UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

SARA RAISSA BRITO BEZERRA

PRODUÇÃO, QUALIDADE E TEORES DE NUTRIENTES EM SEMENTES DE ALFACE COM APLICAÇÃO DE CÁLCIO E BORO VIA FOLIAR

Botucatu

2020

SARA RAISSA BRITO BEZERRA

APLICAÇÃO DE CÁLCIO E BORO FOLIAR NA PRODUÇÃO, QUALIDADE E TEORES DE NUTRIENTES EM SEMENTES DE ALFACE

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso

Botucatu

2020

B574p

Bezerra, Sara Raissa Brito
Produção, qualidade e teores de nutrientes em sementes de alface com aplicação de cálcio e boro via foliar / Sara Raissa Brito Bezerra. -- Botucatu, 2020
57 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso

1. Olericultura. 2. Alface- sementes. 3. Produção de sementes. 4. Adubação foliar. 5. Potencial fisiológico da semente. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: PRODUÇÃO, QUALIDADE E TEORES DE NUTRIENTES EM SEMENTES DE ALFACE COM APLICAÇÃO DE CÁLCIO E BORO VIA FOLIAR

AUTORA: SARA RAISSA BRITO BEZERRA
ORIENTADOR: ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO

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

Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO
Horticultura / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. JOSÉ WALMAR SETÚBAL
Fitotecnia / Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 20 de fevereiro de 2020.

À minha mãe Marileusa, mulher guerreira e de fibra, que me ensinou os valores da garra, foco, caráter, humildade, e persistência de sempre ir em busca dos meus sonhos. Mas acima de tudo ela me ensinou a sorrir e a ter fé nos momentos de maior dificuldade. Mãe, você sempre foi e sempre será a minha inspiração e base.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em minha vida e demonstrar todos os dias com o raio do sol, de que a vida está para ser vivida e que sempre encontrarei nEle força, bondade e aconchego. Nossa Senhora Aparecida, minha mãe do céu que me amparou nos desesperos, me protegeu e iluminou meus passos, que sempre ouviu meus desabafos e deu colo de mãe e luz para continuar a jornada.

Aos meus pais, Marileusa Brito e Raimundo Bezerra, por serem minha base estrutural, terem abdicado tanto em suas vidas para que eu pudesse realizar os meus sonhos, vejo através do brilho do olhar de vocês que as minhas conquistas, são suas também e a felicidade é maior que a minha. Agradeço por todo incentivo, palavras de apoio, conhecimento, suporte e orações durante toda a minha vida, vocês nunca deixaram de acreditar em mim e no meu potencial e se estou onde estou, conquistando o “mundo” é por vocês e graças a vocês. Meu eterno amor e gratidão.

Wesley Brito, maninho, agradeço por todas as risadas, amor e simplesmente por ser exatamente como és. É por você que eu estou conquistando o “mundo”, para quem sabe um dia, poder abrir portas ou simplesmente servir de inspiração, pois para mim tu és exemplo e inspiração de esforço e dedicação, pode ter certeza que de onde eu estiver, eu sempre estarei contigo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso, pela paciência, prestatividade, ensinamento e credibilidade na realização deste mestrado.

Matheus Xavier por toda paciência, amor, apoio e por acreditar que eu seria capaz de atingir o que tanto almejo, por estar comigo e não desistir de mim nos momentos de maiores dificuldades, obrigada por fazer parte da minha vida, pois você surgiu e se tornou meu destino, te amo.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP – Campus de Botucatu, pela oportunidade e pelos subsídios que proporcionaram a realização deste curso de pós-graduação. À banca avaliadora que aceitaram contribuir com esse trabalho.

Aos diversos professores que contribuíram para minha formação intelectual e pessoal, em especial aos que me apoiaram e deram suporte para cursar mestrado e doutorado, Prof. Dra. Poliana Mota e Prof. Dr. José Walmar Setubal, vocês que me ensinaram os primeiros passos da vida científica e me incentivaram a vir a Botucatu. Quanta gratidão! Obrigada pelas oportunidades e por serem meus eternos pais científicos e grandes amigos de vida.

Aos professores da pós-graduação em Agronomia (Horticultura), pela ajuda, conhecimento e força. Em especial ao Prof. Dr. Filipe Giardini, que além de amigo, enxugou minhas lágrimas e me ensinou o caminho das pedras, por todos os direcionamentos pessoal e profissional, obrigada por não me deixar desistir.

A todos funcionários da Fazenda Experimental São Manuel por toda ajuda desde a implementação do experimento à colheita. Aos funcionários do Departamento de Horticultura, em especial, Edvaldo, Sandra e Eduardo pelas conversas, por toda ajuda durante as avaliações dos experimentos. Aos estagiários Murillo Leite e Iasmim Menezes pela ajuda na execução do experimento e por tantos risos nas horas dos trabalhos mais árduos.

Aos amigos que Botucatu me deu, que tornaram-se minha família, oferecendo apoio, companheirismo, descontração e força. Em especial à Emanuelle, Isabella, Estefânia, Raíra, Alessandro, Patrick e Marcela, obrigada por existirem e me permitirem fazer parte da vida de vocês. Aos meus amigos de vida, Renata, Ianny, Raquel, Jayne, Maria, Júnior e Josimar Jr., sou abençoada por ter vocês em minha vida. “Aos anjos que encontrei pelo caminho, dei um nome bonito: amigos” (Gustavo Lacombe).

Agradeço a todos que direta e indiretamente me auxiliaram na realização do meu sonho, o mestrado, por todos que acreditam e sonharam comigo, essa conquista é de vocês também.

A realização desta pós-graduação foi com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Gratidão

“Toda coragem precisa de um medo para existir. Uma estranha dependência complicada de sentir. A coragem de levantar vem do medo de cair. Use sempre a coragem para se fortalecer. E quando o medo surgir não precisa se esconder. Faça que seu próprio medo tenha medo de você.”

Bráulio Bessa

RESUMO

A alface tem grande importância agronômica e econômica para o Brasil e está entre as folhosas mais consumidas no país. Um dos fatores de relevância para obtenção de altas produtividades é a utilização de sementes de elevada qualidade. O cálcio e o boro são nutrientes de destaque nas etapas de florescimento, germinação de pólen e no processo de frutificação. Os dois nutrientes são pouco móveis na planta, sendo que alguns autores recomendam a pulverização foliar para melhorar a produtividade e qualidade das sementes. No entanto, não existem estudos em alface com a utilização destes nutrientes para produção de sementes. Objetivou-se avaliar o efeito desses dois nutrientes pulverizados diretamente nas inflorescências, desde o início do florescimento, na produção e qualidade de sementes de alface 'Vera'. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, sendo avaliados quatro tratamentos (apenas cálcio (Ca), 0,72 g L^{-1}, apenas boro (B), 0,17 g L^{-1}, aplicação conjunta de cálcio e boro e a testemunha), em seis repetições. Foram avaliadas as seguintes características: produção de sementes (massa e número por planta), qualidade das sementes (massa de mil sementes, germinação, primeira contagem, germinação total, índice de velocidade de germinação após a colheita das sementes e após nove meses de armazenamento, comprimento das plântulas, massa fresca e seca, teste de emergência, índice de velocidade de emergência, número de folhas, massa fresca da parte aérea aos sete dias após a semeadura), teor e acúmulo de macro e micronutrientes nas sementes. Para massa de mil sementes de alface, os tratamentos cálcio + boro e apenas boro apresentaram massa inferior aos demais. Para o teor de Ca não houve diferença entre os tratamentos. No entanto, houve maior teor e acúmulo de boro nas sementes das plantas que receberam a aplicação de boro, comprovando que esse nutriente é absorvido pelas sementes de alface. Em ordem decrescente, a média de macronutrientes acumulados nas sementes foi N>K>P>Ca>Mg>S e em relação aos micronutrientes houve uma diferenciação de acordo com os tratamentos, sendo que para a testemunha e os que apresentavam Ca foi Fe>Zn>Mn>B>Cu e para os tratamentos boro e boro + cálcio foi Fe>Zn>B>Mn>Cu.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.. Sementes. Adubação foliar. Germinação. Vigor. Potencial fisiológico da semente.

ABSTRACT

Lettuce is of great agronomic and economic importance for Brazil and is among the most consumed hardwoods in the country. One of the relevant factors for obtaining high productivity is the use of high quality seeds. Calcium and boron are prominent nutrients in the stages of flowering, pollen germination and in the fruiting process. Both nutrients are not very mobile in the plant, and some authors recommend foliar spraying to improve seed productivity and quality. However, there are no studies on lettuce using these nutrients for seed production. The objective was to evaluate the effect of these two nutrients sprayed directly on the inflorescences, since the beginning of flowering, on the production and quality of 'Vera' lettuce seeds. It was used randomized block design used was in randomized blocks, being evaluated four treatments (only calcium (Ca), 0.72 g L-1, only boron (B), 0.17 g L-1, joint application of calcium and boron and the control group), in six replications. The following characteristics were evaluated: seed production (mass and number per plant), seed quality (mass of thousand seed, germination, first counting, total germination, germination speed index after seed harvest and after nine months of storage, seedling length, fresh and dry mass, emergency test, emergency speed index, number of leaves, fresh shoot weight at seven days after sowing), content and accumulation of macro and micronutrients in the seeds. For a mass of a thousand lettuce seeds, the calcium + boron and only boron treatments showed a lower mass than the others. For the Ca content, there was no difference between treatments. However, there was a higher content and accumulation of boron in the seeds of the plants that received the application of boron, proving that this nutrient is absorbed by the lettuce seeds. In decreasing order, the average of macronutrients accumulated in the seeds was N>K>P>Ca>Mg>S and in relation to micronutrients there was a differention according to the treatments, for the control and for those with Ca was Fe>Zn>Mn>B>Cu and for the boron and boron + calcium treatments it was Fe>Zn>B>Mn>Cu.

Keywords: *Lactuca sativa* L.. Seeds. Leaf fertilization. Germination. Vigor. Seed physiological potential.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização química do solo antes da instalação do experimento com aplicação de cálcio e boro, direcionado a flor, em alface..... 29

Tabela 2 - Média do ciclo até a colheita das sementes de alface de acordo com os tratamentos com aplicação de cálcio e boro, via foliar..... 37

Tabela 3 – Média das massas e número de sementes por planta de acordo com os tratamentos com aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface..... 39

Tabela 4 - Média da massa de mil sementes, primeira contagem, germinação total (GT) e índice de velocidade de germinação (IVG), obtidos logo após o beneficiamento das sementes, em função dos tratamentos de aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface..... 40

Tabela 5 - Média da massa de mil sementes, primeira contagem, germinação total (GT) e índice de velocidade de germinação (IVG), obtidos após nove meses de armazenamento das sementes, em função dos tratamentos de aplicação via foliar de cálcio e boro, em alface..... 41

Tabela 6 - Médias de comprimento de plântulas, matéria fresca e seca das plântulas normais do teste de germinação realizado após nove meses de armazenamento das sementes, em função dos tratamentos de aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface..... 43

Tabela 7 - Média da emergência de plântulas (E%) aos 7 DAS e 21 DAS, índice de velocidade de emergência (IVE) avaliados até 7DAS, número de folhas por plântula (NF) avaliados aos 21 DAS, massa da matéria fresca (MF) aos 7 DAS em função dos tratamentos de aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface..... 44

Tabela 8 - Teores de macro e micronutrientes nas sementes da alface nos tratamentos de aplicação foliar com cálcio e/ou boro..... 46

Tabela 9 - Acúmulo de nutrientes nas sementes de alface nos tratamentos de aplicação foliar com cálcio e/ ou boro..... 48

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**19**
2	**REVISÃO DE LITERATURA**	**21**
2.1	**Aspectos gerais da alface**	**21**
2.2	**Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes**	**22**
2.3	**Importância do cálcio**	**24**
2.4	**Importância do boro**	**25**
2.5	**Qualidade fisiológica das sementes**	**26**
3	**MATERIAL E MÉTODOS**	**28**
3.1	**Localização e caracterização da área experimental**	**28**
3.2	**Produção de mudas, transplante e manejo das plantas**	**29**
3.3	**Tratamentos e delineamento experimental**	**30**
3.4	**Colheita e beneficiamento**	**31**
3.5	**Características avaliadas**	**33**
3.5.1	Ciclo e produção de sementes	**33**
3.5.2	Qualidade das sementes	**33**
3.5.3	Análise química das sementes	**36**
3.6	**Análise estatística**	**36**
4	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	**37**
4.1	**Ciclo e produção de sementes**	**37**
4.2	**Qualidade das sementes**	**39**
4.3	**Teor de nutrientes nas sementes**	**44**
4.4	**Acúmulo de nutrientes nas sementes**	**46**
5	**CONCLUSÃO**	**49**
	REFERÊNCIAS	**51**

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família das Asteraceas é considerada uma das principais hortaliças folhosas consumidas no Brasil, sendo excelente fonte de vitaminas e sais minerais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017), o número de estabelecimentos agropecuários a produzir essa cultura está em torno de 110 mil unidades, abrigando 150 mil trabalhadores rurais na sua cadeia de produção (PONTES, 2006).

A região Nordeste do Brasil e o norte de Minas Gerais são as principais regiões produtoras de sementes de alface, principalmente por apresentarem condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento, melhor qualidade e elevadas produções de sementes (SALA; NASCIMENTO, 2014).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), no início da fase reprodutiva a exigência nutricional aumenta, em comparação a alface para consumo das folhas, acumulando nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre até três vezes mais e 50% a mais de micronutrientes (KANO et al., 2011a; SALA; NASCIMENTO, 2014).

O cálcio (Ca) é um macronutriente associado à estrutura, regulação da parede celular e manutenção da membrana plasmática, sendo fundamental ao crescimento e desenvolvimento das plantas. A sua carência na alface, ocasiona o aparecimento de necroses nos tecidos jovens, principalmente na margem das folhas, caracterizado como um distúrbio fisiológico conhecido como “Tip burn”, ou queima dos bordos, podendo ter significantes perdas na qualidade e produção de “cabeças” e de sementes (SALA; NASCIMENTO, 2014).

O boro (B) é um micronutriente que apresenta um estreito limite entre a toxidez e a deficiência (MALAVOLTA et al., 1997). É um importante elemento na translocação de açúcares e metabolismos de carboidratos, com funções no florescimento e no processo de frutificação (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O cálcio não apresenta redistribuição dentro da planta, apresentando maior teor em tecidos com maior taxa de transpiração (BENINNI et al., 2003; MILLAWAY; WIERSHOLM, 1979). O boro tem baixa mobilidade, e os sintomas de deficiência são mais comuns em tecidos de crescimento, podendo causar efeito sobre a redução da massa média das cabeças de alface (ADAMS et al., 1986; MAGALHÃES, 1988).

Ambos nutrientes, Ca e B, apresentam importância para a germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico, ferramentas fundamentais na fecundação das flores, e taxa de pegamento dos frutos (LEITE et al., 2011).

Devido à distribuição do Ca e do B na planta serem preferencialmente via xilema, a taxa de redistribuição para os frutos é baixíssima e consequentemente para as sementes. A maior concentração destes nutrientes, principalmente o Ca, é nas folhas velhas, pois as mesmas realizam maior transpiração (MALAVOLTA, 1980). Por isto, Bevilaqua et al. (2002) sugerem que a aplicação destes nutrientes deva ser feita via foliar na fase de floração ou pós-floração para haver melhor aproveitamento e, consequentemente, aumento na produtividade de sementes.

Plantas nutricionalmente equilibradas afetam o tamanho, massa e o vigor das sementes, apresentam maior qualidade e resistem mesmo sob adversidades no período de produção (SÁ, 1994).

Devido à escassez de informações sobre os efeitos da aplicação de cálcio e boro no desenvolvimento e qualidade de sementes, objetivou-se estudar as influências desses nutrientes via aplicação direcionada às inflorescências na produção e qualidade de sementes de alface, assim como no teor e acúmulo de nutrientes nas sementes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da alface

Pertencente à família das Asteraceas, a alface (*Lactuca sativa* L.) provavelmente originou-se na região do mediterrâneo, entre os rios Eufrates e Tigre (VRIES, 1997).

A alface, hortaliça de característica folhosa, é mundialmente conhecida, sendo consumida principalmente na forma *in natura*. Na dieta alimentar torna-se indispensável devido ser fonte de vitaminas, como vitamina C, e sais minerais, fitoquímicos, como flavonoides e lactucina, demonstrando sua capacidade antioxidante (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MOTA et al., 2012).

Pode ser agrupada em cinco tipos morfológicos, a variar o tipo de folha e formação de cabeça: repolhuda lisa, repolhuda crespa ou americana, solta lisa, solta crespa e romana (HENZ; SUINAGA, 2009). É importante que a colheita comercial (para fins de consumo) ocorra antes do início da emissão do pendão floral, momento em que a planta apresenta acúmulo de látex e começa a apresentar sabor amargo característico no produto, inviabilizando o consumo (FILGUEIRA, 2013).

Planta herbácea anual, geralmente de ciclo curto, variando em média de 65 a 80 dias da semeadura à colheita comercial, podendo ser reduzido quando em cultivo protegido, de 45-50 dias, com sistema radicular superficial e ramificado, caule curto e folhas dispostas em espiral, em forma de roseta com coloração em diversos tons de verde, a variar com a cultivar, e algumas apresentam coloração arroxeada devido a presença de antocianinas (FILGUEIRA, 2013).

Segundo Henz e Suinaga (2009), a alface é cultivada em todas as regiões brasileiras, porém apresentam melhor desenvolvimento em temperaturas amenas, entre 15 ºC e 24 ºC, quando se trata de crescimento vegetativo. Temperaturas elevadas (acima de 20 ºC) e dias longos, promovem o pendoamento precoce das plantas, e também podem contribuir para a ocorrência de deficiência de cálcio, o “tipburn” ou queima dos bordos (TURINI et al., 2011).

Quando a planta atinge seu ponto de maturação ocorre a elongação do caule e inicia o estádio reprodutivo. A inflorescência é do tipo capítulo, formado por brácteas, cada uma constituída por 10 a 25 floretes, podendo apresentar até 35. Na maturação

das sementes, o cálice é coberto por cerdas brancas denominadas “papus” (RYDER, 1999; SALA; NASCIMENTO, 2014).

Segundo Sala e Nascimento (2014), os floretes abrem-se apenas uma vez, no período da manhã, permanecendo abertas por aproximadamente duas horas, a depender da temperatura do ar e luminosidade, sendo o florescimento contínuo e sequencial. É uma espécie autógama que apresenta característica de cleistogamia. A maturação fisiológica do aquênio, fruto seco cuja semente está ligada, ocorre em média 12 a 21 dias após a antese do florete.

A alface tem grande importância econômica no Brasil, sendo que em 2017 a produção total foi de 908.186 toneladas, com a região Sudeste destacando-se com 65% desta produção. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA (2019), entre as diversas culturas produzidas no Brasil, a alface está entre as olerícolas de maior representatividade em relação à quantidade de área em produção, totalizando na safra de 2017/2018, 15.136 hectares.

Segundo o Agrianual (2019), até julho de 2018, o volume comercializado foi de 20.437 t, onde 38% do volume comercializado de alface crespa e o valor médio comercializado em 2018, de R$ 2,67 por planta. As sementes são comercializadas pelas empresas peletizadas ou nuas, com comercialização total de aproximadamente 211 t e 20 t, respectivamente (Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas - ABCSEM, 2019; IBGE, 2017).

2.2 Nutrição mineral na produção e qualidade de sementes

O estado nutricional da planta é de suma importância para o seu desenvolvimento desta em todo o ciclo, de semente a semente, logo, é relevante o conhecimento dos nutrientes necessários e a quantidade para favorecer maior produção.

Segundo Malavolta (2006), carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O) são os constituintes orgânicos que são captados pela planta através do ar e da água, e compõem cerca de 95% da matéria seca da planta. Os demais elementos necessários para o desenvolvimento da planta são classificados em macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

As culturas oleráceas tem grande exigência em nutrientes, devido exportarem para as partes que são consumidas maior quantidade de nutrientes em comparação a outras culturas (FILGUEIRA, 2013).

A alface apresenta lenta absorção de nutrientes durante a primeira metade do ciclo de cultivo, enquanto que próximo à colheita essa absorção é acelerada (CARDOSO et al., 2011). Beninni (2002), relatou que teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte comercial da alface, cv. Verônica, de: 38,24; 5,74; 78,33; 12,23; 3,11 e 3,87 g kg^{-1}, respectivamente, sendo potássio, nitrogênio e cálcio os nutrientes encontrados em maior quantidade. Por outro lado, Cardoso et al. (2011), ao avaliarem o ciclo da planta para produção de sementes, observaram a seguinte ordem decrescente dos teores nas folhas: K ≈ Ca>N>Mg>S>P e N>P>K>Mg>Ca>S, nas sementes.

A exigência nutricional da alface destinada à comercialização da hortaliça é inferior à da produção de sementes (KANO et al., 2011a). Plantas com nutrição equilibrada geralmente produzem sementes maiores e mais pesadas, principalmente quando o suprimento é adequado à demanda da planta (MARCOS FILHO, 2005; SALA; NASCIMENTO, 2014).

Segundo Sala e Nascimento (2014) e Kano et al. (2011a), quando se trata de produção de sementes, o período de maior exigência de macronutrientes se dá entre o pendoamento e o início do florescimento e de micronutrientes após o início do florescimento.

Kano et al. (2011a), ao determinarem a curva de acúmulo de nutrientes para a alface destinada à produção de sementes, concluíram que a maior demanda de N, 19 mg/dia/planta, ocorreu no desenvolvimento vegetativo até o início do florescimento (20 aos 69 dias após o transplantio - DAT), enquanto os nutrientes P, K, Ca, Mg e S foram mais exigidos no período do pendoamento até o início do florescimento, com média de 4,3; 3,8; 18,5; 3,4 e 1,7 mg/dia/planta, respectivamente. Para os micronutrientes foram observados que o acúmulo ocorreu mesmo após o florescimento, até o final do ciclo, sendo que mais de 50% de Cu, Fe Mn e Zn, foram acumulados a partir do florescimento.

Cálcio e boro são nutrientes que participam em importantes processos fisiológicos das plantas. A exigência de boro para a fase reprodutiva da pereira (*Pyrus* sp.) é superior a necessidade para o crescimento vegetativo (BLEVINS; LUKASZEWSKI, 1998; VERÍSSIMO et al., 2006;).

A qualidade das sementes está diretamente relacionada com o estado nutricional da planta mãe, podendo esta, ajustar sua produção aos recursos a ela disponível, a diminuição na produção é observada quando existe nutrição equilibrada, porém os efeitos sobre a qualidade não são constatados, as sementes produzidas são geralmente de igual vigor quanto às produzidas em nutrição adequada e equilibrada (DELOUCHE, 1980).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), o vigor da semente é afetado pela disponibilidade de nutrientes, tendo potencial de prejudicar o armazenamento do lote e consequentemente afetar a produção em campo, desde o estabelecimento da cultura até a produtividade.

Kano et al. (2011b) ao avaliar os efeitos de doses de fósforo e Quadros et al. (2010) em compostos orgânicos, ambos constaram que produção de sementes de alface foram afetados, porém não houve diferença na qualidade da semente, observando alteração no vigor somente após um ano de armazenamento.

Martins (2018) constatou que não houve diferença na qualidade das sementes de alface ao avaliar doses de enxofre e uso de composto orgânico, havendo diferença de produção apenas quanto ao composto orgânico.

Diferentemente de Carvalho e Minami (1980), que ao avaliar os efeitos da adubação nitrogenada sobre a qualidade de sementes de alface, concluiu que o nitrogênio não afetou a produção de sementes, porém houve aumento no tamanho, influenciando positivamente no vigor.

2.3 Importância do cálcio

O cálcio é um elemento essencial para o crescimento e funcionamento dos ápices radiculares, quando a saturação de Ca no complexo de troca é inferior a 20% há a limitação no crescimento radicular.

O elemento ainda apresenta funções estruturais, devido sua presença na composição das membranas e da parede celular, regulador enzimático e de mensageiro secundário na transdução de sinais (DECHEN; NACHTIGALL, 2007; QUAGGIO, 2000; MALAVOLTA, 2006).

A presença deste nutriente tem efeito no crescimento e desenvolvimento da planta, atua no número de flores, reduz a quantidade de frutos abortados. O cálcio

atrasa o amadurecimento e senescência dos frutos e hortaliças (MALAVOLTA, 2006; ROSOLEM et al., 1990).

Esse macronutriente é imóvel no floema, e apresenta maior acúmulo nas folhas, por ter maior taxa de transpiração que nos frutos e sementes. Em tomate, é necessário a aplicação recorrente de alguma fonte de cálcio para evitar o aparecimento de anomalias no fruto, como fundo preto (MALAVOLTA, 2006).

Na alface, a deficiência de cálcio pode provocar, em algumas cultivares sensíveis, o “tip burn”, ou queima dos bordos, caracterizada pela necrose nas margens das folhas novas, podendo prejudicar a emissão da haste da planta, bem como o florescimento e consequentemente, afetando a produção e qualidade das sementes (SALA; NASCIMENTO, 2014).

Como o cálcio é elemento essencial na formação da parede celular, na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, garantindo a fecundação da flor, e devido o cálcio ser imóvel no floema, pode ser necessária a complementação e aplicação deste nutriente via foliar (MARSCHNER, 1995; WESLEY et al., 2011).

Segundo Raij (1991), os teores de cálcio no solo, em sua grande maioria, não apresenta a capacidade de suprir a necessidade da planta. A aplicação de cálcio via foliar é uma alternativa para reduzir o aparecimento de distúrbios fisiológicos principalmente as espécies de ciclo curto, sendo uma alternativa para a complementação do nutriente quando a disponibilidade do mesmo for limitado pelo solo (SIQUEIRA et al., 2006). Em alface, segundo BENINNI et al. (2003), promoveu aumento da massa fresca em cultivo hidropônico.

2.4 Importância do boro

O boro é um micronutriente que se encontra no solo sob forma de ácido bórico, que por hidrólise se dissocia como ácido bórico neutro ou borato, porém dependente de um pH acima de 8,0 (SHORROCKS, 1982). A absorção pode ocorrer por difusão passiva, transporte facilitado ou através de canais proteicos e transporte ativo por proteínas específicas (LÄUCHLI, 2002).

Esse nutriente é transportado no fluxo transpiratório, sendo, geralmente, imóvel nas plantas, sendo translocado através do xilema, mas que em algumas espécies

também podem ocorrer pelo floema, como é o caso das espécies da família Rosaceae, Oleaceae e Rubiaceae. No geral, a toxidez de boro é visível em folhas velhas, enquanto a deficiência em tecidos de crescimento, meristemas florais e frutos (JONES JÚNIOR, 1970; OERTLI, 1993).

Para a alface, a deficiência de boro pode promover o comprometimento do rendimento da cultura, promovendo redução da massa média das “cabeças” comerciais. Isso ocorre pelo fato de que esse elemento é um importante constituinte estrutural dos tecidos (ADAMS et al., 1986; FONTES et al., 1982).

Em muitas culturas, a fase reprodutiva pode ser afetada pela alta exigência de boro, pois esse elemento promove a germinação do pólen e elongação do tubo polínico, ou seja, a quantidade inadequada desse nutriente pode promover o aumento do abortamento de flores, reduzindo a produtividade da cultura, apresentando como possível alternativa a complementação pela aplicação direcionada via foliar ou à inflorescência, com objetivo de obter respostas mais rápidas, bem como o melhor aproveitamento do nutriente. A qualidade fisiológica das sementes tem relação direta ao crescimento do tubo polínico durante o processo de fecundação (LAVIOLA; DIAS, 2008; MARSCHNER, 1995).

2.5 Qualidade fisiológica das sementes

Sementes de alta qualidade são definidas em prol daquelas que apresentam características fisiológicas e sanitárias com ótimos padrões, como elevadas taxas de vigor, germinação, além de pureza física e varietal (NASCIMENTO et al., 2012).

Segundo a Association of Official Seed Analystis – AOSA (1983), vigor de sementes pode ser definido pelas características que apontam o potencial da amostra de sementes para obter emergência uniforme e rápida e desenvolvimento de plântulas normais sob condições ambientais naturais. São os fatores intrínsecos à semente, que diz respeito a capacidade da semente germinar e emergir rapidamente, produzindo, assim, plantas vigorosas, mesmo que as condições de campo não sejam as mais adequadas. O processo de deterioração das sementes diz respeito a modificação do desempenho fisiológico da semente sendo reduzido com o passar do tempo, considerado um processo irreversível, culminando com a morte da semente (AMBROSANO, 1999).

A fisiologia da semente pode ser influenciada pelo ambiente em que são formadas, pelas condições de colheita, secagem e beneficiamento (VIEIRA et al., 1993). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a condução correta nos campos de produção e a realização da colheita o mais próximo possível da maturidade fisiológica, evitando que as sementes fiquem expostas às condições ambientais desfavoráveis e favoráveis ao ataque de pragas e doenças, promovem a redução das possíveis perdas qualitativas e quantitativas.

Melhor taxa de germinação, emergência rápida e uniforme e crescimento vigoroso da plântula são resultantes de sementes com alta qualidade, que pode propiciar no aumento da produtividade e melhor qualidade do produto a ser comercializado (PANDITA, 2017).

Testes de germinação apresentam alto grau de confiabilidade, pois fornecem informações sobre o potencial da amostra em germinar sob condições ambientais ótimas, porém para apresentar essa confiabilidade, devem seguir as Regras para Análise de Sementes, que no Brasil é padronizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (KRZYZANOWSKI et al., 1999). A massa de mil sementes também se constitui num teste de avaliação que fornece informação do tamanho das sementes, bem como seu estado de maturidade e de sanidade (BRASIL, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi instalada na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu, localizada no município de São Manuel-SP, a 22º25' de Latitude Sul, 48º34' de Longitude Oeste, com altitude de 750 m. Analisando os dados do período de 1971 a 2006, segundo os critérios de Köppen, o clima do município é classificado como *Cfa*, temperado quente úmido e de temperatura média do mês mais quente (fevereiro), superior a 22ºC, precipitação pluviométrica anual de 1377 mm (CUNHA; MARTINS, 2009).

Os dados de temperatura do ar observados durante o período de condução do experimento foram obtidos através do site Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo – CIIAGRO (2019). As temperaturas mínimas, médias e máximas variaram de 13,7 a 20,9 ºC, 19,8 a 28,8 ºC e 22,9 a 36,7 ºC, respectivamente.

As plantas foram conduzidas em cultivo protegido em estufa do tipo arco, com pé direito de 2,5 m, com 7 m de largura por 20 m de comprimento, coberta com filme de polietileno de alta densidade (150 µm) e laterais com tela antiafídica.

O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006; ESPÍNDOLA et al., 1974). Foi coletada amostra da área na profundidade de 0 a 0,2 m que foi analisada pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Ambientais da FCA/UNESP, de acordo com a metodologia de Raij et al. (2001). As características químicas estão descritas na Tabela 1. Não foi necessário realizar calagem na área, pois a saturação de bases estava acima da ideal, que para a cultura da alface é de 80%.

A adubação de plantio, exceto a recomendação de boro, que não foi utilizado na adubação de plantio, e de cobertura foram realizadas de acordo com o recomendado para o Estado de São Paulo (TRANI; RAIJ, 1996).

Na adubação de plantio foi utilizado NPK na formulação 4-14-8, na dosagem 120 g m^{-2} e 2 kg m^{-2} de esterco de galinha. Para a adubação de cobertura foi utilizado Nitrato de Potássio como fonte de Nitrogênio, sendo necessário 57 g m^{-2} parcelado em 5 aplicações, o adubo foi dissolvido e distribuído em 200 mL por planta, correspondendo a dose de nitrogênio necessária por planta. A primeira aplicação foi

realizada com 49 dias após a semeadura (DAS) e as demais distribuídas a cada 7 dias.

Tabela 1 - Caracterização química do solo antes da instalação do experimento com aplicação de cálcio e boro, direcionado a flor, em alface

pH	M.O.	P_{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	Boro
$CaCl_2$	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------		$mmol_c$ dm^{-3}		----------		%	mg dm^{-3}
5,8	15	187	16	3,7	88	13	105	121	87	0,50

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

Segundo Raij et al. (2001), o teor de cálcio estava alto, enquanto para boro estava médio.

3.2 Produção de mudas, transplante e manejo das plantas

Foi utilizada a cultivar Vera da empresa Sakata, do tipo crespa. A semeadura foi realizada no dia 19/09/2018 em bandejas de polipropileno de 200 células, contendo o substrato comercial Carolina Soil®, colocando-se uma semente por célula, sendo mantidas em cultivo protegido.

As mudas foram transplantadas aos 26 DAS, em canteiros, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. O controle de plantas espontâneas foi feito manualmente. O método de irrigação utilizado foi localizado, com espaçamento de 0,5 m entre os gotejadores.

O tutoramento (Figura 1) foi realizado com auxílio de um bambu por planta e fitilhos para fixar a planta. Foram retiradas as folhas velhas da parte inferior da planta com intuito de reduzir os focos de contaminação por doenças, bem como a retirada de plantas com sintomas de podridão-mole.

Figura 1 - Visão geral do experimento

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados quatro tratamentos (aplicação isolada de cálcio, aplicação isolada de boro, aplicação conjunta de cálcio e boro e a testemunha sem estes nutrientes aplicados), no delineamento experimental em blocos casualizados, com seis repetições e cinco plantas por parcela, considerando três plantas centrais como úteis. A dose de cálcio foi 3 g L^{-1} de cloreto de cálcio, contendo 24% de Ca, o que corresponde a 0,72 g L^{-1} de Ca^{2+} e de boro foi 1 g L^{-1} de ácido bórico (17% de B), 0,17 g L^{-1} de B. As doses de cálcio utilizadas para adubação foliar de alface foram de acordo com Beninni et al. (2003) e boro segundo Nogueira et al. (2015), que avaliou aplicação de ácido bórico para a cultura da nespereira durante o florescimento, visto que não há recomendação para alface.

No início do florescimento, aos 89 DAS, começaram as aplicações, com a pulverização direcionada para as flores (Figura 2), sendo duas vezes na semana, com o uso de um pulverizador convencional manual. A última aplicação foi realizada aos 117 DAS, totalizando 9 aplicações.

Figura 2 - Método de aplicação de cálcio e boro direcionada para as flores com pulverizador convencional manual

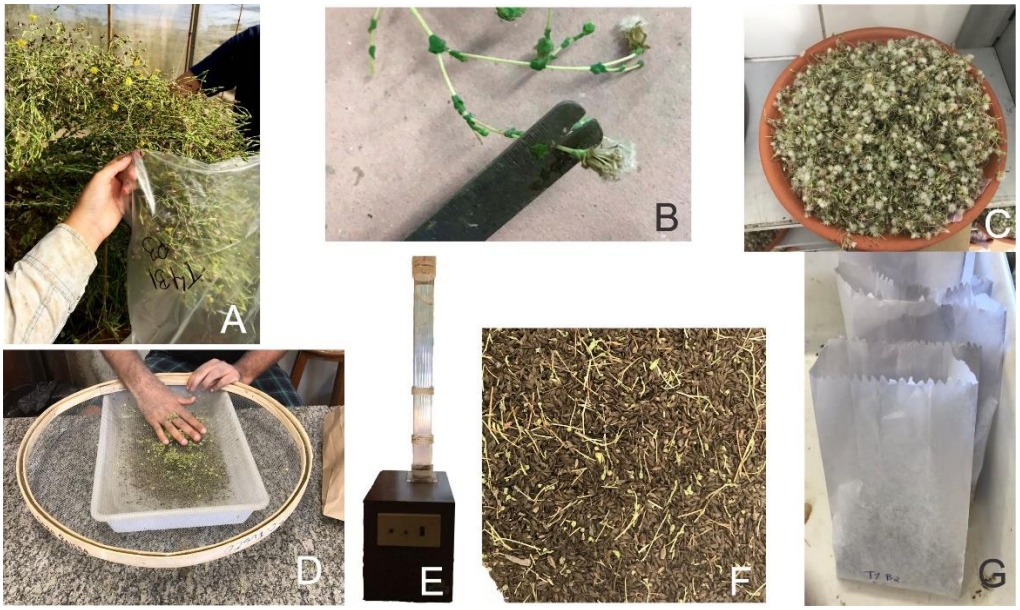
3.4 Colheita e beneficiamento

O ponto de colheita foi determinado quando a planta apresentava cerca de 80 a 90% das sementes em maturidade fisiológica, determinada quando estava visível a presença de cerdas brancas (papus) na inflorescência (Figura 3) (SALA; NASCIMENTO, 2014). A colheita foi iniciada em 18 de janeiro (121 DAS) e finalizada dia 31 de janeiro de 2019 (134 DAS).

Figura 3 - Inflorescências de alface em maturidade fisiológica das sementes

As plantas foram colhidas manualmente, colocadas em saco plástico, levadas para laboratório, realizado o corte das inflorescências e postas em pratos de cerâmica em câmara seca (40 +/- 5% de umidade relativa) por sete dias com temperatura máxima de 25ºC e mínima de 15ºC para facilitar a debulha. Para o beneficiamento, as sementes foram separadas, limpas em peneiras e pelo aparelho separador de sementes por densidade (modelo ‘De Leo Tipo 1’) e colocadas em sacos de papel e armazenadas na câmara seca. Figura 4 demonstra as etapas desde a colheita até o beneficiamento. Para as análises foram utilizadas somente as sementes beneficiadas.

Figura 4- Etapas de colheita e beneficiamento de sementes de alface



Fonte: Sara Bezerra, 2019

A- Colheita manual e armazenamento em saco plástico. B- Corte individual das flores. C- Flores em pratos de cerâmicas em câmara seca. D- Separação e limpeza das sementes em peneiras. E- Separador por densidade. F- Sementes beneficiadas. G- Armazenamento das sementes em sacos de papel.

3.5 Características avaliadas

3.5.1 Ciclo e produção de sementes

Foi avaliado o ciclo, considerando-se o número de dias entre o plantio e a colheita. Após a colheita e beneficiamento foi realizada a pesagem em balança analítica de precisão de 0,001g para obtenção da massa de sementes beneficiadas e estimado o número total de sementes por planta após a obtenção da massa de mil sementes.

3.5.2 Qualidade das sementes:

As sementes foram avaliadas em dois períodos, pós beneficiamento, sendo avaliado massa de mil sementes, teste de germinação, contabilizado a porcentagem de germinação na primeira contagem e a germinação total, bem como o índice de velocidade de germinação e após nove meses de armazenamento em embalagens

permeáveis, mantidas em câmara seca (temperatura de 20ºC e 40% de umidade relativa), sendo que as mesmas avaliações realizadas após o beneficamento foram repetidas, adicionado o comprimento de plântulas, massa da matéria fresca e seca das plântulas obtidas através do teste de germinação e teste de emergência.

a) Massa de mil sementes

Foram contados oito amostras de 100 sementes tomadas ao acaso de cada parcela e seis repetições, sendo as mesmas repetições (blocos) utilizadas em campo, e posterior determinação da massa, em gramas, em balança analítica de precisão (0,001g), conforme determina as Regras de Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

b) Teste de germinação

Para a instalação do teste de germinação nas sementes de alface foram utilizados seis repetições de 50 sementes por tratamento, dispostas em caixas gerbox com papel mata-borrão, umedecidos com água destilada correspondente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Após o procedimento, as caixas foram postas em germinador tipo BOD com temperatura de 20ºC (BRASIL, 2009). Foram realizadas contagens diárias de plântulas germinadas, até 7 DAS.

c) Primeira contagem e germinação total

O total de sementes germinadas aos 4 e 7 DAS, respectivamente, representou a primeira contagem e a germinação total. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam plântulas com as folhas cotiledonares totalmente expandidas (BRASIL, 2009).

d) Índice de velocidade de germinação (IVG)

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado utilizando os dados diários coletados do teste de germinação. A obtenção deste índice foi por meio da equação 1, descrita por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \cdots + \frac{G_n}{N_n} \quad (1)$$

Onde:

$G_1, G_2, \dots, G_n$= número de plântulas germinadas em cada contagem;

$N_1, N_2, \dots, N_n$= número de dias da semeadura a cada contagem.

e) Comprimento das plântulas, massa fresca e seca

Foram consideradas plântulas normais segundo as características descritas na RAS (BRASIL, 2009), ou seja, plântulas que apresentaram todas as suas estruturas bem desenvolvidas, com sistema radicular, parte área e os cotilédones bem desenvolvidos. Nestas foi avaliado o comprimento de plântula (cm), tomando-se a medida da extremidade da raiz até a inserção dos cotilédones. Foram realizados em dez plântulas normais nas seis repetições, e destas foram feitas massa fresca e massa seca total aos 7 DAS (KRZYZANOWSKI et al., 1999; SMITH et al., 1973).

f) Teste de emergência em bandeja

O teste foi realizado em casa de vegetação localizada no viveiro florestal, do Departamento de Recursos Naturais da FCA, na fazenda Lageado pertencente à FCA/UNESP. A semeadura foi feita no dia 08/10/2019, sendo avaliado até 21 DAS.

As sementes de alface foram semeadas em bandejas de polipropileno de 200 células contendo substrato comercial Carolina Soil®, sendo colocadas duas sementes por célula, e avaliadas quatro repetições de 50 células por tratamento, sendo desbastado para uma plântula aos 7 DAS. Foram feitas avaliações diárias de emergência até 21 DAS, sendo que a emergência total (%) foi considerada quando a emergência se tornou constante.

g) Índice de velocidade de emergência

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi avaliado até o 7 DAS. Foi calculado o valor do IVE, de acordo com a equação descrita por Maguire (1962), equação 2.

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \cdots + \frac{E_n}{N_n} \quad (2)$$

Onde:

$E_1, E_2, \dots, E_n$= número de plântulas emergidas em cada contagem;

$N_1, N_2, \ldots, N_n$= número de dias da semeadura a cada contagem.

h) Número de folhas, massa fresca da parte aérea

Na parte aérea de 30 plântulas por parcela aos 21 DAS foram avaliadas a massa fresca e o número de folhas. As amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001g, e os resultados expressos em mg planta^{-1}.

3.5.3 Análise química das sementes

Para a determinação dos teores de nutrientes foram coletadas seis amostras de sementes, as mesmas repetições (blocos) utilizados no campo, dos quatro tratamentos estudados, sendo postas a secar em estufa de circulação forçada de ar a 65ºC, até atingirem massa constante, podendo assim mensurar a massa seca das amostras através de uma balança analítica de precisão (0,001g). Após esse processo, as sementes passaram pelo processo de moagem utilizando almofariz e pistilo (MALAVOLTA et al., 1997).

As amostras moídas foram encaminhadas para o laboratório de análise química de plantas da UNESP/FCA para determinação do teor de macro e micronutrientes nas sementes. A metodologia utilizada para serem analisadas quimicamente conforme Malavolta et al. (1997), foi a da digestão sulfúrica para determinação de nitrogênio, para boro a da digestão via seca e a da digestão nítrico-perclórica para os demais macro e micronutrientes. O acúmulo dos nutrientes foi obtido pela proporcionalidade do teor com a massa seca da amostra.

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram processados pelo sistema SISVAR 5.7- Programa de Análises Estatísticas e Planejamento de Experimentos da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ciclo e produção de sementes

Não houve diferença entre os tratamentos para a média do ciclo em DAS até a colheita das sementes de alface (Tabela 2), estando todos próximos a média para cultivares de alface, entre 120 a 170 dias. No cultivo protegido, condição que foi produzida as sementes deste experimento, o período pode ser reduzido para 100 a 120 dias (MENEZES et al., 2001).

As pulverizações iniciaram-se apenas no início do florescimento, já no final do ciclo. Considerando-se que o tempo médio entre a antese das flores e a maturidade das sementes é de 12 a 21 dias (SALA; NASCIMENTO, 2014), a maior parte do ciclo ocorreu antes da aplicação dos tratamentos, o que pode ajudar a explicar a ausência de diferença estatística. Além disto, não foram encontrados relatos na literatura de que a aplicação foliar de Ca e B durante e após o início do florescimento, possam alterar o ciclo da cultura.

Tabela 2 – Média do ciclo até a colheita das sementes de alface de acordo com os tratamentos com aplicação de cálcio e boro, via foliar

Tratamentos	Média do ciclo de colheita (Dias após a semeadura)
T1 (Cálcio)	128,86 a
T2 (Boro)	128,21 a
T3 (Ca + B)	128,07 a
T4 (Testemunha)	129,29 a
CV (%)	1,92

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Considerando a massa de sementes em massa (g/pl) e número de sementes por planta, os tratamentos não diferenciaram entre si (Tabela 3), talvez pela alta presença de Ca no solo e a adubação orgânica que também é fonte de B, que pode ter mascarado os resultados.

Arantes et al. (2009) também concluíram que o cloreto de cálcio e ácido bórico juntos na pulverização em feijoeiro não mostraram vantagens na produção de sementes, independente da época de aplicação. Rosolem e Boaretto (1989) afirmam que a aplicação desses dois nutrientes na fase de floração deve ser feita para haver um aumento de rendimento de grãos em soja.

Arantes et al. (2009) não detectaram aumento na produção de soja ao aplicar 26% de cloreto de cálcio em diferentes estádios de desenvolvimento. Javorski et al. (2015) e Silva et al. (2017) observaram, em milho e fisális, respectivamente, aumento no número de sementes por fruto com aplicação de ácido bórico e nitrato de cálcio, justificando este resultado pela otimização da germinação dos grãos de pólen.

A resposta a aplicação de Ca e B pode ser diferenciada entre as cultivares de alface, Farinelli et al. (2006) verificaram comportamento diferenciado em duas cultivares de feijão com relação à aplicação de 10% de Ca e 0,5% de B via foliar para produção e qualidade de sementes, em duas épocas de desenvolvimento, ocorrendo benefício na produção apenas em uma cultivar.

Também pode ser que as doses não sejam as mais adequadas à espécie para esta fase do ciclo. Segundo Nogueira et al. (2015), ao avaliar germinação de grãos de pólen para a cultura da nespereira, a concentração de 0,9 $g.L^{-1}$ de ácido bórico, quando aplicados na fase inicial de desenvolvimento floral obteve 24,3% de acréscimo na germinação quando comparado com a testemunha. Não se pode descartar a possibilidade de que o resultado poderia ser diferente em solos pobres nestes nutrientes. Além disto, foi realizada irrigação ao longo de todo o ciclo, o que favorece a absorção destes nutrientes.

Pode-se observar que os valores obtidos para massa de sementes por planta de alface estão dentro, ou até mesmo acima do encontrados na literatura, com média de 20,3 g por planta. Martins (2018) ao estudar a mesma cultivar obteve valores similares, de 17 a 24 g/pl, Kano et al. (2006) média de 17 g/pl, Quadros et al. (2012) de 4,80 a 17,14 g/pl e Aguiar (1982) de 9 g/pl. Essas variações de produção podem estar relacionadas a diferenças entre as cultivares e condições de manejo.

Tabela 3 – Média das massas e número de sementes por planta de acordo com os tratamentos com aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface

Tratamentos	Massa de sementes (g/pl)	Número de sementes (nº/pl)
T1 (Cálcio)	19,13 a	20.245 a
T2 (Boro)	17,98 a	19.791 a
T3 (Ca + B)	22,46 a	25.016 a
T4 (Testemunha)	21,73 a	22.675 a
CV (%)	15,88	16,26

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para número de sementes por planta os valores obtidos variaram de 19.791 a 25.016, com média de 21.932. Novamente os valores podem ser considerados superiores ou próximos aos relatados por outros autores. As médias encontradas por Martins (2018), Kano et al. (2006) e Quadros et al. (2012) foram de 19.246, 17.458 e 10.053 sementes por planta, respectivamente. Os resultados obtidos podem ser devido ao cultivo protegido que reduz a incidência de pragas e doenças, além de evitar ventos e chuva na fase de maturação das sementes que poderia provocar a degrana das sementes.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se inferir que, visto que a testemunha apresentou altos valores de massa de sementes e número de sementes por planta, pode ser atribuído ao fato de que o solo apresentava uma quantidade de nutrientes elevada para um favorável desenvolvimento da cultura da alface, contribuindo positivamente para essas variáveis analisadas.

4.2 Qualidade das sementes

Ao avaliar a massa de mil sementes, tabela 4, os tratamentos em que se utilizou B via foliar, isolado ou em conjunto com Ca, resultaram em menor massa de mil sementes em comparação à testemunha. Os resultados são contraditórios na literatura, como com sementes de milho, Javorski et al. (2015) concluíram que a utilização de cálcio e boro proporcionaram aumento na massa de mil sementes. Lima

et al. (1999), avaliando o efeito da adubação foliar com boro em feijão nas doses de 0, 20 e 40 g ha^{-1}, em duas épocas, não observaram influência na massa de 100 sementes e na produtividade.

O boro (B) atua na translocação de açúcares para os órgãos propagativos (MALAVOLTA et al., 2002), o que proporcionaria incremento na massa da semente, contradiz os resultados encontrados. O boro é utilizado via foliar visando o aumento da produção e a qualidade dos frutos em algumas hortaliças (TRANI et al., 2011) e apresenta grande importância na produção de sementes, pois atua no processo de formação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico (LEITE et al., 2011). Contudo, é o micronutriente que possui o mais estreito limite entre deficiência e toxidez (MALAVOLTA et al., 1997), o que poderia explicar este resultado, ou seja, talvez ocorreu pequena toxidez por excesso de boro. Por falta de referência para uso em alface, optou-se por utilizar a dose 1 g L^{-1} recomendada por Nogueira et al. (2015) em nespereiras.

Quanto aos valores observados, variando de 0,9014 a 0,9577 g, estão dentro da faixa considerada adequada para a espécie segundo George (1999) e próximos do obtido por Kano et al. (2006, 2012), Cardoso et al. (2011), Quadros et al. (2012) e Martins (2018), que mencionam médias de 0,90 g a 1,15 g.

Tabela 4 - Média da massa de mil sementes, primeira contagem, germinação total (GT) e índice de velocidade de germinação (IVG), obtidos logo após o beneficiamento das sementes, em função dos tratamentos de aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface

Tratamento	Massa de mil sementes (g)	Teste de germinação (%)		IVG
		1ª contagem	GT	
T4 (Testemunha)	0,9577 a	72,66 a	93,66 a	11,13 a
T1 (Cálcio)	0,9443 ab	81,00 a	96,33 a	11,64 a
T2 (Boro)	0,9078 b	77,00 a	92,33 a	11,10 a
T3 (Ca + B)	0,9014 b	85,33 a	94,66 a	11,54 a
CV (%)	2,84	19,08	5,09	7,04

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos na avaliação realizada logo após o beneficiamento das sementes para todas as características relacionadas à qualidade fisiológica das sementes (Tabela 4), com médias de 79%, 94,25% e 11,35 para a primeira contagem, germinação total e IVG, respectivamente.

Também na avaliação realizada após nove meses de armazenamento das sementes não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5) com médias de 82%, 96,75% e 12,84 para a primeira contagem, germinação e IVG, respectivamente. Os valores de germinação total tanto na primeira avaliação como após o armazenamento foram elevados e muito superiores ao mínimo exigido para comercialização de sementes de alface pelo MAPA, que é de 80% (BRASIL, 2019).

Observa-se que após o armazenamento por nove meses os valores foram até um pouco superiores (Tabela 5) em comparação a primeira avaliação (Tabela 4), talvez pela superação da dormência primária que ainda pode estar presente em algumas sementes de alface e que é reduzida com o armazenamento (KANO et al., 2011b).

Tabela 5 - Média da massa de mil sementes, primeira contagem, germinação total (GT) e índice de velocidade de germinação (IVG), obtidos após nove meses de armazenamento das sementes, em função dos tratamentos de aplicação via foliar de cálcio e boro, em alface

Tratamento	Massa de mil sementes (g)	Teste de germinação (%)		IVG
		1ª contagem	GT	
T1 (Cálcio)	0,9569 a	78,00 a	97,33 a	13,02 a
T4 (Testemunha)	0,9508 a	83,00 a	96,00 a	12,34 a
T3 (Ca + B)	0,8965 b	89,00 a	95,67 a	13,02 a
T2 (Boro)	0,8940 b	78,33 a	98,00 a	12,99 a
CV (%)	3,33	15,98	3,10	6,78

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A elevada porcentagem de plântulas normais, acima de 95% das sementes originaram plântulas com todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas, demonstra que essas sementes podem dar origem e continuar seu desenvolvimento

como plantas normais (BRASIL, 2009). Atualmente tem aumentado o mercado de sementes peletizadas de alface, com exigência de taxas de plântulas normais superiores a 95%, pois em cada célula nas bandejas coloca-se apenas um pelete que tem apenas uma semente e, em condições de baixa germinação e vigor, pode haver muitas falhas na bandeja e em semeadura direta, falhas no campo e redução na produtividade (SALA; NASCIMENTO, 2014).

Bevilaqua et al. (2002), ao avaliarem a qualidade de sementes aplicando via foliar cálcio e boro em duas cultivares de soja, BR16 e FT Cometa, também obtiveram elevados valores para germinação e vigor (acima de 88%), independentemente do tratamento. Por outro lado, Rosolem et al. (1990) observaram melhora na qualidade fisiológica das sementes de feijoeiro em função de doses de Ca.

Ao avaliarem doses de boro, Abrantes et al. (2015) não obtiveram diferença na germinação para as cultivares de feijão Alvorada e Carioca, assim como Reis et al. (2008), também pesquisando sementes de feijão, aplicando boro via foliar.

Segundo Dan et al. (1987), sementes vigorosas geram plântulas com maior comprimento, devido a capacidade do suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da integração destas ao eixo embrionário. Segundo McCormac et al. (1990) e Sako et al. (2001), o teste de comprimento de plântulas é eficiente para demonstrar o potencial fisiológico das sementes. Todavia, não foram observadas diferenças entre os tratamentos para comprimento das plântulas (Tabela 6).

Os resultados de massa da matéria fresca e da matéria seca de plântulas normais no teste de germinação (Tabela 6) também não apresentaram diferença entre os tratamentos com cálcio e boro. A inexistência de diferença para esses tratamentos (Tabela 6) pode ser alicerçada em Franzini et al. (2004), segundo os quais há dificuldade na aplicação destas avaliações em alface por serem as plântulas normais relativamente pequenas.

Tabela 6 - Médias de comprimento de plântulas, matéria fresca e seca das plântulas normais do teste de germinação realizado após nove meses de armazenamento das sementes, em função dos tratamentos de aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface

Tratamentos	Comprimento de plântulas (mm)	Massa da matéria fresca (mg/plântula)	Massa da matéria seca (mg/plântula)
T2 (Boro)	56,95 a	52,2767 a	3,3433 a
T1 (Cálcio)	58,78 a	49,5267 a	3,4400 a
T4 (Testemunha)	63,52 a	58,9816 a	3,4133 a
T3 (Ca + B)	58,75 a	55,7150 a	3,3117 a
CV (%)	11,20	24,56	5,41

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A porcentagem total de emergência de plântulas aos 7 DAS e 21 DAS não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 7), com valores elevados, média de 90,5% aos 7 DAS e 97,5% aos 21 DAS, semelhantes ao de germinação total em condições ideais de laboratório (Tabelas 4 e 5), comprovando o elevado vigor da semente, com valores superiores aos exigidos pela legislação brasileira, que é germinação de 80% do lote de sementes (BRASIL, 2019).

Todas as plântulas originadas no teste de emergência podem ser consideradas normais, com todas as suas estruturas essenciais, ou seja, com formação de mudas de qualidade. A qualidade da muda é fator de grande importância na cadeia de produção de hortaliças, pois o vigor da muda produzida influencia diretamente no desenvolvimento e desempenho final da planta. Mudas vigorosas normalmente levam menos tempo para se restabelecer no campo pós transplante e resultam em maior produção e precocidade (RODRIGUES et al., 2010).

Também não foram observadas diferenças no IVE, no número de folhas aos 21 DAS e na massa da matéria fresca das plântulas aos 7 DAS, com médias de 23,43; 3,13; 10,73 mg/pl, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7 - Média da emergência de plântulas (E%) aos 7 DAS e 21 DAS, índice de velocidade de emergência (IVE) avaliados até 7 DAS, número de folhas por plântula (NF) avaliados aos 21 DAS, massa da matéria fresca (MF) aos 7 DAS em função dos tratamentos de aplicação de cálcio e boro, via foliar, em alface

Tratamentos	E% 7DAS	E% 21 DAS	IVE	NF (nº folhas/planta)	MF (7 DAS) -----mg/pl-----
T1 (Cálcio)	91,0 a	97,5 a	24,39 a	3,00 a	12,2675 a
T2 (Boro)	91,0 a	97,0 a	23,61 a	3,00 a	9,9225 a
T3 (Ca + B)	88,8 a	96,5 a	22,77 a	3,25 a	10,1125 a
T4 (Testemunha)	91,3 a	99,0 a	22,97 a	3,25 a	10,6150 a
CV (%)	3,74	2,48	4,47	11,31	19,24

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para as características relacionadas a qualidade (germinação e vigor) avaliadas não houve diferença estatística entre os tratamentos, o que é comum para produção de sementes de alface, conforme Kano et al. (2011b), Quadros et al. (2012) e Martins (2018) que ao avaliarem efeito de doses de fósforo, compostos orgânicos e enxofre, respectivamente, não observaram diferença estatística mesmo em situação extrema, como Kano et al. (2011b) que concluíram que mesmo em solo pobre em fósforo, não houve a interferência na qualidade da semente, sendo as diferenças significativas apenas após dois anos de armazenagem.

Além disto, pode-se atribuir a não diferença estatística ao fato do solo apresentar alta concentração de cálcio e quantidade considerada média para boro, segundo Raij et al. (2001).

4.3 Teor de nutrientes nas sementes

Os tratamentos não afetaram os teores dos macronutrientes N, K e Mg, com médias de 46; 12 e 4 g kg^{-1} de matéria seca (MS) e dos micronutrientes Cu, Mn e Zn, com médias de 14,04; 22,67 e 119,04 mg kg^{-1} de MS, respectivamente (Tabela 8).

Para o tratamento com aplicação de B isoladamente resultou em maiores teores de P, S e Fe (Tabela 8). Considerando-se que este tratamento foi o que apresentou menor massa de mil sementes (Tabela 5), ocorrendo concentração destes nutrientes com redução na massa das sementes, ou seja, o inverso do “efeito diluição”.

Provavelmente, a quantidade destes nutrientes acumulados em cada semente deve ter sido aproximadamente a mesma, porém, com a menor massa da semente, ocorreu concentração no teor dos mesmos. Segundo Foloni et al. (2016), quando há o aumento da massa da semente, existe possibilidade de redução no teor de nutrientes, pois o aumento da massa deveria estar diretamente proporcional ao teores de nutrientes, porém isso ocorre apenas quando há a translocação destes para os órgãos propagativos, caso contrário, ocorre o efeito de diluição. Também Colombari (2019) e Aguilar (2019) relataram efeito diluição de alguns nutrientes em sementes de diferentes espécies, pimentão e berinjela, respectivamente.

Não houve diferença para o teor de Ca nas sementes de alface, mesmo nos tratamentos com aplicação deste nutriente (Tabela 8). Segundo Kano et al. (2011a), cerca de 35% do Ca nas sementes de alface é absorvido após o início do florescimento, sendo o mesmo transportado de forma preferencial pelo xilema, não havendo redistribuição para as sementes. Por outro lado, para o B observou-se maiores teores nos tratamentos onde este nutriente foi aplicado em comparação com os tratamentos testemunha e aplicação apenas de Ca, mostrando que a semente absorveu o B aplicado via pulverização diretamente nas inflorescências durante a maturação das sementes. Na produção de sementes de alface o B é absorvido após o início do florescimento e durante o período da maturação das sementes (Kano et al., 2011a), que foi o período total de aplicação dos tratamentos.

A ordem decrescente média dos teores de macronutrientes (g kg^{-1}) nas sementes foi (Tabela 8): nitrogênio (média de 46,29) > potássio (11,63) > fósforo (10,30) > cálcio (4,08) > magnésio (3,95) > enxofre (2,18). Quadros et al. (2011), ao avaliarem a resposta da cultivar Verônica a aplicação de composto orgânico com e sem a adição de fósforo ao solo, constataram valores semelhantes para a maioria dos nutrientes, porém para o potássio foi encontrado teor 47% inferior, e para o fósforo 39% inferior em relação aos encontrados nesse experimento. Kano et al. (2010), ao avaliarem os teores de macronutrientes em sementes de alface da cultivar Verônica, em função de doses de potássio, obtiveram em ordem decrescente as médias (g kg^{-1}): N (41,8) > K (6,14) > P (6,02) > Mg (3,06) > Ca (1,92) > S (1,74), enquanto Martins (2018) observou a seguinte ordem para a cultivar Vera (g kg^{-1}): N (45,96) > K (8,13) > P (7,41) > Mg (4,12) > Ca (2,13) > S (1,16). Essas diferenças podem ser relacionada à diferença de cultivares utilizadas e os diferentes tratamentos.

Para os teores de micronutrientes (mg kg^{-1}) obteve-se ordem decrescente diferente para os tratamentos (Tabela 8), sendo que para os tratamentos sem B (testemunha e apenas Ca) a ordem foi: Fe > Zn > Mn > B > Cu e para os tratamentos que tinham boro a ordem foi diferente, sendo observado: Fe > Zn > B > Mn > Cu, pois houve aumento no teor de B nas sementes com a aplicação deste nutriente. Kano et al. (2006) obtiveram a seguinte ordem decrescente para sementes de alface: Fe>Zn>Mn>Cu>B, ou seja, semelhante para maioria de nutrientes, exceto para boro, que neste trabalho foi obtido maior teor, isso deve-se a absorção do nutriente pelas sementes devido os tratamentos.

Tabela 8 - Teores de macro e micronutrientes nas sementes da alface nos tratamentos de aplicação foliar com cálcio e/ou boro

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------g kg^{-1} de matéria seca----------						----------mg kg^{-1} de matéria seca----------				
T1 (Cálcio)	46a	10,3ab	12a	4a	4,0a	2,0c	15b	13a	127ab	25a	120a
T2 (Boro)	48a	10,6a	11a	4a	3,9a	2,4a	49a	14a	156a	21a	121a
T3 (Ca + B)	46a	10,3ab	11a	4a	4,0a	2,2b	51a	13a	134ab	21a	116a
T4 (Testemunha)	45a	10,0b	12a	4a	3,9a	2,1ab	19b	16a	117b	22a	118a
CV (%)	4,77	3,21	10,15	6,32	3,08	6,14	21,17	14,72	16,47	19,27	7,42

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4 Acúmulo de nutrientes nas sementes

Não houve diferença para o acúmulo de todos os macronutrientes nas sementes de alface (Tabela 9), sendo que a ordem decrescente média dos nutrientes acumulados foi (mg/pl): N (939,79) > K(237,25) > P (208,92) > Ca (82,92) > Mg (80,23) > S (44,24), ordem semelhante ao encontrado por Quadros et al. (2010), utilizando doses de composto orgânico com a presença ou ausência de fósforo, obtendo a ordem: N > P > K > Ca > Mg > S, apenas com a inversão nas ordens do P e do K. Kano (2006), ao avaliar diferentes doses de P_2O_5 para sementes de alface, obteve a ordem decrescente para acúmulo de nutrientes: N>P>K>Mg>Ca>S, enquanto Martins (2018) obteve resultados semelhantes ao encontrados neste presente trabalho com acúmulo em (mg/pl) na ordem: N (915) > K (160) > P (145) > Mg (85) > Ca (45) > S (25).

Em todos os trabalhos vistos com teor e/ou acúmulo de nutrientes em sementes de alface, o N sempre foi o de maiores valores. Segundo Cardoso et al. (2011), o acúmulo de nitrogênio, quando comparado aos demais macronutrientes, tende a ser maior na semente, pela sua importância na formação das sementes (principalmente proteínas), além de ter fácil mobilidade na planta, bem como o potássio, segundo nutriente de maior acúmulo na massa seca da semente.

O potássio tem fácil mobilidade na planta, o que permite a maior translocação para as sementes, sendo o segundo nutriente em maior acúmulo na semente (MALAVOLTA, 2006). O fósforo é acumulado na semente na forma de fitina, sendo importante na germinação após sofrer ação da enzima fitase (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Segundo Martins (2018), o cálcio é um elemento de mobilidade lenta, e o acúmulo na semente se dá por absorção e transporte durante a maturação das sementes. O magnésio, bem como o fósforo, está presente na composição da fitina e durante a germinação das sementes, ocorre a translocação destes nutrientes para as partes em desenvolvimento na planta para formação de novos tecidos (VITTI et al., 2006). O enxofre é o nutriente menos acumulado nas sementes de alface, conforme observado por Martins (2018), Kano et al. (2010) e Quadros (2011), porém para brássicas, é o segundo nutriente mais acumulado (CARDOSO et al., 2016).

Para os micronutrientes acumulados (mg/pl), a ordem decrescente dependeu dos tratamentos, para aqueles que receberam apenas cálcio e a testemunha, a ordem para o acúmulo de nutrientes foi: Fe > Zn > Mn > B > Cu, e para os tratamentos que continham boro foi de: Fe > Zn > B > Mn > Cu. Kano et al. (2011a) obtiveram ordem de acúmulo Fe > Mn > Zn > B > Cu. Apesar da grande importância destes nutrientes na produção de sementes, existem poucos estudos relacionados. Para o cultivo de brássicas, a deficiência de B ocasiona coloração escura na parte central do caule, coloração bronzeada na inflorescência, cabeças pequenas, podendo apodrecer e impedir a produção de sementes (FILGUEIRA, 2013).

O maior acúmulo de boro nas sementes ocorreu nos tratamentos em que houve a aplicação direcionada às inflorescências, comprovando que esse nutriente foi absorvido e consequentemente promoveu maior acúmulo.

Quando se trata de produção de sementes de alface, o requerimento de micronutrientes é superior se comparado a produção da hortaliça para a comercialização das folhas (KANO et al., 2011a).

Tabela 9 - Acúmulo de nutrientes nas sementes de alface nos tratamentos de aplicação foliar com cálcio e/ ou boro

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----------mg/pl----------										
T1 (Cálcio)	884,86a	197,73a	226,49a	83,05a	76,06a	37,52a	0,29b	0,24b	2,41a	0,49a	2,29a
T2 (Boro)	859,46a	190,06a	206,47a	71,92a	70,84a	43,54a	0,88a	0,26ab	2,76a	0,39a	2,18a
T3 (Ca + B)	1040,45a	231,22a	251,48a	89,81a	89,27a	49,38a	1,15a	0,29ab	3,00a	0,48a	2,61a
T4 (Testemunha)	974,37a	216,67a	264,56a	86,89a	84,76a	46,54a	0,40b	0,34a	2,56a	0,49a	2,57a
CV (%)	18,44	17,75	22,22	18,45	19,99	18,51	32,33	19,74	19,09	28,96	19,10

CV= coeficiente de variação
Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5 CONCLUSÃO

A aplicação de cálcio e boro diretamente nas inflorescências de alface não promoveu diferença na produção e no vigor das sementes.

Em ordem decrescente, a média do teor e acúmulo de macronutrientes nas sementes foi: N > K > P > Ca > Mg > S, enquanto para os micronutrientes houve diferença em função do tratamento, sendo que para o tratamento com cálcio e para a testemunha a ordem foi: Fe > Zn > Mn > B > Cu, e para os tratamentos boro e cálcio + boro, foi de: Fe > Zn > B > Mn > Cu.

Não se pode descartar a possibilidade do uso do Ca e B para a alface, visto que os resultados poderiam ter se mostrado diferente em solos pobres nestes nutrientes ou sem a utilização de irrigação, já que a irrigação favorece a absorção destes nutrientes presentes no solo.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, F.L. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação foliar com boro. **Cultura agronômica**, Ilha Solteira, v. 24, 2015. p. 167-180.

ADAMS, P.; GRAVES, C. J.; WINSOR, G. W. Some effects of micronutrients and liming on the yield, quality and micronutrient status of lettuce grown in beds of peat. **Journal Horticultural Science**, Asford, v. 61, n. 4, 1986. p. 515- 521.

AGRIANUAL 2019: **anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2019. p.119-120.

AGUIAR, P.A.A. Influência do ácido giberélico na produção de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.4, n.1, 1982. p. 89-95.

AGUILAR, A.S. **Qualidade fisiológica, enzimas antioxidantes e teores de macronutrientes em sementes de berinjela em função de idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019. 65 p.

AMBROSANO, E.J. et al. Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC-Carioca. **Bragantia**, v.58, n.2, 1999. p. 393-399.

ARANTES; R.P. et al. Aplicação foliar de cálcio e boro a base de cloreto de cálcio e ácido bórico misturado no tanque para avaliação de rendimento da semente de soja. **Revista Científica da Fundação Educacional de Ituverava**, v.6, n.2, 2009. p.117-122.

Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas - ABCSEM**. Pesquisa de mercado de sementes de hortaliças 2009**. Disponível em: <http://abcsem.com.br/dados-do-setor >. Acesso em: 26 ago. 2019.

Association of official seed analysts – AOSA. **Seed vigor testing handbook**. AOSA. 1983. 93 p.

BENINNI, E.R.Y. **Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônicos e convencional.** 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2002. 33 p.

BENINNI, E.R.Y.; TAKAHASHI, H.W.; NEVES, C.S.V.J. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, 2003. p. 117-122.

BEVILAQUA, G.A.P.; SILVA FILHO, P.M.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32, n.1, 2002. p. 32-34.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M**.** Função do boro na estrutura da planta. **Revisão anual de fisiologia vegetal,** Stanford, v.49, 1998. p. 481-500.

BRASIL. Instrução Normativa nº42, de 17 de setembro de 2019. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, nº182, p.6, 19 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento: Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CARDOSO, A.I.I. et al. Phosphate fertilization over the accumulation of macronutrients in cauliflower seed production. **Horticultura Brasileira,** v.34, n.2, 2016. p. 196-201.

CARDOSO, A.I.I. et al. 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, 2011. p. 594-599.

CARVALHO, J.L.; MINAMI, K. Efeitos da adubação nitrogenada sobre a qualidade de sementes de alface. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. v.37, n.1, 1980. p. 23-32.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Semente**: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429 p.

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

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada Revista - CEPEA. **Hortifruti Brasil**: Anuário 2018 | 2019 - Retrospectiva 2018 e Perspectiva 2019. São Paulo: Cepea, 2019. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2018- 2019.aspx>. Acesso em 20 out. 2019.

CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA. 2005. 785 p.

COLOMBARI, L.F. **Alterações fisiológicas, nutricionais e bioquímicas em sementes de pimentão, com frutos em diferentes estádios de maturação e repouso pós-colheita**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019. 85 p.

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

DAN, E.L. et al. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.3, 1987. p. 45-55.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F. et al. (ed.). **Fertilidade do Solo.** Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p. 92-132.

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

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPAES. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 412 p.

ESPÍNDOLA, 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.

FARINELLI, R. et al. Características agronômicas e qualidade fisiológicas de sementes de cultivares de feijão adubados via foliar com cálcio e boro. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.34, n.1. 2006, p. 59-65.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, 2014. p. 109-112.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

FOLONI, J.S.S. et al. Acúmulo de nutrientes e relação C / N em diferentes estádios fenológicos do milheto submetido à adubação nitrogenada. **Revista Agroambiente**, v.10, n.1, 2016. p. 1-9.

FONTES, R.R. et al. Efeito da aplicação de Mg, B, Zn e Mo na produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.2, 1982. p. 171-175.

FRANZINI, S.M. et al. Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.26, n.2, 2004. p. 63-69.

GEORGE, R.A.T. **Vegetable seed production**. 2. ed. Italy: Cabi Publishing, 1999. 328 p.

HENZ, G.P.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivadas no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Novembro, 2009. (Comunicado Técnico 75).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Agropecuário de 2017**: Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, v.7, 2017. 108 p.

JAVORSKI, M. et al. Rendimento de sementes de milho em função da adubação foliar com cálcio e boro no estádio fenológico (V6). **Cultivando o Saber**, v.8, n.2, 2015. p. 132-142.

JONES JÚNIOR, J.B. Distribution of 15 elements in corn leaves. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. 1970. p. 27-34.

KANO, C. **Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de sementes de alface**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2006. 112 p.

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

KANO, C. et al. Doses de potássio na produção e qualidade de sementes de alface. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v.24, n.3, 2006. p. 356-359.

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

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

KANO, C. et al. Germinação de sementes de alface após armazenamento obtidas de plantas cultivadas com doses de fósforo. **Semina,** v.32, n.2, 2011b. p. 591-597.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes:** Conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LÄUCHLI, A. Functions of boron in higher plants: Recent advances and open questions. **Plant Biology**, v.4, 2002. p. 190-192.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A. dos S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, 2008. p. 1969-1975.

LEITE, R.F.C. et al. Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro. **Revista Brasileira de Sementes,** Londrina, v.133, n.4, 2011. p. 785-791.

LIMA, S.F. de; ANDRADE, M.J.B. de; CARVALHO, J.G. de. Resposta do feijoeiro à adubação foliar de boro, molibdênio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.2, 1999. p. 462-467.

MAGALHÃES, J.R. **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA/ CNPH, 1988. 64 p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, 1962. p. 176-177.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

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

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

MARCOS FILHO, J.M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, B.N.M. **Enxofre em cobertura e aplicação de composto orgânico no plantio na produção, qualidade e acúmulo de macronutrientes em sementes de**

alface. 2018. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura)- Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu-SP, 2018. 51 p.

McCORMAC, A.C.; KEEFE, P.D.; DRAPER, S.R. Automated vigour testing of field vegetables using image analysis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.18, 1990. p. 103-112.

MENEZES, N.L. de; SANTOS, O.S. dos; SCHMIDT, D. Produção de sementes de alface em cultivo hidropônico. **Ciência Rural**, v.31, n.4, 2001. p. 705-706.

MILLAWAY, R.M.; WIERSHOLM, L. Calcium and metabolic disorders. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.10, n.1-2, 1979. p. 1-28.

MOTA, W.F. et al. Agronomic and economic viability of intercropping onion and lettuce. **Horticultura Brasileira**, 2012. p. 349-354.

NASCIMENTO, W. M.; CRODA, M.D.; LOPES, A.C.A. Produção de sementes qualidade fisiológica e identificação de genótipos de alface termotolerantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.3, 2012. p. 510-517.

NOGUEIRA, P.V. et al. Germinação de pólen e aplicação de ácido bórico em botões florais de nespereiras. **Bragantia**, v.74, 2015. p. 9-15.

OERTLI, J.J. The mobility of boron in plants. **Plant Soil**, v.155/156, 1993. p. 301-304.

PANDITA, V.K. **Improving planting value of vegetable seeds by physical and physiological methods.** In: Advances in quality seeds product of vegetable crops. Centre of Advanced Faculty Training in Horticulture (Vegetables), Compendium. 2017, 317 p.

PONTES, A. Mercado de sementes de hortaliças no Brasil. In: **Curso sobre tecnologia de produção de sementes de hortaliças**, v.6, 2006, Brasília. Palestras... Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. CD-ROM.

Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo- CIIAGRO. **Boletim agrometeorologia**. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>. Acesso em: 20 out. 2019.

QUADROS, B.R.; CORREA, C.V.; CARDOSO, A.I.I. Influência de composto orgânico e fósforo sobre sementes de alface. **Semina,** v.33, supl.1, 2012. p. 2511-2518.

QUADROS, B.R. et al. 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**, v.3, n.2, 2010. p. 106-115.

QUADROS, B.R.; et al. 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,** v.32, supl., 2011. p.1725-1734.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111 p.

RAIJ, B. van. et al**. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo: Ceres, 1991. 343p.

REIS, C.J. et al. Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.55, n.4, 2008. p. 258-264.

RODRIGUES, E.T. et al. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.28, 2010. p. 483-488.

ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E. A adubação foliar em soja. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas, SP: Fundação Cargill. 1989. 500 p.

ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E.; NAKAGAWA, J. Adubação foliar do feijoeiro. VIII. Fontes e doses de cálcio. **Científica**, São Paulo, v.18, 1990. p.81-86.

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

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.

SAKO, Y. et al. A system for automated vigor assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.29, 2001. p. 625-636.

SALA, F.C.; NASCIMENTO, W.M. Produção de sementes de alface. In: NASCIMENTO, W.M. **Produção de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa, v.1. 2014. 316 p.

SHORROCKS, V.M. **Boron deficiency, its prevention and cure**. Borax Ltd. Londres. 1982. 43 p.

SILVA, D.F. et al. Viabilidade polínica e quantificação de grãos de pólen em espécies de fisális. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.48, n.2, 2017. p. 365-373.

SIQUEIRA, C. H. et al. Efeito da aplicação foliar de cálcio e tetracloreto de titânio sobre a ocorrência de “Tip burn” em plantas de alface. **Bioscience Journal**, v. 22, 2006, p. 17-23.

SMITH, O.E.; WELCH, N.C.; LITTLE, T.M. Studies on lettuce seed quality. I. Effect of seed size and weight on vigor. **Journal of American Society for Horticultural Science**. v.98, n.6, 1973. p. 529-533

TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van et al., ed. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1996. p. 155-203. (Boletim Técnico, 100).

TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W.; CARRIJO, O.A. **Fertirrigação em Hortaliças**. Campinas: Instituto Agronômico, 2011 (Boletim Técnico).

TURINI, T. et al. **Iceberg lettuce production in California**. 2011. 45 p.

VERÍSSIMO, V. et al. Níveis de cálcio e boro de gemas florais de pereira (Pyrus sp.) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v.28, n.1, 2006. p. 28-31.

VIEIRA, R.F.; VIEIRA, C.; RAMOS, J.A.de O. **Produção de sementes de feijão**. Viçosa, EPAMIG/EMBRAPA, 1993. 131 p.

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. p. 300-322.

VRIES, I.M. Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 44. 1997. p. 165-174.

WESLEY, M.S. et al. Cálcio, boro e reguladores vegetais na fixação de frutos em tomateiro. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, 2011. p. 103-106.