

DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES MINERAIS EM *Acmella oleracea*:  
TEORES MINERAIS, SINTOMAS VISUAIS, ESPILANTOL E  
COMPOSTOS FENÓLICOS

**DIEGO ALVES PEÇANHA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
MARÇO - 2017

DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES MINERAIS EM *Acmella oleracea*:  
TEORES MINERAIS, SINTOMAS VISUAIS, ESPILANTOL E  
COMPOSTOS FENÓLICOS

**DIEGO ALVES PEÇANHA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Simone Mendonça Freitas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO - 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCH / UENF**

020/2017

P364 Peçanha, Diego Alves.

Deficiência de nutrientes minerais em *Acmella oleracea*: teores minerais, sintomas visuais, espilantol e compostos fenólicos/ Diego Alves Peçanha - Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.

69 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2017.

Bibliografia: f. 62 - 69.

Orientadora: Marta Simone Mendonça Freitas.

1. Jambu - Uso Medicinal. 2. Nutrição Mineral. 3. Deficiência Nutricional. 4. Óleos Essenciais. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 633.88

DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES MINERAIS EM *Acmella oleracea*:  
TEORES MINERAIS, SINTOMAS VISUAIS, ESPILANTOL E  
COMPOSTOS FENÓLICOS

**DIEGO ALVES PEÇANHA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 30 de março de 2017

Comissão examinadora

---

Prof. Dr. Gilmar Santos Costa (D.Sc. Produção Vegetal) IFF

---

Dr. Paulo Cesar Santos (D.Sc. Produção Vegetal) UENF

---

Prof. Dr. Ivo José Curcino Vieira (D.Sc. Química de Produtos Naturais) UENF

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Produção Vegetal)- UENF  
Orientadora

## Agradecimentos

Agradecimentos às fontes financiadoras da pesquisa: ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ e à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo Geral .....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3.1. Classificação Botânica e Condições de Cultivo .....	4
3.2. Consumo como hortaliça e uso medicinal do jambu .....	6
3.3. Nutrientes minerais, óleos essenciais e compostos fenólicos .....	8
3.3.1. Nitrogênio .....	9
3.3.2. Fósforo .....	10
3.3.3. Potássio .....	11
3.3.4. Cálcio .....	12
3.3.5. Magnésio .....	12
3.3.6. Enxofre .....	13
3.3.7. Boro .....	14

3.3.8. Compostos Fenólicos .....	14
4. TRABALHOS .....	16
CRESCIMENTO, CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA E TEORES NUTRICIONAIS EM PLANTAS DE <i>Acmella oleracea</i> CULTIVADAS SOB OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES E BORO.....	16
DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES EM <i>Acmella oleracea</i> : TEORES NUTRICIONAIS, COMPOSTOS FENÓLICOS E PRODUÇÃO DE ESPILANTOL .....	40
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## RESUMO

Peçanha, Diego Alves. Engenheiro Agrônomo. Ms. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2017. Deficiência de nutrientes minerais em *Acmella oleracea*: composição mineral, sintomas visuais, espilantol e compostos fenólicos. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Simone Mendonça Freitas.

O jambu (*Acmella oleracea*) possui o Norte do Brasil como um de seus centros de origem. Esse vegetal é amplamente consumido na culinária regional, porém seu uso vem ganhando espaço devido às suas propriedades medicinais. Dentre as substâncias relacionadas com sua bioatividade, uma alquilamida, denominada comumente de espilantol, é tida como principal fonte de atividade. Apesar de muitos estudos envolverem seus princípios ativos, poucos trabalham com a nutrição mineral da planta. Nesse sentido o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da omissão de macronutrientes e boro em plantas de *Acmella oleracea*, caracterizando os sintomas visuais de deficiência, bem como avaliar os dados de crescimento, teores nutricionais, compostos fenólicos totais, produção de óleos essenciais e porcentagem relativa de espilantol. As plantas foram crescidas em solução nutritiva completa e, após o início do florescimento, foram aplicados os seguintes tratamentos: Solução Completa, omissão de Nitrogênio, omissão de

Fósforo, omissão de Potássio, omissão de Cálcio, omissão de Magnésio, omissão de Enxofre e omissão de Boro. Diariamente as plantas foram avaliadas e os registros foram realizados. A coleta das plantas ocorreu 35 dias após o início dos tratamentos, quando foram avaliados os parâmetros de crescimento (número de capítulos florais, número total de folhas, área foliar, massa seca de hastes e folhas, comprimento de raízes em diferentes classes de diâmetros) e teores nutricionais das Inflorescências, Folhas Novas, Folhas Velhas e hastes. Em seguida, o material de todas as partes da planta foi misturado e determinou-se os teores nutricionais, os compostos fenólicos, os teores de óleos essenciais e a porcentagem relativa de espilantol nos óleos. A omissão permitiu a caracterização dos sintomas visuais de deficiência. Os primeiros sintomas observados foram os de omissão de Nitrogênio, seguido pelo de omissão de Enxofre, Cálcio, Potássio, Magnésio, Boro e Fósforo. Pôde-se observar que cada parte da planta analisada apresentou comportamento distinto quanto ao acúmulo de nutrientes. O acúmulo de macronutrientes apresentou-se: N>K>Ca>P>S>Mg nas Inflorescências, N>K>Ca>S>Mg>P nas Folhas Novas, K>N>Ca>Mg>S>P nas Folhas Velhas e K>N>Ca>Mg>P>S nas hastes. Os tratamentos que causaram maior restrição ao crescimento foram o de omissão de Nitrogênio, seguido pelo de omissão de Cálcio. A omissão de Potássio foi a que mais prejudicou o princípio ativo.

Palavras-chave: . jambu, nutrição mineral, deficiência nutricional

## ABSTRACT

Peçanha, Diego Alves. Agronomist. Ms. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2017, March. Deficiency of mineral nutrients in *Acmella oleracea*: mineral composition, visual symptoms, spilanthol and phenolic compounds. Supervisor: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Simone Mendonça Freitas.

The paracress (*Acmella oleracea*) has the northern of Brazil as one of its centers of origin. This plant is commonly used in the regional cuisine, however its use has been continuously increasing do to its medicinal properties. Among the substances related to its bioactivity, an alkylamide, named as spilanthol, is the main source of activity. Although many studies involve their active principles, there are few studies with the plant's mineral nutrition. The objective of this work was to evaluate the effects of some mineral nutrients absence in *Acmella oleracea*, characterizing the visual symptoms, evaluate growth data, nutritional contents, total phenolic compounds, essential oils production and relative percentage of spilanthol. The plants were grown in complete nutrient solution and after the blooming the following treatments were applied: complete solution, absence of Nitrogen, absence of Phosphorus, absence of Potassium, absence of Calcium, absence of Magnesium, absence of Sulfur and absence of Boron. The paracress

were examined daily. The plants were harvested 35 days after the beginning of treatments and growth parameters (number of inflorescences, total number of leaves, leaf area, dry mass of stems and leaves, length of roots in different diameter classes) and nutrient contents of inflorescences, new leaves, old leaves and stems were analysed. The material from all parts of the plant were reassessed for its nutritional content, phenolic compounds and essential oils content and the relative percentage of spilanthol in the oils was determined. The absence allowed the characterization of visual symptoms of deficiency. The first symptom observed was the absence of Nitrogen, followed by the absence of Sulfur, Calcium, Potassium, Magnesium, Boron and Phosphorus. It was observed that each part analyzed presented different behavior regarding the accumulation of nutrients. The accumulation of macronutrients in the inflorescences presented as N > K > Ca > P > S > Mg, in the new leaves N > K > Ca > S > Mg > P, in the old leaves K > N > Ca > Mg > S > P and on the stems K > N > Ca > Mg > P > S. The treatments that caused the greatest growth restriction were the absence of Nitrogen, followed by the absence of Calcium. The absence of nutrients affected the phenolic compounds and the relative percentage of spilanthol, being the absence of Potassium more harmful to the active principle.

Keywords: jambu, mineral nutrition, nutrient omission.



## 1. INTRODUÇÃO

O jambu (*Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen) é uma hortaliça herbácea perene, porém cultivada como anual, muito consumida no Norte do Brasil, principalmente no estado do Pará. O consumo é bastante difundido, sobretudo na culinária (Borges et al., 2012a). O seu uso não se limita apenas à alimentação: na cultura popular ele é indicado para o tratamento de dores de dente, garganta, cálculo renal e bexiga. Nas comunidades rurais do estado do Pará é comum o preparo do "lambedor", uma mistura de jambu, chicória do Pará e açúcar, que por meio de infusão é oferecido aos indivíduos com problemas de garganta (Homma et al., 2011).

O uso popular do jambu como planta medicinal chama atenção e cada vez mais estudos buscam validar cientificamente seus mais diversos usos. Estudos relatam seu efeito analgésico (Tiwari et al., 2011; Dias et al., 2012; Sharma et al., 2012), antinociceptivo (Rios et al., 2007), anti-inflamatório (Dias et al., 2012), antirruga (Demarne e Passaro, 2009) e antioxidante (Abeysinghe et al., 2014). Na área de entomologia, alguns estudos de produtos oriundos do jambu demonstraram que o mesmo apresenta potencial inseticida contra larvas de vetores de malária e filariose (Pandey et al., 2007), contra lagarta da espiga do milho e juvenis de *Aedes aegyptii* (Ramsewak et al., 1999).

A principal substância presente no jambu é o espilantol, que vem sendo bastante estudada. Esta substância é classificada quimicamente como uma alquilamida e pode ser encontrada no óleo essencial extraído do jambu (Borges et al., 2012b). Sua maior ocorrência é observada nas Inflorescências (Dubey et al., 2013). Este composto ocorre naturalmente nas plantas, e tem seu potencial de expressão alterado em resposta aos fatores bióticos e abióticos durante o desenvolvimento do vegetal (Tiwari et al., 2011).

O jambu ainda é indicado popularmente como importante fonte de ferro (Aguiar et al. 2014), podendo ser também importante fonte de compostos fenólicos (Mayara Tania et al., 2015). Estes podem exercer atividade antioxidativa, evitando danos causados por formas reativas de oxigênio no organismo humano.

Dentre os fatores abióticos que podem influenciar o metabolismo vegetal, está o fornecimento de nutrientes minerais que, em ausência ou em excesso, podem determinar o rumo das rotas metabólicas, influenciando a produção de biomassa, bem como a produção de óleos essenciais. Ao buscar respostas sobre esta relação em menta (*Mentha arvensis*), foi observado que os teores de óleos sofreram acréscimos à medida em que se aumentaram as doses de fósforo (Freitas et al., 2004). Em camomila (*Chamomila recutita*) foi observado o aumento nos teores de óleos com o aumento das doses de nitrogênio (Amaral et al., 2008), e sob deficiência do mesmo nutriente observou-se redução de até 42% na produção de óleos em plantas de capim limão (*Cymbopogon citratus*) (Lima, 2015).

Os estudos de nutrição mineral em plantas baseados em soluções nutritivas são ferramentas amplamente utilizadas para um maior rigor e controle do ambiente experimental (Epstein e Bloom, 2006). Poucos são os trabalhos envolvendo a nutrição mineral e a adubação do jambu, fazendo com que os agricultores a utilizem recomendações de adubação para outras culturas folhosas semelhantes, como por exemplo, o agrião. Nota-se também a ausência de estudos que estabeleçam uma relação entre alguns parâmetros de qualidade do vegetal e o fornecimento de nutrientes minerais.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da deficiência dos macronutrientes e de boro em plantas de *Acmella oleracea* cultivadas em substrato inerte com a aplicação de solução nutritiva completa, com omissões de macronutrientes ou boro.

### 2.2. Objetivos específicos

- Produzir material gráfico que permita a caracterização visual da deficiência de macronutrientes e boro em plantas de jambu;
- Avaliar o crescimento das plantas de jambu cultivadas sob soluções com omissões de macronutrientes ou boro;
- Quantificar e relacionar a produção dos óleos essenciais das plantas cultivadas em cada tratamento;
- Relacionar o espilantol encontrado no óleo com cada tratamento;
- Quantificar os teores nutricionais nas diferentes partes da planta: folhas, hastes e Inflorescências;
- Quantificar os teores de compostos fenólicos totais.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Classificação Botânica e Condições de Cultivo

O jambu, cultivado no Norte do Brasil, é identificado na literatura botânica como *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen. Pertence à família Asteraceae (Gusmão e Gusmão, 2013). O gênero *Acmella* Rich. in Pers., como hoje é conhecido, foi estabelecido em 1807 (Jansen, 1985). É considerado um gênero presente em todas as regiões tropicais, com espécies registradas por toda América, em Madagascar, no continente asiático e na Oceania (Silva e Santos, 2011).

Por muito tempo o gênero *Acmella* foi agrupado junto ao *Spilanthes*. Durante a última revisão feita acerca do gênero *Acmella*, ocorreu a separação. A partir de então o gênero *Spilanthes* passou a ser composto por seis espécies enquanto o *Acmella* por 30 espécies descritas, até então (Jansen, 1985).

No Brasil, a maior ocorrência desse gênero remete à região Norte. Porém, de acordo com Jansen (1985), dez espécies de *Acmella* são passíveis de ocorrência natural em todo o território nacional: *Acmella bellidioides* (Smith in Rees) R.K. Jansen, *A. brachyglossa* Cass., *A. ciliata* (Kunth) Cass., *A. decumbens* var. *decumbens* R.K. Jansen, *A. leptophylla* (DC.) R.K. Jansen, *A. oleracea* (L.)

R.K. Janen, *A. psilocarpa* R.K. Jansen, *A. pusilla* (Hooker e Arnott) R.K. Jansen, *A. serratifolia* R.K. Jansen e *A. uliginosa*(Sw.) Cass.

Até o ano de 2010 eram descritas cinco espécies do gênero *Acmella* de ocorrência no Norte do país. Em 2011 uma nova espécie foi descrita como sendo pertencente a este gênero, a espécie *A. marajoensis* G. A. R. Silva e J. U. M. Santos, presente na ilha de Marajó, totalizando seis espécies ocorrentes no Norte do Brasil (Silva e Santos, 2011).

Com as mudanças ocorridas nos registros e classificações, observa-se uma sinonímia botânica para essa planta: *Spilanthes oleracea* L., *Cotula pyretharia* L., *Pyrethrum spilanthus* Medik., *Acmella oleracea* (*Spilanthes acmella*) var. *oleracea* (L.) C.B. Clarke ex Hook. f., *Spilanthes fusca* Lam, *Bidens fervida* Lam, *Bidens fusca* Lam, *Isocarpa pyretharia* (L.) Cass, *Spilanthes radicans* Schrad. Ex D.C. e *Spilanthes oleracea* var. *fusca* (Lam.) D.C.(Favoreto e Gilbert, 2010).

As plantas do gênero *Acmella* são herbáceas, com porte variado, podendo chegar até os 90 cm. O caule possui coloração esverdeada à arroxeada, glabro, com crescimento decumbente. Os pecíolos podem variar de dois a seis centímetros, podendo ser estreitamente alados, sem pelos ou raramente pilosos. Os limbos foliares são ovalados, medindo entre cinco a dez centímetros por quatro a oito centímetros, com ápice ligeiramente acuminado a agudo, as suas margens são dentadas, com base truncada à ligeiramente atenuada. Os pedúnculos florais variam entre 3,5 a 12,5 cm de comprimento, raramente pilosos. As Inflorescências, em forma de capítulo, solitárias, terminais, cilíndricas, com 10,5 a 23,5 mm de altura por 11 a 17 mm de diâmetro, as brácteas que formam o involúcro são de 15 a 18 unidades, triseriadas. Os receptáculos florais variam de 8,3 a 21,5 mm de altura por 0,5 a 3,5 mm de diâmetro. As flores do disco são hermafroditas, amarelas, com corola amarela. Os frutos, tipo aquênio, são pretos, variando de 2 a 2,5 mm por 0,9 a 1,1 mm (Chung et al., 2008).

A principal forma de propagação é por sementes, embora possua excelente enraizamento de suas estacas (Hind e Biggs, 2003). A germinação ocorre a partir do quarto dia após o semeio, podendo considerar plantas viáveis aquelas germinadas até os sete dias (Gusmão e Gusmão, 2013). Nos cultivos comerciais, a semeadura pode ocorrer em bandejas ou diretamente em canteiros.

As regiões de ocorrência natural da planta são caracterizadas por altas temperaturas e umidade elevada, conseguindo bom desenvolvimento em locais com redução da radiação direta. As temperaturas ótimas para o crescimento variam entre 25 e 35°C. Em condições de temperatura mais amenas, 15 e 20°C, a planta sobrevive bem, porém seu crescimento é retardado. Quando cultivada abaixo de 10°C, o crescimento apresenta-se reduzido ou paralisado (Poltronieri et al., 2000).

As plantas de jambu podem ser encontradas naturalmente em ambientes poucos sombreados, porém a pleno sol o desenvolvimento em campo é melhor. A luminosidade média requerida para o melhor desenvolvimento da planta gira em torno de 2600 horas de luz por ano. O cultivo protegido é empregado muitas vezes para melhorar a qualidade das folhas, evitando danos por excesso de chuva (Gusmão e Gusmão, 2013).

O jambu é naturalmente encontrado em diversas condições, possuindo preferência por solos úmidos, férteis e até mesmo áreas sujeitas à inundação. O sistema radicular se concentra até 15 cm de profundidade, sendo dificilmente encontradas raízes em profundidades maiores que 30 cm (Hind e Biggs, 2003).

Estudos nutricionais comparativos entre o cultivo convencional e o hidropônico revelaram que os teores minerais nos materiais hidropônicos tendem a ser maiores que os relatados no cultivo convencional (Silva Farias et al., 2011).

A colheita das plantas de jambu ocorre entre os 45 e 50 dias, ou quando as plantas atingem cerca de 20 a 30 cm de altura (Brasil, 2010). A coleta da planta pode ocorrer por meio da seleção de ramos, o que permite maior vida útil do canteiro, ou por arranquio completo da planta (Hind e Biggs, 2003).

Depois de colhida a planta segue "in natura" para o comércio. Seu consumo culinário dá-se principalmente pelo vegetal cozido. Para o uso terapêutico popular é recomendado à manufatura de tinturas e chás para a melhor extração de seus princípios ativos (Pastore Jr. et al., 2005).

### 3.2. Consumo como hortaliça e uso medicinal do jambu

Na região Norte do Brasil a planta também é conhecida como agrião do Pará, agrião do Norte, jambuaçú, erva maluca, jaburama, botão de ouro, sendo o nome popular jambu o mais difundido. O consumo culinário, compondo parte da

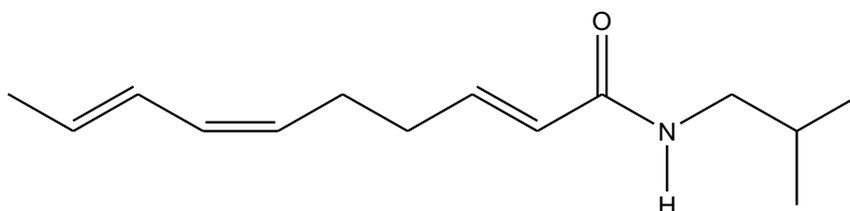
alimentação da população, caracteriza o jambu como uma hortaliça (Poltronieri et al., 2000). O ápice do seu consumo ocorre em períodos festivos como o Círio de Nazaré e as festas de final de ano, integrando os pratos típicos regionais.

No cotidiano popular a planta também possui uso como erva medicinal, onde as folhas e flores são recomendadas por meio de infusões no tratamento de anemia, para dores de dente e garganta, e em alguns casos é indicada como anestésico e antibiótico (Borges et al., 2013).

Em sua contribuição nutricional à dieta humana, o jambu pode ser considerado uma hortaliça hipocalórica, com teores de proteínas e fibra alimentar. Sua principal recomendação é devido ao fornecimento de ferro à dieta. Apesar da presença de ferro, semelhante à outras hortaliças como couve e rúcula, a biodisponibilidade do mesmo ainda é discutida (Aguiar et al., 2014).

Devido às suas propriedades medicinais, o jambu tem deixado de figurar apenas no âmbito culinário para virar objeto de estudos que justifiquem o seu amplo uso na medicina popular (Coutinho, 2006).

Os trabalhos que buscam caracterizar as moléculas responsáveis pelas atividades atribuídas ao jambu citam uma alquilamida como sua principal molécula biotiva, chamada de espilantol (Figura 1), e classificada quimicamente como *N*-isobutil-2(E),6(Z),8(E)-decatienamida. Esta *N*-alquilamida possui diferentes atividades biológicas promissoras, o que vem aumentando o interesse de pesquisas no campo da saúde e dos cosméticos. Na Bélgica, por exemplo, já é possível encontrar produtos comerciais que contenham espilantol em suas composições (Boonen et al., 2010).



**Figura 1.** Estrutura química do espilantol (Ramsewak et al., 1999).

Os teores observados de espilantol são maiores nas Inflorescências, quando comparados às outras partes do vegetal. Dessa forma, quando o interesse maior for à extração do espilantol, a produção do vegetal deve visar

flores, diferentemente da produção da planta como hortaliça, onde o objetivo principal é a produção das folhas (Coutinho, 2006).

Entre os mais diversos tipos de ensaios biológicos que envolvem os extratos do jambu, muitos buscam analisar o efeito de toxicidade provocado em animais. Nas análises fitoquímicas envolvendo o espilantol é evidenciado seu efeito inseticida (Leng et al., 2011). Extratos de jambu aplicados em larvas de vetores de malária (*Anopheles stephensi* Liston e *Anopheles culicifacies*) e vetores da filariose (*Culex quinquefasciatus* Say) provocaram significativo efeito larvicida (Pandey et al., 2007). Ainda estudando o efeito das alquilamidas extraídas de jambu sobre o desenvolvimento de insetos, Ramsewak et al., (1999) observaram um retardo de crescimento sobre indivíduos neonatos de lagarta da espiga do milho (*Helicoverpa zea*) e um efeito larvicida sobre juvenis de *Aedes aegyptii*. Dentre os ensaios envolvendo mamíferos, observou-se efeito analgésico (Pieris et al., 2001) e efeitos diurético e antagonista na formação de cálculos renais em ratos (Ratnasooriya et al., 2004).

O espilantol, e demais substâncias estudadas do jambu, pode ser encontrado nos óleos essenciais da planta. Em condições gerais, a produção de óleos essenciais dos vegetais também é relacionada ao metabolismo secundário, e logo, é influenciada diretamente por características intrínsecas à planta, por condições do ambiente de cultivo, bem como do fornecimento de nutrientes minerais.

### 3.3. Nutrientes minerais, óleos essenciais e compostos fenólicos

Os nutrientes minerais são um dos muitos fatores que podem influenciar no crescimento e desenvolvimento do vegetal, bem como água, radiação e temperatura. O manejo adequado dos nutrientes é um fator chave no cultivo de qualquer vegetal a fim de se maximizar seu objetivo final, seja ele massa fresca, teor de sólidos solúveis, pegamento de frutos ou teor de óleos essenciais, entre muitos outros. Cada nutriente mineral presente nas plantas possui funções características. Hawkesford et al. (2012), classificam 14 elementos químicos como nutrientes minerais essenciais, dividindo-os em dois grandes grupos: macro e micronutrientes, baseando-se nos teores requeridos pelos vegetais. Os macronutrientes são nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Os

micronutrientes são ferro, zinco, manganês, cobre, cloro, boro, molibdênio e níquel.

Ao atender os critérios de essencialidade, seja como parte estrutural de algum composto ou envolvido em alguma rota metabólica de forma insubstituível, o nutriente torna-se peça chave para o desenvolvimento das plantas. Quando acontece a ausência de algum deles, o desenvolvimento normal do vegetal é prejudicado (Epstein e Bloom, 2004). As anormalidades oriundas do desbalanço nutricional podem ocorrer a nível celular, culminando em alterações visuais nos vegetais. A caracterização dos sintomas visuais provocados pela deficiência nutricional é uma importante ferramenta de diagnóstico, aliada à análise foliar (Carmona et al., 2015).

No caso específico do jambu, nota-se a ausência de estudos que estabeleçam uma relação entre a qualidade da planta e o fornecimento de nutrientes minerais. A busca por doses nutricionais ideais que visem uma boa produção de biomassa e Inflorescências necessita de estudos complementares para melhor entendimento dos fatores abióticos que podem influenciar na produção da planta (Rodrigues et al., 2014).

### 3.3.1. Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um elemento mineral considerado essencial por ser constituinte de um grande número de compostos como proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, amidas, coenzimas, entre outros. Por este motivo é um nutriente muito requerido, em termos quantitativos, frente aos outros nutrientes (Taiz e Zeiger, 2004; Hawkesford et al., 2012). Está envolvido diretamente na síntese de clorofila e, conseqüentemente, em todo o processo fotossintético (Denchen e Nachtigall, 2007, Hawkesford et al., 2012).

Em hortaliças folhosas, o fornecimento adequado de nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, atuando na expansão foliar, o que aumenta o tecido fotossintético e aumenta o potencial produtivo (Filgueira, 2003). Fato que também foi validado para as plantas de jambu, onde ocorreu o aumento da massa fresca à medida que se aumentou a adubação com nitrogênio (Rodrigues et al., 2014).

A deficiência de N normalmente mostra-se nas folhas mais velhas das plantas, pois o N presente nessas são translocados, via floema, para as áreas

mais jovens, a fim de evitar danos aos tecidos novos (Hawkesford et al., 2012), sendo observado claramente o aumento nos teores desse nutriente no sentido meristemático das plantas (Carmona et al., 2015). Outro reflexo observado é a diminuição na velocidade de crescimento. À medida que a deficiência persiste nas folhas o amarelecimento se agrava, culminando na senescência do limbo foliar (Hawkesford et al., 2012; Taiz e Zeiger, 2004).

Estudos envolvendo respostas nutricionais em algumas plantas medicinais demonstraram a importância do N para o crescimento e produção de óleos essenciais. Em plantas de calêndula Moreira et al., (2005) observaram incrementos na produção de massas fresca e seca da parte aérea e de capítulos florais com o aumento desse nutriente. Em plantas de cominho foi observado aumento na produção de óleos sob doses crescentes de N (El-Din et al., 2010). Porém nem sempre o incremento do N irá acrescentar em todas as características das plantas, como foi observado em plantas de artemísia, onde não notou-se resposta significativa na produtividade de óleos essenciais, durante dois anos de cultivo com variações nas doses de N (Ayanoglu et al., 2002). Esses trabalhos demonstram que a influência do nutriente na produção dos óleos essenciais irá depender também da planta em estudo.

### 3.3.2. Fósforo

O fósforo (P) está presente como constituinte de ácidos nucléicos, coenzimas, membrana (fosfolipídios), entre outros compostos. É peça fundamental no armazenamento de energia por meio do ATP. Participa ainda de reações de esterificação de açúcares e outros compostos (Hawkesford et al., 2012; Taiz e Zeiger, 2004). Auxilia diretamente na formação e crescimento de raízes, o que reflete na melhora da qualidade dos frutos, hortaliças e grãos, sendo de vital importância para a formação das sementes, o que lhe confere importância na transferência de características hereditárias (Dechen e Nachtigall, 2007). Seu papel no armazenamento de energia na forma de ATP faz desse elemento importante componente das rotas metabólicas, influenciando diretamente processos que originarão os compostos dos óleos essenciais.

Como o P possui mobilidade na planta, sua deficiência tenderá a aparecer nas folhas mais velhas. O primeiro sinal da deficiência manifesta-se por plantas

de menor porte. Em algumas plantas, as folhas apresentam uma coloração arroxeada e/ou púrpura, devido ao acúmulo de antocianinas nos tecidos da folha (Dechen e Nachtigall, 2007). Como a demanda pelo P costuma ser menor em relação ao N, na técnica de omissão de nutrientes precedida por solução completa, é comum observar um retardamento na visualização de sintomas de deficiência de P em algumas plantas (Carmona et al., 2015).

Em trabalhos avaliando os teores de óleos essenciais em menta e a disponibilidade de P, foi possível observar que plantas do tratamento controle, sem qualquer aplicação de fósforo e sem colonização micorrízica, foram as que apresentaram os menores teores de óleos essenciais (Freitas et al., 2004), ressaltando a importância desse elemento para o rendimento final de óleo.

### 3.3.3. Potássio

O potássio (K) é um elemento essencial que não faz parte de nenhum composto estrutural. Entretanto, é ativador de mais de 40 enzimas, participa do transporte de carboidratos e atua na regulação hídrica, principalmente no controle estomático (Hawkesford et al., 2012; Taiz e Zeiger, 2004). Em plantas que acumulam amido, o potássio está relacionado diretamente com o acúmulo dessa forma de carboidrato, refletindo diretamente na qualidade do produto final. A importância do potássio no metabolismo vegetal pode ser agrupada em ativação enzimática, processos de transporte através de membranas, neutralização aniônica e regulação osmótica (Dechen e Nachtigall, 2007).

Os sintomas de deficiência aparecem, geralmente, nos bordos das folhas mais velhas, devido à mobilidade do elemento e sua realocação para as zonas de crescimento. As margens amarelecem e culminam em necrose. Os sintomas tendem a ter suas particularidades em cada cultura, como por exemplo, na bananeira ocorre o rompimento da base da lâmina em folhas mortas; já na batata observam-se folhas pequenas, enrugadas e de um verde mais escuro (Dechen e Nachtigall, 2007).

Na produção de óleos essenciais, o K pode contribuir para o aumento dos teores produzidos, como foi observado por Khalid (2013), que testou doses crescentes de  $K_2O$  em calêndula (*Calendula officinalis*). Para o manjeriço (*Ocimum basilicum*), a importância do K está na qualidade dos óleos, onde doses

crecentes desse macronutriente proporcionaram incrementos nos teores de geraniol, entretanto os teores de linanol foram menores (Nurzynska-Wierdak et al., 2013).

#### 3.3.4. Cálcio

O cálcio (Ca) está envolvido diretamente na estrutura da parede celular, pois é importante constituinte da lamela média das células vegetais, além de ser cofator enzimático e mensageiro na regulação do metabolismo. Está presente no fuso mitótico durante as divisões celulares (Taiz e Zeiger, 2004) e auxilia na germinação e crescimento do grão de pólen (Hawkesford et al., 2012). O íon  $\text{Ca}^{2+}$  livre, atua como um regulador intracelular muito importante em numerosos processos bioquímicos e fisiológicos. Tem função também de modulador hormonal vegetal, regulando o crescimento e a senescência da planta (Dechen e Nachtigall, 2007).

Por ser componente estrutural e pouco móvel, os sintomas de deficiência tendem a aparecer nas folhas jovens da planta (Hawkesford et al., 2012). Os primeiros pares de folhas são os que irão demonstrar os sintomas, com bordos amarelados, da ponta à base, permanecendo verde o centro da folha. No início da deficiência, os meristemas adquirem aspecto gelatinoso, devido à má formação das paredes celulares. As raízes têm seu desenvolvimento retardado, escurecem e morrem (Denchen e Nachtigall, 2007).

Em relação à produção de óleos, em plantas de orégano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) com aplicação foliar de cálcio, não foram observadas diferenças significativas nos teores de óleos essenciais extraídos, porém houve um incremento de 31% na massa seca, o que reflete no aumento de produção de óleos por área plantada (Dordas, 2009). Em plantas de eucalipto citriodora, cultivadas sob omissão de nutrientes, não foram observadas diferenças nos teores de óleos extraídos em comparação com o controle, nem no teor de citronelal (principal composto deste óleo), porém o crescimento da planta foi comprometido (Maffeis et al., 2000).

#### 3.3.5. Magnésio

O magnésio (Mg) é constituinte da molécula de clorofila, evidenciando sua importância durante o metabolismo energético da planta, além de ser ativador de enzimas e possuir relação com o transporte do P e de carboidratos pela planta. Sua função não é restrita às atividades fotossintéticas. Estando presente também na respiração e na síntese de nucleotídeos (Hawkesford et al., 2012; Taiz e Zeiger, 2004).

Possui alta mobilidade dentro da planta, sendo que mais de 70% do nutriente difunde-se pelas células, livremente ou associado a componentes carregados negativamente. Por essa mobilidade, os sintomas de deficiência de Mg costumam ser observados nas folhas mais velhas da planta, na forma de clorose entre as nervuras, ocasionada devido ao acúmulo de formas reativas de oxigênio nas células (Carmona et al., 2015). O sintoma mais característico, quando a deficiência é grave, é a formação de um "v" invertido de coloração verde em folhas com limbo foliar inteiro (Dechen e Nachtigall, 2007).

Em plantas de eucalipto foi possível observar um incremento de 72% nos rendimentos de óleos essenciais quando as plantas receberam complemento de Mg na adubação (Fávaro, 2008). Plantas de camomila responderam positivamente ao aumento na concentração de Mg presente na solução nutritiva, aumentando inclusive seus teores de óleos (Szoke et al., 2004).

### 3.3.6. Enxofre

O enxofre (S) é constituinte de aminoácidos e, por consequência, das proteínas. Faz parte de algumas vitaminas e hormônios e atua diretamente na qualidade do crescimento radicular. Também é importante ligante em muitas enzimas (Denchen e Nachtigall, 2007), além de estar envolvido no acúmulo de óleos nas sementes (Sfredo e Lantmann, 2007).

Não é um elemento com alta mobilidade, por isso os sintomas de deficiência são comumente notados nas folhas mais novas das plantas, com uma cor amarelada, refletindo a falta de clorofila nos tecidos (Hawkesford et al., 2012; Denchen e Nachtigall, 2007).

Ao avaliar a produção de óleos essenciais em plantas de gerânio (*Pelargonium graveolens*), Sedibe e Allemann (2012) constataram que não houve diferença significativa na produção de óleos, porém foi observada uma ampla

faixa da concentração do nutriente na solução (1,9 a 3,4 mmol L<sup>-1</sup>) sem que ocorresse efeito negativo às plantas. Já para o alface, o suprimento de S foi significativo para a produção de lactonas sesquiterpênicas (Seo et al., 2009), podendo influenciar a qualidade do óleos essenciais produzidos.

### 3.3.7. Boro

O boro (B) é um micronutriente envolvido com o alongamento celular, no metabolismo de DNA e RNA e atividades enzimáticas (Hawkesford et al., 2012; Taiz e Zeiger, 2004). Possui participação também no processo de metabolismo e translocação de carboidratos, sendo importante para o processo de florescimento e pegamento de frutos (Denchen e Nachtigall, 2007).

A mobilidade do elemento é muito baixa, assim, os sintomas de deficiência se apresentam nas zonas de crescimento dos tecidos foliares e raízes (Wimmer e Eichert, 2013). Porém é difícil generalizar tal sintoma para todas as plantas, pois existem relatos dos mais diversos sintomas desde clorose à coloração verde intensa, rachadura em caule, abortamento floral e acúmulo de compostos nitrogenados (Denchen e Nachtigall, 2007).

A deficiência de boro pode ser observada com a grande redução da produção de óleos essenciais e da massa dos rizomas de açafrão-da-terra (*Curcuma longa*) cultivado sob solução deficiente do elemento (Dixit et al., 2002). Porém, o mesmo não foi observado por Alvarenga et al., (2015) que ao cultivar *Achillea millefolium* em solução com omissão de boro não observaram efeitos marcantes entre o tratamento deficiente e o tratamento completo.

### 3.3.8. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos possuem muitas funções durante o desenvolvimento do vegetal, como a produção de diferentes pigmentos, o estabelecimento e a intensidade de aromas, precursores de lignina, conferindo sustentação ao vegetal, bem como alguns mecanismos de resistência (Treutter, 2010). A biossíntese desses compostos pode ser estimulada e alterada caso as condições ambientais sofram algum tipo de variação (Battestin et al., 2004).

Os fenóis obtidos dos vegetais, juntamente com a vitamina C e os carotenóides são importantes fontes de antioxidantes que podem complementar a dieta humana. Tais antioxidantes exógenos, obtidos por meio da alimentação, auxiliam na resistência ao estresse oxidativo, sendo associados à redução de riscos de algumas doenças crônicas (Silva et al., 2010).

O fornecimento de nutrientes minerais está ligado a processos que podem desencadear o aumento ou queda na síntese de compostos fenólicos nas plantas. Foi relatado que em plantas de gênero *Passiflora* uma correlação negativa entre o teor de Nitrogênio foliar e o teor de compostos fenólicos totais, plantas com menores teores de Nitrogênio foram as que apresentaram os maiores teores de fenóis totais (Sousa et al., 2013). Em plantas de maracujazeiro doce, foi observada a mesma relação, porém, para um composto fenólico específico, um flavonoide denominado vitexina (Freitas et al., 2008), indicando que a oferta de minerais às plantas podem não somente afetar o todo, como algum componente específico.

#### 4. TRABALHOS

##### CRESCIMENTO, CARACTERIZAÇÃO DE SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA E TEORES NUTRICIONAIS EM PLANTAS DE *Acmella oleracea* CULTIVADAS SOB OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES E BORO

**Resumo:** O jambu (*Acmella oleracea*) possui o Norte do Brasil como um de seus centros de origem. Esse vegetal é amplamente consumido na culinária regional, porém seu uso vem ganhando espaço devido às suas propriedades medicinais. Apesar de muitos estudos envolverem seus princípios ativos, poucos trabalham com a nutrição mineral da planta. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da omissão de macronutrientes e boro em plantas de *Acmella oleracea*, caracterizando os sintomas visuais manifestados, e avaliando os dados de crescimento e teores nutricionais. As plantas foram crescidas em solução nutritiva completa, após o início do florescimento os tratamentos foram aplicados: Solução Completa, omissão de Nitrogênio, omissão de Fósforo, omissão de Potássio, omissão de Cálcio, omissão de Magnésio, omissão de Enxofre e omissão de Boro. Diariamente as plantas eram avaliadas e todas as alterações fotografadas. A coleta das plantas ocorreu 35 dias após o início dos tratamentos, quando foram

avaliados parâmetros de crescimento (número de capítulos florais, número total de folhas, área foliar, massa seca de hastes e folhas, comprimento de raízes em diferentes classes de diâmetros) e teores nutricionais das Inflorescências, Folhas Novas, Folhas Velhas e das hastes. A omissão permitiu a caracterização dos sintomas de deficiência. Os primeiros sintomas de deficiência observados foram os de omissão de Nitrogênio, seguido pelo de omissão de Enxofre, Cálcio, Potássio, Magnésio, Boro e Fósforo. Pôde-se observar que cada parte da planta analisada apresentou comportamento distinto quanto ao acúmulo de nutrientes. O acúmulo de macronutrientes apresentou-se da seguinte forma: N>K>Ca>P>S>Mg nas Inflorescências, N>K>Ca>S>Mg>P nas Folhas Novas, K>N>Ca>Mg>S>P nas Folhas Velhas e K>N>Ca>Mg>P>S nas hastes. Os tratamentos que causaram maior restrição ao crescimento foram os de omissão de Nitrogênio, seguido pelo de omissão de Cálcio.

**Termos de indexação:** jambu, nutrição mineral, deficiência nutricional.

#### GROWTH, CHARACTERIZATION OF DEFICIENCY SYMPTOMS AND MINERAL NUTRIENTS CONTENTS IN *Acmella oleracea* CULTIVATED UNDER ABSENCE OF MACRONUTRIENTS AND BORO

**Abstract:** The paracress (*Acmella oleracea*) has the Northern of Brazil as one of its centers of origin. This plant is commonly used in the regional cuisine, however its use has been continuously increasing do to its medicinal properties. Although many studies involve their active principles, there are few studies with the plant's mineral nutrition. The objective of this work was to evaluate the effects of some mineral nutrients absence in *Acmella oleracea*, characterizing the visual symptoms, evaluate growth data and nutritional contents. The plants were grown in complete nutrient solution and after the blooming the following treatments were applied: complete solution, absence of Nitrogen, absence of Phosphorus, absence of Potassium, absence of Calcium, absence of Magnesium, absence of Sulfur and absence of Boron. The paracress were examined daily. The plants were harvested 35 days after the beginning of treatments and growth parameters (number of inflorescences, total number of leaves, leaf area, dry mass of stems and leaves, length of roots in different diameter classes) and nutrient contents of

inflorescences, new leaves, old leaves and stems were analysed. The absence allowed the characterization of visual symptoms of deficiency. The first symptom observed was the absence of Nitrogen, followed by the absence of Sulfur, Calcium, Potassium, Magnesium, Boron and Phosphorus. It was observed that each part analyzed presented different behavior regarding the accumulation of nutrients. The accumulation of macronutrients in the inflorescences presented as N > K > Ca > P > S > Mg, in the new leaves N > K > Ca > S > Mg > P, in the old leaves K > N > Ca > Mg > S > P and on the stems K > N > Ca > Mg > P > S. The treatments that caused the greatest growth restriction were the absence of nitrogen, followed by the absence of calcium.

Keywords: paracress, mineral nutrition, nutritional deficiency.

## INTRODUÇÃO

As plantas do gênero *Acmella* são herbáceas e possuem distribuição ao longo do globo terrestre nas diversas regiões tropicais, tendo registro nas Américas, África, Ásia e Oceania (Hind e Biggs, 2003; Silva e Santos, 2011). No Brasil, o jambu (*Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen, sin. *Spilanthes oleracea*, *Spilanthes acmella*) tem ocorrência natural registrada na região da floresta Amazônica (Jansen, 1985). Apesar de apresentar desenvolvimento perene, o jambu é cultivado como erva anual, objetivando a produção de folhas e flores frescas, multiplicado por sementes.

Seu principal consumo dá-se pelo uso culinário em pratos típicos do Norte do país (Borges et al., 2012). Além do uso alimentício, o jambu faz parte de preparos da medicina popular, usado comumente contra problemas dentários e de garganta (Homma et al., 2011). Os estudos voltados para os princípios ativos desta planta relatam efeitos analgésico (Tiwari et al., 2011; Dias et al., 2012; Sharma et al., 2012), antinociceptivo (Rios et al., 2007), anti-inflamatório (Dias et al., 2012), antirruga (Demarne e Passaro, 2009; Borges et al., 2015), antioxidante (Abeyasinghe et al., 2014) e inseticida (Pandey et al., 2007; Ramsewak et al., 1999). Apesar do seu amplo consumo e dos interesses biológicos, Esse vegetal

não consta em listas de produção e comercialização no mercado nacional (Borges et al., 2015).

Devido ao maior interesse pela atividade biológica dessa planta, a maioria dos estudos são voltados para este aspecto. Poucos são os estudos que buscam o manejo nutricional e as possíveis desordens ocasionadas pelas alterações no fornecimento nutricional ao jambu. Nota-se ainda a ausência de estudos que estabeleçam uma relação entre alguns parâmetros de qualidade do vegetal e a resposta quanto à omissão de nutrientes minerais. O manejo nutricional adequado durante o ciclo da cultura afetará tanto a produção quanto a qualidade do produto final (Daflon et al., 2014).

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos da omissão de macronutrientes e Boro em plantas de jambu, caracterizando os sintomas visuais produzidos pelas plantas, avaliando dados de crescimento e teores nutricionais nas diferentes partes do vegetal.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, na cidade de Campos do Goytacazes (21°45'S e 41°17'W, 11 metros de altitude), no período de abril a julho de 2016. Nesse intervalo de tempo, as temperaturas variaram de 13°C a 39°C no local do experimento (HOBO® pro v2 data logger).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e oito tratamentos. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de 6L. Os tratamentos foram baseados na Solução de Hoagland e Arnon (1950) com variações para cada omissão de interesse: Solução Completa (SC), Omissão de Nitrogênio (-N), omissão de Fósforo (-P), omissão de Potássio (-K), omissão de Cálcio (-Ca), omissão de Magnésio (-Mg), omissão de Enxofre (-S) e omissão de Boro (-B) (Tabela 1).

Utilizou-se como substrato areia lavada em solução ácida, adaptação de método utilizado por O'Sullivan e Ernest (2007). Ao final das lavagens o substrato apresentou as seguintes características químicas: pH: 5,5;  $P_{(Mehlich-1)}$ : 2 mg.dm<sup>-3</sup>,  $K_{(Mehlich-1)}$ : 3 mg.dm<sup>-3</sup>, Ca: 0,3 cmolc.dm<sup>-3</sup>; Mg: 0,1 cmolc.dm<sup>-3</sup>; Al: 0,0 cmolc.dm<sup>-3</sup>; H+Al: 2,6 cmolc.dm<sup>-3</sup>; Na: 0,01 cmolc.dm<sup>-3</sup>; C: 0,15%; MO 2,6 g.dm<sup>-3</sup>; Fe: 8,1

mg.dm<sup>-3</sup>; Cu: 0,1 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn: 0,3 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn: 3,1 mg.dm<sup>-3</sup>; S: 3,7 mg.dm<sup>-3</sup> e B: 0,53 mg.dm<sup>-3</sup>.

As mudas foram produzidas em bandejas de 200 células, utilizando areia como substrato. Aos 14 dias após o semeio, quando as plantas já possuíam as primeiras folhas verdadeiras, iniciou-se a aplicação de Solução Completa diluída a um quarto de sua concentração original. Aos 21 dias após o semeio, a diluição passou a ser metade da concentração original e, aos 27 dias após o semeio a concentração da solução aplicada era de três quartos da solução original. Aos 31 dias após o semeio, as plantas foram transferidas para os vasos e diariamente foi fornecida Solução Completa sem diluição.

**Tabela 1.** Soluções estoque utilizadas no preparo das soluções nutritivas completa e deficientes em N, P, K, Ca, Mg, S e B, utilizadas no experimento, baseadas na Solução de Hoagland e Arnon, (1950)

Solução estoque	Tratamentos (mL L <sup>-1</sup> )							
	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O (2 mol L <sup>-1</sup> )	2	-	2	2	-	2	2	2
KNO <sub>3</sub> (2 mol L <sup>-1</sup> )	3	-	3	-	3	3	3	3
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	1	-	-	1	1	1	1	1
MgSO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	2	2	2	2	2	-	-	2
FeEDTA (25 g L <sup>-1</sup> )	1	1	1	1	1	1	1	1
Micro*	1	1	1	1	1	1	1	1
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (25 mM)	1	1	1	1	1	1	1	-
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	0,5	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	0,5
<b>NH<sub>4</sub>Cl (1 mol L<sup>-1</sup>)</b>	-	-	1	-	-	-	1	-
NaNO <sub>3</sub> (2 mol L <sup>-1</sup> )	-	-	-	3	4	-	-	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	2	-	-
MgCl <sub>2</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	2	-
CaCl <sub>2</sub> (2 mol L <sup>-1</sup> )	-	2	-	-	-	-	-	-
KCl (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	4	-	-	-	-	-	-
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	1	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,5 mol L <sup>-1</sup> )	-	1	-	-	-	-	-	-

\*Micro: CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O = 250 mg L<sup>-1</sup>; KCl = 3728 mg L<sup>-1</sup>; MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O = 845 mg L<sup>-1</sup>; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O = 578 mg L<sup>-1</sup>; (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O = 88 mg L<sup>-1</sup>

Aos 35 dias após o transplântio, quando todas as plantas apresentavam Inflorescências, iniciaram-se as aplicações dos tratamentos. Durante a condução do experimento, o desenvolvimento das plantas foi acompanhado e foram

registradas, por fotografia, todas as sintomatologias ocorridas. As plantas foram coletadas 35 dias após o início dos tratamentos, ou seja, aos 101 dias após o semeio.

No momento da coleta realizou-se a separação do material vegetal em folhas novas, folhas velhas, inflorescências, hastes e raízes. Foram contabilizados o número total de folhas e Inflorescências.

A área foliar foi medida por meio do medidor de bancada LI-3100 (LICOR, Lincoln, NE, USA), obtendo o resultado em cm<sup>2</sup>.

As raízes foram digitalizadas por meio de *scanner* (EPSON Expression 10000 XL) e analisadas junto ao software WinRhizo. O *software* foi configurado para analisar o volume das raízes e o comprimento total, em centímetros, em cada classe de diâmetro radicular. Foram configuradas oito classes de diâmetro para avaliação: Classe 1 (0 a 0,5 mm de diâmetro), Classe 2 (0,5 a 1,0 mm de diâmetro), Classe 3 (1,0 a 1,5 mm de diâmetro), Classe 4 (1,5 a 2,0 mm de diâmetro), Classe 5 (2,0 a 2,5 mm de diâmetro), Classe 6 (2,5 a 3,0 mm de diâmetro), Classe 7 (3,0 a 3,5 mm de diâmetro), Classe 8 (>3,5 mm de diâmetro).

Em seguida todo o material foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 40°C, para determinação da massa seca.

O material foi triturado em micromoinho tipo *Willey* e homogeneizado para determinação dos teores nutricionais. Para a determinação do teor de Nitrogênio utilizou-se colorimetria pelo método Nessler (Jackson, 1965). Os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mo e Ni foram determinados após digestão com HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Peters, 2005) e a leitura foi feita em aparelho de espectrometria de emissão atômica (ICPE-9000, Shimadzu).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos omissos foram comparadas às médias do tratamento Completo (SC) pelo teste de Dunnet bilateral a 5% com o *software* SANEST (Zonta et. al, 1984).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Omissão de Nitrogênio:** As primeiras alterações surgiram aos 11 dias após o início dos tratamentos na omissão de nitrogênio, quando as folhas do terço

médio da planta, totalmente expandidas, apresentaram uma tonalidade verde mais clara (Figura 1B) em comparação ao completo (Figura 1A). Os sintomas clássicos de deficiência de nitrogênio descrevem amarelecimento das folhas velhas, seguido pelo amarelecimento de folhas mais novas. Porém, quando a planta apresenta rápido desenvolvimento e uma elevada demanda nutricional nos pontos de crescimento, o metabolismo vegetal pode realocar o nitrogênio das zonas mais próximas para atender a alta demanda desse nutriente (Taiz e Zeiger, 2013). As plantas de jambu apresentavam-se em pleno florescimento, fazendo com que os pontos de crescimentos fossem drenos demasiadamente fortes. Essa mudança na ordem inicial do surgimento clássico dos sintomas de deficiência de nitrogênio foi observada em plantas de pepino, onde os primeiros sintomas foram notados em folhas intermediárias do ramo principal (Carmona et al., 2015).

O nitrogênio é elemento estrutural de aminoácidos e proteínas, dentre outros compostos. Quando ocorre a falta de nitrogênio, as partes mais velhas da planta degradam as proteínas, liberando compostos nitrogenados na planta que são prontamente realocados para pontos de crescimento. Dessa forma a planta compromete suas reservas, prejudicando severamente seu crescimento. O elemento também está ligado diretamente à síntese de clorofila, assim, quando restrito, reflete em distúrbios no cloroplasto e na coloração da planta, explicando o amarelecimento ocorrido (Hawkesford et al., 2012).

Com o agravamento dos sintomas, toda a planta exibiu uma tonalidade amarelecida. As hastes da planta, que normalmente apresentavam coloração verde escura, tornaram-se de um tom róseo avermelhado (Figura 1C). Com a queda na produção de clorofila devido ao desequilíbrio nutricional, outros pigmentos sobressaem nos tecidos vegetais, como observado por Souza et al. (2015), ao caracterizar os tons avermelhados em mudas de amoreira sob deficiência de nitrogênio, provavelmente pelo excesso de antocianinas.

A omissão de nitrogênio foi o tratamento que provocou maior redução nos parâmetros biométricos avaliados. Foi possível observar redução dos capítulos florais em 56,2%, número total de folhas em 52,7%; massa seca total em 52,5%; área foliar em 54,8% (Tabela 2) e volume de raízes em 39,8% (Tabela 3), quando comparadas às plantas do tratamento completo. Quanto à avaliação das classes de raízes, o tratamento sem nitrogênio ocasionou queda no comprimento de raízes de maior diâmetro, não alterando o comprimento das raízes de classes

mais finas (Tabela 3). A importância do elemento para o cultivo do jambu foi relatada por Borges et al. (2013) onde observaram um efeito positivo e crescente, aumentando a produção por área.

Os teores de N sofreram quedas significativas em todas as partes da planta analisada. Nas inflorescências, o teor do tratamento sem nitrogênio reduziu 35,9% em relação ao completo (Tabela 4). Nas folhas novas a restrição de nitrogênio ocasionou queda de 52,6% no teor de N.

**Tabela 2.** Número de inflorescências, número de folhas, massa seca das folhas, área foliar e massa seca das hastes de *Acmella oleracea* cultivada em soluções nutritivas completas e omissas em nutrientes

Tratamentos	Número de Inflorescências	Número de folhas	Massa seca das folhas (g)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Massa seca das hastes (g)
<b>Completo</b>	<b>50,0</b>	<b>238,1</b>	<b>6,0</b>	<b>2520,7</b>	<b>9,2</b>
-N	21,9 <sup>-</sup>	112,6 <sup>-</sup>	2,7 <sup>-</sup>	1138,6 <sup>-</sup>	6,3 <sup>ns</sup>
-P	46,0 <sup>ns</sup>	205,6 <sup>ns</sup>	5,1 <sup>ns</sup>	2675,9 <sup>ns</sup>	8,7 <sup>ns</sup>
-K	35,9 <sup>-</sup>	186,7 <sup>-</sup>	4,9 <sup>ns</sup>	2162,6 <sup>ns</sup>	6,3 <sup>ns</sup>
-Ca	27,9 <sup>-</sup>	155,6 <sup>-</sup>	4,2 <sup>-</sup>	1454,3 <sup>ns</sup>	4,9 <sup>-</sup>
-Mg	36,5 <sup>-</sup>	174,8 <sup>-</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	2391,4 <sup>ns</sup>	6,6 <sup>ns</sup>
-S	39,5 <sup>ns</sup>	185,6 <sup>-</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	2338,1 <sup>ns</sup>	7,5 <sup>ns</sup>
-B	47,1 <sup>ns</sup>	215,1 <sup>ns</sup>	6,1 <sup>ns</sup>	2993,4 <sup>ns</sup>	8,7 <sup>ns</sup>
<b>C.V. (%)</b>	<b>14,5</b>	<b>12,9</b>	<b>16,7</b>	<b>24,4</b>	<b>19,6</b>

Médias seguidas por "ns" não foram significativas; médias seguidas por "-" foram significativamente menores que as observadas no tratamento Completo e médias seguidas por "+" foram significativamente maiores que as observadas no tratamento Completo comparadas pelo teste Dunnett a 5% de significância.

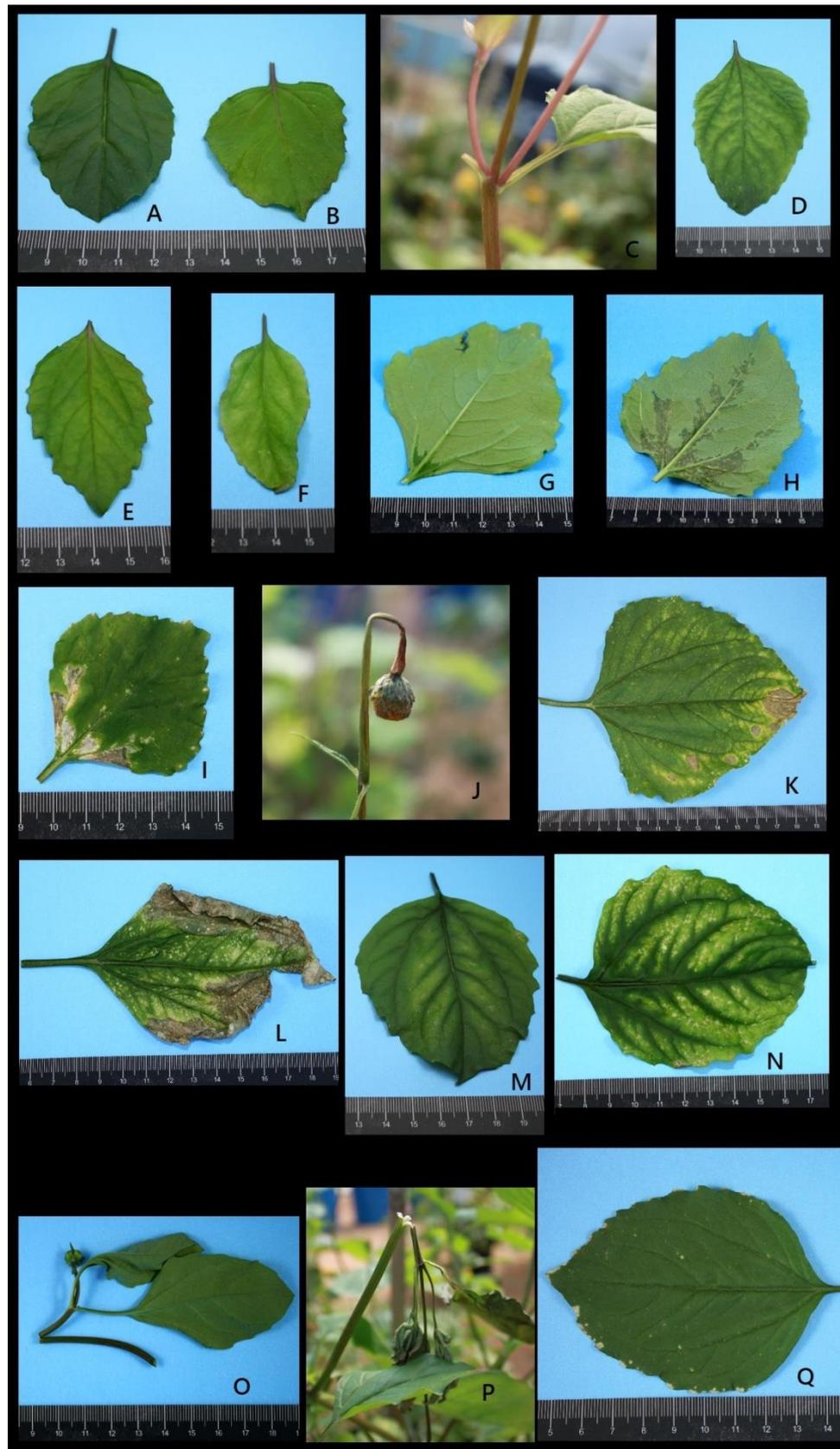
**Omissão de Enxofre:** Aos 13 dias após o início dos tratamentos foi possível observar os primeiros sintomas de deficiência de enxofre. As folhas da parte superior da planta apresentaram manchas amareladas entre as nervuras, iniciando-se na região basal do limbo foliar e evoluindo até o ápice (Figura 1D). Nestas folhas, as depressões ocasionadas pelas nervuras permaneceram de coloração verde mais escura, em contrapartida, as folhas novas que se desenvolveram sob o efeito da omissão apresentaram uma coloração verde clara, com formato mais ovalado e ligeira curvatura no ápice do limbo foliar (Figura 1F). Resultados semelhantes aos encontrados por Almeida et al. (2011) em alface.

Quanto aos parâmetros de crescimento avaliados, ocorreu uma redução de 22% no número total de folhas, em relação às plantas do tratamento completo (Tabela 2).

A maior parte do enxofre metabolizado pelos vegetais irão compor os aminoácidos essenciais cistina, cisteína e metionina, que formarão as proteínas, tornando o enxofre um elemento estrutural (Gigolashvili e Kopriva, 2014), além de participar como grupamento ativo de complexos enzimáticos. Nas folhas, a alta concentração de proteínas está nos cloroplastos, que por consequência irão conter mais altos índices de enxofre orgânico (Hawkesford et al., 2012).

As análises nutricionais indicaram queda nos teores de enxofre das plantas cultivadas sob omissão deste elemento. A maior redução, de 73%, ocorreu nas folhas novas. As hastes apresentaram redução de 61%. Foram observadas reduções ainda de 52% nas folhas velhas e 40% nas inflorescências (Tabela 6).

Os teores de molibdênio apresentaram aumento relevante em todas as partes do vegetal analisadas (Tabela 8). O molibdênio é absorvido pelas plantas na forma iônica  $\text{MoO}_4^{2-}$  (Kaiser et al., 2005), assumindo semelhanças com outros ânions divalentes absorvidos, como por exemplo o sulfato  $\text{SO}_4^{2-}$ , forma na qual o enxofre é absorvido (Hell, 1997). Com a ausência de íons sulfato na solução a competição intra-iônica foi minimizada, favorecendo o aumento nos teores de Mo. O molibdênio está envolvido diretamente no metabolismo enxofre, na redutase do sulfito. Como a planta estava sob deficiência de enxofre, o metabolismo do vegetal foi alterado, o que contribui para o aumento nos teores de molibdênio, uma vez que as plantas tendem a manter uma baixa concentração desse elemento quando seu metabolismo está na máxima capacidade (Freitas Moraes et al., 2008).



**Figura 1:** Manifestação dos sintomas visuais de deficiência em plantas de *A. oleracea*: (A) SC; (B) e (C) Omissão de N; (D), (E) e (F) Omissão de S; (G), (H), (I) e (J) Omissão de Ca; (K) e (L) Omissão de K; (M) e (N) Omissão de Mg; (O) e (P) Omissão de B e (Q) Omissão de P.

**Tabela 3.** Comprimento de raiz, por classe de diâmetro, e volume de raiz por planta de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes

Tratamentos	Classes de diâmetro								Volume de raiz (cm <sup>3</sup> )
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	<b>Comprimento total por classe (cm)</b>								
<b>Completo</b>	<b>6106,2</b>	<b>1633,3</b>	<b>477,7</b>	<b>197,9</b>	<b>81,0</b>	<b>38,8</b>	<b>21,4</b>	<b>33,3</b>	<b>17,8</b>
-N	6155,6 <sup>ns</sup>	1454,2 <sup>ns</sup>	<b>291,6<sup>-</sup></b>	<b>85,7<sup>-</sup></b>	<b>25,1<sup>-</sup></b>	<b>8,1<sup>-</sup></b>	<b>3,6<sup>-</sup></b>	2,7 <sup>ns</sup>	<b>10,7<sup>-</sup></b>
-P	6444,6 <sup>ns</sup>	1777,8 <sup>ns</sup>	508,3 <sup>ns</sup>	208,3 <sup>ns</sup>	83,5 <sup>ns</sup>	38,2 <sup>ns</sup>	21,4 <sup>ns</sup>	31,8 <sup>ns</sup>	18,7 <sup>ns</sup>
-K	<b>2312,8<sup>-</sup></b>	<b>837,9<sup>-</sup></b>	<b>299,5<sup>-</sup></b>	150,7 <sup>ns</sup>	71,0 <sup>ns</sup>	39,1 <sup>ns</sup>	26,4 <sup>ns</sup>	56,9 <sup>ns</sup>	15,9 <sup>ns</sup>
-Ca	<b>3152,3<sup>-</sup></b>	<b>855,3<sup>-</sup></b>	<b>233,8<sup>-</sup></b>	<b>90,4<sup>-</sup></b>	<b>34,2<sup>-</sup></b>	<b>14,6<sup>-</sup></b>	8,7 <sup>ns</sup>	11,5 <sup>ns</sup>	<b>8,2<sup>-</sup></b>
-Mg	<b>3363,3<sup>-</sup></b>	<b>1069,9<sup>-</sup></b>	342,5 <sup>ns</sup>	150,2 <sup>ns</sup>	67,4 <sup>ns</sup>	34,9 <sup>ns</sup>	21,7 <sup>ns</sup>	50,9 <sup>ns</sup>	16,0 <sup>ns</sup>
-S	6197,7 <sup>ns</sup>	1580,7 <sup>ns</sup>	424,0 <sup>ns</sup>	165,7 <sup>ns</sup>	65,6 <sup>ns</sup>	27,8 <sup>ns</sup>	15,1 <sup>ns</sup>	22,6 <sup>ns</sup>	15,2 <sup>ns</sup>
-B	5103,6 <sup>ns</sup>	1448,9 <sup>ns</sup>	439,3 <sup>ns</sup>	189,9 <sup>ns</sup>	81,5 <sup>ns</sup>	39,9 <sup>ns</sup>	23,1 <sup>ns</sup>	44,0 <sup>ns</sup>	17,3 <sup>ns</sup>
<b>CV (%)</b>	21,5	20,9	22,6	24,7	28,9	30,5	39,5	53,8	20,7

As classes se referem ao diâmetro das raízes: Classe 1 (0 a 0,5 mm de diâmetro), Classe 2 (0,5 a 1,0 mm de diâmetro), Classe 3 (1,0 a 1,5 mm de diâmetro), Classe 4 (1,5 a 2,0 mm de diâmetro), Classe 5 (2,0 a 2,5 mm de diâmetro), Classe 6 (2,5 a 3,0 mm de diâmetro), Classe 7 (3,0 a 3,5 mm de diâmetro), Classe 8 (>3,5 mm de diâmetro). Médias seguidas por "ns" não foram significativas; médias seguidas por "-" foram significativamente menores que as observadas no tratamento Completo e médias seguidas por "+" foram significativamente maiores que as observadas no tratamento Completo comparadas pelo teste Dunnett a 5% de significância.

**Omissão de Cálcio:** As plantas do tratamento omissa em cálcio começaram a apresentar anormalidades aos 15 dias após o início dos tratamentos. Os primeiros sintomas observados foram lesões encharcadas na face abaxial do limbo foliar de folhas já expandidas (Figura 1G). O sintoma característico do início da deficiência de cálcio é o aspecto gelatinoso, que é reflexo da falta de pectato de cálcio para a composição da parede celular (Vitti et al., 2006). As lesões evoluíram ao longo das nervuras principais das folhas (Figura 1H), culminando para pontos necróticos escuros (Figura 1I). Juntamente com esses sintomas, as plantas apresentaram maior sensibilidade aos horários mais quentes do dia. O cálcio está ligado ao poder transpiratório das plantas, por meio de participação no controle estomático (Funk e Amatangelo; 2013) e seu desequilíbrio afeta o controle hídrico das plantas.

Com o avançar dos sintomas, as folhas encarquilharam e muitas vezes não recuperavam totalmente o turgor. A haste dos capítulos florais mais jovens sofreram encurvamento, seca e morte (Figura 1J). Este sintoma, como o observado no jambu, é relatado como característico da deficiência de cálcio em *Brassica napus var oleifera* (Süzer et al., 2015).

O número de capítulos florais da omissão de cálcio reduziu em 27%, o número total de folhas reduziu 34%, a massa seca caiu 31%, bem como a massa seca das hastes em 15% (Tabela 2). Dentre os parâmetros de crescimento avaliados, a maior queda relativa foi observada no volume de raízes, onde ocorreu redução de 53% frente ao volume do tratamento Completo. Na omissão de cálcio também ocorreu redução de raízes de calibre mais fino (Tabela 3).

Em relação aos teores dos nutrientes minerais nas inflorescências e nas folhas novas, foram observados comportamentos semelhantes. Nessas partes da planta os teores de cálcio reduziram 59,6% nas inflorescências e 54,8% nas folhas novas (Tabela 5). Foi observado aumento no teor médio de Mg em 36,1% nas inflorescências e 57,7% nas folhas novas. O boro também sofreu aumento significativo nas partes mais jovens da planta, aumentando 54,4% nas inflorescências e dobrando o teor nas folhas novas (Tabelas 7). Nas folhas velhas foi observada queda de 36,8% nos teores de cálcio (Tabela 5), enquanto houve aumento de 49,5% nos teores de Mg (Tabela 6), possivelmente pela redução do efeito antagônico de absorção de elementos com a mesma carga (Venturim et al., 2000). As hastes apresentaram queda de 40,1% nos teores de cálcio (Tabela 5), e aumento nos teores de boro (Tabela 7), potássio (Tabela 5), fósforo e N (Tabela 4), possivelmente devido ao efeito de concentração, uma vez que a massa seca das hastes do tratamento omissivo em cálcio foi o que mais reduziu a massa seca (Tabela 1).

**Omissão de Potássio:** A omissão de potássio começou a afetar visualmente as plantas aos 18 dias após o início dos tratamentos. Inicialmente ocorreu uma clorose internerval nas regiões mais próximas ao ápice das folhas, no terço inferior da planta. A evolução dos sintomas caracterizou-se com a intensificação da clorose, principalmente nos bordos do ápice da folha (Figura 1K), evoluindo para uma necrose de quase toda a folha (Figura 1L). As plantas deficientes em potássio acumulam formas reativas de oxigênio, que podem ocasionar desordem nas membranas e degradação de clorofila, o que justifica a clorose (Cakmak, 2005). A evolução para a necrose ocorre devido ao acúmulo de putrescina vegetal, uma poliamida que provoca efeitos deletérios quando acumulada nas células (Pathak et al., 2014). As plantas desse tratamento mostraram-se extremamente sensíveis ao calor nos horários mais quentes do dia. Isso pode ser atribuído à deficiência de potássio, que é o principal cátion atuante

na regulação hídrica da planta, sobretudo na abertura e fechamento dos estômatos (Almeida et al.; 2014).

**Tabela 4.** Teores de Nitrogênio e Fósforo nas Inflorescências (INF), Folhas Novas (FN), Folhas Velhas (FV) e Hastes (H) de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes

Trat	N				P			
	INF	FN	FV	H	INF	FN	FV	H
	g.kg <sup>-1</sup>				g.kg <sup>-1</sup>			
<b>Completo</b>	<b>33,45</b>	<b>55,45</b>	<b>43,59</b>	<b>20,70</b>	<b>5,55</b>	<b>5,75</b>	<b>6,11</b>	<b>4,54</b>
<b>-N</b>	21,42	26,25	26,58	5,07	5,38 <sup>ns</sup>	4,29	5,69 <sup>ns</sup>	2,78
<b>-P</b>	30,52	51,25 <sup>ns</sup>	42,89 <sup>ns</sup>	21,05 <sup>ns</sup>	3,60	2,23	2,20	0,63
<b>-K</b>	34,35 <sup>ns</sup>	62,98 <sup>+</sup>	46,32 <sup>ns</sup>	28,85 <sup>+</sup>	7,10 <sup>ns</sup>	6,61 <sup>+</sup>	8,43 <sup>+</sup>	4,55 <sup>ns</sup>
<b>-Ca</b>	34,23 <sup>ns</sup>	58,20 <sup>ns</sup>	44,95 <sup>ns</sup>	30,57 <sup>+</sup>	7,04 <sup>ns</sup>	6,26 <sup>ns</sup>	5,91 <sup>ns</sup>	7,34 <sup>+</sup>
<b>-Mg</b>	34,98 <sup>ns</sup>	59,40 <sup>ns</sup>	46,67 <sup>ns</sup>	25,20 <sup>ns</sup>	7,37 <sup>+</sup>	7,36 <sup>+</sup>	9,46 <sup>+</sup>	5,96 <sup>ns</sup>
<b>-S</b>	32,35 <sup>ns</sup>	50,23 <sup>ns</sup>	40,92 <sup>ns</sup>	26,62 <sup>ns</sup>	6,47 <sup>ns</sup>	5,54 <sup>ns</sup>	6,36 <sup>ns</sup>	4,49 <sup>ns</sup>
<b>-B</b>	34,22 <sup>ns</sup>	56,17 <sup>ns</sup>	43,03 <sup>ns</sup>	22,45 <sup>ns</sup>	6,23 <sup>ns</sup>	5,44 <sup>ns</sup>	5,31 <sup>ns</sup>	4,18 <sup>ns</sup>
<b>C.V. (%)</b>	2,80	5,00	4,10	17,00	14,50	6,90	11,10	17,50

Médias seguidas por "ns" não foram significativas; médias seguidas por "-" foram significativamente menores que as observadas no tratamento Completo e médias seguidas por "+" foram significativamente maiores que as observadas no tratamento Completo comparadas pelo teste Dunnett a 5% de significância.

O número de capítulos florais sofreu queda expressiva de 28,2% e o número total de folhas reduziu 21,6% em relação ao tratamento completo (Tabela 2). A importância deste elemento para a produção de capítulos florais foi relatada por Hashemabadi et al (2012), onde nas menores doses de potássio as plantas de calêndula produziram inflorescências em menor quantidade e menor massa. As raízes do jambu apresentaram coloração escurecida e houve redução considerável nas três menores classes avaliadas (Tabela 3). Os íons de potássio estão diretamente ligados ao transporte de fotoassimilados para as zonas de crescimento, o que reduz a emissão de raízes novas.

O teor de K nas inflorescências não sofreu interferência dos tratamentos, já nas folhas novas observou-se queda de 61,2%. Nas folhas velhas, o teor de K diminuiu 52,8% (Tabela 5), enquanto os teores de Ca e Mg elevaram em 28,4%

(Tabela 5) e 57,5% (Tabela 6), respectivamente, como o observado para a omissão de cálcio, sendo justificado pelo antagonismo de absorção. A redução nos teores médios de potássio nas hastes foi de 77,7%, sendo o maior valor percentual observado para a variação deste elemento (Tabela 5). Os teores de K nas diferentes partes analisadas variaram de 30,1 g kg<sup>-1</sup>, nas inflorescências, até 53,4 g kg<sup>-1</sup> nas folhas velhas (Tabela 5). O valor encontrado nas folhas velhas foi abaixo do encontrado em folhas de jambu sob adubação mineral 61g kg<sup>-1</sup>(Borges et al.; 2013) e chicória 67 g kg<sup>-1</sup> (Puga et al.; 2010).

**Tabela 5:** Teores de Potássio (K) e Cálcio (Ca) nas Inflorescências (INF), Folhas Novas (FN), Folhas Velhas (FV) e Hastes (H) de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes

Trat	K				Ca			
	INF	FN	FV	H	INF	FN	FV	H
	g.kg <sup>-1</sup>				g.kg <sup>-1</sup>			
<b>Completo</b>	<b>30,10</b>	<b>39,44</b>	<b>53,39</b>	<b>50,11</b>	<b>5,63</b>	<b>21,09</b>	<b>29,19</b>	<b>10,77</b>
<b>-N</b>	35,53 <sup>ns</sup>	50,56 <sup>+</sup>	65,69 <sup>+</sup>	35,28 <sup>ns</sup>	5,03 <sup>ns</sup>	19,02 <sup>ns</sup>	22,19 <sup>-</sup>	4,03 <sup>-</sup>
<b>-P</b>	32,43 <sup>ns</sup>	46,62 <sup>ns</sup>	61,42 <sup>ns</sup>	41,70 <sup>ns</sup>	6,19 <sup>ns</sup>	20,42 <sup>ns</sup>	26,47 <sup>ns</sup>	7,86 <sup>-</sup>
<b>-K</b>	27,31 <sup>ns</sup>	16,09 <sup>-</sup>	25,17 <sup>-</sup>	11,15 <sup>-</sup>	7,29 <sup>ns</sup>	25,17 <sup>+</sup>	37,49 <sup>+</sup>	10,34 <sup>ns</sup>
<b>-Ca</b>	37,58 <sup>ns</sup>	43,59 <sup>ns</sup>	58,67 <sup>ns</sup>	78,78 <sup>+</sup>	2,27 <sup>-</sup>	9,53 <sup>-</sup>	18,42 <sup>-</sup>	6,46 <sup>-</sup>
<b>-Mg</b>	40,68 <sup>+</sup>	50,67 <sup>+</sup>	71,34 <sup>+</sup>	62,83 <sup>ns</sup>	6,97 <sup>ns</sup>	23,62 <sup>ns</sup>	36,35 <sup>+</sup>	15,12 <sup>+</sup>
<b>-S</b>	34,56 <sup>ns</sup>	44,56 <sup>ns</sup>	59,16 <sup>ns</sup>	40,98 <sup>ns</sup>	6,42 <sup>ns</sup>	24,02 <sup>ns</sup>	33,04 <sup>ns</sup>	11,14 <sup>ns</sup>
<b>-B</b>	32,63 <sup>ns</sup>	39,79 <sup>ns</sup>	56,14 <sup>ns</sup>	40,28 <sup>ns</sup>	6,94 <sup>ns</sup>	22,02 <sup>ns</sup>	33,34 <sup>ns</sup>	11,26 <sup>ns</sup>
<b>C.V. (%)</b>	12,10	9,80	9,10	17,80	14,50	8,10	8,90	12,50

Médias seguidas por "ns" não foram significativas; médias seguidas por "-" foram significativamente menores que as observadas no tratamento Completo e médias seguidas por "+" foram significativamente maiores que as observadas no tratamento Completo comparadas pelo teste Dunnett a 5% de significância.

**Omissão de Magnésio:** As plantas cultivadas em omissão de magnésio apresentaram os primeiros sintomas aos 22 dias após o início dos tratamentos. Inicialmente surgiram regiões cloróticas entre as nervuras secundárias, próximas a nervura principal (Figura 1M), notados primeiramente nas folhas do terço médio da planta. Com o evoluir dos sintomas, a clorose aumentou em direção aos bordos da folha. A clorose ocorre pela deficiência de moléculas de clorofila, uma vez que o magnésio é o elemento central dessa molécula (Verbruggen e

Hermans, 2013). As regiões próximas às nervuras principal e secundária ganharam destaque com o avanço da clorose, apresentando um tom de verde bem mais escuro (Figura 1N). A manutenção da clorofila nas regiões de nervura é comumente visto comparada à clorofila presente no limbo foliar (Taiz e Zeiger, 2013). Ao longo do tempo, algumas regiões cloróticas apresentaram pontuações brancas, indicando necrose do tecido. Além de ser constituinte da molécula de clorofila, o Magnésio é um importante cofator enzimático. Sua ausência, assim como o potássio, ocasiona o acúmulo de formas reativas de oxigênio que resultam em clorose (Verbruggen e Hermans, 2013), e formação de putrescina, que quando acumulada resulta na morte celular (Basso e Smith, 1974).

A omissão de magnésio ocasionou redução no número de capítulos florais em 27%. O número total de folhas apresentou-se 26,5% menor que o tratamento completo (Tabela 2). O tratamento sem magnésio reduziu ainda o comprimento total das duas menores classes de raízes avaliadas (Tabela 3), sugerindo uma redução na emissão de novas raízes.

Nas inflorescências não houve queda nos teores de magnésio quando comparados ao tratamento Completo, nas folhas novas houve redução de 64,4% e nas folhas velhas foi observado redução de 54,3%. A parte da planta que apresentou maior queda no teor de Mg foi a haste, onde observa-se uma redução de 77,5%, enquanto o teor de Ca aumentou 40,4% (Tabela 6). Um comportamento comum notado nas avaliações nutricionais das inflorescências, folhas novas e folhas velhas foi que os teores de potássio aumentaram à medida que o magnésio foi suprimido, a mesma relação foi observada por Souza et al. (2015) em plantas de amoreira cultivadas em solução omissa de nutrientes.

**Omissão de Boro:** As plantas tratadas com solução nutritiva sem adição de boro, iniciaram alguns sintomas aos 28 dias após o início da aplicação do tratamento. As extremidades destas plantas apresentaram pouca resistência mecânica, rompendo-se facilmente, sobretudo abaixo das inflorescências (Figura 1O). As plantas apresentaram regiões quebradiças, facilmente danificadas pelo vento (Figura 1P). A maior importância do boro no metabolismo vegetal é o seu envolvimento na síntese de compostos constituintes da parede celular (pectina, lignina e celulose), e sua ausência compromete a estrutura da parede celular (Moraes et al., 2002), assim as regiões crescidas sob esta deficiência tendem a ser mais frágeis. Algumas brotações recentes, crescidas logo após o início dos

primeiros sintomas, murcharam com maior facilidade, e não retornaram sua total turgidez. A deficiência de boro é frequentemente relacionada à má formação de tecidos vasculares, acarretando distúrbios hídricos em toda a planta, afetando a absorção, translocação e perda de água pelo vegetal (Wimmer e Eichert, 2013).

**Tabela 6:** Teores de Magnésio (Mg) e Enxofre (S) nas Inflorescências (INF), Folhas Novas (FN), Folhas Velhas (FV) e Hastes (H) de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes

Trat	Mg				S			
	INF	FN	FV	H	INF	FN	FV	H
	g.kg <sup>-1</sup>				g.kg <sup>-1</sup>			
<b>Completo</b>	<b>4,45</b>	<b>8,95</b>	<b>11,44</b>	<b>5,49</b>	<b>4,71</b>	<b>10,45</b>	<b>10,81</b>	<b>2,05</b>
<b>-N</b>	4,55 <sup>ns</sup>	9,32 <sup>ns</sup>	<b>8,54</b> <sup>-</sup>	<b>1,98</b> <sup>-</sup>	4,25 <sup>ns</sup>	<b>8,61</b> <sup>-</sup>	10,13 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>
<b>-P</b>	4,35 <sup>ns</sup>	9,19 <sup>ns</sup>	10,97 <sup>ns</sup>	4,62 <sup>ns</sup>	5,09 <sup>ns</sup>	10,06 <sup>ns</sup>	10,86 <sup>ns</sup>	1,52 <sup>ns</sup>
<b>-K</b>	4,88 <sup>ns</sup>	<b>11,90</b> <sup>+</sup>	<b>18,02</b> <sup>+</sup>	<b>7,48</b> <sup>+</sup>	5,34 <sup>ns</sup>	9,00 <sup>ns</sup>	9,59 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>
<b>-Ca</b>	<b>6,06</b> <sup>+</sup>	<b>14,12</b> <sup>+</sup>	<b>17,11</b> <sup>+</sup>	5,03 <sup>ns</sup>	5,08 <sup>ns</sup>	8,94 <sup>ns</sup>	10,67 <sup>ns</sup>	2,57 <sup>ns</sup>
<b>-Mg</b>	3,05 <sup>ns</sup>	<b>3,18</b> <sup>-</sup>	<b>5,22</b> <sup>-</sup>	<b>1,23</b> <sup>-</sup>	5,24 <sup>ns</sup>	<b>8,28</b> <sup>-</sup>	10,42 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>
<b>-S</b>	4,62 <sup>ns</sup>	9,83 <sup>ns</sup>	12,73 <sup>ns</sup>	5,61 <sup>ns</sup>	<b>2,80</b> <sup>-</sup>	<b>2,79</b> <sup>-</sup>	<b>5,21</b> <sup>-</sup>	<b>0,79</b> <sup>-</sup>
<b>-B</b>	4,77 <sup>ns</sup>	9,16 <sup>ns</sup>	13,24 <sup>ns</sup>	6,01 <sup>ns</sup>	5,57 <sup>ns</sup>	10,08 <sup>ns</sup>	11,63 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>
<b>C.V. (%)</b>	15,70	12,70	10,40	18,90	16,50	9,80	8,10	24,10

Médias seguidas por "ns" não foram significativas; médias seguidas por "-" foram significativamente menores que as observadas no tratamento Completo e médias seguidas por "+" foram significativamente maiores que as observadas no tratamento Completo comparadas pelo teste Dunnett a 5% de significância.

Dentro dos parâmetros de crescimento avaliados, não foram observadas diferenças quanto ao tratamento Completo, possivelmente pelo fato de a planta ter acumulado quantidade significativa do nutriente durante o período de fornecimento da solução completa, não possuindo tempo hábil o bastante para maiores manifestações.

Nas inflorescências e nas folhas novas foi possível observar queda nos teores de boro, porém não foram significativas (Tabela 7). Os teores de boro observados nas folhas velhas reduziram 60,4% em relação ao teores observados no tratamento completo (Tabela 7). Apesar de muitos registros sobre a imobilidade do boro, algumas plantas possuem a capacidade de translocar o boro das regiões mais velhas para regiões mais novas e sobretudo para órgãos

reprodutivos (Brown e Shelp, 1997). Nas hastes da planta também foi possível observar redução de 32,4% nos teores médios de boro (Tabela 7).

**Tabela 7:** Teores de Boro (B) e Ferro (Fe) nas Inflorescências (INF), Folhas Novas (FN), Folhas Velhas (FV) e Hastes (H) de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes

Trat	B				Fe			
	INF	FN	FV	H	INF	FN	FV	H
	mg.kg <sup>-1</sup>				mg.kg <sup>-1</sup>			
<b>Completo</b>	<b>39,4</b>	<b>76,4</b>	<b>170,0</b>	<b>18,1</b>	<b>157,7</b>	<b>441,4</b>	<b>707,9</b>	<b>56,3</b>
<b>-N</b>	45,6 ns	138,3 ns	236,8 ns	<b>9,7</b> -	181,0 ns	459,1 ns	715,4 ns	18,8 ns
<b>-P</b>	37,1 ns	95,9 ns	219,0 ns	12,9 ns	216,5 ns	373,4 ns	728,6 ns	32,2 ns
<b>-K</b>	51,4 ns	69,4 ns	189,0 ns	<b>11,8</b> -	209,2 ns	461,6 ns	710,4 ns	68,4 ns
<b>-Ca</b>	<b>60,9</b> +	<b>156,8</b> +	253,1 ns	25,5 +	183,0 ns	481,9 ns	687,4 ns	90,0 ns
<b>-Mg</b>	<b>63,1</b> +	114,8 ns	226,5 ns	19,4 ns	210,7 ns	475,9 ns	744,1 ns	68,8 ns
<b>-S</b>	54,9 ns	131,5 ns	237,3 ns	17,2 ns	154,7 ns	449,1 ns	866,9 ns	59,1 ns
<b>-B</b>	26,7 ns	28,4 ns	<b>67,3</b> -	<b>12,3</b> -	204,2 ns	445,4 ns	850,9 ns	63,2 ns
<b>C.V. (%)</b>	19,5	30,5	23,4	18,3	18,5	25,4	18,3	39,6

Médias seguidas por "ns" não foram significativas; médias seguidas por "-" foram significativamente menores que as observadas no tratamento Completo e médias seguidas por "+" foram significativamente maiores que as observadas no tratamento Completo comparadas pelo teste Dunnett a 5% de significância.

**Omissão de Fósforo:** Os primeiros sintomas da omissão de fósforo foram observados aos 34 dias após o início da aplicação dos tratamentos. As folhas apresentaram uma coloração mais escura que as do tratamento completo. O escurecimento é relatado como o início da demonstração da deficiência de fósforo. Nas folhas mais velhas iniciaram o aparecimento de pequenas pontuações brancas nas extremidades do limbo foliar (Figura 1Q), esses mesmos sintomas foram observados em chicória (Puga et al.; 2010) e pepino (Carmona et al., 2015) cultivados em solução omissa em Fósforo.

As avaliações dos parâmetros de crescimento não mostraram diferenças consideráveis, indicando que assim como o observado para o boro, durante o período de fornecimento de solução completa a planta foi capaz de acumular quantidade de fósforo suficiente para suprir suas necessidades essenciais, sem a manifestação de sintomas mais agudos.

Apesar das manifestações dos sintomas não terem sido tão acentuadas, os teores de fósforo sofreram redução em todas as partes avaliadas. Nas inflorescências e nas folhas novas os teores médios de fósforo reduziram 35,1% e 61,2%, respectivamente (Tabela 4). Nas inflorescências houve redução no teor de nitrogênio no tratamento sem fósforo (Tabela 4), pois a deficiência de fósforo pode afetar diretamente as rotas metabólicas que envolvem o nitrogênio (Lin et al.; 2013). Nas folhas velhas a redução observada foi de 63,9%. A maior redução avaliada foi a observada nas hastes da planta (Tabela 4).

**Tabela 8:** Teores de Molibdênio (Mo) e Níquel (Ni) nas Inflorescências (INF), Folhas Novas (FN), Folhas Velhas (FV) e Hastes (H) de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes

Trat	Mo				Ni			
	INF	FN	FV	H	INF	FN	FV	H
	mg.kg <sup>-1</sup>				mg.kg <sup>-1</sup>			
<b>Completo</b>	<b>0,44</b>	<b>1,40</b>	<b>2,28</b>	<b>1,22</b>	<b>1,62</b>	<b>1,21</b>	<b>2,78</b>	<b>0,98</b>
<b>-N</b>	0,83 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	1,87 <sup>ns</sup>	<b>0,51</b> <sup>-</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	<b>3,09</b> <sup>+</sup>	4,84 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>
<b>-P</b>	0,37 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	<b>0,47</b> <sup>-</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	2,12 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
<b>-K</b>	1,42 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	2,63 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>
<b>-Ca</b>	1,08 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	2,86 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	1,97 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>
<b>-Mg</b>	0,78 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	3,05 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	<b>2,49</b> <sup>+</sup>	2,24 <sup>ns</sup>	3,95 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>
<b>-S</b>	<b>2,82</b> <sup>+</sup>	<b>5,74</b> <sup>+</sup>	<b>5,37</b> <sup>+</sup>	<b>4,42</b> <sup>+</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
<b>-B</b>	0,87 <sup>ns</sup>	1,71 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>
<b>C.V. (%)</b>	53,60	52,90	33,60	17,60	18,90	43,27	73,10	32,30

Médias seguidas por "ns" não foram significativas; médias seguidas por "-" foram significativamente menores que as observadas no tratamento Completo e médias seguidas por "+" foram significativamente maiores que as observadas no tratamento Completo comparadas pelo teste Dunnett a 5% de significância.

## CONCLUSÕES

As plantas submetidas às omissões apresentam a seguinte ordem de surgimento dos sintomas visuais: N; S; Ca; K; Mg; B e P.

Os tratamentos deficientes em nitrogênio e cálcio foram os que mais ocasionaram redução no crescimento.

Plantas crescidas com deficiência de nitrogênio tiveram redução no número de inflorescências, número total de folhas, área foliar, redução no volume radicular e no comprimento das raízes com diâmetro maior que 1mm.

Plantas crescidas com deficiência de cálcio apresentaram redução no número de inflorescências, número total de folhas, massa seca de hastes, volume de raízes e redução no comprimento total de raízes com diâmetro entre 0 e 3mm.

A ordem de acúmulo de nutrientes foi distinta para cada parte avaliada. As inflorescências acumularam nutrientes na ordem N>K>Ca>P>S>Mg; as folhas novas: N>K>Ca>S>Mg>P; as folhas velhas: K>N>Ca>Mg>S>P e as hastes: K>N>Ca>Mg>P>S.

## REFERÊNCIAS

- Abeyasinghe, D. C., Wijerathne, S. M. N. K., Dharmadasa, R. M. (2014). Secondary metabolites contents and antioxidant capacities of *Acmella oleraceae* grown under different growing systems. *World Journal of Agricultural Research*, 2(4), 163-167.
- Almeida, T. B. F., de Mello Prado, R., Correia, M. A. R., Puga, A. P., Barbosa, J. C. (2011). Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Biotemas*, 24(2), 27-36.
- Almeida, E. F. A., Paiva, P. D. D. O., de Carvalho, J. G., Frazão, J. E. M., Oliveira, N. P. (2014). Descriptive analyses of deficiency symptoms in calla lily plants. *Journal of Plant Nutrition*, 38(5), 663-674.
- Basso, L. C., Smith, T. A. (1974). Effect of mineral deficiency on amine formation in higher plants. *Phytochemistry*, 13(6), 875-883.
- Borges, L. S., Goto, R., Lima, G. P. P. (2012) Comparação de cultivares de jambu influenciada pela adubação orgânica. *Horticultura Brasileira*, 30:2261-2267.

- Borges, L. S., Guerrero, A. C., Goto, R., Lima, G. P. P. (2013). Produtividade e acúmulo de nutrientes em plantas de jambu, sob adubação orgânica e mineral. *Semina: Ciências Agrárias*, 83-94.
- Borges, L. S., de Souza Vieira, M. C., Vianello, F., Goto, R., Lima, G. P. P. (2015). Antioxidant compounds of organically and conventionally fertilized jambu (*Acmella oleracea*). *Biological Agriculture & Horticulture*, 32(3), 149-158.
- Brown, P. H., Shelp, B. J. (1997). Boron mobility in plants. *Plant and soil*, 193(1), 85-101.
- Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 521-530.
- Carmona, V. V., Costa, L. C., Cecílio Filho, A. B. (2015) Symptoms of Nutrient Deficiencies on Cucumbers. *International Journal of Plant & Soil Science*, 8 (6): 1-11.
- Daflon, D. G., Freitas, M. S. M., de Carvalho, A. J. C., Monnerat, P. H., Prins, C. L. (2014). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. *Horticultura Brasileira*, 32(01).
- Demarne, F., Passaro, G., (2009) Use of an *Acmella oleracea* extract for the botulinum toxin-like effect thereof in an anti-wrinkle cosmetic composition. *US Patent No.7,531,193 B2*.
- Dias, A. M. A., Santos, P., Seabra, I. J., Júnior, R. N. C., Braga, M. E. M., De Sousa, H. C. (2012). Spilanthol from *Spilanthus acmella* flowers, leaves and stems obtained by selective supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 61, 62-70.

- Freitas Moraes, L. M., Lana, R. M. Q., Mendes, C., Mendes, E., Monteiro, A., Alves, J. F. (2008). Redistribuição de molibdênio aplicado via foliar em diferentes épocas na cultura da soja. *Ciênc.agrotec.*, 32(5).
- Funk, J. L., Amatangelo, K. L. (2013). Physiological mechanisms drive differing foliar calcium content in ferns and Angiosperms. *Oecologia*,173(1), 23-32.
- Gigolashvili, T., Kopriva, S. (2014). Transporters in plant sulfur metabolism. *Frontiers in plant science*,5, 442.
- Hashemabadi, D., Mostofipour, A. A., Berimavandi, A. R., Kaviani, B., Zarchini, M. (2012). Improvement of the yield and essential oils quantitative in calendula (*Calendula officinalis* L.) by using different planting arrangement and potassium fertilizer. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2(3), 147-154.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Møller, I., White, P. (2012) *Functions of macronutrients*. In: Marschner P (ed) Mineral nutrition of higher plants; 3rd edn. Elsevier Ltd., pp 135–189
- Hell, R. (1997). Molecular physiology of plant sulfur metabolism. *Planta*,202(2), 138-148.
- Hind, N., Biggs, N. (2003). Plate 460. *Acmella oleracea* compositae. *Curtis's Botanical Magazine*, 20(1), 31-39.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950) The water culture method for growing plantswithout soils. Berkeley: *California Agricultural Experimental Station*, 347p.
- Homma, A. K. O., Sanches, R. S., Menezes, A. J. E. A., Gusmão, S. A. L. (2011). Etnocultivo do jambu para abastecimento da cidade de Belém, estado do Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 6(12), 125-141.

- Jackson, M. L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498p.
- Jansen, R. K. (1985). The systematics of *Acmella* (Asteraceae-Heliantheae). *Systematic Botany Monographs*, 1-115.
- Kaiser, B. N., Gridley, K. L., Brady, J. N., Phillips, T., Tyerman, S. D. (2005). The role of molybdenum in agricultural plant production. *Annals of botany*, 96(5), 745-754.
- Lin, H. J., Gao, J., Zhang, Z. M., Shen, Y. O., Lan, H., Liu, L., Xiang, K., Zhao, M., Zhou, S., Zhang, Y. Z., Gao, S. B., Pan, G. T. (2013). Transcriptional responses of maize seedling root to phosphorus starvation. *Molecular biology reports*, 40(9), 5359-5379.
- Moraes, L. A. C., Moraes, V. D. F., Moreira, A. (2002). Relação entre a flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(10), 1431-1436.
- O'Sullivan, J. N., Ernest, J. (2007). Nutrient deficiencies in lesser yam (*Dioscorea esculenta*) characterized using constant–water table sand culture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(2), 273-282.
- Pandey, V., Agrawal, V., Raghavendra, K., Dash, A. P. (2007) Strong larvicidal activity of three species of *Spilanthes* (Akarkara) against malaria (*Anopheles stephensi* Liston, *Anopheles culicifacies*, species C) and filaria vector (*Culex quinquefasciatus* Say). *Parasitology Research*, 102:171–174.
- Pathak, M. R., Teixeira da Silva, J. A., Wani, S. H. (2014). Polyamines in response to abiotic stress tolerance through transgenic approaches. *GM crops & food*, 5(2), 87-96.
- Peters, J.B. (2005). *Wisconsin Procedures for Soil Testing, Plant Analysis and Feed & Forage Analysis: Plant Analysis*. Department of Soil Science,

College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension, Madison, WI.

- Puga, A. P., Prado, R. D. M., Correia, M. A. R., Almeida, T. B. (2010). Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional da chicória cultivada em solução nutritiva. *Agrarian*, 3(7), 56-62.
- Ramsewak, R. S., Erickson, A. J., Nair, M. G. (1999) Bioactive N-isobutylamides from the flower buds of *Spilanthes acmella*. *Phytochemistry*, 51:729-732.
- Rios, M. Y., Aguilar-Guadarrama, A. B., Gutierrez, M. D., (2007) Analgesic activity of affinin, an alkaloid from *Heliopsis longipes* (Compositae). *Journal of Ethnopharmacology*, 110:364-367.
- Sharma, A., Kumar, V., Rattan, R.S., Kumar, N., Singh, B., (2012) Insecticidal toxicity of spilanthol from *Spilanthes acmella* Murr. Against *Plutella xylostella* L. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 1568–1572.
- Silva, G. A. D. R., Santos, J. U. M. D. (2011). *Acmella marajoensis* GAR Silva & JUM Santos: Uma nova espécie de Asteraceae para a Amazônia brasileira. *Acta amazônica*, 41(2), 191-194.
- Souza, F. B. M., Pio, R., Coelho, V. A. T., Rodas, C. L., da Silva, I. P. (2015). Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, boro e ferro e composição mineral de amoreira-preta. *Pesquisa Agropecuária Tropical* (Agricultural Research in the Tropics), 45(2).
- Süzer, S. (2015). Effects of plant nutrition on canola (*Brassica napus* L.) growth. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 16(2).
- Taiz, L., Zeiger, E. (2013) *Fisiologia Vegetal*. Armando Molina Diva Júnior et al. (Trads.). 5th ed. Artmed.

- Tiwari, K. L., Jadhav, S. K., Joshi, V. (2011) An updated review on medicinal herb genus *Spilanthes*. *Journal of Chinese Integrative Medicine*, 9(11):1170-1178.
- Venturin, R. P., Bastos, A. R. R., Mendonça, A. V. R., Carvalho, J. D. (2000). Efeito da relação Ca: Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). *Cerne*, 6(1), 30-39.
- Verbruggen, N., Hermans, C. (2013). Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant and soil*, 368(1-2), 87-99.
- Vitti, G. C.; Lima, E.; Cicarone, F. Cálcio, magnésio e enxofre (2006). In: Fernandes, M. S. (Ed.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.299-325.
- Wimmer, M. A., Eichert, T. (2013). Review: mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. *Plant science*, 203, 25-32.
- Zonta, E.P., Machado, A.A., Silveira Junior, P. (1984) *Sistema de análises estatísticas para microcomputadores (SANEST)*. Pelotas: UFP, 151p.

## DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES EM *Acmella oleracea*: TEORES NUTRICIONAIS, COMPOSTOS FENÓLICOS E PRODUÇÃO DE ESPILANTOL

**Resumo:** O jambu (*Acmella oleracea*) possui amplo uso na culinária no Norte do Brasil, sendo recomendado popularmente como fonte de ferro. Além do uso como hortaliça, esta planta é utilizada na medicina popular. O jambu pode ser considerado uma fonte de antioxidantes. Dentre as substâncias encontradas na planta, as *N*-alquilamidas são mencionadas como as principais responsáveis pelas atividades estudadas, sendo o espilantol a principal delas. Este trabalho objetivou avaliar os teores nutricionais, os compostos fenólicos totais, teores de óleos essenciais e a porcentagem relativa de espilantol em plantas de jambu cultivadas em solução nutritiva completa e omissa de macronutrientes e Boro. As plantas foram crescidas em solução nutritiva completa e após o início do florescimento, foram aplicados os seguintes tratamentos: Solução Completa, omissão de Nitrogênio, omissão de Fósforo, omissão de Potássio, omissão de Cálcio, omissão de Magnésio, omissão de Enxofre e omissão de Boro. A coleta das plantas ocorreu 35 dias após o início dos tratamentos. Toda a parte aérea da planta foi seca a 40°C e moída. O teor de Nitrogênio foi determinado por colorimetria e com o reagente Nessler. Os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Mn, Mo, Ni e Zn foram determinados por meio de espectrometria de emissão atômica. Os compostos fenólicos totais foram determinados com o reagente Folin-

Dennis e ácido tânico para a curva padrão. Os óleos essenciais foram extraídos por meio hidroddestilação e a separação realizada com diclorometano. O spilantol foi determinado por meio da injeção no óleo em CG-MS, identificado por meio da biblioteca NIST e obtidas as porcentagens relativas das áreas dos picos. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5%. Os tratamentos aplicados ocasionaram reduções nos teores de todos os nutrientes omitidos. Os teores dos compostos fenólicos observados no tratamento completo demonstram que esta planta pode ser importante fonte de fenóis na dieta humana. Os teores de spilantol sofreram queda significativa na ausência de potássio, o que pode comprometer a qualidade da planta quando o interesse for à produção deste princípio ativo. O fornecimento de nutrientes minerais ocasionaram efeitos significativos tanto nos teores de fenóis quanto nas porcentagens relativas de spilantol.

**Termos de indexação:** jambu, óleos essenciais, alquilamida.

DEFICIENCY OF MINERAL NUTRIENTS IN *Acmella oleracea*:  
PHENOLIC COMPOUNDS AND PRODUCTION OF SPILANTHOL

**Abstract:** The paracress (*Acmella oleracea*) is commonly used in the Northern of Brazil cuisine, being popularly recommended as a source of iron. Besides its use as a vegetable, this plant is used in popular medicine. The paracress can be considered as a source of antioxidants. Among the substances related to its bioactivity, the N-alkylamide are mentioned as the main responsible for the activities studied, with spilanthol being the main source of this activity. The objective of this work was to evaluate total phenolic compounds, essential oils production and relative percentage of spilanthol in paracress plants, grown in complete nutrient solution and absence of macronutrients and boron. The plants were grown in complete nutrient solution and after the blooming the following treatments were applied: complete solution, absence of Nitrogen, absence of Phosphorus, absence of Potassium, absence of Calcium, absence of Magnesium, absence of Sulfur and absence of Boron. The plants were harvested 35 days after

the beginning of treatments. The whole plant was dried at 40 °C and crushed. The nitrogen content was determined by colorimetry and with the Nessler reagent. The P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Mn, Mo, Ni and Zn contents were determined by atomic emission spectrometry. The total phenolic compounds were determined with the Folin-Dennis reagent and the standard curve was made with tannic acid. The essential oil was extracted by hydrodistillation and the separation with dichloromethane. Spilanthol was determined by injection into GC-MS, identified by the NIST library and the relative percentages were obtained by the peak areas. The results were statistically analyzed by the Tukey test, at 5%. The applied treatments reduced the contents of all absent nutrients. The contents of the phenolic compounds observed in the complete treatment demonstrate that this plant can be an important source of phenols. The levels of spilanthol decreased significantly in the absence of potassium, which can reduce the quality of the plant, when there is interest in this active principle. The supply of mineral nutrients provided significant effects, both in phenolic contents and in the relative percentages of spilanthol.

**Keywords:** essential oils, alkylamide, mineral nutrition

## INTRODUÇÃO

O jambu possui amplo uso na culinária do Norte do Brasil, movimentando a economia agrária, sobretudo dos cinturões que abastecem as cidades do Pará (Homma et al., 2011). Além do uso como hortaliça, essa planta é utilizada na medicina popular para tratamentos contra dor de dente, dores de garganta e problemas de anemia na forma de infusões caseiras (Borges et al., 2014).

A planta de jambu é classificada botanicamente como *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen. Pertencente à família Asteraceae possui distribuição ao longo dos trópicos. Por muito tempo esteve inserida no gênero *Spilanthes*, por tal motivo ainda é possível encontrar na literatura sinônimas botânicas como *Spilanthes oleracea* L. e *Acmella oleracea* (*Spilanthes acmella*) var. *oleracea* (L.) C. B. Clarke

ex Hook. f. (Hind e Biggs, 2003; Gilbert e Favoreto, 2010), sendo essas as mais frequentes.

O consumo do jambu é recomendado popularmente por ser fonte de ferro (Aguiar et al., 2014), o que pode levá-lo a ser uma ferramenta no combate e prevenção contra a anemia. A busca por alimentos que agregam benefícios à saúde, incluindo tratamento e prevenção de doenças, tem mostrado crescente demanda (Anjo, 2004). O jambu pode ser considerado um alimento benéfico, pois além de fornecer ferro à dieta, é uma fonte de antioxidantes (Mayara Tania et al., 2015). Os efeitos antioxidantes presentes nos alimentos podem ser atribuídos aos compostos fenólicos (Angelo e Jorge, 2007).

O amplo uso dessa planta na medicina popular incentiva muitos estudos sobre a utilização de extratos e os compostos neles contidos. São relatados efeitos inseticida (Leng et al., 2011), carrapaticida (Castro et al., 2014), antinociceptivo (Nomura et al., 2013), gastroprotetor (Maria-Ferreira et al., 2014), anestésico (Barbas et al., 2016), vasodilatador (Castro Ruiz et al., 2017), além do seu uso na indústria cosmética como antirrugas (Cheng et al., 2015).

Dentre as substâncias encontradas no jambu, as *N*-alquilamidas são mencionadas como as principais responsáveis pelas atividades estudadas. No extrato etanólico de jambu já foram relatadas oito *N*-isobutilamidas, duas 2-metilbutilamidas e uma 2-feniletilamida, sendo a *N*-isobutil-2*E*,6*Z*,8*E*-decatrienamida a mais abundante, também conhecida como espilantol (Boonem et al., 2010). A obtenção e a extração do espilantol de forma natural, objetivando produzir anti-inflamatórios em substituição aos oriundos dos esteróides é uma opção viável, já que poderia evitar os efeitos colaterais provocados pelos medicamentos com origem nos esteróides (Dias et al., 2012a).

Apesar de muitos estudos buscarem elucidar as causas para os efeitos ocasionados pelo jambu, poucos são os estudos agrônômicos que tratam da nutrição mineral e a relação que este fator de manejo possa realizar sobre suas propriedades químicas.

O objetivo deste estudo foi avaliar os teores nutricionais, compostos fenólicos totais, teores de óleos essenciais e a porcentagem relativa de espilantol, presente nos óleos das plantas de jambu, cultivadas em solução nutritiva completa e omissa de macronutrientes e Boro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa de vegetação na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos do Goytacazes-RJ (21°45'S e 41°17'W, 11 metros acima do nível do mar), no período de abril a julho de 2016. Nesse período, as temperaturas variaram entre 13°C mínima absoluta, e 39°C máxima absoluta, no local do experimento (HOBO® pro v2 data logger).

A condução ocorreu em blocos ao acaso, com quatro repetições e oito tratamentos. Cada unidade experimental foi composta por vaso de 6L. Os tratamentos foram baseados na Solução de Hoagland e Arnon (1950) com variações para cada omissão de interesse: Solução Completa (SC), omissão de Nitrogênio (-N), omissão de Fósforo (-P), omissão de Potássio (-K), omissão de Cálcio (-Ca), omissão de Magnésio (-Mg), omissão de Enxofre (-S) e omissão de Boro (-B) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição das soluções nutritivas, completa e deficientes em N, P, K, Ca, Mg, S e B, utilizadas no experimento, baseadas na Solução de Hoagland e Arnon, (1950).

Solução estoque	Tratamentos (mL L <sup>-1</sup> )							
	Completo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-B
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O (2 mol L <sup>-1</sup> )	2	-	2	2	-	2	2	2
KNO <sub>3</sub> (2 mol L <sup>-1</sup> )	3	-	3	-	3	3	3	3
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	1	-	-	1	1	1	1	1
MgSO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	2	2	2	2	2	-	-	2
FeEDTA (25 g L <sup>-1</sup> )	1	1	1	1	1	1	1	1
Micro*	1	1	1	1	1	1	1	1
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (25 mM)	1	1	1	1	1	1	1	-
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	0,5	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	0,5
NH <sub>4</sub> Cl (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	-	1	-	-	-	1	-
NaNO <sub>3</sub> (2 mol L <sup>-1</sup> )	-	-	-	3	4	-	-	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	2	-	-
MgCl <sub>2</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	2	-
CaCl <sub>2</sub> (2 mol L <sup>-1</sup> )	-	2	-	-	-	-	-	-
KCl (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	4	-	-	-	-	-	-
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (1 mol L <sup>-1</sup> )	-	1	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,5 mol L <sup>-1</sup> )	-	1	-	-	-	-	-	-

\*Micro: CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O = 250 mg L<sup>-1</sup>, KCl = 3728 mg L<sup>-1</sup>, MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O = 845 mg L<sup>-1</sup>, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O = 578 mg L<sup>-1</sup>, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O = 88 mg L<sup>-1</sup>

Utilizou-se como substrato areia lavada em solução ácida, adaptação de método utilizado por O'Sullivan e Ernest (2007). Ao final das lavagens, o substrato apresentou as seguintes características químicas: pH: 5,5;  $P_{(Mehlich\ 1)}$ : 2  $mg.dm^{-3}$ ;  $K_{(Mehlich\ 1)}$ : 3  $mg.dm^{-3}$ ; Ca: 0,3  $cmol_c.dm^{-3}$ ; Mg: 0,1  $cmol_c.dm^{-3}$ ; Al: 0,0  $cmol_c.dm^{-3}$ ; H+Al: 2,6  $cmol_c.dm^{-3}$ ; Na: 0,01  $cmol_c.dm^{-3}$ ; C: 0,15%; MO 2,6  $g.dm^{-3}$ ; Fe: 8,1  $mg.dm^{-3}$ ; Cu: 0,1  $mg.dm^{-3}$ ; Zn: 0,3  $mg.dm^{-3}$ ; Mn: 3,1  $mg.dm^{-3}$ ; S: 3,7  $mg.dm^{-3}$  e B: 0,53  $mg.dm^{-3}$ .

As mudas foram produzidas em bandejas de 200 células. Aos 14 dias após o semeio, quando as plantas já possuíam as primeiras folhas verdadeiras, iniciou-se a aplicação de Solução Completa (SC) diluída a um quarto de sua concentração original. Aos 21 dias após o semeio, a diluição foi metade da concentração original e, aos 27 dias após o semeio, a concentração da solução aplicada foi de três quartos da solução original. Aos 31 dias após o semeio as plantas foram transferidas para os vasos e diariamente foi fornecida Solução Completa, sem diluição. Aos 35 dias após o transplante, quando todas as plantas apresentavam inflorescências, iniciaram-se as aplicações dos tratamentos. As plantas foram coletadas 35 dias após o início dos tratamentos, ou seja, aos 101 dias após o semeio.

Todo o material da parte aérea foi coletado e acondicionado em sacos de papel e secos em estufa com circulação de ar forçada, a 40°C. Após a secagem, o material foi triturado em micromoinho tipo Willey e realizadas as análises.

Para a determinação do teor de Nitrogênio amoniacal, o material seco e moído da parte aérea foi digerido em  $H_2SO_4$  p.a. O desenvolvimento da cor foi obtido pelo reagente Nessler e tartarato de sódio com os extratos oriundos da digestão (Jackson, 1965). A leitura foi realizada na faixa 480nm em espectrofotômetro Specord 2010, AnalytikJena.

Os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Mn, Mo, Ni e Zn foram determinados após digestão com  $HNO_3$  (Peters, 2005) e a leitura foi feita em aparelho de espectrometria de emissão atômica (ICPE-9000, Shimadzu).

Para a determinação dos polifenóis totais, amostras da parte aérea sofreram extração em metanol 50% durante uma hora em banho aquecido. Após filtração, foi acrescentado aos extratos o reagente Folin-Dennis. Utilizou-se ácido tânico para a curva padrão (Anderson e Ingram, 1993).

Os óleos essenciais da Parte Aérea, seca e moída, foram extraídos por meio de hidrodestilação. Os vapores foram condensados e coletados por meio de aparato tipo Schilcher (Bailer et al., 2001). O tempo de extração foi de 60 minutos e feito a separação com diclorometano. O diclorometano foi volatilizado em temperatura ambiente, e o óleo, depositado no fundo dos frascos, foi pesado em balança analítica.

Para a determinação do espilantol, o óleo essencial foi analisado em CG-MS (GCMS-QP5050A, Shimadzu). As amostras foram diluídas em hexano e injetado 1 $\mu$ L. As configurações utilizadas foram: coluna DB-5ms de 30m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro, a temperatura de injeção foi de 220°C, a temperatura de interface foi de 240°C. A temperatura inicial foi 110°C por um minuto, acrescida de 3°C até 280°C e mantido por meia hora. O gás carreador utilizado foi o gás hélio, que apresentava a pressão de 56,7 kPa, com um fluxo na coluna de 0,8 mL.min<sup>-1</sup>, a razão split em 20, fluxo total 18,3 mL.min<sup>-1</sup> e fluxo carreador também a 18,3 mL.min<sup>-1</sup>. A identificação foi feita por meio da biblioteca NIST<sup>®</sup> (National Institute of Standards and Technology) do próprio aparelho. Os resultados foram expressos em porcentagem da área do pico de espilantol frente aos outros picos analisados.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% utilizando o software SANEST (Zonta et. al, 1984).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises nutricionais realizadas na parte aérea da planta mostraram diferença significativa para todos os macronutrientes e para o boro, conforme os tratamentos aplicados (Tabelas 2 e 3). O teor de nitrogênio encontrado no tratamento completo ficou abaixo dos teores observados em jambu cultivado em solo e com adubação mineral, onde Farias et al. (2010) relatam teores médios de 38,6 a 43,8 g.kg<sup>-1</sup>, e Borges et al. (2013) relatam 35,1 a 70,5 g.kg<sup>-1</sup> de N por parte aérea de jambu. A diferença pode ser devido às distintas idades da planta, uma vez que as plantas do presente ensaio foram coletadas em idade superior às dos

estudos citados, gerando margem para maior crescimento de ramificações e consequente, diluição do nutriente na massa seca final. As maiores médias dos teores de nitrogênio foram encontradas no tratamento com omissão de potássio. O mesmo comportamento foi relatado no cultivo de alface tratado com soluções omissas em macronutrientes (Almeida et al., 2011). Segundo Santos Pereira et al. (2013), pode existir um efeito de antagonismo entre potássio e nitrogênio, o que explica a correlação negativa entre as absorções.

**Tabela 2:** Teores de macronutrientes na parte aérea de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes.

Tratamentos	----- g.kg <sup>-1</sup> -----					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>SC</b>	26,33 <sup>d</sup>	4,84 <sup>ab</sup>	37,81 <sup>c</sup>	12,45 <sup>bc</sup>	7,19 <sup>bc</sup>	4,44 <sup>ab</sup>
<b>-N</b>	13,39 <sup>e</sup>	3,82 <sup>b</sup>	36,79 <sup>c</sup>	6,90 <sup>d</sup>	4,34 <sup>d</sup>	3,47 <sup>c</sup>
<b>-P</b>	27,74 <sup>d</sup>	1,77 <sup>c</sup>	40,71 <sup>abc</sup>	11,30 <sup>c</sup>	6,69 <sup>c</sup>	4,32 <sup>abc</sup>
<b>-K</b>	35,06 <sup>a</sup>	6,74 <sup>a</sup>	17,44 <sup>d</sup>	14,67 <sup>ab</sup>	10,30 <sup>a</sup>	4,14 <sup>abc</sup>
<b>-Ca</b>	33,41 <sup>ab</sup>	6,59 <sup>a</sup>	53,43 <sup>a</sup>	7,64 <sup>d</sup>	9,02 <sup>ab</sup>	4,51 <sup>ab</sup>
<b>-Mg</b>	32,36 <sup>abc</sup>	6,30 <sup>a</sup>	52,51 <sup>ab</sup>	16,80 <sup>a</sup>	2,84 <sup>d</sup>	3,84 <sup>bc</sup>
<b>-S</b>	28,25 <sup>cd</sup>	5,39 <sup>ab</sup>	42,41 <sup>abc</sup>	13,05 <sup>bc</sup>	7,38 <sup>bc</sup>	1,87 <sup>d</sup>
<b>-B</b>	30,44 <sup>bcd</sup>	4,85 <sup>ab</sup>	40,64 <sup>bc</sup>	13,82 <sup>b</sup>	8,02 <sup>bc</sup>	4,82 <sup>a</sup>
<b>CV (%)</b>	6,4	17,1	13,4	7,9	12,1	9,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente quando comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

As plantas do tratamento Completo apresentaram teor médio de fósforo de 4,84 g.kg<sup>-1</sup>, valor próximo ao encontrado em jambu cultivado em solo com complementação mineral (Borges et al., 2013), porém inferior aos 7,51 g kg<sup>-1</sup> encontrados em plantas cultivadas em solução nutritiva no sistema hidropônico NFT (Farias et al., 2010).

Os teores de potássio observados variaram de 17,4 g.kg<sup>-1</sup>, no tratamento omissa em potássio, até 53,4 g.kg<sup>-1</sup>, no tratamento omissa em cálcio. O contrário pôde ser observado nos teores de Ca, onde o tratamento omissa em potássio acumulou maiores teores de Ca, bem como o tratamento omissa em magnésio. Como todos esses elementos são absorvidos de forma positiva (K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), é comumente observado o acúmulo de um quando ocorre a ausência do outro.

**Tabela 3:** Teores de micronutrientes na parte aérea de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn
	----- mg.kg <sup>-1</sup> -----						
<b>SC</b>	54,46 <sup>b</sup>	5,43 <sup>a</sup>	255,90 <sup>a</sup>	375,16 <sup>a</sup>	1,04 <sup>b</sup>	1,27 <sup>a</sup>	23,75 <sup>a</sup>
<b>-N</b>	53,93 <sup>b</sup>	5,43 <sup>a</sup>	204,65 <sup>a</sup>	341,66 <sup>a</sup>	0,62 <sup>b</sup>	1,03 <sup>a</sup>	22,30 <sup>a</sup>
<b>-P</b>	66,43 <sup>ab</sup>	6,02 <sup>a</sup>	247,40 <sup>a</sup>	376,16 <sup>a</sup>	0,59 <sup>b</sup>	1,09 <sup>a</sup>	24,37 <sup>a</sup>
<b>-K</b>	60,78 <sup>b</sup>	6,98 <sup>a</sup>	270,15 <sup>a</sup>	371,66 <sup>a</sup>	1,50 <sup>b</sup>	1,43 <sup>a</sup>	25,45 <sup>a</sup>
<b>-Ca</b>	85,19 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>	270,15 <sup>a</sup>	447,66 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	1,29 <sup>a</sup>	25,65 <sup>a</sup>
<b>-Mg</b>	73,61 <sup>ab</sup>	5,65 <sup>a</sup>	263,40 <sup>a</sup>	428,91 <sup>a</sup>	1,37 <sup>b</sup>	1,48 <sup>a</sup>	25,42 <sup>a</sup>
<b>-S</b>	60,21 <sup>b</sup>	6,86 <sup>a</sup>	259,65 <sup>a</sup>	327,66 <sup>a</sup>	5,10 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	24,10 <sup>a</sup>
<b>-B</b>	28,86 <sup>c</sup>	5,99 <sup>a</sup>	293,15 <sup>a</sup>	369,41 <sup>a</sup>	1,26 <sup>b</sup>	1,14 <sup>a</sup>	25,42 <sup>a</sup>
<b>CV (%)</b>	15,6	16,2	15,6	20,3	47,8	15,1	17,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente quando comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os compostos fenólicos possuem diversas funcionalidades para o vegetal, entre elas o desenvolvimento de cor, aroma, sustentação e alguns mecanismos de resistência (Treutter, 2010). A síntese desses compostos podem ser estimuladas conforme condições adversas do ambiente (Battestin et al., 2004). De acordo com os valores apresentados na Tabela 4, é possível observar que a variação no fornecimento de nutrientes minerais pode ter provocado alterações nos teores de compostos fenólicos.

As médias observadas para os teores de fenólicos totais em plantas cultivadas em solução completa foram semelhantes aos obtidos por Abeysinghe et al. (2014), que relatam 10,9 g.kg<sup>-1</sup> em plantas de jambu cultivadas a campo e 11,4 g.kg<sup>-1</sup> no em sistema hidropônico. Os teores mais baixos de fenólicos totais aqui apresentados (Tabela 4) mostram-se superiores aos relatados em trabalhos anteriores que avaliaram plantas de jambu cultivadas em solo e adubadas com fontes orgânicas e minerais, onde a variação dos ficou entre 2,7 g a 5,8 g de fenólicos totais por quilo de material seco (Borges et al., 2015).

**Tabela 4:** Teores de compostos fenólicos totais e porcentagem relativa de espilantol na parte aérea de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes.

Tratamentos	Compostos fenólicos totais		Espilantol (%)
	Teores (g.kg <sup>-1</sup> )	Conteúdo (mg.planta <sup>-1</sup> )	
<b>SC</b>	10,02 abc	188,62 ab	13,46 bc
<b>-N</b>	11,03 a	124,24 bc	11,45 c
<b>-P</b>	10,78 ab	190,18 ab	11,71 c
<b>-K</b>	9,56 cde	157,18 abc	7,97 d
<b>-Ca</b>	8,81 de	115,86 c	16,19 ab
<b>-Mg</b>	8,58 e	124,39 bc	13,74 bc
<b>-S</b>	9,29 cde	161,26 abc	17,28 a
<b>-B</b>	9,76 bcd	194,20 a	14,42 abc
<b>CV (%)</b>	4,81	17,80	9,90

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente quando comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

O jambu é considerado como uma fonte promissora de compostos fenólicos, com capacidade antioxidante (Mayara Tania et al., 2015), alcançando valores de fenóis totais superiores aos encontrados em alimentos tidos como importantes fontes de antioxidantes, a exemplo do vinho, que apresenta média de 1,8 g.L<sup>-1</sup> (Dias e Menegon, 2012) e algumas pimentas, como a de pimenta de bode (2,9 g.kg<sup>-1</sup>) e a cumari (3,4 g.kg<sup>-1</sup>) (Melo et al., 2011).

Os maiores valores observados dos teores de compostos fenólicos totais foram no tratamento sem nitrogênio. Analisando os teores de compostos fenólicos totais em espécies do gênero *Passiflora*, Sousa et al. observaram que as espécies que apresentavam os menores teores de nitrogênio mineral nas folhas foram as que exibiram os maiores teores de fenólicos totais. Freitas et al. (2008) observaram aumento de 46% nos teores de vitexina (um composto fenólico) em plantas de maracujá doce cultivadas sob omissão de nitrogênio. O nitrogênio é componente estrutural de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, amidas, entre outros (Hawkesford et al., 2012). A ausência de pode gerar um excedente de esqueletos carbônicos, aumentando o substrato para vias como a do ácido químico e mevalonato que são importantes precursores dos polifenóis (Mann, 2001).

O tratamento com omissão de magnésio foi o que apresentou as menores médias observadas nos teores dos compostos fenólicos. O papel fisiológico mais conhecido do magnésio é sua participação na formação da molécula de clorofila, além de ser importante co-fator enzimático para um grande número de enzimas (Hawkesford et al. 2012). Os primeiros efeitos da deficiência de Mg a nível celular são o acúmulo de amido no cloroplasto (Cakmak e Kirkby, 2008) e aminoácidos nas células, seguido pela diminuição da taxa fotossintética e clorose (Verburggen e Hermans, 2013). As plantas cultivadas no tratamento sem magnésio apresentaram os sintomas característicos da deficiência desse elemento mineral: clorose internerval nas folhas totalmente expandidas, o que caracteriza danos ao aparelho fotossintético da planta. Esses danos são provenientes da quebra da molécula de clorofila para suprir a falta de Mg na planta (Hörtensteiner e Kräutler, 2010), o que acarreta uma queda na produção de fotoassimilados. O magnésio ainda é tido como um importante gerador de gradiente de íons  $H^+$  no exterior das células do feixe vascular. Sem esse gradiente os transportadores, que carregam a sacarose para a redistribuição no floema, são inativados, ocasionando um acúmulo de sacarose no apoplasto (Verburggen e Hermans, 2013). A falta de magnésio ainda prejudica a atividade da Rubisco que, somado ao acúmulo de amido e sacarose, limitam drasticamente o metabolismo da planta. Dessa forma, tanto metabólitos primários quanto os secundários serão reduzidos.

O espilantol é classificado como uma alquilamida. Essas substâncias são produzidas a partir de um ácido graxo e um resíduo de aminoácido (Greger, 1984). O ácido graxo que origina o espilantol aparentemente é derivado dos policetídeos (Christensen e Lam, 1991). Estudos com nitrogênio marcado mostraram a inserção de valina e fenilalanina na síntese de *N*-alquilamida, sugerindo que esses aminoácidos são doadores da parte alquil do composto (Minto e Blackolock, 2008).

A maior porcentagem relativa de espilantol observada foi obtida no tratamento de omissão de enxofre. Após absorção do enxofre pelas raízes, ele é incorporado a esqueletos de carbono formando cisteína e, em seguida, metionina (Raush e Watcher, 2005). Esses aminoácidos, bem como os demais, são utilizados durante o crescimento do vegetal ou como fonte de energia durante algum estresse (Galili et al., 2016). Além de fonte de energia, caso ocorra a deficiência de enxofre, a metionina é degradada liberando o enxofre para uso

celular (Goyer et al., 2007). O catabolismo dos aminoácidos acaba resultando em piruvato, que por sua vez é substrato para a síntese de valina (Blombach et al., 2007) e para a síntese de policetídeos (Mann, 2001), que podem servir de substrato para a síntese do espilantol. O aumento dos compostos de formação do espilantol pode ser a justificativa para o elevado teor encontrado no tratamento omissivo em enxofre.

A presença desta alquilamida é relatada em todas as partes da planta: folhas, hastes e inflorescência, sendo a maior ocorrência relatada nos capítulos florais (Vulpi et al., 2007). Os valores encontrados neste trabalho vão de encontro aos relatados por Vulpi et al. (2007), que encontraram médias de 15,6% de espilantol presente no óleo extraído da parte aérea do jambu. No tratamento Completo, a média observada foi de 13,46%, pouco abaixo do relatado por Vulpi et al. (2007). Os resultados presentes na Tabela 4 foram superiores aos encontrados em Inflorescências de jambu cultivadas com adubação mineral (3,80%) e orgânica (4,07%) (Borges et al., 2012).

O tratamento omissivo em potássio foi o que apresentou menor porcentagem relativa do espilantol, diferindo estatisticamente como a menor média analisada. O potássio é um elemento essencial não estrutural, porém possui importância fisiológica na fotossíntese, na realocação de fotoassimilados, na ativação de enzimas e na manutenção da turgescência (Hawkerford et al., 2012). As plantas deficientes em potássio possuem sua capacidade de fixação de CO<sub>2</sub> extremamente reduzida (Cakmak, 2005). A falta de substrato para a síntese de compostos precursores do espilantol, devido à omissão de potássio, pode ser a causa dos baixos teores encontrados.

O rendimento dos óleos essenciais extraídos foi calculado para 100 g de material seco da parte aérea (MS) e os resultados obtidos não apresentaram diferença (Tabela 5).

**Tabela 5:** Rendimento de óleos essenciais da parte aérea de *Acmella oleracea* cultivadas em solução completa e omissa em nutrientes.

Tratamentos	Rendimento de óleo mg/100 MS
<b>SC</b>	86,0 <sup>a</sup>
<b>-N</b>	86,5 <sup>a</sup>
<b>-P</b>	99,0 <sup>a</sup>
<b>-K</b>	105,3 <sup>a</sup>
<b>-Ca</b>	82,0 <sup>a</sup>
<b>-Mg</b>	86,3 <sup>a</sup>
<b>-S</b>	156,8 <sup>a</sup>
<b>-B</b>	91,8 <sup>a</sup>
<b>CV (%)</b>	54,06

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente quando comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

## CONCLUSÃO

Os tratamentos aplicados ocasionaram reduções nos teores de todos os nutrientes omissos.

Os teores dos compostos fenólicos observados no tratamento completo demonstram que esta planta pode ser importante fonte de fenóis na dieta.

Os teores de espilantol sofreram queda significativa na ausência de potássio, o que pode comprometer a qualidade da planta quando o interesse for a produção desse princípio ativo.

## REFERÊNCIAS

- Abeysinghe, D. C., Wijerathne, S. M. N. K., Dharmadasa, R. M. (2014). Secondary metabolites contents and antioxidant capacities of *Acmella oleraceae* grown under different growing systems. *World Journal of Agricultural Research*, 2(4), 163-167.
- Aguiar, J. P. L., Yuyama, L. K. O., Souza, F. D. C. D. A., Pessoa, A. (2014). Biodisponibilidade do ferro do jambu (*Spilanthes oleracea* L.): estudo em murinos. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 5 (1), 19-24.
- Almeida, T. B. F., de Mello Prado, R., Correia, M. A. R., Puga, A. P., Barbosa, J. C. (2011). Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Biotemas*, 24 (2), 27-36.
- Anderson, J.D., Ingram, J.S.I. Tropical soil biology and fertility. *A handbook of methods*. 2.ed. Walling Ford: CAB International, 1993. 171p.
- Angelo, P. M., Jorge, N. (2007). Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 66(1), 01-09.
- Anjo, D. F. C. (2004). Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. *Jornal Vascular Brasileiro*, 3(2), 145-154.
- Bailer, J., Aichinger, T., Hackl, G., de Hueber, K., Dachler, M. (2001). Essential oil content and composition in commercially available dill cultivars in comparison to caraway. *Industrial crops and products*, 14(3), 229-239.
- Barbas, L. A. L., Maltez, L. C., Stringheta, G. R., de Oliveira Garcia, L., Monserrat, J. M., da Silva, D. T., Heinzman, B. M., Sampaio, L. A. (2017).

Properties of two plant extractives as anaesthetics and antioxidants for juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Aquaculture*,469, 79-87.

Battestin, V., Matsuda, L. K., Macedo, G. A. (2004). Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*,15(1), 63-72.

Blombach, B., Schreiner, M. E., Holátko, J., Bartek, T., Oldiges, M., Eikmanns, B. J. (2007). L-Valine production with pyruvate dehydrogenase complex-deficient *Corynebacterium glutamicum*. *Applied and environmental microbiology*,73 (7), 2079-2084.

Borges, L. S., Vieira, M. A., Marques, M. O., Vianello, F., Lima, G. P. (2012). Influence of organic and mineral soil fertilization on essential oil of *Spilanthes oleracea* cv. jambuarana. *American Journal of Plant Physiology*, 135-142.

Borges, L. S., Guerrero, A. C., Goto, R., Lima, G. P. P. (2013). Produtividade e acúmulo de nutrientes em plantas de jambu, sob adubação orgânica e mineral. *Semina: Ciências Agrárias*, 83-94.

Borges, L. S., Nunes, K. D. N. M., Jacques, R. A., Lima, G. P. P. (2014). Perfil cromatográfico do óleo essencial de jambu identificados por cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas. *Revista Cultivando o Saber*, 254-266.

Borges, L. S., de Souza Vieira, M. C., Vianello, F., Goto, R., & Lima, G. P. P. (2016). Antioxidant compounds of organically and conventionally fertilized jambu (*Acmella oleracea*). *Biological Agriculture & Horticulture*,32 (3), 149-158.

Boonen, J., Baert, B., Burvenich, C., Blondeel, P., De Saeger, S., De Spiegeleer, B. (2010). LC–MS profiling of *N*-alkylamides in *Spilanthes acmella* extract

and the transmucosal behaviour of its main bio-active spilanthol. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 53(3), 243-249.

Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(4), 521-530.

Cakmak, I., Kirkby, E. A. (2008). Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia plantarum*, 133(4), 692-704.

Castro, K. N. C., Lima, D. F., Vasconcelos, L. C., Leite, J. R. S. A., Santos, R. C., Neto, A. P., Costa-Júnior, L. M. (2014). Acaricide activity in vitro of *Acmella oleracea* against *Rhipicephalus microplus*. *Parasitology research*, 113(10), 3697-3701.

Castro-Ruiz, J. E., Rojas-Molina, A., Luna-Vázquez, F. J., Rivero-Cruz, F., García-Gasca, T., Ibarra-Alvarado, C. (2017). Affinin (Spilanthol), Isolated from *Heliopsis longipes*, Induces Vasodilation via Activation of Gasotransmitters and Prostacyclin Signaling Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(1), 218.

Cheng, Y. B., Liu, R. H., Ho, M. C., Wu, T. Y., Chen, C. Y., Lo, I. W., Hou, M. F., Yuan, S. S., Chang, F. R. (2015). Alkylamides of *Acmella oleracea*. *Molecules*, 20(4), 6970-6977.

Christensen, L. P., Lam, J. (1991). Acetylenes and related compounds in Heliantheae. *Phytochemistry*, 30(1), 11-49.

Dias, A. M. A., Santos, P., Seabra, I. J., Júnior, R. N. C., Braga, M. E. M., De Sousa, H. C. (2012). Spilanthol from *Spilanthes acmella* flowers, leaves and stems obtained by selective supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 61, 62-70.

- Dias, S. P., Menegon, R. F. (2012). Comparação do teor de fenólicos totais e da ação antioxidante de sucos industrializados de uva e de vinhos tinto. *Revista Univap*,18(32), 125-133.
- Farias, V. D. S., de Souza, G. T., de Gusmão, S. A. L., Sampaio, I. M. G., Castro, L. N. (2010) Teores de minerais em diferentes variedades de jambú conduzidas em solo e hidroponia NFT em Belém-Pará. *Horticultura Brasileira*, 29(2), S1658-S1664.
- Freitas, M. S. M., Monnerat, P. H., Curcino Vieira, I. J. (2008). Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: Vitexin bioproduction. *Journal of Plant Nutrition*, 31(10), 1844-1854.
- Galili, G., Amir, R., Fernie, A. R. (2016). The regulation of essential amino acid synthesis and accumulation in plants. *Annual review of plant biology*,67, 153-178.
- Gilbert, B., Favoreto, R. (2010). *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen (Asteraceae) Jambu.
- Goyer, A., Collakova, E., Shachar-Hill, Y., Hanson, A. D. (2007).Functional characterization of a methionine  $\gamma$ -lyase in *Arabidopsis* and its implication in an alternative to the reverse trans-sulfuration pathway. *Plant and Cell Physiology*, 48(2), 232-242.
- Greger, H. (1984). Alkamides: Structural Relationships, Distribution and Biological Activity1. *Planta Medica*,50(05), 366-375.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Møller, I., White, P. (2012) *Functions of macronutrients*. In: Marschner P (ed) Mineral nutrition of higher plants; 3rd edn. Elsevier Ltd., pp 135–189
- Hind, N., & Biggs, N. (2003). Plate 460. *Acmella oleracea compositae*. *Curtis's Botanical Magazine*, 20(1), 31-39.

- Hoagland, D.R., Arnon, D.I. (1950) *The water culture method for growing plants without soils*. Berkeley: *California Agricultural Experimental Station*, 347p.
- Homma, A. K. O., Sanches, R. S., Menezes, A. J. E. A., Gusmão, S. A. L. (2011). Etnocultivo do jambu para abastecimento da cidade de Belém, estado do Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 6(12), 125-141.
- Hörtensteiner, S., Kräutler, B. (2010). Chlorophyll breakdown in higher plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 1807(8), 977-988.
- Jackson, M. L. (1965). *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498p.
- Leng, T. C., Ping, N. S., Lim, B. P., Keng, C. L. (2011). Detection of bioactive compounds from *Spilanthes acmella* (L.) plants and its various in vitro culture products. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(3), 371-378.
- Mann, J. (2001) *Secondary Metabolism*. Oxford Science Publications, 2 ed. 374p.
- Maria-Ferreira, D., Da Silva, L. M., Mendes, D. A. G. B., de Almeida Cabrini, D., Nascimento, A. M., Iacomini, M., Cipriani, T. R., Santos, A. R. S., Werner, M. S. P., Baggio, C. H. (2014). Rhamnogalacturonan from *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen: gastroprotective and ulcer healing properties in rats. *PloS one*, 9(1), e84762.
- Mayara Tania, P., Deisiane Del Castelo, B., Alex Bruno Lobato, R., Ryan da Silva, R. (2015). Antioxidant and cytotoxic potential of aqueous crude extract of *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(12), 562-569.
- Melo, C. M. T., Costa, L. A., Bonnas, D. S., Chang, R. (2011). Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de pimentas *Capsicum chinense* (bode), *Capsicum baccatum* variedade praetermissum (cumari) e *Capsicum frutescens* (malagueta). *Enciclopédia Biosfera*, 7(12), 1-6.

- Minto, R. E., Blacklock, B. J. (2008). Biosynthesis and function of polyacetylenes and allied natural products. *Progress in lipid research*, 47(4), 233-306.
- Nomura, E. C. O., Rodrigues, M. R. A., da Silva, C. F., Hamm, L. A., Nascimento, A. M., de Souza, L. M., Cipriane, T. R., Baggio, C. H., de Paula Werner, M. F. (2013). Antinociceptive effects of ethanolic extract from the flowers of *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen in mice. *Journal of ethnopharmacology*, 150(2), 583-589.
- O'Sullivan, J. N., Ernest, J. (2007). Nutrient deficiencies in lesser yam (*Dioscorea esculenta*) characterized using constant-water table sand culture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(2), 273-282.
- Peters, J.B. (2005). *Wisconsin Procedures for Soil Testing, Plant Analysis and Feed & Forage Analysis: Plant Analysis*. Department of Soil Science, College of Agriculture and Life Sciences, University of Wisconsin-Extension, Madison, WI.
- Rausch, T., Wachter, A. (2005). Sulfur metabolism: a versatile platform for launching defence operations. *Trends in plant science*, 10(10), 503-509.
- Rios, M. Y., Olivo, H. F. (2014). Natural and synthetic alkaloids: applications in pain therapy. *Studies in natural products chemistry*, 43, 79-121.
- Santos Pereira, I., Picolotto, L., da Silva Messias, R., da Luz Potes, M., Antunes, L. E. C. (2013). Adubação nitrogenada e características agronômicas em amoreira-preta. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 48(4), 373-380.
- Sousa, L., Heitor, L. C., Santos, P., Freitas, J. A. A., Freitas, M., Freitas, S., Carvalho, A. (2013). Crescimento, composição mineral e fenóis totais de espécies de *Passiflora* em função de fontes nitrogenadas. *Bragantia, Campinas*, 72(3), 247-254.

- Treutter, D. (2010). Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding - visions and constraints. *International journal of molecular sciences*, 11(3), 807-857.
- Verbruggen, N., Hermans, C. (2013). Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant and soil*, 368(1-2), 87-99.
- Vulpi, T. S., Morais, C. P. M., Trindade, A. P. F., Lima, M. H. P., Velozo, L. S. M., Kaplan, M. A. C. (2007). Análise do Óleo Essencial dos Diferentes Órgãos de *Acmella ciliata* Kunth (Asteraceae). *Revista Brasileira de Biociências*, 5(S2), pg-1128.
- Zonta, E.P., Machado, A.A., Silveira Junior, P. (1984) *Sistema de análises estatísticas para microcomputadores (SANEST)*. Pelotas: UFP, 151p.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O jambu (*Acmella oleracea*) possui o Norte do Brasil como um de seus centros de origem. Esse vegetal é amplamente consumido na culinária regional, porém seu uso vem ganhando espaço devido às suas propriedades medicinais. Dentre as substâncias relacionadas à sua bioatividade, uma alquilamida, denominada comumente de espilantol, é tida como principal fonte de atividade. Apesar de muitos estudos envolverem seus princípios ativos, poucos trabalham com a nutrição mineral da planta. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da omissão de macronutrientes e Boro em plantas de *Acmella oleracea*, caracterizando os sintomas visuais manifestados, avaliar os dados de crescimento, teores nutricionais, compostos fenólicos totais, produção de óleos essenciais e porcentagem relativa de espilantol. As plantas foram crescidas em solução nutritiva completa, após o início do florescimento os seguintes tratamentos foram aplicados: Solução Completa, omissão de Nitrogênio, omissão de Fósforo, omissão de Potássio, omissão de Cálcio, omissão de Magnésio, omissão de Enxofre e omissão de Boro. Diariamente as plantas foram avaliadas e os registros foram realizados. A coleta das plantas ocorreu 35 dias após o início dos tratamentos, quando foram avaliados parâmetros de crescimento (número de capítulos florais, número total de folhas, área foliar, massa seca de hastes e folhas, comprimento de raízes em diferentes classes de diâmetros) e teores nutricionais das Inflorescências, Folhas Novas, Folhas Velhas e das Hastes. Em

seguida o material de todas as partes da planta foi reunido e reavaliado os teores nutricionais, compostos fenólicos, teores de óleos essenciais e quantificado a porcentagem relativa de espilantol nos óleos. A omissão permitiu a caracterização dos sintomas visuais de deficiência. Os primeiros sintomas observados foram os da omissão de Nitrogênio, seguidos pelos da omissão de Enxofre, Cálcio, Potássio, Magnésio, Boro e Fósforo. Pôde-se observar que cada parte da planta analisada apresentou comportamento distinto quanto ao acúmulo de nutrientes. O acúmulo de macronutrientes apresentou-se da seguinte forma: N>K>Ca>P>S>Mg nas Inflorescências, N>K>Ca>S>Mg>P nas Folhas Novas, K>N>Ca>Mg>S>P nas Folhas Velhas e K>N>Ca>Mg>P>S nas Hastes. Os tratamentos que causaram maior restrição ao crescimento foi o de omissão de Nitrogênio, seguido pela omissão de Cálcio. A omissão de nutrientes afetou os compostos fenólicos e a porcentagem relativa de espilantol, sendo a omissão de potássio a mais prejudicial ao princípio ativo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeysinghe, D. C., Wijerathne, S. M. N. K., Dharmadasa, R. M. (2014) Secondary metabolites contents and antioxidant capacities of *Acmella oleracea* grown under different growing systems. *World Journal of Agricultural Research*, 2(4):163-167
- Alvarenga, I. C. A., Boldrin, P. F., Pacheco, F. V., Silva, S. T., Bertolucci, S. K. V., Pinto, J. E. B. P. (2015) Effects on growth, essential oil content and composition of the volatile fraction of *Achillea millefolium* L. cultivated in hydroponic systems deficient in macro and microelements. *Scientia Horticulturae*, 197:329-338.
- Amaral, W., Deschamps, C., Favoretto, N., Koeler, H. S., Sheer, A. P., Yamamoto, C., Côcco, C. L. (2008) Desenvolvimento, rendimento e composição de óleo essencial de camomila [*Chamomila recutita* (L.) Rauschert] sob adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 10(4):1:8.

- Aguiar, J. P. L., Yuyama, L. K. O., Souza, F. C. A., Pessoa, A. (2014) Biodisponibilidade do ferro do jambu (*Spilanthus oleracea* L.): estudo em murinos. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 5:19-24.
- Ayanoğlu, F., Mert, A., Kirici, S. (2002) The Effects of Different Nitrogen Doses on *Artemisia annua* L. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 9(4):399-404.
- Battestin, V., Matsuda, L. K., Macedo, G. A. (2004). Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 15(1), 63-72.
- Boonen, J., Baert, B., Burvenich, C., Blondeel, P., Saeger, S., Spiegeleer, B. (2010) LC–MS profiling of *N*-alkylamides in *Spilanthus acmella* extract and the transmucosal behaviour of its main bio-active spilanthol. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 53:243-249.
- Borges, L. S., Goto, R., Lima, G. P. P. (2012a) Comparação de cultivares de jambu influenciada pela adubação orgânica. *Horticultura Brasileira*, 30:2261-2267.
- Borges, L. S., Vieira, M. A. R., Marques, M. O. M., Vianello, F., Lima, G. P. P. L. (2012b) Influence of organic and mineral soil fertilization on essential oil of *Spilanthus oleracea* cv. Jambuarana. *American Journal of Plant Physiology*, 7:135-142.
- Borges, L. S., Guerrero, R. G., Lima, G. P. P. (2013) Produtividade e acúmulo de nutrientes em plantas de jambu, sob adubação orgânica e mineral. *Semina: Ciências agrárias*, 34:83-94.
- Brasil (2010) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Manual de hortaliças não convencionais*. 92p.

- Carmona, V. V., Costa, L. C., Cecílio Filho, A. B. (2015) Symptoms of nutrient deficiencies on cucumbers. *International Journal of Plants & Soil Science*, 8(6):1-11.
- Coutinho, L. N., Aparecido, C.C., Figueiredo, M.B. (2006) Galls and deformation on jambu (*Spilanthes oleraceae*) caused by *Tecaphora spilanthes* (*Ustilaginales*). *Summa Phytopathologica*, 32(3):283-285.
- Chung, K., Kono, Y., Wang, C., Peng, C. (2008) Notes on *Acmella* (*Asteraceae: Heliantheae*) in Taiwan. *Botanical Studies*, 49:73-82.
- Demarne, F., Passaro, G., (2009) Use of an *Acmella oleracea* extract for the botulinum toxin-like effect thereof in an anti-wrinkle cosmetic composition. US Patent No.7,531,193 B2.
- Denchen, A. R., Nachtigall, G. R. (2007) Elementos requeridos à nutrição de plantas in: Novais, R. F., Alvarez V., V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. (eds.) *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1017p.
- Dias, A. M. A., Santos, P., Seabra, R. N. C. Júnior, Braga, M. E. M., De Sousa, H. C. (2012) Spilanthol from *Spilanthes acmella* flowers, leaves and stems obtained by selective supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 61:62-70.
- Dixit, D., Srivastava, N. K., Sharma, S. (2002) Boron deficiency induced changes in translocation of  $^{14}\text{CO}_2$ -photosynthate into primary metabolites in relation to essential oil and curcumin accumulation in turmeric (*Curcuma longa* L.). *Photosynthetica*, 40(1):109-113.
- Dordas, C. (2009) Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). *Industrial crops and products*, 29(2):599-608.

- Dubey, S., Maity, S., Singh, M., Saraf, S. A., Saha, S. (2013) Phytochemistry, Pharmacology and Toxicology of *Spilanthes acmella*: A review. *Advances in Pharmacological Sciences*.
- El-Din, A. A. E., Hendawy, S. F., Aziz, E. E., Omer, E. A. (2010) Enhancing growth, yield and essential oil of caraway plants by nitrogen and potassium fertilizers. *International Journal of Academic Research*, 2(3):192-197.
- Epstein, E., Bloom, A.J. (2004) *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2 ed. Editora Planta: Londrina, 403p.
- Fávaro, E. A. (2008) *Boro e magnésio na produção de óleo essencial de Eucalyptus citriodora e avaliação de teor de clorofila*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal - Agronomia) - Dourados, MS. Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, 54p.
- Favoreto, R., Gilbert, B. (2010) *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen (Asteraceae) – Jambu. *Revista Fitos*, 5(1):83-91.
- Filgueira, F. A. R. (2003) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 412 p.
- Freitas, M. S. M., Martins, M. A., Vieira, M. A. (2004) Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(9):887-894.
- Freitas, M. S. M., Monnerat, P. H., Curcino Vieira, I. J. (2008). Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: Vitexin bioproduction. *Journal of Plant Nutrition*, 31(10), 1844-1854.
- Gusmão, M. T. A., Gusmão, S. A. L. (2013) *Jambu da amazônia (Acmella oleracea (L.) R. K. Jansen): Características gerais, cultivo convencional, orgânico e hidropônico*. Universidade Federal Rural da Amazônia, 135p.

- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Møller, I., White, P. (2012) *Functions of macronutrients*. In: Marschner P (ed) *Mineral nutrition of higher plants*; 3rd edn. Elsevier Ltd., pp 135–189
- Hind, N., Biggs, N. (2003). Plate 460. *Acmella oleracea*: Compositae. *Curtis's Botanical Magazine*, 20(1):31-39.
- Homma, A. K. O., Sanches, R. S., Menezes, A. J. E. A., Gusmão, S. A. L. (2011) Etnocultivo do jambu para o abastecimento da cidade de Belém, estado do Pará. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 6(12):125-141.
- Jansen, R.K. (1985) The systematics of *Acmella* (Asteraceae - Heliantheae). *Systematic Botany Monographs*, 8:1-115.
- Khalid, K. A. (2013) Effect of potassium uptake on the composition of essential oil content in *Calendula officinalis* L. flowers. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(3):189-195.
- Leng, T. C., Ping, N. S., Lim, B. P., Keng, C. L. (2011) Detection of bioactive compounds from *Spilanthes acmella* (L.) plants and its various in vitro culture products. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(3):371-378.
- Lima, T. C. (2015) *Macronutrientes e boro em Cymbopogon citratus (D.C.) STAPF: Composição mineral, sintomas visuais e produção de óleos essenciais*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 122p.
- Maffeis, A. R., Silveira, R. L. V. A., Brito, J. O. (2000) Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis*, 57(1):87-98.
- Mayara Tania, P., Deisiane Del Castillo, B., Alex Bruno Lobato, R., Ryan da Silva, R. (2015). Antioxidant and cytotoxic potential of aqueous crude extract of

*Acmella oleracea* (L.) RK Jansen. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(12), 562-569.

Moreira, P. A., Marchetti, M. E., Vieira, M. C, Novelinho, J. O., Gonçalves, M. C., Robaina, A. D. (2005) Desenvolvimento vegetativo e teor foliar de macronutrientes da calêndula (*Calendula officinalis* L.) adubada com nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 8(1):18-25.

Nurzynska-Wierdak, R., Borowski, B., Dzida, K., Zawislak, G., Kowalski, R. (2013) Essential oil composition of sweet basil cultivars as affected by nitrogen and potassium fertilization. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(4):427-436.

Pandey, V., Agrawal, V., Raghavendra, K., Dash, A. P. (2007) Strong larvicidal activity of three species of *Spilanthes* (Akarkara) against malaria (*Anopheles stephensi* Liston, *Anopheles culicifacies*, species C) and filaria vector (*Culex quinquefasciatus* Say). *Parasitology Research*, 102:171–174.

Pastore Jr., F., Araújo, V. F., Fernandes, E. C., Petry, A. C., Echeverria, R. M., Leite, F. H. F.(2005) *Plantas da Amazônia para produção cosmética: uma abordagem química: 60 espécies do extrativismo florestal não madeireiro da Amazônia*. Brasília, 244p.

Pieris, K. P. P., Silva, G. K. J., Ratnasooriya, W. D. (2001) Analgesic activity of water extract of *Spilanthes acmella* flowers on rats. *Journal of Tropical Medicinal Plants*, 2:201-204.

Poltronieri, M.C., Muller, N.R.M., Poltronieri, L.S. (2000) Recomendações para a produção de jambú: cultivar Nazaré. *Circular Técnica Embrapa Amazônia Oriental*, 11, 13p.

Ramsewak, R. S., Erickson, A. J., Nair, M. G. (1999) Bioactive *N*-isobutylamides from the flower buds of *Spilanthes acmella*. *Phytochemistry*, 51:729-732.

- Ratnasooiya, W. D., Pieris, K. P. P., Samaratunga, U., Jayakody, J. R. A. C. (2004) Diuretic activity of *Spilanthes acmella* flowers in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 91:317-320.
- Rios, M.Y., Aguilar-Guadarrama, A.B., Gutierrez, M.D., (2007) Analgesic activity of affinin, an alkaloid from *Heliopsis longipes* (Compositae). *Journal of Ethnopharmacology*, 110:364-367.
- Rodrigues, D.S., Camargo, M.S., Nomura, E.S., Garcia, V.A., Correa, J.N., Vidal, T.C.M. (2014) Influência da adubação com nitrogênio e fósforo na produção de Jambu, *Acmella oleracea* (L) R.K. Jansen. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 16(1):71-76.
- Sedibe, M. M., Allemann, J. (2012) Yield and quality response of rose geranium (*Pelargonium graveolens* L.) to sulphur and phosphorus application. *South African Journal of Plant and Soil*, 29(3-4):151-156.
- Seo, M. W., Yang, D. S., Kays, S. J., Kim, J. H., Woo, J. H., Park, K. W. (2009) Effects of nutrient solution electrical conductivity and sulfur, magnesium, and phosphorus concentration on sesquiterpene lactones in hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Scientia horticulturae*, 122(3):369-374.
- Sfredo, G. J., Lantmann, A. F. (2007). Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja. *Embrapa Soja. Circular técnica*.
- Sharma, A., Kumar, V., Rattan, R.S., Kumar, N., Singh, B., (2012) Insecticidal toxicity of spilanthol from *Spilanthes acmella* Murr. Against *Plutella xylostella* L. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 1568–1572.
- Silva, G. A. R., Santos, J. U. M. (2011) *Acmella marajoensis* G.A.R. Silva & J.U.M. Santos: uma nova espécie de Asteraceae para a Amazônia brasileira. *Acta Amazônica*, 41(2):191-194.

- Silva Farias, V. D., Souza, G. T., Gusmão, S. A. L., Sampaio, I. M. G., Castro, L. N. (2011) Teores de minerais em diferentes variedades de jambú conduzidas em solo e hidroponia NFT em Belém-Pará. *Horticultura Brasileira*, 29(2): S1658-S1664.
- Sousa, L., Heitor, L. C., Santos, P., Freitas, J. A. A., Freitas, M., Freitas, S., Carvalho, A. (2013). Crescimento, composição mineral e fenóis totais de espécies de Passiflora em função de fontes nitrogenadas. *Bragantia, Campinas*, 72(3), 247-254.
- Szöke, E., Máday, E., Kiss, S. A., Sonnewend, L., Lemberkovics, E. (2004) Effect of magnesium on essential oil formation of genetically transformed and non-transformed chamomile cultures. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(6):763S-767S.
- Taiz, L., Zieger, E. (2004) *Fisiologia Vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 719p.
- Tiwari, K. L., Jadhav, S. K., Joshi, V. (2011) An updated review on medicinal herb genus *Spilanthes*. *Journal of Chinese Integrative Medicine*, 9(11):1170-1178.
- Treutter, D. (2010). Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding visions and constraints. *International journal of molecular sciences*, 11(3), 807-857.
- Wimmer, M. A., Eichert, T. (2013) Review: Mechanisms for boron deficiency: mediated changes in plant water relations. *Plant Science*, 203-204:25-32.