

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

DESENVOLVIMENTO DA VINAGREIRA (*Hibiscus  
sabdariffa* L.) SOB DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO

Autor: Basílio Rogério Júnior

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Miriam Fumiko Fujinawa

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Medeiros dos Santos

Morrinhos – GO

2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

DESENVOLVIMENTO DA VINAGREIRA (*Hibiscus  
sabdariffa* L.) SOB DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO

Autor: Basílio Rogério Júnior  
Orientador: Dr<sup>a</sup>. Miriam Fumiko Fujinawa  
Coorientador: Dr. Paulo Medeiros dos Santos

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração Olericultura.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

RR723d Rogério Júnior, Basílio  
Desenvolvimento da vinagreira (*Hibiscus  
sábdariffa* L.) sob diferentes fontes de potássio /  
Basílio Rogério Júnior; orientadora Miriam Fumiko  
Fujinawa; co-orientadora Paulo Medeiros dos Santos. -  
- Morrinhos, 2019.  
30 p.

Dissertação ( em Programa de Pós-Graduação Mestrado  
Profissional em Olericultura. ) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Morrinhos, 2019.

1. Adubação potássica. 2. Colheita. 3. *Hibiscus  
sábdariffa* L.. 4. Polissulfato de potássio. I.  
Fujinawa, Miriam Fumiko, orient. II. Santos, Paulo  
Medeiros dos, co-orient. III. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC - Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo:

Nome Completo do Autor: Basílio Rogério Júnior

Matrícula: 2017104330410020

Título do Trabalho: Desenvolvimento da vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) em resposta a diferentes fontes de potássio

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_/\_\_/\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos-GO,  
Local

29/\_01\_/2020.  
Data

  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS - GO  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

**ATA Nº/68**  
**BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos vinte e dois dias do mês de agosto do ano de dois mil e dezenove, às 07:20h (sete horas e vinte minutos), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Miriam Fumiko Fujinawa (orientadora), Dr. Lucas Luís Faustino (avaliador externo) e Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alessandra Sousa Nascimento da Silva (avaliadora externa), sob a presidência da primeira, em sessão aberta realizada no auditório da Biblioteca do IF Goiano – Campus Morrinhos, para procederem à avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **Basilio Rogério Junior**, discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Miriam Fumiko Fujinawa, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da Dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na Área de Sistema de Produção em Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidente da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, eu, Miriam Fumiko Fujinawa, orientadora, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Miriam Fumiko Fujinawa  
Presidente da Banca

Dr. Lucas Luís Faustino  
Avaliador Externo  
Pós-Doutorando DOCFIX - Fapeg/Capes

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alessandra Sousa Nascimento da Silva  
Avaliadora Externa  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

DESENVOLVIMENTO DA VINAGREIRA (*Hibiscus  
sabdariffa* L.) SOB DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO


Autor: Basílio Rogério Junior  
Orientadora: Miriam Fumiko Fujinawa

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura-Área de Concentração em Sistema  
de Produção em Olerícolas.

APROVADO em 22 de agosto de 2019.



Profª. Drª. Miriam Fumiko Fujinawa  
Presidente da Banca



Dr. Lucas Luís Faustino  
Avaliador Externo  
Pós-Doutorando DOCFIX - Fapeg/Capes



Profª. Drª. Alexandra Sousa Nascimento da Silva  
Avaliadora Externa  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, sabedoria e persistência no decorrer dessa jornada de estudos e do trabalho.

Aos meus pais, Basílio Castro e Uscelina Cardoso Magalhães Castro, por terem me conduzido sempre no caminho da humildade.

A meu irmão José Valmir, pelo apoio e incentivo.

A minha esposa Maria da Conceição Silva e aos meus filhos Daniel dos Santos e Samuel Basílio pelos momentos de compreensão, carinho, dedicação e força, para que eu pudesse concluir mais uma etapa na vida.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Miriam Fumiko Fujinawa, ao meu coorientador, Prof. Dr. Paulo Medeiros dos Santos e ao Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes, pelas orientações, paciência, confiança e sugestões para realizar esta pesquisa.

Ao meu amigo Roberto Siqueira, que muito contribuiu com suas sugestões e motivação.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus São Luís Maracaná, por ter disponibilizado as estruturas do laboratório de campo e o laboratório de solo para a realização desta pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, pela oportunidade de ter ingressado e concluído o curso de pós-graduação em Olericultura.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Olericultura, pelos ensinamentos, disponibilidade e atenção.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para o desenvolvimento dessa pesquisa.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Basílio Rogério Júnior, filho de Basílio Castro e Uscelina Cardoso Magalhaes Castro, nasceu em 05 de outubro de 1972, na cidade de Mirador – MA, formou-se como Técnico em Agropecuária em 1993, pela Escola Agrotécnica Federal de São Luís – MA. Em 1995 tomou posse com servidor administrativo da mesma escola onde se formou como técnico. Graduou-se em Licenciatura em Ciências Agrárias pelo Centro Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – CEFET-MA em 2003, em março de 2017, iniciou no curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos.



## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3. CAPÍTULO I.....	9
3.1 INTRODUÇÃO .....	11
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.4 CONCLUSÃO: .....	23
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24

## RESUMO

ROGÉRIO JÚNIOR, BASÍLIO. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, agosto 2019. **Desenvolvimento da vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) sob diferentes fontes de potássio.** Orientadora: MIRIAM FUMIKO FUJINAWA. Coorientador: PAULO MEDEIROS DOS SANTOS.

A vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) é uma cultura tradicional da agricultura familiar no Maranhão. Sendo considerada uma hortaliça não convencional cultivada por comunidades tradicionais em especial quilombolas, e desta forma caracterizada como componente cultural e gastronômico. Contudo, há poucas informações de adubação potássica para a cultura no Brasil. O trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo da vinagreira submetida a diferentes épocas de colheitas e fontes de potássio, considerando as variáveis de crescimento, produção e fertilidade do solo. A etapa experimental de campo foi implantada no período de junho a outubro de 2018, em condições de um Latossolo Amarelo distrófico típico de São Luís - MA. Esta etapa foi conduzida em blocos ao acaso com cinco repetições por tratamento, sendo: a) para as variáveis altura da planta, número de ramos laterais, comprimento médio dos ramos laterais, diâmetro do colo da planta e massa seca dos ramos laterais, em arranjo fatorial entre sete fontes de potássio, cloreto de potássio e polisulfato de potássio em diferentes proporções e seis idades de colheita (30, 45, 60, 75, 90, 105 DAT); b) para as variáveis massa seca e teor de potássio da parte aérea, avaliadas exclusivamente aos 105 DAT, adotou-se arranjo fatorial entre sete fontes de potássio e três períodos para colheita (30 e 75; 40 e 90; 60 e 105 DAT); c) e para as variáveis da fertilidade do solo (pH, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H+Al e S), foi adotado delineamento em blocos ao acaso simples considerando-se apenas as sete fontes de potássio aos 105 DAT. Os resultados evidenciaram que ocorreram efeitos significativos entre as idades da planta e as

variáveis altura, número e comprimento médio dos ramos laterais, diâmetro do colo e massa seca dos ramos laterais da planta, considerando-se modelo matemático quadrático. O período de colheita mais tardia (60 e 105 DAT), proporcionou maior acúmulo de massa seca, com menor teor de potássio na parte aérea da planta. E, entre as variáveis fertilidade do solo, avaliadas aos 105 DAT, apenas ocorreu influência das fontes de potássio sobre o teor de potássio disponível, conclui-se que o polisulfato de potássio, aplicado exclusivamente ou associado ao cloreto de potássio, constitui-se como alternativa para adubação potássica considerando desenvolvimento produtivo da vinagreira e o efeito residual da adubação no solo e o período de colheita, representado por 60 e 105 DAT, proporcionou melhor desempenho produtivo da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubação potássica, colheita, *Hibiscus sabdariffa* L., polisulfato de potássio

## ABSTRACT

ROGÉRIO JÚNIOR, BASÍLIO. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, agosto 2019. Growth and production of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in response to harvest times and different potassium sources. Advisor: MIRIAM FUMIKO FUJINAWA. Co-advisor: PAULO MEDEIROS DOS SANTOS.

The roselle plant (*Hibiscus sabdariffa* L.) is a traditional family farming culture in Maranhão. Being considered an unconventional vegetable cultivated by traditional communities, especially quilombolas, and thus characterized as cultural and gastronomic component. However, there is little information on potassium fertilization for this crop in Brazil. The objective of this work was to evaluate the roselle productive performance, submitted to different seasons of harvests and potassium sources, considering the variables of growth, production and soil fertility. The experimental field stage was implemented from June to October 2018, under conditions of a dystrophic Yellow Latosol typical soil of São Luís - MA. This step was carried out in random blocks with five repetitions per treatment, being: a) for the variables plant height, lateral branches number, lateral branches average length, plant neck diameter and lateral branches dry mass, in an arrangement factorial between seven potassium sources, potassium chloride and potassium polysulfate in different proportions and six harvest ages (30, 45, 60, 75, 90, 105 DAT); b) for the variables dry mass and potassium content of the aerial part, evaluated exclusively at 105 DAT, a factorial arrangement was adopted between seven potassium sources and three periods of harvest (30 and 75; 40 and 90; 60 and 105 DAT) ; c) and for soil fertility variables (pH, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H<sup>+</sup> Al and S), a simple randomized block design was adopted considering only the seven potassium sources at 105 DAT. The results showed that there were significant

effects between the ages of the plant and the variables height, number and average length of the lateral branches, neck diameter and lateral branches dry mass of plant, considering the quadratic mathematical model. The later harvest period (60 and 105 DAT), provided greater dry mass accumulation, with lower potassium content in the aerial part of plant. And among the soil fertility variables, evaluated at 105 DAT, there was only influence of potassium sources on the available potassium content, it is concluded that potassium polysulfate, applied exclusively or associated with potassium chloride, is an alternative for potassium fertilization considering the roselle production development and the residual effect of the fertilization on soil and the harvest period, represented by 60 and 105 DAT, that provided a better productive performance of crop.

**KEYWORDS:** potassium fertilization, harvest, *Hibiscus sabdariffa* L., potassium polysulfate

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.), é uma planta (hortaliça/olerícola) tradicional entre produtores da agricultura familiar no Maranhão, constitui-se, uma hortaliça não convencional, o que justifica, em parte, a escassez de pesquisas agronômicas acerca da cultura. Sua relevância, em nível de Maranhão, de outra forma, traduz-se na forte inserção social entre as comunidades tradicionais, em especial quilombolas e em componente cultural gastronômico da culinária maranhense. Neste sentido, há necessidade de ações que contribuam para a sustentabilidade da atividade regional assim como da preservação dos recursos naturais envolvidos na produção da vinagreira, enquanto meio de trabalho, renda de produtores da agricultura familiar e expressão cultural maranhense.

Os solos tropicais apresentam baixa concentração de potássio disponível, sendo o mineral sua principal forma no solo, podendo estar na rede cristalina de minerais primários ou em minerais secundários. Com o intemperismo do solo, os minerais ricos em potássio diminuem, dando lugar às argilas 1:1, como a caulinita, que não tem potássio em sua estrutura (sem referência). Vários fatores afetam a disponibilidade deste nutriente no solo, como teor de argila, temperatura a umidade e secagem do solo e o valor do pH (PRADO, 2008).

O potássio, em geral, é encontrado com teores insuficientes em solos brasileiros e classificado segundo os critérios de disponibilidade para as plantas em relativamente indisponível, lentamente disponível e prontamente disponível. (NACHTIGALL e VAN RAIJ, 2004; TISDALE e NELSON, 1985). O experimento teve o objetivo de avaliar crescimento, teor de potássio e desempenho produtivo da vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L) bem como o estado de fertilidade do solo em função do emprego de

épocas de colheita e diferentes fontes de potássio aplicadas em um Latossolo Amarelo  
Distrófico típico do município São Luís, Maranhão.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Vinagreira

O *Hibiscus sabdariffa* é uma planta pertencente à família Malvaceae, cujo gênero compreende cerca de 200 espécies de plantas. A espécie *H. sabdariffa* L. tem origem muito discutida, alguns autores citam a África Tropical como seu centro de origem, outros afirmam ser a Índia, concretamente, sabe-se que sua distribuição abrange o Continente Africano, Asiático, Europeu e Americano. No Brasil, a vinagreira foi introduzida provavelmente através do tráfico de escravos. É conhecida popularmente como vinagreira, hibisco, hibiscus, rosela, groselha, azedinha, quiabo azedo, caruru-azedo, caruru-da-guiné e quiabo-de-angola (LUZ; SOBRINHO, 1997; BRASIL, 2010).

Por se tratar de uma planta adaptada ao clima quente, desenvolve-se bem em temperatura entre 21° e 35°, cultivada até em temperaturas mais baixas até 18° abaixo desta temperatura tem seu desenvolvimento interrompido. Porém, as regiões quentes e com precipitações anuais entre 800 mm e 1600 mm bem distribuídas são mais adequadas para seu cultivo. Épocas secas e frias são prejudiciais à cultura. O solo ideal para o cultivo deve ser bem drenado, profundo e com alto teor de matéria orgânica, permitindo, com facilidade, a penetração de suas raízes, que são profundas (LUZ; SOBRINHO, 1997; BRASIL, 2010).

Quanto ao fotoperíodo, a vinagreira apresenta reação ambifotoperiódica, florescendo em dias curtos e dias longos, mais permanecendo na forma vegetativa em dias de 16 horas. O fotoperíodo também interfere no desenvolvimento vegetativo das plantas. Em condições de dias curtos, as plantas exibem porte baixo, as folhas são trilobadas até o estágio reprodutivo, quando se formam apenas folhas inteiras. Em



condições de dias longos, as folhas são profundamente pentalobadas em todos os estádios (LUZ; SOBRINHO, 1997).

A vinagreira um arbusto anual vigoroso, podendo atingir até 3 m de altura, com caule verde ou avermelhado. Entretanto, para o uso da planta, efetua-se o manejo com o corte da planta, mantendo-a com cerca de 1 a 2 m de altura. Suas folhas são alternadas, lobada e dentadas e com coloração verde ou púrpura. As flores são branco-amareladas, rosas ou púrpuras, com cálices carnosos vermelhos ou brancos que irão formar os frutos que são pequenas capsulas. (BRASIL, 2010).

Utilizam-se as folhas da vinagreira como hortaliça, que são coletadas logo que a planta atinge 40-50 cm de comprimento. Sendo iniciada colheita para produção de folhas entre 60 a 90 dias sendo colhida manualmente. O estágio reprodutivo (floração e frutificação) torna-se importante quando o cultivo da vinagreira se destina ao aproveitamento das flores, frutos e sementes, para produção de fibras. Os caules são colhidos após a frutificação. Entre 150 a 180 dias. (LUZ; SOBRINHO, 1997; BRASIL, 2010).

## 2.2 Potássio

Os solos tropicais apresentam baixa concentração de potássio disponível, sendo a mineral sua principal forma no solo, podendo estar na rede cristalina de minerais primários ou em minerais secundários. Com o intemperismo do solo, os minerais ricos em potássio diminuem, dando lugar às argilas 1:1, como a caulinita, que não tem potássio em sua estrutura. Vários fatores afetam a disponibilidade deste nutriente no solo, como teor de argila, temperatura o umedecimento e secagem do solo, e o valor do pH (PRADO, 2008).

O potássio, em geral, é encontrado com teores insuficientes em solos brasileiros e classificado segundo os critérios de disponibilidade para as plantas em relativamente indisponível, lentamente disponível e prontamente disponível. (NACHTIGALL e VAN RAIJ, 2004; TISDALE e NELSON, 1985). A maior parte dos solos no Maranhão tem horizontes superficiais de textura arenosa a média, com baixa capacidade de troca de cátions (JACOMINE, 1986) e assim Moura *et al* (2008) chamam atenção para a quantidade, intervalos de aplicação do potássio e sua relação com cálcio e magnésio em solos altamente intemperizados. O potássio como macronutriente essencial às plantas,

tem como principal fonte o cloreto de potássio, fertilizante mineral de elevada solubilidade (BRASIL/DNPM, 2009).

Os sintomas de deficiência são característicos para o nutriente e podem ser considerados como o fim de uma sequência de eventos que começa a nível molecular e evolui até o tecido. Algumas espécies são mais sensíveis que outras a deficiência, seja porque são mais exigentes, seja por terem menor capacidade de absorver o nutriente. Os sintomas de deficiência em K se manifestam primeiramente nas folhas mais velhas, que apresentam margens e pontas cloróticas, evoluindo para a coloração marrom, seguida de necrose do tecido (MALAVOLTA et al., 2006).

O contato íon raiz ocorre pelo caminhamento do K até as raízes pelo fenômeno da difusão, podendo este ser afetado por diversos fatores, tais como: umidade do solo, concentração do íon no solo e idade da planta. A absorção acontece na forma iônica ( $K^+$ ) com a passagem do substrato para uma parte qualquer da célula. Uma vez presente na planta (células do tecido radicular) o K permanece na forma iônica, fato que facilita o seu transporte e redistribuição, por isso, considerado um dos nutrientes mais móveis na planta (PRADO, 2008).

Na planta, ele é altamente móvel, podendo ser facilmente redistribuído e sua participação no metabolismo, possui grande importância como ativador enzimático, regulador da abertura e fechamento dos estômatos, resistência dos vegetais às geadas, regulador do turgor celular e é, ainda, responsável pela qualidade do produto comercial (MALAVOLTA et al., 1997; SANCHEZ, 2007; PRADO, 2008).

Atualmente o cloreto de potássio (KCl) constitui a maior parte dos fertilizantes potássicos, contudo contém apenas cloro e potássio. Por outro lado, há outros minerais, como a langbeinita ( $KMg_2(SO_4)_3$ ), kainita ( $4KCl \cdot MgSO_4 \cdot 11H_2O$ ) e polihalita ( $K_2MgCa_2(SO_4)4H_2O$ ) podem ser explorados como matéria-prima para fabricação de fertilizantes potássicos (SILVA et al 2012; GONCHARIK et al, 2014).

Manning (2018) relata que, a partir 1970, o Reino Unido iniciou a mineração de polihalita, em larga escala ( $20 \text{ Mt.ano}^{-1}$ ), fonte que além do potássio (K) possui cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em sua composição. O mineral tem sido comercializado como polisulfato um produto natural, proveniente de rocha sedimentar, evaporito marinho, cujos depósitos em Yorkshire, no Reino Unido, normalmente consiste em 14%  $K_2O$ ; 19%  $SO_3$ , 6%  $MgO$  e 12%  $CaO$  (TAM et al, 2016). O produto

tem baixa concentração de impurezas (até 5%), incluindo cloreto de sódio, proporcionando liberação lenta de elementos para o solo. Pois é considerado um mineral natural complexo, e que sendo testado como fertilizante foi capaz de promover absorção de Ca, Mg, S e K assim, como crescimento e desenvolvimento similar aos proporcionados por fontes de potássio solúveis quando aplicados em plantas de arroz (*Oryza sativa*) cultivadas em um Latossolo de textura arenosa, em Mato Grosso, Brasil. E que, a partir de 2015, o Ministério da Agricultura autorizou a polihalita como fertilizante. (VALE e SÉRIO, 2017)

Tam *et al* (2016) conduziram um experimento com amendoim (*Arachis hypogaea*, cultivar L14), no distrito de “Phu Cat”, província “Binh Dinh, no Vietnã (país tropical com solos sujeitos à lixiviação intensa) e constataram que o uso do polisulfato proporcionou melhor balanceamento para N, P e K no solo e a melhor produção ocorreu pela aplicação do produto ajustada à dose de 60 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. No Vietnã, distrito “Lam Donh”, o polisulfato associado às recomendações de NPK, proporcionou incrementos para a densidade, peso e tamanho dos botões florais de chá (*Camellia sinensis*), melhorando sensivelmente parâmetros qualitativos como matéria seca, teores de substâncias solúveis, tanino e cafeína, concluíram também que o polisulfato demonstrou capacidade manter a fertilidade do solo, suprir necessidades de Ca e Mg e proporcionar maior produção de biomassa para as plantas (TU, 2018).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, DNPM. Economia Mineral do Brasil. Brasília – DF: DNPM, 2009, 764 p.
- LUZ, F. J. F.; SÁ SOBRINHO, A. F. Vinagreira (*Hibiscus sabdariffa*). In: CARDOSO, M. O. (Coord.) Hortaliças não-convencionais da Amazônia. Brasília: Embrapa – SPI: Manaus: Embrapa CPAA, 1997. p. 63-69.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa – MG, 1999, 359 p.
- CORREIA, L. G.; AVELAR FILHO, J. A. de; NAGAI, H. Quiabo. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa – MG, 1999, p.182.
- FARIAS, T. P.; SOARES, B. L.; MOREIRA, F. M. S. Rhizobia inoculation and liming increase cowpea productivity in Maranhão State. *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringá, v.38, n.3, p. 387-395, 2016.
- GONCHARIK, I.I.; SHEVCHUK, V.V.; KRUT'KO, N.P.; SMYCHNIK, A.D.; KUDINA, O.A. *Russian Journal of Applied Chemistry* ,v. 87, n. 12, p.1804-1809. 2014.
- JACOMINE, P. K. T. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS; SUDENE – DRN, 1986. 964 p. (Embrapa. SNLCS. Boletim de Pesquisa, 35; Brasil. SUDENE. DRN. Série Recursos de Solos, 17).
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, p. 638, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. rev. atual. Piracicaba: POTAFOS, 319p, 1997.
- MANNING, D. A. C. Innovation in Resourcing Geological Materials as Crop Nutrients. *Natural Resources Research*, v.. 27, n.. 2, p. 217-227, April 2018.
- MOURA, E. G.; SILVA, A. J. F.; FURTADO, M. G.; AGUIAR, A. C. F. Avaliação de um sistema de cultivo em aléias em um argissolo franco-arenoso da região amazônica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1735-1742, 2008.
- NACHTIGAL, G. R.; VAN RAIJ, B. Análise e interpretação do potássio no solo. IN: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, p. 93-118, 2004.

PAVULURI, K.; MALLEY, Z; MZIMBIRI, M. K.; LEWIS, T. D.; MEAKIN, R. Evaluation of polyhalite in comparison to muriate of potash for corn grain yield in the Southern Highlands of Tanzania. *African Journal of Agronomy*, v.5, n.3, p. 325-332, 2017.

PRADO, R. M. *Nutrição de plantas*. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 408 p.

RESENDE, A. V. de; MARTINS, E. de S.; OLIVEIRA, C. O. de; SENA, M. C. de; MACHADO, C. T. T.; KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de. Suprimento de potássio e pesquisa de rocha “in natura” na agricultura brasileira. *Espaço & Geografia*, v.29, n. 1, p.19-42, 2006.

SANCHEZ, S. V. Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP). São Paulo. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista Campus Jaboticabal, 63p., 2007.

SATISHA, G.C; GANESHAMURTHY, A.N. Bioefficacy of Polyhalite Application on Yield and Quality of Cabbage and Cauliflower. *e-ifc*, n. 44, p.21-42, March, 2016.

SILVA, A. A. S.; MEDEIROS, M. E.; SAMPAIO, J. A.; GARRIDO, F. M. S. Verdete de cedro do abaeté como fonte de potássio: caracterização, tratamento térmico e reação com CaO. *Revista Matéria*, v. 17, n. 3, p. 1061-1073, 2012.

TAM, H. M., MANH, D. M.; THUAN, T. T.; CUONG, H. H.; PHAM, V. B. Agronomic Efficiency of Polyhalite Application on Peanut Yield and Quality in Vietnam. *e-ifc*, n. 47, p.3-11, December, 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573 p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, D.J. *Soil fertility and fertilizers*. 4 ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754 p.

TU, T. C. Effect of polyhalite on tea productivity and quality on basaltic soil in loam Dong, Vietnam. *International Journal of Science and Research*, v.7, n.1, January, p. 832-834, 2018.

VALE, F.; SÉRIO, D. R. Introducing polyhalite to Brazil: First steps of a new fertilizer. *e-ifc*, n. 48, p.3-11, March, 2017.

## CAPÍTULO I

### **Desenvolvimento da vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) sob diferentes fontes de potássio.**

(Norma de acordo com a revista Pesquisa Agropecuária Tropical)

#### RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo da vinagreira submetida a diferentes épocas de colheitas e fontes de potássio, considerando as variáveis de crescimento, produção e fertilidade do solo. A etapa experimental de campo foi implantada no período de junho a outubro de 2018, em condições de um Latossolo Amarelo distrófico típico de São Luís - MA. Esta etapa foi conduzida em blocos ao acaso com cinco repetições por tratamento, sendo: a) para as variáveis altura da planta, número de ramos laterais, comprimento médio dos ramos laterais, diâmetro do colo da planta e massa seca dos ramos laterais, em arranjo fatorial entre sete fontes de potássio, cloreto de potássio e polisulfato de potássio em diferentes proporções e seis idades de colheita (30, 45, 60, 75, 90, 105 DAT); b) para as variáveis massa seca e teor de potássio da parte aérea, avaliadas exclusivamente aos 105 DAT, adotou-se arranjo fatorial entre sete fontes de potássio e três períodos para colheita (30 e 75; 40 e 90; 60 e 105 DAT); c) e para as variáveis da fertilidade do solo (pH, K<sup>+</sup>, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H+Al e S), foi adotado delineamento em blocos ao acaso simples considerando-se apenas as sete fontes de potássio aos 105 DAT. Os resultados evidenciaram que ocorreram efeitos significativos entre as idades da planta e as variáveis altura, número e comprimento médio dos ramos laterais, diâmetro do colo e massa seca dos ramos laterais da planta,

considerando-se modelo matemático quadrático O período de colheita mais tardia (60 e 105 DAT), proporcionou maior acúmulo de massa seca, com menor teor de potássio na parte aérea da planta. E entre as variáveis fertilidade do solo, avaliadas aos 105 DAT, apenas ocorreu influência das fontes de potássio sobre o teor de potássio disponível, conclui-se que o polisulfato de potássio, aplicado exclusivamente ou associado ao cloreto de potássio, constitui-se como alternativa para adubação potássica considerando desenvolvimento produtivo da vinagreira e o efeito residual da adubação no solo e o período de colheita, representado por 60 e 105 DAT, proporcionou melhor desempenho produtivo da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** adubação potássica, colheita, *Hibiscus sabdariffa* L., polisulfato de potássio

## CHAPTER I

### **Growth and production of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in response to harvest times and different potassium sources.**

(Standard according to the magazine Agricultural Research in the Tropics)

#### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productive performance of the roselle, submitted to different seasons of harvests and potassium sources, considering the variables of growth, production and soil fertility. The experimental field stage was implemented from June to October 2018, under conditions of a dystrophic Yellow Latosol typical soil of São Luís - MA. This step was carried out in random blocks with five repetitions per treatment, being: a) for the variables plant height, lateral branches number, the lateral branches average length, plant neck diameter and lateral branches dry mass, in an arrangement factorial between seven potassium sources, potassium chloride and potassium polysulfate in different proportions and six harvest ages (30, 45, 60, 75, 90, 105 DAT); b) for the variables dry mass and potassium content of the aerial part, evaluated exclusively at 105 DAT, a factorial arrangement was adopted between seven potassium sources and three periods of harvest (30 and 75; 40 and 90; 60 and 105

DAT) ; c) and for soil fertility variables (pH, K +, P, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H + Al and S), a simple randomized block design was adopted considering only the seven potassium sources at 105 DAT. The results showed that there were significant effects between the ages of the plant and the variables height, number and average length of the lateral branches, neck diameter and lateral branches dry mass of plant, considering the quadratic mathematical model. The later harvest period (60 and 105 DAT), provided greater dry mass accumulation, with lower potassium content in the aerial part of the plant. And among the soil fertility variables, evaluated at 105 DAT, there was only influence of potassium sources on the available potassium content, it is concluded that potassium polysulfate, applied exclusively or associated with potassium chloride, is an alternative for potassium fertilization considering the roselle production development and the residual effect of the fertilization on soil and the harvest period, represented by 60 and 105 DAT, that provided a better productive performance of the crop.

**KEYWORDS:** potassium fertilization, harvest, *Hibiscus sabdariffa* L., potassium polysulfate

### 3.1 INTRODUÇÃO

A vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) é uma hortaliça não convencional de uso expressivo em todo o mundo, sendo uma importante fonte de renda para os agricultores rurais, principalmente nos países em desenvolvimento (CISSE et al., 2009; CID-ORTEGA; GUERRERO-BELTRÁN, 2015). Sua distribuição abrange o Continente Africano, Asiático, Europeu e Americano.

No Brasil, é conhecida popularmente como vinagreira, hibísco, hibiscus, rosela, groselha, azedinha, quiabo azedo, caruru-azedo, caruru-da-guiné e quiabo-de-angola (LUZ; SOBRINHO, 1997). É uma cultura tradicional entre produtores da agricultura familiar no Maranhão, onde se traduz na forte inserção social entre as comunidades tradicionais, em especial quilombolas, sendo um componente cultural gastronômico da culinária maranhense. Assim como as demais hortaliças não convencionais, há escassez de pesquisas agronômicas acerca da cultura da vinagreira.

A maior parte dos solos no Maranhão tem horizontes superficiais de textura arenosa a média, com baixa capacidade de troca de cátions (JACOMINE, 1986). Neste



contexto, há pouca disponibilidade de nutrientes, sendo necessária adubação do solo para bom desempenho dos cultivos. Entre os principais macronutrientes, o potássio é exemplo de elemento encontrado com teores insuficientes em solos brasileiros (TISDALE e NELSON, 1985; NACHTIGALL e VAN RAIJ, 2004).

O potássio como macronutriente essencial às plantas tem como principal fonte o cloreto de potássio, fertilizante mineral de elevada solubilidade (BRASIL/DNPM, 2009). Por outro lado, há outros minerais, como a langbeinita, kainita e polihalita, que podem ser explorados como matéria-prima para fabricação de fertilizantes potássicos (SILVA *et al* 2012; GONCHARIK *et al*, 2014).

Vários fatores afetam a disponibilidade deste nutriente no solo, como teor de argila, temperatura o umedecimento e secagem do solo, e o valor do pH (PRADO, 2008). Moura *et al* (2008) chamam atenção para a quantidade, intervalos de aplicação do potássio e sua relação com cálcio e magnésio em solos altamente intemperizados. Neste tipo de solo, fontes com elevada solubilidade, como o cloreto de potássio, podem ter perdas consideráveis por lixiviação.

O Reino Unido iniciou, em 1970, a mineração de polihalita em larga escala (20 Mt.ano<sup>-1</sup>), uma fonte que além do potássio (K) possui cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em sua composição (Manning, 2018). O mineral tem sido comercializado como polisulfato produto natural, proveniente de rocha sedimentar, evaporito marinho, cujos depósitos em Yorkshire, normalmente consiste em 14% K<sub>2</sub>O; 19% SO<sub>3</sub>, 6% MgO e 12% CaO (TAM *et al*, 2016).

O polisulfato de potássio tem baixa concentração de impurezas (até 5%), incluindo cloreto de sódio, proporcionando liberação lenta de elementos para o solo. É considerado um mineral natural complexo, sendo capaz de promover absorção de Ca, Mg, S e K. Quando aplicado em plantas de arroz (*Oryza sativa*) cultivadas em um Latossolo de textura arenosa, no Mato Grosso, resultou em crescimento e desenvolvimento similar aos proporcionados por fontes de potássio solúveis (VALE e SÉRIO, 2017). A partir de 2015, o Ministério da Agricultura do Brasil autorizou a polihalita ou polisulfato de potássio como fertilizante.

Tam *et al* (2016) conduziram um experimento com amendoim (*Arachis hypogaea*, cultivar L14), no distrito de “Phu Cat”, província “Binh Dinh, no Vietnã (país tropical com solos sujeitos à lixiviação intensa) e constataram que o uso do

polisulfato proporcionou melhor balanceamento para N, P e K no solo e a melhor produção ocorreu pela aplicação do produto ajustada à dose de 60 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. No mesmo país, distrito “Lam Donh”, o polisulfato associado às recomendações de NPK, proporcionou incrementos para a densidade, peso e tamanho dos botões florais de chá (*Camellia sinensis*), melhorando sensivelmente parâmetros qualitativos como matéria seca, teores de substâncias solúveis, tanino e cafeína (PVFCCO, 2016). Também se observou que o polisulfato demonstrou capacidade manter a fertilidade do solo, suprir necessidades de Ca e Mg, e proporcionar maior produção de biomassa para as plantas.

O experimento teve o objetivo de avaliar crescimento, teor de potássio e desempenho produtivo da vinagreira (*Hibiscus sabdariffa* L.) bem como o estado de fertilidade do solo em função do emprego de épocas de colheita e diferentes fontes de potássio aplicadas em um Latossolo Amarelo distrófico típico do município São Luís, Maranhão.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de junho a outubro de 2018, no Instituto Federal do Maranhão – Campus São Luís, Maracanã, localizado no município de São Luís – Maranhão (2°36'35,94” Sul, 44°15'52,02” Oeste) com altitude de 34 metros.

A região apresenta temperatura média anual de 27°C e precipitação média anual de 1.800 mm. O clima da região é do tipo B1 Aw, caracterizado como úmido, com escassez de água no inverno, entre os meses de julho a dezembro (LABGEO/UEMA, 2002).

O experimento foi instalado em um Latossolo Amarelo distrófico típico (FARIAS, 2016), e conforme a análise física do solo a textura é franco-arenosa e sua composição granulometria eram areia grossa 25%, areia fina 54%, argila 16% e silte 5%, estando o estado de fertilidade da camada 0-20 cm assim caracterizado: pH (em água) - 5,0; M.O (g dm<sup>-3</sup>) - 0,89; P (Melich) - 1,5 mg dm<sup>-3</sup>, K+ (Melich) - 0,03 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> - 0,52 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> - 0,16 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al - 12,42 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; S - 15,02 mg dm<sup>-3</sup>.

Foi utilizada uma área de 18 m x 40 m, em condição de pousio, sendo correção de acidez do solo feita conforme recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes

em Minas Gerais (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999) pelo método da neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e da elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Adotou-se como referência a cultura do quiabo, da mesma família botânica da vinagreira (*Malvaceae*), de modo a elevar para  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  os teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ . Foi aplicado calcário dolomítico, incorporado a 20 cm de profundidade, utilizando-se grade aradora.

Foi instalado sistema de irrigação localizada, empregando-se uma fita gotejadora por linha de plantio, com emissores a cada 0,10 m e vazão de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$ . A umidade do solo foi mantida próxima da capacidade de campo, considerando-se 0,20 m para profundidade efetiva do sistema radicular.

As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno de 250 células, utilizando-se sementes da cultivar de folhagem verde e húmus de minhoca como substrato. Ao atingir altura entre 15 e 20 cm, as mudas foram transplantadas para o local definitivo aos 30 dias após a germinação e submetidas ao controle de ervas espontâneas por capinas manuais.

As covas foram abertas com dimensões de 0,20m x 0,20m x 0,20m, com espaçamento de 1,00m x 0,50m. Para adubação de plantio foi aplicada 20% da dose de nitrogênio, toda a dose de fósforo e 40% da dose de potássio segundo recomendações de Correia et al. (1999) para a cultura do quiabo. Para a adubação de cobertura optou-se pelo parcelamento dos 80% da dose de nitrogênio e dos 60% da dose de potássio, realizado em duas ocasiões, aos 10 dias e 20 dias após o transplântio (DAT).

Foi aplicado o fertilizante sulfato de amônio como fonte de nitrogênio e o superfosfato simples para fornecimento do fósforo. Como adubação potássica foram adotados os fertilizantes cloreto de potássio (KCl) e polisulfato de potássio (PSK), aplicados de modo exclusivo ou associado, constituindo-se em sete fontes de potássio:

- I) 0% polisulfato de potássio + 0% cloreto de potássio (Testemunha);
- II) 100% polisulfato de potássio + 0% cloreto de potássio (PSK<sub>100</sub>);
- III) 80% polisulfato de potássio + 20% cloreto de potássio (PSK<sub>80</sub>:KCl<sub>20</sub>);
- IV) 60% polisulfato de potássio + 40% cloreto de potássio (PSK<sub>60</sub>:KCl<sub>40</sub>);
- V) 40% Polisulfato de potássio + 60% cloreto de potássio (PSK<sub>40</sub>:KCl<sub>60</sub>);
- VI) 20% Polisulfato de potássio + 80% cloreto de potássio (PSK<sub>20</sub>:KCl<sub>80</sub>);
- VII) 0% Polisulfato de potássio + 100% cloreto de potássio (KCl<sub>100</sub>).

Aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, ocasiões associadas com a idade de planta para colheita, foram mensuradas, de 04 plantas escolhidas aos acaso, logo após

transplântio, e devidamente identificadas, variáveis relativas ao desenvolvimento da cultura, sendo:

a) Altura (AP), medida por uma trena disposta entre a folha mais alta e o colo da planta; b) Número de ramos laterais (NRL), obtido pela contagem da quantidade de ramos laterais; c) Comprimento médio dos ramos laterais (CMRL), determinado pela medição do tamanho entre o final do ramo e o respectivo ponto de corte; d) Diâmetro do colo (DCP), medido, em centímetros, com auxílio de paquímetro digital posicionado na região do colo da planta; e) Massa seca dos ramos laterais (MSRL), obtida após colheita de ramos laterais, acondicionamento em saco de papel identificado, secagem em estufa, regulada a 65°C, com circulação forçada de ar, obtendo massa constante e posterior pesagem em balança de precisão.

Para 75, 90 e 105 DAT, idades finais e associadas a três períodos para colheita (PRECOCE, aos 30 e 75 DAT; INTERMEDIÁRIO, aos 45 e 90 DAT; TARDIO, aos 60 e 105 DAT) foram seccionadas aquelas 04 plantas para mensuração de valores de massa seca e teor de potássio da parte aérea, MSPA e K-MSPA, respectivamente. Os valores de MSPA foram obtidos como os de MSRL e os de K-MSPA obtidos a partir de digestão nitroperclórica e submissão do extrato a fotômetro de chama.

Aos 105 DAT, amostras simples de solo foram coletadas na camada 0-20 cm na área útil de cada parcela experimental, com trado de rosca, formando uma amostra composta, para determinar valores de: a) pH, obtido em suspensão entre solo e água (1:2,5 v/v); b) potássio ( $K^+$ ) e fósforo (P) disponíveis, extrator Mehlich 1, sendo este por espectrofotometria e aquele por fotometria de chama; c) cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnésio ( $Mg^{2+}$ ) trocáveis, extrator KCl, 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por compleximetria; d) H+Al, extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> e teor obtido por compleximetria; e) Enxofre (S) disponível determinado por turbidimetria; f) E, matéria orgânica (MO) obtida com dicromato de potássio 4,0 N e ácido sulfúrico 10,0 N. Adotou-se metodologias descritas em TEIXEIRA ET AL (2017).

O experimento foi montado em delineamento de blocos ao acaso (DBC) com cinco repetições por tratamento. A área total por parcela experimental foi constituída por três fileiras de plantas, cada uma com 4,0 metros de comprimento, 1 m de largura entre fileiras e 0,5 m entre plantas, totalizando 12 m<sup>2</sup> de área e 24 plantas. A área útil foi de 6,0 m<sup>2</sup>, tendo 12 plantas. Em cada extremidade das fileiras, foram consideradas 02 plantas como bordaduras. Cada área útil constituiu-se de subáreas de 2,0 m<sup>2</sup>, caracterizando-se como parcela experimental com 04 plantas.

As variáveis AP, NRL, CMRL, DCP e MSRL, obtidas anteriormente ao seccionamento da parte aérea das 04 plantas escolhidas ao acaso e previamente identificadas, foram submetidas a um arranjo fatorial entre as sete fontes de potássio e as seis idades de colheita. Para combinações relativas ao fator experimental fontes de potássio foi empregado a análise de variância e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para o fator idades de colheita adotou-se análise de regressão sendo os modelos selecionados em função do valor significativo da análise de variância ( $p < 0,05$ ) e o valor do coeficiente de determinação.

As variáveis MSPA e K- MSPA foram submetidas a arranjo fatorial entre as sete fontes de potássio e três períodos de colheita. Para combinações relativas aos fatores experimentais fontes de potássio e períodos de colheita adotou-se a análise de variância e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para as variáveis relativas à fertilidade das amostras de solo, coletadas aos 105 DAT, considerou-se apenas o fator experimental fontes de potássio, sendo os valores resultantes submetidas à análise de variância e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sisvar® (FERREIRA, 2011).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores fontes de potássio e idades de colheita influenciaram de modo significativo ( $p < 0,05$ ) as variáveis AP, NRL, CMRL, DCP e MSRL (Tabela 1). Não foi observada influência do fator experimental interação (idades de colheita x fontes de potássio) em relação a qualquer variável supramencionada.

**Tabela 1:** Quadrado médio das variáveis: Altura da planta (AP), número de ramos laterais (NRL), comprimento médio dos ramos laterais (CMRL), diâmetro do colo da planta (DCP) e massa seca dos ramos laterais (MSRL).

Fator de Variação	GL	AP	NRL	CMRL	DCP	MSRL
Fontes de Potássio	6	454,55 *	24,92 *	169,99 *	177,75 *	8410,48 *
Idades de Colheita	5	52949,35 *	624,32 *	16921,74 *	4332,32 *	236483,54 *
Interação	30	28,42 NS	2,24 NS	32,80 NS	14,24 NS	1336,99 NS
Bloco	4	405,57 NS	5,66 NS	95,47 NS	17,42 NS	2486,82 NS
Resíduo	164	63,2275	2,9999	39,4113	11,4858	1173,7843
CV	(%)	8,37	13,11	11,61	11,34	22,80

GL: Graus de liberdade; \*: Significativo ao nível de 5% de probabilidade e NS, não significativo, pelo teste F.

Os resultados do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) demonstram efeito da adubação potássica (Tabela 2) para as variáveis NRL, DCP e MSRL pelo uso exclusivo de  $KCl_{100}$ .

**Tabela 2:** Influência adubação potássica em relação à altura (AP), número de ramos laterais (NRL), comprimento médio dos ramos laterais (CMRL), diâmetro do colo da planta (DCP), massa seca dos ramos laterais (MSRL).

Fontes de Potássio	Variáveis				
	AP (cm planta <sup>-1</sup> )	NRL (und planta <sup>-1</sup> )	CMRL (cm ramo <sup>-1</sup> )	DCP (mm planta <sup>-1</sup> )	MSRL (g ramo <sup>-1</sup> )
Testemunha	88,44 c	11,38 c	49,24 b	24,72 b	114,92 b
$KCl_{100}$	91,60 b c	12,83 b	52,94 a b	29,81 a	147,02 a
$PSK_{100}$	95,63 a b	13,81 a b	54,94 a	31,48 a	158,27 a
$PSK_{80}:KCl_{20}$	100,43 a	14,18 a	56,40 a	32,15 a	158,65 a
$PSK_{60}:KCl_{40}$	96,34 a b	13,62 a b	55,62 a	30,92 a	154,87 a
$PSK_{40}:KCl_{60}$	96,96 a b	13,31 a b	54,38 a	30,07 a	166,52 a
$PSK_{20}:KCl_{80}$	95,92 a b	13,35 a b	54,90 a	30,05 a	151,70 a
DMS	1,4518	1,3354	1,1462	2,6129	26,4142

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O efeito supracitado e o baixo teor inicial de potássio no solo ( $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), relacionado ao tratamento testemunha, sugere influência do incremento do teor de potássio decorrente da aplicação de fertilizante potássico, colaborando com Abo-EI-Seoud et al. (1994) que demonstrou resposta no desenvolvimento de vinagreira em função de doses crescentes de potássio, com incremento no crescimento da planta e acúmulo de matéria seca. Também Ghasmi et al. (2015) obteve resposta positiva para o desenvolvimento e produtividade de vinagreira em função de aportes de potássio.

A influência similar para todas as variáveis quando da aplicação exclusiva tanto de  $KCl_{100}$  quanto de  $PSK_{100}$  sugere possível substituição do cloreto de potássio pelo polisulfato de potássio para cultivo da vinagreira. Neste sentido, Mello et al. (2018) observaram resultados similares ou superiores para a produtividade de batata (*Solanum tuberosum* L.) quando compararam polisulfato de potássio com fontes mais solúveis.

Por outro lado, a aplicação de polisulfato de potássio, tendo solubilidade e liberação mais lenta de nutrientes (SILVA et al 2012; GONCHARIK et al, 2014), em combinação com a fonte mais solúvel, na proporção  $PSK_{80}:KCl_{20}$ , resultou em aumento significativo para variáveis AP e NRL se comparado ao uso de  $KCl_{100}$ . E, a presença de outros nutrientes na composição daquele fertilizante, como cálcio (11%), magnésio

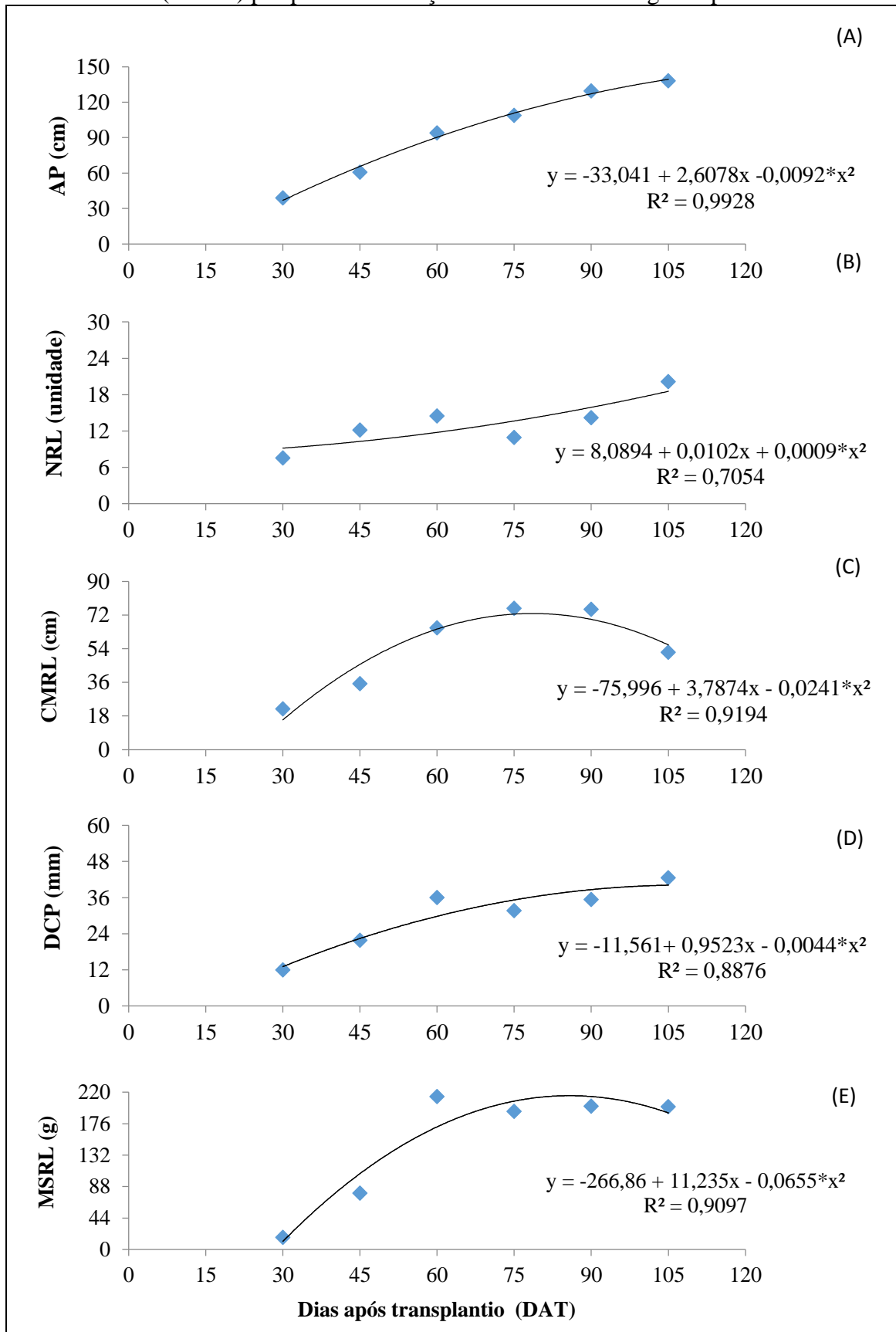
(11%), enxofre (3,8%), ferro, zinco, níquel e cobre (TAM *et al*, 2016; BARVIER *et al.*, 2017; MANNING, 2018) pode ter contribuído para melhor desempenho das plantas.

Na Figura 1 pode ser verificado o comportamento das variáveis agrônômicas, AP, NRL, CMRL, DCP e MSRL, em função das idades de corte dos ramos laterais. Para os valores relativos aos dados coletados notou-se maior gradiente entre 30 e 60 DAT para AP e CMRL. A proximidade entre aplicações de N e de K, aos 10 e 20 DAT, certamente pode ter colaborado para o comportamento das variáveis de crescimento apical e lateral assim como o número de ramos laterais durante aquele período. Em complementação, conforme explica Javadzadeh (2018), o alongamento da haste principal da vinagreira ocorre normalmente a partir de 55 dias após a sementeira, prosseguindo com brotação de ramos laterais, formação de novas folhas, expansão da cobertura foliar e o fechamento da copa. Considerando isso, ressalta-se que os três primeiros pontos, relativos às médias observadas, associam-se às plantas que ainda não tinham sofrido cortes dos ramos laterais e que também para as variáveis DCP e MSRL, mais vinculadas ao acúmulo de reservas e compostos orgânicos, verificou-se maior gradiente entre 30 e 60 DAT, caracterizando o vigor das plantas avaliadas.

Os três pontos finais relacionam-se ao período subsequente ao primeiro corte dos ramos laterais, e possivelmente contribuiu para a redução da capacidade fotossintética das plantas, ajudando a explicar menor gradiente entre valores daquelas variáveis observados de 75 a 105 DAT. Segundo Susanto, Aji e Rahayu (2013) a técnica de poda apical e de ramos laterais proporcionou redução da produção de folhas, flores, cálices e ao peso seco destes em vinagreiras mantidas com menos de 15 ramos laterais, mesmo cultivadas em espaçamento de 1,0 m x 1,5 m. E, foi constatado por Cheng *et al* (2004) que plantas de *H. sabdariffa* var. *altissima* de maior ramo principal são mais robustas e não reduzem facilmente a produção.

Entre as idades de 75 e 105 DAT pode-se constatar maior gradiente para valores associados a NRL e observou-se que idade mais tardia para efetuação do primeiro corte (60 DAT) resultou em maior quantidade de ramos laterais pela ocasião do corte subsequente (105 DAT). O comportamento observado para a sequência de valores de NRL foi similar ao de DCP, vinculados a 75, 90 e 105 DAT.

**Figura 1.** Comportamento da altura (AP), número de ramos laterais (NRL), comprimento médio dos ramos laterais (CMRL), diâmetro colo (DCP) e massa seca ramos laterais (MSRL) por planta em função das idades da vinagreira para colheita.





Os conjuntos de valores médios obtidos, relativos a cada uma das variáveis, foram ajustados aos modelos matemáticos polinomiais de segundo grau considerando-se resultados da análise de variância ( $p < 0,05$ ) e maiores valores para os coeficientes de determinação ( $R^2$ ). De um modo geral, entre as idades de 30 e 105 DAT, pode ser observada tendência de aumento de valores para altura de planta (AP, Figura 1A), número de ramos laterais (NRL, Figura 1B), comprimento médio de ramos laterais (CMRL, Figura 1C), diâmetro do colo da planta (DCP, Figura 1D) e massa seca dos ramos laterais (MSRL, Figura 1E). Para vinagreira roxa (*Hibiscus acetosella* Welw. Ex Hiern), cultivada em vasos sob ambiente sombreado em Botucatu, São Paulo, o pleno desenvolvimento vegetativo foi caracterizado aos 131, 146 e 150 DAT para diâmetro, número de folhas e altura da planta (MATSINHE, 2017) e os valores destas variáveis relacionados a 30, 60, 90, 120 e 150 DAT, foram ajustados a equações polinomiais de segundo grau, de valores superiores 0,90 para os coeficientes de determinação.

A variável K-MSPA, correspondente ao teor acumulado de potássio na massa seca da parte aérea, foi influenciada tanto pelas fontes de potássio quanto períodos para colheita (Tabela 3). Para a variável, o uso de qualquer fonte potássica resultou em maiores valores do que os da testemunha, sem aplicação de potássio (Tabela 4). Os efeitos do uso exclusivo ou associado de PSK foram similares aos de  $KCl_{100}$  confirmando o emprego daquele fertilizante para o cultivo da vinagreira.

**Tabela 3:** Quadrado médio para a variável massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de potássio da massa seca parte aérea (K-MSPA).

Fator de Variação	GL	MSPA	K-MSPA
Fontes de Potássio	6	4778,14 NS	9840,93*
Períodos de Colheita	2	591132,86*	16846,67*
Interação	12	2644,54 NS	2000,20 NS
Bloco	4	1852,92	20484,44
Resíduo	80	5575,61	1397,69
CV (%)		17,82	12,66

GL: Graus de liberdade; \*: Significativo ao nível de 5% de probabilidade e NS, não significativo, pelo teste F.

**Tabela 4:** Efeito das fontes de potássio e períodos para colheita em relação ao teor de potássio acumulado na massa seca da parte aérea.

Fontes de Potássio	K - MSPA (g kg <sup>-1</sup> )	Períodos de Colheita	K – MSPA (g kg <sup>-1</sup> )
Testemunha	0,24 b	PRECOCE	0,32 a
KCl <sub>100</sub>	0,32 a		
PSK <sub>100</sub>	0,30 a	INTERMEDIÁRIO	0,29 b
PSK <sub>80</sub> :KCl <sub>20</sub>	0,30 a		
PSK <sub>60</sub> :KCl <sub>40</sub>	0,31 a		
PSK <sub>40</sub> :KCl <sub>60</sub>	0,30 a	TARDIO	0,28 b
PSK <sub>20</sub> :KCl <sub>80</sub>	0,31 a		
DMS	0,0413	DMS	0,0213

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05).

Dessa forma a aplicação do PSK resultou em efeitos similares verificados por Sakimin et al (2017) ao testarem o uso de um fertilizante de solubilidade reduzida (Kamila CRF com composição N:P:K:Mg (10:6:20:2) + 5% micronutrientes) em plantas de vinagreira com 84 DAT cultivadas em diferentes meios de cultivo na Malásia. Ainda neste sentido, a aplicação de polisulfato de potássio associada ao cloreto de potássio aumentou o teor de potássio foliar em plantas de chá (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) cultivadas em solo basáltico classificado como “rhodic ferrasol” no Vietnã conforme mencionado por Tu (2018).

O valor de K-MSPA associado ao período de colheita PRECOCE (0,32 g kg<sup>-1</sup> para plantas idade de 75 DAT) foi superior aos dos períodos INTERMEDIÁRIO (0,29 g kg<sup>-1</sup> acumulados para plantas com 90 DAT) e TARDIO (0,28 g kg<sup>-1</sup> verificado aos 105 DAT), sendo os dois últimos considerados estatisticamente similares. Shuhaimi, Kanakaraju e Nori (2019) obtiveram variação de 0,08 a 0,16 g kg<sup>-1</sup> para teores de K em plantas de vinagreira com idade de 112 DAT cultivadas em diferentes meios de cultivo. O fato do K se manter no interior da planta na forma iônica (K<sup>+</sup>) favorece seu transporte e redistribuição, sendo considerado um dos nutrientes mais móveis na planta (PRADO, 2008). Esta mobilidade na planta é fundamental, haja vista que sua participação no metabolismo da planta ser fundamental, como ativador enzimático, regulador da abertura e fechamento dos estômatos, resistência dos vegetais às geadas, regulador do turgor celular, além de promover melhorias na qualidade de produtos hortícolas (MALAVOLTA et al., 1997; SANCHEZ, 2007).

Já MSPA foi influenciada apenas pelo fator períodos de colheita (Tabela 5), sendo o maior acúmulo o das plantas colhidas aos 105 DAT e o menor valor foi relativo às plantas seccionadas aos 75 DAT durante o período precoce de colheita.

**Tabela 5:** Efeito das fontes de potássio e períodos para colheita em relação ao acúmulo de massa seca de parte aérea das plantas (MSPA).

Fontes de Potássio	MSPA (g planta <sup>-1</sup> )	Períodos de Colheita	MSPA (g planta <sup>-1</sup> )
Testemunha	394,46 a	PRECOCE	295,58 c
KCl <sub>100</sub>	399,29 a		
PSK <sub>100</sub>	422,17 a	INTERMEDIÁRIO	406,58 b
PSK <sub>80</sub> :KCl <sub>20</sub>	441,18 a		
PSK <sub>60</sub> :KCl <sub>40</sub>	423,92 a		
PSK <sub>40</sub> :KCl <sub>60</sub>	438,05 a	TARDIO	554,62 a
PSK <sub>20</sub> :KCl <sub>80</sub>	413,37 a		
DMS	82,4821	DMS	42,6379

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05).

O prolongamento do período para crescimento, segundo relato de Seghatoleslami, Mousavi & Barzgaran (2013), possibilita o uso satisfatório de nutrientes, água e radiação assim como a melhoria da fotossíntese e do desenvolvimento de plantas de vinagreira.

Os teores de potássio disponível de amostras de solo coletadas aos 105 DAT foram influenciados pelas fontes de potássio (Tabela 6) e os valores decorrentes do emprego exclusivo do polisulfato de potássio (PSK100) foram superiores aos da testemunha (solo sem aplicação de K, Tabela 7) assim como similares estatisticamente aos relacionados com a aplicação de cloreto de potássio aplicado isoladamente.

**Tabela 6:** Quadrado médio para os resultados da análise de fertilidade das amostras de solo, coletadas na camada de 0-20 cm, aos 105 DAT da vinagreira.

Fator de Variação	GL	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H+Al	P	MO	S
Fonte de Potássio	6	0,030 NS	3,828 NS	0,074 NS	0,034*	0,113 NS	4,165NS	5,015NS	70761,48NS
Bloco	4	0,093	1,700	0,318	0,009	0,325	2,205	6,077	13248,03
Resíduo	24	0,043	1,799	0,043	0,005	0,106	2,473	5,889	24959,47
CV(%)		3,80	51,48	18,83	37,00	10,95	87,38	26,32	98,08

GL: Graus de liberdade; \* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade e NS, não significativo, pelo teste F.

**Tabela 7:** Influência das fontes de potássio em relação às variáveis de fertilidade de amostras da camada 0-20 cm coletadas aos 105 de cultivo de plantas de vinagreira.

Fontes de Potássio	Variáveis							
	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	H+Al	P	MO	S
	H <sub>2</sub> O	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>		
Testemunha	5.56 a	1,72 a	1,18 a	0,028 b	2,98 a	1,00 a	9,40 a	58,04 a
KCl <sub>100</sub>	5.56 a	1,36 a	1,10 a	0,160 ab	3,04 a	0,90 a	10,28 a	26,78 a
PSK <sub>100</sub>	5.44 a	3,04 a	1,00 a	0,242 a	2,92 a	3,60 a	10,06 a	294,40 a
PSK <sub>80</sub> :KCl <sub>20</sub>	5.38 a	3,84 a	1,02 a	0,286 a	2,90 a	2,18 a	7,94 a	323,30 a
PSK <sub>60</sub> :KCl <sub>40</sub>	5.38 a	2,44 a	0,94 a	0,176 a	3,24 a	1,54 a	9,78 a	100,64 a
PSK <sub>40</sub> :KCl <sub>60</sub>	5.40 a	3,32 a	1,22 a	0,230 a	2,76 a	1,88 a	9,34 a	227,42 a
PSK <sub>20</sub> :KCl <sub>80</sub>	5.46 a	2,52 a	1,26 a	0,198 a	3,06 a	1,50 a	7,74 a	100,64 a
DMS	0,42	2,73	0,42	0,14	0,66	3,20	4,93	320,95

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05).

As combinações, independente das proporções adotadas, apresentaram comportamento idêntico ao mencionado para o tratamento PSK100. Barbier et al. (2017) ao caracterizar as propriedades químicas do polisulfato, verificaram menor solubilidade do que outras fontes de potássio, e possivelmente em decorrência disso foi constada redução transporte e lixiviação de Ca, Mg, K e S no solo (YERMIYAHU et al., 2017). Tal fato foi observado, quando do emprego de tratamentos com PSK, cujos teores de K<sup>+</sup> residual no solo, aos 105 DAT, não se aproximaram, de modo significativo, do valor obtido para o tratamento testemunha. Já o teor residual e disponível daquele cátion resultante da aplicação exclusiva de cloreto potássio foi o que mais se aproximou do referente à testemunha, indicando, neste caso, possível perda por lixiviação e, ou, maior solubilidade daquele fertilizante potássico, considerado referencial em termos de comercialização no Brasil.

### 3.5 CONCLUSÃO:

- O polisulfato de potássio, aplicado exclusivamente ou associado ao cloreto de potássio, proporcionou crescimento, desempenho nutricional e produtivo compatíveis aos relacionados com o fertilizante cloreto de potássio;

- A época de colheita, representada por 60 e 105 dias após o transplântio, proporcionou o melhor desempenho produtivo da vinagreira cultivada nas condições experimentais;
- O efeito residual das aplicações do polisulfato de potássio foi compatíveis com as resultantes do emprego do cloreto de potássio, após 105 dias do transplântio da vinagreira cultivada em um Latossolo Amarelo distrófico típico no município de São Luís, MA.

### 3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABO-EI-SEOUD MA, HASHIM MF, MOHAMED FA. Combined Effect of Gamma Radiation and Potassium Fertilization on Growth and Coloring Matter Contents of Roselle (*Hibiscus Sabdariffa*L.). Second Arab Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Cairo 5-9 Nov. 1994.

AKANBI, W.B, OLANIYAN A.B., TOGUN A.O., ILUPEJU A.E.O; OLANIRAN O.A. The Effect Of organic and inorganic Fertilizer on Growth, Calyx Yield and Quality of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 3(4): 652-657, 2009

BARBIER M, LI YC, LIU G, HE Z, MYLAVARAPU R, ZHANG S. Characterizing Polyhalite Plant Nutritional Properties. Agricultural Research & Technology, Volume 6 Issue 3 - May 2017.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. Viçosa: Ed. UFV, 2006, 625 p.

BRASIL, DNPM. Economia Mineral do Brasil. Brasília – DF: DNPM, 2009, 764 p.

BRASIL, Manual de hortaliças não-convencionais / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília : Mapa/ACS, 2010. 92 p.

CHENG, Z.; LU, B.R; SAMESHIMA, K.; FU, D. X; CHEN, J. K. Identification and genetic relationships of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) germplasm revealed by AFLP analysis. Genetic Resources and Crop Evolution, v.51,p. 393-401, 2004.

CID-ORTEGA, S.; GUERRERO-BELTRÁN, J. A. Roselle calyces (*Hibiscus sabdariffa*), an alternative to the food and beverages industries: a review. Journal of Food Science and Technology, p. 1-11, 2015.

CISSE, M.; DORNIER, M.; SAKHO, M.; NDIAYE, A.; REYNES, M.; SOCK, O. Le bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.): composition et principales utilisations. Fruits, v. 64, n. 03, p. 179- 193, 2009.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa – MG, 1999, 359 p.

CORREIA, L. G.; AVELAR FILHO, J. A. de; NAGAI, H. Quiabo. *In*: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa – MG, 1999, p.182.

FARIAS, T. P.; SOARES, B. L.; MOREIRA, F. M. S. Rhizobia inoculation and liming increase cowpea productivity in Maranhão State. Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v.38, n.3, p. 387-395, 2016.

GHASEMI S, ABBASZADEH K, GHASEMI M, SALARI M, ZAREI F. Effect of application of Nitrogen and Potassium fertilizers on some vegetative and reproductive traits in Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). International Journal of Agronomy and Agricultural Research. Vol. 7, No. 2, p. 75-79, 2015.

GONCHARIK, I.I.; SHEVCHUK, V.V.; KRUT'KO, N.P.; SMYCHNIK, A.D.; KUDINA, O.A. Russian Journal of Applied Chemistry ,v. 87, n. 12, p.1804-1809. 2014.

JACOMINE, P. K. T. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS; SUDENE – DRN, 1986. 964 p. (Embrapa. SNLCS. Boletim de Pesquisa, 35; Brasil. SUDENE. DRN. Série Recursos de Solos, 17).

JAVADZADEH, S. M. Study of phenology process of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in South-east Iran. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, v.5, n.3,p.145-156, 2018.

LABGEO / UEMA. Atlas do Maranhão. (2 edição). São Luís: GEPLAN, p.38, 2002.

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

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

MANNING, D. A. C. Innovation in resourcing geological materials as crop nutrients. Natural Resources Research, v. 27, n. 2, p. 217-227, 2018.

MATSINHE, M. A. D. Contribuições agronômicas ao cultivo da vinagreira roxa (*Hibiscus acetosella* Welw. Ex Hiern). 2017. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus Botucatu. 2017. 91p.

MELLO, SIMONE DA COSTA; PIERCE, FRANCIS J.; TONHATI, RACHEL. DOURADO NETO D., PAVULURI, K. Potato Response to Polyhalite as a Potassium Source Fertilizer in Brazil: Yield and Quality. Por: HORTSCIENCE Volume: 53 Edição: 3 Páginas: 373-379 Publicado: MAR 2018

MOURA, E. G.; SILVA, A. J. F.; FURTADO, M. G.; AGUIAR, A. C. F. Avaliação de um sistema de cultivo em aléias em um argissolo franco-arenoso da região amazônica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1735-1742, 2008.

NACHTIGAL, G. R.; VAN RAIJ, B. Análise e interpretação do potássio no solo. IN: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, p. 93-118, 2004.

PRADO, R. M. *Nutrição de plantas*. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 408 p

PVFCCO. Polyhalite Application Improves Tea (*Camellia sinensis*) Yield and Quality in Vietnam. *e-**ifc***, n. 46, p.22-29, September, 2016.

RESENDE, A. V. de; MARTINS, E. de S.; OLIVEIRA, C. O. de; SENA, M. C. de; MACHADO, C. T. T.; KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C. de. Suprimento de potássio e pesquisa de rocha “in natura” na agricultura brasileira. *Espaço & Geografia*, v.29, n. 1, p.19-42, 2006.

SANCHEZ, S. V. Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP). São Paulo. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista Campus Jaboticabal, 63p., 2007.

SEGHATOLESLAMI, M. J.; MOUSAVI, S. G.; BARZGARAN, T. Effect of irrigation and planting date on morpho-physiological traits and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *The Journal of Animal & Plant Science*, v, n. 1, p. 256-260, 2013.

SILVA, A. A. S.; MEDEIROS, M. E.; SAMPAIO, J. A.; GARRIDO, F. M. S. Verdete de cedro do abaeté como fonte de potássio: caracterização, tratamento térmico e reação com CaO. *Revista Matéria*, v. 17, n. 3, p. 1061-1073, 2012.

SUSANTO, S.; AJI, T. G.; RAHAYU, A. The effect of apex on vegetative and generative growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) *Journal Horticultural Indonesia*, v.4, n.3, p. 150-156. Desember 2013.



TAM, H. M., MANH, D. M.; THUAN, T. T.; CUONG, H. H.; PHAM, V. B. Agronomic Efficiency of Polyhalite Application on Peanut Yield and Quality in Vietnam. e-ifc, n. 47, p.3-11, December, 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573 p.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, D.J. Soil fertility and fertilizers. 4 ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754 p.

TU, T. C. Effect of polyhalite on tea productivity and quality on basaltic soil in loam Dong, Vietnam. International Journal of Science and Research, v.7, n.1, January, p. 832-834, 2018.

VALE, F.; SÉRIO, D. R. Introducing polyhalite to Brazil: First steps of a new fertilizer. e-ifc, n. 48, p.3-11, March, 2017.

YERMIYAHU, U.; ZIPORI, I.; FAINGOLD, I.; YUSOPOV, L.; FAUST, N.; BARTAL, A. Polyhalite as a multi nutrient fertilizer – potassium, magnesium, calcium and sulfate. Israel Journal of Plant Sciences, v. 64, n. 3-4, p. 145-157, 2017.