

**FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA MANDIOCA DE MESA**

YGOR DE SOUZA GONÇALVES

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2018

**FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA MANDIOCA DE MESA**

YGOR DE SOUZA GONÇALVES

“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^a. Marta Simone Mendonça Freitas

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCH / UENF**

059/2018

G635 Gonçalves, Ygor de Souza.

Fontes e doses de potássio na produtividade e qualidade da mandioca de mesa / Ygor de Souza Gonçalves. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2018. 46 f. : il.

Bibliografia: 37 – 46.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2018.

Orientador: Marta Simone Mendonça Freitas.

1. Nutrição. 2. *Manihot esculenta* Crantz. 3. Adubação. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD – 633.682

FONTES E DOSES DE POTÁSSIO NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA MANDIOCA DE MESA

YGOR DE SOUZA GONÇALVES

“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 26 de fevereiro de 2018

Comissão Examinadora:

Dr. Dimmy Herllen Silveira Gomes Barbosa (D.Sc., Produção Vegetal) –
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA

Prof^a Daniela Barros de Oliveira (D.Sc., Química de Produtos Naturais) - UENF

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

Prof^a. Marta Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Orientadora

À minha família, por todo apoio e amor

DEDICO

AGRADECIMENTO

A Deus, por todas as bênçãos concedidas, pela perseverança e tudo de bom que tem me proporcionado;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) e ao Programa de Produção Vegetal, por proporcionarem condições para a realização do curso de pós-graduação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo;

Ao meu pai, João Messias Gonçalves, à minha mãe, Ilca Lélia Souza e aos meus irmãos, Iago e Viviane Gonçalves, por estarem sempre ao meu lado;

À professora e orientadora, Marta Simone, pelas orientações, conselhos e amizade que contribuíram para minha formação acadêmica;

Ao professor, Almy Junior, por todo o suporte prestado durante a condução do experimento;

Ao Engenheiro agrônomo, Heraldo Meireles Pessanha, por disponibilizar a área para condução do experimento;

Ao Engenheiro químico, Sr. José Accácio, pela amizade e auxílio durante as análises do experimento;

Agradeço ao professor, Jurandi Gonçalves Oliveira, pela colaboração;

Aos meus amigos, Thaísa, Marlene, Diego, Jéssica, Luciana, Diesily e Paulo Cesar, pelo companheirismo, conselhos e auxílio dentro e fora do laboratório;

Aos meus amigos de estudos, Wanessa, Ramon, Ana Késia, Diego, Danilo e Késia, pela amizade, auxílio na avaliação do experimento e conselhos;

Aos meus amigos de república, Adonay, Afonso, Bruno e Wanderson pela amizade, paciência e conselhos;

À Alexandra, pelo companheirismo, carinho, amizade, paciência e incentivo;

E a todos os amigos que, de certa forma, contribuíram ou influenciaram positivamente.

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| RESUMO..... | vi |
| ABSTRACT..... | viii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1. Objetivo geral..... | 3 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 3 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 3.1. Origem e aspectos botânicos da mandioca | 4 |
| 3.2. Importância econômica..... | 6 |
| 3.3. Aspectos nutricionais e qualidade da mandioca | 7 |
| 3.4. Potássio | 8 |
| 3.5. Fontes de Potássio | 11 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 13 |
| 4.1. Delineamento experimental | 13 |
| 4.2. Preparo área experimental | 14 |
| 4.3. Preparação das Manivas | 15 |
| 4.4. Colheita e parâmetros analisados | 15 |
| 4.4.1. Produtividade, número, diâmetro e comprimento das raízes..... | 16 |
| 4.4.2. Nutrientes minerais..... | 17 |
| 4.4.3. Teor de umidade, proteína e firmeza..... | 17 |

| | |
|--|----|
| 4.5. Análises estatísticas | 18 |
| 5. RESULTADO E DISCUSSÕES | 19 |
| 5.1. Produtividade, número, diâmetro e comprimento das raízes..... | 19 |
| 5.1.1. Produtividade de raízes de mandioca..... | 19 |
| 5.1.2. Número de raízes de mandioca..... | 21 |
| 5.2. Nutrientes minerais | 23 |
| 5.3. Teor de umidade, firmeza da polpa e proteína nas raízes..... | 33 |
| 5.3.1. Teor de umidade nas raízes | 33 |
| 5.3.2. Firmeza externa e interna das raízes | 33 |
| 5.3.3. Teor de proteína nas raízes..... | 34 |
| 6. CONCLUSÃO | 36 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |

RESUMO

GONÇALVES, Ygor de Souza. M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro de 2018. Fontes e doses de potássio na produtividade e qualidade da mandioca de mesa. Professora orientadora: Dr^a Marta Simone Mendonça Freitas.

O potássio é um macronutriente considerado na nutrição mineral de plantas como “o elemento da qualidade” dos produtos colhidos, onde sua falta ou excesso pode causar redução ou perda da qualidade do produto. Na agricultura, as principais fontes inorgânicas de potássio são o cloreto de potássio (KCl) e o sulfato de potássio (K₂SO₄), devido ao maior conteúdo de K₂O, maior solubilidade e menores preços de mercado. A alta concentração de cloro, no cloreto de potássio, pode prejudicar a qualidade do produto final, por isso não é recomendado em alguns cultivos, sendo assim substituído pelo sulfato de potássio. Nesse sentido, o objetivo geral do trabalho foi avaliar a produtividade, os teores de nutrientes e a qualidade das raízes de mandioca em função de fontes e doses de potássio. O experimento foi conduzido no município de São Francisco de Itabapoana-RJ, empregando o delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial de 2x5, sendo duas fontes potássicas (cloreto de potássio e sulfato de potássio) e cinco doses de K₂O (0, 30, 60, 90 e 120 kg de K₂O ha⁻¹), com cinco repetições. Houve um incremento nos teores de N, P, S e B com aumento das doses, utilizando a fonte sulfato de potássio. O aumento das doses de K₂O proporcionaram incremento nos

teores de K e redução de Ca e de Mg independente das fontes. A produtividade, o diâmetro e o número de raízes de mandioca foram maiores na dose estimada de 70 kg ha⁻¹ de K₂O independente da fonte. Os teores de proteína nos caules e nas cascas das raízes de mandioca foram maiores no tratamento com aplicação de sulfato de potássio na dose estimada 68 e 74 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, e a firmeza externa das raízes de mandioca foi maior quando K₂SO₄ foi a fonte utilizada.

ABSTRACT

GONÇALVES, Ygor de Souza. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro de 2018. Sources and doses of potassium in the productivity and quality of table mandioca. Advisor: Dr^a Marta Simone Mendonça Freitas.

Potassium is a macronutrient considered in the mineral nutrition of plants as "the element of quality" of the products harvested, where their lack or excess can cause reduction or loss of the quality of the product. In agriculture, the main inorganic sources of potassium are: potassium chloride (KCl) and potassium sulphate (K_2SO_4), due to the greater content of K_2O , higher solubility and lower market prices. The high concentration of chlorine, in potassium chloride, may impair the quality of the final product, so it is not recommended in some crops, thus being replaced by potassium sulfate. In this sense the overall objective of the work was to evaluate the productivity and quality of the cassava roots according to different sources and doses of potassium. In this sense the experiment was conducted in the municipality of San Francisco de Itabapoana-RJ employing the experimental design in blocks Randomized (DBC), with 2x5 factorial arrangement, being two sources of potassium (chloride and potassium sulfate) and five doses of K_2O (0, 30, 60, 90 and 120 kg of $K_2O\ ha^{-1}$), with five repetitions. There was an increment of N, P, S and B with increased doses, using the potassium sulfate source. The increase in doses of K_2O increase in the levels of K and reduction of Ca and Mg levels. The productivity, the

diameter and number of cassava roots were higher in the estimated dose of 70 kg ha⁻¹ of K₂O independent of the source, The Protein content on the stems and barks of the cassava roots were greater in the treatment with application of potassium sulphate at the estimated dose 68 and 74 kg ha⁻¹ of K₂O, the External firmness of the cassava roots was greater when used the Sources K₂SO₄.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta pertencente à família *Euphorbiaceae*, agrupando mais de 100 espécies, sendo a principal espécie de valor comercial desta família (Alves, 2002; Tropicos, 2012; FAO 2013). Tem uso na alimentação humana, animal e industrial (Cavalcanti e Araújo, 2000). A mandioca de mesa tem o seu uso culinário como vegetal fresco ou minimamente processada, facilitando seu preparo e consumo, sendo utilizada na forma assada, cozida, fritas ou compondo pratos culinários (Oliveira et al., 2005).

A produção mundial desta planta concentra-se principalmente nos continentes Africano, Asiático e América do Sul. A mandioca e seus derivados fazem parte da dieta da população brasileira, característica de consumo substancialmente familiar, principalmente das pessoas de baixa renda, importante para agricultura familiar como na Segurança Alimentar e Nutricional (CONAB, 2016).

O Brasil é o principal produtor de mandioca do continente, com a produção em torno de 21,08 milhões de toneladas de raízes no ano de 2017, com área colhida de 1,4 milhões de hectares (IBGE, 2017). As principais regiões produtoras de mandioca são o Norte, o Sul e o Nordeste. A cultura da mandioca apresenta importância econômica para o estado do Rio de Janeiro, sendo que no ano de 2017 produziu 153.305 t de raízes (IBGE, 2018).

Embora considerada como boa a produtividade da mandioca, em torno de 20t ha⁻¹, o seu incremento poderia ser maior, em condições adequadas de manejo

do solo (Rimoldi et al., 2008; Adekayode e Adeola, 2009). De acordo com Nguyen et al. (2002), atender as necessidades nutricionais da planta de forma adequada pode resultar em incrementos na produtividade e na qualidade de raízes.

Entre os 14 elementos minerais essenciais, o potássio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas (Epstein, 2006), mesmo não participando de nenhuma estrutura orgânica participa de funções como ativação enzimática, transporte dos aminoácidos e açúcares para órgãos de armazenamento, sendo por isso considerado na nutrição mineral de plantas “o elemento da qualidade” nos produtos colhidos (Meurer, 2006; Figueiredo, 2008; Prajapati e Modi, 2012).

Na agricultura, as principais fontes inorgânicas de potássio são: o cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio (K_2SO_4), sulfato duplo de potássio e magnésio ($K_2SO_4.MgSO_4$) e o nitrato de potássio (KNO_3), sendo os dois primeiros os mais utilizados devido ao maior teor K_2O , maior solubilidade e menores preços de mercado. O cloreto de potássio não é recomendado em alguns cultivos como os de fumo (Marchand, 2010) e de batata (Quadros et al., 2009) em função de possuir alta concentração de cloro e causar prejuízos na qualidade do produto final, sendo assim, substituído pelo sulfato de potássio.

O presente trabalho foi realizado para entendermos quanto seria a necessidade do potássio para melhorar a qualidade da cultura da mandioca, considerando o potássio um nutriente requerido em maior quantidade pela cultura e sendo o elemento da qualidade. Dentre os estudos com a mandioca, o aperfeiçoamento de práticas de manejo nutricional das lavouras tem sido um desafio para a pesquisa, podendo trazer para o agricultor oportunidade para agregar valor com incremento da produção e qualidade do produto final.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a produtividade, os teores de nutrientes e a qualidade das raízes de mandioca em função de fontes e doses de potássio

2.2. Objetivos Específicos

Avaliar a produtividade das raízes de mandioca em função das fontes e doses de potássio;

Quantificar o número, o comprimento, o diâmetro e a umidade das raízes em função das fontes e doses de potássio;

Quantificar os teores de proteínas das folhas, caule e raiz da mandioca, submetidas às diferentes fontes e doses de potássio;

Avaliar a firmeza externa e interna das raízes de mandioca em resposta às fontes e doses de potássio;

Quantificar os teores de macro e micronutrientes de plantas de mandioca 11 meses após o plantio em resposta às fontes e doses de potássio.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Origem e aspectos botânicos da mandioca

A espécie *Manihot esculenta* Crantz, conhecida popularmente como mandioca, macaxeira ou aipim, é uma planta tuberosa da classe *Equisetopsida*, subclasse *Magnoliidae*, ordem *Malpighiales*, família das *Euphorbiaceae*. A mandioca é originária da América do Sul e todas as espécies de *Manihot* são nativas do continente americano (Santana, 2014). Antes do descobrimento do país, constituía a base alimentar dos povos indígenas e, posteriormente, foi adotada como a principal fonte de alimento nos navios negreiros (Filgueiras e Homma, 2016).

A propagação da mandioca pode ser via semente ou estaca (manivas), sendo a propagação por estaquia a mais utilizada comercialmente, enquanto a via seminífera é utilizada para programas de melhoramento genético (Alves, 2002).

A mandioca possui raízes basais e laterais, e parte de seu sistema radicular acumula amido, formando as raízes tuberosas que é sua principal característica. Os caules possuem altura de um a três metros, influenciados pelo material genético, fertilidade do solo e época do plantio. As folhas são simples, alternadas, lobadas com três a nove lóbulos por folha e com pecíolos longos, inseridas no caule de forma espiralada, os formatos das folhas variam, bem

como a coloração, podendo ir de verde ao roxo, dependendo do material. A mandioca é uma planta monoica, as flores são dispostas em inflorescências, a polinização é cruzada, realizadas principalmente por insetos (Takahashi et al., 2002).

O ciclo natural da planta é perene, com crescimento indeterminado, intercalando estádios vegetativos de intensa atividade metabólica (desenvolvimento foliar, estabelecimento da copa, translocação de carboidratos para as raízes) e dormência, ocorrendo paralização do crescimento vegetativo, causada por fatores bióticos, tais como déficit hídrico e baixas temperaturas prolongadas (Alves, 2006). Visando a qualidade das raízes de mandioca, a colheita da mandioca de mesa é realizada no final do primeiro ciclo vegetativo, entre oito a quatorze meses (Aguiar, 2011).

A mandioca pertence a um pequeno grupo de plantas em que seu teor de cianeto pode causar toxidez, sendo considerada uma planta cianogênica, dependendo da variedade pode causar intoxicação e morte de animais, inclusive os seres humanos (Santana, 2014).

Os glicosídeos cianogênicos são metabólitos secundários, que ao serem hidrolisados liberam íons CN^- . Estes íons podem ser tóxicos. As principais substâncias encontradas que podem ocasionar a liberação de íons CN^- são a linamarina, representando 95%, e a lotaustralina, com 5% (Amorim, 2006; Montagnac et al., 2009). A ingestão desses compostos pode acarretar a produção endógena de cianeto a partir dos íons liberados, causando danos neurológicos (Santa'ana e Domene, 2008). Tais substâncias ocorrem naturalmente na planta a fim de atuar como defesa quanto ao ataque de insetos e como forma de proteção contra danos mecânicos (Stangarlin et al., 2011).

As variedades de mandioca são classificadas de acordo com o teor de ácido cianídrico (HCN) na forma de glicosídeos cianogênicos, encontrada em suas raízes *in natura*, sendo um dos aspectos que definem a finalidade do consumo. Teores baixos de HCN ($<100 \text{ mg kg}^{-1}$) em raízes cruas são consideradas mansas (macaxeira ou aipim), no entanto, valores acima são considerados tóxicos, denominadas de bravas e precisam ser processadas antes do consumo, sendo indicada para o uso industrial (Lorenzi et al., 2002; Rimoldi et al., 2006). Fatores genéticos, condições ambientais, métodos de

cultivos, idade de colheita, estado fisiológico e condições edafoclimáticas influenciam na concentração de HCN na planta (Fialho et al., 2002).

A mandioca de mesa tem o seu uso culinário como vegetal fresco ou minimamente processada, facilitando seu preparo e consumo, sendo utilizada na forma assada, cozida, fritas ou compondo pratos culinários (Oliveira et al., 2005).

3.2. Importância econômica

A mandioca é uma cultura rústica e de baixas exigências com tratamentos culturais, sendo que as raízes tuberosas podem permanecer no solo e retiradas quando houver necessidade. A farinha é o principal produto derivado para ser consumido, armazenado ou transportado. Estas características foram as razões que incentivaram os portugueses a disseminar seu cultivo nos continentes africano e asiático (Filgueira e homma 2016).

A cultura da mandioca consegue manter uma produtividade razoável mesmo quando a planta for submetida a grande período de seca ou em solo de baixa fertilidade, isso se dá a partir da redução da parte aérea, evitando a perda de água da transpiração e suas folhas permanecem fotossinteticamente ativos (El-Sharkawy e Mabrouk, 2003).

A mandioca é cultivada em diversos países e a produção supera 277 milhões de toneladas de raízes tuberosas em área total aproximada de 23,5 milhões de hectares e média de 11,8 t ha⁻¹ (FAO, 2016).

O continente Africano produziu cerca de 157,7 milhões de toneladas, correspondendo a 57,4% da produção mundial, seguidos pela Ásia com participação de 32,1% e a América do Sul com contribuição de 10,5% (SEAB, 2016).

O Brasil, em 2017, produziu cerca de 21,08 milhões de toneladas de raízes, com área colhida de 1,4 milhões de hectares. A cultura da mandioca é largamente disseminada em todo o território brasileiro, nos quais as principais regiões produtoras são o Norte, o Sul e o Nordeste (IBGE, 2017).

A cultura da mandioca apresenta importância econômica para o estado do Rio de Janeiro. Segundo dados do IBGE (2017), no ano de 2016 o estado do

Rio de Janeiro obteve uma área colhida em torno de 11 065 hectares e uma produção de 156 531 toneladas de mandioca, deste total 37,81 e 35,19%, respectivamente, correspondem aos municípios da região do Norte Fluminense (Carapebus, Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã, São Francisco do Itabapoana, São Fidélis e São João da Barra). Em destaque, o município de São Francisco de Itabapoana possui a maior área destinada à cultura da mandioca, com um total em torno de 3 200 hectares e a maior produção, gerando um total de 44 000 toneladas de raízes de mandioca, com rendimento médio de 13,7 t.ha⁻¹. No ano de 2017, o estado obteve uma produção um pouco abaixo ao ano anterior, produzindo 153.305 t de raízes (IBGE, 2017). Embora considerada uma boa produtividade da mandioca, a sua produção poderia ser maior, em condições de adequado de manejo do solo e controle de incidências de doenças (Rimoldi et al., 2006).

3.3. Aspectos nutricionais e qualidade da mandioca

As raízes de mandioca são importantes fontes de carboidratos, consumida principalmente nos países em desenvolvimento, sendo uns dos principais alimentos energéticos para mais de 700 milhões de pessoas, as suas folhas são ricas em proteínas e vitaminas A e C, além de outros nutrientes (Gameiro, 2003; Tinini et al., 2009). A mandioca e seus derivados fazem parte da dieta da população brasileira, característica de consumo substancialmente familiar, principalmente das pessoas de baixa renda, importante para agricultura familiar como na Segurança Alimentar e Nutricional (CONAB, 2016).

A planta de mandioca pode ser praticamente toda aproveitada, as raízes são destinadas à indústria ou alimentação e a parte aérea pode ser destinada ao plantio ou alimentação de humana ou suplementação de animais ruminantes (ovinos, caprinos, bovinos e bufalinos) e não ruminantes (aves e suínos) (Fernandes et., 2017).

No Brasil, a principal forma de exploração econômica é dada pelas raízes, tanto para o consumo doméstico, consumida como fonte principal de carboidrato ou compondo diversos pratos culinários, quanto para produtos

processados como farinha, fécula ou polvilho. As folhas também podem ser utilizadas para o consumo humano, compondo pratos culinários como a maniçoba ou na forma de farinha das folhas para suplementação alimentar (Cavalcanti e Araújo, 2000; Pontes, 2008).

Analisando a produção nacional de mandioca, apenas 20% total da parte aérea são utilizadas para replantio, os outros 80% restantes do material de alto valor nutricional, equivalente a um número entre 14 a 16 milhões de toneladas, sem aproveitamento, mas as suas raízes e seus subprodutos, que são ricas em fonte de amido, acabam fornecendo um ótimo balanço nutricional podendo substituir as formulações de rações para animais (Fernandes et., 2017).

O cultivo extensivo da mandioca vem sofrendo grande competição por área de plantio no Brasil, devido à competição com as *commodities*, como o milho, a cana-de-açúcar e a soja. Além de concorrer por área, o milho ainda concorre no mercado de produtos industrializados, sendo o principal concorrente no mercado de fécula. Tais fatos, somados à dificuldade de mecanização, estagnaram a produtividade da mandioca, enquanto a de milho apresenta grande incremento de produção ao longo do tempo (IBGE, 2016).

As produtividades das lavouras de mandioca podem ser incrementadas ao se aplicar condições adequadas de manejo do solo e controle de incidências de pragas e doenças (Rimoldi et al., 2006; Adekayode e Adeola, 2009). De acordo com Nguyen et al. (2002), atender as necessidades nutricionais da planta de forma adequada, resulta em incremento na produtividade quanto em qualidade de raízes.

3.4. Potássio

Para a maioria das plantas, 17 elementos são considerados essenciais, entre eles os elementos orgânicos (carbono, hidrogênio e oxigênio) e os elementos minerais, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, denominados macronutrientes e boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco e níquel, denominados de micronutrientes (Kirkby, 2012). Suas deficiências ou excessos podem gerar maior ou menor produção de metabólitos

secundários e gerando distúrbios metabólicos, (Rashmi e Singh, 2008; Freitas et al., 2011; Nurzynska-Wierdak et al., 2013).

O potássio é um dos nutrientes requerido em maior quantidade pelas plantas (Epstein e Bloom, 2006), mesmo não participando de nenhuma estrutura orgânica. As principais funções são a ativação enzimática (Meurer, 2006; Figueiredo, 2008), ativação da catálise biológica (enzima promotora do metabolismo do N e a síntese de proteínas em plantas), regulação osmótica (absorção e perda de água) e promove a síntese do açúcar e sua ida aos tecidos de armazenamento (Nascimento et al., 2008).

Sua disponibilidade depende essencialmente das reservas do solo e aplicação de fertilizantes, uma vez que solos pobres em minerais potássicos e com baixa CTC, como a maioria dos solos brasileiros, favorecem a lixiviação deste nutriente para fora da zona de crescimento radicular (Prajapati e Modi, 2012; Sousa, 2014).

Apesar da maioria dos solos conterem milhares de quilos de potássio, apenas uma pequena parcela está disponível para as plantas, podendo ser encontrado no solo em três formas: potássio não disponível – fortemente retido em estruturas minerais, sendo liberado à medida que os minerais dos solos são intemperizados; potássio lentamente disponível – são aqueles fixados ou retidos entre as lâminas de certas argilas do solo, tais argilas expandem-se ou contraem-se (condições úmidas e secas) tornando o K não disponível ou levemente disponível; potássio disponível – encontrado na solução do solo mais o potássio adsorvido (em forma trocável) a matéria orgânica e pela argila do solo (Lopes, 1998).

O potássio é absorvido ou retirado do solo na forma iônica de K^+ , se movimentando por difusão por meio de filmes de águas, por curtas distâncias, exceto em solos arenosos e orgânicos, sendo vital a manutenção de teores adequados de potássio no solo (Lopes, 1998).

A falta deste mineral ocasiona redução de assimilação de CO_2 , ocorrendo um funcionamento irregular das células estomáticas e redução da taxa fotossintética (Cecílio e Grangeiro, 2004), sua deficiência ocorre nas folhas mais velhas devido à sua grande mobilidade na planta (Epstein e Bloom, 2006), tendo como característica a redução das folhas e da planta, entre nós e pecíolos

curtos, folhas mais velhas com coloração amarela e com pequenas manchas (Lebota, 2009).

Enquanto seu excesso ocasiona redução de absorção de outros elementos, os efeitos do aumento de doses de potássio na redução da absorção de outros nutrientes, especialmente o cálcio e o magnésio, já foram relatados nos trabalhos de Mascarenhas et al. (2000) e Prado et al. (2004), que é explicado devido ao efeito competitivo exercido pelo aumento de K disponível, uma vez que no processo de absorção esses nutrientes utilizam os mesmos sítios de absorção.

Alguns trabalhos têm verificado a exigência nutricional da mandioca por potássio, como no trabalho de Sousa (2014). Esse autor concluiu que a falta do potássio afetou a produtividade e a qualidade das raízes da mandioca e que aplicações de doses crescentes de potássio proporcionaram incremento na produtividade de raízes comerciais e produtividade de amido, dados semelhantes foram encontrados por Uchôa et al. (2014). Esses autores recomendaram uma dose máxima eficiência de 20 kg de K_2O ha^{-1} para determinar 65% do índice de colheita. Adubação potássica em solos com teores acima de 120 mg de K kg^{-1} de solo não apresentam rendimento na produtividade de raízes de mandioca (Rós, 2012).

A resposta da cultura da mandioca em função da adubação potássica é influenciada pelas condições de cultivo e cultivar utilizadas, na qual a quantidade de aplicação de potássio possui bastante variação, valores que variam entre 40 a 160 kg ha^{-1} de K_2O (Takahashi, 1999; Lorenzi, 2002; Lobato, 2004; Souza, 2003). Além disso, o uso de parcelamento de doses elevadas é indicado para evitar perda por lixiviação (Mattos et., 2002; Werle et al., 2008).

Pesquisa relacionada ao efeito da adubação em plantas de mandioca tem sido negligenciada devido à sua tolerância a solos com baixa fertilidade, no entanto, a fertilidade do solo é de grande importância para o aumento de rendimento de raízes e de teores de amido (Uchôa et al., 2014).

3.5. Fontes de Potássio

As principais fontes inorgânicas de potássio utilizadas na agricultura são: o cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio (K_2SO_4), sulfato duplo de potássio e magnésio ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4$) e o nitrato de potássio (KNO_3), sendo os dois primeiros os mais utilizados devido ao maior teor de K_2O , maior solubilidade e menores preços de mercado.

O potássio está presente em diversos minerais, a maioria em grande quantidade, no entanto uma pequena parte composta por cloretos e/ou sulfatos são considerados de interesse econômico, devido à sua solubilidade (Nascimento et al., 2008). O Brasil necessita de uma demanda muito alta de potássio, em que a produção interna não consegue suprir a sua necessidade, tornando-se um grande importador deste fertilizante. Os principais fornecedores em 2014 foram o Canadá (26,6%), a Bielorrússia (25,6%), a Rússia (18,35%) e a Alemanha (12,86%) (Oliveira, 2015).

O cloreto de potássio tem elevado teor de cloro (47% de Cl^- e 60% de K_2O), ocasionando assim uma absorção e acumulação elevada desse elemento e em altas concentrações podem se tornar tóxicos para as plantas (Mancuso, 2012). Devido à alta concentração de cloro e prejuízos na qualidade do produto final, o cloreto de potássio não é recomendado em alguns cultivos como os de fumo (Marchand, 2010) e de batata (Quadros et al., 2009), visando evitar a intoxicação por Cl^- , ou visando a qualidade do produto colhido, o KCl está sendo substituído por outras fontes de fertilizante potássica como o sulfato de potássio (50% de K_2O e 18% de S). Além disso, nos sistemas orgânicos a aplicação de cloreto de potássio é proibida (Costa e Campanhola, 1997) e a utilização de sulfato de potássio é permitida com algumas restrições, tornando a reposição de potássio ainda mais crítica em solos tropicais.

O sulfato de potássio além do potássio pode fornecer o enxofre, um macronutriente absorvido na forma aniônica SO_4^{2-} , faz parte de células vivas, constituinte de dois aminoácidos que formam as proteínas. Outras funções decorrentes ao enxofre são ajuda na produção de enzimas e vitaminas presentes em vários compostos orgânicos. Fator que pode influenciar em incrementos nos teores de proteínas na mandioca (Lopes, 1998).

Avaliando a produtividade de frutos de melancia (híbrido Shadow), em função de fontes e doses de potássio, Grangeiro e Cecílio Filho (2006) observaram maior produtividade nas maiores doses de K com a utilização da fonte K_2SO_4 , seguida do KCl.

Quadros et al. (2009) compararam cultivos de batata para processamento com duas fontes de potássio e concluíram que a adubação utilizando K_2SO_4 apresentou melhores resultados, pois a utilização de KCl diminuiu os teores de vitamina C, cinzas, carboidratos, energia e amido nas raízes tuberosas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido a campo, localizado na fazenda Taquaruçu do proprietário Heraldo Meireles Pessanha, próximo a Imburi, distrito de São Francisco de Itabapoana, no estado do Rio de Janeiro ($21^{\circ}30'S$; $-41^{\circ}09' W$; 17m de altitude). O clima, segundo Köppen, é do tipo “Aw”, região de clima tropical e chuvas no verão. Durante a condução do experimento foram avaliadas a precipitação pluvial e temperatura máxima e mínima mensal da estação automática agrometeorológica, localizada na Estação Experimental da PESAGRORIO, da região de Campos dos Goytacazes (Figura 1), estação mais próxima à área experimental.

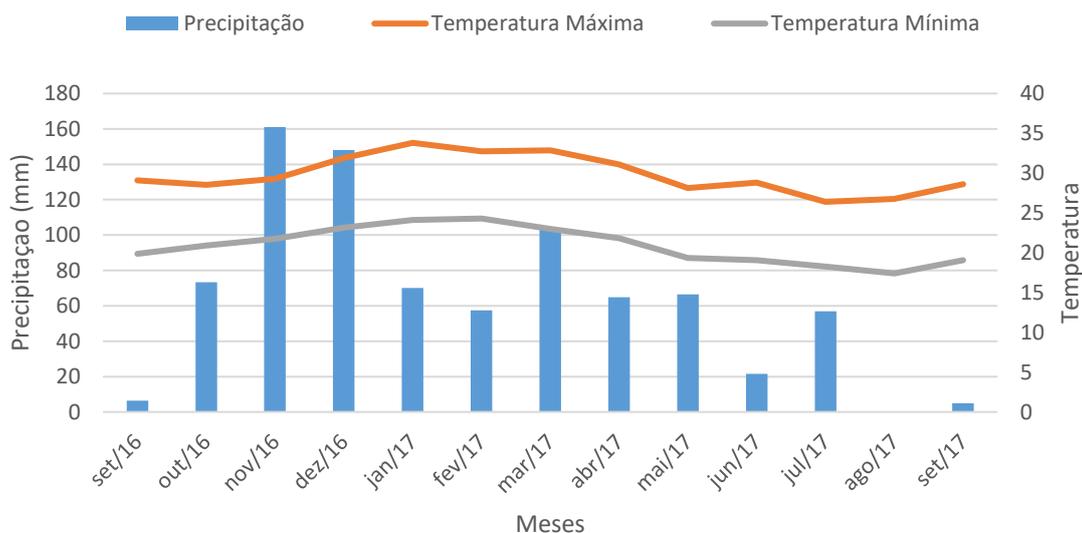


Figura 1: Valores de precipitação e temperatura máxima e mínima registradas entre setembro de 2016 a agosto de 2017. Campos dos Goytacazes.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com arranjo fatorial de 2x5, sendo duas fontes potássicas (cloreto de potássio e sulfato de potássio) e cinco doses de K_2O (0, 30, 60, 90 e 120 $kg\ ha^{-1}$), com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por 30 plantas dispostas em espaçamento 1 x 1 m, com cinco linhas de plantio e seis plantas por linha, sendo a área útil utilizada das 12 plantas centrais.

4.2. Preparo área experimental

Os solos da região de São Francisco de Itabapoana – RJ predominam o latossolo e o argissolo amarelo, distrófico e coeso. Foi realizada a análise química do solo de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade (Tabela 1). Aos 60 dias antes do plantio foi realizada a correção do pH com a aplicação de 1,6 $t\ ha^{-1}$ calcário dolomítico (PRNT= 90%), em seguida a realização uma gradagem para incorporação do calcário.

Tabela 1: Resultado da análise de solo retirado na profundidade de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade.

| Profundidade (cm) | pH H ₂ O | S-SO ₄ | P | Fe | ZN | Mn | B | K | Ca | Mg | H+Al | |
|-------------------|---------------------|--------------------------------|---|-------|------|------|------|---|-----|-----|------|--|
| | | -----mg dm ⁻³ ----- | | | | | | -----mmol _c dm ⁻³ ----- | | | | |
| 0-20 | 4,7 | 6 | 5 | 18,22 | 0,32 | 6,46 | 0,46 | 1,4 | 4,5 | 4 | 21 | |
| 20-40 | 4,5 | 4 | 3 | 26,08 | 0,22 | 6,05 | 0,44 | 0,9 | 3,1 | 0,7 | 22,6 | |

pH em água. P- Na- K- Fe- Mn: extrator Mehlich 1. Ca- Mg: extrator KCl 1mol/L.

O plantio foi realizado no dia 7 de setembro com a aplicação 40 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% de P₂O₅) juntamente com a adubação potássica (0, 30, 60, 90 e 120 kg de K₂O ha⁻¹), utilizando como fonte o sulfato e o cloreto de potássio. A adubação potássica foi parcelada apenas nas doses 90 e 120 kg de K₂O ha⁻¹ no plantio e após 60 dias, juntamente com a adubação de 60 kg de N ha⁻¹ em forma de ureia ((NH₂)₂CO).

4.3. Preparação das Manivas

Utilizou-se manivas da variedade pretinha do terço médio da planta, com comprimento de 20 cm, com 2 a 3 cm de diâmetro e com oito gemas em média.

O plantio foi de forma manual, utilizando covas preparadas com enxadas, com profundidade entre 5 a 10 cm e a posição da manivas foi colocada no sentido horizontal. O experimento foi conduzido em condições de sequeiro, nos quais os tratamentos culturais como capina e controle de pragas foram realizados conforme as necessidades da cultura.

4.4. Colheita e parâmetros analisados

A colheita da mandioca foi aos 11 meses após o plantio, efetuada em dois períodos, nos dias 18 e 22 de agosto 2017 (Figura 2). Foram avaliados os seguintes parâmetros: produção total, número de raízes, diâmetro, comprimento,

firmeza, massa da matéria seca das raízes, teores nutricionais de diferentes órgãos da planta, teor de proteína.



Figura 2: colheita das raízes de mandioca realizada 11 meses após o plantio em São Francisco de Itabapoana-RJ

4.4.1. Produtividade, número, diâmetro e comprimento das raízes

Foram colhidas manualmente cinco plantas da área útil de cada parcela, da qual cada planta foi identificada separadamente e levada para a casa de apoio do Laboratório de Fitotecnia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

As raízes foram pesadas no mesmo dia em uma balança digital e a partir da média foram multiplicadas pelo total de plantas por hectares e posteriormente convertido de quilogramas para toneladas, estimando assim a produtividade das raízes e expresso em $t\ ha^{-1}$.

O número de raízes baseou-se na média da contagem de todas as raízes por planta, avaliado um total de cinco plantas.

A média do comprimento da raiz foi obtida a partir da mensuração do comprimento de todas as raízes com auxílio de uma trena numérica, expresso em cm.

A variável, diâmetro médio das raízes, foi realizada na parte central das raízes de cinco plantas de cada parcela, os valores foram expressos em mm.

4.4.2. Nutrientes minerais

Os teores dos nutrientes minerais da sexta ou sétima folha mais nova, da região do terço médio do caule, das porções centrais da raiz e da raspa ou casca (periderme, esclerênquima parênquima cortical e floema) da raiz.

Para a avaliação dos teores de nutrientes minerais, as amostras foram secas a 65°C em estufas de ventilação forçada por 72 horas. Após a secagem, os materiais vegetais foram triturados em moinho de facas do tipo Wiley e armazenados em frascos hermeticamente fechados e identificados.

Para as determinações dos teores de nitrogênio, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica e pelo método de Nessler (Jackson, 1965). Para determinação do cloreto (Cl⁻), foi utilizado o método de Morh, com solução padronizada de nitrato de prata, adaptado por Silva (1999). Os demais nutrientes, tais como, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, ferro, zinco, manganês, molibdênio e cobre, foram submetidos à digestão com HNO₃ concentrado e H₂O₂ em sistema de digestão aberta e quantificados em plasma (ICPE-9000) da marca Shimadzu® (Peters, 2005).

4.4.3. Teor de umidade, proteína e firmeza

Para a determinação de umidade das raízes de mandioca, foram utilizadas amostras da parte central das raízes e secas a 65° em estufas de circulação forçada por 72 horas. As amostras foram pesadas em balança de precisão antes e após a secagem e a diferença das massas foi expressa em porcentagem.

A determinação de teores de proteínas das folhas, caule, raiz e casca da raiz foram obtidos pela multiplicação do teor de nitrogênio por 6,25 (Jackson, 1965) e expresso em g kg⁻¹.

Foram avaliadas as firmezas da parte externa e interna das raízes de mandioca no sentido longitudinal, avaliadas em triplicata na região do terço médio de três raízes de mandioca por parcela. Utilizou-se o texturômetro (TA.XT *Plus Texture Analyser*) com ponteira de 2 mm de diâmetro e velocidade de

penetração de 5 mm s^{-1} com o pico máximo exigido para a penetração, expresso Newton (N).

4.5. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa SANEST (Zonta et al., 1984). Para os dados quantitativos foi utilizada a análise de regressão polinomial, teste F da análise da variância da regressão e coeficiente do modelo estatisticamente significativo e maior R^2 . Para os fatores qualitativos utilizou o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1. Produtividade, número, diâmetro e comprimento das raízes.

5.1.1. Produtividade de raízes de mandioca

A produtividade das raízes variou de 25 a 35 t ha⁻¹, obtendo uma produtividade satisfatória em relação à média nacional. Não foi observada interação significativa ($p > 0,05$) entre as fontes sulfato e o cloreto de potássio com as doses de K₂O. Na Tabela 2, observa-se que a média da produtividade teve um incremento de 12% quando foi utilizada a fonte K₂SO₄ em relação a fonte KCl.

Com relação aos efeitos das doses de K₂O, observou-se na figura 3 que a maior produção de raízes foi de 35,58 t ha⁻¹ em uma dose estimada de 70 kg de K₂O ha⁻¹, com incremento de 33% em relação à menor dose.

Tabela 2: Produtividade das raízes de mandioca da variedade pretinha, em respostas a sulfato e o cloreto de potássio, colhidas aos 11 meses após o plantio em São Francisco de Itabapoana - RJ.

| Fontes de K | Produtividade de raízes (t ha ⁻¹) |
|---|--|
| Sulfato de potássio (K ₂ SO ₄) | 32,8459 a |
| Cloreto de potássio (KCl) | 28,7131 b |
| Média | 30,7795 |
| cv (%) | 14,38 |

Letras seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey $p > 0,05$

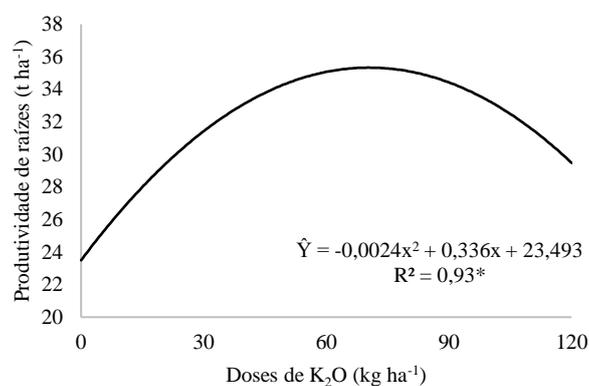


Figura 3: Produtividade das raízes de mandioca da variedade pretinha, em respostas as doses de K₂O, colhidas aos 11 meses após o plantio em São Francisco de Itabapoana - RJ.

O fornecimento adequado de potássio ao solo durante o cultivo está correlacionado com o aumento do crescimento e produtividade das culturas, em virtude da importância do potássio para os processos metabólicos, incluindo a síntese de proteínas e amido, a abertura e o fechamento estomático, o transporte de água e de açúcar e processos fotossintéticos (Prajapati e Modi, 2012; Nieves-Cordones et al., 2016).

A nutrição adequada de potássio é importante para aumentar o rendimento das culturas e da qualidade das raízes de armazenamento (Okpara et al., 2010; Uwah et al., 2013). Trabalhos como os de Silva e Freire (1968); Cuvaca et al. (2017); Gazola (2017); Polthane e Wongpichet, (2017); Ezui et al. (2016) demonstram resultados significativos com o uso de adubação com potássio em cultivo de mandioca.

Gazola (2017), avaliando o efeito de doses de potássio e formas de parcelamento da adubação potássica, em solos arenosos, observou um efeito quadrático da produtividade em resposta às doses de potássio aplicadas no primeiro ano de cultivo.

Cuvaca et al. (2017), estudando uma combinação de diferentes taxas de adubação com N, P e K em cultivo de mandioca, observaram que a aplicação de 60 kg de K_2O ha^{-1} proporcionou o maior rendimento de raízes de mandioca.

Trabalhos como o de Fidalski (1999) e Rós (2013) não observaram efeito significativo de doses de potássio no solo na produtividade de mandioca. Os solos estudados nesses trabalhos já estavam com uma quantidade de potássio adequada para o crescimento das plantas não justificando as doses estudadas. Todavia, mesmo a mandioca sendo uma planta adaptada a solos com baixa fertilidade, a adubação é necessária devido à extração dos nutrientes, resultando em baixa ciclagem de nutrientes (Thomas et al., 2016).

5.1.2. Número de raízes de mandioca

Independente das fontes utilizadas nesse estudo, observou-se um aumento no número de raízes de mandioca com o aumento do fornecimento de K_2O até a dose estimada de 52 kg de K_2O ha^{-1} com ponto máximo de 8,6 raízes $planta^{-1}$, após esse valor houve uma redução no número de raízes (Figura 4).

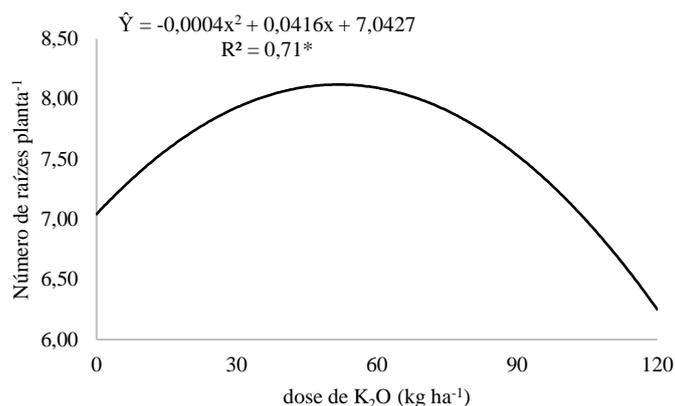


Figura 4: Número de raízes de mandioca da variedade pretinha, em resposta às doses de K₂O, colhida aos 11 meses após o plantio em São Francisco de Itabapoana - RJ.

O número de raízes é utilizado para estimar o padrão de qualidade, fornecendo boas estimativas para predição de produção. Nesse sentido, foi demonstrado que o potássio proporcionou o aumento do número proporcionando um padrão de qualidade. O potássio está correlacionado com a síntese de carboidratos, transporte de açúcares e amido da região foliar para radiculares, ocorrendo os desenvolvimentos de raízes tuberosas (Prajapati e Modi, 2012;). Gazola (2017), avaliando números de raízes de mandioca de mesa, em função de doses e formas de parcelamentos de adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo no estado de São Paulo, observou um incremento no número de raízes de mandioca em resposta à adição de K₂O.

5.1.3. Diâmetro das raízes

O diâmetro médio das raízes de mandioca foi influenciado pelas doses de potássio independente das fontes utilizadas (Figura 5). Os resultados demonstram uma equação quadrática, obtendo-se um ponto máximo na dose de K₂O estimada a 61,62 kg ha⁻¹, proporcionando um valor de 44,7 mm de diâmetro

da raiz (Figura 5). Observa-se um incremento de 10% quando comparado à menor dose. Após esta dose de potássio houve um decréscimo de 7% no diâmetro das raízes.

O potássio é responsável por promover a assimilação de CO₂, a síntese de amido e a translocação de carboidratos das folhas para as raízes tuberosas, pelo qual os carboidratos são as principais fontes energéticas, possibilitando um aumento no diâmetro das raízes tuberosas (Mehdi et al., 2007).

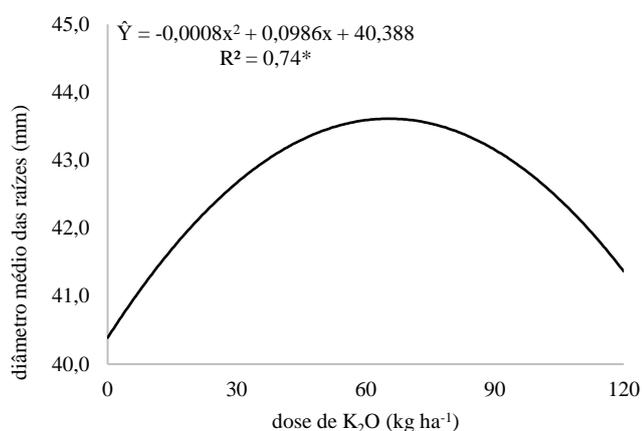


Figura 5: Diâmetro médio da região central das raízes de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliada 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

5.2. Nutrientes minerais

Verificou-se que as fontes e doses de potássio não influenciaram significativamente ($p < 0,05$) o teor de N nos tecidos foliares e nas raízes de mandioca. Em relação aos teores de N no caule e na casca da raiz de mandioca, os maiores valores foram vinculados aos tratamentos adubados com K₂SO₄, resultando maiores incrementos nas doses estimadas 62 e 72 kg de K₂O ha⁻¹, respectivamente (Figura 6A e B). Isso, provavelmente, ocorreu por causa da assimilação coordenada de enxofre e de nitrogênio, pelo qual o equilíbrio entre

os elementos no solo e na planta refletem no crescimento e no estado nutricional da planta (Kopriva et al., 2000).

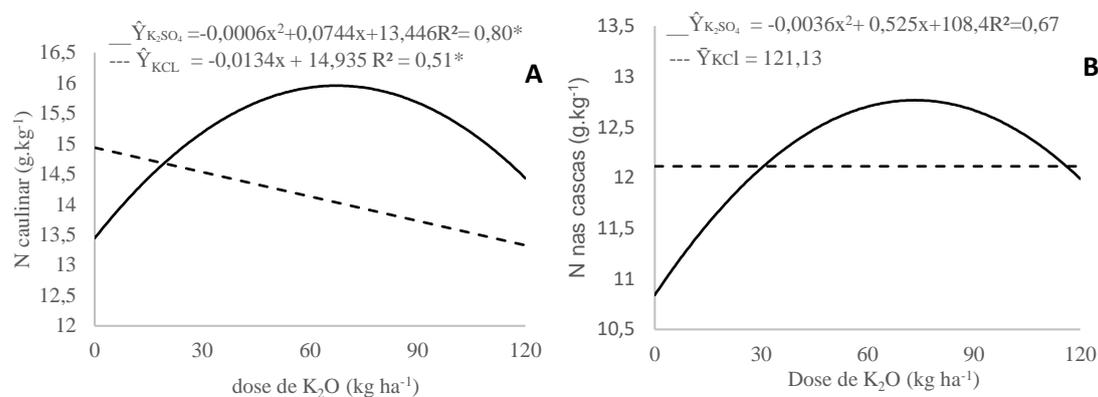


Figura 6: Efeito de fontes e doses de potássio nas variáveis, teor de nitrogênio nos caules (A) e nas cascas (B) de plantas de mandioca, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

Os teores de P nas folhas foram superiores quando foi utilizada a fonte K_2SO_4 , observou-se um incremento linear ao ser adicionado potássio no solo e a variável teores de P nas raízes apresentaram uma equação polinomial do segundo grau, com valor máximo na dose 60 kg ha⁻¹ e, após este valor, houve um decréscimo nos teores (Figura 7A e B). Os teores de P nos caules e nas cascas das raízes de mandioca não foram influenciados estatisticamente ($p > 0,05$) pelas fontes e doses de potássio.

Fernandes (2017) não observou incremento nos teores de fósforos em diferentes partes da planta de mandioca com o aumento das doses de K_2O , utilizando como fonte cloreto de potássio. O maior teor de fósforo nas folhas com a fonte K_2SO_4 pode ser explicado pela relação existente entre a absorção de enxofre e fósforo. Segundo Malavolta (2006), o aumento nos teores de enxofre no solo pode ocupar os sítios de adsorção do fósforo, permitindo um aumento na concentração deste nutriente na solução do solo.

Durante a síntese de aminoácidos, a redução do enxofre requer quantidades consideráveis de energia, o que pode explicar neste caso o aumento da absorção de fósforo, uma vez que este nutriente tem papel fundamental na transferência de energia no metabolismo vegetal (Norton et al., 2013).

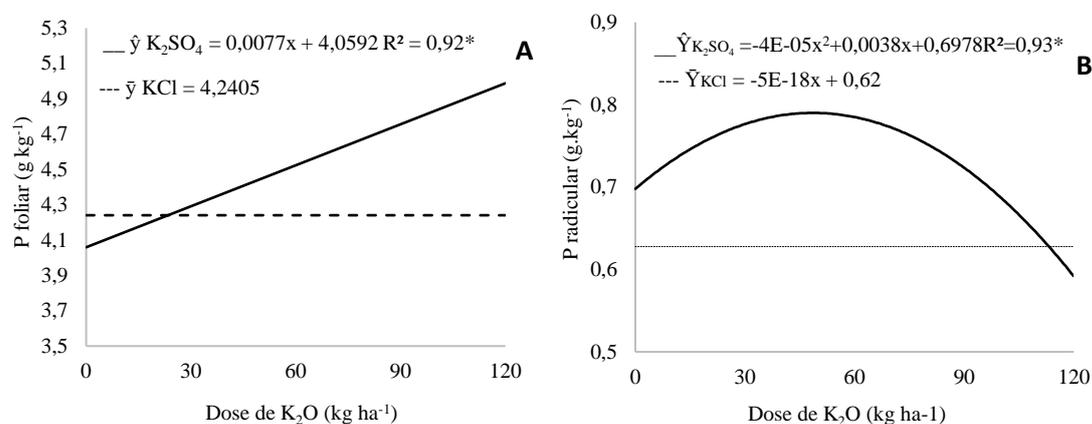


Figura 7: Teor de fósforo nas folhas (A) e nas raízes (B) de mandioca em resposta às doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio em São Francisco do Itabapoana-RJ.

O acúmulo de K nos tecidos vegetais de plantas de mandioca foi veiculado ao aumento dos teores de K no solo (Figura 8A, B, C e D), resultando em regressão linear crescente independente da fonte utilizada. Quando a disponibilidade do potássio no solo é alta e as condições abióticas são favoráveis, as plantas tendem a absorverem uma maior quantidade deste elemento, titulado como “consumo de luxo” (Fullin et al., 2007) e valores muito elevados podem provocar danos no rendimento da cultura (Silva e Trevizam, 2015).

Segundo Ribeiro et al. (1999), os teores adequados de potássio nas folhas de mandioca estão dentro das faixas entre 13 a 20 g kg⁻¹ de k, relacionando este valor com a dose de K₂O de maior produtividade encontrada, observa-se um teor de 18,1 g kg⁻¹ K⁺ nos tecidos foliares, teores acima disso podem influenciar na nutrição mineral de outros elementos.

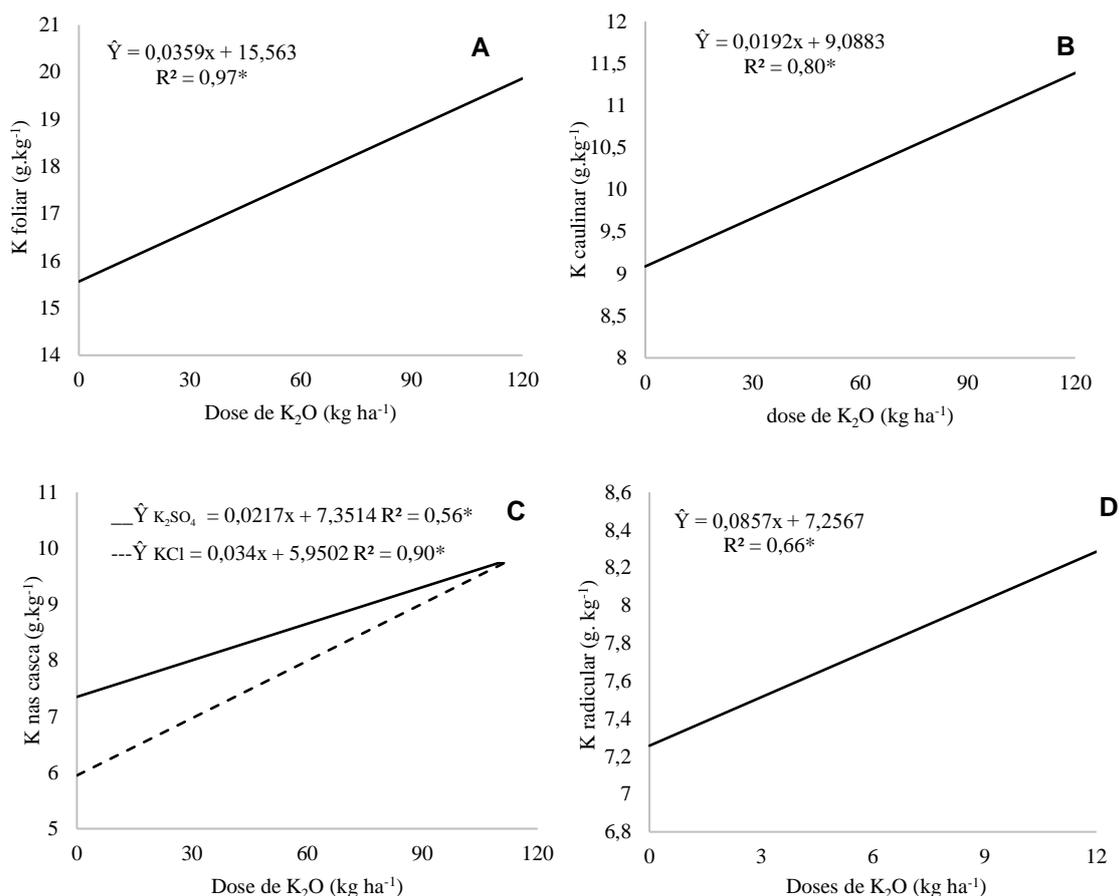


Figura 8: Teor de potássio nas folhas (A), nos caules (B), nas cascas das raízes (C) e nas raízes (B) de mandioca em resposta a diferentes doses de K_2O , avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

O teor de magnésio nos caules de mandioca foi influenciado significativamente pela interação entre fontes e doses de potássio, no qual a fonte KCl apresentou uma regressão linear decrescente, enquanto a fonte K_2SO_4 manteve a média estatisticamente independente das doses (Figura 9A e B).

Os teores de magnésio nas cascas das raízes de mandioca foram influenciados estatisticamente ($p < 0,05$) apenas pelas doses de K_2O , resultou-se em uma regressão linear decrescente em função do aumento das doses de K_2O no solo. Teores de Mg nas folhas e nas raízes não foram influenciados pelas fontes e pelas doses.

Trabalhos como o de Fernandes et al. (2017) demonstram a redução de Mg com incremento de K₂O no solo. Esses autores avaliaram o rendimento das raízes e remoção de nutrientes pelo cultivo de mandioca em resposta à adubação potássica, no início do segundo ciclo e comprovaram redução de Mg.

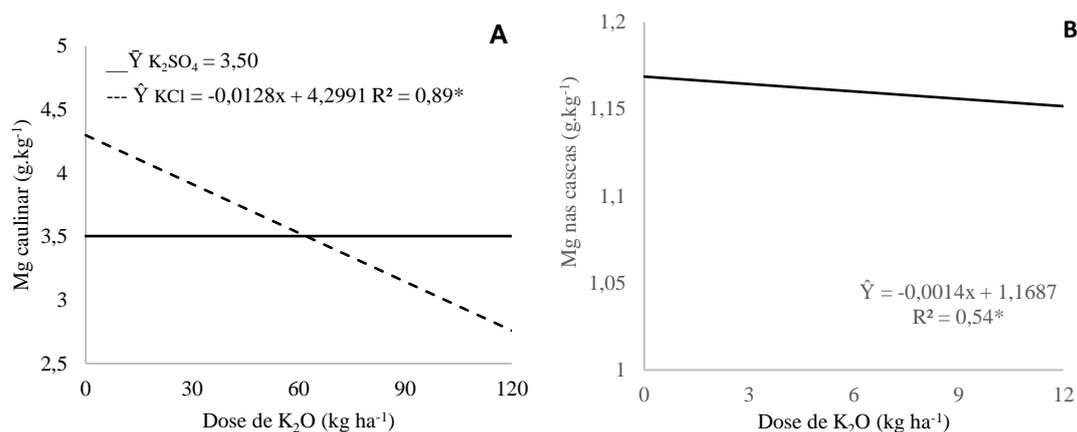


Figura 9: Teor de magnésio nos caules (A) e nas cascas (B) das raízes de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

O teor de cálcio foi reduzido linearmente com o aumento das doses de potássio (Figura 10A e B). O cálcio é absorvido por células do sistema radicular, não suberizadas, na forma de Ca²⁺ e segundo Marchner (2010) com o aumento dos teores de outros sais, como potássio, pode haver menor absorção deste nutriente pelas raízes.

Segundo Fernandes et al. (2017), a redução dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ na parte aérea de plantas de mandioca, em virtude do aumento das doses de K⁺ o que pode ser explicado pelo efeito de diluição na planta, ou seja, uma planta bem nutrida em K⁺ proporciona maior crescimento, mesmo com a redução de Ca²⁺ e Mg²⁺.

Plantas adubadas com potássio apresentam maiores crescimentos ou rendimento, mesmo com redução nos teores de Ca e Mg nas plantas (Silva e

Trevizam, 2015). No presente trabalho observaram-se respostas similares às encontradas nesse estudo (Figura 9A, 9B, 10A e 10B).

Os efeitos do aumento de doses de potássio na redução da absorção de outros nutrientes, especialmente o cálcio e o magnésio, já foram relatados nos trabalhos de Mascarenhas et al. (2000) e Prado et al. (2004). Isto ocorre devido ao efeito competitivo exercido pelo aumento de K disponível, uma vez que no processo de absorção esses nutrientes utilizam os mesmos sítios de absorção. Acrescenta-se que a absorção preferencial de K acontece por ele ser um íon monovalente com menor grau de hidratação quando comparado aos cátions bivalentes.

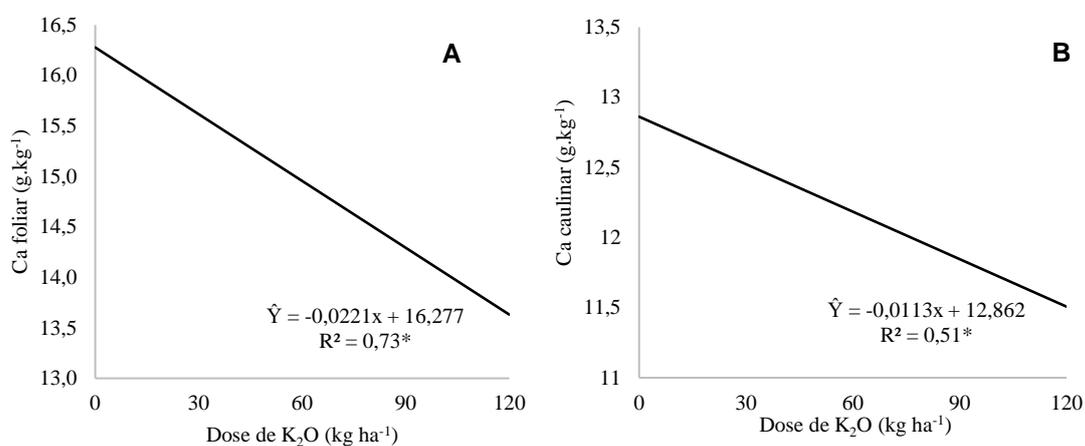


Figura 10: Teor de cálcio nas folhas (A) e nos caules (B) de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

Para os teores de enxofre nas folhas da mandioca, observou-se interação significativa entre as fontes e doses de K. Quando foi utilizada a fonte sulfato de potássio, os teores foram maiores com o incremento da dose de K no solo, seguindo uma linear crescente (Figura 11). Os teores de S não diferiram significativamente ($p > 0,05$) na raiz, na casca e no caule.

O enxofre é considerado um macronutriente absorvido na forma de sulfato (SO₄²⁻), sendo a folha a região de maior concentração deste nutriente

(Fullin et al., 2007), pois assim como o nitrogênio, o enxofre participa da síntese de proteína nas plantas (Silva e Trevizam, 2015).

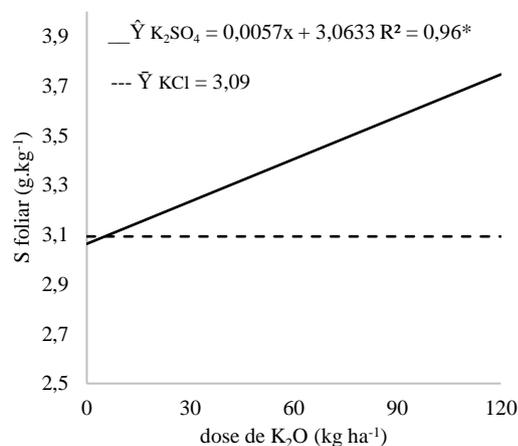


Figura 11: Teor de enxofre nas folhas de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

Os teores de boro nas folhas, caule e raízes de mandioca (Figuras 12 A, B e C), foram influenciados pelos tratamentos dose e fonte de potássio. O aumento das doses de K, no solo, utilizando a fonte K₂SO₄ proporcionaram efeitos quadráticos nos teores de boro nas folhas e nas raízes de mandioca (Figuras 12 A e C). Nas maiores doses aplicadas, os aumentos corresponderam a cerca de 20 e 13% a mais que o controle, respectivamente. Nos caules das plantas de mandioca os teores de B seguiram uma regressão linear para as duas fontes utilizadas (Figura 12B). Entretanto, quando foi utilizada a fonte K₂SO₄, os valores apresentaram uma regressão linear crescente e quando a fonte utilizada foi o KCl, uma regressão linear decrescente. Na maior dose utilizada de potássio, o incremento foi de 13,5 mg kg⁻¹, na fonte K₂SO₄ e uma redução de 32% na fonte KCl.

Segundo Lani et al. (2007, os teores de Boro da primeira folha mais jovem totalmente expandida são considerados como adequados nos tecidos foliares, para a cultura da mandioca estão entre os valores 30 a 60 mg kg⁻¹.

Gazola (2017) observou em seu trabalho uma redução nos teores de B nas folhas de mandioca, em resposta ao incremento das doses de potássio no segundo ano de cultivo, utilizando a fonte KCl.

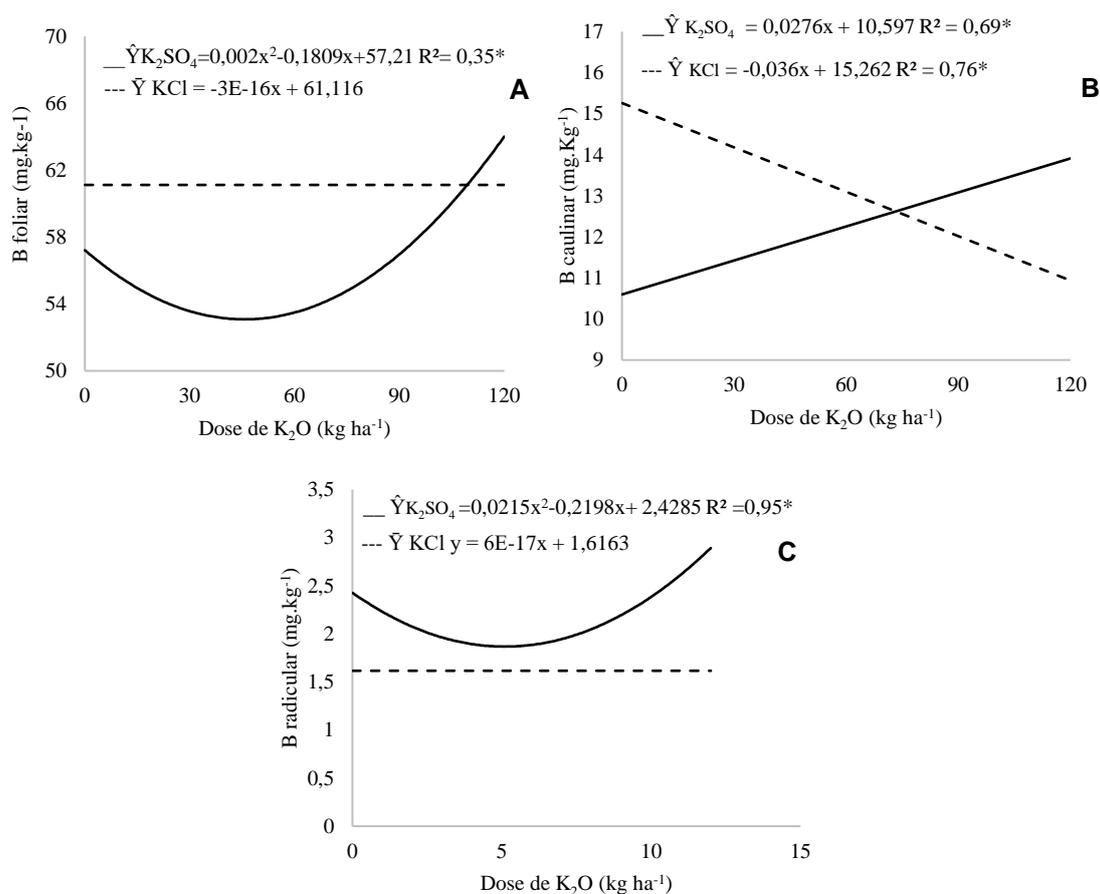


Figura 12: Teor de boro nas folhas (A), nos caules (B) e nas raízes (C) de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

Independente das fontes de potássio no solo, os teores de Mn nas folhas, cascas e raízes foram maiores nas doses crescentes de K₂O (Figura 13A,

B e C). Os tratamentos não influenciaram os teores de Mn no caule das plantas de mandioca. Os cátions, como potássio, desempenham um papel na regulamentação da absorção de Mn, promovendo um aumento na absorção quando o Mn está em baixa disponibilidade (Fageria, 2000). Segundo Ribeiro et al. (1999), os teores médios de Mn na primeira folha da mandioca totalmente expandida, aos quatro meses após o plantio, estão entre 50 – 120 mg kg⁻¹, valor bem abaixo encontrado no presente trabalho, deve-se salientar que a posição da folha de referência é diferente, o que possibilita a diferença entre os teores devido à mobilidade do nutriente.

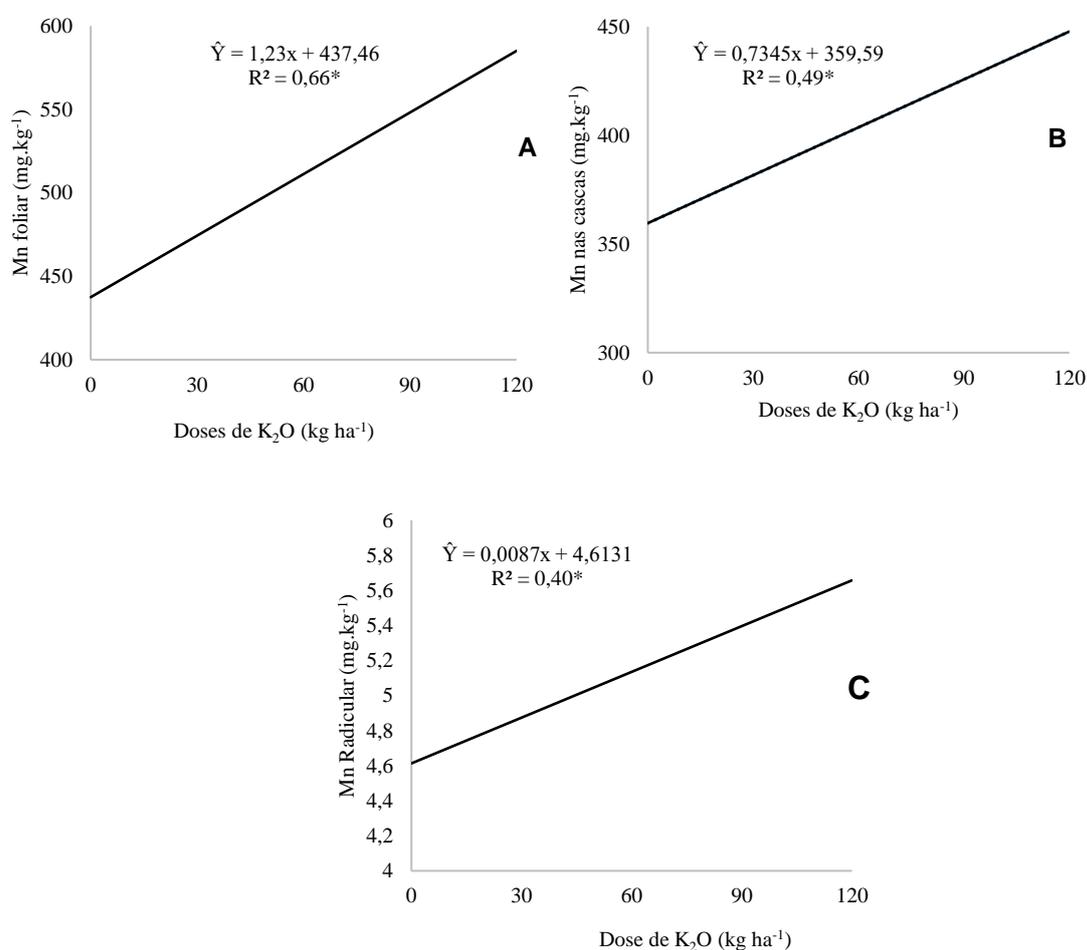


Figura 13: Teor de manganês nas folhas (A), nas cascas (B) e nas raízes (C) de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

Verificou-se efeito das interações fonte e dose de potássio para os teores de ferro nos caules das plantas de mandioca (Figura 14). Os teores de Fe nos caules foram maiores nas maiores doses de K_2O , seguindo uma regressão linear, sendo que a utilização da fonte K_2SO_4 foi superior à fonte KCl (Figura 14). Os teores de Fe nas folhas, nas raízes e nas cascas das raízes de mandioca não foram influenciados pelos tratamentos.

Segundo Ribeiro et al. (1999), os teores médios de Fe na primeira folha completamente expandida são entre 30 a 60 $mg\ kg^{-1}$, valor abaixo do que foi encontrado neste trabalho. No entanto, Lani et al. (2007) retratam que a faixa de teores de Fe nas folhas consideradas como adequadas para a cultura da mandioca está entre 120 à 140 $mg\ kg^{-1}$, corroborando com os valores encontrados.

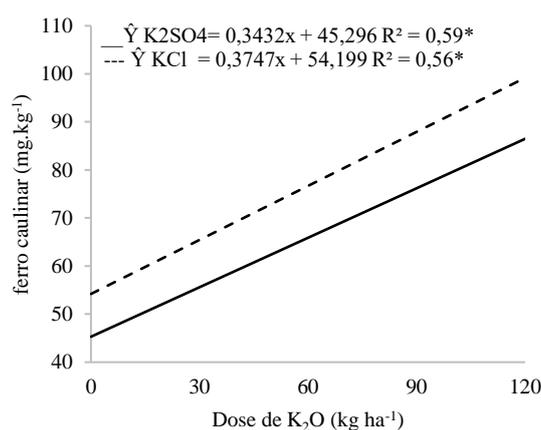


Figura 14: Teor de ferro nos caules de mandioca em resposta às diferentes doses de potássio, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

Os teores de cloro nas folhas foram influenciados pelas fontes e doses de potássio (Figura 15). Quando foi utilizada a fonte KCl observou-se uma regressão linear crescente para os teores de cloro nas folhas, explicado pela fonte conter cloro na sua composição. Com o aumento das doses de K_2O os teores de cloro foram constantes, quando foi utilizada a fonte KCl.

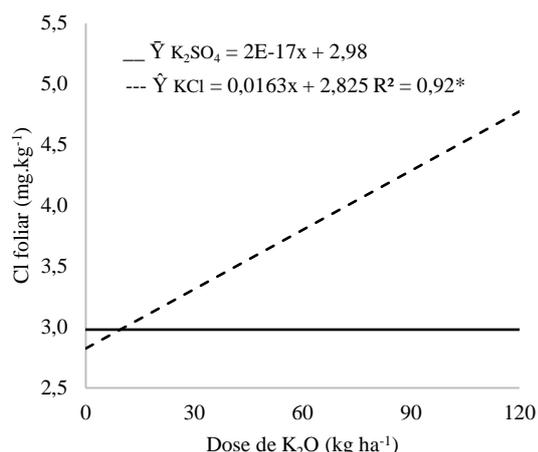


Figura 15: Teor de cloro nas folhas de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

Os teores de Zn, Ni, Cu e Mo nas folhas, nos caules, nas cascas e nas raízes das plantas de mandioca não foram influenciados pelas fontes e doses de potássio estudadas.

5.3. Teor de umidade, firmeza da polpa e proteína nas raízes

5.3.1. Teor de umidade nas raízes

O teor de umidade nas raízes de mandioca, não foi influenciado estatisticamente ($p > 0,05$) pelas fontes e doses de potássio. O valor médio da umidade foi de 62%. Ferreira Neto et al. (2003) observaram teores aproximadamente de 60%, corroborando com o valor encontrado neste trabalho. Teores elevados de umidade não permitem longos períodos de armazenamento em condições de alta umidade e temperatura ambiente, facilitando a deterioração por microrganismos (Padmaja et al., 1980; Ceni et al., 2009).

5.3.2. Firmeza externa e interna das raízes

A firmeza da raiz da mandioca pode ser determinada através do texturômetro que permite medir a resistência à penetração. A variável firmeza

externa é representada pelo pico máximo de penetração nas raízes de mandioca e para essa variável houve efeito significativo da interação das fontes e das doses de potássio (Figura 16). Verifica-se um aumento na força para penetração quando se utiliza a fonte sulfato de potássio nas doses crescentes de K, para a fonte cloreto de potássio observa-se uma equação quadrática com ponto de máxima estimada em 65 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 16). A firmeza interna não foi influenciada significativamente ($p>0,05$) pela fonte e dose de potássio com valor máximo de penetração de 29,38 N. As raízes com maiores firmezas externas são mais resistentes às injúrias mecânicas que estão sujeitas durante o transporte e a comercialização.

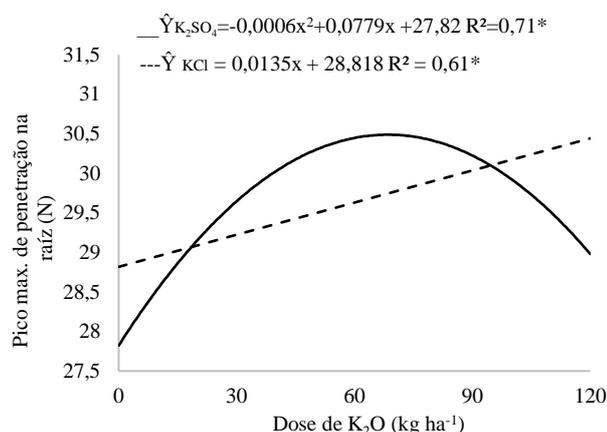


Figura 16: Pico máximo da firmeza externa nas raízes de mandioca em resposta às diferentes doses de K₂O, avaliado 11 meses após o plantio. São Francisco do Itabapoana-RJ.

5.3.3. Teor de proteína nas raízes

Os teores médios de proteínas nas folhas, nos caules, nas cascas e raízes de mandioca foram 265,94; 92,75; 74,89 e 15,53 g kg⁻¹, respectivamente. Ferreira et al. (2009) observaram teores de proteína em folhas de mandioca próximo ao valor obtido neste trabalho. Segundo Mattos et al. (2005), teores de

proteína nas folhas variam entre 14,7 a 40%, representando cerca de 800 kg de proteína bruta desidratada por hectare, tornando-se um produto de alta qualidade nutricional, sendo muitas das vezes desperdiçado pelo produtor.

O teor de proteína nos caules e nas cascas das raízes foi influenciado pela interação de fontes e doses de potássio (Figura 17). A utilização da fonte sulfato de potássio apresentou uma função quadrática com ponto de máxima estimada de 68,4 kg. Ha⁻¹. O teor de proteína nas folhas e nas raízes não obtiveram diferenças significativas ($p>0.05$) em resposta às fontes e doses de potássio. Os teores de proteínas estão relacionados à absorção de nitrogênio pela planta, devido ao fator de multiplicação. O aumento de doses de nitrogênios em capim *Coastcross* encontraram respostas lineares nos teores de proteínas.

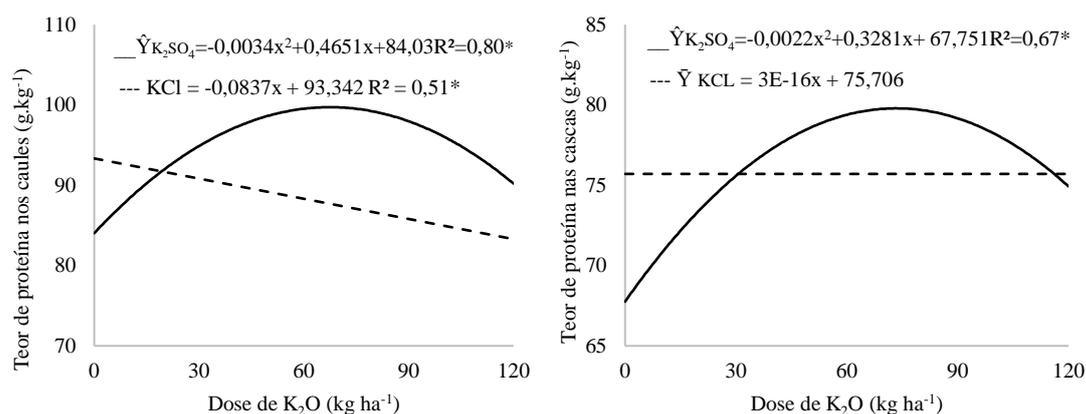


Figura 17: Teor de proteína nas cascas das raízes de mandioca em função fontes e doses de potássio, colhida aos 11 meses após o plantio.

6. CONCLUSÃO

As fontes e doses de potássio influenciam na produtividade, nos teores de nutrientes e na qualidade da mandioca de mesa;

A produtividade, o diâmetro e o número de raízes de mandioca são maiores na dose estimada de 70 kg ha⁻¹ de K₂O independente da fonte;

Os teores de N, P, S e B nas folhas, nos caules, nas cascas e nas raízes foram incrementados com aumento das doses de K₂O, utilizando a fonte sulfato de potássio;

O aumento das doses de K₂O proporcionam incremento nos teores de K e redução de Ca e de Mg na massa seca foliar;

A firmeza externa das raízes de mandioca é maior quando utilizado a fonte K₂SO₄. As fontes e doses não influenciam a firmeza interna das raízes;

Os teores de proteína nos caules e nas cascas das raízes de mandioca são maiores no tratamento com aplicação de sulfato de potássio na dose estimada 68 e 74 kg ha⁻¹ de K₂O.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adekayode, F. O., & Adeola, O. F. (2009) The response of cassava to potassium fertilizer treatments. *Journal of food, agriculture & environment*, 7(2): 279-282.
- Aguiar, E.B. (2011) *Estudo da poda da mandioca (Manihot esculenta Crantz)*. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- Alves, A. A. C. (2002) Cassava botany and physiology. *Cassava: biology, production and utilization*, p. 67-89.
- Alves, A.A.C. (2006) Fisiologia da mandioca. *In: Souza, L. D. S. (org) Aspectos sócioeconômicos e agrônômicos da mandioca*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.138-169.
- Amorim, S. L., Medeiros, R. M. T., Riet-Correa, F. (2006) Intoxicação por plantas cianogênicas no Brasil. *Ciência Animal*. 16 (1): 17-26.
- Cavalcanti, J.; Araújo, G. G. L. (2000) *Parte aérea da mandioca na alimentação de ruminantes na região semi-árida*. Petrolina, PE: Embrapa semi-árido, 22p.
- Cecílio Filho, A.B., Grangeiro, L.C. (2004) Qualidade de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. *Ciênc. Agrotec.* 8(3), 570 - 576.

- Ceni, G. C., Colet, R., Peruzzolo, M., Witschinski, F., Tomicki, L., Barriquello, A. L., & Valduga, E. (2009) Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 20 (1), 107-111.
- CONAB. Conjuntura mensal – Mandioca. Disponível: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_01_09_37_05_mandiocamarco2016.pdf> Acesso em: 19 de dez. 2016.
- Costa, M.B.B., Campanhola, C. (1997) *A agricultura alternativa no Estado de São Paulo*. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 63p.
- Cuvaca, I. B., Eash, N. S., Lambert, D. M., Walker, F. R., & Rustrick, W. (2017) Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on cassava tuber yield in the coastal district of Dondo, Mozambique. *African Journal of Agricultural Research*. 12 (42), 3112-3119.
- El-Sharkawy, Mabrouk A. (2003) Cassava biology and physiology. *Plant molecular biology*, 53 (5): 621-641.
- Epstein, E., Bloom, A. J. (2006) *Nutrição Mineral de Plantas*. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 401p.
- Ezui K.S., Franke A.C., Mando A., Ahiabor B.D.K., Tetteh F.M., Sogbedji J., Janssen B.H., Giller K.E. (2016) Fertiliser requirements for balanced nutrition of cassava across eight locations in West Africa. *Field Crop Res*. 185:69-78.
- Fageria, NK. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terra alta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 35 (10): 2115- 2120.
- Fernandes, F.D., Júnior, R.G., Fialho, J. de F., Vieira, E.A. (2017) Mandioca na alimentação animal. In: FIALHO, J. de F.; VIEIRA, E. A.; BORGES, A. L. *Cultivo da mandioca para a Região do Cerrado*. Embrapa Cerrados-Sistema de Produção (INFOTECA-E).

- Fernandes, A. M., Gazola, B., Nunes, J. G. D. S., Garcia, E. L., & Leonel, M. (2017) Yield and nutritional requirements of cassava in response to potassium fertilizer in the second cycle. *Journal of Plant Nutrition*, 40 (20): 2785-2796.
- Ferreira Neto, C. J.; Figueiredo, R. M. F.; Queiroz, A. J. M. (2003) Avaliação físico-química de farinhas de mandioca durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande. 5 (1), 25-31.
- Fialho, J.de F.; Fukuda, W.M.G.; Pereira, A.V.; Junqueira, N.T.V.; GOMES, A.C. (2002) *Avaliação de variedades de mandioca de mesa nas condições de cerrado do Distrito Federal*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento no 73).
- Fidalski, J. (1999) Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34 (8)1353-1359.
- Figueiredo, M.A., Pasqual, M., Araujo, A.G., Junqueira, K.P., Santos, F.C., Rodrigues, V.A. (2008) Fontes de potássio no crescimento *in vitro* de plantas de orquídea *Cattleya loddigesii*. *Ciência Rural*, 38 (1): 255-257.
- Filgueiras, G. C. Homma A. K. O. (2016) Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região Norte. In: Júnior. M. de S. M.; Alves, R. N. B. *Cultura da mandioca*. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, p. 15-49.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *Crops*. Roma, 2016. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx>>. Acesso em: 08 fev. 2018.
- Freitas, M.S.M.; Monnerat, P.H.; Carvalho, A.J.C.; Vasconcelos, M.A.S. (2011) Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33 (40): 1329-1341.
- Fullin, E.A., Muner, L.H., Dadalto, G.G., Prezotti, L.C. (2007) Adubos e deficiência das adubações. In: Prezotti, L.C., Gomes, J. A., Dadalto, G.G., Oliveira, J.A. de. Manual de Recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo- 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, p. 43-69.

- Gameiro, A. H., Cardoso, C. E. L., Barros, G. S. de C., Antiqueira, T. R., Guimarães, V. di A. (2003) *A indústria de amido de mandioca*. 1. ed. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 201p.
- Grangeiro, L.C.; Cecílio Filho, A.B. (2006) Características de produção de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. *Horticultura Brasileira*. 24 (4), 451- 454.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2018 – Levantamento sistemático da produção agrícola, mês de dezembro de 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2017 – Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>>. Acesso em 01 de maio de 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2017 – Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1618#resultado>>. Acesso em 03 de maio de 2016.
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*, 5 ed. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965. 498p.
- Kirkby, E. In Marschner, P. (2012) (ed) *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, v.3, p. 3-5.
- Koprivaova, A, M. Suter; R. op den Camp; C. Brunold; S. Kopriva (2000) Regulation of sulfate assimilation by nitrogen in *Arabidopsis*. *Plant Physiology* 122: 737-746.
- Lebota, V. (2009) *Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yam, aroids*. Cambridge, Cabi. 413p.
- Lopes, A. S. (1998) Potássio. In: *Manual internacional de fertilidade do solo / tradução e adaptação*. 2 ed., ver e ampl. Piracicaba: Potafos, p. 67-78.

- Lorenzi, J. O.; Ramos, M. T. B.; Monteiro, D. A.; Valle, T. L.; Godoy Junior, G. (1993) Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas. 52 (1), 1-5.
- Lorenzi, J.O., Otsubo, A.A., Mercante, F. M., Martins, C. S. (2002) Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. *In: Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul*. Anais Dourados/Campo Grande: EMBRAPA Agropecuária Oeste/UNIDERP. p. 77-108.
- MALAVOLTA, E. (2006) Funções dos macro e micronutrientes. *In: Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres. 631p.
- Mancuso, A. C. (2012) *Fontes e doses de potássio na cultura do café (Coffea arabica L.)*. Tese (mestre em Agronomia) – Botucatu – SP UNESP, 61 p.
- Marchand, M. (2010) Effect of potassium on the production and quality of tobacco leaves. *Electronic International Fertilizer Correspondent*, v.24, p.7-14.
- Mascarenhas, H.A.A., Tanaka, R.T., Carmello, Q.A.C., Gallo, P.B., Ambrosano, G.M.B. (2000) Calcário e potássio para a cultura de soja. *Scientia Agricola*, 57(3): 445-449.
- Mattos, P., Farias, A., Correa, A. (2005) Utilização da mandioca e de seus produtos na alimentação humana. Souza Silva, L. da S. et al. *Processamento e utilização da mandioca*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.
- Mattos, P.L.P., Gomes, J.C., Farias, A.R.N., Fukuda, C. (2002) *Cultivo da mandioca nas regiões norte e nordeste do Brasil*. In: CEREDA, M.P. (coord.). Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, p. 274-301.
- Mehdi, S. M.; Sarfraz, M.; Hafeez, M. Response of rice advance line PB-95 to potassium application in saline-sodic soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v. 10, p. 2935-2939, 2007.

- Meurer, E. J. Potássio. In: Fernandes, M. S. (2006) *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p. 281-298.
- Montagnac, J. A.; Davis, C. R.; Tanumihardjo, S. A. (2009) Processing techniques to reduce toxicity and antinutrientes of cassava for use as a staple food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Oxford. 8 (1): 17-27.
- Nascimento, M; Monte, M. B. de. M.; Loureiro, F. E. L. (2008) Agrominerais – Potássio. In: Luz, A. B. de.; Lins, A. F. *Rochas e Minerais Industriais*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. p. 176-209.
- Nguyen, H. Schoenau, J. J., Nguyen, D., Rees, K. V., Boehm, M. (2002) Effects of long-term nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on cassava yield and plant nutrient composition in north Vietnam. *Journal of plant Nutrition*, New York. 25 (3): 425-442.
- Nieves-Cordones, M., Al Shiblawi, F. R., & Sentenac, H. (2016). Roles and transport of sodium and potassium in plants. In *The Alkali Metal Ions: Their Role for Life* (p. 291-324).
- Norton, R.; Mikkelsen, R.; Jensen, T. (2013) Sulfur for plant nutrition. *Better crops*, 97 (2): 10-12.
- 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, p.427-436.
- Okpara, D. A., U. S. Agoha, and M. Iroegbu. (2010) Response of cassava variety TMS/98/0505 to potassium fertilization and time of harvest in South Eastern Nigeria. *Nigeria Agricultural Journal* 41: p. 91–100.
- Oliveira, L.A.M. (2015) *Potássio, Sumário Mineral – DNPM*. acesso em: 14 de jan.2017.

- Oliveira, M.A. de; Leonel, M.; Cabello, C.; Cereda, C.; Janes, D.A. (2005) Metodologia para avaliação do tempo de cozimento e características tecnológicas associadas em diferentes cultivares de mandioca. *Ciênc.agrotec.*, Lavras, 29(1), 126-133.
- Padmaja, G.; Balagopal, C.; Potty, V. P. (1982) Polyfenols and vascular streaking in cassava. *Cassava Newsletter*, n. 10, p. 5-6.
- 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.< https://uwlabs.soils.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/17/2015/09/plant_icp.pdf> Acesso em 24/02/2016.
- Polthanee A, Wongpichet K. (2017) Effects of planting methods on root yield and nutrient removal of five cassava cultivars planted in late rainy season in northeastern Thailand. *Agric. Sci.* 8:33-45.
- Pontes, C. M de A. (2008) *Épocas de colheita de variedades de mandioca*. Diss. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Vitória da Conquista-BA, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, 108p.
- Prado, R.M.; Braghirolli, L.F.; Natale, W.; Corrêa, M.C.M.; Almeida, E.V. (2004) Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26(2), 295-299.
- Prajapati, K., Modi, H.A. (2012) The importance of potassium in plant growth – A review. *Indian Journal of Plant Sciences*, 1 (2): 177-186.
- Quadros, D.A.; Lung, M.C.; Ferreira, S.M.R.; Freitas, R.J.S. (2009) Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29 (2): 316-323.

- Rashmi; Singh, S.B. (2008) Studying the effect of nitrogen and potassium fertilizer on growth and essential oil content of *Cymbopogon citratus* and *Vetiveria zizanioides*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, v.2, p.188-193.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P.TG., Alvares, V.H. (1999) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação*. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais.
- Rimoldi, F., Vidigal Filho, P. S., Vidigal, M. C. G., Clemente, E., Pequeno, M. G., Miranda, L., Kvitschal, M. V. (2006) Produtividade, composição química e tempo de cozimento de cultivares de mandioca de mesa coletadas no Estado do Paraná- *Acta. Scientiarum. Agronomy*. 28 (1): 63-69.
- Rós, A. B. (2012) Produtividade de raízes de mandioca em função de doses de potássio. *Revista pesquisa & tecnologia apta regional*. 9 (1): 25-32.
- Santa'ana, A. F.; Domene, S. M. A. (2008) *Teores de glicosídeos cianogênicos em derivados de mandioca determinados por protocolo adaptado ao laboratório de micronutrientes*. XIII Encontro de Iniciação Científica da PUC Campinas Anais.
- Santana, F. A. (2014) *Estudos genéticos do germoplasma de mandioca (Manihot esculenta crantz) para qualidade da raiz*. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Cruz das Almas – Ba, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, 78p.
- Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB). Análise da conjuntura Agropecuária Mandioca – safra 2015/16. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/mandioca_2015_16.pdf. Acesso em: 19 de dez. 2016.
- Silva, D. C. O., Alves, J. M. A., Uchôa, S. C. P., de Andrade Sousa, A., Barreto, G. F., & da Silva, C. N. (2017) Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. *Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 60 (2): 158-165.

- SILVA, M. D. S., Trevizam, A. R. (2015) Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. *Informações agronômicas*, 49, 16p.
- Silva, E. B., Nogueira, F. D; Guimarães, P.T.G. (1999) Análise de cloreto em tecido vegetal. Lavras, MG: UFLA.
- Silva, J.R.; Freire, E.S. (1968) Efeito de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade. *Bragantia*. 27 (2).
- Silva, M. L. S., and A. R. Trevizam. (2015) Ionic interactions and their effects on plant nutrition. (In Portuguese) Piracicaba: IPNI *Agronomic information*, n. 149.
- Sousa, A. de A. (2014) *Produtividade e qualidade de raízes de mandioca, cv. Aciolina, sob diferentes doses de potássio e épocas de avaliação na savana de Roraima*. UFR, 2014. Dissertação (Pós-graduação em agronomia, área de concentração em produção vegetal) Universidade Federal de Roraima em parceria com a EMBRAPA Roraima,74p.
- Souza, L.S.; FIALHO, J.F. (2003) Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado, *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas.
- Stangarlin, J. R., Kuhn, O. J., Toledo, M. V., Portz, R. L., Schwan-Estrada, K. R. F., & Pascholati, S. F. (2011). A defesa vegetal contra fitopatógenos. *Scientia Agraria Paranaensis, Cascavel*, 10 (1): 18-46.
- Takahashi, M, Fonseca Junior, N.S., Torrecillas, S.M. Mandioca no Paraná: (2002) Antes, agora e sempre. Curitiba: IAPAR. Circular Técnica nº 123. 209p.
- Takahashi, M. (1999) Calibração da adubação da cultura da mandioca em solos arenosos do Paraná. In: *Congresso Brasileiro De Mandioca*, 10, Manaus. Resumos... Manaus, AM: Sociedade Brasileira de Mandioca, p.19.

Tinini, R. C. dos R.; Coelho, S. R. M.; Monteiro, V. H.; Figueiredo, P. R. A. de; Schoeninger, V. (2009) caracterização do teor de amido em raízes de mandioca para agroindústrias de extração de fécula. *Anais do I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente*, Cascavel – Paraná – Brasil. Cascavel- PR.

TROPICOS.ORG. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/12802182>> Acesso em: 24 de jan 2017.

Uchôa, S.C.P.; Souza, A. de A.; Alves, J.M.A.; Silva, D.O. da; Montenegro, R.A.; Carvalho, L. de B. (2014) XX Congresso latino-americano e XVI Congreso peruano de la ciencia del suelo, 20, Cusco - Perú. *Adubação potássica na produtividade e qualidade de raiz de mandioca*. Roraima: 6 p.

Uwah, D. F., E. B. Effa, L. E. Ekpenyong, and I. E. Akpan. (2013) Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) performance as influenced by nitrogen and potassium fertilizers in Uyo, Nigeria. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(2), 550-555.

Werle, R.; Garcia, R.A.; Rosolem, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 32(6), 2297-2305.

Zonta, E.P.; Machado, A.A.; Silveira Junior, P. (1984) *Sistema de análises estatísticas para microcomputadores (SANEST)*. Pelotas: UFP, 151p.