

SAYURI BEATRIZ HARA NODA

**FONTES DE CÁLCIO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CEBOLA CULTIVAR
AQUARIUS**

Botucatu

2023

SAYURI BEATRIZ HARA NODA

**FONTES DE CÁLCIO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CEBOLA CULTIVAR
AQUARIUS**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutora em Agronomia - Horticultura.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas
Boas

Coorientador: Dr. Ricardo Lima dos Santos

Botucatu

2023

N761f

Noda, Sayuri Beatriz Hara

Fontes de cálcio na nutrição e produção de cebola cultivar
Aquarius / Sayuri Beatriz Hara Noda. -- Botucatu, 2023
64 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

Coorientador: Ricardo Lima dos Santos

1. cebola. 2. nutrição mineral de plantas. 3. cálcio. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: FONTES DE CÁLCIO NA NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE CEBOLA CULTIVAR
AQUARIUS

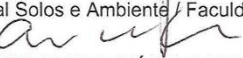
AUTORA: SAYURI BEATRIZ HARA NODA


ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

COORIENTADOR: RICARDO LIMA DOS SANTOS


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:


Prof. Titular ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS (Participação Presencial)
Ciência Florestal Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP


Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof.ª Dr.ª CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON (Participação Presencial)
Pós-Doutoranda - Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Pesquisador Dr. PATRICK LUAN FERREIRA DOS SANTOS (Participação Presencial)
. / Safe Garden


Prof. Dr. LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES (Participação Presencial)
Fitotecnia / Faculdades Integradas de Bauru

Botucatu, 31 de janeiro de 2023

A todos aqueles que
estiveram ao meu lado nessa caminhada,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me permitir vivenciar essa experiência, por me guiar e iluminar meu caminho. Pelos momentos difíceis que me ajudou a enfrentar e por sempre me dar força e paciência.

A minha mãe pelo apoio, dedicação, compreensão e pelas broncas também, que nunca mediu esforços para a realização dos meus sonhos. O caminho nem sempre foi fácil, mas conseguimos superar tudo isso.

Aos meus irmãos, Mayumi e Yuiti pelo companheirismo e conselhos.

A minha companheira de quatro patas, Fifi que apesar de não ter contribuído cientificamente, contribuiu no apoio psicológico.

Ao meu companheiro de vida, Dennis, que sempre esteve presente em todos os momentos.

Ao orientador Prof. Dr. Roberto Lyra Villas boas, pela confiança, paciência, ensinamentos e amizade. Muito obrigada por acreditar no meu potencial.

A Tessengerlo por fornecer os materiais necessários para este estudo.

A TopSeed por fornecer o material genético estudado neste experimento.

A UNESP FCA/Botucatu por esses 10 anos de acolhimento.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pela assistência e colaboração.

A STPG, por todo apoio prestado desde a época de mestrado até o final do doutorado, muito obrigada.

As amigas, conselheiras e “chefes”, Camila e Silvia, muito obrigada pela paciência e pela amizade.

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura pela oportunidade de cursar o mestrado.

Aos meus queridos amigos de Botucatu, por todas as conversas e risadas, guardo essas memórias com muito carinho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização dessa etapa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

O cálcio, em geral, é o terceiro nutriente mais acumulado pela planta de cebola, sendo mais acumulado nos bulbos. Entretanto, seu teor total no solo é relativamente baixo, cerca de 1%, para maioria dos solos brasileiros. Exceto quando há ocorrência de carbonato ou sulfato, como acontece nas terras cálcarias de Irecê – BA, cujo solo foi utilizado neste estudo. O Ca por ter peculiaridades como a imobilidade no floema e papel fundamental para a planta de cebola, necessita de um estudo aprofundado sobre as diferentes fontes disponíveis e sua influência no solo, nutrição e produção da cebola. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar as diferentes fontes de Ca na produção de cebola em solo advindo da região de Irecê – BA. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP, em Botucatu – SP. Utilizou-se o híbrido Aquarius da Topseed, semeado diretamente nos vasos, em solo proveniente da região de Irecê – BA. O experimento foi fertirrigado via gotejamento. Os tratamentos consistiram na substituição parcial (15%) da dose total da fonte de Ca comumente utilizada na região (nitrato de cálcio) por outras fontes. Portanto, todos os tratamentos receberam 85% do total de Ca na forma de nitrato de cálcio, via fertirrigação, e os 15% restantes foram aplicados manualmente com as fontes correspondentes aos tratamentos, exceto na testemunha onde não houve substituição. Não foram compensados os nutrientes acompanhantes dos tratamentos. A colheita dos bulbos ocorreu aos 178 DAS, após a cura foram feitas as avaliações: massa seca da parte aérea, massa fresca e seca de bulbos, teor e acúmulo de nutrientes, classificação dos bulbos e foi calculada a produtividade. Com apenas 15% a mais de cálcio aplicado, foi possível um incremento na produtividade em cerca de 25% nos tratamentos com nitrato, tiosulfato e carbonato de cálcio, em relação a testemunha que não recebeu esse acréscimo.

Palavras-chave: *Allium cepa*; nutrição mineral; cálcio.

ABSTRACT

Calcium, in general, is the third nutrient most accumulated by the onion plant, being more accumulated in the bulbs. However, its total content in the soil is relatively low, around 1%, for most Brazilian soils. Except when there is occurrence of carbonate or sulfate, as happens in the limestone lands of Irecê - BA, whose soil was used in this study. Because Ca has peculiarities such as immobility in the phloem and a fundamental role for the onion plant, it requires an in-depth study on the different sources available and their influence on soil, nutrition and onion production. Thus, the present work aimed, through the comparison of Ca sources, to establish the one that provided the best result in the production of onion bulbs in soil from the region of Irecê – BA. The work was carried out in a greenhouse at the Department of Soils and Environmental Resources of the Faculty of Agricultural Sciences – FCA/UNESP, in Botucatu – SP. The Aquarius hybrid from Topseed was used, sown directly in pots, in soil from the region of Irecê - BA. The experiment was fertirrigated via drip irrigation and during its cycle no foliar diseases were observed. Treatments consisted of partial replacement (15%) of the total dose of the Ca source commonly used in the region (calcium nitrate) by other sources. Therefore, all treatments received 85% of the total Ca in the form of calcium nitrate, via fertigation, and the remaining 15% were applied manually with the sources corresponding to the treatments, except in the control where there was no replacement. The accompanying nutrients of the treatments were not compensated. The bulbs were harvested at 178 DAS, after curing, evaluations were made: shoot dry mass, fresh and dry mass of bulbs, content and accumulation of nutrients, classification of bulbs and productivity was calculated. With only 15% substitution of calcium applied, it was possible to increase productivity by about 25% in the treatments with nitrate, thiosulphate and calcium carbonate, in relation to the control that did not receive this increase.

Keywords: *Allium cepa*; mineral nutrition; calcium.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	A cultura da cebola.....	17
2.1.1	Importância econômica.....	17
2.1.2	Classificação botânica, distribuição e características gerais.....	17
2.2	Exigências edafoclimáticas.....	18
2.3	Tipo de solo e exigências nutricionais.....	20
2.4	Cálcio na cebola.....	21
2.5	Fontes de cálcio na agricultura.....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Localização e caracterização do solo e da área experimental.....	24
3.2	Descrição do material genético.....	25
3.3	Instalação e condução do experimento.....	25
3.4	Tratamentos e delineamento experimental.....	28
3.5	Avaliações.....	31
3.5.1	Amostragem de solo.....	31
3.5.2	Solução do solo.....	31
3.5.3	Avaliações biométricas.....	31
3.5.3.1	Massa da matéria fresca e seca.....	32
3.5.3.2	Teor e acúmulo de nutrientes.....	32
3.5.3.3	Classificação dos bulbos curados e massa.....	33
3.5.3.4	Avaliação de perda de massa na pós-colheita.....	34
3.6	Análise estatística.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	Análise química do solo ao final do experimento.....	35
4.2	Solução do solo.....	38
4.3	Plantas.....	42
4.3.1	Massa seca da parte aérea.....	42
4.3.2	Teor de nutrientes na planta e nos bulbos.....	44
4.3.3	Acúmulo de nutrientes na planta e nos bulbos.....	45
4.3.4	Exportação de nutrientes pelos bulbos.....	54

4.3.5	Classificação e produção.....	56
4.3.6	Perda de massa pós-colheita.....	58
5	CONCLUSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

No cenário brasileiro, a cebola (*Allium cepa* L.), ao lado da batata e do tomate, são as olerícolas economicamente mais importantes tanto pelo volume produzido quanto pela renda gerada. A principal região produtora é a região Sul, contribuindo com 53% da produção nacional, seguida da região Sudeste com 24% e Nordeste com 14% (FERREIRA; ALVES; NICK, 2018).

No Nordeste, a cultura foi introduzida no final da década de 40 e desde então seu cultivo está em expansão. Nos últimos 45 anos o NE dobrou sua produtividade devido aos resultados de trabalhos de pesquisa no manejo da cultura e, principalmente, ao uso de cultivares adaptadas à região (RESENDE; COSTA, 2007). Na Bahia, a quantidade produzida em 2021 foi de 260.399 toneladas, numa área colhida de 7.033 hectares. Obtendo rendimento médio de 37.025 kg/ha, valor maior que o de SC (IBGE, 2021), evidenciando ser uma excelente região de cultivo.

A área plantada em hectare sofreu uma leve redução de 2006 a 2016, de 63.314 hectares para 57.464 ha, entretanto a produtividade aumentou razoavelmente, de 21,2 t/ha para 28,8 t/ha (FAO, 2016). Comprovando a eficiência dos novos materiais genéticos, manejos adequados à cada região e novas tecnologias disponíveis aos produtores.

Dois elementos climáticos importantes para a cultura são o fotoperíodo e a temperatura, que limitam a recomendação de uma cultivar para uma faixa ampla de latitudes. A escolha inadequada de cultivares para as condições de cultivo (local e época) resulta em baixa produtividade e/ou bulbos sem valor comercial.

Outro fator que influencia na produtividade da cultura é o tipo de solo e nutrição das plantas. A cultura se desenvolve em diversos tipos de solo, entretanto, o mais adequado é o solo com alto teor de areia para que os bulbos possam se desenvolver sem impedimentos como torrões endurecidos. Em relação às necessidades nutricionais, a cultura é bastante exigente. Sendo que as deficiências nutricionais influenciam na formação de bulbos e conseqüentemente na produtividade (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

O cálcio, em geral, é o terceiro elemento mais acumulado pela planta de cebola, sendo o maior acúmulo deste nutriente nos bulbos. O Ca é um importante elemento

para a conservação pós-colheita da cebola devido ao seu papel como regulador enzimático, mensageiro secundário e função estrutural (MALAVOLTA, 2006).

Na natureza, as principais fontes de cálcio no solo são os minerais das rochas sedimentares, eruptivas e metamórficas. Também é possível encontrar cálcio na matéria orgânica, proveniente do processo de mineralização, podendo ocorrer como quelados, complexos ou simplesmente adsorvido (MALAVOLTA, 2006).

O teor de Ca total no solo é expresso como CaO, sendo relativamente baixo, cerca de 1%, para maioria dos solos brasileiros. Exceto quando há ocorrência de carbonato ou sulfato, como acontece nas terras cálcarias de Irecê, BA. O Ca, por ser um cátion, depende de ânions acompanhantes, como Cl^- , NO_3^- e SO_4^{2-} para se movimentar no perfil do solo. Sendo levado perfil abaixo no solo, ele desloca o Al do complexo de troca, cuja saturação diminui, permitindo maior desenvolvimento de raízes graças ao melhoramento do ambiente em subsuperfície (MALAVOLTA, 2006).

Na planta, ele é absorvido pelas raízes como íon Ca^{2+} sendo o contato íon-raiz feito principalmente por fluxo de massa, necessitando de água no solo para que ocorra a absorção (MALAVOLTA, 2006).

O Ca por ter peculiaridades como a imobilidade no floema e papel fundamental para a planta de cebola, necessita de um estudo aprofundado sobre o seu comportamento no desenvolvimento adequado dela. Ademais, atualmente a Bahia é considerada um dos maiores estados produtores de cebola, destacando a região de Irecê, tendo seu manejo diferenciado dos outros estados produtores, como MG e SC, principalmente o manejo nutricional. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar as diferentes fontes de cálcio na produção de bulbos de cebola em solo advindo da região de Irecê – BA.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cebola

2.1.1 Importância econômica

O cultivo da cebola concentra-se principalmente em pequenas propriedades, tendo uma importância socioeconômica, demandando grande quantidade de mão de obra e fixando o homem no campo (RESENDE, 2007).

Em 2018, o Sul, região tradicional do cultivo da cebola, novamente foi a maior região produtora, contribuindo com 750.330 toneladas, seguido do Sudeste (366.266 t), Nordeste (296.131 t), Centro-Oeste (136.170 t) e Norte (700 t). O total produzido no país foi 1.549.597 toneladas.

O estado de SC continua sendo o maior contribuidor na produção nacional de cebola, cerca de 30% da produção nacional. A Bahia apresenta como segundo maior produtor, contribuindo com cerca de 16% da produção (AGRIANUAL, 2021). A região de Irecê, particularmente a cidade de João Dourado, é um dos maiores produtores do estado, contribuindo com 12% do total do valor da produção (IBGE, 2021). A região em fase de expansão no Brasil, gera emprego no campo e é responsável por colocar a Bahia em 2º lugar na produção nacional de cebola.

2.1.2 Classificação botânica, distribuição e características gerais

A cebola comum (*Allium cepa* L.) é classificada como uma monocotiledônea pertencente à família Amaryllidaceae (YUSUPOV, 2021). Seu centro de origem ainda é incerto, uma vez que não há registros de cebola selvagem, ou seja, aquela que não sofreu a seleção ou melhoramento. Contudo, estudos indicam que sua primeira domesticação ocorreu na região sudoeste asiática seguido da região do Mediterrâneo (HALNET, 1990; FRITSCH,;FRIESEN, 2002). Há registros de seu cultivo há mais de 4000 anos, sendo que os primeiros registros são originários do Egito (BREWSTER, 2008). Devido à intensa domesticação, há uma grande variabilidade dentro da espécie, ocorrendo cultivares adaptadas a quase todas as regiões do mundo. Além disso, há uma subclassificação de acordo com as características morfológicas e padrões moleculares, são elas: cebolas do grupo comum (Common) que é o mais

importante em termos econômicos, do grupo *Aggregatum* e do grupo *Proliferum* (Ever-ready) (FRITSCH & FRIESEN, 2002)

No Brasil, a cultura foi introduzida por imigrantes europeus na região Sul do país, posteriormente o cultivo se espalhou para outros estados. Na última década, os maiores estados produtores são Santa Catarina, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

É uma planta herbácea que pode ser cultivada como anual para a produção de bulbos, ou como bianual se o intuito for a produção de sementes. Sua propagação pode ser feita através de sementes, bulbos ou bulbinhos (FRITSCH; FRIESEN, 2002). O tipo de propagação a ser adotado irá depender da região de cultivo, manejo e tecnologia disponível ao produtor.

A germinação da semente é do tipo epigea, ou seja, o desenvolvimento do cotilédone ocorre acima da superfície do solo. As fases da germinação constituem no desenvolvimento da raiz primária, seguido do desenvolvimento da folha cotiledonar que se dobra em forma de arco. Sucessivamente, a folha cotiledonar se desdobra e ocorre o início do desenvolvimento da primeira folha verdadeira originária do ápice caulinar (BEWLEY; BLACK, 1994).

As folhas, podendo ser cerosas ou não, apresentam disposição alternada, formando duas fileiras ao longo do caule. As bainhas foliares, nas quais as folhas se inserem, projetam-se acima da superfície do solo e formam uma estrutura firme, geralmente chamada de caule, mas que, na realidade, é um pseudocaule. O caule verdadeiro está localizado abaixo da superfície do solo e é composto por um disco achatado (prato), localizado na extremidade inferior do bulbo que emite raízes fasciculadas, pouco ramificadas. Em geral, as raízes raramente alcançam 25 cm de profundidade (KIILL; RESENDE; SOUZA, 2007).

2.2 Exigências edafoclimáticas

Os elementos climáticos influenciam fortemente a cultura, sendo a mesma considerada rústica, desde que esteja em regiões de clima ameno e na época mais adequada para cada variedade (BREWSTER, 2008). A luz é provavelmente o fator ambiental mais relevante envolvido no crescimento e desenvolvimento de plantas.

Fisiologicamente, a cebola é uma espécie de dias longos para bulbificação que, geralmente, não bulbifica em dias com duração inferior a 10 horas de luz. Sob

fotoperíodos muito curtos, as plantas não bulbificam mesmo após longos períodos de estágio vegetativo. Contudo, se o fotoperíodo longo for muito acima do mínimo necessário para a indução de determinada cultivar, a bulbificação poderá ser antecipada e a planta poderá produzir bulbos de tamanho reduzido com baixo valor comercial. Outros fatores também podem afetar na bulbificação, como, quantidade e duração de luz absorvida pelas folhas, temperatura e quantidade de água na folha e no solo. Sendo assim, para evitar distúrbios fisiológicos na formação do bulbo, é necessário que a condição fotoindutiva seja constante até a completa bulbificação (PUIATTI; FINGER, 2018).

Durante o processo de bulbificação, a planta passa por alterações morfológicas, como o espessamento da base das folhas, onde será formado o bulbo. Isso ocorre devido ao alongamento celular, decorrente do acúmulo de, principalmente, fotoassimilados nas células. Ao decorrer da bulbificação, a emissão e o crescimento de folhas novas são paralisados. Por isso a importância do semeio/transplante da cultivar na época adequada, para que a planta supere o “período juvenil” e possa acumular o máximo de reservas e alcançar a máxima área foliar para a formação dos bulbos. Na fase de maturação, as folhas mais externas do bulbo secam e algumas podem ser degradadas, enquanto outras ficam pergaminhosas, servindo de proteção às demais (PUIATTI, 2018).

As cultivares de cebola são classificadas em função do número de horas de luz diária exigida para que as plantas formem bulbos comercializáveis, são três classes: de dias curtos (DC); de dias intermediários (DI); e de dias longos (DL). As DC iniciam a bulbificação em dias com pelo menos 10 a 12 horas de luz; as DI exigem dias com 12 a 13 horas de luz; as DL exigem mais de 14 horas de luz por dia (PUIATTI; FINGER, 2018).

No Brasil, em função dos fotoperíodos que ocorrem ao longo do ano, as cultivares possíveis de serem plantadas em condições normais de temperatura são as dos tipos DC e DI. As cultivares DC podem ser cultivadas em quaisquer regiões, enquanto as DI são mais adaptadas ao cultivo na região Sul do Brasil, desde que plantadas na época certa. Cultivares DL não bulbificam bem, mesmo nas condições de dias intermediários do extremo Sul do Brasil, devido ao fotoperíodo insuficiente para bulbificação. Conseqüentemente, a escolha da cultivar adaptada para cada região deve levar em consideração o fotoperíodo crítico da bulbificação e o período juvenil da cultivar (PUIATTI; FINGER, 2018).

2.3 Tipo de solo e exigências nutricionais

O solo recomendado para a cultura é o solo com alto teor de areia, solos muito argilosos ou com pedras e torrões dificultam o desenvolvimento de bulbos e a colheita mecanizada (BREWSTER, 2008). Os solos mais adequados são os de textura média, profundos, sem camadas de impedimento e boa drenagem, favorecendo a formação de raízes e bulbos. Ademais, solos que possuem boa fertilidade natural, pH entre 6-6,5 e teores regulares de matéria orgânica são os ideais para o cultivo (FACTOR et al., 2018). Um fator que afeta imensamente a produtividade é a salinidade do solo. A cebola é uma das culturas mais sensíveis à salinidade, sendo assim, é recomendado evitar áreas com essa característica (ALLEN et al., 1998). Decréscimos na produtividade de 25% e 50% ocorrem quando a condutividade elétrica da solução do solo for de 2,8 dS/m e 4,3 dS/m, respectivamente (COSTA, 2007).

A exigência nutricional da cebola pode ser determinada através de estudos das curvas de absorção e acúmulo de nutrientes durante o ciclo da cultura, assim é possível estabelecer as fases de maior demanda nutricional e corrigir as deficiências que venham a ocorrer durante o desenvolvimento da planta (MAY et al., 2008).

Contudo, há variações nos resultados obtidos por esses estudos em função da cultivar utilizada, condições edafoclimáticas locais, densidade e época de plantio e manejo da cultura (FACTOR et al., 2018). Todavia, tais conhecimentos em diferentes fases da cultura servem como base para um manejo nutricional adequado, resultando em menores custos de produção e um melhor aproveitamento dos nutrientes pela cultura, além de poder resultar em um aumento na produtividade.

A cultura é bastante exigente em elementos nutricionais, sendo necessária a análise de solo antes da instalação para otimizar a recomendação de adubação e calagem. Devido a isso, muitos produtores realizam adubações excessivas, principalmente para o N. Brewster (2008) relata que para obter a máxima produtividade, as adubações nitrogenadas são feitas em quantidade que vão de 0 – 150 kg/ha, levando a um aumento de N residual no solo.

Contudo, adubações em quantidades excessivas são prejudiciais à cultura, podendo elevar a salinidade do solo, afetar a produção e formação de bulbos, bem como a sua conservação pós-colheita e armazenamento (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

De acordo com recomendações do novo Boletim 100 para o estado de São Paulo (TRANI; BREDA JR.; LIMA JR., 2022), as quantidades de NPK variam entre 30-40, 60-320 e 40-140 kg/ha respectivamente, a depender dos níveis pré-existentes no solo. Já as recomendações para o estado da Bahia as quantidades de NPK variam entre 40-50, 40-160 e 40-160 kg/ha respectivamente, dependendo dos teores iniciais no solo exceto o nitrogênio que não é considerado (FACTOR et al., 2018).

Quanto aos micronutrientes, apenas para o estado de SP existe recomendação baseada na análise de solo. Nas demais regiões recomenda-se em torno de 1-2 e 2-4 kg/ha de boro e zinco respectivamente, desconsiderando a análise de solo (FACTOR et al., 2018).

Visando a avaliação do estado nutricional da cultura, pode-se realizar a análise foliar, que consiste na determinação de teores de nutrientes nos tecidos vegetais. Tal análise auxilia no manejo nutricional adequado da cultura. Para a cebola, a coleta de material para a análise é realizada aproximadamente 40 a 50 dias após o transplante ou 60 a 70 dias após a semeadura direta (TRANI et al., 1983).

2.4 Cálcio na cebola

As principais fontes de cálcio para o solo são os minerais das rochas sedimentares, eruptivas e metamórficas (BOYER, 1978). O teor de Ca total nos solos, expresso como CaO, é relativamente baixo, cerca de 1%, exceto nas terras calcárias da região de Irecê na Bahia, onde há ocorrência de carbonato e/ou sulfato (MALAVOLTA, 2006).

A movimentação do cálcio no perfil do solo se deve aos ânions acompanhantes como Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} os quais formam pares com o cátion. O Ca na subsuperfície desloca o Al do complexo de troca cuja saturação diminui, permitindo maior desenvolvimento das raízes (MALAVOLTA, 2006).

A planta absorve o cálcio na forma iônica Ca^{2+} ou na forma quelatizada. A absorção ocorre por fluxo de massa, sendo predominantemente passiva, ou seja, além da disponibilidade de água no solo, depende da concentração interna e externa do nutriente. Alguns outros fatores podem afetar a absorção do Ca, como, alta concentração de outros cátions (K^+ , Mg^{2+}), íon acompanhante e, indiretamente, temperatura (MALAVOLTA, 2006).

Na planta, o transporte de cálcio no xilema se dá por troca iônica, sendo pouco móvel no floema e tendo baixa redistribuição, devido a isso a planta necessita de um suprimento constante do nutriente (MALAVOLTA, 2006).

O acúmulo de cálcio na cebola geralmente varia com cultivar utilizada, manejo cultural, condições edafoclimáticas e entre outros fatores. De acordo com o estudo realizado por Noda (2018), o Ca foi o terceiro nutriente acumulado na planta inteira (0,240 g/planta) e o terceiro acumulado na parte aérea (0,132 g/planta), nos bulbos o máximo acúmulo ocorreu ao final do ciclo com 0,140 g/planta, correspondendo à 60% do total acumulado na planta inteira. Pôrto et al. (2006) obtiveram quantidade de 0,150 g/planta ao final do ciclo, com 57% do acúmulo total de cálcio sendo na parte aérea e 43% no bulbo. Resultados semelhantes foram relatados por Kurtz et al. (2016) com 0,186 g/planta ao final do ciclo, correspondendo a 58% acumulado na parte aérea e 42% no bulbo. Isso evidencia a pouca mobilidade do elemento e sua baixa redistribuição na planta.

Os primeiros sintomas de deficiência na cebola ocorrem nas folhas mais novas que tombam repentinamente sem se fraturarem e após alguns dias secam do ápice até a base. Com o progredir da carência, ocorre o mesmo nas folhas intermediárias e nas mais velhas (MENDES et al., 2008). No geral, a deficiência de cálcio é rara em condições de campo, exceto em culturas com exigências especiais como, por exemplo, o tomateiro e o amendoim. A aplicação de Ca pelo uso do calcário, fosfatos de cálcio e gesso, geralmente adicionam quantidades suficientes do nutriente ao solo, sendo mais comum recomendações específicas para a elevação do teor de Mg do que Ca no solo (RAIJ, 2011).

Na planta o Ca desempenha três tipos de funções: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário. Em casos de deficiência, as membranas permitem o vazamento do conteúdo citoplasmático, comprometendo a compartimentação celular e afetando a ligação do cálcio com a pectina da parede celular. Ademais, a falta do nutriente afeta a captação de estímulos externos e internos pela planta, interferindo na ativação das calmodulinas e anexinas. Também deixa a planta susceptível ao efeito prejudicial do excesso de H^+ , de ambientes salinos, do excesso de Na^+ e do Al^{2+} (MALAVOLTA, 2006).

A qualidade dos bulbos na conservação pós-colheita pode estar relacionada com o papel essencial do cálcio na manutenção da integridade estrutural e funcional das membranas e da parede celular.

2.5 Fontes de cálcio na agricultura

Na natureza é possível encontrar diversas fontes de cálcio, não apenas em ambiente terrestre como também em ambiente marinho, no caso do Lithothamnium, que é um produto à base de algas marinhas.

As fontes de cálcio diferem entre si quanto à quantidade fornecida de Ca, a presença de outros nutrientes, sua solubilidade e comportamento no perfil do solo. Algumas fontes são mais solúveis em água e com isso liberam os nutrientes mais rapidamente que outras fontes. Como é o caso do sulfato de cálcio, cuja solubilidade é de 2,5 g/L a 25°C (SHAINBERG et al., 1989) e do nitrato de cálcio, solúvel em 100 mL de água a 25°C com 608 g (FICHA DE INFORMAÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO) em contraste com o carbonato de cálcio que é de 0,015 g/L a 25°C (FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA). Já o cloreto de cálcio, possui solubilidade de 78,6 g em 100 mL de água a 25°C (FICHA DE INFORMAÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO); e o acetato de cálcio 300 g/L a 25°C (FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS).

Além da solubilidade, outra característica também relevante, é o pH. Alguns fertilizantes têm caráter ácido ou básico e tal conhecimento altera o manejo nutricional da cultura, uma vez que é necessário levar em consideração o tempo de reação da fonte e as épocas de maior demanda nutricional da planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do solo e da área experimental

O experimento foi realizado em parceria com a empresa Tessenderlo, que forneceu os produtos a serem testados.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com umidade e temperatura controlados, na área experimental do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, em Botucatu – SP, localizada nas coordenadas geográficas 22° 50' de latitude Sul e 48° 26' de longitude Oeste, na altitude de 840 m. De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido.

Para o experimento foram utilizados vasos plásticos de 14,3 L da Nutriplast, com diâmetro de abertura de 28 cm e 28 cm de altura. Foi utilizado solo proveniente de uma região de cultivo de cebola em Irecê – BA que foi entregue pela empresa no Departamento. O solo foi analisado química e fisicamente antes da instalação do experimento, cujo resultados estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3. De acordo com os resultados, foi possível verificar que o solo tem textura e pH adequados para o cultivo da cebola (GRANGEIRO et al., 2018).

Tabela 1 – Análise química inicial do solo para fins de fertilidade

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	-----mmol/dm ³ -----								mg/dm ³
6,0	18	12	0	10	3,1	80	18	101	111	91	2

Tabela 2 – Análise química de micronutrientes do solo para fins de fertilidade

B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg/dm ³ -----				
0,75	1,6	6	16,7	1,2

Tabela 3 – Análise física: composição granulométrica e textura do solo da área experimental

Areia	Argila	Silte	Textura do Solo
-----g/Kg-----			
202	278	520	Média

3.2 Descrição do material genético

O material genético utilizado foi o Aquarius da Topseed, linha Premium. É um híbrido F1 de dias curtos, adaptado às regiões de SP, Cerrado e NE, sendo o mais cultivado na região de Irecê – BA. Possui boa tolerância ao adensamento de plantas e ótimo rendimento de bulbos classe 3 (50-70 mm). Possui sistema radicular vigoroso e boa tolerância às principais doenças foliares que atingem a cultura. Gera plantas com folhagem vigorosa com boa cerosidade e coloração verde-azulada. Produz bulbos uniformes, de formato arredondado, coloração amarela e com boa formação de casca, pesando em média de 150 g – 170 g em cultivos adensados (população de plantas \geq 600 mil plantas/ha), em cultivos não adensados, onde há mais espaço para planta crescer, os bulbos podem chegar a mais de 300 g.

3.3 Instalação e condução do experimento

O solo recebido foi peneirado e homogeneizado para o enchimento dos vasos. No momento do enchimento, cada vaso foi pesado para garantir que todos recebessem a mesma quantidade de 12 kg de solo, ficando numa altura de 20 cm. Não foi necessária aplicação de calcário devido ao valor de V% (91) e teor de Mg (18 mmol/dm³) serem adequados. Foi realizada a adubação de sementeira, aplicando-se MAP na quantidade equivalente de 1.000 kg/ha ou 5,1 g/vaso.

A sementeira foi feita no dia 7 de maio de 2021 diretamente nos vasos, cujo solo foi previamente umedecido até 70% da capacidade de retenção de água. Foram utilizadas 3 sementes por “cova” e depois feito o desbaste para que ficasse uma plântula por cova. Foram utilizadas cerca de 50 sementes a mais nos vasos que serviram para acompanhar as fases da cultura. Por volta de 15 dias depois ocorreu a emergência das plântulas.

Para correta identificação dos estádios da cultura, principalmente o início da bulbificação e enchimento dos bulbos, foram semeados vasos a mais que os que compunham as parcelas, de onde as plantas foram removidas para avaliação do estágio fenológico. Estes vasos foram posicionados ao final de cada bloco para que recebessem a mesma fertirrigação do experimento.

Os vasos foram irrigados por gotejamento e a aplicação de fertilizantes ao longo do ciclo foi realizada via fertirrigação, cada gotejador possuía vazão de 2 L/hora e foi

instalado um gotejador por vaso. A quantidade de água irrigada foi variável durante o experimento para atender as exigências da planta em cada fase de desenvolvimento. Para isso foram utilizados tensiômetros instalados nos vasos de identificação onde a faixa ideal de tensão trabalhada foi em torno de 7 – 15 KPa.

Aos 20 DAS (dias após a sementeira), teve início a aplicação de Soil Plex Root, um enraizador a base de aminoácidos, na dosagem de 2,3 kg/ha ou 0,014 g/vaso, sua aplicação foi diluída na calda da fertirrigação que durou 1 semana. A entrada dos fertilizantes no sistema começou aos 28 DAS e a troca da calda foi feita de modo que coincidissem com determinada fase da cultura e assim a distribuição de nutrientes fosse equilibrada durante o ciclo (Tabela 4). Tal manejo da fertirrigação foi feito com base no manejo nutricional realizado na região de Irecê – BA.

Foram feitas duas adubações de cobertura com 16-16-16, aos 35 DAS na dosagem de 345 kg/ha ou 2,07 g/vaso e aos 101 DAS com 230 kg/ha ou 1,38 g/vaso. Em ambos os momentos de aplicação, o adubo foi diluído em água e aplicado superficialmente.

A fertirrigação parou aos 144 DAS, com a última semana de aplicação (138 DAS) sendo apenas com o Sulfato de Potássio, para auxiliar na formação do bulbo.

Durante todo o ciclo da cultura não foram constatadas doenças, apenas uma praga, a *Bradysia matogrossensis*. Suas larvas foram controladas em dois momentos (72 DAS e 114 DAS) com o clorpirifós na dose de 3 L/ha, onde o produto foi diluído em uma calda de 1L e aplicado via irrigação, e os adultos controlados com auxílio de armadilha adesiva amarela. O controle de plantas daninhas foi realizado de modo manual, sem necessidade de aplicação de herbicidas.

Tabela 4 – Dosagem de adubos na fertirrigação utilizada ao longo do cultivo das plantas de cebola

Fase	DAS	Adubos	kg ou L/ha	vaso (0,0615 m ²) g ou mL	Fase	DAS	Adubos	kg ou L/ha	vaso (0,0615 m ²) g ou mL		
Plântula	20	Soil Plex Root	2,3	0,014			Amiorgan	45,0	0,270		
		Amiorgan	12,0	0,072			Produção	45,0	0,270		
	28	Magnum P44	15,0	0,090			Início bulbificação	77	Magnum P44	30,0	0,180
		Zinco	1,8	0,011					Nitrato de Ca	21,0	0,126
		Nitrato de Ca	13,0	0,078					Zinco	1,8	0,011
		Crescimento	15,0	0,090					Amiorgan	45,0	0,270
		16-16-16	345,0	2,070					Produção	45,0	0,270
	35	Amiorgan	23,0	0,138			Bulbificação	84	Magnum P44	30,0	0,180
		Crescimento	20,0	0,120					Nitrato de Ca	21,0	0,126
		Magnum P44	16,0	0,096					Zinco	1,8	0,011
		Zinco	1,8	0,011					Amiorgan	75,0	0,450
		Boro	9,0	0,054					Produção	57,5	0,345
	Crescimento vegetativo	35	Nitrato de Ca	17,6			0,106	94	Sulfato de Potássio	25,0	0,150
			Amiorgan	23,0			0,138		Boro	12,0	0,072
			16-16-16	230,0			1,380		101	Sulfato de Potássio	45,0
42		Crescimento	40,0	0,240	Enchimento	101	Boro	12,0	0,072		
		Magnum P44	25,0	0,150			Produção	40,0	0,240		
		Zinco	1,8	0,011			109	Produção	60,0	0,360	
		Boro	10,0	0,060			Sulfato de Potássio	60,0	0,360		
		Nitrato de Ca	17,2	0,103			117	Produção	60,0	0,360	
59		Amiorgan	40,0	0,240	Início maturação	138	Sulfato de Potássio	75,0	0,450		
		Produção	23,0	0,138			125	Produção	75,0	0,450	
	Magnum P44	30,0	0,180	Sulfato de Potássio			75,0	0,450			
	Zinco	1,8	0,011								
	Boro	10,0	0,060								
		Nitrato de Ca	16,8	0,101							

3.4 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com 4 repetições, sendo avaliados 8 tratamentos (Tabela 5), totalizando 32 parcelas. Cada parcela do experimento foi composta por 4 vasos, perfazendo um total de 128 vasos.

A parcela experimental foi composta de: dois vasos para as plantas que foram conduzidas até o final do ciclo (3 plantas por vaso), um vaso para as plantas que foram coletadas na fase de bulbificação (6 plantas por vaso) e 1 vaso para as plantas que foram coletadas com 2 a 3 folhas (10 plantas por vaso). No total, cada parcela foi composta por 22 plantas.

Os tratamentos foram diluídos em água e aplicados superficialmente de forma manual sobre os vasos. O início da aplicação dos tratamentos ocorreu aos 35 DAS. Antes disso as plantas estavam muito jovens para receber os produtos. O fim da aplicação dos tratamentos ocorreu aos 94 DAS. Os tratamentos de 3 a 8 foram aplicados em 7 momentos, aos 31, 38, 45, 59, 77, 84 e 94 DAS. O tratamento 2 foi aplicado em 6 momentos, exceto na última data (94 DAS). Alguns ajustes nas datas de aplicação foram necessários para coincidir com a respectiva fase da planta (Tabela 5).

Tabela 5 – Tratamentos avaliados no experimento

Tratamento	% de Ca aplicado via fertirrigação	% de Ca aplicado com os tratamentos	Total de produto		Total de Ca	
			g/vaso	kg/ha	g/vaso	kg/ha
1 Testemunha	85% CaNO ₃	0	-	-	-	-
2 CaNO ₃	85% CaNO ₃	15% CaNO ₃	0,10	18,4	0,02	3,6
3 CaTS	85% CaNO ₃	15% CaTS	0,29	48,0	0,02	3,6
4 CaCl ₂	85% CaNO ₃	15% CaCl ₂	0,15	25,8	0,02	3,6
5 CaSO ₄	85% CaNO ₃	15% CaSO ₄	0,13	22,4	0,02	3,6
6 CaCO ₃	85% CaNO ₃	15% CaCO ₃	0,05	8,7	0,02	3,6
7 C ₄ H ₆ CaO ₄	85% CaNO ₃	15% C ₄ H ₆ CaO ₄	0,08	12,6	0,02	3,6
8 Lithothamnium	85% CaNO ₃	15% Lithothamnium	0,09	15,5	0,02	3,6

A dosagem de cálcio calculada para cada tratamento foi de 3,6 kg/ha ou 0,02 g/vaso (Tabela 7). Cada tratamento, por apresentar concentrações diferenciadas de cálcio, foi aplicado em quantidades diferentes. Do total de cálcio aplicado na cultura (23,4 kg/ha), 85% foi aplicado como nitrato de cálcio. O restante, 15%, foi aplicado

com a fonte correspondente ao tratamento. Exceto a testemunha que não recebeu esse 15%. Além do cálcio, as diferentes fontes continham outros nutrientes que não foram compensados.

Tabela 6 – Composição das fontes de cálcio utilizadas como tratamento

1	Testemunha	-
2	Nitrato de cálcio	19 % Ca e 14% N
3	Tiosulfato de cálcio	7,5% Ca e 12,5% S
4	Cloreto de cálcio	14% Ca
5	Sulfato de cálcio	16% Ca e 13% S
6	Carbonato de cálcio	41% Ca
7	Acetato de cálcio	28,5% Ca
8	Lithothamnium	32% Ca e 2% Mg

Tabela 7 – Épocas de aplicação e dosagem dos tratamentos

Fase	DAS	Tratamentos	kg ou L/ha	vaso (0,0615 m ²) g ou mL	Fase	DAS	Tratamentos	kg ou L/ha	vaso (0,0615 m ²) g ou mL
Crescimento vegetativo	31	Nitrato de Ca	2,0	0,012	Crescimento	59	Carbonato de Ca	1,3	0,008
		Tiosulfato de Ca	5,0	0,030			Acetato de Ca	1,8	0,011
		Cloreto de Ca	2,7	0,016			Lithothamnium	2,3	0,014
		Sulfato de Ca	2,3	0,014			Nitrato de Ca	4,0	0,020
		Carbonato de Ca	0,9	0,005			Tiosulfato de Ca	9,0	0,054
		Acetato de Ca	1,3	0,008			Cloreto de Ca	4,8	0,029
		Lithothamnium	1,6	0,010			Sulfato de Ca	4,2	0,025
	38	Nitrato de Ca	2,4	0,014	Início bulbificação	77	Carbonato de Ca	1,6	0,010
		Tiosulfato de Ca	5,0	0,030			Acetato de Ca	2,4	0,014
		Cloreto de Ca	2,7	0,016			Lithothamnium	2,9	0,017
		Sulfato de Ca	2,3	0,014			Nitrato de Ca	4,0	0,020
		Carbonato de Ca	0,9	0,005			Tiosulfato de Ca	9,0	0,054
		Acetato de Ca	1,3	0,008			Cloreto de Ca	4,8	0,029
		Lithothamnium	1,6	0,010			Sulfato de Ca	4,2	0,025
	45	Nitrato de Ca	2,8	0,017	Bulbificação	84	Carbonato de Ca	1,6	0,010
		Tiosulfato de Ca	6,0	0,036			Acetato de Ca	2,4	0,014
		Cloreto de Ca	3,2	0,019			Lithothamnium	2,9	0,017
		Sulfato de Ca	2,8	0,017			Nitrato de Ca	-	-
		Carbonato de Ca	1,1	0,007			Tiosulfato de Ca	7,0	0,042
		Acetato de Ca	1,6	0,010			Cloreto de Ca	3,8	0,023
Lithothamnium		1,9	0,011	Sulfato de Ca			3,3	0,020	
59	Nitrato de Ca	3,2	0,020	Enchimento	94	Carbonato de Ca	1,3	0,008	
	Tiosulfato de Ca	7,0	0,042			Acetato de Ca	1,8	0,011	
	Cloreto de Ca	3,8	0,023			Lithothamnium	2,3	0,014	
	Sulfato de Ca	3,3	0,020						

3.5 Avaliações

3.5.1 Amostragem de solo

No final do experimento foi realizada coleta e análise do solo em 3 pontos por vaso conduzido até o final do ciclo, utilizando-se um trado manual de tubo na camada 0-15 cm, de cada parcela, a fim de verificar as quantidades residuais de cada nutriente.

Ao final do experimento, o solo dos vasos conduzidos até a colheita foi analisado quimicamente. A coleta foi feita em 3 pontos por vaso até 15 cm de profundidade utilizando trado manual de tubo.

3.5.2 Solução do solo

Para avaliação da solução do solo, foram instalados extratores de solução do solo até 15 cm de profundidade em um dos vasos da parcela que foi conduzido até o final do ciclo. Foram feitas 5 coletas correspondentes a 5 fases importantes da cultura: 2 a 3 folhas (49 DAS), 5 folhas (67 DAS), no início da bulbificação (78 DAS), no enchimento dos bulbos (104 DAS) e no início da maturação (132 DAS).

Antes da coleta da solução, era necessário que os extratores estivessem com vácuo para que pudesse extrair a solução. Nesse caso, o vácuo foi realizado cerca de 24h antes da coleta, com auxílio de uma seringa manual.

Após coletada a solução do solo, foi avaliado a condutividade elétrica, o pH e também os íons P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, B e Na no método ICP-AES (Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry), em português, Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente, com resultados expressos em mg/L.

3.5.3 Avaliações biométricas

Ao longo do ciclo da cebola foram realizadas três avaliações, nas quais as duas primeiras foram avaliadas massa da matéria fresca e seca da parte aérea, teor e acúmulo de nutrientes. Na terceira amostragem, apenas avaliação de bulbos.

- Plantas com 2 a 3 folhas (48 DAS, 3 dias após a 3ª aplicação dos tratamentos). Nesta fase foi avaliado 1 vaso da parcela que continha 10 plantas.
- Plantas na fase de início de bulbificação (78 DAS, 1 dia após a 5ª aplicação dos tratamentos). Nesta fase foi avaliado 1 vaso da parcela que continha 6 plantas.
- Bulbos (colheita aos 178 DAS). Nesta fase foram avaliados 2 vasos por parcela que continham 3 plantas cada, totalizando 6 bulbos colhidos. Após a cura dos bulbos, as avaliações foram: diâmetro, massa fresca e seca dos bulbos, teor e acúmulo de nutrientes nos bulbos, e pesagem semanal por 4 semanas para análise de perda de massa. As folhas não foram avaliadas, uma vez que no momento da colheita se encontram senescentes.

3.5.3.1 Massa da matéria fresca e seca da parte aérea

As plantas avaliadas foram separadas em parte aérea (PA) e raízes, na primeira e segunda avaliação, sendo as raízes desconsideradas devido à sua contribuição ser mínima no momento da avaliação. A massa da matéria fresca da PA foi determinada logo após a coleta, para evitar a perda de água. A massa da matéria seca foi pesada após a secagem do material em estufa de circulação forçada à 60°C até alcançar massa constante.

3.5.3.2 Teor e acúmulo de nutrientes

Após a pesagem da massa fresca, as plantas foram lavadas com água destilada e detergente para retirada de eventuais impurezas e depois enxaguadas em água deionizada. Após a lavagem, as partes aéreas foram secas com papel absorvente e em seguida colocadas em estufa de circulação forçada a temperatura de 60°C até massa seca constante. Os bulbos seguiram mesmo procedimento de lavagem, porém na secagem na estufa, foram acondicionados em pratos de alumínio para facilitar a circulação de ar e evitar o apodrecimento deles. Após a retirada, o material foi pesado para determinação da massa seca e moído em moinho tipo Wiley

para ser analisado quimicamente para determinação dos teores de macro e micronutrientes seguindo metodologia citada por Malavolta (1997).

Baseado no teor de nutrientes e na matéria seca foi calculado o acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea quando coletada e nos bulbos. Para cálculo estimado de exportação pelos bulbos foi multiplicado o valor de acúmulo de nutrientes nos bulbos pela área efetiva do hectare descontando-se os carreadores (8.800 m²) e dividido pela área que uma planta ocupou no vaso (0,0205 m²), o resultado foi dividido por 1.000 para ser expresso em kg/ha.

3.5.3.3 Classificação dos bulbos curados e massa

Após a colheita, iniciou-se o processo de cura, que tem como principal função remover o excesso de umidade das camadas mais externas do bulbo, tornando o colo bem fechado e reduzir a respiração do mesmo. Os bulbos colhidos foram deixados sobre os vasos com uma camada de folhas secas deles, para proteção de queimaduras do sol. Sete dias após a colheita, os bulbos foram levados em um laboratório ventilado e mantidos sobre uma bancada para terminarem a cura. No total, a cura durou 21 dias.

Após a cura foi realizada uma limpeza dos bulbos: corte das raízes e do “pescoço” (pseudocaule). Após esse procedimento, cada bulbo foi pesado para a aferição da massa fresca e classificado em função do seu diâmetro transversal (Tabela 8) com auxílio de um paquímetro digital. Em seguida 3 bulbos foram enviados para a análise química e os outros 3 restantes foram analisados na perda de massa pós-colheita.

Tabela 8 – Classificação de bulbos de cebola de acordo com diâmetro

Classes	Calibre
5	> 91 mm
4	71 - 90 mm
3 cheio	61 - 70 mm
3	51 - 60 mm
2	36 - 50 mm
1	15 - 35 mm
0	< 15 mm

Fonte: Centro de Qualidade em Horticultura – CEAGESP (2001).

3.5.3.4 Avaliação de perda de massa na pós-colheita

A perda de massa pós-colheita foi avaliada ao longo de 4 semanas, nenhum bulbo foi perdido devido à doenças ou ataque de pragas. Cada bulbo foi pesado semanalmente e ao fim da última pesagem foi feito o cálculo da porcentagem da perda de massa:

$$Perda\ de\ massa = 100 - \left(\frac{peso\ final * 100}{peso\ inicial} \right)$$

3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste t a 5% de probabilidade. Os dados foram processados pelo programa estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise química de solo ao final do experimento

Na Tabela 9, são apresentadas as médias dos resultados da análise química do solo ao final do ensaio. Para os valores de pH, MO, H+Al e V% não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

A soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Na SB, o tratamento que se destacou dos demais foi o tiosulfato de cálcio, sendo 11% mais alto (91) que o carbonato, que foi o tratamento com o menor valor entre todos (81). Contudo, o carbonato de cálcio é comumente utilizado como neutralizador da acidez do solo, sendo aplicado até 2 meses antes do plantio devido à sua baixa solubilidade (TRANI; BREDA JR.; LIMA JR., 2022). Neste estudo, o carbonato foi utilizado como um tratamento aplicado superficialmente no solo, o que pode ter influenciado na sua velocidade de reação e liberação do cálcio.

A CTC é a soma das bases (SB) mais a acidez ($H+Al^{3+}$), representa a capacidade que um solo tem de reter cátions por unidade de peso ou volume. Geralmente quanto maior esse valor, melhor a fertilidade do solo em questão, pois consegue reter uma quantidade maior de cálcio, magnésio e potássio, além de outros em menores quantidades, evitando que sejam lixiviados com a água e mantendo-os disponíveis para as plantas. No entanto, é necessário verificar os valores da SB e acidez em conjunto.

Os tratamentos com nitrato, tiosulfato e cloreto de cálcio obtiveram valores de CTCT mais altos que os demais, 113, 112 e 112 respectivamente. O CaTS apresentou baixa acidez (21) e o maior valor SB (91) entre os três citados; o nitrato apresentou média de SB um pouco menor que o CaTS (90), porém com acidez um pouco mais elevada (22); já o cloreto apresentou o menor valor de SB (89) e a maior acidez (23). Levando em consideração o valor da CTC, dentre os três, o CaTS apresentou o melhor desempenho por não aumentar a acidez do solo. No geral todos os tratamentos apresentaram valores adequados para o cultivo da cebola.

De um modo geral todos os resultados indicaram uma baixa CV exceto a acidez onde atingiu 15,77%.

Tabela 9 – Resultados da análise química do solo ao final do ensaio

Tratamento	pH	M.O.	H+Al	SB	CTC	V%		
	CaCl ₂	g/dm ³		mmolc/dm ³				
Testemunha	5,9	11	24	85	bcd	109	ab	78
CaNO ₃	5,8	11	22	90	ab	113	a	80
CaTS	5,9	11	21	91	a	112	a	82
CaCl ₂	5,7	11	23	89	abc	112	a	79
CaSO ₄	6,0	11	20	84	cd	105	b	80
CaCO ₃	5,8	11	22	81	d	103	b	79
C ₄ H ₆ CaO ₄	5,9	11	20	88	abc	108	ab	82
Lithothaminium	6,0	11	19	87	abc	106	b	82
CV (%)	3,17	5,82	15,77	4,26		3,64		3,46
DMS	0,274	0,944	4,941	5,449		5,809		4,082
F	0,792 ^{ns}	0,596 ^{ns}	0,992 ^{ns}	3,239*		3,181*		1,212 ^{ns}

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

O resultado da análise do teor de macronutrientes no solo ao final do ensaio está apresentado na Tabela 10. Foi observada diferença significativa para os teores de P, K, Ca e S.

O teor de P no solo apresentou o maior valor no tratamento com cloreto diferindo significativamente do nitrato e sulfato, cujos teores foram os menores.

A testemunha apresentou o menor teor de K no solo (2,3) diferindo significativamente dos demais tratamentos, exceto carbonato e acetato. O maior teor foi observado no tratamento com cloreto (4,8).

Foi constatado que os maiores teores de cálcio no solo ocorreram nos tratamentos com nitrato e tiosulfato, diferindo significativamente da testemunha, sulfato e carbonato. Vale ressaltar que a dose de cálcio aplicada foi igual para todos os tratamentos menos a testemunha que recebeu 15% a menos de cálcio, entretanto há diferenças quanto a solubilidade das fontes utilizadas. Isso é verificado no teor de cálcio no tratamento com carbonato que apresentou o menor valor e apresenta a menor solubilidade.

Tabela 10 – Resultado da análise do teor de macronutrientes no solo ao final do ensaio

Tratamento	Presina		K		Ca		Mg	S	
	mg/dm ³		mmolc/dm ³		mmolc/dm ³			mg/dm ³	
Testemunha	60	abc	2,3	f	66	bc	16	27	bc
CaNO ₃	57	bc	3,8	cd	70	a	17	41	a
CaTS	65	ab	4,5	ab	71	a	17	32	ab
CaCl ₂	66	a	4,8	a	68	abc	16	36	a
CaSO ₄	54	c	4,1	bc	65	c	16	27	bc
CaCO ₃	65	ab	2,5	f	64	c	15	25	bc
C ₄ H ₆ CaO ₄	66	a	2,7	ef	69	ab	17	18	c
Lithothamium	63	ab	3,3	de	68	ab	16	37	a
CV (%)	9,08		12,76		3,60		6,26	19,41	
DMS	8,2		0,6		3,6		1,0	8,6	
F	2,526**		18,105**		3,915**		1,520 ^{ns}	6,442**	

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

O resultado do teor de micronutrientes no solo ao final do ensaio está apresentado na Tabela 11. Observa-se que houve diferença significativa para o teor de Zn no tratamento com cloreto de cálcio, diferindo da testemunha, tiossulfato, sulfato, carbonato, acetato e lithothamium. O menor teor ocorreu no tratamento com sulfato.

Tabela 11 – Resultado da análise do teor de micronutrientes no solo ao final do ensaio

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	mg/dm ³					
Testemunha	2,67	1,7	8	45,4	3,8	bc
CaNO ₃	3,19	1,8	9	49,7	4,7	ab
CaTS	2,43	1,8	9	50,5	3,8	bc
CaCl ₂	2,64	1,8	9,	50,3	5,1	a
CaSO ₄	3,11	1,7	8	41,2	3,3	c
CaCO ₃	2,68	1,8	9	45,3	4,2	abc
C ₄ H ₆ CaO ₄	3,09	1,7	8	42,5	3,4	c
Lithothamium	3,01	1,6	8	42,1	3,5	c
CV (%)	15,82	6,89	15,71	18,50	19,76	
DMS	0,7	0,2	1,9	12,5	1,1	
F	1,794 ^{ns}	1,494 ^{ns}	0,704 ^{ns}	0,812 ^{ns}	2,642*	

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

O maior teor de S foi observado no tratamento com nitrato, diferindo significativamente da testemunha, sulfato, carbonato e acetato. O acetato apresentou

o menor teor entre os demais. O enxofre é um ânion facilmente lixiviado no solo, acumulando no subsolo. Alguns fatores afetam esse problema como teor da matéria orgânica no solo, pH e íons fosfatos. Embora tenha sido frequente a presença de sulfato de potássio na fertirrigação, foi observado que isso não afetou o teor de S no solo ao final do ciclo.

4.2 Solução do solo

Nas tabelas de 12 a 15 estão apresentados os resultados da condutividade elétrica (CE), pH e dos teores de P, K, Ca, Mg e S na solução do solo coletada em cinco momentos durante o ciclo de cultivo da cebola, aos 49, 67, 78, 104 e 132 DAS.

Os tratamentos aplicados promoveram um aumento na condutividade elétrica da solução do solo (Tabela 12) em relação à testemunha nos 4 primeiros momentos da coleta. Na 5ª coleta o menor valor de CE foi observado no tratamento com acetato, porém não diferindo significativamente dos demais. Tal aumento pode ser devido solubilização das fontes e velocidade de absorção pelas plantas, além de que a testemunha não recebeu os 15% de cálcio aplicado através dos tratamentos. Na 5ª coleta tais valores diminuíram devido ao momento da coleta: aos 132 DAS, a planta estava no início da maturação dos bulbos, a fertirrigação fornecia, além da água, apenas sulfato de potássio e a última aplicação dos tratamentos ocorreu aos 94 DAS, sendo assim, a quantidade total de íons na solução do solo diminuiu, afetando a CE.

Todos os valores de pH (Tabela 12) apresentaram-se acima de 6,0 em todas as coletas da solução do solo. Foram observadas diferenças significativas nas coletas 4 e 5, onde a testemunha apresentou o maior valor de pH, de 7,8 e 8,1 respectivamente e os menores valores foram verificados nos tratamentos com acetato (7,0), na 4ª coleta e carbonato (7,1) na 5ª coleta.

Uma possível explicação para o aumento no pH na testemunha pode estar ligada ao fato de quanto mais cátions forem absorvidos pela planta, há a liberação de H^+ para manter o equilíbrio elétrico na planta. Como na testemunha houve menor absorção de cátions, constatado através do acúmulo de nutrientes, o pH abaixou menos em relação aos demais tratamentos.

Devido as fontes terem sido aplicadas em pequenas quantidades, uma vez que o intuito de suas aplicações não era corrigir a acidez do solo, estas não foram capazes de alterar significativamente o pH. Mesmo as fontes de caráter alcalino como o nitrato

de Ca, o carbonato de Ca e o lithothamnium. Além disso, inicialmente a acidez do solo era considerada muito baixa (RAIJ et al., 1996), com pH de 6,0.

Tabela 12 – Condutividade elétrica (CE) e pH da solução do solo coletada em 5 momentos durante o ciclo de cultivo da cultura, aos 49, 67, 78, 104 e 132 DAS

Tratamento	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)					pH				
	coleta 1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5	coleta1	coleta 2	coleta 3	coleta 4	coleta 5
Testemunha	927 b	875 c	952	645 b	452	7,2	7,8	7,6	7,8 a	8,1 a
CaNO ₃	1739 a	1426 ab	1407	709 b	414	6,9	7,3	7,3	7,3 bc	7,5 bc
CaTS	1313 a	1114 bc	1059	1265 ab	430	6,8	7,6	7,5	7,5 bc	7,7 ab
CaCl ₂	1383 a	1265 abc	1136	1619 a	515	7,0	7,5	7,5	7,3 bc	7,5 bc
CaSO ₄	1515 a	1356 ab	1282	1114 ab	512	7,1	7,4	7,2	7,6 ab	7,2 bc
CaCO ₃	1460 a	1359 ab	1314	680 b	564	6,7	7,0	7,3	7,1 cd	7,1 c
C ₄ H ₆ CaO ₄	1518 a	1537 a	1383	718 b	399	7,0	7,3	7,5	7,0 d	7,4 bc
Lithotham.	1186 ab	1169 abc	1326	1739 a	641	7,2	7,7	7,4	7,5 ab	7,6 bc
CV (%)	27,90	21,38	21,99	42,11	43,74	20,20	6,43	3,74	2,98	4,07
DMS	554	397	398	657	316	2,0	0,7	0,4	0,3	0,4
F	2,722*	2,362*	1,472 ^{ns}	3,939**	0,601 ^{ns}	0,716 ^{ns}	1,030 ^{ns}	0,948 ^{ns}	5,146**	3,352*

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Tabela 13 – Teor de P e K (mg/L) na solução do solo coletada em 5 momentos durante o ciclo de cultivo da cultura, aos 49, 67, 78, 104 e 132 DAS

Tratamento	Fosforo					Potássio				
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5
Testemunha	0,2	0,2	0,1 bc	0,2 bc	0,1	22,0	18,8	17,2	10,9	7,5 ab
CaNO ₃	0,8	0,4	0,2 bc	0,4 bc	0,2	32,0	22,4	16,6	9,6	3,7 c
CaTS	1,6	0,7	0,1 c	0,1 c	0,2	31,0	26,5	15,3	13,6	7,4 ab
CaCl ₂	1,6	0,7	0,1 bc	0,1 c	0,2	31,0	26,5	15,3	13,6	7,4 abc
CaSO ₄	0,4	0,2	0,3 bc	0,1 bc	0,2	22,9	24,5	16,0	13,4	7,0 bc
CaCO ₃	0,9	1,3	1,0 ab	1,3 a	0,9	21,4	24,4	15,7	12,5	4,6 bc
C ₄ H ₆ CaO ₄	1,4	1,8	1,2 a	0,9 ab	0,6	29,0	27,3	17,5	9,3	7,3 abc
Lithotham.	0,4	0,4	0,5 abc	0,3 bc	0,3	22,4	22,3	16,8	16,1	10,2 a
CV (%)	182,9	189,6	115,6	111,4	155,6	36,0	16,5	33,0	37,2	37,5
DMS	1,97	1,83	0,73	0,74	0,80	13,14	5,67	7,64	7,14	3,60
F	0,601 ^{ns}	0,869 ^{ns}	2,644*	2,737*	0,841 ^{ns}	1,431 ^{ns}	2,183 ^{ns}	0,532 ^{ns}	1,809 ^{ns}	3,055*

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Os teores de P e K na solução do solo estão apresentados na Tabela 13. O teor de P apresentou diferenças significativas nas coletas 3 e 4. Já o teor de K apresentou diferença significativa entre os tratamentos apenas na última coleta.

Foi observado maior teor de P no tratamento com acetato na 3ª coleta, diferindo dos demais exceto carbonato e lithothamnium; e no tratamento com carbonato na 4ª coleta, diferindo dos demais exceto acetato. Na última coleta, embora não tenha diferido significativamente, o carbonato também apresentou o maior teor.

De acordo com Raij (2011), os teores de P na solução do solo geralmente são baixos, na faixa de 0,1 mg/L, devido a baixa solubilidade dos compostos de fósforo existentes no solo e da alta capacidade de adsorção do elemento pelas partículas do solo. Os teores altos observados nas coletas podem ser por causa do constante suprimento de fósforo através da fertirrigação; do tipo de solo; do pH, aeração e umidade do solo entre outros fatores atrelados ao solo (LOPES, 1998). A testemunha na quinta coleta apresentou o maior valor de pH (8,1) e o menor teor de P, isso talvez evidencie o fato de que com o aumento do pH, a disponibilidade de H_2PO_4^- diminua, cuja forma é preferencialmente absorvida pela planta. Enquanto a forma HPO_4^{2-} ocorre em maiores proporções em valores de pH acima de 6,0 (RAIJ, 2011).

O teor de K (Tabela 13) apresentou um declínio dos valores da primeira coleta até a quinta coleta. Na última coleta o tratamento com lithothamnium apresentou o maior teor (10,2 mg/L) diferindo significativamente do nitrato (3,7 mg/L), sulfato (7,0 mg/L) e carbonato (4,6 mg/L). Tal diminuição nos teores pode ser explicado devido à alta demanda nutricional da planta pelo elemento, uma vez que este é mais absorvido durante a fase do crescimento vegetativo (RAIJ, 2011).

Os teores de Ca e Mg na solução do solo estão apresentados na Tabela 14. Para o teor de Ca foi observada diferença significativa apenas na quarta coleta, onde o maior valor constatado foi no tratamento com lithothamnium (255,2 mg/L), diferindo da testemunha, nitrato, sulfato, carbonato e acetato. O menor teor foi observado na testemunha nas 4 primeiras coletas, o que pode ser explicado em decorrência desta ter recebido 15% a menos deste nutriente.

Tabela 14 – Teor de Ca e Mg (mg/L) na solução do solo coletada em 5 momentos durante o ciclo de cultivo da cultura, aos 49, 67, 78, 104 e 132 DAS

Tratamento	Cálcio					Magnésio						
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5		
Testemunha	105,8	115,6	125,5	90,0	b	64,2	28,1	34,9	33,3	24,5	c	21,3
CaNO ₃	212,8	211,2	181,0	97,9	b	67,7	56,4	57,3	48,5	25,8	c	18,8
CaTS	128,6	167,2	131,9	176,4	ab	57,8	33,9	47,9	34,4	44,1	bc	23,5
CaCl ₂	128,6	167,2	131,9	244,9	a	57,8	33,9	47,9	34,4	61,8	ab	23,5
CaSO ₄	122,4	205,6	144,0	146,1	b	80,1	31,2	55,6	38,3	40,9	bc	22,1
CaCO ₃	139,8	204,0	156,1	94,1	b	76,6	37,0	55,4	42,5	25,9	c	22,9
C ₄ H ₆ CaO ₄	136,7	216,8	172,0	99,2	b	59,2	39,0	63,0	48,7	28,0	c	16,8
Lithotham.	107,6	160,7	166,8	255,2	a	88,8	28,9	46,0	44,9	68,6	a	29,3
CV (%)	35,15	29,94	30,19	41,57		41,58	40,88	23,39	29,61	40,7		40,76
DMS	69,617	67,514	66,369	91,989		43,86	21,054	17,726	17,554	23,903		13,188
F	2,041 ^{ns}	2,236 ^{ns}	1,075 ^{ns}	4,792 ^{**}		0,557 ^{ns}	2,037 ^{ns}	2,032 ^{ns}	1,296 ^{ns}	4,535 ^{**}		0,668 ^{ns}

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Assim como no teor de K, foi observado que a concentração de cálcio no solo diminuiu entre a primeira coleta e a última. Entretanto, diferente dos teores de K, os teores de Ca foram maiores, na faixa de 50 – 250 entre as coletas. Tais valores elevados podem ser por causa do alto teor de Ca inicial no solo (80 mmol/dm³), além da aplicação dos tratamentos em si. Durante as coletas foi possível observar as diferenças nas velocidades de liberação de nutrientes pelas fontes, como, por exemplo, o nitrato de cálcio, cuja solubilidade é alta, teve valor máximo constatado na primeira coleta. Já o sulfato, cuja solubilidade é baixa, teve seu máximo na segunda coleta. Além disso, o movimento do Ca no perfil abaixo depende do ânion acompanhante como, Cl⁻, NO₃⁻ e SO₄²⁻, tais ânions também influenciam na absorção pela planta seguindo essa ordem decrescente respectivamente (MALAVOLTA, 2006). É válido lembrar que o modo de aplicação dos tratamentos foi feito de modo superficial, simulando a irrigação de gotejo.

O teor de Mg apresentou valores que variaram muito entre os tratamentos e entre as coletas. Foram observadas diferenças significativas apenas na coleta 4. Onde o maior teor (68,6) observado foi no tratamento com lithothamnium que possui magnésio na sua composição, contudo isso não se repetiu nas demais coletas. O

menor teor foi apresentado na testemunha (24,5), entretanto esta não diferiu do nitrato, tiosulfato, sulfato, carbonato e acetato.

O teor de S na solução do solo está apresentado na Tabela 15. Foi possível observar um aumento nos valores da primeira coleta até a quinta coleta. Variando de 4 a 498 mg/L. Houve diferenças significativas nas coletas 3 e 4.

Na terceira coleta o menor teor apresentado foi no tratamento com acetato (39,23) diferindo do cloreto e do lithothamnium, que apresentou o maior teor (111,41). Na quarta coleta a testemunha apresentou o menor teor (116,33) e o maior teor (351,37) foi observado no tratamento com cloreto. Altos níveis de Cl^- podem diminuir a absorção de S pela planta (MALAVOLTA, 2006), o que pode explicar o alto teor encontrado na solução do solo desse tratamento. Também é importante levar em consideração a quantidade de S total aplicada durante o ciclo (104 kg/ha) através da fertirrigação, o que pode ter influenciado nos teores mais altos nas coletas 4 e 5.

Tabela 15 – Teor de S (mg/L) na solução do solo coletada em 5 momentos durante o ciclo de cultivo da cultura, aos 49, 67, 78, 104 e 132 DAS

Tratamento	Enxofre				
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5
Testemunha	4,04	38,40	64,55 bc	116,33 c	165,50
CaNO ₃	5,14	46,11	46,05 c	200,08 bc	237,29
CaTS	5,38	48,29	52,50 bc	213,35 bc	209,55
CaCl ₂	4,08	40,35	87,86 ab	351,37 a	334,45
CaSO ₄	7,05	47,03	49,81 c	176,78 bc	277,63
CaCO ₃	7,44	42,79	57,69 c	182,90 bc	498,39
C ₄ H ₆ CaO ₄	6,77	36,04	39,23 c	191,15 bc	209,92
Lithothamnium	6,93	25,55	111,41 a	283,54 ab	259,52
CV (%)	33,01	27,64	41,57	37,29	56,37
DMS	2,842	16,489	37,8	117,597	227,142
F	2,007 ^{ns}	1,762 ^{ns}	3,873 ^{**}	3,245 [*]	1,811 ^{ns}

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

4.3 Plantas

4.3.1 Massa seca da parte aérea

Não foram observadas diferenças significativas para os valores de massa seca entre os tratamentos em nenhum dos momentos avaliados (Tabela 16). O alto coeficiente de variação na primeira avaliação aos 48 DAS (2-3 folhas) pode ser explicado pela desuniformidade de estande de plantas devido à semeadura direta. Geralmente é recomendando para a cultura da cebola o transplante de mudas, visando uma uniformidade na população e facilitando o manejo. Entretanto essa recomendação varia quanto à região, tamanho da área e tecnologia disponível. Neste estudo, visando simular o cultivo da região de Irecê, foi realizada a semeadura direta.

Já na segunda avaliação (início da bulbificação), as plantas se encontravam com 78 DAS e nessa época o estande de plantas já estava uniforme. Pode-se verificar que os tratamentos acumularam mais massa seca em relação a testemunha. A testemunha também foi a menos produtiva entre as demais, possivelmente devido a menor produção de parte aérea.

Analisando as duas épocas de avaliação, foi observado que o tratamento com CaTS apresentou o menor valor de massa seca no primeiro momento, porém aumentando consideravelmente no segundo. Isso pode evidenciar o efeito não imediato deste adubo, o que impactou positivamente na produtividade deste tratamento, sendo um dos maiores.

Tabela 16 – Massa da matéria seca da parte aérea na fase de 2-3 folhas (48 DAS), no início da bulbificação (78 DAS) e ganho diário de massa seca (MS) entre as avaliações

Tratamento	Massa seca da parte aérea (g/planta)		
	2-3 folhas	Início bulbificação	Ganho diário (g/planta/dia)
Testemunha	0,12	1,48	0,0453
CaNO ₃	0,14	1,69	0,0517
CaTS	0,12	1,75	0,0543
CaCl ₂	0,15	1,73	0,0527
CaSO ₄	0,13	1,74	0,0537
CaCO ₃	0,14	1,7	0,0520
C ₄ H ₆ CaO ₄	0,13	1,57	0,0480
Lithothamium	0,12	1,77	0,0550
CV (%)	23,22	12,13	
DMS	0,04	0,29	
F	0,669 ^{ns}	0,987 ^{ns}	

ns=não significativo.

O ganho diário de massa foi obtido através da diferença entre MS de cada época de avaliação dividido pelo número de dias entre as avaliações. Desse modo, a média geral de ganho diário na parte aérea dos tratamentos é de 0,0516 g/planta/dia. Noda (2018) trabalhando com curva de crescimento com híbrido F1 de cebola em condições de campo registrou ganho de 0,0458 g/planta/dia na parte aérea em um período de 29 dias. Moraes (2016) trabalhando com a Aquarius em condições de campo e semeadura direta, relatou que até os 79 DAS o incremento de massa seca foi pequeno, de 12% em relação ao máximo estimado.

A tendência é que esse ganho diário diminua até o final do ciclo, uma vez que a parte aérea entra em senescência devido a translocação de fotoassimilados para a formação do bulbo (BREWSTER, 2008).

4.3.2 Teor de nutrientes na parte aérea e nos bulbos

Os teores de nutrientes na parte aérea aos 48 e 78 DAS e nos bulbos curados estão apresentados na Tabela 17. No geral foi constatado que houve um decréscimo nos teores de N, P, K, Ca, S, Cu, Fe, Mn e Zn entre a primeira avaliação e a segunda avaliação, exceto para o teor de B que houve um aumento nos valores.

A aplicação de Boro via fertirrigação começou as 35 DAS e foi até os 76 DAS, talvez isto tenha influenciado em seu teor na parte aérea.

Tais teores na parte aérea aos 48 DAS foram similares aos relatados por Noda (2018) aos 14 DAT (49 DAS): N – 32; P – 3; K – 31; Ca – 11; Mg – 3,4; S – 4,7 g/kg e B – 32; Cu – 7; Fe – 152; Mn – 43; Zn – 24 mg/kg. Moraes (2016) aos 50 DAS obteve: N – 44; P – 7; K – 36; Ca – 8; Mg – 2; S – 10 g/kg e B – 45; Cu – 76; Fe – 165; Mn – 65; Zn – 56 mg/kg.

No início da bulbificação (78 DAS), Noda (2018) observou os seguintes teores aos 43 DAT (78 DAS) na parte aérea: N – 36; P – 2; K – 36; Ca – 15; Mg – 3; S – 3 g/kg e B – 22; Cu – 7; Fe – 96; Mn – 18; Zn – 32 mg/kg. Já Moraes (2016) aos 78 DAS observou teores um pouco diferentes: N – 28; P – 6; K – 29; Ca – 8; Mg – 1; S – 9 g/kg e B – 35; Cu – 29; Fe – 127; Mn – 44; Zn – 59 mg/kg.

Para os bulbos, Noda (2018) observou os seguintes teores: N – 16; P – 2; K – 14; Ca – 6; Mg – 1; S – 2 g/kg e B – 25; Cu – 6; Fe – 37; Mn – 5; Zn – 26 mg/kg.

Moraes (2016) relatou teores similares, exceto para o Mn: N – 9; P – 3; K – 15; Ca – 4; Mg – 1; S – 3 g/kg e B – 19; Cu – 4; Fe – 22; Mn – 6,7; Zn – 21 mg/kg.

As variações observadas nos teores deste trabalho e de outros autores são decorrentes de, por exemplo, tipo de solo, condições edafoclimáticas, época de semeio, manejo cultural e nutricional entre outros fatores.

Tabela 17 – Teor de nutrientes na parte aérea aos 48 e 78 DAS e no bulbo curado

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg						mg/kg				
Parte aérea (48 DAS)											
Testemunha	39	4	79	11	3	5	28	10	124	118	26
CaNO ₃	40	4	85	12	3	5	32	10	175	132	31
CaTS	41	4	83	13	3	5	30	10	158	134	26
CaCl ₂	40	4	80	12	3	4	35	10	89	116	25
CaSO ₄	39	4	82	12	3	6	32	10	97	123	23
CaCO ₃	41	4	82	12	3	5	43	10	115	113	22
C ₄ H ₆ CaO ₄	40	4	78	12	3	4	37	10	136	118	22
Lithothaminium	39	3	78	12	3	5	36	10	112	116	21
Parte aérea (78 DAS)											
Testemunha	30	3	59	11	2	4	45	3	52	93	16
CaNO ₃	32	3	62	11	2	3	50	3	60	104	15
CaTS	30	3	62	11	2	4	49	4	59	97	16
CaCl ₂	30	3	63	10	2	3	52	5	66	100	15
CaSO ₄	32	3	68	10	2	4	52	7	62	102	15
CaCO ₃	30	3	60	10	2	3	49	6	63	107	15
C ₄ H ₆ CaO ₄	31	3	70	10	2	3	51	4	67	98	15
Lithothaminium	29	3	59	10	2	3	47	3	64	96	14
Bulbos											
Testemunha	11	3	16	2	1	3	18	2	11	14	14
CaNO ₃	9	2	16	2	1	2	17	2	11	19	10
CaTS	11	3	19	2	1	4	20	2	14	21	12
CaCl ₂	9	2	17	2	1	3	18	2	6	22	10
CaSO ₄	10	3	17	2	1	3	19	2	11	22	11
CaCO ₃	10	3	18	2	1	3	21	2	11	20	12
C ₄ H ₆ CaO ₄	9	3	16	2	1	3	18	2	9	18	11
Lithothaminium	11	3	18	2	1	4	19	2	16	21	11

4.3.3 Acúmulo de nutrientes na parte aérea e nos bulbos

O acúmulo de nutrientes na parte aérea na primeira avaliação, aos 48 DAS (2-3 folhas), é apresentado nas Tabelas 18 e 19. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos em relação aos macronutrientes. Provavelmente pelas plantas estarem muito jovens e pela quantidade total de fertilizantes aplicada ser pouca em relação às outras épocas de avaliação.

Quanto aos micronutrientes, houve diferença significativa apenas para o ferro, onde o tratamento com nitrato diferiu estatisticamente da testemunha, cloreto, sulfato, carbonato e lithothamnium. Os tratamentos com tiosulfato e acetato foram semelhantes aos demais.

Tabela 18 – Acúmulo de macronutrientes na parte aérea na fase de 2-3 folhas (48 DAS)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/planta					
Testemunha	0,0054	0,0005	0,0107	0,0016	0,0004	0,0007
CaNO ₃	0,0050	0,0005	0,0105	0,0015	0,0003	0,0006
CaTS	0,0047	0,0005	0,0097	0,0015	0,0003	0,0005
CaCl ₂	0,0052	0,0004	0,0105	0,0016	0,0003	0,0005
CaSO ₄	0,0051	0,0005	0,0106	0,0016	0,0003	0,0007
CaCO ₃	0,0056	0,0005	0,0113	0,0017	0,0004	0,0006
C ₄ H ₆ CaO ₄	0,0053	0,0005	0,0104	0,0016	0,0003	0,0006
Lithothamnium	0,0055	0,0005	0,0108	0,0017	0,0004	0,0006
CV (%)	28,18	29,23	27,20	28,31	28,41	24,64
DMS	0,0021	0,0002	0,0041	0,0006	0,0001	0,0002
F	0,513 ^{ns}	0,529 ^{ns}	0,593 ^{ns}	0,544 ^{ns}	0,512 ^{ns}	1,841 ^{ns}

ns=não significativo.

Noda (2018) trabalhando com híbrido F1 da Sakata em solo argiloso, obteve valores de acúmulo relativamente semelhantes nesta fase: N – 0,009; P – 0,0008; K – 0,008; Ca – 0,003; Mg – 0,009 e S – 0,0013 g/planta. Para os micronutrientes os valores foram: B – 0,009; Cu – 0,002; Fe – 0,041; Mn – 0,012 e Zn – 0,006 mg/planta.

Na segunda avaliação, aos 78 DAS (início da bulbificação), foi observado aumento no acúmulo para todos os tratamentos, em média cerca de 10 vezes mais em um período de 30 dias entre as avaliações (Tabelas 20 e 21).

Apenas o acúmulo de cobre na parte aérea apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 21). O tratamento com sulfato foi o que mais acumulou

Cu, porém sendo semelhante ao cloreto e carbonato. Os tratamentos que menos acumularam foram a testemunha, nitrato e lithothamnium.

Tabela 19 – Acúmulo de micronutrientes na parte aérea na fase de 2-3 folhas (48 DAS)

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	mg/10 plantas					
Testemunha	0,032	0,012	0,144	b	0,137	0,030
CaNO ₃	0,046	0,014	0,251	a	0,187	0,043
CaTS	0,033	0,012	0,189	ab	0,153	0,030
CaCl ₂	0,054	0,016	0,133	b	0,178	0,038
CaSO ₄	0,042	0,013	0,127	b	0,158	0,030
CaCO ₃	0,058	0,014	0,156	b	0,153	0,029
C ₄ H ₆ CaO ₄	0,050	0,013	0,181	ab	0,158	0,030
Lithothamnium	0,044	0,012	0,139	b	0,144	0,026
CV (%)	29,43	23,15	30,82		21,58	26,61
DMS	0,019	0,004	0,074		0,050	0,012
F	2,038 ^{ns}	0,836 ^{ns}	2,632*		0,946 ^{ns}	1,765 ^{ns}

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Tabela 20 – Acúmulo de macronutrientes na parte aérea no início da bulbificação (78 DAS)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/planta					
Testemunha	0,051	0,005	0,100	0,019	0,004	0,006
CaNO ₃	0,053	0,005	0,103	0,019	0,004	0,005
CaTS	0,046	0,004	0,094	0,016	0,003	0,005
CaCl ₂	0,051	0,005	0,107	0,017	0,004	0,005
CaSO ₄	0,051	0,005	0,106	0,016	0,003	0,006
CaCO ₃	0,049	0,005	0,098	0,017	0,004	0,005
C ₄ H ₆ CaO ₄	0,048	0,005	0,107	0,016	0,003	0,005
Lithothamnium	0,051	0,005	0,103	0,017	0,004	0,005
CV (%)	15,41	17,63	15,61	17,37	15,64	24,66
DMS	0,011	0,001	0,023	0,004	0,0008	0,002
F	0,370 ^{ns}	0,494 ^{ns}	0,358 ^{ns}	0,507 ^{ns}	0,343 ^{ns}	0,743 ^{ns}

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Valores semelhantes foram observados por Noda (2018) nesta fase: N – 0,057; P – 0,0034; K – 0,057; Ca – 0,024; Mg – 0,0048 e S – 0,005 g/planta. Para os micronutrientes os valores foram: B – 0,035; Cu – 0,011; Fe – 0,153; Mn – 0,029 e Zn – 0,051 mg/planta.

Geralmente, o acúmulo de nutrientes na parte aérea é crescente, porém lento, até o início da bulbificação e decrescem ou estabilizam após essa fase (NODA, 2018; KURTZ, 2016; MORAES, 2016). As curvas de crescimento e acúmulo de nutrientes em cebola, no geral, mostram a curva da parte aérea em declínio/estabilização no mesmo momento em que a curva dos bulbos começa a crescer. Isso evidencia a translocação de fotoassimilados e nutrientes para a formação do bulbo (BREWSTER, 2008).

Tabela 21 – Acúmulo de micronutrientes na parte aérea no início da bulbificação (78 DAS)

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/planta				
Testemunha	0,0780	0,0044 c	0,0909	0,1593	0,0276
CaNO ₃	0,0848	0,0042 c	0,1011	0,1733	0,0249
CaTS	0,0772	0,0060 bc	0,0917	0,1487	0,0247
CaCl ₂	0,0888	0,0094 ab	0,1138	0,1703	0,0256
CaSO ₄	0,0816	0,0106 a	0,1023	0,1628	0,0235
CaCO ₃	0,0822	0,0095 ab	0,1049	0,1758	0,0237
C ₄ H ₆ CaO ₄	0,0797	0,0067 bc	0,1035	0,1513	0,0235
Lithothaminium	0,0832	0,0052 c	0,1128	0,1684	0,0249
CV (%)	22,69	32,28	22,32	17,82	12,74
DMS	0,0273	0,0033	0,0336	0,0429	0,0046
F	0,166 ^{ns}	4,952 ^{**}	0,536 ^{ns}	0,471 ^{ns}	0,788 ^{ns}

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Nos bulbos, os tratamentos diferiram significativamente entre si para o acúmulo de N, Ca, Mg e S (Tabela 22). De modo geral a sequência de acúmulo do maior para o menor foi: K > N > S > P > Ca > Mg, exceto para o nitrato de cálcio que apresentou: K > N > P > S > Ca > Mg.

Noda (2018) apresentou a seguinte sequência de acúmulo de nutrientes nos bulbos: N > K > Ca > P > S > Mg e Fe > Zn > B > Cu > Mn. Backes et al. (2018) trabalhando com a cultivar 'Bella Vista', obteve a seguinte sequência decrescente: K – 388, N – 370, Ca – 113, S – 94, P – 66 e Mg – 45 mg/planta e Fe – 3.287, B – 715, Zn – 511, Mn – 174 e Cu – 174 µg/planta. Kurtz et al. (2016) observou a seguinte sequência decrescente: N > K > Ca > P > Mg > Fe > B > Mn > Zn > Cu, onde o S não foi avaliado.

De acordo com Noda (2018), o máximo acúmulo de N nos bulbos ocorreu na ocasião da colheita, 0,388 g/planta para o híbrido 4241. Para Kurtz et al. (2016) o N também foi o mais acumulado na planta inteira, no total estimado de 409 g/planta, onde 57% desse total (0,233 g/planta) acumulou nos bulbos. Moraes (2016) observou que o N foi o segundo macronutriente mais acumulado na planta inteira pela 'Aquarius', com o total de 0,49 g/planta aos 148 DAS, nos bulbos o acúmulo estimado foi de 0,19 g/planta. O N também foi o segundo macronutriente mais acumulado para Pôrto et al. (2006), 0,159 g/planta na planta inteira e 0,09 g/planta no bulbo na cultivar 'Optima'

Para o nitrogênio (Tabela 22), o tratamento que apresentou a maior quantidade acumulada foi o CaTS, porém não diferindo significativamente do nitrato, carbonato, lithothamnium e a testemunha. Os menores acúmulos foram observados nos tratamentos com cloreto, sulfato e acetato. Uma possível explicação para o CaTS ter tido o maior acúmulo de N seja o fato que as proteínas são os compostos que mais incorporam N e S, na proporção de 24 átomos de N para cada átomo de S. Dessa forma quanto mais S disponível na planta maior será a quantidade de N (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 22 – Acúmulo de macronutrientes nos bulbos curados

Tratamento	g/planta									
	N	P	K	Ca	Mg	S				
Testemunha	0,434	ab	0,117	0,651	0,072	abc	0,032	d	0,129	b
CaNO ₃	0,455	a	0,117	0,702	0,085	a	0,039	bc	0,107	b
CaTS	0,476	a	0,136	0,765	0,085	a	0,046	a	0,193	a
CaCl ₂	0,385	b	0,101	0,732	0,082	a	0,034	cd	0,117	b
CaSO ₄	0,371	b	0,098	0,654	0,061	bc	0,035	bcd	0,108	b
CaCO ₃	0,427	ab	0,114	0,703	0,075	ab	0,041	ab	0,124	b
C ₄ H ₆ CaO ₄	0,387	b	0,111	0,701	0,072	abc	0,039	bc	0,138	b
Lithothamnium	0,418	ab	0,106	0,696	0,057	c	0,035	bcd	0,134	b
CV (%)	10,620		16	10,46	14,39		11,65		18,62	
DMS	0,065		0,026	0,107	0,015		0,006		0,035	
F	2,684*		1,654ns	1,040ns	3,859**		4,069**		5,109**	

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Apesar dos tratamentos não diferirem significativamente para o acúmulo de P, este foi o quarto macronutriente mais acumulado nos bulbos, corroborando com Noda (2018) (0,05 g/planta) e Kurtz et al. (2016) (0,097 g/planta). Moraes (2016) observou que P foi o menos acumulado dentre os macronutrientes, nos bulbos o valor estimado foi de 0,05 g/planta ao final do ciclo de cultivo. O tratamento com CaTS apresentou o maior acúmulo de P (0,136 g/planta) e o tratamento com sulfato, o menor acúmulo (0,098 g/planta). Apesar de ser o quarto mais acumulado, o P é aquele que oferece respostas mais substanciais, em relação à produtividade, no aumento do peso do bulbo e no diâmetro de bulbo (KURTZ, MENEZES, HIGASHIKAWA, 2018; FILGUEIRA, 2008), isso explicaria o porquê que o sulfato produziu bulbos mais leves que do tratamento com CaTS, contudo não explica o comportamento da testemunha neste caso.

O acúmulo de K também não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. O maior acúmulo observado foi no tratamento com CaTS (0,765 g/planta) e o menor acúmulo na testemunha (0,651 g/planta). O potássio foi o nutriente mais acumulado nos bulbos em todos os tratamentos. Pôrto et al. (2006) também observaram que o K foi o mais acumulado, porém em quantidades menores, 0,164 g/planta no bulbo. Backes et al. (2018) relatam que o K também foi o mais acumulado (388 g/planta) e na planta inteira chegou a 0,522 g/planta. Moraes (2016) constatou acúmulo de K nos bulbos na ordem de 0,31 g/planta aos 148 DAS, sendo o nutriente mais acumulado na planta inteira.

Para Kurtz et al. (2016), o K foi o segundo macronutriente mais acumulado no bulbo (0,183 g/planta), além disso, os autores relatam que provavelmente devido ao papel do potássio na abertura e fechamento estomático e regulação do potencial osmótico das células vegetais, o K promove, durante a bulbificação, a redução do potencial osmótico, favorecendo a entrada de água e de fotoassimilados, contribuindo para o enchimento dos bulbos. De acordo com Filgueira (2008), o potássio geralmente é o macronutriente mais extraído pelas hortaliças, tendo papel fundamental na formação e translocação de carboidratos e uso eficiente da água. Tem relação direta com a qualidade do produto.

O maior acúmulo de Ca nos bulbos ocorreu nos tratamentos com nitrato (0,085 g/planta) e CaTS (0,085 g/planta), diferindo dos tratamentos com sulfato (0,061 g/planta) e lithothamnium (0,057 g/planta) (Tabela 22) que foram os que menos acumularam Ca. O sulfato de cálcio, comumente conhecido como gesso agrícola, atua

como um condicionador de solo, fornecendo cálcio e enxofre, reduzindo toxicidade do alumínio em subsolos ácidos e recuperando solos com excesso de sódio (RAIJ, 2011). Entretanto tem solubilidade baixa, cerca de 2,5 g/L à 25°C (SHAINBERG et al., 1989), necessitando de um tempo de reação. Isso pode explicar o valor relativamente baixo do seu acúmulo em relação às outras fontes mais solúveis, como, por exemplo, o nitrato de cálcio, cuja solubilidade é 1.200 g/L à 20°C (VITTI, 1994).

O cálcio foi um dos macronutrientes menos acumulados nos bulbos, superando apenas o Mg que foi o menos acumulado. Para Noda (2018) e Backes et al. (2018), o Ca foi o terceiro nutriente mais acumulado nos bulbos. Kurtz et al. (2016), Pôrto et al. (2006), e Moraes (2016) o Ca foi o terceiro nutriente mais acumulado na planta inteira. Como mencionado anteriormente, formas diferentes de cultivo podem influenciar nos aspectos nutricionais da planta. O fato de que quando há uma maior concentração de íons K^+ no solo, a absorção de cálcio pode ficar comprometida (MALAVOLTA, 2006; FILGUEIRA, 2008), não ocorreu neste estudo, uma vez que o teor de K na solução do solo não foi alto igual o teor de Ca. O baixo acúmulo de cálcio nos bulbos pode ser explicado pela sua imobilidade no floema e baixa redistribuição na planta (MALAVOLTA, 2006).

Quanto ao acúmulo de Mg, o tratamento com CaTS também obteve o maior acúmulo (0,046 g/planta), diferindo dos demais tratamentos, exceto do carbonato. O menor acúmulo foi observado na testemunha, com 0,032 g/planta. Dentre os macronutrientes o Mg foi o menos acumulado nos bulbos, isso pode ser explicado devido às altas concentrações de potássio e cálcio que podem afetar a absorção de Mg pela planta (MALAVOLTA, 2006). Além de que não foi realizada nenhuma adubação focada em elevar o teor de Mg no solo, devido a sua concentração inicial ser adequada (18 mmol/dm³), a entrada de Mg no solo se deu através do uso de fertilizantes que o continham na sua composição.

Para Noda (2018) e Backes et al. (2018), o Mg também foi o macronutriente menos acumulado no bulbo, 34 e 45 mg/planta respectivamente. Moraes (2016) trabalhando com a 'Aquarius' observou acúmulo de 0,02 g/planta no bulbo, na planta inteira foi o menos acumulado. Pôrto et al. (2006) relataram acúmulo de 0,014 g/planta no bulbo da cultivar 'Optima'. Kurtz et al. (2016) constataram que Mg foi o macronutriente menos acumulado pela planta inteira, com 0,047 g/planta e 57% do total acumulou no bulbo (0,027 g/planta)

O acúmulo de S nos bulbos também foi maior no tratamento com CaTS (0,193 g/planta) (Tabela 22) diferindo do demais tratamentos, inclusive do sulfato que contém enxofre na sua composição, mas pela dose aplicada, forneceu metade da quantidade de S fornecida pelo CaTS, novamente evidenciando as diferentes solubilidades das fontes utilizadas. Além disso, no caso do CaTS que é vendido na forma líquida, demonstra a liberação lenta de Ca e S mas que atende a cultura ao longo do ciclo. O menor acúmulo verificado foi no tratamento com nitrato (0,107 g/planta).

O enxofre foi o terceiro macronutriente mais acumulado nos bulbos para todos os tratamentos, exceto para o nitrato, onde o enxofre ocupou o quarto lugar. Geralmente é o terceiro ou quarto nutriente mais acumulado em ordem decrescente (KURTZ, MENEZES, HIGASHIKAWA, 2018). Para Moraes (2016) o acúmulo de S no bulbo foi 0,07 g/planta. Noda (2018) observou acúmulo de 0,04 g/planta no bulbo, correspondendo à 90% do total. Backes et al. (2018) constataram acúmulo de 0,094 g/planta, onde o S foi o quarto mais acumulado no bulbo. Pôrto et al. (2006) verificaram acúmulo total de 0,078 g/planta onde 70% desse valor (0,055 g/planta) acumulou no bulbo. Um maior acúmulo no bulbo está relacionado à cebola ser uma planta exigente em S, pois ele tem como principal função o papel constituinte dos aminoácidos, proteínas, vitaminas, flavonoides, alcaloides e compostos voláteis de baixo peso molecular responsáveis pelo sabor e aroma (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 23 – Acúmulo de micronutrientes nos bulbos curados

Tratamento	B	Cu	Fe		Mn	Zn	
			mg/planta				
Testemunha	0,715	0,085	bc	0,455	abc	0,584	0,561
CaNO ₃	0,821	0,101	a	0,541	a	0,920	0,497
CaTS	0,906	0,094	ab	0,633	a	0,923	0,547
CaCl ₂	0,785	0,091	abc	0,258	c	0,951	0,434
CaSO ₄	0,723	0,079	c	0,393	bc	0,801	0,427
CaCO ₃	0,866	0,088	bc	0,446	abc	0,840	0,497
C ₄ H ₆ CaO ₄	0,768	0,089	abc	0,375	bc	0,764	0,466
Lithothaminium	0,727	0,080	c	0,606	a	0,799	0,411
CV (%)	13,200	9,360		29,66		30,54	22,85
DMS	0,153	0,012		0,202		0,369	0,161
F	1,838	2,929*		3,345*		0,887ns	1,017ns

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

O acúmulo de micronutrientes nos bulbos curados está apresentado na Tabela 23. Foi observada diferenças significativas entre os tratamentos para o acúmulo de Cu e Fe. Para os micronutrientes, a sequência variou para cada tratamento, onde o único consenso foi o cobre ser o menos acumulado nos bulbos. Para a testemunha e carbonato a sequência foi: B > Mn > Zn > Fe > Cu. Para os tratamentos com nitrato, tiosulfato e lithothamnium: Mn > B > Fe > Zn > Cu. Para os tratamentos com cloreto, sulfato e acetato, a sequência foi: Mn > B > Zn > Fe > Cu.

O maior acúmulo de B foi observado no tratamento com CaTS (0,906 mg/planta) embora não tenha diferido significativamente dos demais. O menor acúmulo foi verificado na testemunha, com 0,715 mg/planta. Noda (2018) observou acúmulo de 0,598 mg/planta para o híbrido 4241 e 0,653 mg/planta para o híbrido 4243. O alto acúmulo de B no bulbos evidencia o desenvolvimento adequado da parte aérea, pois permitiu o translocamento do B e fotoassimilados para o bulbo. Isso pode ser explicado devido o B ter papel essencial na fotossíntese, transporte de fotoassimilados e auxílio na formação da colheita. Sua deficiência reduz o transporte de açúcares de folhas velhas para órgãos dreno, devido à diminuição na formação de complexos de borato com açúcares que facilita o transporte dos últimos dentro da planta (MALAVOLTA, 2006).

O maior acúmulo de cobre nos bulbos (Tabela 23) ocorreu para o tratamento com nitrato de cálcio (0,101 mg/planta) diferindo significativamente da testemunha, sulfato, carbonato e do lithothamnium. O sulfato apresentou o menor acúmulo de Cu nos bulbos (0,079 mg/planta). Backes et al. (2018) observaram acúmulo de 0,174 mg/planta na cultivar 'Bella Vista'. Kurtz et al. (2016) relataram que o cobre também foi o menos acumulado. Moraes (2016) observou acúmulo de 0,09 mg/planta no bulbo. Noda (2018) constatou acúmulo de 0,145 mg/planta no bulbo, correspondendo à 71% do total acumulado.

No acúmulo de Fe nos bulbos, o tratamento com tiosulfato apresentou a maior quantidade acumulada (0,633 mg/planta) diferindo significativamente do cloreto, do sulfato e do acetato. O tratamento com cloreto apresentou a menor quantidade acumulada (0,258 mg/planta). O ferro foi o terceiro elemento mais acumulado no bulbo para os tratamentos com nitrato, tiosulfato e lithothamnium. E o quarto mais acumulado para os demais tratamentos e testemunha.

Para Noda (2018) trabalhando em solo argiloso, com teor inicial de 54 mg/dm³ de Fe, este foi o micronutriente acumulado em maior quantidade na planta inteira (6 mg/planta), no bulbo o acúmulo foi de 0,892 mg/planta. Tais valores altos são decorrentes do tipo de solo cultivado. Backes et al. (2018) trabalhando em solo de textura média a argilosa, observaram acúmulo de 3 mg/planta, onde o Fe também foi o mais acumulado entre os micronutrientes. No presente trabalho, o tipo de solo utilizado continha inicialmente 6 mg/dm³ de ferro, o que explicaria um baixo acúmulo.

O manganês variou em ordem de acúmulo com o B, sua absorção é diminuída na presença de cátions bivalentes como o Ca²⁺. O ferro também inibe a absorção de Mn e a recíproca também ocorre, o que pode ter acontecido neste caso (MALAVOLTA, 2006). O maior acúmulo de Mn foi observado no tratamento com cloreto (0,951 mg/planta), o mesmo tratamento apresentou o menor acúmulo de Fe. Segundo Kurtz et al. (2016) o manganês foi o terceiro micronutriente mais acumulado na planta inteira, totalizando 0,600 mg/planta.

O zinco apresentou maior acúmulo no bulbo na testemunha (0,561 mg/planta) e o menor valor foi observado no tratamento com lithothamnium (0,411 mg/planta). Noda (2018) relatou acúmulo similar ao final do ciclo de 130 DAT, 0,627 mg/planta correspondente a 90% da quantidade total acumulada na planta. Moraes (2016) observou aos 148 DAS, acúmulo estimado de 0,43 mg/planta. Kurtz et al. (2016) observaram acúmulo de Zn de 84 g/ha com 74% do total sendo acumulado no bulbo.

4.3.4 Exportação de nutrientes pelos bulbos

A quantificação da extração e exportação de nutrientes é importante para calcular a quantidade de nutrientes removida da área e a reciclagem deles, pois parte pode retornar ao solo através das folhas e outra parte é removida pelo bulbo que não volta para o solo.

A exportação diz respeito aos nutrientes que saem do campo, tal dado juntamente com a análise de solo é imprescindível para um manejo nutricional adequado da cultura. Foi observado que uma grande parte dos nutrientes é exportada pelos bulbos.

Tabela 24 – Exportação de macronutrientes pelo bulbo de cebola

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg/ha					
Testemunha	186	50	279	31	14	55
CaNO ₃	195	50	301	36	17	46
CaTS	204	58	328	36	20	83
CaCl ₂	165	43	314	35	15	50
CaSO ₄	159	42	281	26	15	46
CaCO ₃	183	49	302	32	18	53
C ₄ H ₆ CaO ₄	166	48	301	31	17	59
Lithothaminium	179	45	299	24	15	57

Tabela 25 – Exportação de micronutrientes pelo bulbo de cebola

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/ha				
Testemunha	307	36	195	251	241
CaNO ₃	352	43	232	395	213
CaTS	389	40	272	396	235
CaCl ₂	337	39	111	408	186
CaSO ₄	310	34	169	344	183
CaCO ₃	372	38	191	360	213
C ₄ H ₆ CaO ₄	329	38	161	328	200
Lithothaminium	312	34	260	343	176

A ordem decrescente da exportação para os macronutrientes foi: K > N > S > P > Ca > Mg, exceto para o tratamento com nitrato, cuja sequência foi: K > N > P > S > Ca > Mg, tais dados revelam que o bulbo representa ser um forte dreno para a planta. O potássio é usualmente o cátion mais abundante na planta, sendo necessário concentrações elevadas no citoplasma para garantir atividade enzimática ótima (MALAVOLTA, 2006). Isso explica o porquê de ser um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas em geral.

Além disso, é facilmente redistribuído dos órgãos mais velhos para os mais novos, integrando diversos processos bioquímicos como, translocação de açúcares; abertura e fechamento estomático; e regulação osmótica, sendo essencial na formação da colheita (MALAVOLTA, 2006). Isso pode explicar o porquê de ser um dos nutrientes mais acumulados e exportados.

Dentre os macronutrientes foi observado que o cálcio foi o elemento exportado em menor quantidade, assim como foi um dos nutrientes menos acumulado no bulbo. Apesar de ter sido o terceiro mais acumulado na parte aérea. Isso pode ser explicado devido à sua baixa redistribuição na planta e sua pouca mobilidade no floema. Entretanto, isso não exclui sua importância como elemento essencial para a planta, uma vez que possui funções: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário (MALAVOLTA, 2006).

Dentre os micronutrientes, a ordem de exportação foi variável. A testemunha apresentou a sequência: $B > Mn > Zn > Fe > Cu$. Os tratamentos com nitrato, tiosulfato e lithothamnium apresentaram: $Mn > B > Fe > Zn > Cu$. Para cloreto e sulfato foi: $Mn > B > Zn > Fe > Cu$. E carbonato e acetato foi: $B > Mn > Zn > Fe > Cu$.

Moraes (2016) observou a seguinte sequência de exportação pelos bulbos: $K > N > Ca > P > S > Mg$ e $Mn > Zn > Fe > Cu$. Para Pôrto et al. (2006) a sequência foi: $N > K > Ca > P > S > Mg$. As quantidades exportadas pelos bulbos relatada por Backes et al. (2018) foram, em ordem decrescente: K – 116, N – 104, Ca – 32, S – 26, P – 20, Mg – 13 kg/ha. Para Vidigal et al. (2010) as quantidades exportadas foram em kg/ha: N – 70, K – 57, Ca – 25, S – 12, Mg – 4,5, Fe – 0,63, Zn – 0,21, Mn – 0,19, Cu – 0,03 kg/ha. Para Noda (2018) a exportação seguiu a ordem: N – 136, K – 118, Ca – 49, P – 18, S – 14, Mg – 12 kg/ha e para os micronutrientes: Fe – 0,31, Zn – 0,22, B – 0,21, Cu – 0,05 e Mn – 0,04 kg/ha. Tais valores servem de referência para futuras recomendações de adubação, uma vez que são os nutrientes retirados pelos bulbos no momento da colheita não voltam ao solo.

4.3.5 Classificação e produção

Na Tabela 26 estão apresentados os resultados do diâmetro, massa fresca e seca e produção de bulbos curados, bem como o desempenho de cada fonte em relação à testemunha.

Apesar de diferir significativamente no diâmetro, todos os tratamentos produziram bulbos classe 4 (70 a 90 mm), de acordo com a classificação do CEAGESP (2001). Tal classe juntamente com classe 3, são os bulbos mais almejados pelos produtores, devido ao alto valor de mercado. Na última cotação na região de Irecê, BA, a cebola tipo 3 estava custando R\$113,00 a saca de 20 kg.

Tabela 26 – Diâmetro dos bulbos curados, massa fresca média (MF) e massa seca média (MS) do bulbo, produção e desempenho da produção de cada tratamento em relação a testemunha

Tratamento	Diâmetro	MF	MS	Produção total	Desempenho
	mm	g/bulbo	g/bulbo	kg	%
Testemunha	82,0 b	429,4 c	40,6 bc	2,58	100
CaNO ₃	85,3 ab	548,0 a	48,0 a	3,29	128
CaTS	85,6 a	542,7 a	44,7 ab	3,26	126
CaCl ₂	87,4 a	497,5 ab	43,1 abc	2,99	116
CaSO ₄	85,8 ab	472,6 bc	37,7 c	2,84	110
CaCO ₃	86,0 a	538,7 a	41,9 bc	3,23	125
C ₄ H ₆ CaO ₄	88,8 a	505,9 ab	44,1 abc	3,04	118
Lithothamium	88,0 a	501,3 ab	38,1 c	3,01	117
CV (%)	2,83	7,48	9,40		
DMS	2,5	39,2	5,8		
F	2,983*	4,511**	2,193*		

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

Para a massa fresca do bulbo, foi observado que a testemunha apresentou a menor MF (429,4 g), diferindo significativamente de todos os tratamentos, exceto o sulfato (472,6 g). Tais valores altos de massa fresca se deve ao manejo nutricional adotado e espaçamento entre plantas no vaso. Noda (2018) obteve 89% da produção total de bulbos classe 3, a média da massa fresca de um bulbo foi 188 g. A produção de bulbos classe 4 representou apenas 3% do total, com uma massa média de 320 g/bulbo. Pedroso et al. (2021) trabalhando com doses de fertilizantes à base de cálcio, obteve massa fresca média de 88 g/bulbo numa população de 750.000 plantas/ha e produziu mais bulbos classe 3, onde a dose de 600 kg/ha de Ca produziu 99% de bulbos classe 3.

Houve diferença significativa entre os tratamentos para a massa seca de bulbo. Onde os tratamentos com nitrato, tiosulfato, cloreto e acetato não diferiram entre si. Quando comparado os valores de massa fresca e massa seca, foi constatado que os tratamentos com sulfato e lithotamium apresentaram os menores valores de massa seca em relação à testemunha, sugerindo que a testemunha produziu bulbos com maior porcentagem de água, uma vez que seus bulbos frescos eram os mais leves. Na avaliação de perda de massa foi verificado que a testemunha também apresentou

a maior porcentagem de perda de massa, o que evidencia a importância do cálcio para a conservação pós-colheita dos bulbos.

Em relação a produção, foi observado que dentro das condições estudadas, o híbrido utilizado foi altamente produtivo. Com base na produção da testemunha (2,58 kg), pode-se inferir que com a substituição de 15% de cálcio aplicado por fonte diferente, é possível obter um incremento de cerca de 20% na produtividade, exceto para o tratamento com sulfato que produziu 10% a mais que a testemunha.

Noda (2018) trabalhando com população de plantas de 350.000 plantas em uma área efetiva de 7.000 m² obteve produtividade de 62,7 t/ha para o híbrido 4241 e de 76,6 t/ha para o híbrido 4243. Moraes (2016) observou valores semelhantes numa população de 320 mil plantas/ha, 78,9 t/ha para a 'Aquarius'. Backes et al. (2018) verificaram produtividade de 86,2 t/ha com a 'Bella Vista' numa população de 300.000 plantas/ha. Pôrto et al. (2006) obtiveram 72 t/ha para uma população de 420.000 plantas/ha com o híbrido 'Optima'. A média nacional em 2021 foi 33 t/ha, média parecida com a da Bahia (37 t/ha) (IBGE, 2021). Pedroso et al. (2021) constataram que as doses de cálcio influenciaram positivamente na produtividade, massa fresca e diâmetro de bulbo, com uma ótima estimada em 516,4 kg/ha.

O tratamento com nitrato de cálcio apresentou a maior produção, sendo 28% maior que a testemunha. O tiosulfato de cálcio e o carbonato de cálcio também apresentaram altas produções, sendo 26 e 25% maiores que a testemunha, respectivamente.

4.3.6 Perda de massa pós-colheita

Os dados da perda de massa dos bulbos na pós-colheita estão apresentados na Tabela 27. Por 4 semanas, os bulbos foram pesados semanalmente, onde com base na pesagem inicial, foi calculada a porcentagem de perda de massa.

Foi observado que o tratamento com carbonato de cálcio obteve a menor perda de massa (0,99%), embora não tenha diferido estatisticamente dos demais. Constatou-se também que a testemunha e o nitrato de cálcio apresentaram a maior perda, 1,32 e 1,31%, respectivamente. Isso sugere que o nitrato embora eficiente na produção de bulbos mais pesados, devido ao nitrogênio participar de importantes processos metabólicos (fotossíntese, multiplicação e diferenciação celular), pode ter afetado a sua conservação pós-colheita justamente por causa desse aumento de

compostos orgânicos. Geralmente as perdas pós-colheita em cebola tendem a aumentar com a adição de N (KURTZ, MENEZES, HIGASHIKAWA, 2018). Resende e Costa (2005) observaram que as perdas de massa na pós-colheita aumentam conforme espaçamentos maiores, que determinam o tamanho do bulbo. Tal fato não foi observado neste trabalho.

Todos os tratamentos, com exceção do nitrato e da testemunha, apresentaram perda de 1,13% em média, levando em consideração que essas cebolas foram armazenadas em temperatura ambiente, apenas com ventilação forçada.

O cálcio pode ter influenciado nesses valores, uma vez que por atuar na manutenção da integridade da membrana plasmática, pode contribuir para uma melhor conservação dos bulbos de cebola (KURTZ, MENEZES, HIGASHIKAWA, 2018).

Tabela 27 – Perda de massa dos bulbos curados durante 4 semanas

Tratamento	Perda de massa
	%
Testemunha	1,32
CaNO ₃	1,31
CaTS	1,15
CaCl ₂	1,18
CaSO ₄	1,15
CaCO ₃	0,99
C ₄ H ₆ CaO ₄	1,14
Lithothaminium	1,15
CV (%)	29,73
DMS	0,36
F	0,368 ^{ns}

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ns=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste t.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados é possível concluir a importância do cálcio na cultura. Com 15% de cálcio aplicado por fontes diferentes, foi possível obter um incremento na produção em cerca de 25% nos tratamentos com nitrato, tiosulfato e carbonato de cálcio, em relação a testemunha que não recebeu esse acréscimo.

Tais tratamentos também foram eficientes na conservação de massa na pós-colheita, perdendo em média 1,07% de massa, exceto o nitrato de cálcio. Isso sugere que, o CaTS e o carbonato além de aumentarem a produção, produziram bulbos que apresentaram menor perda de massa na conservação em temperatura ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 23. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.338-344. 2021.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. **FAO Irrigation and drainage paper**, n. 56. FAO, Rome. 1998.
- ANDRADE, R. M.; RODRIGUES, S. D.; CRUZ, M. A. D. Cebola. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: fisiologia de cultivos**. 1. ed. Piracicaba, SP: Editora Agronômica Ceres, 2008. p. 670-684.
- BACKES, C. et al. Determination of growth and nutrient accumulation in Bella Vista onion. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 246-254, Mar. 2018. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/6fMzWJKVFTmxrRmxWMttcZH/?lang=en> >. Acesso em: 2 nov. 2022.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds Physiology of Development and Germination**. 3rd Edition, Plenum Press, New York, 1994. 445 p.
- BOYER, J. **Le Calcium et le Magnesium dans los Sols de Regions Tropicales Humides et Sub humides**. Orstom, Paris, 1978. 173 p.
- BREWSTER, J. L. **Onion and other vegetable alliums**. 2. ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing, 2008. 448 p.
- Centro de Qualidade em Horticultura – CEAGESP. **Classificação da cebola (*Allium cepa* L)**. 1ª tiragem. Impressão: JUN/2001. 2001. Disponível em: < <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cebola.pdf> >. Acesso em: 16 out. 2022.
- COSTA, N. D.(Ed.). **A Cultura da Cebola**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica , 2002. 107 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**, 2016. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- FACTOR, T. L.; TRANI, P. E.; BREDA JÚNIOR, J. M.; PURQUEIRO, L. F. V.; GRANGEIRO, L. C. Correção do solo e adubação. In: NICK, C.; BORÉM, A. (eds.). **Cebola: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV. 2018. p. 58-77.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M. G.; ALVES, F. M.; NICK, C. A cultura. In: NICK, C.; BORÉM, A. (eds.). **Cebola: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV. 2018. p. 9-18.

FICHA DE INFORMAÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO. **Nitrato de cálcio**. Disponível em: <
https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=NITRATO%20DE%20C%1LCIO>. Acesso em: 30 out. 2022.

FICHA DE INFORMAÇÃO DE PRODUTO QUÍMICO. **Cloreto de cálcio**. Disponível em: <
https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=CLORETO%20DE%20C%1LCIO>. Acesso em: 30 out. 2022.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA. **Carbonato de cálcio**. Disponível em: <
<https://cloud.cnpqc.embrapa.br/wp-content/igu/fispq/laboratorios/Carbonato%20de%20c%C3%A1lcio.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2022.

FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS. **Acetato de cálcio**. Disponível em: <
<https://www.labsynth.com.br/fispq/FISPQ-%20Acetato%20de%20Calcio.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2022.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Editora UFV. 2007. 421 p.

FRITSCH, R. M.; FRIESEN, N. Evolution, Domestication and Taxonomy. In: RABINOWITCH, H. D.; CURRAH, L. (Eds.). **Allium Crop Science**: Recent Advances. 1. ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing, 2002. p. 5-30.

GRANGEIRO, L. C.; FACTOR, T. L.; BREDA JÚNIOR, J. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Preparo do solo e plantio. In: NICK, C.; BORÉM, A. (eds.). **Cebola: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV. 2018. p. 41-57.

HALNET, P. Taxonomy, evolution and history. In: RABINOWITCH, H. D.; BREWSTER, J. L. (Eds.). **Onions and Allied Crops**. Vol. 1. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1990. p. 1-26.

IBGE. **Produção de Cebola**. 2021. Disponível em: <
<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cebola/ba>>. Acesso em: 16 out. 2022.

KIILL, L. H. P.; RESENDE, G. M. de; SOUZA, R. J. de. Cultivo da Cebola no Nordeste-Botânica. **Sistemas de produção**, 3, Embrapa Hortaliças. Versão eletrônica, Nov./2007. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/botanica.htm>>. Acesso em: 16 out. 2015.

KURTZ, C.; MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; HIGASHIKAWA, F.S. **Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola**. Florianópolis, SC: Epagri, 2018. p.104 (Epagri, Boletim Técnico, 184.)

KURTZ, C.; PAULETTI, V.; FAYAD, J. A.; VIEIRA NETO, J. Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.279-288, abr.-jun. 2016

LOPES, A. S. (tradução e adaptação). **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed., rev. e ampl. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1998. 177 p.

MAGALHÃES, J. R. Nutrição e Adubação da Cebola. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. da. (eds.). **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. 1. ed. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1993. p. 381-399.

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

MALAVOLTA, Euripedes. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres. 2006. 638 p.

MAY, A. *et al.* Acúmulo de macronutrientes por duas cultivares de cebola produzidas em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, v. 67. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brag/a/4XR4QDJfm7mcNvBb79pJqht/?format=html&lang=pt#>>. Acesso em: 16 dez. 2022.

MENDES, A.M.S.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J.; RESENDE, G.M.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SILVA, M.S.L. **Nutrição mineral e adubação da cultura da cebola no Submédio do Vale do São Francisco**. Circular Técnica - EMBRAPA, Petrolina, n.86, 2008

MORAES, C. C. de. **Crescimento e acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo de cultivo de dois híbridos de cebola**. 2016. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agronômico, Campinas, 2016.

NICK, C.; BORÉM, A. (eds.). **Cebola: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV. 2018. 216 p.

NODA, S. B. H. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes em híbridos de cebola**. 72 p. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2018.

PEDROSO, A. R. et al. Efeito de doses de fertilizante a base de cálcio sobre atributos do solo e desenvolvimento na cultura da Cebola (*allium cepa*). **Scientia Rural**. 24^a ed. jul-dez. 2021.

PÔRTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de macronutrientes pela cebola 'Optima', estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v.24, n.4, p.470-475. out.-dez. 2006.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Exigências climáticas e Ecofisiologia. In: NICK, C.; BORÉM, A. (eds.). **Cebola: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV. 2018. p. 19-40.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute. 2011. 420 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de SP**. 2. ed. Campinas, SP: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).

RESENDE, G. M. de.; COSTA, N. D. Cultivo da Cebola no Nordeste. **Sistemas de produção**, 3, Embrapa Hortaliças. Versão eletrônica, Nov./2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/clima.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Características produtivas e conservação pós-colheita de cebola em diferentes espaçamentos de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 23, n. 3, p. 707-711, jul-set 2005.

SHAINBERG, J.; SUMMER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. Use of gypsum on soils: a review. **Advances in Soil Science**, New York, 9: 1-111, 1989.

TRANI, P. E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C. **Análise foliar: amostragem e interpretação**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18 p.

TRANI, P. E.; BREDA JR., J. M.; LIMA JR., S. Cebola. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D. (eds.). **Boletim 100: Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2022. p. 382-385

VIDIGAL, S.M.; MOREIRA, M.A.; PEREIRA, P.R.G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplântio de mudas. **Bioscience Journal**, v. 26, n.1, p. 59-70, jan.-fev. 2010.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 262-281.

YUSUPOV, Z. *et al.* Phylogenomics of *Allium* section *Cepa* (Amaryllidaceae) provides new insights on domestication of onion. **Plant Diversity**, v. 43, n. 2, p. 102-110, apr. 2021.