

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCAS BARRETO DE MELO

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM ALHO CHONAN

UBERLÂNDIA

2020

LUCAS BARRETO DE MELO

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM ALHO CHONAN

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: José Magno Queiroz Luz

UBERLÂNDIA

2020

LUCAS BARRETO DE MELO

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM ALHO CHONAN

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: José Magno Queiroz Luz

Dr. Roberta Camargos de Oliveira

Dr. Mara Lúcia Martins Magela

Prof. José Magno Queiroz Luz
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo Dom da vida, por estar sempre presente, mesmo nos momentos mais difíceis, nunca desistir de mim e me capacitar a alcançar voos que jamais imaginei ser capaz.

Agradeço minha família: Mara, Fábio e Matheus. Minha base. Que nunca mediram esforços para me auxiliar. Me ensinaram a ser responsável, bondoso e a ter garra para buscar meu crescimento. Amo muito vocês.

Agradeço a minha namorada, Giselli Helena, pelo companheirismo, por todo apoio prestado, por sempre estar presente, até mesmos nos momentos ruins e por agregar tanto na minha felicidade.

Agradeço aos meus amigos e colegas que tornaram mais prazeroso o período da graduação.

Agradeço ao meu professor e orientador, Dr. José Magno Queiroz Luz. Exemplo de pessoa e profissional a ser seguido, total admiração, respeito e gratidão pelo senhor. Obrigado pela oportunidade de trabalhar ao seu lado.

Agradeço aos membros do grupo de pesquisa GEPOM em especial a Prof^a Dr^a. Roberta Camargos de Oliveira por suas contribuições para melhoria deste trabalho.

À Agrícola Wehrmann pelo apoio logístico para realização do experimento em especial ao coordenador de produção de alho Waner Barbosa pela disponibilidade de tempo para conduzir e sanar dúvidas a respeito do trabalho.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Resultados da análise química de solo na profundidade de 0 a 20 cm. Cristalina - GO, 2020. | 14 |
| Tabela 2. Resultados da análise física do solo na profundidade de 0 a 20 cm. Cristalina - GO, 2020. | 15 |
| Tabela 3. Quantidade de nutrientes aplicados durante o ciclo da cultura. Cristalina - GO, 2020. | 15 |
| Tabela 4. Médias de massa seca (g planta ⁻¹) do alho Chonan, em função de diferentes coletas durante o ciclo da cultura. | 17 |
| Tabela 5. Médias da quantidade total de nutrientes extraídos pela parte aérea do alho Chonan, em função das coletas..... | 24 |
| Tabela 6. Média da quantidade total de nutrientes extraídos pelo bulbo do alho Chonan, em função das coletas. | 25 |
| Tabela 7. Média da quantidade total de nutrientes extraídos pela planta (exceto raiz) do alho Chonan, em função das coletas..... | 25 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Acúmulo de massa seca nas plantas ao longo do ciclo de cultivo. | 18 |
| Figura 2. Acúmulo de nitrogênio (N) e fósforo (P) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo. | 19 |
| Figura 3. Acúmulo de potássio (K) e enxofre (S) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo. | 20 |
| Figura 4. Acúmulo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo. | 21 |
| Figura 5. Acúmulo de cobre (Cu) e ferro (Fe) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo. | 22 |
| Figura 6. Acúmulo de manganês (Mn) e zinco (Zn) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo. | 23 |
| Figura 7. Acúmulo de boro (B) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo. | 24 |

Sumário

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1. Objetivo Geral | 3 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 3 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 3.1. Cultura do Alho | 4 |
| 3.2. Nutrição e adubação da cultura do alho..... | 6 |
| 3.2.1. Nitrogênio | 6 |
| 3.2.2. Fósforo | 7 |
| 3.2.3. Potássio | 8 |
| 3.2.4. Cálcio | 8 |
| 3.2.5. Magnésio..... | 9 |
| 3.2.6. Enxofre..... | 9 |
| 3.2.7. Cobre..... | 10 |
| 3.2.8. Ferro..... | 10 |
| 3.2.9. Manganês | 11 |
| 3.2.10. Zinco..... | 11 |
| 3.2.11. Boro..... | 12 |
| 3.3. Acúmulo de nutrientes e Marcha de Absorção..... | 12 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 14 |
| 4.1. Área experimental e cultivar..... | 14 |
| 4.2. Delineamento experimental e tratamentos | 15 |
| 4.3. Avaliações agronômicas | 16 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |

| | |
|-------------------|----|
| 6. CONCLUSÃO..... | 27 |
| REFERÊNCIAS | 28 |

RESUMO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma das espécies hortícolas mais cultivadas e consumidas em todo o mundo. Por possuir um alto valor agregado, faz-se necessário adequar as práticas de manejo da cultura de modo que sejam assertivas, não gerando gastos desnecessários. Dentre essas práticas, se encontra a adubação. Diante disso - o objetivo do presente trabalho foi avaliar a dinâmica de absorção de nutrientes no desenvolvimento e produção da cultivar de alho nobre Chonan, em diferentes fases do seu ciclo de cultivo. O experimento foi conduzido na Agrícola Wehrmann, em Cristalina, Goiás, de junho a setembro de 2020. A cultivar utilizada foi a Chonan, de alho nobre. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro blocos e sete tratamentos, que consistiram nas épocas de avaliação (22, 44, 61, 81, 101, 115 e 131 dias após o plantio - DAP). Foram coletadas plantas das parcelas úteis nas sete épocas e levadas para laboratório para determinação de massa seca e teor de nutrientes. O pico de massa seca do alho aconteceu aos 130 DAP, quando se obteve 28,70 g planta⁻¹. Entre 61 e 81 DAP foi observado o maior ganho diário de biomassa nas plantas, com um acúmulo de 0,63 g planta⁻¹ por dia. Do início até o final do ciclo houve incremento de massa seca a cada coleta. A massa seca de plantas e as quantidades totais de nutrientes absorvidos pela parte aérea e pelo bulbo da cultivar de alho Chonan e o ganho diário de biomassa variaram nas diferentes épocas de coleta após o plantio. A ordem decrescente de extração de macro e micronutrientes na parte aérea foi: N > K > S > Ca > Mg > P - Fe > Cu > Mn > Zn > B. A ordem decrescente de extração de macro e micronutrientes no bulbo foi: N > K > Ca > P > S > Mg - Fe > Zn > Cu > B > Mn. O acúmulo de nutrientes em planta inteira foi respectivamente: N > K > S > Ca > P > Mg - Fe > Cu > Zn > Mn > B.

Palavras-chave: Alho nobre. *Allium sativum* L. Marcha de absorção.

ABSTRACT

Garlic (*Allium sativum* L.) is one of the most cultivated and consumed vegetable species in the world. As it has a high added value, it is necessary to adapt the culture management practices so that they are assertive, without generating unnecessary expenses. Among these practices, there is fertilization. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the nutrient absorption dynamics in the development and production of the noble garlic cultivar Chonan, in different phases of its cultivation cycle. The experiment was carried out at Agrícola Wehrmann, in Cristalina, Goiás, from June to September 2020. The cultivar used was Chonan, a noble garlic. The design was in randomized blocks with four blocks and seven treatments, which consisted of the evaluation periods (22, 44, 61, 81, 101, 115 and 131 days after planting - DAP). Plants were collected from the useful plots in the seven seasons and taken to the laboratory to determine dry mass and nutrient content. The peak of dry mass of garlic happened at 130 DAP, when 28.70 g plant⁻¹ was obtained. Between 61 and 81 DAP, the highest daily biomass gain in plants was observed, with an accumulation of 0.63 g plant⁻¹ per day. From the beginning to the end of the cycle, there was an increase in dry mass at each collection. The dry mass of plants and the total amounts of nutrients absorbed by the aerial part and bulb of the Chonan garlic cultivar and the daily biomass gain vary at different times of collection after planting. The decreasing order of macro and micronutrient extraction in the aerial part was: N> K> S> Ca> Mg> P - Fe> Cu> Mn> Zn> B. The decreasing order of macro and micronutrient extraction in the bulb was: N > K> Ca> P> S> Mg - Fe> Zn> Cu> B> Mn. The accumulation of nutrients in the whole plant was respectively: N> K> S> Ca> P> Mg - Fe> Cu> Zn> Mn> B.

Keywords: Noble garlic. *Allium sativum* L. Absorption gait.

1. INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma das espécies hortícolas mais cultivadas e consumidas em todo o mundo. É usado principalmente como condimento, para realçar o sabor de outros alimentos, devido ao seu aroma e sabor característicos. O alho também é consumido devido aos seus benefícios para a saúde, predominantemente aqueles associados à prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, incluindo suas atividades antiplaquetárias, anti-hipertensivas e antioxidantes (BARBOZA et al., 2020).

O alho tem se destacado entre as cinco hortaliças mais produzidas no Brasil e seu consumo ocorre em escala mundial. Os bulbos apresentam estrutura rica em amido e substâncias aromáticas, de valor condimentar, medicinal e nutricional e, devido ao sabor e aroma característicos, é amplamente utilizado na culinária, o que contribui para a sua difusão por diversas regiões do país (SILVA, 2019).

A produção global anual de alho em 2015 e 2016 foi em torno de 27 milhões de toneladas em aproximados 1.5 milhões de ha (FAOSTAT, 2018). Apesar da importância da cultura do alho no Brasil, o país é o maior importador do mundo, com a China e a Argentina como seus principais fornecedores (LUCINI, 2014; LUCENA et al., 2016).

Para fortalecer a produção nacional são necessárias medidas no sentido de diminuir a importação e aumentar a produtividade média, que, apesar de ter aumentado de forma notável com a adoção de cultivares nobres vernalizadas com “semente” oriundos da cultura de meristemas, ainda apresenta relevante potencial de expansão. Nesse sentido, esforços de pesquisas nos aspectos cruciais do manejo podem ser determinantes para alavancar a cadeia produtiva do alho.

A nutrição de plantas é fator preponderante na consolidação do potencial produtivo das culturas, para tanto, é necessário ter todos os nutrientes considerados essenciais, em quantidades equilibradas, visto que a falta de apenas um deles poderá acarretar em decréscimo de produtividade (MENDES, 2010).

Macêdo et al. (2011) relataram que, em regiões produtoras de alho vernalizado no estado de Minas Gerais sob alta tecnologia, os agricultores utilizaram entre 600 a 750 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio e sugerem que esses agricultores estão utilizando quantidades acima da que seria recomendável técnica e economicamente para a cultura.

A utilização de nutrição acima da capacidade de captação pelas plantas configura gasto desnecessário e riscos de contaminação ambiental. No entanto, para que ocorra um

adequado ajuste nas doses e redução dos problemas econômicos e ambientais citados, faz-se necessário o embasamento na fisiologia das plantas de alho, de acordo com a absorção e assimilação dos macros e micronutrientes durante todo o ciclo de cultivo e também conhecimento da capacidade de estocar esses nutrientes nas diferentes partes da planta.

O estado nutricional da planta é avaliado através da análise das folhas completamente desenvolvidas e ativas. Em condições de metabolismo e atividades vitais em pleno funcionamento, as folhas retêm e utilizam certas quantidades de nutrientes, que são mensurados com metodologias apropriadas. Os resultados da análise foliar permitem observar o teor de cada nutriente na planta, identificar possíveis excessos e deficiências e correlacionar com a produtividade obtida (SANTOS et al., 2013; MATOS et al., 2016; ALMEIDA et al., 2019).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a dinâmica de absorção de nutrientes no desenvolvimento e produção da cultivar de alho Chonan, em diferentes fases do seu ciclo.

2.2. Objetivos Específicos

- A) Determinar a massa seca, marcha de absorção e o ganho diário de biomassa das plantas do alho Chonan nas partes vegetativas, bulbos de alho e planta inteira, exceto raiz, em diferentes épocas de coleta após o plantio**

H₀: A massa seca, marcha de absorção e o ganho diário de biomassa do alho Chonan nas partes vegetativas, bulbos de alho e planta inteira, exceto raiz, não diferem nas diferentes épocas de coleta após o plantio.

H₁: A massa seca, marcha de absorção e o ganho diário de biomassa do alho Chonan nas partes vegetativas, bulbos de alho e planta inteira, exceto raiz, diferem nas diferentes épocas de coleta após o plantio.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultura do Alho

O alho (*Allium sativum*) é uma planta da família Amarilidaceae, tem sua origem na Ásia Central e, no ocidente teve sua introdução a partir de plantios na costa do Mar Mediterrâneo. Por ser uma cultura com boa capacidade de armazenamento e conservação fez parte da alimentação dos tripulantes dos navios portugueses o que ocasionou sua introdução no território brasileiro. Rico em amido, proteínas, vitaminas, sais minerais, compostos sulfurados e óleos essenciais (MARCHIORI, 2003), possui importante valor condimentar e também ação fitoterápica com propriedades farmacológicas (SOUZA; MACÊDO, 2009).

Em termos de produção nacional a área plantada no território brasileiro gira em torno de 11,156 mil ha (CONAB, 2017). Grande parte do alho é produzido por duas regiões distintas: o Sul (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) do país onde se concentra os pequenos e médios produtores; e na região do Cerrado brasileiro (Goiás e Minas Gerais) onde se encontram os maiores produtores; sendo tal região responsável por 75% da produção total brasileira (CUNHA, 2014).

De acordo com a ANAPA (2017) o cultivo do alho gera muita mão de obra; são gerados dez postos de trabalho por hectare cultivado, o que resulta cerca de 110 mil empregos gerados por ano. A produtividade média gira em torno de 11,4 t ha⁻¹ (AGROSTAT, 2017) e ainda assim a produção nacional consegue atender apenas 33% do mercado, tornando-se necessário a importação de grandes quantidades de alho principalmente da China e da Argentina.

A espécie de alho cultivada é uma planta herbácea com folhas lanceoladas, alongadas e estreitas, a altura varia de acordo com a cultivar. Um pseudocaule é formado da bainha das folhas e se origina no bulbo, que por sua vez é fracionado em bulbilhos que ficam envoltos de inúmeras túnicas. O caule verdadeiro é denominado de disco e ele é o ponto de partida das folhas e das raízes, estas são pequenas, ramificadas e variam de 20 a 30 cm (SOUZA; MACÊDO, 2009).

No Brasil, grande parte das cultivares existentes são produzidas por meio de seleção e a diferença entre elas se dá pela exigência de fotoperíodo e temperatura, ciclo, morfologia das plantas, produtividade, dentre outros fatores (VIEIRA, 2004). Atualmente

as cultivares mais utilizadas são: Ito, Quitéria, Chonan, Caçador e Jonas (SOUZA; MACÊDO, 2009).

A cultura exige temperaturas amenas para seu desenvolvimento, de 18° a 20°C no início do ciclo, 10° a 15°C durante o período de bulbificação e 20° a 25°C na fase de maturação; além disso, são dependentes do fotoperíodo. Os bulbilhos a serem utilizados como sementes passam por um período de dormência após serem colhidos, esse processo pode se prolongar por cerca de 70 dias. No entanto quando esses bulbilhos atingem um IVD (Índice Visual de Superação de Dormência) de 30 a 40% são submetidos à técnica da vernalização, que é a exposição dos bulbilhos a temperaturas entre 3 a 5°C e umidade relativa de 65 a 70%, para que esses atinjam um IVD de 70 a 90% e se tornem menos exigentes em fotoperíodo e temperaturas baixas, prontos para serem semeados no campo. Nas principais regiões produtoras brasileiras a janela de plantio se estende do início do mês de março até meados do mês de junho, a depender da cultivar a ser plantada. O ciclo pode se estender de 90 até 180 dias, de acordo com a cultivar e a região onde está sendo semeada (SOUZA; MACÊDO, 2009).

Existem no Brasil diversas cultivares disponíveis ao produtor, que variam em produção, morfologia e fisiologia da planta e do bulbo. Essas cultivares são divididas em dois grandes grupos: nobres e seminobres. As cultivares do grupo nobre são caracterizadas por possuírem bulbos redondos uniformes, bulbilhos grandes com ausência de palitos e sensibilidade ao superbrotamento. Os bulbos têm túnica branca e película de cor rósea ou roxa e os bulbilhos têm película rósea escura, necessitando de vernalização para plantio nas regiões do Cerrado Brasileiro. O alho seminobre possui bulbos com formato irregular, maior número de bulbilhos, presença de palitos, túnica branca com película branca a levemente arroxeadada, não necessita de vernalização para produzir bulbos em regiões tropicais (RESENDE et al., 2013). A cultivar Chonan é uma cultivar nobre de alho, possui um ciclo médio 130 a 140 dias com alto potencial produtivo.

Cada vez mais as associações, institutos de pesquisas, dentre outros órgãos, buscam desenvolver projetos, pois se faz necessário um maior número de pesquisas para definir programas corretos, sejam eles de fertilização, controle de pragas e doenças, manejo de irrigação e outros, visando sempre uma melhor condução da cultura em busca de maior rentabilidade.

3.2. Nutrição e adubação da cultura do alho

Os elementos minerais essenciais à planta são dezesseis: nitrogênio (N), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cloro (Cl), boro (B), cobre (Cu), sódio (Na), molibdênio (Mo), e os não minerais são: carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). A deficiência ou excesso de um destes elementos influencia na atividade de outros, gerando consequências que repercutem no metabolismo da planta. A presença de um elemento no solo não implica necessariamente que ele esteja disponível para o crescimento da planta, já que a mesma é em função da quantidade do elemento no solo, da sua forma e solubilidade, da capacidade assimilativa da planta e de condições do meio ambiente, tais como, pH, umidade e temperatura (CAMPOS, 2013).

Os nutrientes essenciais classificam-se em macro e micronutrientes de acordo com a quantidade relativa encontrada nos tecidos da planta (TAIZ e ZEIGER, 2004). Sendo assim, cada nutriente tem função específica no metabolismo da planta e a expressão dos sintomas de deficiência ou excesso dependerá da mobilidade de cada um deles no floema (ARAÚJO, 2018).

No cerrado brasileiro as tabelas oficiais utilizadas para recomendação de adubação na cultura do alho são as publicadas em “Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação” e em “Boletim técnico 100 – Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo” por Trani et al. (1997). O grande problema é que essas publicações são antigas e acabam não condizendo com as condições encontradas atualmente (CUNHA, 2014).

3.2.1. Nitrogênio

Nutriente que possui grande importância na produção dos bulbos. Promove aumento na área foliar o que implica em maior síntese de fotoassimilados que podem promover incremento na produção. O nitrogênio (N) contribui significativamente no aumento do número de folhas, bulbilhos e conseqüentemente no diâmetro dos bulbos (MANN, et al., 1952).

O teor de massa orgânica é o que define o nível de nitrogênio no solo e sua liberação está associada à taxa de mineralização dessa massa orgânica, que, por sua vez, é controlada especialmente por fatores como o tipo de massa orgânica, a umidade, a

temperatura do solo que condiciona a atividade dos microrganismos. Além disso, fatores como a imobilização microbiana, desnitrificação, volatilização e lixiviação podem interferir na disponibilidade do nitrogênio no solo (FELTRIM et al, 2016).

Segundo Garcia et al. (1964) em solos com adequado pH e férteis a absorção do nitrogênio pelas plantas de alho, em sua grande parte, ocorre na forma de nitrato (NO_3^-) sendo a ação de nitrificação de microrganismos responsável pela conversão da forma amoniacal (NH_3).

Um efeito bioquímico da deficiência deste nutriente nas plantas é o menor desenvolvimento das plantas devido a interferência na síntese de proteína, além disso um menor acúmulo de massa seca no bulbo é ocasionado. Segundo Magalhães et al., 1979 e Couto, 1985 o primeiro sintoma observado nas plantas é o amarelecimento e clorose das folhas que se inicia nas folhas mais velhas, do ápice em direção à base.

Dependendo da época e da quantidade aplicada, quando em excesso, estudos apontam que o nitrogênio possui correlação positiva com a incidência superbrotamento ou pseudoperfilhamento (GARCIA et al., 1964), podendo proporcionar um menor peso de bulbo e aumento do chochamento de bulbos durante o período de armazenamento.

3.2.2. Fósforo

O Fósforo (P) em sua grande parte é absorvido pelas raízes das plantas na forma de fosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ e HPO_4^-). Devido à alta concentração de fosfato nas células radiculares e na seiva do xilema, a absorção se dá contra o gradiente de concentração, de forma ativa, com gasto de energia (FAQUIN, 2001).

A cultura do alho exige baixas quantidades de fósforo (P), quando comparado com o nitrogênio e o potássio, no entanto, devido a grande facilidade de adsorção do fósforo e indisponibilização do mesmo para as plantas, faz com que nas adubações este nutriente seja fornecido em maiores proporções (COUTINHO et al., 1993).

Segundo Vidigal et al. (2002) doses maiores de fósforo no solo podem reduzir a absorção de outros nutrientes como o Zn, Cu e o Fe, devido a precipitação destes. Isso pode interferir no crescimento da cultura e por isso é importante fornecer tais nutrientes para suprir a necessidade da planta.

Presente nos fosfolipídios, nucleotídeos, ácido fítico e coenzimas, o fósforo tem grande importância nas transformações energéticas dos processos vitais da planta, como

por exemplo, a fotossíntese, respiração, sínteses, ácidos nucleicos, lipídeos, armazenamento e fornecimento de energia (ATP e ADP) (MALAVOLTA et al., 1997).

Sua deficiência proporciona uma redução no crescimento das plantas e pode ser confundida com a deficiência de N por causar um amarelecimento irregular das folhas mais velhas que progride do ápice para a base (COUTO, 1985; MAGALHÃES, 1986).

3.2.3. Potássio

O Potássio (K) não participa estruturalmente de nenhum composto, no entanto é um grande ativador enzimático e possui extrema importância no processo fotossintético (Malavolta et al., 1997). O alho é uma planta acumuladora de amido e por ser uma planta que acumula reservas em órgãos subterrâneos há translocação de carboidratos da folha para o bulbo, desta forma o potássio é responsável pela ativação da enzima sintetase do amido o que mostra sua importância na atividade fotossintética, no enchimento do bulbo e no teor de massa seca. Sendo assim, o potássio tem sua importância tanto sobre a produtividade quanto na qualidade do bulbo (MALAVOLTA, 1980).

Sua deficiência pode causar redução no crescimento e amarelecimento das folhas mais velhas, progredindo das margens em direção à nervura e do ápice à base além de reduzir também a síntese proteica. Quando em excesso, no solo, pode causar a redução do potencial hídrico devido ao efeito de salinidade e pode ocasionar também menor absorção de outros nutrientes catiônicos (RESENDE; CECÍLIO, 2009).

3.2.4. Cálcio

O Cálcio (Ca) é definido por Magalhães et al. (1979) como o nutriente mais importante na cultura do alho tendo efeito sobre o crescimento, desenvolvimento e conservação do alho. Componente dos pectatos que constituem a parede celular, responsável por processos de estrutura e funcionamento da membrana, absorção iônica e ativação enzimática. O primeiro órgão da planta afetado pela deficiência de cálcio são as raízes o que compromete a absorção de outros nutrientes (MAGALHÃES, 1986).

Sua deficiência segundo Couto (1985), na parte aérea, ocasiona necrose no terço médio das folhas novas que se estende as mais velhas, com dobra no ponto de necrose e morte do ápice. Nas raízes a deficiência de cálcio cessa o crescimento, tornando-as

escuras, curtas e espessas. Em contrapartida, quando em excesso, assim como no caso do potássio, gera redução da absorção de outros nutrientes catiônicos (RESENDE; CECÍLIO, 2009).

3.2.5. Magnésio

O Magnésio (Mg) é absorvido pelas plantas na forma de Mg^{2+} e sua principal fonte é o calcário. Átomo central da clorofila e ativador de várias enzimas envolvidas no metabolismo de gorduras, proteínas e carboidratos, o magnésio é cofator de quase todas as enzimas que atuam sobre substratos fosforilados tendo grande importância no metabolismo energético (MALAVOLTA et al., 1989).

Sua deficiência causa clorose nas folhas mais velhas, da base para o ápice e quando em excesso reduz a absorção de outros nutrientes catiônicos (RESENDE; CECÍLIO, 2009).

3.2.6. Enxofre

Considerado um elemento importante na síntese proteica, o Enxofre (S) é componente da estrutura dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, e componente estrutural da ferredoxina, proteína que transfere elétrons no processo fotossintético. É absorvido pela planta na forma de SO_4^{2-} (RESENDE; CECÍLIO, 2009).

O enxofre está diretamente relacionado com a qualidade do alho, por fazer parte de compostos sulfurosos, que são responsáveis pelo cheiro característico do alho e da condição de alimento com propriedades medicinais (RESENDE; CECÍLIO, 2009).

De acordo com Resende e Cecílio (2009) sua deficiência provoca amarelecimento que se inicia nas folhas mais novas, da base para o ápice, além de ocasionar perda de qualidade organoléptica, pois como dito anteriormente, o enxofre é componente de alguns compostos voláteis responsáveis pelo odor que se desprende do alho.

3.2.7. Cobre

O cobre (Cu) é um micronutriente essencial sua função está relacionada com o fluxo de elétrons. Está presente na formação de proteínas como por exemplo a plastocianina que une os dois sistemas fotoquímicos (MALAVOLTA et al., 1997).

Quando em quantidades elevadas no solo, por ser um metal pesado, pode desencadear efeitos tóxicos tanto a plantas quanto a biota do solo. Uma forma de reduzir os efeitos de toxicidade do Cu é a realização da calagem, aumentando a capacidade de troca de cátions e o pH do solo (ZORTÉA et al., 2016).

Sua deficiência pode ocasionar sintomas semelhantes aos observados por deficiência de cálcio, crescimento reduzido do sistema radicular e consequentemente redução no crescimento da parte aérea com queima das pontas das folhas novas e dobra do limbo foliar (RESENDE; CECÍLIO, 2009).

3.2.8. Ferro

O Ferro (Fe) pode estar disponível em duas formas: Fe^{3+} e Fe^{2+} , sendo mais solúvel e facilmente absorvido nessa última. Segundo Santos et al. (2011) é transportado via xilema e está envolvido no metabolismo da planta, tem participação na síntese do ácido aminolevulínico, precursor de hemoproteínas e da clorofila (MENGEL; KIRKIBY, 1987), além de participar também na assimilação de nitrogênio e enxofre.

Segundo Resende et al. (1999) o ferro, a partir dos 45 dias após o plantio é acumulado intensamente e se destaca como o micronutriente mais acumulado pelo alho. De acordo com Bergmann (1992) e Romheld e Marschner (1991) a deficiência deste nutriente inibe o crescimento radicular e proporciona um aumento do diâmetro das zonas apicais das raízes e um amarelecimento que se dá pelo aumento de riboflavina. Na fotossíntese, devido a diminuição da ferredoxina, as células perdem o principal fornecedor de elétrons o que acaba gerando acúmulo de compostos oxidados que são tóxicos à planta. Ademais, por ser um elemento móvel na planta, segundo Faquin (2001), os sintomas aparecem primeiro nas folhas mais novas as quais amarelecem e com a progressão dos sintomas podem sofrer um branqueamento.

3.2.9. Manganês

Juntamente com Fe o Manganês (Mn) é o micronutriente de maior concentração no alho, apresenta teores irregulares com o desenvolvimento da planta (MACEDO, 2008; RESENDE et al., 1997; SOUZA et al., 2011). Responsável pela ativação de diversas enzimas e diversas sínteses orgânicas participa de processos como, fotossíntese, respiração, absorção iônica, controle hormonal e resistência a doenças (MALAVOLTA, 2006).

Por ser pouco móvel na planta, segundo Malavolta (2006) seus sintomas de deficiência aparecem primeiramente nas folhas mais novas, através da presença de manchas pequenas e necróticas nas folhas e clorose internerval, a diferença dessa para a deficiência de ferro se dá pela formação de uma rede verde e grossa nas nervuras sobre o fundo amarelado. Na pós colheita a deficiência de manganês acaba afetando na conservação do alho, tirando qualidade dos bulbos.

3.2.10. Zinco

O Zinco (Zn) é um grande ativador enzimático, como por exemplo na produção do triptofano os precursores das auxinas (AIA) que atua promovendo o crescimento de tecidos da planta (MENGEL; KIRKBY, 1987). Participa na proteção dos tecidos vegetais contra os efeitos deletérios causados pelo O₂ por fazer parte da enzima que catalisa a conversão do mesmo, a dismutase de superóxido (FAQUIN, 2001).

A deficiência de zinco afeta o vigor das plantas, tornando-as debilitadas e com encurtamento dos internódios. Outro sintoma visível no alho com deficiência de zinco é o enrolamento em espiral e o formato lanceolado mais que o normal das folhas, tais sintomas se apresentam nas folhas novas devido à baixa mobilidade deste nutriente (ARAUJO, 2014).

Bull et al. (2004) estudou a interação dos efeitos das doses de fósforo e doses de zinco em diferentes tipos de solos de cultivo e notou uma menor absorção de zinco quando se tem altas doses de fósforo.

3.2.11. Boro

O Boro (B) é um dos micronutrientes mais acumulado no alho, sendo inferior somente ao ferro (MACEDO, 2008), participa na síntese de ácidos nucleicos, nas respostas hormonais e no funcionamento da membrana (SHELP, 1983).

De acordo com Mengel e Kirkby (1987) o primeiro sintoma da deficiência de boro é o crescimento lento devido à dificuldade da planta em realizar divisão e diferenciação celular. Isso se dá pela falta do nutriente que é responsável pela síntese das bases nitrogenadas (MALAVOLTA et al., 1997). Nas raízes, a deficiência de boro, reduz o seu crescimento devido ao mau funcionamento do tecido do cambium vascular que multiplica as células dos vasos condutores, que provoca colapso do floema e, em alguns casos, do xilema (QUAGGIO; PIZA JUNIOR, 2001).

3.3. Acúmulo de nutrientes e Marcha de Absorção

Dentre os fatores de manejo no cultivo de alho, a nutrição se destaca, por ser uma cultura altamente exigente em termos de fertilidade do solo, com expressiva capacidade de resposta a aplicação de nutrientes (PIVA et al., 2017). No entanto, há poucos trabalhos abordando o crescimento e a absorção de nutrientes na cultura.

Pesquisas sobre acumulação e exportação de nutrientes mostram a quantidade de nutrientes que as plantas necessitam de acordo com o período de desenvolvimento, indicando quando a adição de nutrientes deverá ser realizada. O conhecimento das marchas de absorção proporciona melhorias na eficiência do uso de fertilizantes e tem sido correlacionada como importante ferramenta no manejo da fertilização das culturas (PURQUERIO et al., 2016; MORAES et al., 2018; MATTAR et al., 2018; PURQUERIO et al., 2019).

É necessário para expansão da produção de alho atender adequadamente as exigências nutricionais da cultura. Segundo Souza e Casalli (1986) nutrientes como o nitrogênio, potássio e o fósforo apresentam efeitos positivos na altura das plantas, no número de folhas e na produtividade da cultura do alho. Um outro fator importante é saber definir a época adequada de aplicação dos nutrientes para que estes atendam às necessidades nutricionais da cultura ao longo do seu desenvolvimento (ANDRIOLI et al., 2008).

Segundo Cunha (2014) um dos grandes problemas é a falta de informações no que se refere à necessidade de nutrientes pelas plantas. Trabalhos realizados por Resende et al. (1999), Andrioli et al. (2008) e Souza et al. (2011) determinaram a quantidade de nutrientes removida pela cultura, porém como foi dito por Setiyono et al. (2010) tais trabalhos ficam restritos às condições específicas, o que acaba limitando a aplicação deles para condições mais variadas de manejo e ambientes.

Souza et al. (2011) afirma que a exigência nutricional do alho advindo da cultura de tecidos ainda é pouco conhecida e estudada. Por isso, se faz necessário o estudo da marcha de absorção e do manejo dos nutrientes em plantas provenientes dessa técnica, na intenção de atender as exigências nutricionais dessas massas em lavouras comerciais (RESENDE, 1997).

Cunha (2014) no intuito de criar um sistema de cálculo para recomendação de fertilizantes e corretivos buscou correlacionar a demanda de nutrientes pela cultura do alho em função da produtividade de bulbos. Obteve o acúmulo de nutrientes através do produto entre o teor nutricional e o acúmulo de massa seca nos órgãos da planta (bulbos e folhas). Desta forma concluiu que a ordem de extração de nutrientes pela cultura segue a seguinte sequência: $N > K > Ca > S > P > Mg > Fe > Zn > B > Cu > Mn$.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área experimental e cultivar

O experimento foi realizado na Agrícola Wehrmann, localizada sob coordenadas geográficas 17° 02' 45" de latitude sul e 47° 45' 24" de longitude oeste e 980 m de altitude, Distrito Campos Lindos, município de Cristalina-GO. A condução foi de junho a setembro de 2020 em área de plantio pertencente à empresa situada no Município de Cristalina, Goiás, Brasil, conhecida como Fazenda Taboca, rodovia Barão 251 km 49. A área encontra-se a 16° 46' 07" de latitude Sul e 47° 36' 49" de longitude Oeste.

De acordo com as classificações o solo do local pertence à classe Latossolo Vermelho-amarelo de textura média. A região apresenta clima do tipo Aw de acordo com a classificação de Köppen, ou seja, verão quente úmido com inverno frio e seco.

A cultivar estudada foi a Chonan, sendo que a adubação, tratamentos culturais e controle fitossanitário foram os comumente utilizados pela empresa na cultura do alho. A semeadura da cultivar foi realizada no dia 12 de maio de 2020.

Para manejo da adubação foi feita análise química e física do solo da área (Tabelas 1 e 2) e, a partir dela, foi utilizado na adubação de plantio 3.200 Kg do formulado 03-35-06 e 3.000 kg do formulado 00-23-00 aplicando no solo um total de 96 kg de N, 1.810 kg de P₂O₅ e 192 kg de K₂O. Foram realizadas também adubações de cobertura, o total de nutrientes fornecidos está representado na Tabela 3.

Tabela 1. Resultados da análise química de solo na profundidade de 0 a 20 cm. Cristalina - GO, 2020.

| pH ¹ | V% | M.O. | H+Al | Ca | Mg | K | P | Zn | B | Cu | Fe | Mn |
|-----------------|-------|------|------------------------------------|-----|-----|---------------------|------|-----|-----|-----|------|------|
| | | | cmol _c dm ⁻³ | | | mg dm ⁻³ | | | | | | |
| 5,94 | 83,51 | 2,9 | 2,0 | 7,3 | 2,5 | 234,4 | 74,2 | 9,2 | 0,2 | 4,7 | 58,8 | 30,0 |

Fonte: o autor.

¹pH: CaCl

Tabela 2. Resultados da análise física do solo na profundidade de 0 a 20 cm. Cristalina - GO, 2020.

| ARGILA | SILTE | AREIA |
|---------------|--------------|--------------|
| | % | |
| 51,00 | 11,40 | 37,60 |

Fonte: o autor.

Tabela 3. Quantidade de nutrientes aplicado durante o ciclo da cultura. Cristalina - GO, 2020.

| | N | P₂O₅ | K₂O | Ca | Mg | S | B | Zn | Mn |
|-----------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Kg ha⁻¹ | | | | | | | | |
| Plantio | 96,0 | 1810,00 | 192,00 | 778,80 | 0,00 | 435,60 | 3,20 | 6,40 | 6,40 |
| Cobertura | 443,64 | 226,15 | 394,87 | 142,60 | 13,45 | 14,63 | 7,97 | 3,60 | 4,96 |
| Total | 539,64 | 2036,15 | 586,87 | 921,60 | 13,45 | 450,23 | 11,17 | 10,00 | 11,36 |

Fonte: o autor.

4.2. Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos consistiam em sete épocas de avaliação (22, 44, 61, 81, 101, 115 e 131 dias após o plantio - DAP). Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. A parcela constou de canteiros com 1,2 metros de largura e 6 metros de comprimento sendo 10 plantas por metro, tendo a parcela 6 linhas, dispostas em três fileiras duplas. A área útil foi composta pelas duas linhas centrais, desconsiderando-se ainda 1,0 metro das extremidades de cada linha.

Na área útil de cada parcela foram coletadas plantas ao acaso aos 22, 44, 61, 81, 101, 115 e 131 dias após o plantio. O número de plantas coletadas variou de acordo as coletas, na primeira (22 DAP) foram coletadas doze plantas por parcela devido ao pequeno tamanho, na segunda (44 DAP) foram coletadas oito plantas por parcela e a partir da terceira, pôr as plantas já estarem com um porte maior, foram coletadas seis plantas por parcela sendo assim até o final do trabalho. Com relação às plantas coletadas foram escolhidas as que apresentaram “padrão da cultivar”, ou seja, em bom estado fitossanitário e com plantas vizinhas competitivas.

4.3. Avaliações agronômicas

As plantas amostradas foram separadas em parte aérea e bulbo, levadas para laboratório, lavadas em água corrente e enxaguadas em água destilada. As amostras foram colocadas em sacos de papel e secadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura média de 65°C para determinação da massa seca.

Posteriormente, semelhante amostra de cada tratamento foi destinada à avaliação dos teores de macronutrientes e micronutrientes nos diferentes órgãos da planta (folhas e bulbo). Essa análise foi realizada pelo Laboratório Safrar Agrícola, localizado em Uberlândia, Minas Gerais.

Os resultados dos laudos fornecidos pelo laboratório eram representados na unidade de g/kg, afim de realizar os cálculos da quantidade de nutrientes absorvidos por cada planta, o valor fornecido pelo laudo era multiplicado pela massa seca de cada planta (expresso em gramas) e posteriormente dividido por 1000 para ai sim ser expresso em g/planta.

Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão utilizando o programa estatístico SISVAR.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes às médias de massa seca de parte aérea e bulbos das plantas coletadas em cada época esta apresentada na Tabela 4. Durante a primeira (22 DAP), segunda (44 DAP) e terceira coleta (61 DAP) foi possível quantificar massa seca apenas na parte aérea das plantas, somente a partir da quarta coleta (81 DAP) foi possível quantificar 26,2 % de massa seca das plantas proveniente do bulbo.

Tabela 4. Médias de massa seca (g planta⁻¹) do alho Chonan, em função de diferentes coletas durante o ciclo da cultura.

| D.A.P. ¹ | Parte Aérea | % | Bulbos | % | Total | % | Diário |
|---------------------|-------------|-------|--------|-------|-------|-----|--------|
| 22 | 00,83 | 100,0 | 0,00 | 0,00 | 0,83 | 100 | - |
| 44 | 03,30 | 100,0 | 0,00 | 0,00 | 3,30 | 100 | 0,12 |
| 61 | 06,56 | 100,0 | 0,00 | 0,00 | 6,56 | 100 | 0,19 |
| 81 | 14,28 | 73,79 | 05,06 | 26,2 | 19,35 | 100 | 0,63 |
| 101 | 12,06 | 60,6 | 7,83 | 39,39 | 19,9 | 100 | 0,02 |
| 115 | 10,21 | 41,55 | 14,36 | 58,44 | 24,57 | 100 | 0,33 |
| 130 | 08,62 | 30,03 | 20,07 | 69,96 | 28,7 | 100 | 0,27 |

Fonte: o autor.

¹D.A.P. = Dias após o plantio.

O pico de massa seca do alho aconteceu aos 130 DAP (Figura 1), quando se obteve 28,70 g planta⁻¹. Entre 61 e 81 DAP foi observado o maior ganho diário de biomassa nas plantas, com um acúmulo de 0,63 g planta⁻¹ por dia, um dos motivos pode ser devido a nesse período ser o momento em que o alho sai da diferenciação e as adubações de cobertura voltam a serem feitas. Do início até o final do ciclo houve incremento de massa seca a cada coleta. Na fase inicial de crescimento da cultura (até 81 DAP), as folhas representam a maior parte da massa seca da planta, pois nessa fase a planta visa a produção de biomassa de folhas, provavelmente para aumentar a área foliar e a taxa fotossintética. Posteriormente, nas coletas seguintes (101, 115 e 130 DAP), é possível observar maior acúmulo de massa seca no bulbo, pois este se encontra em fase de enchimento e recebe os fotoassimiliados provenientes das folhas. O acúmulo de massa

seca na parte aérea apresentou ajuste ao modelo quadrático, foi crescente até 81 DAP (14,28 g MS planta⁻¹) (Figura 1).

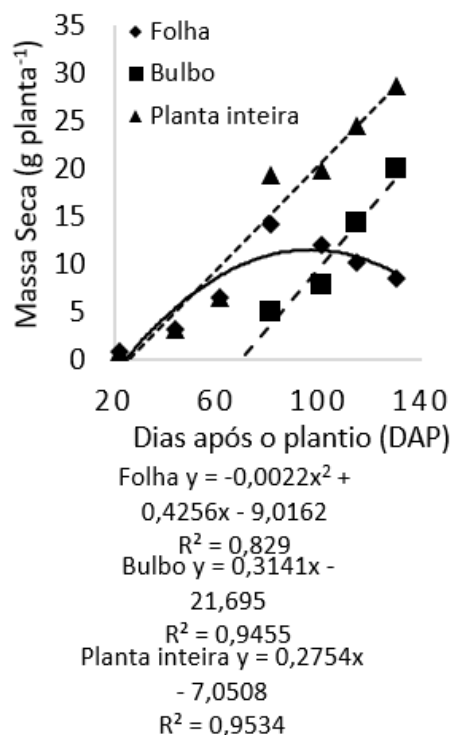
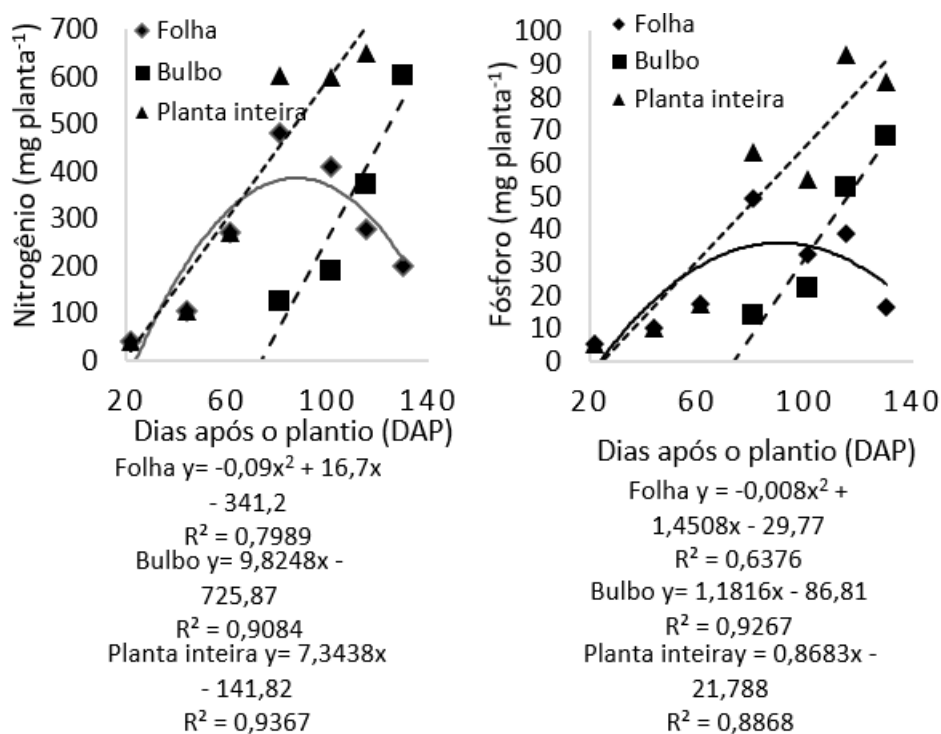


Figura 1. Acúmulo de massa seca pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo.

Cada nutriente teve um comportamento durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, cada qual com picos e locais de maior acúmulo diferentes entre si.

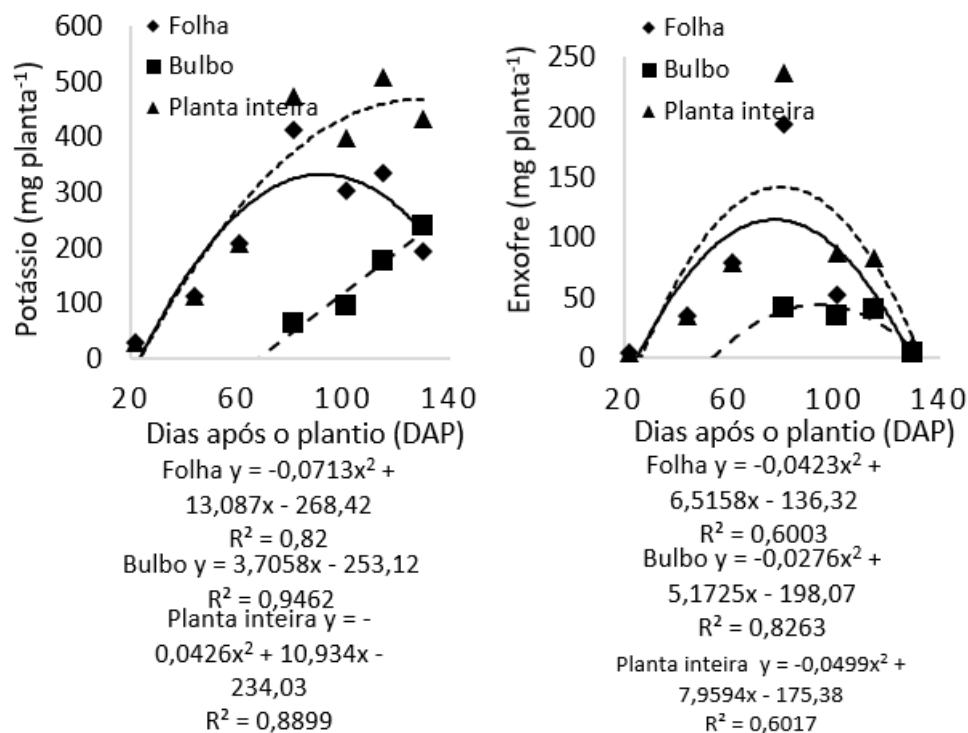
Para os macronutrientes, o acúmulo de Nitrogênio na parte aérea apresentou ajuste ao modelo quadrático, foi crescente até 81 DAP (480,06 g N planta⁻¹). O Fósforo, também na parte aérea apresentou ajuste ao modelo quadrático, foi crescente até 81 DAP (49,47 g P planta⁻¹) (Figura 2).



Fonte: o autor.

Figura 2. Acúmulo de nitrogênio (N) e fósforo (P) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo.

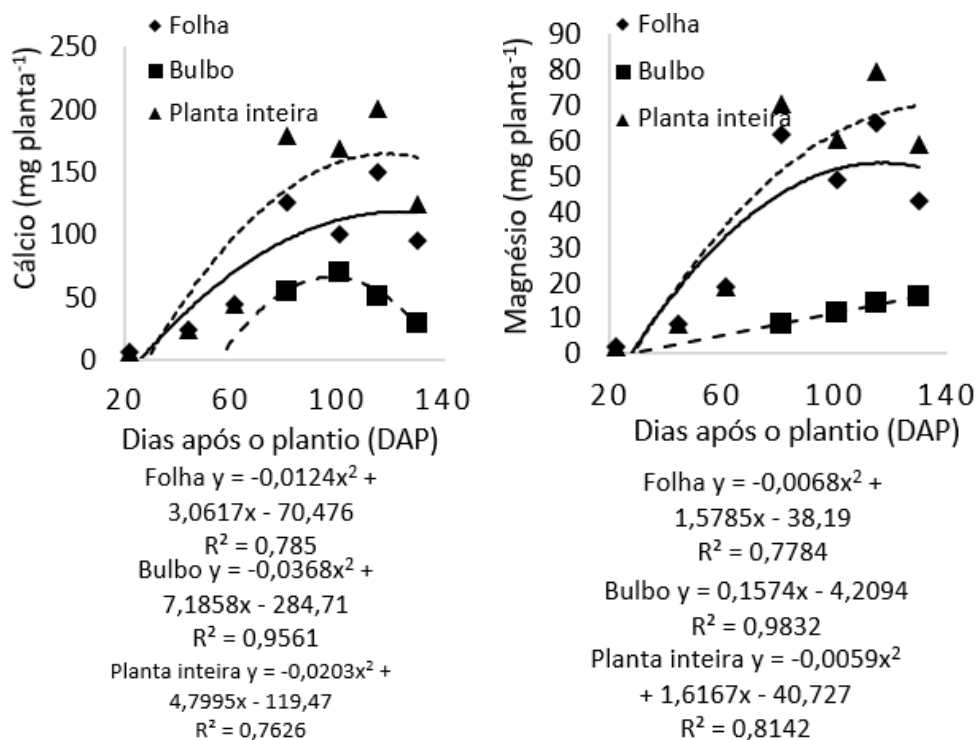
Tanto na parte aérea quanto no total acumulado em toda planta, o Potássio apresentou ajuste ao modelo quadrático, foi crescente até 81 DAP na parte aérea (411,05 g K planta⁻¹) e no total acumulado, aos 115 DAP apresentou seu máximo acúmulo (508,61 g K planta⁻¹). Já o Enxofre, na parte aérea, bulbo e total acumulado em toda planta apresentou ajuste ao modelo quadrático, para o primeiro foi crescente até 81 DAP (194,79 g S planta⁻¹), assim como para o segundo que teve maior acúmulo também aos 81 DAP (41,67 g S planta⁻¹) e para o último que assim como na parte aérea foi crescente até os 81 DAP (236,46 g S planta⁻¹) (Figura 3).



Fonte: o autor.

Figura 3. Acúmulo de potássio (K) e enxofre (S) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo.

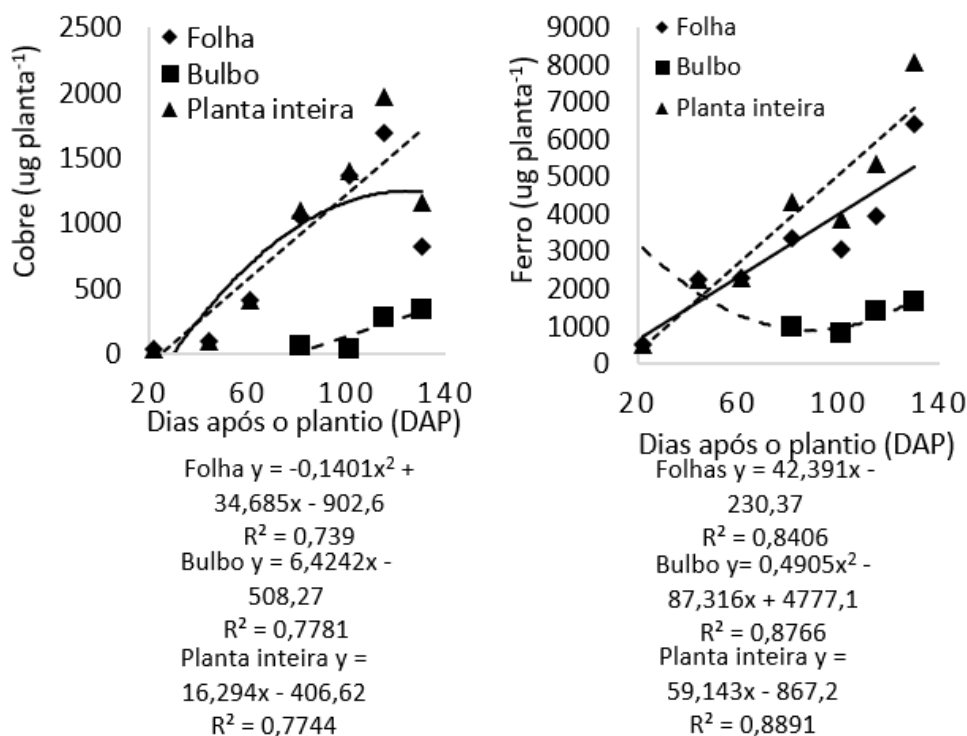
Com relação ao Cálcio, assim como no Enxofre, o acúmulo deste nutriente apresentou ajuste ao modelo quadrático para parte aérea, bulbo e total acumulado em toda a planta. Na parte aérea apresentou maior acúmulo aos 115 DAP (149,71 g Ca planta⁻¹), no bulbo foi crescente até 101 DAP (69,59 g Ca planta⁻¹) e no total acumulado em toda planta apresentou maior acúmulo ao 115 DAP (200,43 g Ca planta⁻¹). Para o último macronutriente, o Magnésio, seu acúmulo apresentou ajuste ao modelo quadrático tanto para parte aérea quanto para o total acumulado em toda planta. Para ambos apresentou maior acúmulo aos 115 DAP (65,12 g Mg planta⁻¹ e 79,63 g Mg planta⁻¹) respectivamente (Figura 4).



Fonte: o autor.

Figura 4. Acúmulo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo.

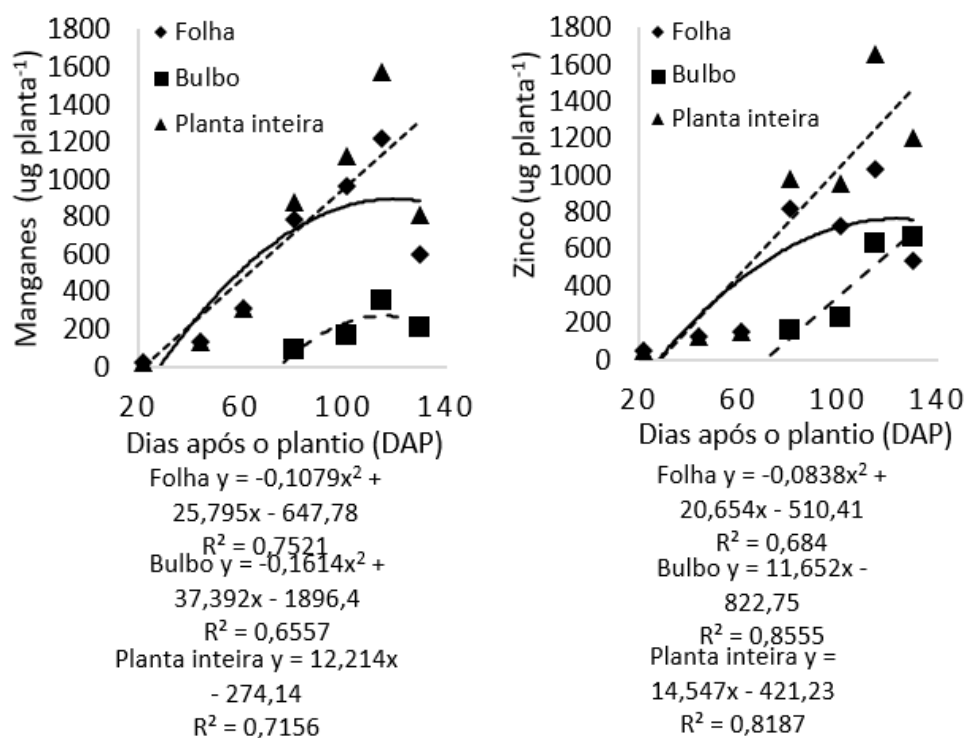
Para os micronutrientes, o Cobre, em seu acúmulo na parte aérea apresentou ajuste ao modelo quadrático, foi crescente até 115 DAP (1693,51 g B planta⁻¹). O Ferro, que foi o micronutriente mais acumulado durante o ciclo da cultura, apresentou ajuste ao modelo quadrático apenas em seu acúmulo no bulbo onde foi crescente até 130 DAP (1658,44 g Fe planta⁻¹) (Figura 5).



Fonte: o autor.

Figura 5. Acúmulo de cobre (Cu) e ferro (Fe) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo.

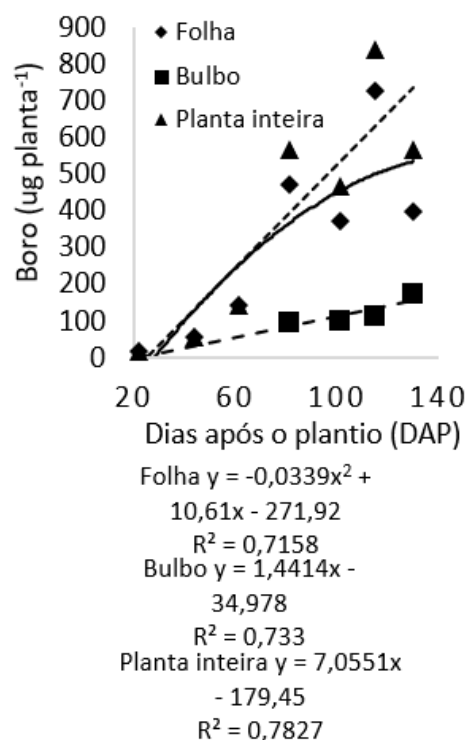
O nutriente Manganês além do bulbo, também para a parte aérea seu acúmulo apresentou ajuste ao modelo quadrático. Para o primeiro foi crescente até 115 DAP (349,31 g Mn planta⁻¹) assim como para o segundo que também foi crescente até 115 DAP (1221,32 g Mn planta⁻¹). O acúmulo do Zinco apenas na parte aérea apresentou ajuste ao modelo quadrático, apresentando maior acúmulo aos 115 DAP (1029,54 g Zn planta⁻¹) (Figura 6).



Fonte: o autor.

Figura 6. Acúmulo de manganês (Mn) e zinco (Zn) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo.

Por fim, no caso do Boro, seu acúmulo, assim como para o Zinco, apresentou ajuste ao modelo quadrático apenas para parte aérea, com maior quantidade acumulada aos 115 DAP (725,82 g B planta⁻¹) (Figura 7).



Fonte: o autor.

Figura 7. Acúmulo de boro (B) pelas plantas ao longo do ciclo de cultivo.

As Tabelas 5 e 6 contêm os valores referentes ao acúmulo de cada nutriente na parte aérea e no bulbo do alho Chonan.

Tabela 5. Médias da quantidade total de nutrientes extraídos pela parte aérea do alho Chonan, em função das coletas.

| DAP. ¹ | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn | B |
|-------------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------------------------|---------|---------|---------|--------|
| | mg planta ⁻¹ | | | | | | ug planta ⁻¹ | | | | |
| 22 | 41,81 | 5,43 | 26,61 | 4,18 | 6,37 | 1,90 | 37,10 | 528,27 | 21,58 | 46,54 | 15,96 |
| 44 | 104,84 | 9,91 | 112,88 | 35,35 | 23,45 | 8,26 | 94,45 | 2244,45 | 135,18 | 120,59 | 56,06 |
| 61 | 270,45 | 17,59 | 208,06 | 78,87 | 43,89 | 18,69 | 407,88 | 2314,18 | 307,91 | 146,86 | 139,08 |
| 81 | 480,06 | 49,47 | 411,05 | 194,79 | 125,40 | 61,71 | 1048,85 | 3375,08 | 786,85 | 822,15 | 472,73 |
| 101 | 409,45 | 32,55 | 303,81 | 52,55 | 99,90 | 49,11 | 1361,92 | 3047,86 | 960,12 | 727,40 | 370,17 |
| 115 | 278,76 | 38,86 | 333,86 | 42,67 | 149,71 | 65,12 | 1693,51 | 3970,39 | 1221,32 | 1029,54 | 725,82 |
| 130 | 198,64 | 16,41 | 192,95 | 5,80 | 95,54 | 42,91 | 826,57 | 6391,78 | 599,37 | 532,73 | 396,95 |

Fonte: o autor.

¹D.A.P. = Dias após o plantio.

Tabela 6. Média da quantidade total de nutrientes extraídos pelo bulbo do alho Chonan, em função das coletas.

| DAP. ¹ | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn | B |
|-------------------|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------------------------|---------|--------|--------|--------|
| | mg planta ⁻¹ | | | | | | ug planta ⁻¹ | | | | |
| 81 | 124,84 | 13,78 | 62,15 | 41,67 | 55,01 | 8,50 | 57,69 | 959,32 | 90,71 | 161,04 | 95,09 |
| 101 | 190,33 | 22,33 | 94,76 | 34,69 | 69,59 | 11,41 | 37,31 | 811,73 | 164,08 | 229,60 | 97,28 |
| 115 | 371,74 | 52,80 | 174,74 | 40,64 | 50,72 | 14,50 | 281,87 | 1393,50 | 349,31 | 627,50 | 112,99 |
| 130 | 604,78 | 68,36 | 238,22 | 4,64 | 29,13 | 15,93 | 333,87 | 1658,44 | 210,84 | 666,39 | 170,17 |

Fonte: o autor.

¹D.A.P. = Dias após o plantio.

O acúmulo de macro e micronutrientes em ordem decrescente na parte aérea e no bulbo, foi respectivamente: N > K > S > Ca > Mg > P - Fe > Cu > Mn > Zn > B e N > K > Ca > P > S > Mg - Fe > Zn > Cu > B > Mn.

A Tabela 7 apresenta a soma dos nutrientes acumulados na parte aérea e bulbo das plantas em função das coletas realizadas. Esses valores representam a quantidade de nutrientes que o alho absorveu ao longo de todo seu ciclo, que proporcionou às plantas alcançar uma determinada produtividade. Exceto o nitrogênio, os demais macronutrientes tiveram redução em seus teores após a penúltima coleta. Essa redução na absorção se deve principalmente ao comportamento natural da planta ao final do ciclo, e provavelmente também pela queda de folhas. Entre os micronutrientes, com exceção do ferro, houve uma redução da penúltima para a última coleta.

Tabela 7. Média da quantidade total de nutrientes extraídos pela planta (exceto raiz) do alho Chonan, em função das coletas.

| DAP. ¹ | N | P | K | S | Ca | Mg | Cu | Fe | Mn | Zn | B |
|-------------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------------------------|---------|---------|---------|--------|
| | mg planta ⁻¹ | | | | | | ug planta ⁻¹ | | | | |
| 22 | 41,81 | 5,43 | 26,61 | 4,18 | 6,37 | 1,90 | 37,10 | 528,27 | 21,58 | 46,54 | 15,96 |
| 44 | 104,84 | 9,91 | 112,88 | 35,35 | 23,45 | 8,26 | 94,45 | 2244,45 | 135,18 | 120,59 | 56,06 |
| 61 | 270,45 | 17,59 | 208,06 | 78,87 | 43,89 | 18,69 | 407,88 | 2314,18 | 307,91 | 146,86 | 139,08 |
| 81 | 604,91 | 63,25 | 473,20 | 236,46 | 179,46 | 70,22 | 1106,55 | 4334,41 | 877,56 | 983,19 | 567,83 |
| 101 | 599,78 | 54,88 | 398,58 | 87,24 | 169,49 | 60,53 | 1399,24 | 3859,59 | 1124,20 | 957,01 | 467,45 |
| 115 | 650,51 | 92,66 | 508,61 | 83,32 | 200,43 | 79,63 | 1974,68 | 5363,89 | 1570,63 | 1657,05 | 838,82 |
| 130 | 803,42 | 84,77 | 431,17 | 10,44 | 124,68 | 58,84 | 1160,45 | 8050,23 | 810,22 | 1199,12 | 567,13 |

Fonte: o autor.

¹D.A.P. = Dias após o plantio.

O macronutriente mais extraído foi o nitrogênio (803,42 mg planta⁻¹), seguido pelo potássio (508,61 mg planta⁻¹), enxofre (236,46 mg planta⁻¹), cálcio (200,43 mg planta⁻¹), fósforo (92,66 mg planta⁻¹) e magnésio (79,63 mg planta⁻¹). Com relação aos micronutrientes, a ordem decrescente de extração foi: ferro (8050,23 ug planta⁻¹), cobre (1974,68 ug planta⁻¹), Zinco (1657,05 ug planta⁻¹), manganês (1570,63 ug planta⁻¹) e boro (836,82 ug planta⁻¹) (Figuras 2 a 12).

Observou-se que para maioria dos nutrientes, com exceção do nitrogênio, enxofre e ferro, o pico de absorção se deu aos 115 DAP, isso provavelmente por ser o momento em que ocorre maior desenvolvimento do bulbo, onde a planta extrai mais nutrientes para produção de fotoassimilados para enchimento do órgão.

Andrioli et al. (2008) em estudos semelhantes, com a cultivar Roxo Pérola de Caçador notou que os macronutrientes N, K e o Ca são os mais absorvidos pela cultura do alho o que ocorreu também no presente trabalho. Segundo Filgueira (2000) em alho proveniente de cultura de tecidos o nutriente mais absorvido é o potássio. Quanto aos micronutrientes Andrioli et al. (2008) notou que o Fe, Mn e o Zn foram os micronutrientes mais absorvidos, são resultados semelhantes aos encontrados, com exceção do manganês.

Resende et al. (1999) observou que plantas provenientes da cultura de tecidos são mais exigentes em nutrientes àquelas multiplicadas de forma convencional e obteve a seguinte ordem decrescente de absorção de macronutrientes e micronutrientes, respectivamente, em seu trabalho com a cultivar Gigante Roxão: N>K>Ca>S>P>Mg e Fe>B>Zn>Mn>Cu. Os resultados obtidos no presente trabalho são semelhantes aos encontrados na literatura, com exceção de um ou outro nutriente.

Visto que na produção comercial de alho é realizado frequentemente o fornecimento de nutrientes durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, os resultados obtidos e apresentados no presente trabalho fornecem informações que podem ser utilizadas no momento da escolha da melhor fonte e melhor época de fornecimento de cada nutriente, para que a planta tenha um máximo aproveitamento do mesmo.

As diferenças na absorção de nutrientes pelas cultivares de alho podem ser influenciadas por uma série de fatores, seja pela duração do ciclo da cultivar, o ambiente de produção, o manejo realizado e outros fatores.

6. CONCLUSÃO

A massa seca de plantas da cultivar de alho Chonan e o ganho diário de biomassa variam nas diferentes épocas de coleta após o plantio, tendo apresentado maior biomassa seca aos 130 DAP e maior ganho diário de biomassa entre 61 e 81 DAP, com um acúmulo de $0,63 \text{ g planta}^{-1}$.

As quantidades totais de nutrientes absorvidos pela parte aérea e pelo bulbo do alho Chonan variam nas diferentes épocas de coleta após o plantio. A ordem decrescente de extração de macro e micronutrientes na parte aérea foi: $\text{N} > \text{K} > \text{S} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} - \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B}$. A ordem decrescente de extração de macro e micronutrientes no bulbo foi: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{P} > \text{S} > \text{Mg} - \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{B} > \text{Mn}$. O acúmulo de nutrientes em planta inteira foi respectivamente: $\text{N} > \text{K} > \text{S} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg} - \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{B}$.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLI FF; PRADO RM; ANDRIOLI I; SAES LP. Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do alho sob condições de campo. **Scientia Agraria**. v. 9 p. 385-393, 2008.

AGROSTAT. **Produção e comércio mundial de alho**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/apresentacoes-em-eventos/audiencias-publicas-2019/audiencia-publica-25-de-abril-de-2019-mapa>. Acesso em: 10 out. de 2020.

ALMEIDA, H. C.; SANCHES, P. P.; FRATONI, M. M. J.; OLIVEIRA, E. C.; BARBOSA, A. P.; RICHARDSON, G.; WEST, J.; ZUCARELI, C.; FREGONEZI, G. A. F. Folha índice representativa do teor de potássio em tomateiro. **Cultura Agrônômica**, v. 28, n. 1, p. 65-81, Ilha Solteira, 2019.

ANAPA. **Acompanhamento Conjuntural do Alho: De janeiro a agosto de 2017**. 2017. Disponível em: <http://anapa.com.br/wpcontent/uploads/2017/09/acompanhamento-conjuntural-do-alho-2017-agosto.pdf>. Acesso em: 11 set. 2020.

ARAÚJO, W. A. **Acúmulo de matéria seca e marcha de absorção de nutrientes em soja de crescimento determinado e indeterminado**. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018.

ARÚJO, J. C. **Produtividade e aspectos nutricionais na cultura do alho vernalizado**. 2014. 162 f. Dissertação – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

BARBOZA, K.; SALINAS, M. C.; ACUÑA, C. V.; BANNOUD, V.; BERETTA, V.; GARCÍA-LAMPASON, S.; BURB, J. L.; GALMARINI, C.R.; CAVAGNARO, P.F. Assessment of genetic diversity and population structure in a garlic (*Allium sativum* L.) germplasm collection varying in bulb content of pyruvate, phenolics, and solids. **Scientia Horticulturae**, v 261, n. 5, 108900, 2020.

BERGMANN, W. **Nutrition disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. New York: G. Fischer, 1992. 741 p.

BULL, L. T. et al. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004.

CAMPOS, A. R. F. **Adubação orgânica e mineral sobre características produtivas do tomateiro cultivar Santa Cruz em ambiente protegido**. 2013. 44 p. Trabalho de conclusão de curso – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Alho – Análise Mensal**. 6 f. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho/item/download/15201_ab1b6ab430145efa2d7820023b62d667. Acesso em: 23 set. de 2020.

COUTINHO E.L.M. et al. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: FERREIRA M.E. et al. (Eds.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p.85-140.

COUTO, F. A. A. **Symptoms of mineral deficiencies in garlic and garlic flower production**. 1985. 32p. Dissertation (Master)-University of California, Berkley.

CUNHA, M. L. P. **Demanda de nutrientes e diagnose do estado nutricional da cultura do alho**. 2014. 51p. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Campus Rio Paranaíba. Rio Paranaíba, 2014.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2001. 182p.

FAOSTAT, **Statistics Database**. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Accessed: February 2018.

FELTRIM, Anderson Luiz ; WAMSER, A. F. ; SUZUKI, Atsuo ; MUELLER, Siegfried ; BECKER, W. F. ; HAHN, LEANDRO. Fontes de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na cultura do tomate. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, p. 63-67, 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

GARCIA, A. **Influência da irrigação no crescimento, produção e superbrotamento do alho (*Allium sativum* L.)**. 1964. 45p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1964.

LUCENA, R. R. M.; NEGREIROS, M. Z.; RESENDE, F. V.; LOPES, W. A. R.; SILVA, O. M. P. Productive performance of vernalized semi-noble garlic cultivars in western Rio Grande do Norte state, Brazil. **Rev. Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 327-337, 2016.

LUCINI, M. A. Situação fitossanitária do alho no Brasil. **Nosso Alho**, n. 19, p. 22-29, 2014.

MACÊDO, F. S.; SEDOGUCHI, E. T.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Produtividade de alho vernalizado em função de fontes e doses de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, 2011.

MACÊDO, F. S. **Marcha de absorção de nutrientes e produtividade em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas**. 2008. 63 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras 2008.

- MAGALHÃES, J. R. et al. **Diagnose por subtração, visando o levantamento dos nutrientes limitantes para a cultura do alho em solo de cerrado no Distrito Federal**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19., 1979, Florianópolis.
- MAGALHÃES, J. R. Nutrição mineral em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, 142, p. 20-30, 1986.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2006, p. 638.
- MANN, L.K. **Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development**. Hilgardia, v. 21, n. 8, p. 195-251, 1952.
- MARCHIORI, V. F. **Propriedades funcionais do alho (*Allium sativum*)**. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/siesalq/pm/alho_revisado.pdf. Acesso em: 15 set. de 2020.
- MATTAR, G. S.; MORAES, C. C.; MELETTI, L. M. M.; PURQUERIO, L. F. V. Nutrient accumulation and export by passion fruit cv. IAC 275. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, e-178, 2018.
- MATOS, G. S. B. D.; FERNANDES, A. R.; WADT, P. G. S. Critical levels and nutrient sufficiency ranges derived from methods for assessing the nutritional status of oil palm. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1557-1567, 2016.
- MENDES, A. M. S.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J. Embrapa: **Sistema de Produção de Melancia: Adubação**, 6 ISSN 1807-0027 Versão eletrônica, Agosto, 2010.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.
- MORAES, C. C.; FACTOR, T. L.; ARAUJO, H. S.; PURQUERIO, L. F. V. Plant growth and nutrient accumulation in two tomato hybrids under tropical conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, p. 1419-1425, 2018.
- PIVA, J. T.; BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; BASTOS, A. C. M.; RONSANI, S. C.; PIVA, C. A. G. Viabilidade técnica de fontes alternativas de adubação para o alho (*Allium sativum* L.) vernalizado no planalto Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 3, p. 239-246, Lages, 2017.

PURQUERIO, LFV; MATTAR, GS; DUART, AM; MORAES, CC; ARAÚJO, HS; SANTOS, FF. 2019. Growth, yield, nutrient accumulation and export and thermal sum of Italian zucchini. **Horticultura Brasileira** 37: 221-227.

PURQUERIO, L. F. V.; SANTOS, F. F. B.; FACTOR, T. L. Nutrient uptake by tomatoes 'Dominador' and 'Serato' grown in São Paulo State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1123, p. 35-40, 2016.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JUNIOR, C. T. Frutíferas tropicais. In FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. P. 459-492.

RESENDE FV. **Crescimento, absorção de nutrientes, resposta à adubação nitrogenada e qualidade de bulbos de alho proveniente de cultura de tecidos**. 1997. 139 p. Tese doutorado - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

RESENDE, F. V.; FAQUIN, V.; SOUZA, R. J. D.; SANTOS, V. S. Acúmulo de matéria seca e exigências nutricionais de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 220-225, 1999.

RESENDE, G. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. **Nutrição, calagem e adubação**. Cultura do alho: tecnologias modernas de produção. Lavras: Editora UFLA, p. 63-93, 2009.

RESENDE J. T. V.; MORALES R. G. F.; ZANIN D. S.; RESENDE F. V.; PAULA J. T.; DIAS D. M.; GALVÃO A. G. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 157-162, 2013.

ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. Function of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of American, 1991. p. 297-238.

SOUZA, R.J.; MACÊDO, F. S. **Botânica e Cultivares In. Cultura do alho: Tecnologias Modernas de Produção**. Lavras: UFLA, 2009. p. 21-51.

SOUZA R. J.; MACÊDO F. S.; CARVALHO J. G.; SANTOS B. R.; LEITE L. V. R. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 498-503, 2011.

SILVA, O. M. P. **Crescimento, acúmulo de macronutrientes e adubação fosfatada de alho nobre em região de altitude no semiárido**. 2019. 110 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/3745>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SANTOS, E. F. D.; DONHA, R. M. A.; ARAÚJO, C. M. M.; LAVRES JUNIOR, J.; CAMACHO, M. A. Normal nutrient ranges for sugar cane by the methods CHM, DRIS and CND and critical level by reduced normal distribution. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 37, p. 1.651-1.658, 2013.

SETIYONO, T. D.; WALTERS, D. T.; CASSMAN, K. G.; WITT, C.; DOBERMANN, A. **Estimating maize nutrient uptake requirements**. Field Crops Research, Amsterdam, v. 118, p. 158- 168, 2010.

SOUZA, R. J.; CASALI, V. W. D. Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético-fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 142, p. 36-41, 1986.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª Edição. Editora Artmed, 2004, 719 p.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO FILHO, J. A. Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Boletim Técnico 100: recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997. p. 157-169.

VIDIGAL, S.M. et al. Nutrição mineral e adubação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.23, n.218, p.36- 50, 2002.

VIEIRA, L. R. **Caracterização genética dos acessos do banco ativo de germoplasma de alho (*Allium sativum*) de Santa Catarina**. 105 f. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2004.

ZORTÉA, T.; TESTA, M.; DA SILVA, W. L.; BARRETTA, D. Toxicidade do cobre em função da correção do pH em dois solos naturais: Uma abordagem com plantas e organismos edáficos. **Scientia agraria**, v. 17,. 1, p. 1-9, 2016.