UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

BRUNO GAZOLA

PRODUTIVIDADE E COZIMENTO DA MANDIOCA CULTIVAR IAC 576-70 EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM SOLO ARENOSO

Botucatu

2017

BRUNO GAZOLA

PRODUTIVIDADE E COZIMENTO DA MANDIOCA CULTIVAR IAC 576-70 EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM SOLO ARENOSO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes

Botucatu
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Gazola, Bruno, 1992-
G291p Produtividade e cozimento da mandioca cultivar IAC 576-70 em resposta à adubação potássica em solo arenoso / Bruno Gazola.– Botucatu: : [s.n.], 2017
93 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação(Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Adalton Mazetti Fernandes
Inclui bibliografia

1. Mandioca – Adubação. 2. Mandioca – Qualidade. 3. Adubos e fertilizantes. 4. Produtividade agrícola. 5. Minerais na nutrição de plantas. I. Fernandes, Adalton Mazetti. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:"PRODUTIVIDADE E COZIMENTO DA MANDIOCA CULTIVAR IAC 576-70 EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM SOLO ARENOSO"

AUTOR: BRUNO GAZOLA
ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES
CERAT / Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

DR. JOSE CARLOS FELTRAN
Seção de Raízes e Tubérculos / INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS

Botucatu, 24 de julho de 2017.

Aos meus pais, ***Jose Luiz Gazola*** *e* ***Aparecida Ferreira Gazola****,*
por acreditarem em mim e sempre estarem ao meu lado
nos momentos de dificuldade e conquistas.
E aos meus irmãos ***Paula Thais Gazola***
e ***Fernando Gazola,*** *pelas palavras*
de apoio e incentivo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar este momento, e assim cumprir mais uma etapa em minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), pela oportunidade de realização do mestrado e dedicação de seus docentes.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) por disponibilizar a infraestrutura necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, pela atenção, dedicação ensinamentos, pela paciência e orientação, para que fosse possível o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos de pós-graduação Jesion Geibel, Jason Geter e Adilson Pimentel pelo auxilio prestado durante a realização deste projeto e pela grande amizade e respeito criada por nos durante este período.

A minha namorada Juliane pela compreensão e incentivos a mim dedicados.

Aos funcionários do CERAT Elder, Luiz, Danilo, Alessandra, Juliana e Debora pelo apoio, convivência e amizade.

“Não desamineis embora venham ventos fortes contra,

pois sempre estarei ao seu lado”.

(Santa Paulina)

RESUMO

O potássio (K) é o nutriente mais absorvido e exportado pela cultura da mandioca. Porém, em solos de textura arenosa o K pode ser perdido mais facilmente por lixiviação, sendo que nesses solos a resposta da mandioca a aplicação de K é maior. Levando em consideração que a mandioca apresenta ciclo longo e crescimento inicial lento, pode ser que a aplicação de K apenas na fase de implantação da cultura não seja suficiente para garantir produtividades satisfatórias, principalmente em condições de solo arenoso. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses e formas de parcelamento da adubação potássica sobre a produtividade e qualidade das raízes tuberosas da mandioca de mesa cultivar IAC 576-70, cultivada em solo arenoso. O experimento foi conduzido em áreas individuais por dois anos agrícolas (2014/15 e 2015/16) no município de São Manuel-SP (22° 44' S e 48° 34' O e 740 m de altitude). O delineamento experimental em ambos os anos foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 3x4+1, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 3 doses de K_2O (45, 90 e 180 kg ha^{-1}) combinadas com 4 formas de parcelamento (1 - 100% no plantio; 2 - 1/2 no plantio e 1/2 aos 45 dias após o plantio (DAP); 3 - 1/2 no plantio e 1/2 aos 90 DAP; 4 - 1/3 no plantio, 1/3 aos 45 DAP e 1/3 aos 90 DAP); além da testemunha sem K. A colheita da mandioca foi realizada ao final de 10 meses de ciclo. Foram avaliados, diagnose foliar, número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta, altura da planta e população final de plantas, número, comprimento, diâmetro e peso médio das raízes, produtividade e qualidade das raízes tuberosas. No 1º ano de cultivo, a maior produtividade total e comercial de raízes tuberosas foi obtida com a dose estimada de 110 e 107 kg ha^{-1} de K_2O, respectivamente. No 2º ano de cultivo, os maiores valores de produtividade total e comercial de raízes tuberosas ocorreram com a aplicação da dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O parcelada em três vezes (plantio, 45 DAP e 90 DAP). O tempo de cozimento das raízes tuberosas no 1º ano de cultivo diminui até a dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O em todas as formas de parcelamento utilizadas e o menor tempo de cozimento ocorreu quando o K foi parcelado em três aplicações. No 2º ano de cultivo, o menor tempo de cozimento foi obtido com a dose estimada de 116 kg ha^{-1} de K_2O e a firmeza da polpa das raízes tuberosas cozidas reduziu até a dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O independentemente do parcelamento utilizado. O parcelamento da adubação potássica com metade das doses no plantio e o restante em cobertura aos 45 DAP reduziu a firmeza da polpa das raízes tuberosas

até a dose estimada de 115 kg ha^{-1} de K_2O no 2º ano de cultivo.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*. Potássio. Eficiência nutricional. Produtividade de raízes. Tempo de cozimento.

ABSTRACT

Potassium (K) is the nutrient most absorbed and removed by cassava. However, in sandy soils, it may be easier to leach, and it is not a cassava application. Taking into account that cassava presents a long cycle and slow initial growth, it may be the application of K only at the stage of crop implantation is not sufficient to guarantee satisfactory yields, especially in sandy soil conditions. The objective of this work was to evaluate the effect of rates and forms of potassium application on yield and quality of cassava storage roots, cultivar IAC 576-70, cultivated in sandy soil. The experiment was conducted in individual areas for two agricultural years, 2014/15 and 2015/16 in the municipality of São Manuel-SP (22 ° 44 'S; 48 ° 34' W and 740 m above sea level). The experimental design, in both years, was a randomized block design, with a 3x4+1 factorial scheme, with four replications. The treatments were consisted for 3 K_2O rates (45, 90, and 180 kg ha^{-1}) combined with 4 forms of K splitting (1 - 100% at planting, 2 - 1/2 at planting and 1/2 at 45 days after plating (DAP), 3 - 1/2 at planting and 1/2 at 90 DAP, 4 - 1/3 at planting, 1/3 at 45 DAP and 1/3 at 90 DAP), besides the control without K. Harvesting of cassava was carried out at the end of the 10 month cycle. It was evaluated: leaf number and diameter, number of leaves per plant, plant height and final plant population, number, length, diameter, and average weight of storage root, yield and quality of storage roots. In the first year of cultivation, the highest total and marketable storage root yield was obtained with the estimated rates of 110 and 107 kg ha^{-1} K_2O, respectively. In the second year of cultivation, the highest values of total and marketable storage root yield occurred with the application of the rate of 180 kg ha^{-1} K_2O divided in three times (planting, 45 DAP, and 90 DAP). The cooking time of the storage roots in the first year of cultivation decreased until the rate of 180 kg ha^{-1} K_2O in all the splitting forms used, and the lowest cooking time occurred when K was divided into three applications. In the second year of cultivation, the lowest cooking time was obtained with the estimated rate of 116 kg ha^{-1} K_2O and the pulp firmness of the cooked storage roots reduced up to the rate of 180 kg ha^{-1} of K_2O, regardless of the splitting used. The potassium fertilizer splitting with half the rates at the planting and the remainder topdressing at 45 DAP reduced the pulp firmness of the tuberous roots until the estimated rate of 115 kg ha^{-1} K_2O in the second year of cultivation.

Keywords: *Manihot esculenta*. Potassium. Nutritional efficiency. Storage Root yield. Cooking time.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m das áreas experimentais, antes do plantio da mandioca nos anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16 em São Manuel-SP 35

Tabela 2 - Tratamentos fitossanitários empregado nos experimentos em São Manuel-SP..... 39

Tabela 3 - Teores de macronutrientes na folha diagnose de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 46

Tabela 4 - Teores de micronutrientes na folha diagnose de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 48

Tabela 5 - Número de hastes por planta, diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura de plantas de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 50

Tabela 6 - População final de plantas de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos cultivados (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 53

Tabela 7 - Número de raízes por planta, comprimento, diâmetro e peso médio das raízes de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 54

Tabela 8 - Produtividade total e produtividade comercial de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP... 57

Tabela 9 - Acúmulo de MS nas folhas, hastes e cepas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 60
Tabela 10 - Acúmulo de MS nas raízes tuberosas e na planta inteira da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP... 62
Tabela 11 - Partição de MS para a parte aérea, cepas e raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP... 65
Tabela 12 - Teor de K nas folhas, hastes, cepas, e raízes tuberosas de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP... 66
Tabela 13 - Quantidades de K extraídas pelas plantas e exportadas pelas raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 68
Tabela 14 - Eficiência de recuperação de K aplicado pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 69
Tabela 15 - Eficiência de uso de K aplicado pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 71
Tabela 16 - Porcentagem de MS das raízes tuberosas na mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 74

Tabela 17 - Porcentagem de proteína nas raízes tuberosas e produtividade de proteína na matéria fresca da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 75
Tabela 18 - Tempo de cozimento das raízes e porcentagem de palitos cozidos de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 76
Tabela 19 - Porcentagem de absorção de agua pelos palitos durante o cozimento de 30 minutos de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 79
Tabela 20 - Firmeza da polpa das raízes antes (crua) e após o cozimento (cozida), de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP 80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluvial (▌), temperaturas máximas (▬) e mínimas (▬) registradas, durante o período de janeiro a dezembro, nos anos de 2014, 2015 e 2016. PL – plantio, EM – emergência, NK-C –nitrogênio e potássio em cobertura, K-C – potássio em cobertura, C – colheita..... 38

Figura 2 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para o número de hastes por planta de mandioca, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de cultivo em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP 51

Figura 3 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para a produtividade total (a) e produtividade comercial (b) da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de cultivo em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP 58

Figura 4 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para MS de raiz (a) e MS da planta inteira (b) da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP 63

Figura 5 - Eficiência de recuperação do K aplicado pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo 2014/15 (a) - 2015/16 (b) em São Manuel-SP; médias seguidas de letras distintas minúscula, para o fator parcelamento e maiúscula, para o fator dose, diferem entre si pelo teste *t* a 5% de probabilidade..... 70

Figura 6 - Eficiência de uso do K aplicado pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de dose e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo 2014/15 (a) - 2015/16 (b) em São Manuel-SP; médias seguidas de letras distintas minúscula, para o fator parcelamento e maiúscula, para o fator dose, diferem entre si pelo teste *t* a 5% de probabilidade 72

Figura 7 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para o tempo de cozimento das raízes de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, no 1º ano de cultivo de em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP 77

Figura 8 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para porcentagem de palitos cozidos no 1º ano (a) e no 2º ano (b) de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP..... 78

Figura 9 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para a firmeza polpa cozida da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de cultivo em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP 81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 25
2 REVISÃO DE LITERATURA..... 27
3 MATERIAL E MÉTODOS..... 35
3.1 Localização e características da área experimental..... 35
3.2 Caracterização da variedade de mandioca..... 35
3.3 Delineamento experimental e tratamentos..... 36
3.4 Instalação e condução dos experimentos..... 36
3.5 Avaliações..... 39
3.5.1 Diagnose foliar..... 39
3.5.2 Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta..... 40
3.5.3 População final de plantas..... 40
3.5.4 Número, comprimento, diâmetro e peso médio e produtividade de raízes tuberosas..... 40
3.5.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas e na planta inteira..... 40
3.5.6 Partição de MS para a parte aérea, cepas e raízes tuberosas..... 41
3.5.7 Teor de K nas partes da planta, extração e exportação de K..... 41
3.5.8 Índices de eficiência da adubação potássica..... 41
3.5.8.1 Eficiência de recuperação do K 41
3.5.8.2 Eficiência de uso do K..... 42
3.5.9 Índices de qualidades das raízes produzidas..... 42
3.5.9.1 Porcentagem de MS nas raízes tuberosas..... 42
3.5.9.2 Teor de proteína nas raízes tuberosas e produtividade de proteína..... 42
3.5.9.3 Tempo de cozimento das raízes tuberosas, absorção de agua e porcentagem de palitos cozidos..... 43
3.5.9.4 Firmeza das raízes tuberosas antes e após o cozimento.... 43
3.6 Análise estatística..... 44

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 45
4.1 Diagnose foliar..... 45
4.2 Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta 49
4.3 População final de plantas 52
4.4 Número, comprimento, diâmetro e peso médio e produtividade de raízes tuberosas 53
4.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira 59
4.6 Partição de MS para a parte aérea, cepas e raízes tuberosas..... 64
4.7 Teor de K nas partes da planta, extração e exportação de K 65
4.8 Índices de eficiência da adubação potássica..... 68
4.8.1 Eficiência de recuperação do K 68
4.8.2 Eficiência de uso do K 71
4.9 Índices de qualidade das raízes produzidas 73
4.9.1 Porcentagem de MS das raízes tuberosas 73
4.9.2Teor de proteína nas raízes tuberosas e produtividade de proteína 74
4.9.3 Tempo de cozimento, porcentagem de palitos cozidos das raízes tuberosas e absorção de agua pelos palitos..... 75
4.9.4 Firmeza da polpa das raízes antes e após o cozimento..... 80
5 CONSIDERAÇOES FINAIS 82
6 CONCLUSÕES 83
REFERÊNCIAS..... 84

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família das euforbiáceas. Esta se caracteriza por apresentar raízes tuberosas tendo assim, grande importância na alimentação, destacando-se como uma excelente fonte de alimento energético, principalmente nos países em desenvolvimento (SOUZA, 2000). Suas raízes tuberosas, ricas em amido, representam a maior parte da planta, sendo relacionado como índice de colheita, que é a relação entre o peso de raízes e o peso total da planta, em mandioca quando valores acima de 60% são considerados adequados para se realizar a colheita (CARDOSO JUNIOR et. al., 2005; CONCEIÇÃO, 1983). As raízes tuberosas são utilizadas para o consumo *in natura*, na alimentação humana e animal, em escala industrial utilizada como matéria-prima para fabricação de produtos alimentícios e farmacêuticos, ou até mesmo na produção de papel e na área têxtil (PERESSIN, 1997).

Dentro do cenário nacional, o estado de São Paulo destaca-se como sendo responsável por aproximadamente 45,1% da produção da região Sudeste. A produtividade média no estado é de 24,8 t ha^{-1} de raízes tuberosas, ficando acima da média nacional que é de 15,3 t ha^{-1} (IBGE, 2016). A cultura da mandioca se caracteriza pela rusticidade e adaptabilidade as mais diferentes condições de clima e solo, sendo comumente produzida em áreas consideradas improprias para a maioria das outras culturas (OLIVEIRA et al., 2009).

Esta cultura tem como característica exportar grande parte dos nutrientes que é absorvido durante o ciclo de cultivo, destes nutrientes o potássio (K) é absorvido em maiores quantidades, e consequentemente apresenta maiores taxas de exportação. Por ser uma cultura cujo principal produto são as raízes tuberosas, seu cultivo acaba sendo mais comumente realizado em solos de textura média a arenosa que apresenta maior drenagem, facilitando o crescimento e desenvolvimento das raízes tuberosas e viabilizando o processo de colheita das mesmas (SOUZA; SOUZA, 2000; SOUZA et al., 2009; FIALHO; VIEIRA, 2011). Com isso, tem se preconizado o plantio em solos arenosos, ocorrendo assim uma resposta da mandioca a adubação potássica de considerada relevância nesse cenário de produção de raízes tuberosas, para cultivares de mandioca de mesa. A maioria das recomendações de adubação potássica para a cultura da mandioca tem indicado a aplicação do K apenas na época de plantio (LORENZI et al., 1997; NOGUEIRA; GOMES, 1999; OTSUBO; LORENZI,

2002; SOUZA et al., 2009; SOUSA; LOBATO, 2004), com raras exceções de indicação do parcelamento, entre o plantio e aplicação em cobertura (MATTOS et al., 2002). No entanto estudo feito por Mohankumar, (1971) com a aplicação de K parcelado ocorrendo no plantio e aos 60 DAP, proporcionou maiores teores de amido e aumentos de matéria seca (MS) das raízes tuberosas.

Dessa forma, o estudo de doses e formas de parcelamento do K em solo arenoso cultivado com mandioca é fundamental para maximizar a produtividade dessa cultura, tendo em vista que isso poderá proporcionar aumento de produção e qualidade das raízes de mandioca produzida. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses e formas de parcelamento da adubação potássica sobre o crescimento da planta, produtividade e qualidade das raízes tuberosas da cultura da mandioca de mesa, cultivada em solo arenoso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta heliofita, perene, arbustiva e de raiz tuberosa (LORENZI et al., 2002), pertencente à família Euphorbiaceae, constitui a única espécie de interesse econômico do gênero *Manihot* (CEBALLOS; CRUZ, 2002). Seu local de origem é o continente americano, provavelmente no Brasil central (LORENZI, 2002). A mandioca é um alimento básico de milhões de habitantes dos trópicos em todo o mundo (COCK, 1985). Na região tropical e em países em desenvolvimento a raiz da mandioca é considera a terceira fonte de alimento energético mais importante, ficando atrás apenas do arroz e do milho (CARDOSO JÚNIOR et al., 2005; FAO, 2014).

As cultivares de mandiocas são geralmente classificadas em doces ou de “mesa” e amargas ou bravas. As mandiocas de “mesa”, com menores teores de HCN, são utilizadas para consumo humano e animal já a mandioca brava, geralmente empregada na indústria para a produção de farinha e fécula, tendo elevados teores de HCN em suas raízes frescas, o que inviabiliza o consumo in natura (SOUZA; FIALHO, 2003).

A cultura da mandioca, é cultivada em muitos países, a área mundial cultivada com mandioca é de aproximadamente 20 milhões de hectares, com um volume de produção de 256,5 milhões de toneladas de raízes tuberosas e uma produtividade média de 12,8 t ha^{-1} (FAO, 2014). No Brasil, a área cultivada com mandioca é de aproximadamente 1,7 milhões de hectares, com uma produtividade média de 15,3 t ha^{-1} (IBGE, 2016). Apesar de ser cultivada em praticamente todas as regiões do Brasil, os maiores volumes de produção são obtidos na região Centro Sul do País (OTSUBO; LORENZI, 2002), com destaque para o estado de Paraná que é um dos principais estados produtores de mandioca nesta região (IBGE, 2016).

A cultura possui ampla adaptação às mais variadas condições climáticas, podendo ser cultivada em altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros, (MATTOS; BEZERRA, 2003) desde que ocorra uma precipitação anual em torno de 1.000 mm a 1.500 mm, bem distribuídos em um período de seis a oito meses durante o ano (CONCEIÇÃO, 1983). A planta de mandioca embora, seja relativamente tolerante à seca, é recomendado que se realize o plantio no início da época das chuvas. Em regiões tropicais, a operação de plantio pode ser realizada durante o ano inteiro, desde que haja umidade mínima para o desenvolvimento da planta. Já em

regiões subtropicais, o plantio é restrito à época mais quente do ano (setembro/outubro a março/abril), permanecendo a cultura em dormência durante o período frio e/ou seco do ano (FILHO; SILVEIRA, 2012).

Com relação a fisiologia, o desenvolvimento da planta de mandioca pode ser dividido em cinco fases principais, sendo as quatro primeiras delas de intensa atividade metabólica, enquanto a fase final, de baixa atividade, sendo denominada de fase de repouso estas são: “emergência” (5 a 15 dias após o plantio (DAP); “início do desenvolvimento foliar e formação do sistema radicular” (15 a 90 DAP); “desenvolvimento dos ramos e folhas, estabelecimento da copa” (90 a 180 DAP); “translocação expressiva de carboidratos para as raízes” (180 a 300 DAP) e “paralização do crescimento vegetativo” (300 a 360 DAP), em que a duração e a existência, dependem de vários fatores relacionados às diferenças varietais, condições ambientais e práticas culturais e época de plantio (ALVES, 2006). Normalmente as variedades de mandioca de mesa são colhidas, de 8 a 14 meses, visando manter a qualidade do produto final (OTSUBO; LORENZI, 2002). Portanto, no caso da mandioca de mesa a colheita é feita ao final do primeiro ciclo vegetativo (AGUIAR, 2011).

Apesar de acabar sendo cultivada principalmente em áreas consideradas impropriadas para outras culturas, esta consegue produzir em locais onde a produtividade de outras espécies são consideradas baixas (TERNES, 2002), ela tende a ser uma cultura esgotante e degradadora do solo (MATTOS et al., 2002), pelo fato de extrair grandes quantidades de nutrientes, principalmente potássio (K), nitrogênio (N), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (TERNES, 2002) tornando difícil conservar a fertilidade do solo com o cultivo de mandioca ano após ano, sem a devida reposição dos principais nutrientes por ela exportados como N, P, K, Ca e Mg (TERNES, 2002).

Assim deve-se realizar reposição dos nutrientes, em solos com cultivos sucessivos de mandioca, ou quando ocorrer o uso integral das plantas, pois nessas condições, essa tuberosa exporta praticamente tudo aquilo que é absorvido durante o ciclo, ou seja, quase nada do que é absorvido retorna ao solo sob a forma de resíduos culturais (OTSUBO; LORENZI, 2002). Isso ocorre porque praticamente a planta inteira pode ser aproveitada após a colheita, as raízes tuberosas podem ser destinadas para a alimentação ou para a indústria, e a parte aérea, folhas e manivas para novos plantios e alimentação humana e animal (OTSUBO; LORENZI, 2002). Em função disso, a presença de nutrientes em quantidades adequadas no solo favorece a produtividade

dessa cultura (RÓS, 2013), sendo que aumentos consideráveis de produtividade podem ser conseguidos mediante o emprego de adubação, principalmente em solos de baixa fertilidade (SOUZA; SOUZA, 2000).

Dentre os nutrientes absorvidos pela cultura da mandioca o K é o nutriente exigido em maiores quantidades (HOWELER; CADAVID, 1983; TERNES, 2002). Em solos de regiões tropicais, este nutriente pode atingir concentração total entre 0,9 e 19 g kg^{-1} (FASSBENDER,1984) mas a maior parte se encontra na estrutura dos minerais primários e secundários (K estrutural), não estando assim prontamente disponível para a absorção pelas plantas. O K para ser absorvido deve estar na solução do solo, na forma iônica de K^+ onde, o processo de caminhamento do íon até a superfície radicular ocorre por difusão e por fluxo de massa através da solução do solo (FRIED; BROESHART, 1967). A cultura da mandioca apresenta em seu desenvolvimento vegetativo dois tipos de raízes, as fibrosas, que desempenham função de fixação e absorção de água e nutrientes, e as tuberosas, que resultam do processo de tuberização e armazenam de fotoassimilados na forma de amido (VIÉGAS, 1976). As raízes fibrosas têm um desenvolvimento relativamente menor quando comparado as raízes tuberosas, e por ser uma cultura de ciclo longo, o fornecimento de K a cultura da mandioca de forma correta em época e quantidade adequada é fundamental para a obtenção de produtividades satisfatórias para o ciclo de desenvolvimento de cultivares de mandioca de mesa, para a produtividade de raiz comercial.

Por apresentar um desenvolvimento radicular reduzido e pouco ramificado, as associações micorrízicas para a cultura desempenham papel importante no seu estabelecimento e manutenção, o que é comprovado pela alta dependência por micorriza (BALOTA et al., 1997). A micorriza é uma associação simbiótica natural entre fungos micorrízicos do solo e as raízes das plantas, a mandioca é altamente dependente da micorriza arbuscular e apresenta alta colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos, como por exemplo a espécie Glomus manihotis, que se desenvolve melhor em solos ácidos (BALOTA, 1994). As hifas externas do fungo podem estender-se no solo, funcionando como um sistema radicular adicional, tendo assim maior capacidade de exploração do solo, absorvendo maiores quantidades de agua e nutrientes, (MIRANDA; MIRANDA, 1997) sendo transferidos para as raízes fibrosas, o que pode aumentar a absorção de K pelas plantas de mandiocas, considerando que 20% do K absorvido pelas raízes é por fluxo de massa (GIANELLO et al., 2000).

Em média, para a produção de 25 t ha^{-1} de raízes tuberosas a cultura extrai (parte aérea + raízes) entre 146 e 167 kg ha^{-1} de K (HOWELER, 1982; TERNES, 2002; SOUZA et al., 2009) e exporta com as raízes tuberosas por volta de 87,8 kg ha^{-1} de K (SOUZA et al., 2009), outros resultados de pesquisas mostram que para a produção de uma tonelada de raiz tuberosa, ocorre a extração de 5,97 e 4,95 kg t^{-1} (KANAPATHY, 1970; OELSLIGLE, 1975) e exportação de 2,76 e 2,91 kg t^{-1} (KANAPATHY, 1970; OELSLIGLE, 1975).

Dessa forma, cultivos sucessivos de mandioca na mesma área podem resultar no esgotamento das reservas de K disponível do solo (MATTOS et al., 2002), tendo em vista que resultados de pesquisa demonstraram que com apenas um cultivo de mandioca na área, os teores de K do solo apresentaram uma redução de 36 a 52% em relação aos teores iniciais, determinados antes do plantio (HOWELER; CADAVID, 1983; FIDALSKI, 1999). Assim, após dois ou mais cultivos na mesma área o teor de K do solo diminui drasticamente e passa a limitar a produção (SOUZA et al., 2009). Em estudo realizado por Howeler e Cadavid (1990) foi observado que o K é o principal nutriente limitante da produtividade de raízes da mandioca, pois devido à grande remoção de K pelas raízes tuberosas, os teores de K trocável no solo reduziram de 2 para 1 $mmol_c/dm^3$ (HOWELER; CADAVID, 1990). Susan John et al, (2005a), em um experimento de fertilizantes a longo prazo na cultura da mandioca, mostrou que o cultivo continuo de mandioca com apenas o fornecimento de N ou P reduzem a produtividade de raízes tuberosas. A aplicação de P na ausência da aplicação de K tem um efeito negativo na cultura, pois os altos rendimentos na primeira safra podem esgotar o suprimento de K disponível no solo, isso pode ser porque uma grande parte do K absorvido pela planta (cerca de dois terços) é exportada pelas raízes tuberosas (SUSAN JOHN et al., 2005a).

A cultura necessita de solos profundos e friáveis, sendo ideais os solos arenosos ou de textura média, por possibilitarem o fácil crescimento das raízes tuberosas, terem boa drenagem e facilidade de colheita (SOUZA; SOUZA, 2000; SOUZA et al., 2009; FIALHO; VIEIRA, 2011) geralmente de baixa fertilidade. Portanto, especialmente nos mandiocais instalados em solos de textura arenosa é preciso ter maior atenção com relação ao manejo da adubação potássica, já que o K é perdido mais facilmente por lixiviação, pois estes solos apresentam valores menores de capacidade de troca catiônica (CTC) quando comparados aos solos com maiores teores de argila (WERLE et al., 2008). Assim, em solos arenosos o manejo da adubação potássica, com a

aplicação de doses maiores e/ou maior parcelamento em cobertura pode resultar em aumento de produtividade da mandioca, já que essa cultura apresenta ciclo longo e crescimento inicial lento (RÓS, 2013; LORENZI; OBTUSO, 2002).

Existem relatos de que a mandioca é uma cultura que não apresenta grande resposta a adubação potássica (NOGUEIRA; GOMES, 1999; SOUZA et al., 2009). No entanto, os resultados de pesquisa que mostram ausência de resposta dessa cultura ao K, normalmente estão associados ao cultivo em solos com teores mais elevados de K (SOUZA et al., 2009; RÓS, 2013) ou em solos argilosos com maior CTC (SILVA; FREIRE, 1968; ARRUDA et al., 1978). Mesmo quando a cultura apresentar uma baixa resposta é necessário realizar a adubação potássica para evitar a diminuição do teor de K no solo (MATTOS; BEZERRA, 2003). Porém, em solos arenosos a resposta da cultura da mandioca a adubação potássica tem sido maior, sendo obtidas respostas significativas em solos arenosos e/ou com baixos teores de K (SOUZA SHI, 1999; GONZAGA et al., 2005; ZATARIM et al., 2005; ALVES et al., 2012). Superando àquelas observadas para outros nutrientes como o N e o P (SILVA; FREIRE, 1968).

Takahashi, (1999), verificou aumentos expressivos na produtividade da mandioca cultivada em solos arenosos com a aplicação de até 120 kg ha^{-1} de K_2O. Zatarim et al. (2005) obtiveram aumento na produtividade de raízes tuberosas em solo arenoso até dose próxima de 80 kg ha^{-1} de K_2O. Howeler e Cadavid (1983), relatam que para a obtenção de altos níveis de produtividade em mandiocal cultivado em solo com baixa disponibilidade de K é necessário aplicar aproximadamente de 120 a 180 kg ha^{-1} de K_2O, visando compensar as retiradas de K do solo pela cultura. Tais resultados demonstram que para a obtenção de altas produtividades de raízes na cultura da mandioca o K é um nutriente fundamental, em razão das altas quantidades exigidas (OTSUBO; LORENZI, 2002).

Porém, de maneira geral, o que tem se recomendado é a aplicação de doses ao redor de 40 kg ha^{-1} de K_2O (SOUZA et al., 2009; EMPASC/ACARESC, 1987), 60 kg ha^{-1} de K_2O (EMPASC/ACARESC, 1987; LORENZI et al., 1997; NOGUEIRA; GOMES, 1999; SOUSA; LOBATO, 2004), 80 kg ha^{-1} de K_2O (OTSUBO; LORENZI, 2002),50 kg ha^{-1} de K, caso ocorra a remoção da planta inteira (HOWELER, 2001), sendo que em algumas situações as doses recomendadas chegam a 160 kg ha^{-1} de K_2O (TAKAHASHI, 1999). Tais indicações apresentam bastante variação com relação às quantidades aplicadas, o que indica que a resposta da cultura a adubação potássica varia em função da condição de cultivo e da cultivar utilizada. Além disso, apesar de

algumas recomendações indicarem a aplicação de metade da dose de K no plantio e metade em cobertura, junto com o N (MATTOS et al., 2002), ou apenas a aplicação em cobertura aos 45 dias após o plantio (EMPASC/ACARESC, 1987), nota-se que a maioria das recomendações indicam a aplicação de todo o K no momento do plantio (LORENZI et al., 1997; NOGUEIRA; GOMES, 1999; OTSUBO; LORENZI, 2002; SOUSA; LOBATO, 2009; SOUZA et al., 2009). Porém, dependendo da condição, o uso de doses elevadas de fertilizantes aplicadas próximo às manivas-semente pode prejudicar a brotação e o desenvolvimento inicial da cultura (NORMANHA et al., 1968). Algumas recomendações ainda sugerem a aplicação de doses maiores de K em solos arenosos, quando em comparação aos solos argilosos (EMPASC/ACARESC, 1987). No entanto, de maneira geral, as doses aplicadas não são tão elevadas e o parcelamento não é comum.

Contudo, vale salientar que em solos arenosos, a aplicação de K em dose única no plantio pode resultar no aumento de produtividade abaixo da esperada, mesmo com teores baixos de K no solo, uma vez que a aplicação de doses mais elevadas de K resulta em maior intensidade de lixiviação desse nutriente (WERLE et al., 2008).

Em média a mandioca demora em torno de 15 dias para emitir as primeiras folhas, sendo que até os 70 dias a planta continua formando o sistema radicular absorvente, e somente a partir dos 90 dias que se inicia a acumulação de reservas nas raízes, com pico de alocação de reservas nas raízes a partir do quinto mês, ou seja, dos 150 dias (TERNES, 2002).

Nessa fase inicial do ciclo, o crescimento da planta de mandioca é lento (OTSUBO; LORENZI, 2002) e as quantidades de MS e de K acumuladas pela planta são pequenas, ou seja, até os 120 dias após a emergência a quantidade de MS acumulada pela planta inteira de mandioca fica ao redor de 833 kg ha^{-1} e a quantidade de K absorvida chega a somente 25 kg ha^{-1} (LORENZI et al., 1981). Porém, após os 120 dias o acúmulo de MS nas raízes de reserva se intensifica e a acumulação de K nas raízes tuberosas aumenta quase que linearmente até próximo aos 360 dias (LORENZI et al., 1981; HOWELER; CADAVID, 1983). Assim, considerando que a planta toda pode absorver aproximadamente 167 kg ha^{-1} de K (HOWELER, 1982; TERNES, 2002), num ciclo de cerca de 360 dias, no caso da mandioca de mesa (OTSUBO; LORENZI, 2002), pode ser que o K fornecido apenas na fase de implantação da cultura não seja suficiente para garantir produtividades satisfatórias, principalmente em condições de solo arenoso.

Assim, pelo fato da mandioca apresentar ciclo longo, crescimento inicial lento (OTSUBO; LORENZI, 2002; RÓS, 2013) e absorção de grandes quantidades de K (HOWELER, 1982; TERNES, 2002), torna-se necessário estudar técnicas de manejo que aumentem a eficiência da adubação potássica, principalmente em solos arenosos.

A deficiência de K em mandioca apresenta como característica redução na altura e no vigor da planta, entre nós e pecíolos curtos, folhas pequenas (LEBOTA, 2009) em casos de sintomas severos, são notados nas folhas inferiores coloração amarela com pequenas manchas na sua maioria observadas em solos arenosos. Como o K está diretamente associado à síntese e translocação de carboidratos na planta e atua como um catalizador para ativar uma serie de enzimas envolvidas na produção e acúmulo de amido nas raízes tuberosas a deficiência pode afetar também a parte de qualidade nas mesmas, diminuindo a translocação de assimilados na planta (TERNES, 2002). O K apresenta um efeito moderador na melhoria da qualidade do tubérculo, aumentando o teor de amido e reduzindo o glicosídeo cianogênio responsável pela amargura na mandioca (SUSAN JOHN et al., 2013). Nguyen et al. (1996) relata que com aplicações de doses crescentes de K, obteve um aumento no teor de amido nas raízes tuberosas da cultura da mandioca.

A fertilidade do solo, tipo de solo onde a planta se desenvolveu, os grãos de amido e teor de amido nas raízes entre outros fatores podem afetar a qualidade de cozimento das raízes (LORENZI, 1994; SILVA et al., 2005; FENIMAN, 2004). Raízes com maior teor de amido apresentam características de textura firme ou que tendem a amaciar lentamente durante o cozimento (PARKER; WALDRON, 1995). Rimoldi et al. (2006), observou em cultivares de mandioca que elevado teor de amido nas raízes tuberosas, resulta em um tempo de cozimento considerados de bom a regular.

As raízes tuberosas de mandioca de mesa, para serem consideradas com uma boa qualidade de cozimento, devem cozinhar no máximo entre 15 e 30 minutos (WHEATLEY; GOMES, 1987) a polpa das raízes de mandioca após o cozimento deve ser facilmente esmagada e desfeita, e quando amassada com um garfo formar uma pasta de textura farinácea, de consistência plástica e moldável (WHEATLEY, 1987; BORGES et al., 1992).

Para as raízes tuberosas de mandioca, principalmente a mandioca de mesa, existem muitas lacunas no conhecimento que não permitem entender a resposta sobre a desuniformidade no processo de cozimento. De acordo com Favaro (2003),

os fatores responsáveis por diferenças nas características de cozimento da mandioca não estão suficientemente esclarecidos. Lorenzi (1994), classifica os fatores que influenciam o tempo de cozimento da mandioca como intrínsecos e extrínsecos, onde os intrínsecos estão relacionados aos processos fisiológicos de crescimento, acúmulo e mobilização de substâncias na raiz tuberosa, que interferem na variação de composição tanto no eixo radial quanto no longitudinal, o que explica diferenças de qualidade culinária mais perceptível ao longo da raiz. Lorenzi (1994), observou que o tempo de cozimento das raízes tuberosas, foi decrescente da base para a ponta das raízes tuberosas. Fatores extrínsecos estão relacionados a variação das condições ambientais, como tipo de solo e variação do genótipo, em geral a fertilidade do solo é um fator responsável pela variação no tempo de cozimento das raízes, sendo observado que raízes produzidas em solos mais férteis apresentam menor tempo de cozimento, (LORENZI, 1994).

Cereda e Vilpoux (2003), sugeriram duas hipóteses para explicar o não cozimento da mandioca de mesa, sendo a primeira causada pela impermeabilização da parece celular, que impede a penetração de agua nas células da raiz impedindo a gelificação do amido, esse processo de impermeabilização é considerado rápido, podendo explicar a diferença de cozimento de mandioca do mesmo campo, colhidas junto e processadas com algumas horas de intervalo. A segunda hipótese, ocorre quando a parede celular não se deforma, impedindo o inchamento dos grânulos de amido e consequentemente uma boa gelificação, fator relacionado ao cozimento das raízes tuberosas.

Dessa forma, o manejo da adubação potássica na mandioca de mesa pode ser uma estratégia para melhorar a produtividade e o cozimento das raízes tuberosas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

Os experimentos foram realizados por dois anos agrícolas em áreas individuais, sendo ambos implantados no mês de outubro (plantio tardio), nos anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16. O estudo foi conduzido em área de campo experimental do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), localizada na Fazenda Experimental de São Manuel da FCA/UNESP, no município de São Manuel - SP (22º 77' S; 48º 57' W e 740 m de altitude). O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), de textura arenosa. O solo da área experimental dos dois anos, se encontrava em pousio e apresentava baixa disponibilidade de K (≤ 0,7 $mmol_c\ dm^{-3}$) (RAIJ et al., 1997) (Tabela 1).

Tabela 1 - Atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m das áreas experimentais, antes do plantio da mandioca nos anos agrícolas de 2014/15 e 2015/16 em São Manuel SP

Atributos	Profundidade (m) 0,0-20	
	1º Ano (2014/15)	2º Ano (2015/16)
pH ($CaCl_2$)	5,9	5,2
M.O. (g dm^{-3})	9	13
P_{resina} (mg dm^{-3})	6	5
H + Al ($mmol_c\ dm^{-3}$)	14	13
K ($mmol_c\ dm^{-3}$)	0,4	0,5
Ca ($mmol_c\ dm^{-3}$)	17	10
Mg ($mmol_c\ dm^{-3}$)	9	7
SB ($mmol_c\ dm^{-3}$)	26,4	17,5
CTC ($mmol_c\ dm^{-3}$)	40,0	30,5
V%	66	57
Enxofre (mg dm^{-3})	5,0	7,0
Boro (mg dm^{-3})	0,16	0,12
Cobre (mg dm^{-3})	0,6	0,8
Ferro (mg dm^{-3})	19	17
Manganês (mg dm^{-3})	11,5	11,7
Zinco (mg dm^{-3})	1,3	1,2
Areia (g kg^{-1})	872	853
Argila (g kg^{-1})	24	89
Silte (g kg^{-1})	104	58

3.2 Caracterização da cultivar de mandioca

Foi utilizada a cultivar IAC 576-70, sendo a principal cultivar de mandioca de mesa plantada no Estado de São Paulo, ocupando em torno de 90% da área, com altas

produtividades e com raízes de excelentes qualidades culinárias. Possui arquitetura favorável aos tratos culturais, além de apresentar resistência mediana à bacteriose e ao superalongamento (OTSUBO; LORENZI, 2002). A cultivar apresenta raízes com película suberosa de cor marrom, lisa e de forma predominantemente cilíndrica, feloderma e polpa de coloração creme, quando cozida a polpa é de coloração amarela. Possuí broto verde-arroxeado, hastes jovens verdes, pecíolos verde-arroxeados, folhas largas com de cinco a sete lóbulos de formato obovado e liso, ramificação di e tricotômica, com ângulo ao redor de 45°, e hastes maduras cinza esverdeadas (LORENZI et al., 1996b).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 3x4+1, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 3 doses de K_2O (45, 90 e 180 kg ha^{-1}) combinadas com 4 formas de parcelamento (1 - 100% no plantio; 2 - 1/2 no plantio e 1/2 aos 45 DAP; 3 - 1/2 no plantio e 1/2 aos 90 DAP; 4 - 1/3 no plantio, 1/3 aos 45 DAP e 1/3 aos 90 DAP), além da testemunha sem K. Cada parcela experimental foi constituída por 5 linhas de 4 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as linhas centrais, desprezando uma planta de cada parcela, que correspondeu a 0,5 m na extremidade de cada linha de plantas e uma linha de cada lado da parcela.

3.4 Instalação e condução dos experimentos

Antes da instalação dos experimentos, amostras de solo da área experimental da camada de 0-20 cm foram coletadas e analisadas quanto às características químicas (RAIJ et al., 2001) e granulométricas (EMBRAPA, 1997).

O preparo do solo para o plantio da mandioca, em ambos os anos, foi realizado de forma convencional com a seguinte sequência de operações: grade pesada, subsolagem e grade niveladora as vésperas do plantio. Para realização do plantio, os sulcos foram abertos mecanicamente no espaçamento de 1,20 m entre linhas e 10 cm de profundidade. Foram utilizadas manivas-semente com 20 cm de comprimento, retiradas do terço médio de plantas sadias com 12 meses de idade, sendo realizado o plantio nos dias 30/10/2014 e 15/10/2015.

A adubação de base no ano de 2014 e 2015, constou da aplicação, no sulco de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 para todos os tratamentos, utilizando como fonte o superfosfato simples em ambos os anos, de acordo com a análise de solo e recomendações de LORENZI et al. (1997). O potássio também foi aplicado no sulco de plantio de acordo com as doses e as formas de parcelamento estabelecidas para cada tratamento (cloreto de potássio). Os fertilizantes foram distribuídos e incorporados ao solo dos sulcos, com auxílio de enxada, e as manivas-sementes foram distribuídas manualmente, no espaçamento de 0,60 m entre elas, logo após ocorreu fechamento dos sulcos com o auxílio de enxadas.

No 1º ano a emergência das plantas ocorreu aos 19 DAP e no 2º ano aos 20 DAP. Nos dois anos a adubação de cobertura com N foi realizada aos 45 DAP onde foram aplicados 40 kg ha^{-1} de N utilizando como fonte a ureia, segundo a recomendação de LORENZI et al. (1997). A adubação de K em cobertura foi realizada de acordo com as doses e as formas de parcelamento descritas nos tratamentos, utilizando o KCl. As precipitações pluviométricas no período de 10 meses, referente ao ciclo de cultivo da mandioca, no 1º e 2º ano foram de 1.411 mm e 2.005 mm respectivamente, sendo 594 mm a mais no 2º ano (Figura 1).

Para o controle de plantas daninhas, em ambos os anos foi realizado a aplicação produtos químicos, sendo o uso de herbicidas apenas nas entre linhas com jato dirigido (Tabela 2). Realizou-se duas capinas para o controle das plantas daninhas na linha de plantio, ou seja, entre as plantas aos 30 DAP e aos 110 DAP no 1º ano de cultivo e aos 40 DAP e aos 115 DAP no 2º ano. Nos dois anos foi realizado o controle químico de pragas e doenças, com aplicações em área total do experimento, pois a cultura apresentou uma incidência de ácaro rajado e cercosporiose.

As colheitas dos experimentos foram realizadas em 30/08/2015 e 15/08/2016, aos 10 meses após o plantio, estando dentro do período recomendado para a cultura de mandioca de mesa.

Figura 1 - Precipitação pluvial ( ), temperaturas máximas ( ) e mínimas ( ) registradas, durante o período de janeiro a dezembro, nos anos de 2014, 2015 e 2016 . PL – plantio, EM – emergência, NK-C –nitrogênio e potássio em cobertura, K-C – potássio em cobertura, C – colheita

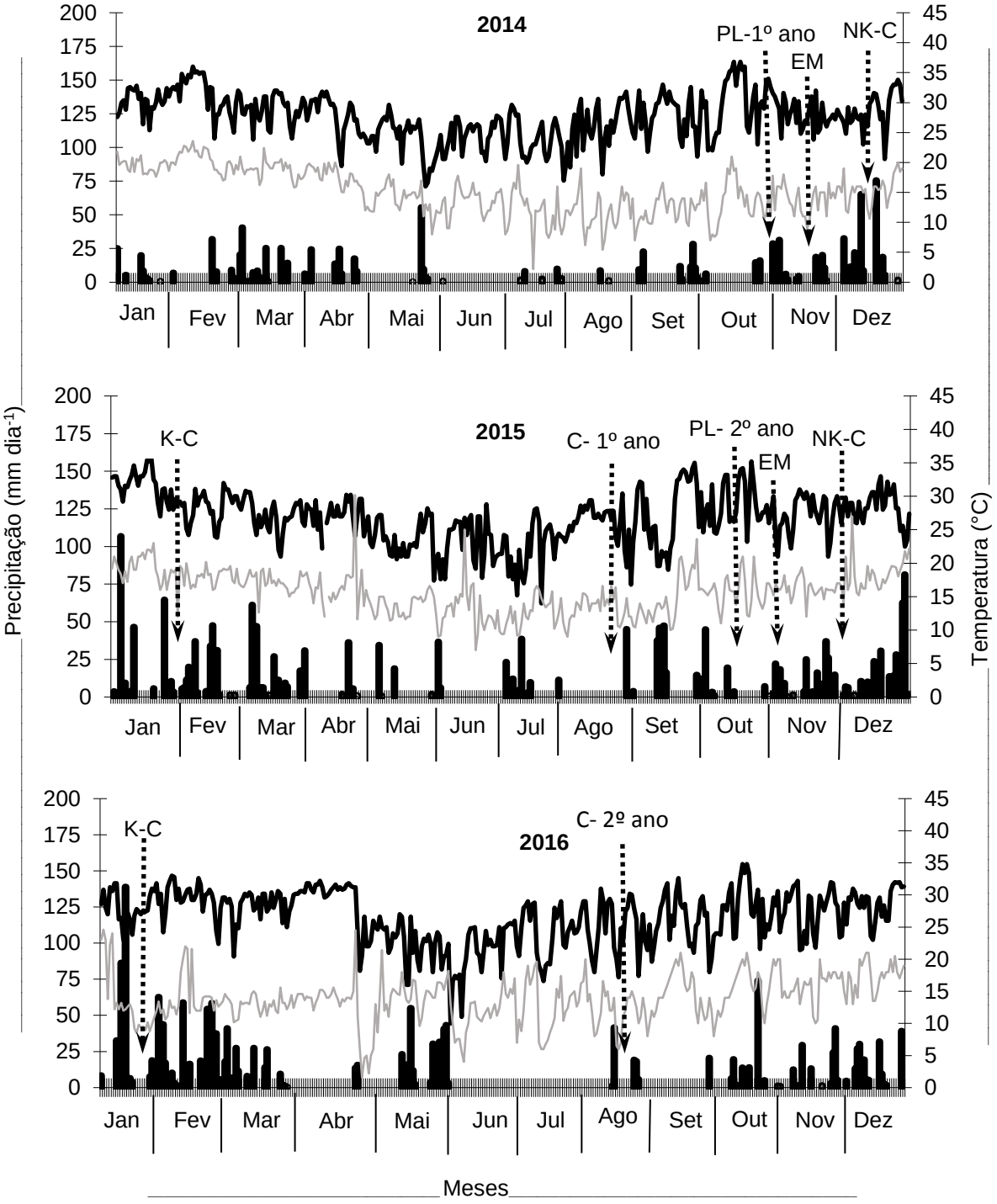


Tabela 2 – Tratamentos fitossanitários empregado nos experimentos em São Manuel SP

Época de aplicação	Ingrediente ativo	Dose
----------1º Ano 2014/15----------		
DAP		g do i.a. ha^{-1}
10	glifosato	1980
	trifuralin	1080
	metribuzin	480
46	haloxifope + óleo mineral	94 + 214
91	clomazone	1250
115	metiram + piraclostrobina	1375 + 125
	abamectina	18
	imidaclopprido	70
----------2º Ano 2015/16----------		
14	glifosato	1980
	trifuralin	1080
	metribuzin	480
50	Haloxifope + óleo mineral	94 + 214
92	clomazone	1250
116	Metiram + piraclostrobina	1375+ 125
	Abamectina	18
	Imidaclopprido	70

3.5 Avaliações

3.5.1 Diagnose foliar

Aos 4 meses após o plantio foram realizadas amostragens de folhas, retirando-se o limbo das folhas mais jovens totalmente expandidas de 10 plantas por parcela experimental de acordo com a metodologia proposta por Lorenzi et al. (1997). Para a determinação dos teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) foi realizado de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

3.5.2 Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta

Foram determinados em 4 plantas da área útil de cada parcela ao final do ciclo, antes da realização da colheita. O número de hastes e de folhas foi determinado mediante contagem. O diâmetro das hastes foi medido à altura de 10 cm acima da superfície do solo. A altura das plantas foi considerada como a distância entre o solo e o ponto mais alto da planta.

3.5.3 População final de plantas

Foi realizada na véspera da colheita, considerando 3 linhas de 4 m de comprimento na área útil de cada parcela, sendo os resultados convertidos em plantas ha^{-1}.

3.5.4 Número, comprimento, diâmetro, peso médio e produtividade de raízes tuberosas

Na data da colheita foram colhidas manualmente, 3 linhas de 2,4 m (12 plantas) na área útil de cada parcela. Após esta operação, em 10 plantas tiveram as raízes tuberosas destacadas e classificadas no campo. Foram consideradas como comercializáveis as raízes tuberosas sem defeitos e/ou deformações e com diâmetro igual ou maior que 40 mm. O número de raízes por planta foi obtido pela média do número de raízes das 12 plantas e o peso médio das raízes foi calculado mediante a relação entre o peso total e o número total de raízes de cada parcela (12 plantas). O comprimento e o diâmetro médio das raízes foram determinados em 2 plantas da área útil da parcela. O comprimento das raízes tuberosas foi medido de uma extremidade a outra das raízes e o diâmetro foi determinado na região do terço médio das raízes.

A produtividade total e comercial de raízes foi calculada utilizando-se os dados de população final de plantas e o peso total e comercial das raízes obtidas nas 12 plantas de cada parcela.

3.5.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas e na planta inteira

Nas 12 plantas colhidas no item 3.5.5 coletaram-se as folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas. Todo o material foi pesado separadamente para obtenção da massa fresca. Em seguida, sub-amostras desse material foram retiradas, pesadas e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 ºC até atingir massa constante. Após a secagem, as sub-amostras foram pesadas para a obtenção da porcentagem de MS. Com os dados de matéria fresca, porcentagem de MS e população final de plantas, foi calculado o acúmulo de massa seca por área, em cada parte da planta e a MS da planta inteira.

3.5.6 Partição de MS para a parte aérea, cepas e raízes tuberosas

Foi determinada na colheita mediante o cálculo da relação entre a quantidade de MS acumulada na parte aérea, cepas e raízes tuberosas (item 3.5.5), em relação à quantidade de MS total acumulada pela planta (BENINCASA, 2003).

3.5.7 Teor de K nas partes da planta, extração e exportação de K

Uma porção das sub-amostras usadas na determinação da MS (item 3.5.5), após a secagem foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm e submetidas à análise dos teores de K (MALAVOLTA et al., 1997). As quantidades de K acumuladas nas folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas foram estimadas multiplicando-se o teor de K pela quantidade de MS acumulada. A quantidade de K extraída pela cultura foi determinada pela soma das quantidades de K obtidas em cada parte da planta, enquanto a quantidade K exportada foi representada pela quantidade de K acumulada nas raízes tuberosas.

3.5.8 Índices de eficiência da adubação potássica

3.5.8.1 Eficiência de recuperação do K

A eficiência de recuperação do K aplicado (ER) foi obtida segundo metodologia descrita por Fageria (2000):

ER (%) = (AKPF - AKT)/100 x (QKPT)

Em que AKPF é acumulo de K na planta fertilizada (kg ha^{-1}), AKT é acumulo de K na testemunha (kg ha^{-1}) e QKPT a quantidade de K aplicada por tratamento (kg ha^{-1} de K).

3.5.8.2 Eficiência de uso do K

A eficiência de uso do K (EUK) foi determinada de acordo com a equação descrita por Oliveira et al. (2012):

EUK (kg de raiz kg^{-1} de K_2O) = (PTP – PTT)/QKAT

Em que PTP é a produtividade total por tratamento (kg ha^{-1}), PTT é a produtividade total na testemunha (kg ha^{-1}) e QKAT a quantidade de K_2O aplicada por tratamento (kg ha^{-1} de K_2O).

3.5.9 Índices de qualidades das raízes produzidas

3.5.9.1 Porcentagem de MS nas raízes tuberosas

Foi determinada em uma amostra de raízes tuberosas de cada parcela experimental. As raízes foram coletadas aleatoriamente, pesadas (peso fresco), fatiadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, para o cálculo da porcentagem de MS.

3.5.9.2 Teor de proteína nas raízes tuberosas e produtividade de proteína

O teor de proteína nas raízes tuberosas foi determinado nas amostras de MS das raízes tuberosas, com o método de Kjeldahl (método 920.87 da AOAC) (HORWITZ; LATIMER JUNIOR, 2005) e com o fator de 6,25 para conversão em proteína bruta. Em seguida, os dados foram convertidos para teores de proteína na matéria fresca e foi calculada a produtividade de proteína por hectare.

3.5.9.3 Tempo de cozimento das raízes tuberosas, absorção de água e porcentagem de palitos cozidos

Para avaliar o tempo de cozimento foram coletados toletes do terço médio das raízes frescas de cada parcela experimental, cada tolete tinha 3 cm de comprimento. Com uma máquina manual de cortar legumes, com grade de 10 milímetros, cortaram-se os palitos de 10x10x30 mm. Em seguida realizou-se à análise do tempo de cozimento em um cozedor Mattson modificado e adaptado para avaliar cozimento de mandioca, seguindo a metodologia descrita por Oliveira et al. (2005). Para a análise dos dados, o tempo de cozimento das raízes de cada parcela, foi convertido de minutos, para segundos. Foi adotado o tempo máximo de 30 minutos para todas as parcelas experimentais, onde o tempo de cozimento foi determinado quando mais de 50% dos palitos estivessem cozidos. Quando não se teve 50% de palitos cozidos, registrou-se o tempo de 30 minutos para o tempo de cozimento. Antes de se realizar o processo de cozimento, os palitos foram pesados tendo com isso o peso fresco, e após o período de 30 minutos, considerado como o tempo máximo de cozimento, se realizou a pesagem novamente, peso dos palitos cozidos, obtendo-se assim a quantidade água absorvida pelos palitos em cada parcela experimental. Para se obter a porcentagem de palitos cozidos, foi realizada a contagem de palitos cozidos ao final do tempo máximo de 30 minutos de cozimento.

3.5.9.4 Firmeza das raízes tuberosas antes e após cozimento

Foi avaliada em cada uma das amostras de raízes tuberosas (sem casca) de cada parcela experimental antes e após cozimento. Para a avaliação antes do cozimento, foram utilizados toletes, com aproximadamente 3 cm de comprimento, sem casca e retirados do terço médio das raízes tuberosas frescas de cada parcela experimental, para realização de textura em raízes cozidas, foi utilizado toletes de 3 cm de comprimento, sem casca e retirados do terço médio das raízes tuberosas frescas, em seguida foram cozidas por 30 minutos, e após este tempo de cozimento, foi determinado a firmeza. Para a avaliação da firmeza utilizou-se o texturômetro (TA. XT Plus Texture Analyser) com ponta de prova SMS P/2N e velocidade de penetração de

2,5 mm s^{-1}. A leitura foi realizada em dois diferentes pontos centrais dos toletes, cujos resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias das formas de parcelamento foram comparadas pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade, enquanto os efeitos das doses de K foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo, a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5% de probabilidade pelo teste F. Para a análise de regressão o tratamento controle (sem K) foi considerado como dose zero.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnose foliar

O teor de nitrogênio (N) na folha diagnose foi maior quando comparado com os demais nutrientes, seguindo a ordem decrescente de teores K>Ca>S>P>Mg (Tabela 3).

O teor de N na folha diagnose foi afetado apenas pelas doses de K no 1º ano de cultivo, mas no 2º ano os fatores estudados não influenciaram esta variável (Tabela 3). Os teores de N no 1º ano diminuíram linearmente com o aumento da adubação potássica. Os teores de N na folha diagnose do 1º ano estavam todos dentro da faixa considerada adequada para a cultura da mandioca, que é de 45 a 60 g kg^{-1} de N (LORENZI et al., 1997), mas os teores de N no 2º ano de cultivo ficaram abaixo dos valores considerados como adequados; contudo não foi notado sintomas de deficiência na cultura da mandioca. A maior concentração do N na folha ocorre por que este é um componente da estrutura das células vegetais e participa das funções metabólicas da planta, além de fazer parte das clorofilas, enzimas, hormônios, proteínas e vitaminas, o que explica a sua grande importância como componente estrutural (CLARKSON; HANSON, 1980; HÁK; NÁTR, 1987).

Nos dois anos de cultivo, os teores de P na folha diagnose não foram influenciados pelos fatores estudados (Tabela 3). Os teores de P nas folhas das plantas do presente estudo ficaram dentro da faixa considerada como adequada para a cultura da mandioca por Lorenzi et al. (1997).

Os teores de K na folha diagnose foram afetados apenas pelo fator dose de K (Tabela 3). Nos dois anos de cultivo, se teve aumento no teor de K até as doses estimadas de 118 e 120 kg ha^{-1} de K_2O, respectivamente. Apesar de se observar aumento nos teores de K da folha diagnose, grande parte, ficou dentro da faixa (10 a 20 g kg^{-1}) considerada como adequada por Lorenzi et al. (1997). Apenas no 1º ano, na ausência da adubação potássica, os teores de K na folha diagnose (8,8 g kg^{-1}) ficaram abaixo da faixa considerada como adequada. De acordo com Meurer (2006), o K^+ é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais, no entanto, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido. Sua principal função dentro das plantas é ativar numerosas enzimas (FIGUEIREDO et al., 2008).

O teor de Ca não foi afetado pelos fatores estudados (Tabela 3). Segundo Lorenzi et al. (1997) o teor de Ca na folha da mandioca considerados adequados estão entre 5 e 15 g kg^{-1} de Ca. No 1º ano de cultivo os teores para Ca ficaram dentro da faixa adequada, o que não é visto no 2º ano, onde os teores ficaram abaixo provavelmente por se tratar de um solo com menor disponibilidade de Ca (10 $mmol_c$ dm^{-3}) em relação ao solo do 1º ano (17 $mmol_c$ dm^{-3}) (Tabela 1). A redução nos teores desse nutriente, entre o 1º e o 2º ano pode estar relacionada também à diluição do mesmo na planta, visto que o Ca é requerido para formação das estruturas celulares. Sua principal função na planta é conservar a integridade da parede celular conferindo rigidez e resistência às mesmas (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 3 – Teores de macronutrientes na folha diagnose de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	N		P		K	
	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)	g kg^{-1}					
0	51,3	42,7	2,7	2,7	8,8	11,1
45	51,9	43,1	2,8	2,8	12,5	11,7
90	47,4	42,9	2,8	2,7	13,0	12,9
180	47,7	42,7	2,8	2,9	12,5	11,7
Efeito	(2)	ns	ns	ns	(3)	(4)
Parcelamento (P)						
Plantio	48,8a	42,8a	2,8a	2,8a	12,3a	11,9a
1/2 pl.+1/2 45DAP	49,3a	43,1a	2,8a	3,0a	12,7a	11,5a
1/2 pl.+1/2 90DAP	49,1a	43,1a	2,9a	3,0a	13,0a	12,0a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	48,8a	42,6a	2,8a	2,9a	12,6a	12,0a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	9,4	4,2	10,1	6,7	13,7	13,5
	Ca		Mg		S	
	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)	g kg^{-1}					
0	5,8	3,3	2,8	2,4	2,9	3,6
45	6,0	3,8	2,9	2,3	3,0	3,3
90	6,2	4,1	2,9	2,4	2,9	3,5
180	6,5	3,6	2,9	2,0	2,9	2,9
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns	(5)
Parcelamento (P)						
Plantio	6,2a	4,1a	2,9a	2,3a	2,9a	3,2a
1/2 pl.+1/2 45DAP	6,3a	3,5a	3,0a	2,2a	3,0a	3,2a
1/2 pl.+1/2 90DAP	6,0a	3,4a	3,0a	2,5a	3,0a	3,3a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	6,4a	3,7a	2,8a	2,3a	3,0a	3,3a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	12,9	25,4	10,1	17,3	12,8	18,4

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) $y=51,5875-0,025119^{**}x$ $R^2=0,64$; (3) $y=8,98+0,079428^{**}x-0,000335^{**}x^2$ $R^2=0,94$; (4) $y=10,85+0,02555^{**}x-0,000106^{**}x^2$ $R^2= 0,56$; (5) $y=3,64-0,003310^{**}x$ $R^2=0,73$; ns não significativo; * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Os teores de Mg na folha diagnose não sofreu influência de nenhum dos fatores estudados (Tabela 3). Os dois anos de cultivo, ficaram de acordo com os considerados adequados por Lorenzi et al. 1997, que estão entre 2 e 5 g kg^{-1} de Mg. Sem dúvida o papel mais importante conhecido do magnésio na vida da planta refere-se à sua presença na molécula de clorofila e os cloroplastos possuem a metade do magnésio foliar (MALAVOLTA, 1976).

O teor de S na folha diagnose da mandioca não foi influenciada pelos fatores estudados no 1º ano de cultivo, mas no 2º ano de cultivo houve efeito apenas das doses de K sobre esta variável, tendo sido observada redução linear nos teores de S das folhas com o aumento das doses de K (Tabela 3). No entanto, nos dois anos de cultivo, os teores de S na folha das plantas da mandioca estavam dentro da faixa considerada adequada (3 a 4 g kg^{-1}) para a cultura da mandioca por Lorenzi et al. (1997).

Com relação aos micronutrientes, o nutriente com maior teor na folha diagnose da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, foi o Fe, seguido por Mn>Zn>B>Cu (Tabela 4).

No 1º ano de cultivo não houve influência dos fatores estudados para o teor de B na folha diagnose, já no 2º ano o teor de B na folha diagnose foi influenciado apenas pela adubação potássica, com redução linear do teor em função do aumento das doses de K aplicada (Tabela 4). O teor de Cu nas folhas não foi afetado pelos fatores estudados nos dois anos de cultivo (Tabela 4). Os teores de B e Cu na folha diagnose da mandioca ficaram dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997), que é de 15 a 50 mg kg^{-1} de B e 5 a 25 mg kg^{-1} de Cu.

Os teores de Fe na folha diagnose não foram influenciados pelas doses de K e pelas formas de parcelamento do K (Tabela 4). De maneira geral, os teores de Fe obtidos no 1º ano ficaram dentro do intervalo considerado como adequado por Lorenzi et al. (1997), que é de 60 a 200 mg kg^{-1} de Fe, enquanto no 2º ano de cultivo os teores de Fe ficaram acima dessa faixa (Tabela 4).

Essa elevada concentração de Fe na folha diagnose no 2º ano possivelmente ocorreu devido a maior disponibilidade hídrica no 2º ano de cultivo que pode ter aumentado a disponibilidade de Fe no solo pela conversão do Fe^{+3} é convertido para Fe^{+2}, tal como ocorre em condições de solos irrigados por inundação, em que o teor de Fe no solo após a inundação aumenta consideravelmente (FAGERIA et al., 1990). Zanetti (2016), em estudo realizado sob três tensões de água no solo, observou a

diminuição no teor de Fe nas folhas das plantas de mandioca, cultivar IAC 576-70, com a diminuição da disponibilidade de água, quando passando da capacidade de campo (-10 kPa) para uma condição de deficiência hídrica severa (-70 kPa), o que se assemelha em parte com os resultados obtidos neste estudo.

Tabela 4 - Teores de micronutrientes na folha diagnose de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	B		Cu		Fe	
	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)	mg kg^{-1}					
0	22,3	23,0	21,7	12,5	165,5	330,2
45	22,9	21,8	22,9	13,7	167,2	335,3
90	21,7	21,6	21,7	13,5	165,4	355,8
180	22,9	20,2	21,6	13,3	164,2	331,0
Efeito	ns	(2)	ns	ns	ns	ns
Parcelamento (P)						
Plantio	22,7a	21,1a	22,0a	11,5a	166,9a	329,7a
1/2 pl.+1/2 45DAP	22,1a	20,5a	22,5a	12,0a	166,4a	339,0a
1/2 pl.+1/2 90DAP	23,0a	20,9a	22,2a	11,0a	162,8a	328,9a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	22,2a	21,4a	21,4a	13,5a	166,3a	346,3a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	8,0	10,6	14,8	22,6	12,1	12,7

Tratamento	Mn		Zn	
	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)	mg kg^{-1}			
0	112,7	84,7	41,7	35,1
45	108,2	115,9	42,5	48,2
90	112,9	136,8	40,2	51,3
180	112,1	113,6	39,9	42,7
Efeito	ns	(3)	ns	(4)
Parcelamento (P)				
Plantio	106,3a	123,5a	42,5a	42,1b
pl.+1/2 45DAP	123,5a	121,2a	41,3a	44,5b
1/2 pl.+1/2 90DAP	105,6a	121,8a	40,4a	40,5b
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	108,7a	132,5a	39,2a	50,2a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns
%)	18,5	12,8	12,0	18,7

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1) Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento) (2)y= 22,82-0,014444**x R^2=0,97; (3)y=81,99+1,0325*x-0,004641*x^2 R^2=0,99; (4)y=13,15+0,1223*x-0,000601*x^2 R^2=0,98; ns é não significativo; * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Com relação aos teores de Mn nas folhas, não houve efeito das doses e nem das formas de parcelamento do K sobre esta variável no 1º ano de cultivo (Tabela 4). No 2º ano de cultivo, os teores de Mn na folha diagnose foram afetados apenas pelas doses de K e aumentaram com a adubação potássica até a dose estimada de 111 kg ha^{-1} K_2O (Tabela 4). Contudo, nos dois anos de cultivo em todos os tratamentos os

teores de Mn na folha diagnose ficaram acima da faixa considerada adequada (25 a 100 mg kg^{-1}) para a cultura da mandioca (LORENZI et al., 1997), demostrando que não houve insuficiência de suprimento desse elemento para as plantas.

Os teores de Zn na folha diagnose no 1º ano não sofreram influência dos fatores estudados (Tabela 4). No 2º ano, os teores de Zn foram influenciados pelos fatores estudados de forma isolada. Para o fator dose, observou-se aumento no teor de Zn até a dose estimada de 101 kg ha^{-1} K_2O. O teor de Zn foi maior quando a adubação potássica foi aplicada de forma parcelada em três épocas, quando comparado com a aplicação das doses de K somente no plantio ou de forma parcelada com uma única aplicação em cobertura aos 45 ou 90 DAP (Tabela 4). Os teores de Zn observados em todos os tratamentos do 1º e 2º ano estavam dentro da faixa considerada adequada para a cultura da mandioca (35 a 100 mg kg^{-1}) (LORENZI et al., 1997). Na planta, o zinco é fundamental para a síntese do triptofano, que é o precursor do ácido indolacético (AIA), responsável por produzir enzimas que irão promover o alongamento e crescimento celular (ORLANDO FILHO et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2013).

4.2 Número de hastes por planta, diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura de plantas

Com relação ao número de hastes por planta, no 1º ano de cultivo não houve efeito das doses e nem das formas de parcelamento para esta variável estudada, mas no 2º ano esta variável foi influenciada pela interação dose x parcelamento (Tabela 5). Com a adubação realizada somente no plantio ou a aplicação de K de forma parcelada em duas épocas, sendo no plantio e aos 45 DAP, apresentou uma diminuição linearmente com o aumento das doses de K. Quando o parcelamento foi realizado no plantio e em cobertura aos 90 DAP ou dividido em três épocas de aplicações, estes não influenciaram o número de haste por planta (Figura 2).

No 1º ano não houve efeito de doses e formas de parcelamento para diâmetro das hastes, enquanto, que para o 2º ano apenas ocorreu efeito de doses (Tabela 5). O diâmetro das hastes no 2º ano de cultivo aumentou linearmente proporcionando um diâmetro médio de 2 cm. A dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O promoveu um incremento de aproximadamente 18% no diâmetro das plantas de mandioca, quando comparada com a dose zero. Figueiredo (2014), estudando diferentes preparos do solo encontrou

valores aproximados de 2,43 cm para o diâmetro de hastes. Em estudo com adubação potássica realizado em milho Karlen et al. (1987), verificou um aumento no diâmetro do colmo das plantas de milho, quando submetidas a doses mais elevadas de potássio.

Tabela 5 - Número de hastes por planta, diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura de plantas de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	Hastes por planta (nº)		Diâmetro de haste (cm)	
	1ºAno	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)				
0	2,4	3,0	1,9	1,8
45	2,6	2,3	1,9	2,0
90	2,5	2,5	1,9	2,0
180	2,7	2,0	1,9	2,2
Efeito	ns	-	ns	(2)
Parcelamento (P)				
Plantio	2,6a	2,6a	1,9a	2,0a
1/2 pl.+1/2 45DAP	2,4a	2,6a	1,8a	2,1a
1/2 pl.+1/2 90DAP	2,8a	2,3b	1,9a	2,1a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	2,8a	1,8b	1,8a	2,0a
Interação D x P(1)	ns	*	ns	ns
CV(%)	18,7	20,7	11,9	16,2

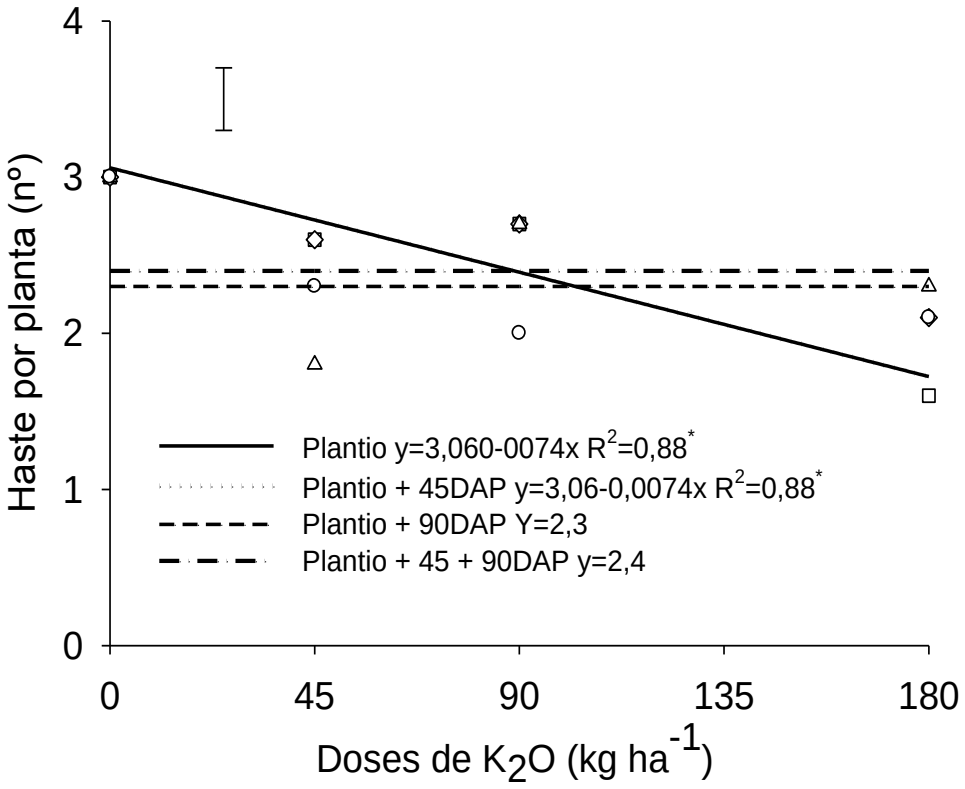
	Folhas por planta (nº)		Altura de plantas (cm)	
	1º Ano	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)				
0	11	13	136	141
45	12	15	129	164
90	12	13	141	172
180	11	7	124	179
Efeito	ns	(3)	ns	(4)
Parcelamento (P)				
Plantio	12a	10b	138a	170a
1/2 pl.+1/2 45DAP	11a	15a	133a	169a
1/2 pl.+1/2 90DAP	13a	13a	128a	172a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	13a	12a	126a	175a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns
CV(%)	15,4	23,8	16,1	15,6

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) $y=1,89+0,001782^{**}x$ $R^2=0,97$; (3) $y=13,81+0,0256^{*}x-0,000339^{**}x^2$ $R^2=0,96$; (4)$y=149,21+0,193730^{**}x$ $R^2=0,81$; ns é não significativo; * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O número de folhas por planta no momento da colheita foi baixo por que as plantas estavam saindo da fase de repouso fisiológico (Tabela 5). No entanto, ocorreu efeito para o número de folhas por planta apenas no 2º ano de cultivo onde esta variável foi

influenciada pelas doses de K e pelas formas de parcelamento. Para o fator dose observou-se aumento até a dose estimada de 38 kg ha^{-1} de K_2O o fornecimento de K quando dividido em mais de uma época de aplicação proporcionou aumento nesta variável, em relação a aplicação somente no plantio (Tabela 5).

Figura 2 – Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para o número de hastes por planta de mandioca, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de cultivo em São Manuel-SP Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP



As reduções da precipitação pluvial e da temperatura do ar, determinam o início da fase de repouso fisiológico (HUNT et al., 1977), marcado pela senescência e abscisão foliar (PERESSIN et al., 1998). O número de folhas aos 300 DAP neste trabalho estão abaixo dos encontrados por Figueiredo 2014, onde o número de folhas por planta na cultivar IAC 576-70 foi de aproximadamente 45 folhas. Lorenzi (1978), observou 18,2 folhas por planta aos 300 DAP para a cultivar Mantiqueira. A cultura de mandioca apresenta um aumento continuo no número de folhas por planta desde o período da emergência até aproximadamente 180 DAP esta faze é conhecida por ser

de alta atividade metabólica e por caracterizar a formação de ramos e folhas e estabelecimento da copa (ALVEZ, 2006), podendo chegar a valores de 230 a 240 folhas por planta (FIGUEIREDO, 2014; ZANETTI, 2012), os quais podem variar conforme o cultivar, época de plantio e clima da região.

No 1º ano não se verificou efeito de doses e formas de parcelamento, para altura de plantas, apenas no 2º ano houve efeito da adubação potássica para altura das plantas, apresentando um aumento linear (Tabela 5). As alturas de plantas no 1º ano estão abaixo dos valores encontrados por Figueiredo, (2014), o qual foram de 155 a 178 cm de altura trabalhando com diferentes preparos de solo. Ros, (2013) trabalhando com mandioca de mesa, IAC 576-70 combinado com doses de K_2O encontrou aumento na altura de plantas de mandioca, chegando até 200 cm de altura com quando ocorreu o suprimento da adubação potássica, resultados estes semelhantes aos encontrados no 2º ano deste estudo, a qual respondeu a adubação potássica, mas em contrapartida, à altura das plantas foi relativamente menor ficando entre 141 e 179 cm (Tabela 5).

Ramanujam e Indira (1987) relataram aumento nas características de crescimento da planta de mandioca, quando cultivada em níveis mais altos K, observando que quando não foi realizada a aplicação K na cultura, resultou no crescimento e desenvolvimento de plantas atrofiadas. Flores et al. (2012) em estudo realizado com doses de potássio em cana de açúcar, verificou-se aumento linear na altura das plantas em função do suprimento da adubação potássica.

4.3 População final de plantas

A população final de plantas não foi influenciada, pelo fator dose e parcelamento da adubação potássica, nos dois anos de cultivo (Tabela 6). As plantas de mandioca, assim como em outras culturas, competem entre si por água, nutrientes e luz solar. Assim a utilização de espaçamentos adequados associados a práticas de cultivo, contribuem para uma melhor distribuição das plantas, proporcionando aproveitamento mais eficiente daqueles fatores na fotossíntese e contribuindo para a obtenção de rendimentos elevados (MATTOS; SOUZA, 1981; MATTOS et al., 1981; SOUZA et al., 1982).

Tabela 6 - População final de plantas de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos cultivados (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamentos	População final	
	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	—————— (pl ha^{-1}) ——————	
0	13802	13532
45	13669	13866
90	13409	13890
180	13793	13888
Efeito	ns	ns
Parcelamento (P)		
Plantio	13715a	13200a
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	13533a	13880a
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	13570a	13896a
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90 DAP	13677a	13793a
Interação D x P(1)	ns	ns
CV (%)	6,4	8,8

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1) Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). ns é não significativo.

4.4 Número de raízes por planta, comprimento, diâmetro e peso médio e produtividade de raízes tuberosas

O número de raiz por planta sofreu influência do fator dose nos dois anos de cultivo, sendo influenciada apenas pelo fator parcelamento no 2º ano. No 1º e no 2º ano esta variável aumentou com a adubação potássica, proporcionando um incremento de 13% no número de raiz por planta (Tabela 7). No 2º ano o parcelamento do K aplicado somente no plantio aumentou o número de raiz por planta, em relação a aplicação dividida em três épocas. Brinholi (1979) em estudo realizado com aplicação de doses de K na cultura da mandioca em solo arenoso, observou uma contribuição significativa, para aumento no número de raízes tuberosas, até a dose de 60 kg ha^{-1} de K_2O aplicado somente na época de plantio, resultados semelhantes ao encontrado no 2º ano de cultivo. Nair e Sadanandan (1987) estudou o efeito de níveis de K para a cultura da mandioca, observou que K influenciou de forma positiva o número de raízes de armazenamento por planta, em doses de até 200 kg ha^{-1} de K_2O. Figueiredo (2014), observa que a média de produção de raízes tuberosas por planta de mandioca cultivar IAC 576-70 situa-se entre 9 e 10 raízes, em estudo realizado sob diferentes formas de preparo do solo.

Tabela 7 - Número de raízes por planta, comprimento, diâmetro e peso médio das raízes de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	Número médio de raiz por planta (nº)		Comprimento médio das raízes (cm)	
	1ºAno	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)				
0	8,9	7,9	26,0	31,5
45	9,3	8,3	25,6	28,3
90	10,1	8,8	25,9	28,9
180	10,0	9,1	24,1	28,0
Efeito	(2)	(3)	(4)	(5)
Parcelamento (P)				
Plantio	9,7a	9,4a	25,9a	28,3a
1/2 pl.+1/2 45DAP	9,8a	8,5ab	25,6a	28,1a
1/2 pl.+1/2 90DAP	9,5a	8,9ab	25,0a	28,1a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	9,8a	8,3b	24,2a	29,1a
Interação P x D(1)	ns	ns	ns	ns
CV(%)	14,2	13,2	10,9	9,4

	Diâmetro médio das raízes (cm)		Peso médio das raízes (g)	
	1ºAno	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)				
0	3,3	3,3	199,1	221,0
45	3,4	3,2	219,1	206,7
90	3,3	3,2	212,5	205,0
180	3,4	3,1	201,4	213,0
Efeito	ns	ns	(6)	ns
Parcelamento (P)				
Plantio	3,3a	3,0b	213,4a	199,9b
1/2 pl.+1/2 45DAP	3,4a	3,0b	219,2a	197,9b
1/2 pl.+1/2 90DAP	3,3a	3,4a	210,7a	210,8a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	3,4a	3,6a	200,9a	235,5a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns
CV(%)	8,5	7,7	9,6	10,8

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) $y=9,2125+0,007222^{**}x$ $R^2=0,80$; (3) $y= 8,02+0,00686^{**}x$ $R^2=0,91$;(4) $y= 26,21-0,009841^{**}x$ $R^2=0,70$; (5) $y= 30,40-0,015198^{**}x$ $R^2= 0,55$; (6) $y=201,2278+0,355246^{**}x-0,00199^{**}x^2$ $R^2=0,77$; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Doses de K no início do ciclo vegetativo da cultura da mandioca, podem influenciar a diferenciação de raízes fibrosas (absorção de água e nutrientes) em raízes tuberosas (acumulo de amido), isso deve ao fato do K influenciar na síntese de carboidratos, na transformação destes em amido e no transporte da folha as raízes tuberosas (DARWISH, 2004).

Em ambos os anos de cultivo ocorreu efeito apenas do fator dose de K sobre o

comprimento das raízes tuberosas (Tabela 7). No 1º e 2º ano está variável diminuiu com o aumento das doses de K. Isto está relacionado ao aumento no número de raiz por planta que influenciou uma diminuição no comprimento destas. O comprimento de raiz no 2º ano de cultivo apresentou um aumento de 12% em relação ao 1º ano. Apesar de ter ocorrido um aumento no comprimento das raízes tuberosas do 2º ano em relação ao 1º ano, estes estão abaixo dos encontrados por Figueiredo 2014, que foram de aproximadamente 36 cm. O comprimento das raízes de reserva depende da variedade e das condições de cultivo, da fertilidade do solo, do clima, da idade da planta, entre outros fatores, podendo ser encontradas raízes com até 1,0 m de comprimento ou mais (CONCEIÇÃO, 1981).

O diâmetro das raízes tuberosas foi afetado somente pelas formas de parcelamento do K no 2º ano de cultivo (Tabela 7). O parcelamento da adubação potássica quando aplicado no plantio e em cobertura aos 90 DAP ou em plantio mais duas épocas em cobertura, proporcionou um aumento nesta variável em relação aos tratamentos em que o K foi aplicado somente no plantio ou de forma parcelada, no plantio e 45 DAP. Figueiredo 2014, em estudo realizado com a cultivar IAC 576-70 analisando três formas de preparado do solo sobre o plantio de mandioca, obteve em média um diâmetro de raízes tuberosas de 4 cm.

O peso médio das raízes tuberosas foi influenciado apenas para o fator dose no 1º ano e as formas de parcelamento influenciou o 2º ano de cultivo (Tabela 7). Houve aumento no peso médio das raízes tuberosas até a dose estimada de 89 kg ha^{-1} de K_2O. O tratamento com parcelamento da adubação potássica, quando aplicado no plantio e em cobertura aos 90DAP ou de forma parcelada dividida em três épocas aplicações, aumentaram o peso médio de raízes tuberosas. O K influência de forma positiva o peso de raízes tuberosas, consideradas acumuladoras de amido (GRUNER, 1963). Nair e Sadanandan (1987) estudaram o efeito níveis de aplicação de K para a cultura da mandioca observou que, o K influenciou um aumento no peso médio de raízes tuberosas por planta com aumento até a dose de até 200 kg ha^{-1} de K_2O.

A produtividade total no 1º ano de cultivo sofreu influência apenas do fator dose de K, mas no 2º ano esta variável foi influenciada pela interação dose x parcelamento (Tabela 8). No 1º ano a produtividade total aumentou de forma quadrática com a adubação potássica até a dose estimada de 110 kg ha^{-1} de K_2O o que corresponde a um aumento, em média, de 17% em relação ao tratamento sem aplicação de K. Na ausência de K Perin et al. (1980,) obteve um decréscimo de 38,8% na produtividade

total de raízes tuberosas quando comparado com o tratamento completo. Em solos com baixo teor de K, Gonzaga et al. (1985) e Takahashi e Bicudo (2005), obtiveram incremento de produtividade de raízes de mandioca com o acréscimo de K ao solo, com maior produtividade de raízes nas doses de 100 e 105 kg ha^{-1} de K_2O, respectivamente. Howeler (2002), relata que a cultura da mandioca não responde à adubação potássica, pois essa cultura apresenta eficiência na absorção de nutrientes do solo, resultados diferentes dos encontrados neste experimento. Para Mattos e Bezerra (2003), mesmo quando a cultura apresenta uma baixa resposta à adubação potássica, é necessária a adubação com K para evitar diminuição de seu teor no solo.

No 2º ano de cultivo, a aplicação das doses de K somente no plantio ou de forma parcelada entre o plantio e os 90 DAP aumentou a produção total de raízes tuberosas até as doses estimadas entre 102 e 111 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 3a). No entanto, o parcelamento das doses de K com aplicações no plantio e aos 45 DAP ou no plantio e em mais duas épocas em cobertura (45 e 90 DAP) aumentou de maneira linear a produtividade total de raiz tuberosa. Verifica-se que especialmente na maior dose de K o tratamento com maior número de parcelamentos proporcionou produtividade total de raízes cerca de até 32% superior aos das demais formas de parcelamento (Figura 3a). Neste tratamento mais produtivo a produtividade de raízes atingiu valores da ordem de 31 t ha^{-1}. Figueiredo (2012) em trabalho realizado sob diferentes preparos do solo, obteve uma produtividade total de 27 t ha^{-1} quando realizou o plantio de modo convencional com a cultivar IAC 576-70. De acordo com Correa et al. (1981a) e Tanaka et al. (1981) as formas e épocas de aplicação do K não são fatores determinantes para os incrementes de produtividade total de raízes na cultura da mandioca. Contudo, no 1º ano de cultivo em que a precipitação pluvial durante o ciclo da mandioca foi 29,6% menor, o parcelamento do K não afetou a produtividade total de raízes, mas no 2º ano de cultivo a produtividade de raízes aumentou devido ao parcelamento da adubação, o que mostra que em condição de maior disponibilidade hídrica o parcelamento da adubação potássica interfere na produtividade da mandioca.

A produtividade comercial de raízes foi influenciada apenas pelo fator dose no 1º ano de cultivo e pela interação dose x parcelamento no 2º ano (Tabela 8). A ausência de efeito do fator parcelamento sobre a produtividade no 1º ano de cultivo está relacionada com a menor precipitação pluviométrica (1.411 mm) que ocorreu durante o período de 10 meses no ano agrícola 2014/2015. No 1º ano de cultivo a

produtividade comercial aumentou de forma quadrática com a adubação potássica até a dose estimada de 107 kg ha^{-1} de K_2O, atingindo valores de produtividade comercial de 20 t ha^{-1}.

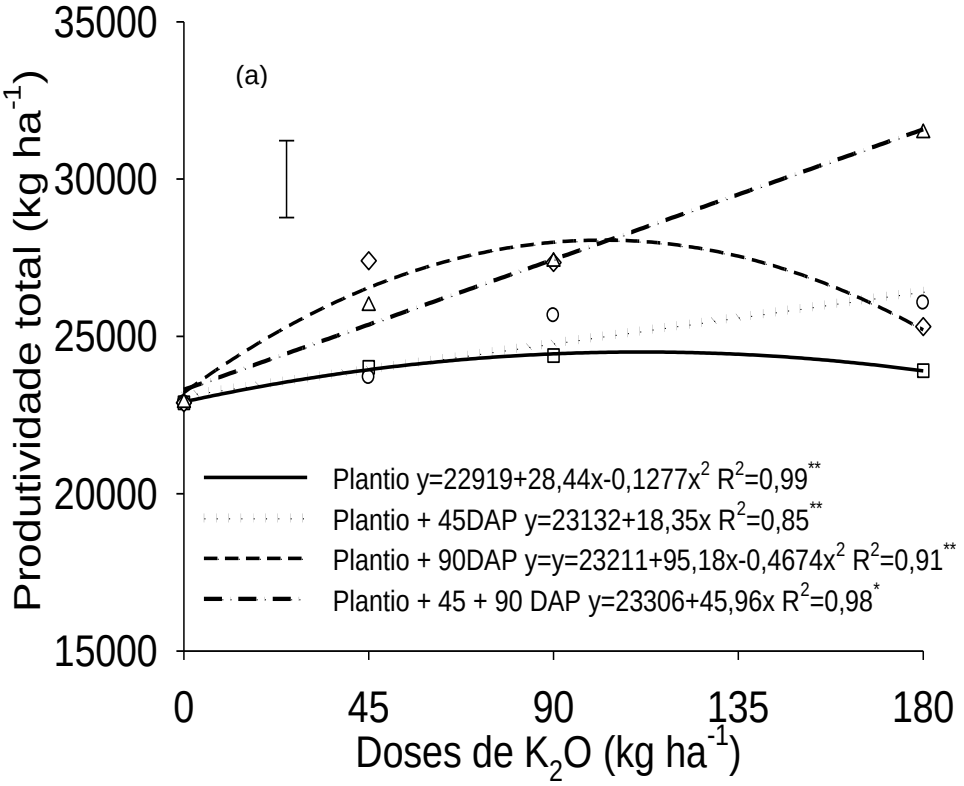
Tabela 8 - Produtividade total e produtividade comercial de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

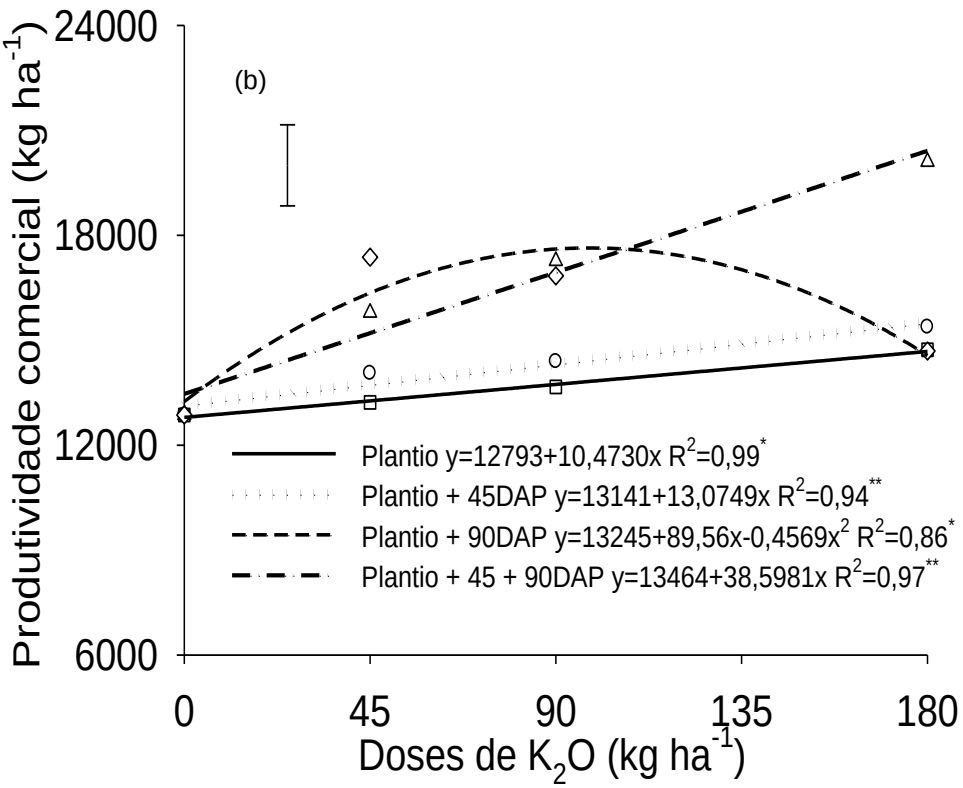
Tratamento	Produtividade Total		Produtividade Comercial	
	1ºAno	2º Ano	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)	kg ha^{-1}			
0	23543	22891	16994	12861
45	26537	25272	19470	15110
90	27462	26195	19598	15539
180	26094	26687	18817	16224
Efeito	(2)	-	(3)	-
Parcelamento (P)				
Plantio	27294a	24106c	19882a	13870b
1/2 pl.+1/2 45DAP	25926a	25140c	18744a	14608b
1/2 pl.+1/2 90DAP	27464a	26687b	19803a	16301a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90DAP	26107a	28271a	18750a	17718a
Interação D x P(1)	ns	*	ns	*
CV(%)	9,3	6,74	10,6	11,6

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2)$y=23624,85+75,32691^{**}x-0,34311^{**}x^2$ $R^2=0,99$; (3)$y=17157,61+52,584912^{**}x-0,242597^{**}x^2$ $R^2=0,92$; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A produtividade comercial no tratamento em que o K foi aplicado de forma parcelada entre o plantio e os 90 DAP aumentou de forma quadrática até a dose estimada de 98 kg ha^{-1} de K_2O, mas nas demais formas de parcelamento a adubação potássica aumentou a produtividade comercial de forma linear (Figura 3b). Nas doses intermediárias de K a produtividade comercial foi maior nos tratamentos em que o K foi parcelado em duas aplicações em cobertura ou com uma única aplicação em cobertura aos 90 DAP, mas na maior dose de K as maiores produtividades ocorreram no tratamento com aplicação de K no plantio e em cobertura aos 45 DAP e 90 DAP, que obteve uma produtividade de 20,4 t ha^{-1}.

Figura 3 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para a produtividade total (a) e produtividade comercial (b) da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de cultivo em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP





Gomes e Ezeta (1982) em um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura media, avaliou doses de K_2O e épocas de aplicação, onde não encontraram resposta para as variáveis estudadas, diferentes das encontradas no presente estudo no 2º ano, onde o parcelamento aumentou a produtividade de raízes tuberosas total e comercial, o que está relacionado a maior precipitação no 2º ano do experimento, pois ambos os solos das áreas dos experimentos tinham baixo teor inicial de K (Tabela1). Rós (2013), em estudo realizado com a cultivar IAC 576-70 e doses de K num solo com alto teor de K (3,1 $mmol_c$ dm^3) obteve produtividade média de 42,3 t ha^{-1} e não observou influência da adubação potássica sobre a produtividade. Esses, resultados mostram que para haver resposta da mandioca a adubação potássica os teores desse elemento no solo precisam estar baixos, assim como observado no presente estudo.

4.5 Acúmulo de MS nas folhas, hastes, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira

Entre as variáveis estudadas o acúmulo de MS nas folhas no 1º e 2º ano de cultivo foram influenciadas pelas doses de K e apenas no 2º ano as formas de parcelamento de K influenciaram esta variável (Tabela 9). A aplicação de K diminuiu a MS de folhas no 1º ano de cultivo. O parcelamento de doses com a aplicação no plantio e aos 90DAP resultou em maior acúmulo de MS nas folhas no 2º ano de cultivo. No momento da colheita (agosto/2015 e 2016) as plantas de mandioca estavam saindo da fase de repouso fisiológico, que seria a época em que elas perdem totalmente as folhas, e por isso obteve-se valores abaixo dos encontrados em outros estudos com a cultura da mandioca para acumulo de MS nas folhas. A MS de folhas na cultivar IAC 576-70 analisada sob diferentes preparos do solo por Figueiredo (2014), aos 300 DAP mostra um acumulo de MS de folhas de 435 kg ha^{-1}, Lorenzi (1978), em estudo de acumulação de MS com a cultivar IAC-Mantiqueira, obteve para as folhas valores semelhantes ao encontrado no 1º ano deste trabalho, ficando em torno de 57 kg ha^{-1}. Os valores de acúmulo máximo de MS de folhas podem variar conforme cultivar e condições de plantio, podendo ficar entre 1800 e 3600 kg ha^{-1} (LORENZI, 1978; FIGUEIREDO, 2014).

Tabela 9 - Acúmulo de MS nas folhas, hastes e cepas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	Folha		Haste		Cepa	
	1ºAno	2º Ano	1ºAno	2º Ano	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	kg ha^{-1}					
0	61	24	2190	2077	1102	1073
45	53	20	2587	1930	1164	1225
90	41	19	2763	1825	1282	1261
180	34	16	2946	1664	1410	1297
Efeito	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Parcelamento (P)						
Plantio	45a	17b	2868ab	1711b	1334a	1238a
1/2 pl.+1/2 45DAP	43a	18b	2485c	1768b	1238a	1259a
1/2 pl.+1/2 90DAP	42a	23a	2630bc	2066a	1243a	1259a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90 DAP	41a	17b	3080a	1681b	1327a	1289a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	12,9	14,0	12,0	16,7	11,5	11,4

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K2O) x 4 (formas de parcelamento). (2)y=58,9125-0,151865**x R^2=0,93; (3)y=23,27-0,037817**x R^2=0,90; (4) y=2312,1250+3,929762*x R^2=0,87; (5)y=2050,86-2,237738**x R^2=0,98; (6) y=1100,95+1,759365**x R^2=0,98; (7)y=1081,76+3,198554**x R^2=0,90; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A MS de haste sofreu influência do fator dose e formas de parcelamento da adubação potássica nos dois anos de cultivo (Tabela 9). No 1º ano o acúmulo de MS nas hastes aumentou aproximadamente 750 kg ha^{-1}, por outro lado, no 2º ano ocorreu o inverso obtendo-se uma diminuição no acúmulo de MS nas hastes com o suprimento de doses de K (Tabela 9). O parcelamento da adubação potássica quando aplicado somente no plantio ou dividida em três épocas de aplicações no 1º ano de cultivo apresentaram maiores valores de acúmulo de MS nas hastes, no 2º ano o parcelamento do K no plantio e em cobertura aos 90 DAP diferiu dos demais parcelamentos com um aumento de 17% no acúmulo de MS nas hastes. Figueiredo (2014), em trabalho com a cultivar IAC 576-70, observou um acumulo de MS nas hastes de 3862 kg ha^{-1} resultados maiores ao obtido neste trabalho, principalmente em relação ao 2º ano.

As quantidades de MS acumuladas nas cepas nos dois anos de cultivo foram influenciadas apenas pelo fator dose de K apresentando incrementos para esta variável até a maior dose estudada (Tabela 9).

A adubação potássica promoveu um aumento no acúmulo MS nas raízes tuberosas no 1º ano de cultivo, mas no 2º ano esta variável foi influenciada pela interação dose x formas de parcelamento (Tabela 10). As maiores quantidades

acumuladas de MS nas raízes tuberosas ocorreram até a dose estimada de 105 kg ha^{-1} de K_2O, chegando a um acumulo de 11506 kg ha^{-1} (Tabela 10).

No tratamento com a adubação de K realizada somente no plantio não apresentou aumento no acúmulo MS de raízes tuberosas com suprimento da adubação potássica. O parcelamento das doses entre plantio e aos 45DAP e em três épocas de aplicações, foram influenciados com incremento das doses aumentando as quantidades de MS acumulada na raiz até a maior dose, tendo máximo acúmulo de MS de raízes tuberosas atingindo valores de 10500 e 12810 kg ha^{-1}, respectivamente (Figura 4a). O tratamento com parcelamento das doses de K no plantio e aos 90 DAP aumentou a MS até a dose estimada de 96 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 4a).

A aplicação de K parcelado sendo no plantio e aos 60 DAP aumentaram o acumulo de MS nas raízes tuberosas de mandioca segundo Mohankumar et al (1971). Brito (2006), estudando doses de K em solo arenoso, para a cultura batata-doce obteve resultados de aumento na MS de raízes com o incremento das doses de K. Figueiredo 2014, em estudo realizo com a cultivar IAC 576-70, alcançou valores superiores para o acumulo de MS nas raízes (1840 kg ha^{-1}). ZanettI (2012), obteve um acúmulo de MS nas raízes tuberosas de 566 g $planta^{-1}$, ficando abaixo do encontrado neste experimento onde a média dos dois anos de cultivo para acúmulo de MS de raízes tuberosas foi de 775 g $planta^{-1}$.

A adubação potássica promoveu um aumento no acúmulo MS na planta inteira no 1º ano de cultivo, mas no 2º ano esta variável foi influenciada pela interação dose x formas de parcelamento (Tabela 10).

A maior quantidade acumulada de MS na planta inteira ocorreu até a dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O para o 1º ano de cultivo.

No 2º ano tratamento com aplicação 100% no plantio e no plantio mais em cobertura aos 45 DAP não tiveram aumento para esta variável analisada com aumento das doses de K_2O (Figura 4b).

Tabela 10 - Acúmulo de MS nas raízes tuberosas e na planta inteira da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

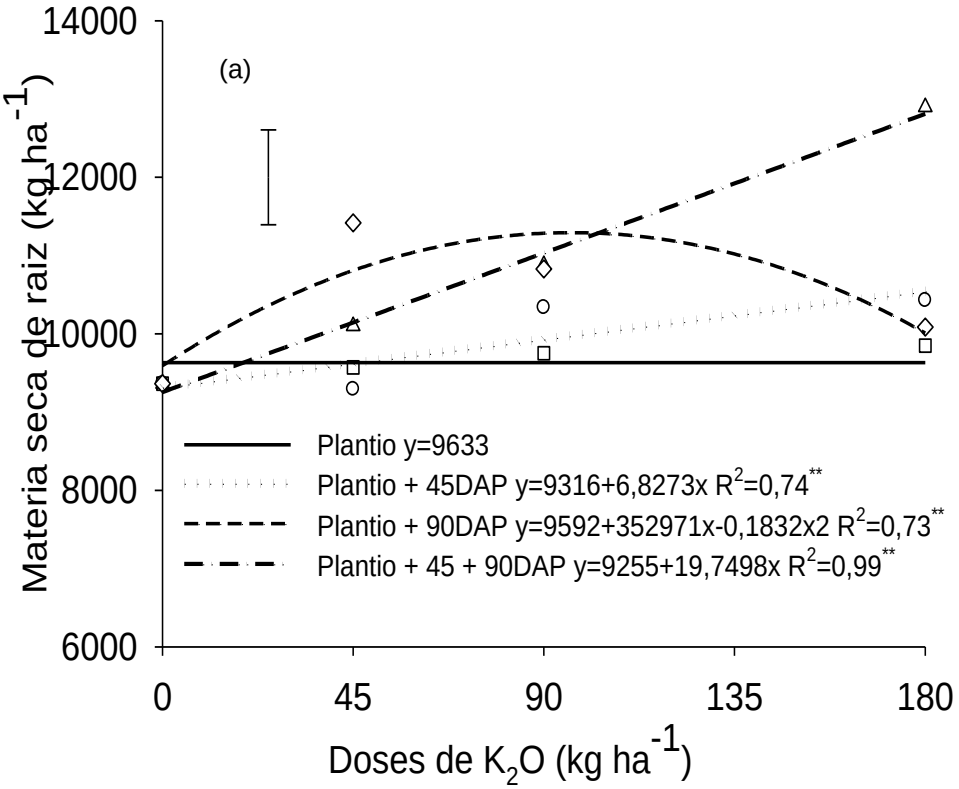
Tratamento	Raízes tuberosas		Planta inteira	
	1ºAno	2ºAno	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	kg ha^{-1}			
0	10120	9364	13473	12539
45	11231	10095	15035	13271
90	11363	10449	15449	13557
180	10843	10814	15233	13793
Efeito	(2)	-	(3)	-
Parcelamento (P)				
Plantio	11289a	9723b	15535a	12690b
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	10869a	10018b	14634a	13064b
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	11415a	10777a	15329a	14126a
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90 DAP	11010a	11293a	15457a	14282a
Interação D x P(1)	ns	*	ns	*
CV (%)	13,5	7,8	10,6	6,4

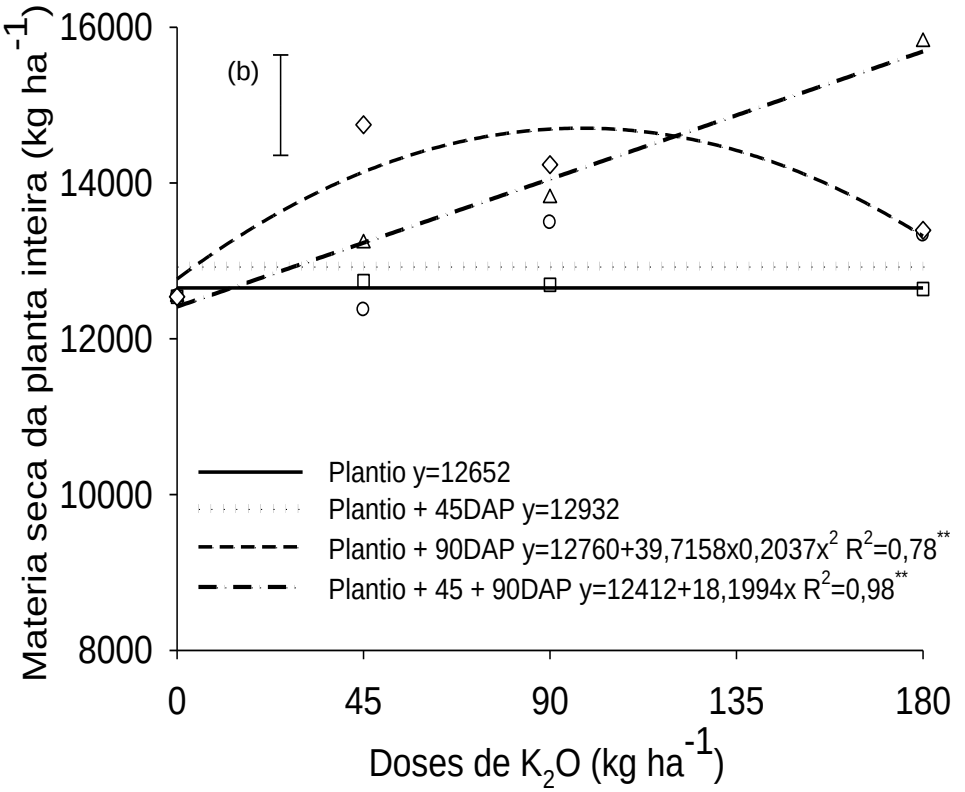
Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1) Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2)$y=10178,72+25,33925^{**}x-0,120871^{*}x^2$ $R^2=0,95$; (3) $y=13537,89+36,075473^{**}x-0,148761^{**}x^2$ $R^2=0,98$; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O tratamento com parcelamento no plantio e em cobertura aos 90 DAP aumentou a MS acumulada na planta inteira até a dose estimada de 98 kg ha^{-1} de K_2O correspondendo a um acúmulo de 14700 kg ha^{-1} (Figura 4b). Nayar et al. (1985), obteve crescimento na cultura da mandioca, com isso aumentando o acúmulo de MS total da planta inteira com aplicação de K até a dose de 150 kg ha^{-1} de K_2O.

O parcelamento das doses no plantio e mais em duas épocas em cobertura, aumentou as quantidades de MS acumulada na planta inteira linearmente onde com a maior dose aplicada esta variável diferiu dos demais parcelamentos apresentando um maior acúmulo MS na planta inteira (15700 kg ha^{-1}) (Figura 4b). Ramanujam e Indira (1984), relatam que ausência de K na cultura da mandioca resulta em um menor acúmulo de MS na planta inteira.

Figura 4 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para MS de raiz (a) e MS da planta inteira (b) da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP





4.6 Partição de MS para a parte aérea, cepas e raízes tuberosas

A partição de MS na parte aérea das plantas no 1º e 2º ano de cultivo foi influenciada pelo fator dose e formas de parcelamento (Tabela11). No 1º ano a partição de MS aumentou, por outro lado no 2º ano de cultivo a partição de MS da parte aérea diminuiu. No 1º ano verificou-se que a aplicação de K somente no plantio e parcelado em três épocas, foram os que apresentaram maiores porcentagem de MS na parte aérea. No 2º ano o parcelamento do K no plantio e em duas épocas aplicado em cobertura (45 e 90 DAP) se obteve uma menor partição de MS na parte aérea das plantas em relação as demais formas de parcelamento.

A partição de MS nas cepas para o 1º ano de cultivo foi afetada apenas pelas doses de K, no 2º ano o fator dose e formas de parcelamento do K afetaram a porcentagem de MS para esta variável (Tabela 11). Em ambos os anos a adubação potássica aumentou a partição de MS para as cepas. No 2º ano de cultivo o parcelamento entre o plantio e em cobertura aos 90 DAP reduziu a porcentagem de MS nas cepas em relação ao tratamento que o K foi fornecido somente na época de plantio.

No 1º e no 2º ano de cultivo a partição de MS nas raízes tuberosas sofreu efeito de doses de K, e apenas no 2º ano de forma de parcelamento (Tabela 11).

No 1º ano partição de MS para as raízes diminui, por outro lado no 2º ano o incremento da adubação potássica aumentou a quantidade de MS particionada para as raízes tuberosas. A adubação potássica quando aplicado em três épocas proporcionou uma maior partição de MS nas raízes tuberosas no 2º ano de cultivo.

Em culturas especializadas no acúmulo de reservas nutritivas os órgãos de reserva, a exemplo das raízes tuberosas de mandioca, no período de enchimento são os principais drenos de carboidratos e de nutrientes inorgânicos móveis (TEKALIGN; HAMMES 2005, FERNANDES et al., 2010), apresentando assim a maior partição de MS nas plantas. Os resultados deste trabalho são semelhantes ao encontrado por Aguar (2013), trabalhando com a cultivar IAC 576-70 obteve uma partição de MS maior nas raízes tuberosas (71%) seguido pela partição de parte aérea 18,4 % e partição de cepa, 9,5%.

Tabela 11 - Partição de MS para a parte aérea, cepas e raízes tuberosas da mandioca de mesa, IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	Parte aérea		Cepa		Raízes tuberosas	
	1ºAno	2º Ano	1ºAno	2º Ano	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)			%			
0	16,2	17,0	8,0	8,5	75,3	74,7
45	17,1	14,6	7,8	9,2	74,6	75,9
90	17,8	13,5	8,2	9,3	73,4	77,1
180	19,2	12,4	9,3	9,5	71,1	78,1
Efeito	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Parcelamento (P)						
Plantio	18,5ab	13,7ab	8,4a	9,8a	73,0a	76,5b
1/2 pl.+1/2 45DAP	17,0b	13,6ab	8,4a	9,6ab	74,6a	76,7b
1/2 pl.+1/2 90DAP	16,8b	14,7a	8,3a	8,8b	74,9a	76,3b
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90 DAP	19,8a	12,0b	8,7a	9,1ab	71,6a	78,7a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	12,0	15,7	11,2	11,8	14,0	13,1

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) y=16,775+0,016349**x R^2=0,99; (3) y=16,94-0,023889**x R^2=0,88; (4)y=7,9375+0,006151**x R^2=0,73; (5)y=8,75+0,005159*x R^2=0,75; (6) y=75,4625-0,023929**x R^2=0,99; (7)y= 75,02+0,00456476**x R^2=0,95;. ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente**.**

4.7 Teor de K nas partes da planta, extração e exportação de K

O teor de K encontrado nas partes da planta de mandioca no 1º e 2º ano de cultivo o fator parcelamento não influenciou o teor de K nas folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas (Tabela 12). No entanto, os teores de K no 1º e 2º ano de cultivo em todas as variáveis analisadas foram influenciadas pelo fator dose (Tabela 12).

Verificou-se respostas quadráticas para o aumento no teor de K no 1º ano de cultivo nas folhas e cepas das plantas de mandioca de mesa, mostrando um aumento no teor de K nas folhas e cepas até as doses estimadas de 126 e 110 kg ha^{-1} de K_2O, com teores máximos de 15,7 e 5,65 g kg^{-1} de K, respectivamente. Nijholt (1935), encontrou valores de 20 g kg^{-1} para o teor de K nas folhas, Cours et al. (1953), alcançou valores de 12 g kg^{-1} de teor de K, sendo os valores encontrados por esses pesquisadores, semelhantes ao encontrado neste trabalho nos dois anos de cultivo.

No 1º ano o teor nas hastes e raízes tuberosas foi aumentou com a adubação potássica, com um aumento de 45% e 23% em relação a testemunha, respectivamente. Em estudo realizado por Oelsligle (1975) e posteriormente por Solorzano e Bornemisza (1976), obtiveram valores de 6,4 e 13,3 g kg^{-1} para o teor de K nas raízes tuberosas, acima dos encontrados neste experimento.

Tabela 12 - Teor de K nas folhas, hastes, cepas, e raízes tuberosas de mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamentos	Teor de Potássio			
	Folhas		Hastes	
	1ºAno	2ºAno	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	g kg^{-1}			
0	11,05	14,85	3,32	5,35
45	14,03	19,32	4,29	6,61
90	15,20	20,16	5,19	6,87
180	14,90	21,12	5,98	7,08
Efeito	(2)	(3)	(4)	(5)
Parcelamento (P)				
Plantio	14,42a	20,05a	5,07a	6,80a
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	14,08a	19,93a	4,85a	6,68a
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	15,28a	20,60a	5,35a	7,25a
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90 DAP	15,05a	20,23a	5,34a	6,70a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14,9	14,1	17,6	17,8

	Cepas		Raízes tuberosas	
	1ºAno	2ºAno	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	g kg^{-1}			
0	4,61	4,35	5,27	4,3
45	4,64	4,86	5,45	5,14
90	5,58	5,26	5,60	5,18
180	4,86	5,62	6,50	5,74
Efeito	(6)	(7)	(8)	(9)
Parcelamento (P)				
Plantio	5,23a	5,12a	5,77a	5,32a
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	4,93a	5,11a	5,71a	5,19a
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	5,23a	5,29a	5,94a	5,47a
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90 DAP	4,72a	5,46a	6,00a	5,44a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16,1	14,2	16,8	157

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) $y=11,13+0,073205^{**}x-0,000291^{**}x^2$ $R^2=0,99$; (3) $y=16,44+0,030706^{*}x$ $R^2=0,72$; (4)$y=3,55+0,014520^{**}x$ $R^2=0,95$; (5)$y= 5,81+0,00844^{**}x$ $R^2=0,70$; (6) $y=4,22+0,020828^{**}x-0,000095^{**}x^2$ $R^2=0,76$; (7)$y= 4,48+0,006889^{**}x$ $R^2=0,94$; (8) $y=5,16625+0,006897^{**}x$ $R^2=0,94$; (9)$y=4,54+0,007095^{**}x$ $R^2=0,88$; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No 2º ano os teores de K em todos os órgãos da planta de mandioca aumentaram (Tabela 12).

Os maiores teores de K nos dois anos de cultivo foram encontrados nas folhas da mandioca. Os resultados encontrados por Lorenzi et al. (1981) seguem a seguinte ordem para o teor de K: folhas (7,1) > hastes (4,9) > raízes tuberosas (4,2), com a aplicação de 60 kg ha^{-1} de K_2O no plantio para cultivar Mantiqueira, resultado semelhante ao encontrado nos dois anos do experimento em relação a ordem de

teores, porem com valores abaixo do obtido no presente trabalho. Solorzano e Bornemisza (1976), relatam que o maior teor de K ocorreram nas folhas e hastes na cultura da mandioca.

A extração de K pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70 foi influenciada apenas do fator dose de K (Tabela 13). Maiores valores de extração ocorreram com aumento do fornecimento de K.

A maior dose aplicada no 1º e 2º ano de cultivo proporcionou uma extração de K com valores de 30 e 21 kg ha^{-1} de K a mais em relação a dose zero. O aumento nas quantidades extraídas está diretamente relacionado com o aumento do teor de K nas partes das plantas e o aumento de MS das mesmas (Tabela 10 e 12). Oliveira et al. (1996), concluiu que a extração do K cresce à medida que aumenta a quantidade de K disponível no solo, onde os dados deste trabalho concordam com os encontrados por ele. Howeler (1985a) e Cadavid (1988), relatam que a cultura de mandioca extraiu 92 e 76 kg ha^{-1} de K valores semelhantes ao encontrado nos dois anos do experimento. Lorenzi (1978), trabalhando com absorção de nutrientes em dois cultivares de mandioca observou que em média a cultura extrai 78,5 kg ha^{-1}.

A ausência de efeito das formas de parcelamento do K sobre as quantidades desse nutriente absorvidas pelas plantas de mandioca mostra que o fornecimento parcelado do K em solo arenoso não aumenta a absorção desse nutriente pelas plantas. Esses resultados podem estar relacionados em parte com as características do sistema radicular absorvente dessa cultura que atinge grandes profundidades. Segundo Connor et al. (1981) a cultura com 10 meses de ciclo, apresenta 89% das raízes absorventes da planta a uma profundidade de até 1,00 m podendo absorver K de camadas mais profundas do solo onde o sistema radicular de outras culturas não teria acesso.

A exportação de K foi incrementada pelo aumento da dose de K nos dois anos de cultivo, e apenas pela forma de parcelamento no 2º ano de cultivo (Tabela 13).

Em ambos os anos houve aumento até a maior dose estudada. Tais resultados estão relacionados com aumento da produtividade total de raízes tuberosas e teor de K nas mesmas (Tabela 8 e 12).

No 2º ano o fornecimento de K somente no plantio a exportação de potássio foi menor em relação as demais formas de parcelamento (Tabela 13).

Tabela 13 - Quantidades K extraídas pelas plantas e exportadas pelas raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamentos	Extração de K pelas plantas		Exportação de K pelas raízes	
	1ºAno	2ºAno	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	kg ha^{-1}			
0	66,0	56,9	53,2	41,0
45	78,5	65,9	61,3	48,7
90	85,6	73,4	63,5	52,7
180	95,8	78,7	70,9	62,5
Efeito	(2)	(3)	(4)	(5)
Parcelamento (P)				
Plantio	87,3a	75,3a	64,8a	49,7b
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	81,5a	67,7a	62,8a	55,6a
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	88,7a	77,2a	67,5a	56,6a
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90 DAP	89,2a	70,6a	65,8a	57,6a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14,6	16,7	15,9	17,5

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2)y=68,95+0,159345**x R^2=0,95; (3)y=59,51+0,117639**x R^2=0,91; (4)y=54,9225+0,092492**x R^2=0,95; (5)y=42,1420+0,115681**x R^2=0,98; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Lorenzi (1981), observou uma exportação de 32,5 kg ha^{-1} de K na média de dois cultivares (IAC- Mantiqueira e Branca). Cadavid (1988), em estudo realizado com mandioca relata que a cultura exporta 47 kg ha^{-1} de K valores abaixo dos encontrado nos dois anos do experimento. Howeler (1991b), relata que para a produção de 35,7 t ha^{-1} de raízes tuberosas a cultura pode chegar a exportar 112 kg ha^{-1} de K.

4.8 Índices de eficiência da adubação potássica

4.8.1 Eficiência de recuperação do K

A eficiência de recuperação do K aplicado foi afetada pela interação dose x forma de parcelamento nos dois anos de cultivo (Tabela 14).

A eficiência de recuperação no 1º ano de cultivo quando fornecido 37,5 e 75 kg ha^{-1} de K com o parcelamento no plantio e em cobertura aos 45 DAP apresentou menor eficiência quando comparado com os demais (Figura 5a). Por outro lado, com a dose de 150 kg ha^{-1} de K os parcelamentos não influenciaram a eficiência de recuperação de K. A aplicação de 37,5 kg ha^{-1} de K proporcionou aumentos na

eficiência de recuperação em relação a dose de 75 e 150 kg ha^{-1} de K em quase todos tratamentos. O parcelamento com a aplicação dividida em três épocas utilizando a dose de 75 kg ha^{-1} de K e com o parcelamento no plantio e em cobertura aos 45 DAP utilizando a dose de 150 kg ha^{-1} de K, não diferiu em relação a eficiência de recuperação de K quando aplicado 37,5 kg ha^{-1} de K (Figura 5a). Petter et al. (2012) trabalhando com doses de K em soja, verificou que a aplicação da dose total de K no plantio proporcionou menor eficiência de recuperação do K, quando comparado com a aplicação dividida entre o plantio e outra em cobertura.

Oliveira et al. (2008) e Amaro Filho et al. (2001) em estudo realizado para cultura do melão e avaliando doses de K, observaram que a maior eficiência de recuperação foi de 34,1% com a menor dose utilizada passando a diminuir como aumento da adubação com K onde os resultados encontrados neste trabalho são semelhantes aos desses autores.

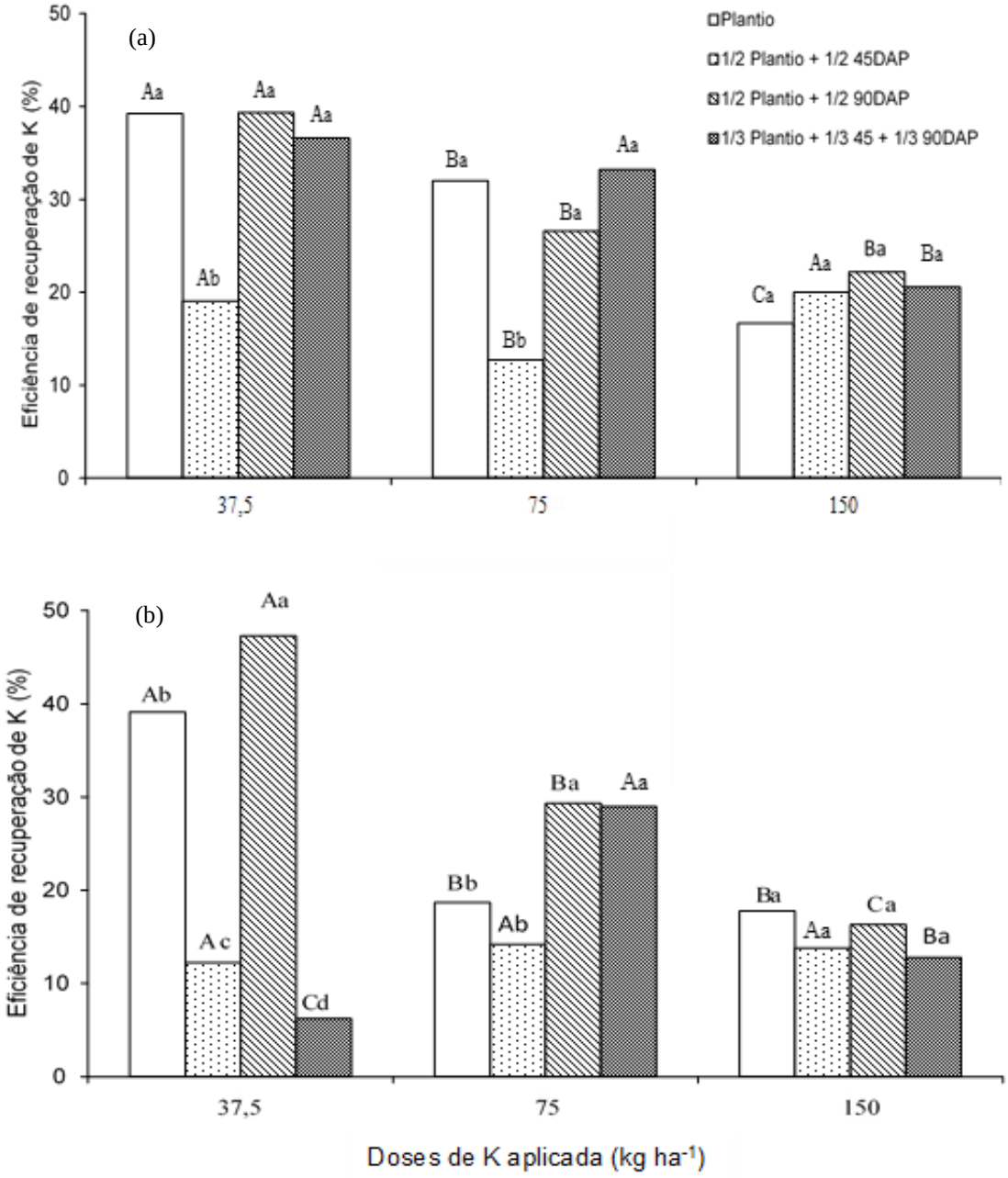
Tabela 14 – Eficiência de recuperação do K pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamentos	Eficiência de recuperação	
	1º Ano	2º Ano
Dose de K (D)	(%)	
0	–	–
37,5	33,5	26,3
75	26,1	22,7
150	19,8	15,1
Efeito	-	-
Parcelamento (P)		
Plantio	29,3a	25,1b
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	17,2b	13,4c
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	29,4a	30,9a
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90 DAP	30,1a	16,0c
Interação D x P(1)	*	*
CV (%)	18,4	16,3

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1) Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K) x 4 (formas de parcelamento); ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No 2º ano com a aplicação de 37,5 kg ha^{-1} de K quando parcelado no plantio e em cobertura aos 90 DAP apresentou maior eficiência em recuperar o K aplicado em relação aos demais parcelamentos (Figura 5b).

Figura 5 – Eficiência de recuperação do K aplicado pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo 2014/15 (a) - 2015/16 (b) em São Manuel-SP; médias seguidas de letras distintas minúscula, para o fator parcelamento e maiúscula, para o fator dose, diferem entre si pelo teste *t* (DMS) a 5% de probabilidade



O fornecimento de 75 kg ha^{-1} de K apresenta nos parcelamentos entre o plantio e em cobertura aos 90 DAP e no plantio mais duas aplicações em cobertura (45 e 90 DAP) valores semelhantes para eficiência de recuperação, diferindo dos demais parcelamentos. A eficiência de recuperação quando aplicado 150 kg ha^{-1} de K não sofreu influência das formas de parcelamentos (Figura 5b). O tratamento com

parcelamento no plantio e aos 45DAP não teve a eficiência de recuperação influenciado pelo aumento da adubação de K.

Baligar & Bennett *apud* Fageria (2000), relatam que em trabalhos de recuperação de nutrientes pelas culturas anuais obtiveram um índice de cerca de 40% para o potássio, ficando acima do encontrado no presente trabalho de mandioca, que é considerado uma cultura perene.

4.8.2 Eficiência de uso do K

A eficiência de uso de K_2O aplicado foi afetada pela interação dose x forma de parcelamento nos dois anos de cultivo (Tabela 15).

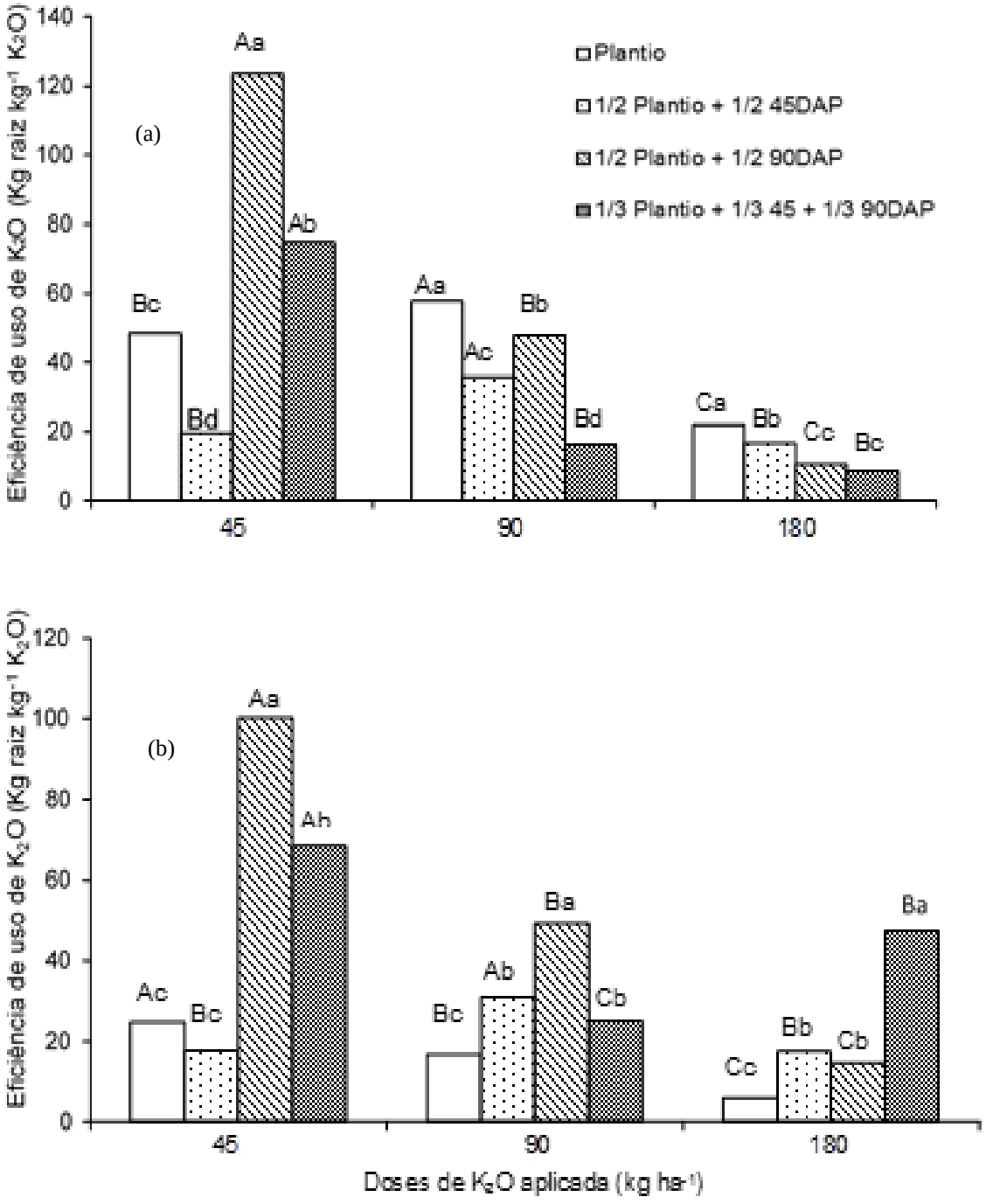
Tabela 15 – Eficiência de uso do K aplicado pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamentos	Eficiência de uso	
	1º Ano	2º Ano
Dose de K_2O (D)	(kg raiz / kg K_2O aplicado)	
0	–	–
45	52,8	66,5
90	30,5	39,4
180	21,3	14,3
Efeito	-	-
Parcelamento (P)		
Plantio	15,8d	42,6b
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	22,0c	24,0d
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	56,6a	60,6a
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90 DAP	47,0b	31,1c
Interação D x P(1)	*	*
CV (%)	9,0	5,0

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1) Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento); ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No 1º ano a eficiência de uso de K pela mandioca de mesa com fornecimento de 45 kg ha^{-1} de K_2O parcelado no plantio e em cobertura aos 90 DAP apresentou maiores índices de eficiência de uso (Figura 6a). Oliveira et al, (2011) em estudo realizado com doses de K_2O na cultura da melancia, obteve maior eficiência de uso de K quando aplicado menores doses de K_2O observou também que conforme o aumento das doses a eficiência de uso diminuiu, simultaneamente ao que se observou neste estudo para a cultura da mandioca no 1º e 2º ano do experimento.

Figura 6 – Eficiência de uso do K aplicado pela mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de dose e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo 2014/15 (a) - 2015/16 (b) em São Manuel-SP; médias seguidas de letras distintas minúscula, para o fator parcelamento e maiúscula, para o fator dose, diferem entre si pelo teste *t* (DMS) a 5% de probabilidade



O fornecimento de 180 kg ha^{-1} de K_2O quando aplicada somente no plantio apresentou maior eficiência de uso de K, em relação as demais formas de

parcelamentos (Figura 6a).

A eficiência de uso de K aplicado no 2º ano com fornecimento de 45 kg ha^{-1} de K_2O parcelada entre o plantio e em cobertura aos 90 DAP, promoveu maiores índices de eficiência de uso proporcionando um aumento de aproximadamente 80 kg raiz kg^{-1} de K_2O (Figura 6b). O parcelamento da adubação potássica dividida em três épocas de aplicações foi o que apresentou maior eficiência de uso quando fornecido 180 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 6b).

Bernardi et al. (2009), verificou maior eficiência agronômica no uso do K em soja com duas aplicações parceladas, plantio e em cobertura. Segundo esses autores, tal efeito se deve à maior eficiência de extração pelas plantas e à menor perda principalmente por lixiviação. Os resultados destes dois anos de cultivo confirmam as observações de Silva et al. (1984), onde em solos com teores mais baixos de K as melhores respostas foram obtidas com o parcelamento aplicando-se 1/3 ou 1/2 no plantio.

4.9 Índices de qualidade das raízes produzidas

4.9.1 Porcentagem de MS das raízes tuberosas

A porcentagem de MS das raízes no 1º ano e no 2º ano de cultivo não sofreram influência dos fatores estudados (Tabela 16). O teor de MS é de grande importância quando se avalia cultivares de mandioca, portanto deseja-se que as mais produtivas sejam também aquelas que apresentem os maiores teores de MS, maximizando assim o rendimento (SARMENTO, 1997).

Os valores de MS das raízes tuberosas, encontram-se dentro de faixas de variação citadas na literatura como adequadas de 30 a 42% (SARMENTO, 1997). Figueiredo (2012), encontrou valores de 45% para porcentagem de MS nas raízes da cultivar IAC 576-70 ficando acima dos obtidos neste experimento. A colheita realizada na cultura da mandioca quando esta apresentava ciclos de cultivo diferentes (12 e 15 meses) a porcentagem de MS encontrado variou de 33% para 35% respectivamente, mostrando uma variação que pode ser causada por aumentos da precipitação pluviométrica, ciclo do cultivar, diferenças entre cultivares e entre outros fatores (FEMINAN, 2004).

Tabela 16 - Porcentagem de MS das raízes tuberosas na mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	MS raízes	
	1ºAno	2º Ano
Dose de K_2O (D)	——— % ———	
0	42,8	40,7
45	42,3	39,8
90	41,5	39,8
180	41,6	40,4
Efeito	ns	ns
Parcelamento (P)		
Plantio	41,4a	40,2a
1/2 pl.+1/2 45DAP	42,0a	39,8a
1/2 pl.+1/2 90DAP	41,6a	40,3a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90 DAP	42,1a	39,8a
Interação D x P(1)	ns	ns
CV(%)	5,0	4,1

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

4.9.2 Teor de proteína e produtividade de proteína

O 1º ano de cultivo foi influenciado pela dose e forma de parcelamento para variável porcentagem de proteína nas raízes tuberosas (Tabela 17). O aumento no fornecimento de K proporcionou uma diminuição na porcentagem de proteína nas raízes tuberosas. O tratamento com parcelamento da adubação potássica dividida entre o plantio e aos 90DAP diferiu dos demais, apresentando maior porcentagem de proteína nas raízes tuberosas. Feminam (2004), em estudo realizado com a cultivar IAC 576-70 obteve valores de 0,7 % de proteína, estando próximo a valores encontrados no 1º deste experimento, mas abaixo dos resultados do 2º ano de cultivo. Porcentagem de proteínas com valores maiores, como ocorreu do 2º ano de cultivo, foram encontrados por Oliveira (2009) (1,31%).

Foi observado efeito de doses e formas de parcelamento em relação a produtividade de proteína no 1º e 2º ano de cultivo (Tabela 17). A produtividade aumentou no 1º ano com respostas para esta variável até a dose estimada de 86 kg ha^{-1} de K_2O enquanto que, no 2º ano a produtividade de proteína aumentou até a maior dose estudada.

O aumento na produtividade de proteína está diretamente ligado ao aumento de produção total de raízes tuberosas (Tabela 9). As maiores produtividades de proteína,

no 1º e 2º ano foi observado com a aplicação de K no plantio e em cobertura aos 90 DAP e dividido em três épocas de aplicações**.** O K não é um componente básico de proteínas mas desempenha um papel importante em seu metabolismo (KASELE, 1980). Embora a mandioca não apresente teores de proteína muito elevados, possuem proteína de alto valor nutritivo, podendo ser considerados como importante fonte proteica (PEREIRA et al., 2005).

Tabela 17 - Porcentagem de proteína e produtividade de proteína na matéria fresca da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	Proteína			
	1ºAno	2º Ano	1º Ano	2ºAno
Dose de K_2O (D)	——— % ———		——— kg ha^{-1} ———	
0	0,81	1,10	191	252
45	0,79	1,13	206	286
90	0,77	1,11	215	290
180	0,72	1,10	186	294
Efeito	(2)	ns	(3)	(4)
Parcelamento (P)				
Plantio	0,74b	1,12a	204b	270b
1/2 pl.+1/2 45DAP	0,72b	1,10a	184b	276b
1/2 pl.+1/2 90DAP	0,82a	1,06a	226a	284b
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90 DAP	0,75b	1,16a	194b	332a
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	ns
CV(%)	11,7	19,5	15,4	18,4

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) $y=0,809125-0,000489^{**}x$ $R^2=0,90$; (3) $y=190,29+0,53375^{**}x-0,003102^{**}x^2$ $R^2=0,99$; (4) $y=265,42+0,2005^{*}x$ $R^2=0,64$; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

4.9.3 Tempo de cozimento, porcentagem de palitos cozidos das raízes tuberosas e absorção de agua pelos palitos

O tempo de cozimento no 1º ano sofreu influência de dose x formas de parcelamento e para o 2º ano apenas do fator dose de K (Tabela 18).

Em todas as formas de parcelamento a aplicação de K diminuiu linearmente o tempo de cozimento das raízes no 1º ano de cultivo (Figura 7). A aplicação de K no plantio com a dose intermediaria, diferiu dos demais apresentando um aumento no tempo de cozimento das raízes tuberosas (Figura 7). No 2º ano, o tempo de cozimento diminuiu até a dose estimada de 116 kg ha^{-1} de K_2O (Tabela 18).

Tabela 18 - Tempo de cozimento das raízes e porcentagem de palitos cozidos de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

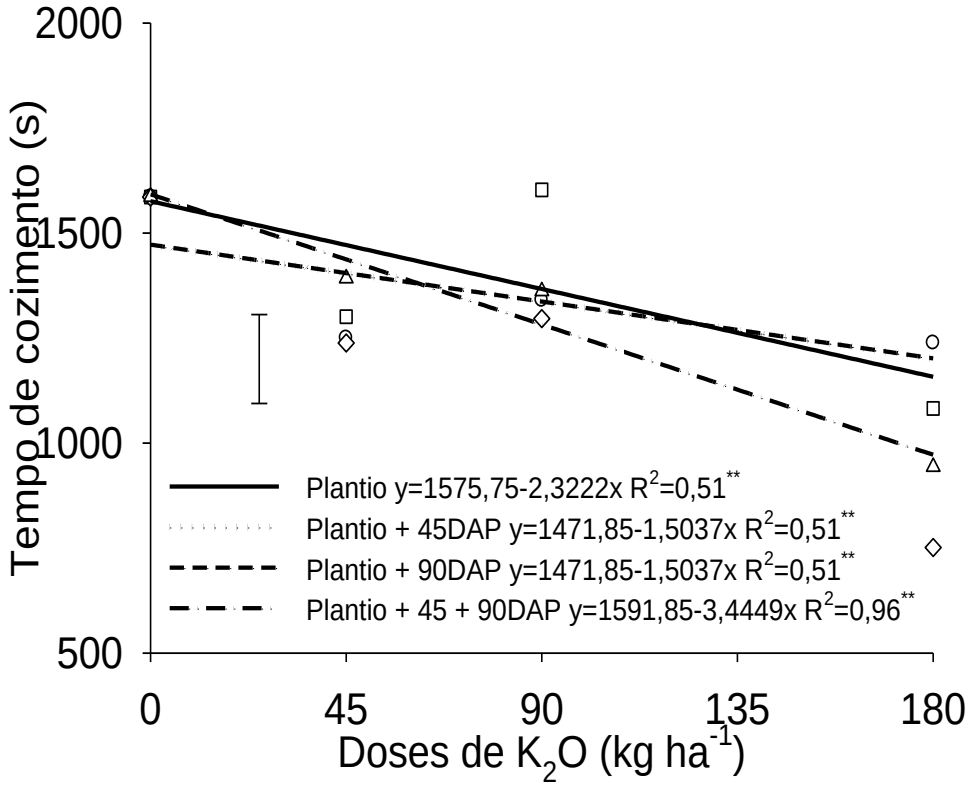
Tratamento	Tempo de cozimento em segundos (s)		% Palitos cozidos (30 mim)	
	1ºAno	2º Ano	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	——— s ———		———%———	
0	1585,8	1500,0	57,3	19,5
45	1295,2	1202,1	69,0	57,6
90	1387,5	1006,2	61,9	68,1
180	1003,8	1144,3	76,3	64,7
Efeito	-	(2)	-	-
Parcelamento (P)				
Plantio	1311,9a	1182,9a	64,5a	49,0d
1/2 pl.+1/2 45DAP	1276,0a	1153,3a	67,7a	60,3c
1/2 pl.+1/2 90DAP	1095,2a	1025,8a	74,2a	76,1a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90 DAP	1232,2a	1108,3a	69,9a	68,5b
Interação D x P(1)	*	ns	*	*
CV(%)	12,2	19,2	12,9	14,3

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) $y=1506,11-8,815215^{**}x+0,037746^{**}x^2$ $R^2=0,99$; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Determinou-se o tempo de cozimento em um cozedor Mattson modificado e adaptado para avaliar cozimento de mandioca (OLIVEIRA et al., 2005), onde apresentou um tempo de cozimento em média de 1200 segundos (20 minutos) nos dois anos de cultivo. Segundo Oliveira (2005), o tempo de cozimento da cultivar IAC 576-70 foi de 28 minutos, ficando de acordo com os resultados relatados por outros autores, 29 minutos (LORENZI, 1994) 25,8 minutos (RIMOLDI et al., 2006) e 28,5 minutos (BORGES et al., 2002), onde estes resultados encontrados por esses autores estão acima dos obtidos nos dois anos de cultivo.

Os tempos de cozimento encontrados estão de acordo com os descritos por Wheatley e Gomes (1987), que relataram que raízes tuberosas de mandioca de mesa com boa qualidade devem ter o tempo de cozimento entre 15 e 30 minutos (900 e 1800 segundos). O tempo de cozimento culinário é uma característica que está correlacionada com o padrão de massa gerada, pois normalmente, verifica-se que as cultivares que apresentam menor tempo de cozimento originam melhor padrão de massa cozida (IAC, 1983; LORENZI, 1994).

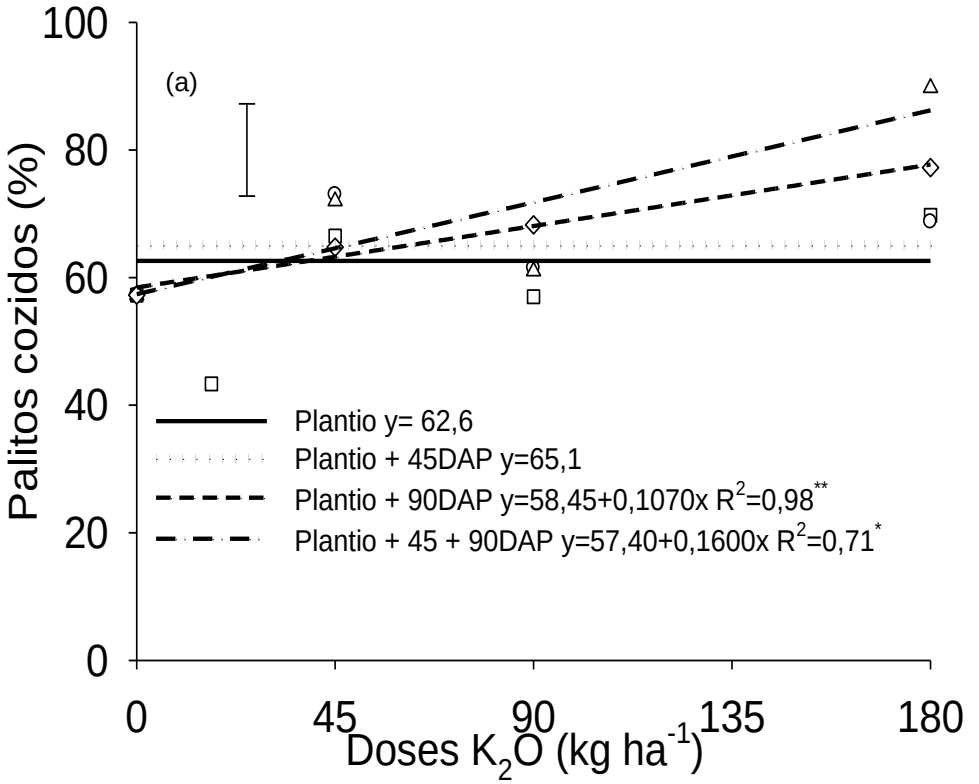
Figura 7 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para o tempo de cozimento das raízes de mandioca cultivar IAC 576-70, no 1º ano de cultivo de em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP

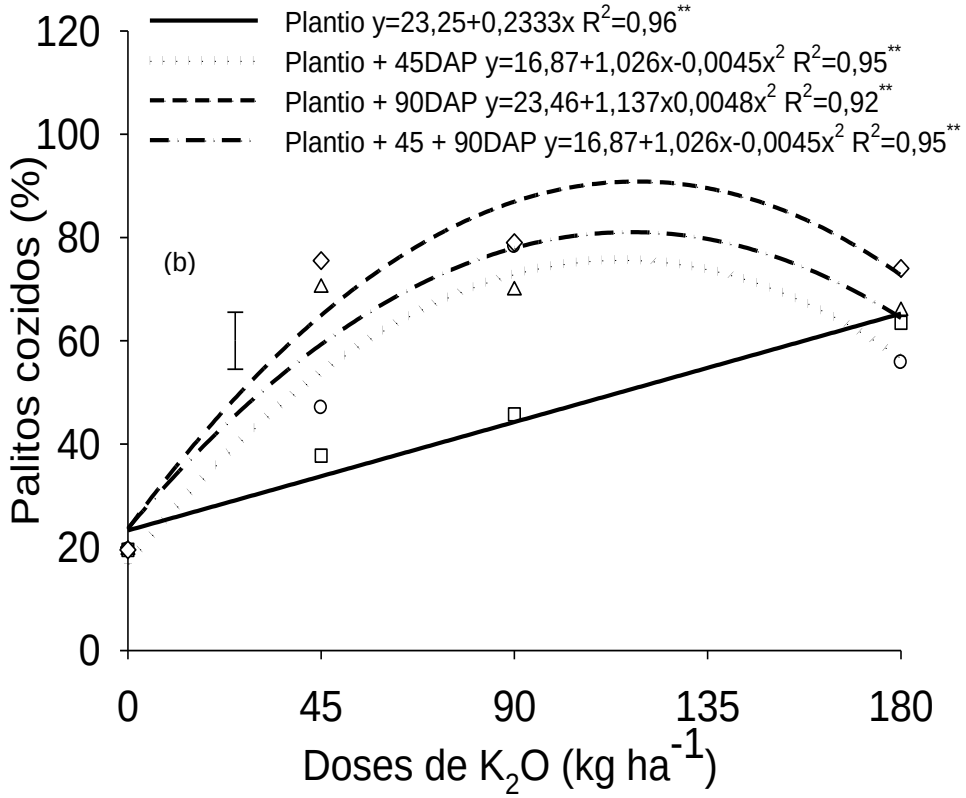


A porcentagem de palitos cozidos, no 1º e 2º ano foram influenciados pela interação dose x parcelamento (Tabela 18).

No 1º ano a aplicação da adubação potássica 100 % no plantio e parcelada no plantio e em cobertura aos 45 DAP a porcentagem de palitos cozidos não foram afetados (Figura 8a). Quando a adubação foi realizada de forma parcelada entre o plantio e aos 90DAP e em três épocas de aplicação, sofreram influência da adubação potássica, apresentando aumento na porcentagem de palitos cozidos. A aplicação de 180 kg ha^{-1} de K_2O, dividida em três épocas proporcionou 89% de palitos cozidos diferindo dos tratamentos com aplicação somente no plantio e plantio e aos 45DAP que apresentaram em média 63% de palitos cozidos (Figura 8a). Oliveira (2002), em teste de cozimento obteve 50% de palitos cozidos para um tempo de 28 minutos porcentagem abaixa da encontrada no 1º e 2º ano do experimento.

Figura 8 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para porcentagem de palitos cozidos no 1º ano (a) e no 2º ano (b) de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP





A porcentagem de palitos cozidos no 2º ano com a aplicação no plantio aumentou até a maior dose estudada (Figura 8b). Os demais parcelamentos, tiveram aumentos até as doses estimadas de 111, 118 e 114 kg ha^{-1} de K_2O para plantio e uma vez em cobertura aos 45DAP ou 90DAP e em três épocas respectivamente.

Em trabalho realizado por Oliveira (2009), a porcentagem de palitos cozidos obtidos com a cultivar IAC 576-70 colhida com 8 meses de ciclo apresentou 45% sendo semelhante aos valores encontrados quando se realizou a aplicação de 45 e 90 kg ha^{-1} de K somente no plantio, e abaixo de quando se realizou o a aplicação de K no plantio e de forma parcelada em cobertura aos 45DAP ou 45 e 90DAP mostrando assim uma elevação na porcentagem de palitos cozidos influenciada pelo parcelamento.

Com relação a absorção de água pelos palitos cozidos nos dois anos de cultivo esta variável foi influenciada apenas do fator dose (Tabela 19).

Tabela 19 - Porcentagem de absorção de água pelos palitos durante o cozimento de 30 minutos de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamento	Absorção de água	
	1ºAno	2º Ano
Dose de K_2O (D)	%	
0	18,5	16,2
45	23,4	18,9
90	22,9	21,5
180	28,7	20,6
Efeito	(3)	(4)
Parcelamento (P)		
Plantio	23,6a	19,4a
1/2 pl.+1/2 45DAP	25,0a	21,3a
1/2 pl.+1/2 90DAP	26,1a	19,3a
1/3 pl.+1/3 45DAP+1/3 90 DAP	25,2a	21,7a
Interação D x P(1)	ns	ns
CV(%)	13,6	16,0

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). (2) y=19,2875+0,05706**x R^2=0,91; (3) y=16,09+0,087519**x-0,000343**x R^2=0,98; ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No 1º ano, a absorção de água durante o cozimento aumentou até a dose estimada de 127 kg ha^{-1} de K_2O enquanto que, no 2º ano se obteve resposta até a maior dose. A porcentagem de agua absorvida está acima da encontra por Oliveira (2005), que foi de 16% para a cultivar estudada IAC 576-70.

4.9.4 Firmeza da polpa das raízes antes e após o cozimento

No 1º e no 2º ano de cultivo a firmeza da polpa das raízes tuberosas cruas não foram influenciadas pelos tratamentos, o 1º ano de cultivo a polpa das raízes cozidas não foi influenciada pelos tratamentos estudados, mas no 2º ano a firmeza da polpa das raízes tuberosas após o cozimento foi influenciada pela interação dose x formas de parcelamento (Tabela 20).

Em média dos dois anos de cultivo a firmeza da polpa crua foi de 18,1 N. Marinho et al. (2008), Bereli (2006) e Anjos (2011) observaram que a aplicação de doses potássio em frutos não influenciaram significativamente na firmeza.

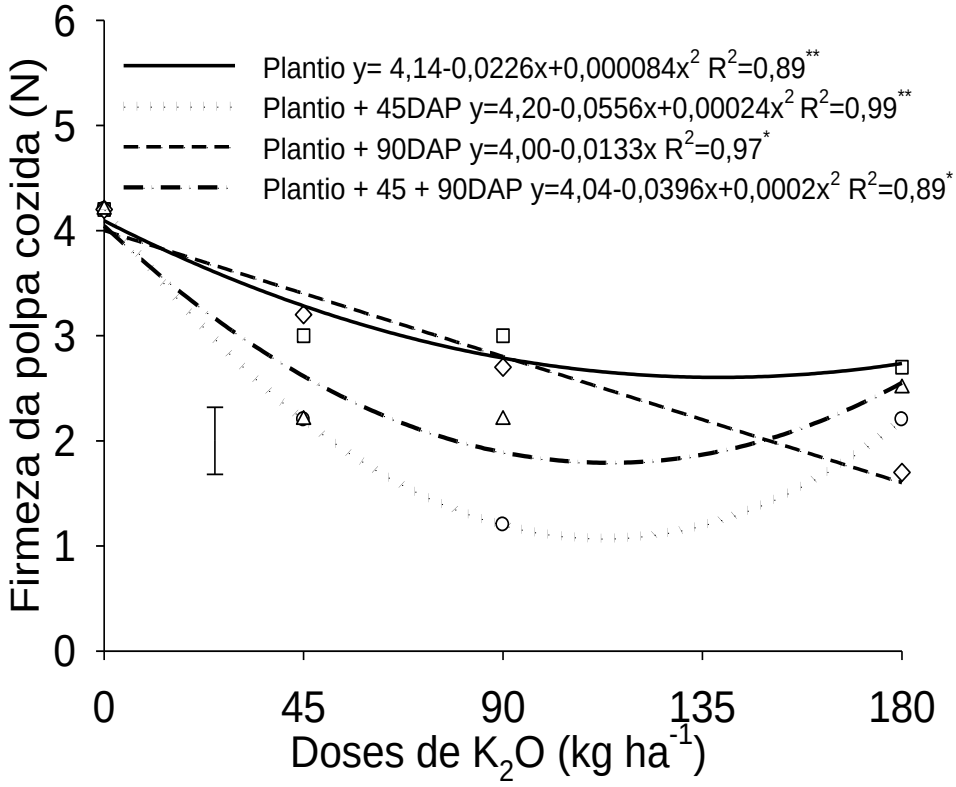
Tabela 20 - Firmeza da polpa das raízes antes (crua) e após o cozimento (cozida), de raízes tuberosas da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, em função de doses e formas de parcelamento da adubação potássica em solo arenoso, nos dois anos de cultivo (2014/15 - 2015/16) em São Manuel-SP

Tratamentos	Firmeza da Polpa			
	Crua		Cozida	
	1ºAno	2ºAno	1ºAno	2ºAno
Dose de K_2O (D)	——— N ———		——— N ———	
0	16,4	19,0	4,5	4,2
45	17,9	17,9	4,6	2,6
90	17,9	18,2	4,7	2,2
180	18,6	18,9	4,7	2,3
Efeito	ns	ns	ns	-
Parcelamento (P)				
Plantio	17,8a	18,1a	4,8a	2,9a
1/2 pl.+ 1/2 45 DAP	17,5a	18,4a	4,7a	1,9c
1/2 pl.+ 1/2 90 DAP	18,6a	18,2a	4,4a	2,2bc
1/3 pl.+ 1/3 45 DAP + 1/3 90	18,5a	18,6a	4,8a	2,5ab
Interação D x P(1)	ns	ns	ns	*
CV (%)	7,9	9,1	10,3	17,1

Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator parcelamento), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5 % de probabilidade. (1)Interação considerando apenas o fatorial 3 (doses de K_2O) x 4 (formas de parcelamento). ns é não significativo. * e ** são significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O fornecimento de K no uma única vez no plantio, plantio e em cobertura aos 45 DAP e aplicado de forma parcelado entre o plantio e duas vezes em cobertura (45 e 90 DAP) diminuiu a firmeza da polpa das raízes tuberosas cozidas até as doses estimadas de 134, 115 e 99 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 9).

Figura 9 - Desdobramento da interação significativa entre doses e formas de parcelamento da adubação potássica para a firmeza polpa cozida da mandioca de mesa, cultivar IAC 576-70, no segundo ano de cultivo em São Manuel-SP. Plantio = 100% da dose aplicada no plantio; Plantio + 45DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 45DAP; Plantio + 90DAP = 1/2 da dose aplicada no plantio e 1/2 aos 90DAP; Plantio + 45 + 90DAP = 1/3 da dose aplicada no plantio + 1/3 aos 45DAP + 1/3 aos 90DAP



O parcelamento de plantio e em cobertura aos 45 DAP na dose de 90 kg ha^{-1} proporcionou menor firmeza da polpa em relação aos demais tratamentos de parcelamento. A aplicação de K no plantio e em cobertura aos 90 DAP diminuiu a firmeza da polpa cozida até a dose a maior dose (Figura 9).

Padonou et al. (2005) obteve valores de firmeza para 20 variedades de mandioca colhidas com 13-15 meses de ciclo com tempo de cozimento de 20 minutos na faixa de 0,87 a 2,13 N abaixo dos valores encontrados no 1º ano de cultivo, mas com valores semelhantes ao observado para o 2º ano de cultivo. Ribeiro et al. (2013), cita que para frutos maduros da banana uma firmeza de 3,15 N apesar de ser uma cultura diferente os valores de firmeza são semelhantes a firmeza da polpa cozida da mandioca de mesa nos dois anos de cultivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em ambos os anos de cultivo a adubação potássica aumentou o crescimento das plantas e a produtividade comercial de raízes tuberosas da mandioca IAC 576-70 cultivada em solo arenoso, havendo maiores respostas no ano de maior precipitação pluvial. No ano de menor precipitação, o parcelamento da adubação potássica em solo arenoso não alterou o crescimento das plantas e a produtividade comercial de raízes tuberosas da IAC 576-70. Em ano de precipitação mais elevada o crescimento e a produtividade da mandioca cultivada em solo arenoso, aumentou até doses mais elevadas de K especialmente quando esse nutriente foi aplicado de forma parcelada.

A eficiência de uso nos dois anos de cultivo quando se realizou o menor fornecimento de K_2O aplicado, o parcelamento com aplicação no plantio e em cobertura aos 90 DAP e dividido em três épocas, plantio, 45 DAP e 90 DAP apresentou maior eficiência de uso ficando acima de quando ocorreu o fornecimento de doses maiores. Assim em um solo com caraterísticas arenoso e de baixo teor de K o parcelamento mostra uma maior eficiência do uso do K_2O aplicado.

A adubação potássica em solo arenoso melhorou a qualidade da mandioca por diminuir o tempo de cozimento das raízes e aumentar a quantidade de palitos cozidos. A aplicação parcelada do K teve pouca influência sobre o tempo de cozimento das raízes, mas ela aumentou a porcentagem de palitos cozidos. Vale destacar que houve um baixo índice de palitos cozidos em ambos os anos de cultivo, provavelmente devido ao método de avaliação do tempo de cozimento das raízes, o qual ainda não se permita avaliar com precisão o cozimento das mesmas.

6 CONCLUSÕES

No 1º ano de cultivo, a maior produtividade total e comercial de raízes tuberosas foi obtida com a dose estimada de 110 e 107 kg ha^{-1} de K_2O, respectivamente. No 2º ano de cultivo, os maiores valores de produtividade total e comercial de raízes tuberosas ocorreram com a aplicação da dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O parcelada em três vezes (plantio, 45 DAP e 90 DAP).

O tempo de cozimento das raízes tuberosas no 1º ano de cultivo diminui até a dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O em todas as formas de parcelamento utilizadas e o menor tempo de cozimento ocorreu quando o K foi parcelado em três aplicações. No 2º ano de cultivo, o menor tempo de cozimento foi obtido com a dose estimada de 116 kg ha^{-1} de K_2O e a firmeza da polpa das raízes tuberosas cozidas reduziu até a dose de 180 kg ha^{-1} de K_2O independentemente do parcelamento utilizado. O parcelamento da adubação potássica com metade das doses no plantio e o restante em cobertura aos 45 DAP reduziu a firmeza da polpa das raízes tuberosas até a dose estimada de 115 kg ha^{-1} de K_2O no 2º ano de cultivo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, E.B. **Estudo da poda da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011 144f, Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2011.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**, Cruz das Almas, v.7, p.138-169, 2006.

ALVES, R.N.B.; MODESTO JÚNIOR, M.S.; FERREIRA, E.R. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) variedade paulozinho. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, SP, v.8, n.1, p.65-70, 2012.

ANJOS, D. C. **Influência de níveis da adubação potássica via fertirrigação no desenvolvimento e na qualidade de frutos do mamoeiro em Neossolo Quartzarênico**. 2011, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2011.

ARRUDA, F.B.; LORENZI, J.O.; BARRETO, G.B.; ABRAMIDES, E. Comportamento de duas variedades de mandioca sob dois níveis de umidade e de adubação do solo. **Bragantia**, Campinas, v.37, n.13, p.109-116. 1978.

BALOTA, E.L.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Occurrence of diazotrophic bacteria and vesiculararbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (Manihot esculenta Crantz). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION WITH NON-LEGUMES, 6., 1993, Ismailia, Cairo. **Proceedings Giza:** Cairo University, 1994. p.53-58.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotroficas e fungos micorrízicos-arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v.32, p.627-639, 1997.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BERILLI, S. S. **Atributos qualitativos de frutos de mamoeiro híbrido - uenf/caliman 01 - sob lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio.** 2006. Tese (Doutorado) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2006.

BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M.; MESQUITA, T. G. S.; FREITAS, P. L.; CARVALHO, M. C. S. **Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milheto e algodão em sistema plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiás, v. 39, p. 158-167, 2009.

BORGES, M. F.; CARVALHO, V. D.; FUKUDA, W. M. G. **Efeito de tratamento térmico na conservação pós-colheita de raízes de mandioca (Manihot esculenta**

Crantz) de mesa. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, v. 11, n. 1, p. 7-18, 1992.

BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A .G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.

BRITO CH; OLIVEIRA AP; ALVES AU; DORNELES CSM; SANTOS JF; NÓBREGA JPR. Produtividade da batata-doce em função de doses de K_2O em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, Brasilia, v. 24, p.320-323, 2006.

CADAVID, L.F.; **Respuesta de la yucca (Manihot esculenta Cratz) a la aplicacion de NPK en suelos con diferentes características.** 1988. Monograph, Universidade Nacional de Colombia, Palmira, 1988.

CARDOSO JÚNIOR, N.S.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO F.M. Efeito do nitrogênio em características agronômicas da mandioca. **Bragantia,** Campinas, v.64, n.4, p.651-659, 2005.

CEBALLOS, H.; CRUZ, G. A. OSPINA, B.; Taxonomia y morfología de la yuca. In: LA YUCA EN EL TERCER MILENIO. SISTEMAS MODERNOS DE PRODUCCIÓN, PROCESAMIENTO, UTILIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN. 2002, Cali. **Mejoramiento de Yuca:** Centro Internacional de Agricultura Tropical. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca: Proyecto 2002. p. 17-33.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. Farinhas e derivados. In: TECNOLOGIA, USOS E POTENCIALIDADES DE TUBEROSAS AMILÁCEAS LATINO AMERICANAS. 3., 2003, São Paulo, **Fundação Cargill**, cap.21, 2003, p.621-664.

CLARKSON, D. T.; HANSON, J. B. The mineral nutrition of higher plants. **Plant Physiology**, New York, n. 31, p. 239-298, 1980.

COCK, J. H.; PORTO, M. C. M.; EL-SHARKAWY, M. A. Influence of air humidity and water stress on gas exchange of field grown cassava. **Crop Science**, Hoboken, v. 25, p. 265-272, 1985.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. 1. ed. Cruz das Almas, 1983. 823 p.

CONNOR, D. J.; COCK, D. J.; PARRA, G. E.; Response of cassava to water shortage. IGrowth and yield. **Field Crops Research**, Amsterdan, v.4, p.181-200, 1981.

COURS, G.; Le diagnostic foliar at les carences. **Recherche Agronomique,** Madagascar, p. 78-84, 1953.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - EMPASC/ACARESC. **Sistema de produção para mandioca**. 2 ed. Florianópolis: EMPASC/ACARESC. 1987. 38p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J; CARVALHO, J.R. Lowland rice response to potassium fertilization and its effect on N and P uptake. **Fertilizer Research,** Dordrecht, v.21, p.157-162, 1990.

FAGERIA, N.K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v.35, n.10, p.2115-2120, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Crops.** Roma, 20014. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx>. Acesso em: 20 jun. 2017.

FASSBENDER, H. W. Quimica de suelos, com enfasis em suelos de America Latina, Costa Rica, **Instituto Interamericano de Cooperation para la Agricultura**, 1984. 398p.

FAVARO, S.P. **Composição química e estrutura de paredes celulares de variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) com tempo de cocção diferentes.** 2003. 132f. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Agrarias, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2003.

FENIMAM, C. M.; **Caracterização de raízes de mandioca (*manhiot esculenta Crantz)* do cultivar IAC 57670 quanto a cocção, composição e propriedade do amido em duas épocas de colheita.** 2004. 83f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

FERNANDES, A. M. et al. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, DF, v. 45, n. 8, p. 826-835, 2010.

FIALHO, J.F.; VIEIRA, E.A. **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas.** Planaltina: Embrapa Cerrados. 2011. 208p.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1353-1359, 1999.

FIGUEIREDO, M.A.; PASQUAL, M.; ARAUJO, A.G.; JUNQUEIRA, K.P.; SANTOS, F.C.; RODRIGUES, V.A. Fontes de potássio no crescimento in vitro de plantas de orquídea Cattleya loddigesii. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.38, n.1, p.255-257, 2008.

FIGUEIREDO, P. G. **Morfo-anatomia de raízes tuberosas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) cultivar IAC 576-70 em diferentes preparos do solo**. 2012. 73f.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2012.

FIGUEIREDO, P. G. **Componentes agronômicos e índices fisiológicos da mandioca correlacionados ao preparo do solo.** 2014. 73f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2014.

FILHO, W. P.; SILVEIRA, S. R. **Cultura da mandioca. Departamento técnico Emater -** MG, 2012. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/cultura%20da%20mandioca.pdf>.Acesso em: 10 maio. 2017.

FLORES, R.A; PRADO, R.M; POLITI, L.S; ALMEIDA, T. B. F; Potassium in the early development stage of unburned sugarcane ratoon. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 42 p. 106-111, 2012.

FRIED, M.; BROESHART, H. **The soil-plant system:** in reaction to inorganic nutrition. Elsevier Science, 2012. 368 p.

FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico, 100**, Campinas: Instituto Agronômico, p.8-13. 1997.

GIANELLO, J.C.; CEÑAL, J.P.; GIORDANO, O.S.; TONN, C.E.; PETENATTI, M.E.; PETENATTI, E.M.; DEL VITTO, L.A. Medicamentos herbários en el centro-oeste argentino. II. “Carquejas”: control de calidad de las drogas oficiales y sustituyentes. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 19, n. 2, p. 99-103, 2000.

GOMES, J. C. Considerações sobre adubação e calagem para a cultivar. **Revista Brasileira de Mandioca,** Cruz das Almas, v. 6, n. 2, p. 99-107, 1987.

GONZAGA, R.L.; VELOSO, E.S.; MAMORÉ, G.L.; TOSTA, F.S.; SOUZA, E.F.C.; VIEIRA, G.H.C.; LEMES, L.G. Doses de adubação potássica na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na região de Cassilândia, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005. CD-ROM.

HÁK, R.; NÁTR, L. Effect of nitrogen starvation and recovery on gas exchange characteristics of young leaves. **Photosynthetica**, n. 1, v. 21, p. 9-14, 1987.

HORWITZ, W.; LATIMER JUNIOR, G.W. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International. **Gaythersburg: AOAC International**, Rockville, ed.18, 2005.

HOWELER, R.H. DOMINGUES, C.E. Nutrición mineral y fertilización de la yuca.. Yuca: Investigación, Producción y Utilización. **Anais...** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p.317-358. 1982.

HOWELER, R.H.; CADAVID, L.F. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12-month growth cycle of cassava. **Field Crops Research**, Dordrecht, v.7, p. 123-139, 1983.

HOWELER, R.H.; Mineral nutrition and fertilization of cassava. In Cassava; Research, production and Utilization. **Anais…** UNDP-CIAT Cassava Program, Cali, Colombia, pp. 249-320, 1985a.

HOWELER, R.H. AND L.F. CADAVID. Short- and long-term fertility trials in Colombia to determine the nutrient requirements of cassava. **Fertilizer Research,** Dordrecht, v. 26, p. 61-80, 1990.

HOWELER, R.H. Long- Term effect of cassava cultivation on soil productivity. **Field Crops Research**, Dordrecht, v.26, p. 1-18, 1991b.

HOWELER, R.H. 2001. The use of farmer participatory research (FPR) in the Nippon Foundation project: imptoving the sustainability of cassava-based cropping systems. In: Asia. R.H.Howeler and S.L.Tan (Eds). Cassava potencial in Asia. In the 21., Century: Present Situation and Future Reserch and Development Needs proc. 6., **Regional Workshop**, Ho Chi Minh, Vietnam, 2000. p. 461-489.

HUNT, L. A.; WHOLEY, D. W.; COCK, J. H. Growth physiology of cassava. **Field Crops Research,** Dordrecht, v. 30, n. 2, p. 77-91, 1977.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. Levantamento, introdução e seleção de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) cultivadas no Estado de São Paulo. Campinas.1983.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, 2016. 72 p.

KANAPATHY, K; KEAT, G.A; Growing maize, sorghum and tapioca on peat soil. In: Proceedings of the conference on crop diversification in Malaysian. **Anais…** Kuala Lumpur, 1970. p. 25-35.

KARLEN, D.L.; FLANNERY, R.L.; SADLER, E.J. Nutrient and dry matter accumulation rates for high yielding maize. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, n.9/16, p.1409-1417, 1987.

KASELE, I.N. **Investigation on the effect of shading, potassium, nitrogen, and drought on the development of cassava tubers at the early stage of plant growth.** 1980, 68f. Dissertação (Mestrado) - University of Ibadan, Nigeria. 1980.

LEBOTA, V. **Tropical root and tuber crops**: cassava, sweet potato, yam, aroids. Cambridge, Cabi, 2009. 413p.

LORENZI, J. O. **Absorção de macronutrientes e acumulação de matéria seca para duas cultivares de mandioca**. 1978. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1978.

LORENZI, J.O.; GALLO, J.R.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.1, p.145-156, 1981.

LORENZI, J.O. Variação na qualidade culinária de raízes de mandioca. **Bragantia,** Campinas, p. 237-245, 1994.

LORENZI, J. O.; VALLE, T. L.; MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A.; KANTHACK, R. A. D. Variedades de mandioca para o Estado de São Paulo. **Instituto Agronômico, Boletim técnico**, Campinas, n. 162, 1996b. 23 p.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B.V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 221-229. (Boletim Técnico, 100). 1997.

LORENZI, J.O; OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. 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, 2002. p. 77-108.

LORENZI, J.O. Mandioca. Boleteim técnico CATI, Campinas, n. 245, p. 166, 2003.

MALAVOLTA, E. **Práticas de nutrição mineral de plantas.** 1976. 65f. Curso de Pós-Graduação (Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual Paulista, 1976.

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

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

MARINHO, A. B.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; PEREIRA, M. G.; MONNERAT, P. H. Produtividade e Qualidade de Frutos de Mamão cultivar ‘Golden’ sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no Norte de Espírito Santo, **Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v.28, n.3, p.417-426, jul./set. 2008.

MATTOS, P.L.P.; GOMES, J.C.; FARIAS, A.R.N.; FUKUDA, C. **Cultivo da mandioca nas regiões norte e nordeste do Brasil.** In: CEREDA, M.P. (coord.). Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p.274-301.

MATTOS, P.L.P; BEZERRA, V.S. Cultivo da mandioca para o Estado do Amapá. **Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de produção 2.** Cruz das Almas, 2003 Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amapa/adubacao.htm>. Acesso em: 25 maio 2017.

MEURER, E.J., ed. **Fundamentos de química do solo.** 3.ed. Porto Alegre, Evangraf, 2006. 285p.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza Arbuscular. In VARGAS, M. A.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. P. 69-123.

MOKANKUMAR, B.; MANDAL R.C.; MAGOON M.L. Influence of potash on cassava. **Indian Jornal Agronomy,** New Delhi**.** v. 16, p. 82-84, 1971.

NGUYEN H. H.; PHAM V. B. The Dang and Thai Phien. 1998. Recent progress in cassava agronomy research in Vietnam. In: R.H. Howeler (Ed.). Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia. Proc. 5th **Regional Workshop**, held in Danzhou, Hainan, China. 1996. p. 235-256.

NIJHOLT, J. A. Opname van voendingsstoffen uit de bodem bij cassava. **Algemeen proefstation voor den landbouw.** nº 15, 1935.

NOGUEIRA, F.D.; GOMES, J.C.; RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. Mandioca. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes.** 5ª 1999, Viçosa. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. p.312-313.

NORMANHA, E.S.; PEREIRA, A.S.; FREIRE, E.S. Modo e época de aplicação de adubos minerais em cultura de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.12, p.143-154, 1968.

OELSLIGLE, D. D. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium in cassava. **Turrialba,** Costa Rica, v. 25, p.85-87, 1975.

OLIVEIRA, E.L & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in notillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47- 57, 1996.

OLIVEIRA, M.A.; LEONEL, M.; CABELLO, C.; CEREDA, M.P.; JANES, D.A. Metodologia para avaliação do tempo de cozimento e características tecnológicas associadas em diferentes cultivares de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras v.29, n.1, p.126-133, 2005.

OLIVEIRA, A.M. G. et al. **Adubação com manganês para o controle do "Amarelão" da mandioca no extremo Sul da Bahia**. Embrapa, 2009. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/produto_em_foco/ mandioca_38.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2017.

OLIVEIRA, P.G.F.; MOREIRA, O.C.; BRANCO, L.M.C.; COSTA, R.N.T.; DIAS, C.N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v.16, n.2, p.153–158, 2011.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A. A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. VAN; ABREU, C. A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal, p.335-369, 2001.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campinas: IAC; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 116p. 2002.

PADONOU, W.; NAGO, M.C.; MESTRES, C. **The quality of boiled cassava roots: instrumental characterization and relationship with physicochemical properties and sensorial properties**. 2005. p. 261-270.

PEREIRA, EMS; LUZ, JMQ; MOURA, CC. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 60p.

PERESSIN, V. A. **Mato-interferência na cultura da mandioca (Manihot esculenta Crantz).** 1997. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

PERESSIN, V. A. et al. Acúmulo de matéria seca na presença e na ausência de plantas infestantes no cultivar de mandioca SrT 59 - Branca de Santa Catarina. **Bragantia,** Campinas, v. 57, n. 1, p. 135-148, 1998.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A; PACHECO, L. P.; ALMEIDA. F. A.; NETO, F. A.; ZUFFO, A. M.; LIMA, L.B.; Desempenho agronômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista Ciência Agarrarias**, Dois Irmãos v. 55, n. 3, p. 190-196, jul./set. 2012.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 284p. 2001.

RAMANUJAM, T.; INDIRA, P. Canopy structure on growth and development of cassava (Manihot esculenta Crantz). **Turrialba,** Costa Rica, v. 33, p.321-326, 1983.

RAMANUJAM, T.; INDIRA, P. Effect of girdling on the distribution of total carbohydrates and hydrocyanic acid in cassava. **Indian Jornal Plant Phys**, Bethesda v. 27, p. 355–360, 1984.

RIBEIRO, L. R. et al. Avaliação de cultivares de bananeira em sistema de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 508- 517, 2013.

RIMOLDI, F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; VIDIGAL, M. C. G.; CLEMENTE, E.; PEQUENO, M. G.; MIRANDA, L.; KVITSCHAL, M. V. Produtividade, composição química e tempo de cozimento de cultivares de mandioca de mesa coletadas no Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 63-69, 2006.

RÓS, A.B. Produtividade de raízes de mandioca em função de doses de potássio. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v.9, n.1, p.25-32, 2013.

SARMENTO, B. S. **Caracterização da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) no período de colheita de cultivares de uso industrial.** 1997. 162 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SILVA, D.K.T. et al. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no nordeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, Dois Irmãos, v. 6, n. 1, p. 47-53, 2005.

SILVA, J.R.; FREIRE, E.S. Efeito de doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio sobre a produção de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.2, p.357-364, 1968.

SOLORZANO. N.; BORNEMISZA, E.; Estudios del cultivo de yuca em costa rica.; Composicion química y produccion de três cultivares. **Turrialba**, Costa Rica, p. 261-264, 1976.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (eds.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.283-315. 2004.

SOUZA, A. da S. Seleção e preparo do material de plantio. In: MATTOS, P. L. P. de; GOMES, J. de C. (Coords.). **O cultivo da mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. p. 22-24. (Circular técnica, 37).

SOUZA, L.D.; SOUZA, L.S. Clima e solo. In: MATTOS, P.L.P.; GOMES, J.C. (coord.). **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.11-13.. 2000. (Circular Técnica n° 37).

SOUZA, L.S.; FIALHO, J.F. Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado, **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas, 2003.

SOUZA, L.S.; SILVA, J.; SOUZA, L.D. **Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, p. 6, 2009. (Comunicado Técnico, 133).

SUSAN JOHN, K.; C.S. RAVINDRAN; JAMES GEORGE, M. MANIKANTAN NAIR; G. SUJA. Potassium: A Key Nutrient for High Tuber Yield and Better Tuber Quality in **Cassava Better Crops**, South Asia, 2013.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 918 p.

TAKAHASHI, M. Calibração da adubação da cultura da mandioca em solos arenosos do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 10, 1999, Manaus. **Resumos...** Manaus, AM: Sociedade Brasileira de Mandioca, p.19. 1999.

TAKAHASHI, M.; BICUDO, S. J. Efeito da fertilização com nitrogênio, fósforo e potássio na produção e na qualidade nutricional do material de propagação da

mandioca. CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005, Campo Grande. **Anais...** Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005. 1 CD-Rom.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth: I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 13-27, 2005.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M.P. (coord.). **Agricultura**: tuberosas amiláceas Latino Americanas. v.2. São Paulo: Fundação Cargill, p.448-504. 2002.

VIÉGAS, A. P. **Estudo sobre a mandioca**. Campinas: Instituto Agronômico do Estado de São Paulo/BRASCAN Nordeste, 1976. 214p.

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, v.32, n.6, p.2297-2305, 2008.

WHEATLEY, C.; GOMEZ. G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. **Plant Foods for Human Nutrition,** London, v. 35, n. 2, p. 121-129, 1985. Disponivel em:
<http://dx.doi.org/10.1007/BF01092127>
Acesso em: 18 maio, 2017.

WHEATLEY, C. C. **Conservación de Raíces de Yuca en Bolsas de Polietileno**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1987. 33 p.

ZANETTI, S. **Caracterização morfológica e nutricional em diferentes estádios fenológicos da mandioca de mesa IAC 576-70 sob diferencia hídrica.** 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado) –Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

ZATARIM, M.; BONO, J.A.M.; NASCIMENTO FILHO, J.S. Doses de potássio e calcário para mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em um Neossolo Quartzarênico de Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005. CD-ROM.