; reduz o teor de gorduras e diminui a fixação livre e simbiótica do  $\text{N}_2$  atmosférico (VITTI et al., 2006).

O enxofre na planta encontra-se, em sua maior parte, nas proteínas. Em média, os teores de enxofre na planta variam entre 2 a 5 g  $\text{kg}^{-1}$  de matéria seca. Os teores



foliares variam pouco em plantas bem nutridas, em geral situando-se entre 2 a 4 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca (RAIJ, 2017). Em brássicas, o enxofre é o segundo nutriente mais acumulado nas sementes (MAGRO et al., 2010; CARDOSO et al., 2016) e a aplicação deste nutriente em cobertura favorece o aumento na produção de sementes de brócolis (CORRÊA et al., 2017). Em alface, o enxofre foi o sexto nutriente mais acumulado nas sementes (KANO et al., 2010).

## **2.4 Adubação orgânica**

A matéria orgânica conserva, em suas estruturas, elementos contidos em compostos químicos remanescentes das estruturas dos seres vivos que os utilizaram com destaque para o carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e fósforo. Esses elementos formam a estrutura básica da matéria orgânica, constituída de cadeias e anéis de carbono, contendo hidrogênio e oxigênio, além de grupamentos funcionais diversos, entre os quais se destacam nitrogênio, enxofre e fósforo (RAIJ, 2017). Além disso, funciona como fonte de energia para microrganismos, melhora a estrutura e o arejamento, a capacidade de armazenar umidade, regula temperatura do solo e retarda a fixação do fósforo. Alguns produtos de decomposição da matéria orgânica têm efeito hormonal ou estimulante para o desenvolvimento das raízes (MALAVOLTA et al., 2002).

As recomendações de adubação em hortaliças devem ser equilibradas aliando a adubação de plantio com as adubações em cobertura, sempre buscando o uso de matéria orgânica e não somente de adubo inorgânico, visto que pode gerar incremento na produtividade com redução nos custos de produção (FILGUEIRA, 2008).

É conhecida a importância e necessidade de uso de adubos orgânicos em cultivos de hortaliças por estes serem uma grande fonte de nutrientes para as plantas, além de exercer efeito nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Tem importância ainda maior em solos de clima tropical, onde a decomposição de matéria orgânica ocorre intensamente (ALISON, 1973; VILLAS BÔAS et al., 2004).

Os adubos orgânicos apresentam vários benefícios, como aumento na capacidade de retenção e penetração de água, elevação do pH e na capacidade de troca de cátions (CTC), assim como é fonte de nutrientes (MAGRO et al., 2010; CARDOSO et al., 2011). Além disso, tem efeitos importantes na conservação e recuperação do solo, como melhorias na sua estrutura, aeração, armazenamento de

água e drenagem interna do solo (TRANI et al., 2013). Com a adubação orgânica também há proteção do solo contra erosão. Além disto, a disponibilidade de nutrientes acontece ao longo do ciclo da cultura (KIEHL, 2010; MONSALVE et al., 2017).

Atualmente, existem vários tipos de adubos orgânicos, tanto de origem animal, quanto de vegetal e agro-industrial, indicados para a utilização no plantio de diversas hortaliças, devendo-se atentar para a origem e a qualidade dos mesmos (SOUZA e RESENDE, 2012).

Santos et al. (2001) relataram aumentos na produção de alface com maiores quantidades de composto orgânico, propiciando efeito residual na produção. Villas Bôas et al. (2004) obtiveram aumento na massa de matéria fresca e seca de alface e maiores quantidades de macro e micronutrientes com aumentos na quantidade de composto orgânico feito com palhada de feijão.

Oliveira et al. (2006), ao avaliarem o plantio direto de alface 'Vera' adubada com "cama" de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro, obtiveram efeito significativo das doses nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio.

Ferreira et al. (2013) também constataram que a adubação com esterco de galinha resultou em aumentos significativos de produção em alface.

Ziech et al. (2014) puderam constatar maior número de folhas durante segundo cultivo de alface ao utilizarem adubo orgânico, além de promover maior atividade microbiana no solo ao longo do tempo.

Silva et al. (2010), estudando a resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos produzidos a partir da mistura de resíduos do processamento de plantas medicinais e esterco bovino, constataram que os compostos aplicados supriram satisfatoriamente as necessidades de nitrogênio da cultura, no primeiro ciclo, dispensando o uso de fertilizante mineral, influenciando a produção de alface no primeiro ciclo e promovendo efeito residual no segundo ciclo.

Cardoso et al. (2011), ao estudarem as alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface, obtiveram aumentos lineares nos teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio, soma de bases, CTC e saturação por bases do solo ao final do ciclo da cultura.

Quadros et al. (2012) relataram aumento na produção de sementes de alface por planta com o aumento das doses de composto orgânico, porém, a qualidade das sementes não foi afetada.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização da área experimental**

O presente trabalho foi conduzido no período de abril a dezembro de 2017, na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à FCA/UNESP, situada no município de São Manuel-SP. Localizada nas coordenadas geográficas: 22° 46' 28" S e 48° 34' 37" W em altitude de 740m.

O clima do município de São Manuel-SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (Clima Temperado Mesotérmico), com chuvas concentradas de novembro a abril, sendo a precipitação pluvial média anual do município de 1.376,7 mm, com temperatura média do mês mais quente superior a 22° C (CUNHA e MARTINS, 2009).

As plantas foram conduzidas em estruturas de ambiente protegido, tipo arco, com pé direito de 2,5 m, com 20 m de comprimento e 7 m de largura, coberta com filme de polietileno de baixa densidade de 150µm, sendo as laterais fechadas com tela antiafídica.

#### **3.2 Caracterização do solo**

O solo utilizado é classificado por Espíndola et al. (1974) como Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e denominado pela nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) como Latossolo Vermelho Distrófico Típico.

As principais características químicas do solo foram avaliadas de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001), e encontra-se na Tabela 1. Estas análises foram realizadas no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP. O pH foi determinado em solução de 0,01 mol L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub>, a matéria orgânica pelo método colorimétrico, o fósforo pelo método da resina trocadora de ânions, o potássio, o cálcio e o magnésio pelo método da resina trocadora de cátions. A determinação da acidez total (H + Al) foi através da solução tampão SMP.

**Tabela 1** - Resultado da análise química do solo antes da implantação do experimento. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.

pH	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	S mg dm <sup>-3</sup>
				----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
3,9	3	70	30	0,2	6	2	8	38	22	11

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP.

### 3.3 Preparo do solo, correção, adubação de plantio e em cobertura

Com base na análise química do solo (Tabela 1), foram realizadas a correção do solo e a adubação de plantio. A calagem foi realizada 30 dias antes do transplante das mudas, utilizando-se calcário dolomítico de alta reatividade (PRNT = 96%), de modo a elevar a saturação por bases a 80% e a faixa de pH próximo a 6,0.

Após a aplicação do calcário e dos tratamentos com e sem composto orgânico, foram retiradas amostras de solo e os resultados são apresentados nas tabelas 2 e 3.

**Tabela 2** - Resultado da análise química do solo após adubação com composto orgânico e calagem. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.

pH	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
				----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
5,6	11	80	13	2,2	47	9	58	71	81

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP

**Tabela 3** - Resultado da análise química do solo após a calagem, sem adubação com composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.

Ph	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %
				----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
5,8	6	117	12	7,4	33	9	49	61	81

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP

Na adubação de plantio, realizada 7 dias antes do transplante das mudas aplicou-se 0,53 g planta<sup>-1</sup> de N na forma de ureia, 2,92 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo e 1,5 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio. A adubação orgânica foi realizada conforme os tratamentos.

Foi feita adubação de cobertura na fase vegetativa aos 10, 20 e 30 dias após o transplante (DAT). Em cada aplicação foi fornecido 0,33 g planta<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia com base na recomendação de Raij et al. (1997).

### 3.4 Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados dez tratamentos arranjados em esquema fatorial 5x2 (cinco doses de enxofre em cobertura x com e sem adição de composto orgânico no plantio). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, contendo cinco plantas por parcela, sendo três úteis.

As doses avaliadas de enxofre em cobertura foram 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de S, além da testemunha (dose 0). Foi utilizado sulfato de amônio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>: 21% de N e 23% de S). Para a correção do valor adicionado de N proveniente do sulfato de amônio, foi utilizada ureia (CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>: 45% de N), visando uniformizar a adubação nitrogenada em 173,9 kg ha<sup>-1</sup> de N, em cobertura. Para os tratamentos com composto orgânico utilizou-se a marca comercial PROVASO®, com base na dose média recomendada por Trani et al. (1997) para a alfaca: 70 t ha<sup>-1</sup> (base úmida) (Tabela 4).

**Tabela 4** - Resultado da análise do composto orgânico. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2017.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	M.O	C	Ca	Mg	S	Umidade
----- % matéria seca -----								
0,6	1,0	1,76	19,2	10,8	2,0	0,21	0,26	27,6

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP

Com base nos tratamentos, realizou-se a incorporação do composto orgânico no dia 05/04/2017. As doses totais de enxofre em cobertura foram parceladas em sete aplicações, realizadas nos dias 19/05/2017 (39 DAT); 26/05/2017 (46 DAT); 02/06/2017 (53 DAT); 09/06/2017 (60 DAT); 16/06/2017 (67 DAT); 23/06/2017 (74 DAT) e 30/06/2017 (81 DAT). Sendo colocados cerca de 100 mL da solução, por planta em cada aplicação.

### 3.5 Obtenção das mudas e condução das plantas

Foi utilizada a cultivar Vera. A sementeira foi realizada no dia 20/03/2017 em bandejas de polipropileno com 200 células, contendo substrato comercial para hortaliças, colocando-se duas a três sementes por célula, com posterior desbaste para uma planta por célula.

As mudas foram transplantadas em vasos plásticos com volume de 12 litros, em 10/04/2017 (21 DAT), colocados no espaçamento de 1,0 m entre linhas x 0,50 m entre plantas (centro a centro dos vasos). Durante a fase reprodutiva, as plantas foram tutoradas com uso de bambus de aproximadamente 2 m de altura, de modo a se evitar o tombamento (Figura 1). O controle fitossanitário foi realizado de acordo com as necessidades da cultura. A irrigação foi realizada por meio de gotejadores.

**Figura 1** – Disposição das plantas na área experimental. São Manuel-SP, 2017.



### 3.6 Características avaliadas

#### 3.6.1 Índice de clorofila nas folhas

Para a determinação dos índices de clorofila ( $a$ ,  $b$  e total =  $a + b$ ) utilizou-se o clorofilômetro ClorofiLOG (Falker Automação Agrícola, Brasil), no qual os índices são

calculados com base na absorção de luz em três comprimentos de onda (635 nm, 660 nm e 880 nm), em que um sensor recebe a radiação transmitida através da estrutura da folha. O valor da leitura através da absorção de luz nesses três comprimentos de onda origina o ICF- Índice de Clorofila Falker (FALKER, 2008).

Foram obtidas leituras semanais sempre após a aplicação dos tratamentos, totalizando sete leituras. Usou-se a folha mais nova, totalmente expandida, exposta à radiação solar, sendo realizadas leituras em três plantas úteis da parcela, com quatro leituras por planta.

### 3.6.2 Produção de sementes

As sementes foram colhidas manualmente, a partir do dia 19 de agosto de 2017, quando atingiram o estágio de maturação fisiológica, ou seja, quando apresentavam cerdas brancas sobre as inflorescências (Figura 2), conforme Sala e Nascimento (2014).

**Figura 2** – Estádio de maturação fisiológica da semente. São Manuel-SP, 2017.



As sementes, assim que colhidas, foram levadas para câmara seca a 40% de umidade relativa e à temperatura de 20°C, com o objetivo de conservar até o término das colheitas. Após a estabilização do teor de água, as sementes foram limpas manualmente para retirada das chochas e danificadas com um aparelho separador de sementes por densidade (modelo 'De Leo Tipo 1'). Em seguida, foram contabilizadas,

pesadas (com os resultados expressos em massa e número de sementes por planta) e utilizadas para as avaliações de qualidade e do acúmulo de macronutrientes.

### **3.6.3 Qualidade das sementes**

#### **3.6.3.1 Massa de mil sementes**

Foram contadas mil sementes de cada parcela experimental, em seguida foi determinada a massa (g), em balança de quatro casas decimais de precisão, segundo Quadros (2010).

#### **3.6.3.2 Teste de germinação e primeira contagem do teste de germinação**

Com base nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009), realizou-se o teste de germinação para as sementes em germinador a 20°C, sendo analisadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, dispostas em caixa gerbox com papel mata-borrão, umedecido com água destilada correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Em seguida as caixas foram acondicionadas em sacos plásticos individuais, de modo que se evitasse a desidratação.

A primeira contagem das sementes germinadas foi realizada aos quatro dias e a segunda, aos sete dias após a instalação do teste. As sementes foram consideradas germinadas ao perceber a prortusão da radícula. Foi considerada a primeira contagem de sementes como teste de vigor.

#### **3.6.3.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)**

A obtenção do índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizada durante o teste de germinação. As avaliações foram diárias e realizadas sempre no mesmo horário até o 7º dia após a semeadura. Foi realizado o somatório do número de sementes germinadas diariamente (não cumulativo), dividindo-se este pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação (MAGUIRE, 1962).



### **3.6.3.4 Emergência em bandeja e Índice de velocidade de emergência (IVE)**

O teste foi realizado em bandejas de polipropileno com 200 células contendo substrato comercial (Carolina®) para hortaliças. Foram semeadas 50 sementes para cada parcela, as quais foram mantidas em casa de vegetação durante as avaliações. As plântulas foram consideradas emergidas quando as folhas cotiledonares estavam totalmente abertas. As avaliações de emergência foram realizadas até o 7º dia após a semeadura (DAS). Para a obtenção do índice de velocidade de emergência (IVE) foi realizado o somatório do número de plantas emergidas diariamente (não cumulativo), dividindo-se pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência.

### **3.6.3.5 Análise química das sementes**

Para a determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) das sementes de alface, foram coletadas amostras representativas provenientes de três plantas por parcela. Após o beneficiamento, as sementes foram identificadas e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante (MALAVOLTA et al., 1997). Em seguida, obteve-se a massa da matéria seca de cada amostra por meio de uma balança analítica de precisão (0,001g). Posteriormente, cada amostra passou pela moagem no moinho tipo Willey.

Depois de moídas, as amostras foram encaminhadas ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP para serem analisadas quimicamente, conforme a metodologia de Malavolta et al. (1997). Para a obtenção do extrato visando à determinação de N utilizou-se a digestão sulfúrica. Para a obtenção dos demais macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S) foi utilizada a digestão nítrico-perclórica. A partir das análises químicas foram obtidos os teores de N, P, K, Ca, Mg e S em g kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) da amostra. A quantidade dos nutrientes acumulados em cada amostra foi obtida pela multiplicação do teor de cada nutriente pela massa da matéria seca da amostra.

### 3.7 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e em caso de efeito significativo, foi realizada a análise de regressão para as doses de enxofre. Para a comparação dos tratamentos com e sem composto orgânico utilizou-se o teste F. Para todas as análises foi utilizado o programa estatístico Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2010).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Índice de clorofila nas folhas

Para a característica índice de clorofila nas folhas os fatores doses de enxofre em cobertura e a aplicação de composto orgânico no plantio não foram significativos, assim como a interação entre estes fatores nas sete leituras realizadas (Tabela 5). Segundo Magro (2009), o efeito não significativo pode ser atribuído à dificuldade de se estabelecer um critério adequado para a escolha da época e das folhas a serem analisadas. Devido o N ser constituinte da molécula de clorofila, espera-se que exista alta correlação entre o seu teor e a clorofila nas folhas (CARDOSO et al., 2016a). A quantidade de N inorgânico aplicada, foi igual em todos os tratamentos, com ureia no plantio e sulfato de amônio e/ou uréia que completou a dose necessária em cobertura. No entanto, esperava-se que o fator aplicação, ou não, de composto orgânico pudesse afetar esta característica, por este ser fonte de N, o que não ocorreu.

Segundo Pimentel-Gomes (1990), nem sempre a ausência de significância pelo teste F corresponde à ausência de efeito, sendo importante a realização de análises de regressão quando o fator estudado for quantitativo, como é o caso de doses de um nutriente. No entanto, mesmo a análise de regressão polinomial não foi significativa para doses de S em cobertura. De acordo com Silva et al. (1998), o suprimento correto de enxofre aos vegetais aumenta a utilização do nitrogênio na síntese proteica (Rubisco) aumentando, por conseguinte, o índice fotossintético das folhas e a produção. Embora não seja constituinte da clorofila, o enxofre desempenha papel importante na formação da clorofila. No entanto, as doses de enxofre também não afetaram o índice de clorofila nas folhas, fato esse que pode ser explicado devido ao teor elevado de enxofre no solo antes da implantação do experimento (11 mg dm<sup>-3</sup>).

**Tabela 5** - Valores de F para doses de enxofre em cobertura, com e sem adubação com composto orgânico no plantio, média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância da característica índice de clorofila nas folhas em sete leituras. Botucatu-SP, 2017.

Índice de clorofila nas folhas							
Leituras de Clorofila a							
Dias após o transplante							
Fator de Variação	44	51	58	65	72	79	86
Doses de enxofre (S)	0,83 <sup>ns</sup>	2,39 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>
Composto orgânico (CO)	0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	2,19 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Doses de S x CO	0,70 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>
CV (%)	10,63	10,35	22,96	20,40	16,51	15,02	9,25
Média geral	15,80	19,77	19,78	21,61	23,21	23,54	17,78
Leituras de Clorofila b							
Fator de Variação	44	51	58	65	72	79	86
Doses de enxofre (S)	0,71 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>	2,04 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>
Composto orgânico (CO)	0,56 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	8,47 <sup>ns</sup>	1,42 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
Doses de S x CO	0,85 <sup>ns</sup>	2,29 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>
CV (%)	16,59	18,05	39,36	36,69	26,41	34,67	11,34
Média geral	3,52	4,89	4,96	6,31	7,69	7,01	3,96
Leituras de Clorofila total							
Fator de Variação	44	51	58	65	72	79	86
Doses de enxofre (S)	0,84 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>
Composto orgânico (CO)	0,13 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	4,17 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Doses de S x CO	0,78 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>
CV (%)	11,4	11,55	25,13	22,96	18,33	18,42	9,42
Média geral	19,34	24,64	24,74	27,93	30,91	30,57	21,74

ns= não significativo a 5 % de probabilidade

## 4.2 Produção de sementes

Para a produção de sementes em massa ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e em número ( $\text{número planta}^{-1}$ ), apenas o fator composto orgânico foi significativo pelo teste F (Tabela 6). A

aplicação de composto orgânico no plantio (70 t ha<sup>-1</sup>) aumentou a produção de sementes (massa) em cerca de 43% em relação a não utilização do mesmo (Tabela 7). Quadros et al. (2012), ao avaliarem a influência de composto orgânico na produção de sementes de alface, obtiveram maiores estimativas de massa de sementes (17,14 g planta<sup>-1</sup>) ao utilizarem a dose de 33,43 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, ou seja, menos da metade da dose utilizada. Vale salientar que a dose recomendada por Trani et al. (1997) é em torno de 60 a 80 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral para produção de alface.

**Tabela 6** - Valores de F para doses de enxofre em cobertura, com e sem adubação com composto orgânico no plantio, e para a interação entre os fatores, média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância das características produção em massa e número de sementes por planta. Botucatu-SP, 2017.

Fator de Variação	Massa de sementes (g planta <sup>-1</sup> )	Número total de sementes (n° planta <sup>-1</sup> )
Doses de enxofre (S)	1,75 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>
Composto orgânico (CO)	30,9 <sup>**</sup>	50,67 <sup>**</sup>
Doses de S x CO	0,89 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>
CV (%)	20,04	20,18
Média geral	20,62	19246

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, \* significativo a 5 % de probabilidade, \*\* significativo a 1 % de probabilidade

**Tabela 7** - Massa e número de sementes por planta nos tratamentos com e sem aplicação de composto orgânico no plantio. Botucatu-SP, 2017.

Tratamentos	Massa de sementes (g planta <sup>-1</sup> )	Número de sementes (n° planta <sup>-1</sup> )
Com composto orgânico (70 t ha <sup>1</sup> )	24,25 a	23618 a
Sem composto orgânico	16,98 b	14874 b
CV (%)	20,04	20,18

CV = coeficiente de variação.

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O número de sementes passou de 14.874 para 23.618 sementes por planta, tendência que também foi observada para a produção em massa. Em relação aos valores obtidos, esses foram superiores aos verificados por Quadros et al. (2012), que obtiveram até 15.917 sementes por planta de alface, por Kano et al. (2006), que obtiveram cerca de 17.458 sementes por planta. Também em brócolis Magro et al. (2010) obtiveram aumento no número de sementes com a aplicação de composto orgânico.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), o período de maior demanda nutricional para a maioria das espécies é durante o início da fase reprodutiva, sendo intensificado durante a fase de formação de sementes, período em que considerável quantidade de nutrientes é translocada para as sementes. Sala e Nascimento (2014) apontam que o período de maior exigência nutricional de boa parte dos macronutrientes pela planta de alface para produção de sementes é durante o início do pendoamento e do florescimento, sendo acumuladas quantidades superiores a 2,3 vezes mais de N, P, K, Ca, Mg e S em comparação com alface destinada para consumo.

Deste modo, pode-se concluir que a presença de composto orgânico foi determinante para a maior produção de sementes, mostrando ser uma técnica vantajosa. Além do fornecimento de nutrientes, apresenta outros benefícios que podem contribuir para a produção, como a estruturação do solo por meio de polímeros com cargas, que unem as partículas isoladas de argila, formando agregados, sendo o principal fator no aumento da porosidade, elevação da capacidade de troca de cátions (CTC) (Tabela 2), importante componente na regulação da retenção e liberação de elementos químicos (Ca, Mg, K e outros em menores quantidades) em forma disponível para as plantas, além de outras propriedades condicionantes do solo (RAIJ, 2017). É possível que esses fatores tenham influenciado de forma positiva no aumento de produção de sementes de alface, através da melhoria física e química do solo.

Neste experimento foi observado aumento na CTC, soma de bases e saturação por base no solo com a aplicação de composto orgânico (Tabela 2). Santos et al. (2001) ao avaliarem efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento de alface, também relataram aumentos na CTC e na soma de bases no solo. Também Cardoso et al. (2011) relataram aumentos lineares nos teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio, soma de bases, CTC e saturação por bases do solo ao final do ciclo da alface para produção de sementes com a aplicação de composto orgânico. Segundo Smith e Hadley (1988), juntamente ao aumento nos teores de bases trocáveis e de CTC, a contínua liberação de N pela mineralização do material orgânico ajusta-se melhor às necessidades da alface.

Para as doses de enxofre, não houve efeito tanto pelo teste F (Tabela 6) como pela análise de regressão, mostrando que este fator não afetou a produção de sementes de alface, mesmo na ausência de adubação com composto orgânico no plantio. Provavelmente, o teor deste nutriente no solo antes da implantação do experimento ( $11 \text{ mg dm}^{-3}$ ) foi suficiente para suprir as necessidades das plantas até o

final do ciclo. Vale ressaltar que o enxofre é o macronutriente menos exigido pela cultura para produção de sementes (QUADROS et al., 2010; KANO et al., 2011). Por outro lado, observa-se que mesmo nas maiores doses não houve excesso, ou seja, não prejudicou a produção de sementes.

### 4.3 Qualidade de sementes

Para todas as características relacionadas a qualidade das sementes não houve efeito das doses de enxofre em cobertura nem da aplicação, ou não, de composto orgânico no plantio, assim como a interação entre estes fatores não foi significativa (Tabela 8).

Para a característica de massa de mil sementes, obteve-se média de 1,10 g (Tabela 8), valor semelhante ao descrito por Reghin et al. (2000), Kano et al. (2012) e Quadros et al. (2012), que mencionam médias de 0,90 g a 1,15 g.

Verificaram-se elevados valores na primeira contagem (88%), germinação (93%), índice de velocidade de germinação (112,9), índice de velocidade de emergência (34,04) e teste de emergência (94%) (Tabela 6), mostrando a elevada qualidade das sementes obtidas.

**Tabela 8** - Valores de F para os fatores doses de enxofre em cobertura utilização, ou não de composto orgânico no plantio, interação entre os fatores, média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância das características massa de mil sementes, primeira contagem no teste de germinação, germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), índice de velocidade de emergência (IVE) e teste de emergência. Botucatu-SP, 2017.

Fator de Variação	Massa de mil sementes (g)	Teste de germinação (%)			Teste de emergência (%)	
		1° contagem	Germinação	IVG	IVE	(%)
Doses de enxofre (S)	1,60 <sup>ns</sup>	2,56 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Composto orgânico (CO)	2,14 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	3,01 <sup>ns</sup>
Doses de S x CO	1,37 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
CV (%)	11,77	12,81	7,62	13,77	9,64	6,16
Média geral	1,10	88	93	112,9	34,04	94

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, \* significativo a 5 % de probabilidade, \*\* significativo a 1 % de probabilidade

Segundo Cardoso (2014), doses adequadas de fertilizantes comumente proporcionam aumento na produção de sementes, possivelmente devido ao melhor desenvolvimento das plantas proporcionado pela adubação. Entretanto, quanto à sua

influência na qualidade das sementes, nem sempre mostram melhoria. Este resultado confirma Delouche (1980) que ressalta que em condições de estresse, como deficiência ou excesso de nutrientes, inicialmente é afetada a produção de sementes e somente depois a qualidade fisiológica pode ser afetada. Isto é um mecanismo de defesa da espécie, provavelmente visando à perpetuação, pois é melhor ter menos sementes que germinem com vigor do que muitas com baixa germinação e/ou vigor. As poucas sementes produzidas sob condições marginais são usualmente tão viáveis e vigorosas quanto aquelas produzidas sob situações favoráveis.

Casos como esse também foram observados por Kano et al. (2006), com doses de potássio, por Kano et al. (2011a), com doses de fósforo, por Cardoso et al. (2011) e Quadros et al. (2012), com doses de composto orgânico, todos na produção de sementes de alface, por Magro et al. (2010), com doses de composto orgânico, e por Corrêa et al. (2017), com doses de enxofre e composto orgânico na produção de sementes de brócolis, porém sem diferença nas características relacionadas a qualidade fisiológica das sementes. No entanto, Kano et al. (2011a) e Magro et al. (2012) relataram que após o armazenamento por mais de um ano das sementes as diferenças de vigor foram observadas.

A interferência da adubação na produção e não na qualidade de sementes foi verificada também em outras espécies como pimentão (SILVA et al., 1971), quiabo (ZANIN e KIMOTO, 1980), coentro (ALVES et al., 2005) e feijão (ZUCARELI et al., 2011).

Segundo Cardoso (2011), além da provável reação das plantas a condições desfavoráveis visando a perpetuação da espécie com produção de sementes vigorosas, outro ponto que pode estar proporcionando ausência de diferença de qualidade é a classificação das sementes. Na maioria das vezes, as sementes colhidas nos experimentos são beneficiadas, com a retirada das chochas e defeituosas, antes da avaliação da qualidade. Com isto, há uma uniformização dos lotes dos diferentes tratamentos quanto à qualidade fisiológica. Ressalta-se que este beneficiamento é sempre realizado para se comercializar as sementes.

#### **4.4 Teor de macronutrientes nas sementes**

Quanto aos teores de macronutrientes nas sementes, não houve efeito significativo para as doses de enxofre e para a interação entre os fatores doses de enxofre em cobertura e aplicação de composto orgânico antes do plantio, verificado

pelo teste F da análise de variância. Apenas para os teores de cálcio e enxofre nas sementes foram observados efeitos significativos para a aplicação, ou não, de composto orgânico (Tabela 9).

**Tabela 9** - Valores de F para os fatores doses de enxofre em cobertura, adubação com composto orgânico no plantio e para a interação entre os fatores, média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância dos teores de macronutrientes nas sementes. Botucatu-SP, 2017.

Fator de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> de matéria seca-----					
Doses de enxofre (S)	2,50 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
Composto orgânico (CO)	2,05 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	4,96*	2,43 <sup>ns</sup>	4,88*
Doses de S x CO	0,47 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
CV (%)	3,60	5,03	7,56	15,36	4,82	5,70
Média geral	45,96	7,41	8,13	2,13	4,12	1,16

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, \* significativo a 5 % de probabilidade, \*\* significativo a 1 % de probabilidade.

Tanto para o cálcio como para o enxofre foram obtidos teores mais elevados na ausência de adubação com composto orgânico, enquanto para os demais macronutrientes (N, P, K e Mg) não foram obtidas diferenças nos teores com ou sem a adubação com composto orgânico (Tabela 10). No caso do cálcio e do enxofre, talvez essa diferença seja devida ao efeito diluição e à pouca mobilidade que ambos os nutrientes apresentam na planta, já que a produção de sementes com composto orgânico foi muito superior aos tratamentos sem composto orgânico (Tabela 7). O cálcio apresenta baixa mobilidade na planta (MALAVOLTA, 2006) e não se redistribuiu para as sementes durante o desenvolvimento destas que são o principal dreno de uma planta. Segundo Grangeiro e Cecílio Filho (2005), isto se deve ao fato de que o transporte deste nutriente ocorre de forma preferencial no xilema, com pouca translocação para o desenvolvimento de frutos e sementes, facilitando o aporte de cálcio na parte vegetativa em detrimento às áreas de frutificação da planta.

Kano et al. (2011) relataram que o teor de cálcio na parte vegetativa das plantas de alface foram cerca de seis vezes superior aos das sementes, enquanto que para o teor de nitrogênio encontrado nas sementes de alface foi cerca de três vezes superior àquele observado na parte vegetativa da planta e destacaram a importância deste elemento na composição da semente, geralmente rica em proteínas. Em fósforo, observaram que a redistribuição da parte vegetativa da planta para as sementes de



alface ocorreu de forma semelhante ao observado para o nitrogênio, uma vez que o teor obtido foi cerca de seis vezes superior nas sementes.

**Tabela 10** - Teor de macronutrientes nas sementes de alface nos tratamentos com e sem aplicação de composto orgânico no plantio. Botucatu-SP, 2017.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg <sup>-1</sup> de matéria seca-----					
Com composto orgânico (70 t ha <sup>1</sup> )	45,55 a	7,37 a	8,13 a	2,00 b	4,06 a	1,13 b
Sem composto orgânico	46,40 a	7,45 a	8,13 a	2,26 a	4,18 a	1,18 a
CV (%)	3,60	5,03	7,56	15,36	4,82	5,70

CV = coeficiente de variação.

Médias seguidas por mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observou-se a seguinte ordem decrescente dos teores de nutrientes nas sementes: nitrogênio > potássio > fósforo > magnésio > cálcio > enxofre. Estes resultados se assemelham aqueles obtidos por Kano et al. (2010) ao avaliarem a influência de doses de potássio nos teores de nutrientes em sementes de alface.

Kano (2006), estudando a aplicação de fósforo na produção e qualidade de sementes de alface, relataram os seguintes teores (g kg<sup>-1</sup> de matéria seca das sementes) de nutrientes: nitrogênio (45,2) > fósforo (8,9) > potássio (6,9) > magnésio (3,7) > cálcio (2,7) > enxofre (1,9). Quadros et al. (2011), ao avaliarem a aplicação de composto orgânico, com e sem fósforo adicionado ao solo, na produção e qualidade de sementes de alface, obtiveram teores de nitrogênio (45,0 g kg<sup>-1</sup>) > fósforo (6,2 g kg<sup>-1</sup>) > potássio (6,1 g kg<sup>-1</sup>) > cálcio (3,5 g kg<sup>-1</sup>) > magnésio (3,3 g kg<sup>-1</sup>) > enxofre (2,1 g kg<sup>-1</sup>), valores similares aos obtidos no presente trabalho.

#### 4.5 Acúmulo de macronutrientes nas sementes

Não se observou efeito das doses de enxofre em cobertura, assim como da interação entre os fatores doses de enxofre em cobertura e aplicação, ou não, de composto orgânico antes do plantio pelo teste F para o acúmulo de macronutrientes nas sementes. Apenas o fator composto orgânico foi significativo pelo teste F (Tabela 11).

**Tabela 11** - Valores de F para doses de enxofre em cobertura, com e sem adubação com composto orgânico no plantio, e para a interação entre os fatores, média geral e coeficiente de variação (CV) da análise de variância das características de acúmulo de macronutrientes nas sementes. Botucatu-SP, 2017.

Fator de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g planta <sup>-1</sup> -----					
Doses de enxofre (S)	2,40 <sup>ns</sup>	3,82 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	2,33 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>
Composto orgânico (CO)	18,33 <sup>**</sup>	22,15 <sup>**</sup>	15,76 <sup>**</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	15,13 <sup>**</sup>	15,12 <sup>**</sup>
Doses de S x CO	1,03 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>ns</sup>
CV (%)	20,92	18,87	23,98	32,91	21,40	22,45
Média geral	0,91	0,15	0,16	0,04	0,08	0,02

ns= não significativo a 5 % de probabilidade, \* significativo a 5 % de probabilidade, \*\* significativo a 1 % de probabilidade

A aplicação de composto orgânico no plantio (70 t ha<sup>-1</sup>) aumentou as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre acumulados nas sementes, entretanto, não afetou a quantidade de cálcio (Tabela 12). O maior acúmulo destes nutrientes pode ser decorrente da maior produção de sementes neste tratamento. No caso do cálcio, a ausência de diferença pode estar relacionada ao menor teor observado com a aplicação de composto orgânico no plantio (Tabela 10), provavelmente pelo efeito diluição. Como o acúmulo é resultado da multiplicação do teor pela massa, o tratamento com composto orgânico apresentou maior massa de sementes, porém apresentou menor teor, igualando a quantidade deste nutriente nas sementes na comparação entre os tratamentos com e sem composto orgânico no plantio.

A ordem decrescente média dos nutrientes acumulados nas sementes foi: nitrogênio > potássio > fósforo > magnésio > cálcio > enxofre. Ordem semelhante (nitrogênio > fósforo > potássio > magnésio > cálcio > enxofre) foi observada por Kano (2006) ao utilizar doses de fósforo na produção de sementes em alface cultivar Verônica.

Quadros et al. (2010), utilizando doses de composto orgânico, com aplicação, ou não, de fósforo também na produção de sementes de alface obtiveram a seguinte ordem: nitrogênio > fósforo > potássio > cálcio > magnésio > enxofre.

**Tabela 12** - Quantidade acumulada de macronutrientes nas sementes de alface nos tratamentos com e sem aplicação de composto orgânico no plantio. Botucatu-SP, 2017.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g planta <sup>-1</sup> -----					
Com composto orgânico (70 t ha <sup>-1</sup> )	1,06 a	0,17 a	0,19 a	0,05 a	0,10 a	0,03 a
Sem composto orgânico	0,77 b	0,12 b	0,13 b	0,04 a	0,07 b	0,02 b
CV (%)	20,92	18,87	23,98	32,91	21,40	22,45

CV = coeficiente de variação.

Médias seguidas por mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O nitrogênio foi o nutriente mais acumulado na semente (0,91 g planta<sup>-1</sup>). De acordo com Marengo e Lopes (2009), o nitrogênio é o mais abundante nas plantas, apresentando alta mobilidade nos órgãos vegetativos, ou seja, caso seja interrompido o processo de absorção e/ou transporte do nitrogênio, a planta tem capacidade de mobilizar o nutriente presente de partes mais velhas, no caso as folhas, para as mais jovens ou qualquer outro órgão em crescimento que apresente alta demanda. Em uma revisão sobre diversas culturas, Lott et al. (1995) e Cardoso (2011) constataram que entre os macronutrientes analisados, o teor e o acúmulo de nitrogênio nas sementes foi maior, quando comparados com os demais nutrientes.

Durante a fase de senescência, boa parte dos nutrientes nas folhas são translocados para órgãos reprodutivos ou em crescimento. Quando as proteínas foliares são degradadas, o nitrogênio liberado na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é reassimilado e convertido principalmente nas amidas glutamina e asparagina, em que são translocadas para órgãos em crescimento e desenvolvimento (NAKASATHIEN et al., 2000; SOUZA e FERNANDES, 2006).

O potássio foi o segundo nutriente em maior quantidade nas sementes (0,16 g planta<sup>-1</sup>). Normalmente o N e o K são os nutrientes mais acumulados nas plantas (MALAVOLTA, 2006). Além da sua importância, apresenta grande mobilidade na planta, o que facilita a translocação para as sementes. Diferente do N, o potássio não faz parte de nenhum composto orgânico na planta e, segundo Kiehl (1985), e Souza e Rezende (2012), o potássio é o nutriente mais rapidamente disponibilizado às plantas com adubação orgânica.

Assim como o N e K, o fósforo também é reaproveitado para o crescimento vegetal através da senescência foliar (RAIJ, 2017). Assim como o magnésio, potássio, cálcio, ferro, manganês e zinco, o fósforo é armazenado nos sais do ácido fítico,

constituindo a fitina, acumulada nas sementes. Durante o processo germinativo a enzima fitase é ativada, ocorrendo a liberação desses nutrientes para serem utilizados no desenvolvimento do embrião e da plântula, sendo o fósforo incorporado aos lipídios da membrana e aos ácidos nucleicos. Portanto, a fitina é a principal forma de armazenamento de fósforo na semente e possui importante função durante a germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Segundo Araújo e Teixeira (2003), a fitina está localizada exclusivamente nos globóides dentro dos corpos protéicos, nos vacúolos das células das sementes.

O cálcio foi relativamente pouco acumulado nas sementes, com média de 0,04 g planta<sup>-1</sup>, possivelmente por ser um elemento com baixa mobilidade na planta e, deste modo, seu acúmulo na semente deve ter ocorrido apenas por absorção e transporte durante a maturação das sementes, sem redistribuição das folhas em senescência.

O magnésio apresentou média de 0,08 g planta<sup>-1</sup> quase o dobro da quantidade de Ca. Segundo Raij (1981), em condições de solos bem drenados, a frequência natural de ocorrência dos cátions trocáveis é na seguinte ordem: Na<sup>+</sup> > K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>. Assim como o fósforo, o magnésio também entra na composição da fitina (sal de Ca e Mg) que se acumula nas sementes. Durante a germinação das sementes, ocorre a migração do P e do Mg para diversas partes da planta em crescimento, de modo que possa contribuir para a formação de novos tecidos (NEPTUNE, 1986; VITTI et al., 2006).

O enxofre foi o nutriente menos acumulado pelas sementes, com valor médio de 0,03 g planta<sup>-1</sup>. Isto também foi observado por Kano et al. (2010) e (2011 b), e Quadros et al. (2010) e (2011), confirmando que este nutriente é pouco acumulado em sementes de alface, ao contrário das brássicas: brócolis e couve-flor onde é o segundo mais acumulado nas sementes (MAGRO et al., 2009; CARDOSO et al., 2016).

## 5 CONCLUSÕES

A aplicação de composto orgânico no plantio ( $70 \text{ t ha}^{-1}$ ) aumentou a produção de sementes em cerca de 43% em relação à não utilização do mesmo. As doses de S não tiveram efeito.

Não houve efeito da aplicação do composto orgânico no plantio e de doses de enxofre aplicados em cobertura na qualidade das sementes.

A ordem decrescente média do teor e acúmulo dos nutrientes nas sementes foi: nitrogênio > potássio > fósforo > magnésio > cálcio > enxofre.



## REFERÊNCIAS

ALISON, F. E. **Soil organic matter and its role in crop production**. London: Elsevier Scientific Publishing Co., 1973. 637p.

ALVES, E.U.; OLIVEIRA, A.P.; BRUNO, R.L.A.; SADER, R.; ALVES, A.U. Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 132-137, 2005.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Nitrogen and phosphorus harvest indices of common bean cultivars: implications for yield quantity and quality. **Plant Soil**, v. 257, p. 425-433, 2003.

BARDIVIESSO, E.M. **Enxofre e composto orgânico na produção e qualidade de sementes e acúmulo de macronutrientes em frutos maduros e sementes de abobrinha-de-moita**. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395 p.

CARDOSO, A.I.I.; FERREIRA, K.P.; VIEIRA Jr, R.M.; ALCARDE, C. Alterações em propriedades do solo adubado com doses de composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.4, p.594-599, 2011.

CARDOSO, A.I.I. Nutrição e adubação em campos de produção de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. **Produção de Sementes de Hortaliças**. Brasília, Embrapa, 2014. p. 109-134.

CARDOSO, S.M.; FERNANDES, D.M.; ANTONANGELO, J.A. Fontes e doses de nitrogênio na nutrição, produção e qualidade de grãos do feijoeiro comum. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 5, p. 69-82, 2016a.

CARDOSO, A.I.I.; CLAUDIO, M.R.T.; MAGRO, F.O.; NAKADA-FREITAS, P.G. Phosphate fertilization over the accumulation of macronutrients in cauliflower seed production. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.2, p.196-201, 2016b.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CORRÊA, C.V.; GOUVEIA, A.M.S.; LANNA, N.B.L.; MARTINS, B.N.M.; TAVARES, A.E.B.; MENDONÇA, V.Z.; CARDOSO, A.I.I.; EVANGELISTA, R.M. Sulphur (S) topdressing and organic compost in the production, quality and nutrients accumulation in broccoli seeds at planting time. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n. 5, p.542-547, 2017.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Mapeamento e qualificação da cadeia produtiva das hortaliças no Brasil**. Brasília: CNA, 2017. 79p.

CUNHA, M. K.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P.; SIEWERDT, F. 48 Doses de nitrogênio e enxofre na produção e qualidade da forragem de campo natural de planossolo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p.651-658, 2001.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. 1 CD-ROM.

DELOUCHE, J.C. Environmental effects on seed development and seed quality **HortScience**, West Lafayette, v. 15, n. 6, p. 775-780, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 412p.

ESPINDOLA, C.R.; TOSIN, W.A.C.; PACCOLA, A.A. **Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, 1974, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p. 650-654.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/ CFL 1030)**. Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2008.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras - MG: UFLA, 2010.

FERREIRA, I.C.P.V.; ARAUJO, A.V.; NASCIMENTO, A.L.; CAVALCANTI, T.F.M.; SANTOS, L.D.T. Cobertura morta e adubação orgânica na produção de alface e supressão de plantas daninhas. **Revista Ceres**, v. 60, n.4, p. 582-588, 2013.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 242 p.

FONTES, P.C.R. **Alface**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.TG.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, Viçosa, CFSEMG, 1999. p. 177.

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.763-767, 2005.

HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Oxidação do enxofre elementar em solos tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.822-828, 2006.

KANO, C. **Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de sementes de alface**. 2006. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia/



Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; HIGUTI, A.R.O.; VILLAS BÔAS, R.L. Doses de potássio na produção e qualidade de sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.3, p: 356-359. 2006

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILLAS BÔAS, R.L. Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 287-291, 2010.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILLAS BOAS, R.L.; HIGUTI, A.R.O. Germinação de sementes de alface obtidas de plantas cultivadas com diferentes doses de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 32, n. 2, p. 591-598, 2011a.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILLAS BOAS, R.L. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.70-77, 2011b.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I.; VILLAS-BOAS, R.L. Phosphorus rates on yield and quality of lettuce seeds. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p.695-698, 2012.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E.J. **Novos fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: 1ª edição do autor, 2010. 248p.

LOPES, C.A.; QUEZADO-DUVAL, A.M.; REIS, A. **Doenças da Alface**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010. 68p.

LOPES, V. **Alface tipo romana cultivada com adubação de nitrogênio de liberação lenta**. 2012. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

LOTT, J.N.A.; GREENWOOD, J.S.; BATTEN, G.D.. **Mechanisms and regulation of mineral nutrient storage during seed development**. In: KIGEL J; GALILI G (eds). Seed development and germination, 1995. p. 215-235.

MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p.176-177, 1962.

MAGRO, F.O. **Doses de composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis**. 2009. 50p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

MAGRO, F.O.; CARDOSO, A.I.I.; FERNANDES, D.M. Acúmulo de nutrientes em sementes de brócolis em função de doses de composto orgânico. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.4, p.49-57, 2009.

MAGRO, F.O.; ARRUDA, N.; CASA, J.; SALATA, A. de C.; CARDOSO, A.I.I.; FERNANDES, D. M. Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 596-602, 2010.

MAGRO F. O.; CARDOSO A.I.I.; FERNANDES D.M. Composto orgânico no potencial fisiológico de sementes de brócolis após o armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias Londrina**, v. 33, p. 1033-1040, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596 p.

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

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. Alcarde. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MARCHESINI, A.; ALLIEVI, L.; COMOTTI, E.; FERRARI, A. Long-term effects of quality compost treatment on soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.106, p.253-261, 1988.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal** – 3ª edição. Viçosa, Ed. UFV, 2009.

MONSALVE, O.I.; GUTIÉRREZ, J.S.; CARDONA, W.A. Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. **Revista Colombiana de Ciências Horticolas**, v.11, n.1, p.200-209, 2017.

NAKASATHIEN, S.; ISRAEL, D.W.; WILSON, R.F.; KWANYUEN, P. Regulation of seed protein concentration in soybean by supra-optimal nitrogen supply. **Crop Science**, v. 40, p. 1277-1284, 2000.

NEPTUNE, A.M.L. **O Mg como nutriente para as culturas**. In: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVA NA AGRICULTURA, São Paulo, 1984. Anais. São Paulo, MANAH, 1986. 144 p.

OLIVEIRA, N.G.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M. Plantio direto de alface adubada com “cama” de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.1, p. 112-117, 2006.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1990. p. 383-401.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008, 407p.

QUADROS, B.R. **Doses de composto orgânico, com e sem fósforo adicionado ao solo, na produção e qualidade de sementes de alface**. 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

QUADROS, B.R.; MAGRO, F.O.; CORRÊA, C.V. CARDOSO, A.I.I. Acúmulo de nutrientes em sementes de alface em função de doses de composto orgânico com e sem adição de fósforo ao solo. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.3, n.2, p.106-115, 2010.

QUADROS, B.R.; MAGRO, F.O.; CORREA, C.V.; CARDOSO, A.I.I. Teor de macronutrientes na parte aérea e sementes de plantas de alface em função de doses de composto orgânico com e sem adição de fósforo ao solo. **Semina**, Londrina, v.32, n.1, p.1725-1734, 2011.

QUADROS, B.R.; CORRÊA, C.V.; MAGRO, F.O.; CARDOSO, A.I.I. Influência de composto orgânico e fósforo sobre sementes de alface. **Semina**, Londrina, v. 33, p. 2511-2518, 2012.

RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. p. 109-114.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2. ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2017, 420p.

REGHIN, M.Y.; OTTO, R.F.; ROCHA, A. Indução do florescimento e produção de sementes de alface com diferentes doses de ácido giberélico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p.171-175, 2000.

RYDER, E.J. **Lettuce, endive and chicory**. CABI Publishing, 1999. 224p.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M.E., BUZZETI, S. ed. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: ÍCONE, 1994, p.65-98.

SALA, F.C.; NASCIMENTO, W.M. **Produção de Sementes de Alface**. In: NASCIMENTO, W.M. Produção de Sementes de Hortaliças. Brasília, Embrapa, 2014. P. 17-42.

SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.; CASALI, V.W.D.; CONDE, A.R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1395-1398, 2001.

SILVA, R.F.; COUTO, F.A.; TIGCHELLAR, E.; OLIVEIRA, L.M. Efeito de espaçamento e níveis de adubação na produção de sementes de pimentão (*Capsicum annum* L.). **Experientiae**, Viçosa, v. 11, p. 297-317, 1971.

SILVA, D.J.; ALVAREZ, V.H.; RUIZ, H.A. Fluxo de massa e difusão de enxofre para raízes de milho em solos ácidos de Minas Gerais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.22, n.6, p.109-114, 1998.

SILVA, F.A.M.; VILLAS BÔAS, R.L.; SILVA, R.B. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010.

SMITH, S.R.; HADLEY, P. A comparison of the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizers on the growth response of summer cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata cv. Hispe F1). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 63, n. 4, p. 615-620, 1988.

SOUZA, S.R.S.; FERNADES, M.S. **Nitrogênio**. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 9, p. 215-252.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2012. 843p.

SOUZA, E.G.F.; BARROS JÚNIOR, A.P.B.; SILVEIRA, da L.M.; CALADO, T.B.; SOBREIRA, A. M. Produção de mudas de alface Babá de verão com substratos à base de esterco ovino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 63 - 68, 2013.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A.; AZEVEDO FILHO, J.A. **Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água**. In: RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997. p. 168-169.

TRANI, P.E.; TERRA, M.M.; TECCHIO, M.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; HANASIRO, J. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico, 2013.

VIGGIANO, J. **Produção de sementes de alface**. In: CASTELLANE, P.D., NICOLSI, W.M., HASEGAWA, M. ed. Produção de sementes de hortaliças. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990, p.1-13.

VILLAS BÔAS, R.L.; PASSOS, J.C.; FERNANDES, D.M.; BÜLL, L.T.; CEZAR, V.R.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.28-34, 2004.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. **Cálcio, magnésio e enxofre**. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap. 12, p. 300-322.

VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L.; GALLO, L.A.; PIEDADE, S.M.S.; FARIA, M.R.M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.225-229, 2007.

YURI, J.E.; MOTA, J.H.; RESENDE, G.M.; SOUZA, R.J. **Nutrição e adubação da cultura da alface**. In: PRADO, R.M.; CECÍLIO FILHO, A.B. Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal, FCAV/CAPEL, 2016. p. 559-577.

ZANIN, A.C.W.; KIMOTO, T. Efeito da adubação e espaçamento na produção de sementes do quiabeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 2, p.105-112, 1980.

ZIECH, A.R.D.; CONCEIÇÃO, P.C.; LUCHESE, A.V.; PAULUS, D.; ZIECH, M.F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.9, p.948–954, 2014.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A.M.; RAMOS JUNIOR, E.U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.