HAL
open science

Nitrogênio, fósforo e potássio na produtividade, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro

Rodrigo Miyake

To cite this version:

Rodrigo Miyake. Nitrogênio, fósforo e potássio na produtividade, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro. Agricultural sciences. Université d'Avignon; Universidade de São Paulo (Brésil), 2016. Portuguese. NNT : 2016AVIG0686 . tel-01668414

HAL Id: tel-01668414

https://theses.hal.science/tel-01668414

Submitted on 20 Dec 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ACADEMIE D'AIX-MARSEILLE
UNIVERSITÉ D'AVIGNON ET
DES PAYS DE VAUCLUSE

THESE en co-tutelle

Présentée pour obtenir le grade de **Docteur en Sciences**
de l'Université d'Avignon et des Pays Vaucluse et de Universidade do Oeste Paulista
(Presidente Prudente)

Spécialité : Sciences Agronomiques/Producao Agronomia

Nitrogênio, fósforo e potássio na produtividade, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro

Rodrigo Takashi Maruki MIYAKE

Soutenance le 11 octobre 2016 devant le jury composé de :

Carlos Henrique dos Santos, Professeur, UNOESTE, Presidente Prudente	Examinateur
Carlos Sérgio Tiritan, , Professeur, UNOESTE, Presidente Prudente	Examinateur
Luiz Antônio Junqueira Teixeira, Chargé de Recherches IAC,Campinas)	Examinateur
José Carlos Cavichioli, Chargé de Recherches APTA, Presidente Epitácio	Invité
Edemar Moro, Professeur UNOESTE, Presidente Prudente	Invité
Félicie Lauri, Maître de conférences, UAPV	Directrice de thèse
José Eduardo Creste, Professeur, UNOESTE	Directeur de thèse

Programa de Pos-Graduaçãoo stricto sensu em Agronomia
Brazilian laboratory adress, UNOESTE, Campus 2, 19026-310 Presidente Prudente.
Ecole doctorale : ED 536 : UAPV
Laboratoire d'accueil : UMR Qualisud, Laboratoire de Physiologie des Fruits et Légumes, UAPV, Campus Agrosciences, 84916 Avignon.

634.425
M685n

Miyake, Rodrigo Takashi Maruki.
Nitrogênio, fósforo e potássio na produtividade, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro/ Rodrigo Takashi Maruki Miyake. – Presidente Prudente, 2016.
121f.: il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP. Université d'Avignon et des Pays Vaucluse, Avignon, Fr, 2016.
Bibliografia.
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Creste
Orientadora: Prof. Dra. Félicie Lauri Lopez

1. Nutrição mineral. 2. *Passiflora edulis* Sims. 3. Equilíbrio nutricional. 4. Produção. I. Autor. II. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Antônio Tokio Miyake e a minha mãe Cecília Maruki Miyake, e também aos amigos que me apoiaram e incentivaram a nunca desistir perante às dificuldades.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

Aos meus pais Antônio Tokio Miyake e Cecília Maruki, e aos familiares que sempre me motivaram perante as dificuldades encontradas durante o curso.

A Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE-SP por toda a infraestrutura necessária para a realização desta pesquisa. Em especial aos funcionários do laboratório de solos e tecidos vegetais.

Ao professor orientador, Dr. José Eduardo Creste que, apoiou e deu toda atenção necessária para a realização do trabalho.

Ao Co-orientador, Dr. Nobuyoshi Narita pela ajuda imprescindível na realização deste trabalho.

A instituição APTA- Alta Sorocabana, pelo auxilio com a infra-estrutura necessária para a condução do trabalho.

À CAPES pelo auxílio financeiro com a bolsa de estudo durante a realização da tese.

Ao produtor Antônio Denji Tsuguimoto e ao seu filho Eidi, por ceder parte de sua propriedade localizada no distrito de Montalvão para condução do experimento da safra 2013/2014 e pelo auxilio com a infra-estrutura necessária para a condução do trabalho.

Os funcionários da Apta: Bié, Fernando, Brigato, Zezinho e Jacqueline pela contribuição durante todo o experimento.

Agradeço pesquisador Dr. Luiz Antônio Junqueira Teixeira-IAC pelo auxilio na análise estatística dos dados obtidos no experimento

Agradeço também aos amigos Alexandrius e William pela ajuda nas adubações e análise laboratoriais e amizade.

“[...] nada é fixo para aquele que alternadamente pensa e sonha [...]”

Gaston Bachelard

RESUMO

Nitrogênio, fósforo e potássio na produtividade, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro amarelo

A cultura do maracujazeiro amarelo é de extrema importância para a região de Presidente Prudente- SP, sendo a segunda região em termos de produção no estado de São Paulo. A nutrição mineral adequada para às plantas é importante para obtenção de altas produtividades, aliadas a qualidade de frutos. Desta forma este trabalho teve como objetivo estudar a nutrição mineral com nitrogênio, fósforo e potássio e os seus efeitos sobre as características químicas do solo, estado nutricional das plantas, qualidade de frutos, produção e exportação de nutrientes em plantas de maracujazeiro amarelo. O experimento foi realizado em fatorial fracionado ½ x 4^3 NPK com 32 tratamentos: 4 doses de N: 150; 300; 600; 1200 Kg ha^{-1} de N tendo com fonte o nitrato de amônio (32% de N); 4 doses de P: 200; 400; 800; 1600 Kg ha^{-1} de P_2O_5, fonte superfosfato triplo (42% de P) e 4 doses de K: 150; 300; 500; 700 Kg ha^{-1} de K_2O com o fertilizante cloreto de potássio (60% de K). Foram avaliados os parâmetros: químicos do solo, teores de macronutrientes e micronutrientes de folhas e fruto; produtividade ha^{-1}; produção de frutos comerciais; percentagem de frutos comerciais; classificação de frutos; número de frutos totais; peso médio de frutos; rendimento de polpa; brix; pH do suco; acidez titulável vitamina C; espessura da casca; comprimento do fruto e a exportação de nutrientes com frutos. No solo, a adubação nitrogenada influenciou na disponibilidade de fósforo e enxofre. As doses de N aumentaram o teor de N das folhas, consequentemente o nutriente influenciou nas características de espessura de casca, percentagem comercial, produção de frutos comerciais e classificação de frutos, auxiliando posteriormente na exportação de N pelo fruto do maracujazeiro. A máxima exportação de N com frutos foi de 106,76 Kg ha^{-1} para produtividade estimada de 43,02 Mg ha^{-1}. A adubação fosfatada incrementou os teores de P do solo, com a máxima disponibilidade de P obtida foi de 238,78 mg dm^{-3} na dose 1600 kg ha^{-1} de P_2O_5. O fósforo também elevou a concentração de S nas folhas. As doses de P_2O_5 incrementou o número de frutos totais. A interação das doses de N e K_2O interferiram nos níveis K do solo. As doses K_2O não demonstraram efeito sobre os teores de nutrientes da folha e no estado nutricional de fruto consequentemente, não houve resposta na exportação de nutrientes com os frutos. Contudo, o potássio melhorou a percentagem e produção de frutos comerciais, classificação de frutos e ocasionou decréscimo do teor de vitamina C da polpa.

Palavras-chave: Nutrição mineral; *Passiflora edulis* Sims.; Equilíbrio nutricional e produção e exportação de nutrientes.

ABSTRACT

Nitrogen, phosphorus and potassium in the yield, quality and nutritional status of passion fruit

The culture of yellow passion fruit is extremely important for President Prudente SP region and the second region in terms of production in the state of São Paulo. Proper mineral nutrition for the plants is important to obtain high yields, coupled with the quality of fruit. Thus this work aimed to study the mineral nutrition with nitrogen, phosphorus and potassium and its effects on the chemical characteristics of the soil, nutritional status of plants, fruit quality, production and export of nutrients in yellow passion fruit plants. The experiment was conducted in a factorial split ½ x 4^3 NPK with 32 treatments: 4 doses of N: 150; 300; 600; 1200 kg ha^{-1} N having to supply ammonium nitrate (32% N); 4 doses of P: 200; 400; 800; 1600 kg ha-1 P2O5, source superphosphate triple (42% P) and 4 doses of K: 150; 300; 500; 700 kg ha-1 K_2O with the fertilizer potassium chloride (60% K). The parameters analyzed were: soil chemical, levels of macronutrients and micronutrients leaves and fruit; productivity ha^{-1}; production of commercial fruits; percentage of commercial fruits; fruit classification; total number of fruits; average fruit weight; pulp yield; brix; pH of the juice; titratable acidity, vitamin C; shell thickness; fruit length and the export of nutrients with fruit. In the soil, nitrogen fertilization influenced the availability of phosphorus and sulfur. N rates increased the N content of the leaves, hence the nutrient influences the characteristics of shell thickness, commercial percentage, production of commercial fruits and classification, subsequently assisting in the export of N by the fruit of passion fruit. The maximum export N with fruit was 106.76 kg ha^{-1} for an estimated yield of 43.02 Mg ha^{-1}. The phosphorus fertilization increased the P content of the soil, with the maximum availability of P obtained was 238.78 mg dm^{-3} in the dose 1600 kg ha^{-1} of P_2O_5. The P rate also increased the concentration of S in the leaves. The doses of P_2O_5 increased the total number of fruits. The interaction of N and K_2O interfere in K soil levels. The K_2O doses showed no effect on the nutrient content of the sheet and the nutritional status of fruit consequently, there was no answer in the export of nutrients to the fruit. However, potassium improved the percentage and production of commercial fruits, classification and caused decrease in vitamin C content of the pulp.

Keywords: Mineral nutrition; *Passiflora edulis* Sims.; Nutritional equilibrium, production and export of nutrients.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Dados de precipitação (mm), temperatura (ºC) e pluviosidade durante o período experimental- Safra 2012/2013..... 29
FIGURA 2 - Formação das mudas de maracujazeiro amarelo- Safra 2012/2013..... 31
FIGURA 3 - Preparo da área experimental como preparo de solo (gradagem, sulcador e colocação dos palanques e bambus) para demarcação das parcelas- Safra 2012/2013..... 33
FIGURA 4 - Croqui dos tratamentos utilizados com as diferentes combinações de doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 35
FIGURA 5 - Saturação por bases do solo em resposta a adubação fosfatada- Safra 2012/2013..... 43
FIGURA 6 - Fósforo do solo em resposta a adubação fosfatada- Safra 2012/2013..... 45
FIGURA 7 - Potássio do solo em resposta a adubação potássica- Safra 2012/2013..... 46
FIGURA 8 - Efeito do N e K sobre o potássio do solo, na região Oeste de São Paulo. Presidente Prudente- SP- Safra 2012/2013.. 50
FIGURA 9 - Fósforo do solo em resposta a adubação fosfatada- Safra 2012/2013..... 51
FIGURA 10 - Nitrogênio foliar de plantas de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013..... 53
FIGURA 11 - Enxofre foliar de plantas de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação fosfatada- Safra 2012/2013..... 55
FIGURA 12 - Nitrogênio foliar de plantas de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013..... 57
FIGURA 13 - Nitrogênio do fruto de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013..... 60
FIGURA 14 - Classificação e quantidade de frutos calibre 1 (55-65 mm) de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação potássica- Safra 2012/2013..... 64
FIGURA 15 - Classificação e quantidade de frutos calibre 3 (65-75 mm) de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação potássica- Safra 2012/2013..... 65
FIGURA 16 - Classificação de frutos calibre 4 (75-85 mm) de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013..... 66
FIGURA 17 - Espessura de casca de frutos de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013..... 72
FIGURA 18 - Efeito de N e K sobre a percentagem de frutos comerciais de maracujazeiro amarelo- Presidente Prudente- SP- Safra 2012/2013..... 77
FIGURA 19 - Produção de frutos comerciais de frutos de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra

2012/2013..... 78
FIGURA 20 - Número de frutos totais de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação fosfatada- Safra 2012/2013..... 79
FIGURA 21 - Produção de frutos comerciais de frutos de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação potássica- Safra 2012/2013..... 80
FIGURA 22 - Nitrogênio exportado com frutos de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013..... 82

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Análise granulométrica da área experimental- Safra 2012/2013..... 30
TABELA 2 - Atributos químicos do solo na camada de 0 a 20 cm antes da implantação do experimento- Safra 2012/2013..... 30
TABELA 3 - Análise de saturação por bases e micronutrientes do solo na camada (0 a 20 cm) antes da implantação do experimento. Safra 2012/2013..... 30
TABELA 4 - Composição química dos fertilizantes utilizados no experimento- Safra 2012/2013..... 36
TABELA 5 - Cronograma de adubação de cobertura para o nitrogênio e potássio. Safra 2012/2013..... 37
TABELA 6 - Classificação comercial de frutos de maracujá amarelo, baseada na classe (calibre) do fruto pelo diâmetro equatorial..... 40
TABELA 7 - Valores de pH, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V%) e matéria orgânica (M.O.) em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O - safra 2012/2013..... 42
TABELA 8 - Teores de fósforo (P), enxofre (S-SO_4^{2-}), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O- safra 2012/2013..... 44
TABELA 9 - Valores de pH, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V%) e matéria orgânica (M.O.) do solo, em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O - safra 2012/2013..... 47
TABELA 10 - Teores de fósforo (P), enxofre (S-SO_4^{2-}), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O - safra 2012/2013..... 48
TABELA 11 - Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em g kg^{-1} de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 52
TABELA 12 - Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em g kg^{-1} de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 56
TABELA 13 - Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em g kg^{-1} de frutos de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 59
TABELA 14 - Classificação de frutos de maracujazeiro amarelo em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 61
TABELA 15 - Quantidade de frutos de maracujazeiro amarelo por calibre em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013. 63
TABELA 16 - Valores de pH da polpa, vitamina C, solúveis totais (BRIX), acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez (ratio) de frutos de maracujazeiro amarelo submetida a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 68

TABELA 17 - Espessura da casca e comprimento do fruto de maracujazeiro amarelo submetida a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 71
TABELA 18 - Rendimento de polpa de cada calibre de frutos de maracujazeiro amarelo, em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 74
TABELA 19 - Massa média de cada calibre de frutos de maracujazeiro amarelo, em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 75
TABELA 20 - Produtividade, número de frutos totais, percentagem de frutos comerciais e produção comercial de frutos de maracujazeiro amarelo submetida a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 76
TABELA 21 - Estimativa de exportação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em Kg ha^{-1} com base na produtividade obtida com frutos de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013..... 81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 Cultura do Maracujazeiro 16
2.2. Cultura do maracujazeiro amarelo 18
2.2.1 Características do sistema produção 18
2.3 Nutrição mineral do maracujazeiro 19
2.3.1 Nitrogênio (N) 19
2.3.1.1 Importância do N no maracujazeiro 20
2.3.1.2 Influência do N na produção e qualidade de fruto 21
2.3.2 Fósforo (P) 21
2.3.2.1 Importância do P no maracujazeiro 23
2.3.2.2 Influência do P na produção e qualidade de fruto 24
2.3.3 Potássio (K) 25
2.3.3.1 Importância do K no maracujazeiro 26
2.3.3.2 Influência do K na produção e qualidade de fruto 27
3 MATERIAL E MÉTODOS 29
3.1 Localização da área experimental 29
3.2 Características físicas e químicas da área experimental 30
3.3 Formação das mudas 31
3.4 Preparo da área experimental 32
3.5 Delineamento experimental 34
3.6 Adubação de cobertura de N, P e K 36
3.7 Plantio do experimento 37
3.8 Tratos culturais 37
3.9 Parâmetros avaliados 38
3.10 Análise estatística dos dados 40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 42
5 CONCLUSÃO 84
REFERÊNCIAS 85
ANEXOS 94
A. Effect of light on nutritional quality of Corsica clementine (Citrus reticulate var. clementine) cv. Corsica. Health impacts? 94
B. Effect of blue and red LED light irradiation on antioxidants compounds and pathogens resistance in mango fruit 109

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma frutífera muito cultivada e apreciada sob diversas formas nas mais variadas regiões do Brasil (SÃO JOSÉ; PIRES, 2011). O maracujá é comercializado predominantemente de duas formas: fruta fresca para consumo “in natura” e suco de fruta (BRUCKNER; PICANÇO, 2001). No Estado de São Paulo, devido à proximidade dos grandes centros de consumo, a principal forma de comercialização dos frutos de maracujá é o mercado de frutas “in natura”, (RIZI et al., 1998). O fruto “in natura” é vendido para os ceasas, feiras livres e supermercados.

Nos últimos anos, a cultura passou por diversas modificações na sua tecnologia de produção, como a forma de condução e manejos culturais. Entre essas modificações, observa-se o plantio de variedades mais produtivas e redução do espaçamento, uma vez que o cultivo se tornou anual em regiões onde a virose é endêmica.

Mesmo constatando bons resultados na produtividade na região Oeste de São Paulo, é fato a necessidade de alterar a nutrição destas plantas no campo, para adequar ao sistema de produção visando buscar a máxima resposta na produtividade das plantas. Devido ao aumento de custo de produção do maracujazeiro nos últimos anos, é importante que a aplicação da adubação mineral na cultura seja realizada com critérios, aplicando-se níveis equilibrados de nutrientes as plantas para potencializar todas as tecnologias utilizadas no sistema de produção.

Os nutrientes devem ser fornecidos em níveis compatíveis com as exigências do maracujazeiro. Entretanto, não existem informações na literatura para região do Oeste de São Paulo sobre sua nutrição. Os trabalhos de adubação mais recentes para a cultura foram realizados em locais com características de clima, solo, manejo e material genético diferente da nossa realidade.

Dos nutrientes que se pretende avaliar, o nitrogênio (N) e o potássio (K) são os nutrientes absorvidos em maior quantidade pelo maracujazeiro. O nitrogênio tem função estrutural na planta, sendo fundamental para o crescimento vegetativo e produção (KLIEMANN et al., 1986; BAUMGARTNER, 1987), estimulando o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas. Assim, na sua falta o

crescimento é lento, o porte é reduzido, com presença de ramos finos e em menor número (MARTELETO, 1991). Segundo Venâncio et al. (2013) a produção e as características físicas e químicas, como diâmetro do fruto, espessura da casca, rendimento de polpa, rendimento de suco, sólidos solúveis, acidez titulável são afetadas pelo N.

O K está presente na planta na forma iônica, atuando como ativador enzimático e participando de vários processos (MALAVOLTA et al., 2006). A deficiência desse nutriente reduz a massa da planta e a produção de frutos, além de interferir na qualidade dos frutos e do suco. Apesar do maracujazeiro absorver pouco fósforo (P), este é um nutriente importante nos processos de armazenamento e transferência de energia. Na sua deficiência, as plantas de maracujazeiro amarelo têm baixo crescimento, menor diâmetro de caule, desfolha prematura, as gavinhas delgadas e função desenvolvida e os frutos ficam verdes ou com a coloração amarelada desuniforme (REZENDE et al., 2008).

Deste modo, esta pesquisa teve como objetivo estudar a nutrição mineral do maracujazeiro, avaliando o efeito da aplicação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) sobre a produtividade comercial de frutos, qualidade de fruto, estado nutricional das plantas e exportação de macronutrientes pelos frutos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do maracujazeiro

O maracujá pertence à família *Passifloraceae* e, gênero *Passiflora* e foi incluída na ordem *Violales*, que se caracterizam pela presença de uma corona típica, formada por um a cinco verticilos concêntricos. O gênero Passiflora domina amplamente esta família, apresentando cerca de 400 espécies (CRONQUIST, 1981), das quais mais de 150 são indígenas do Brasil (HOEHNE, 1946). Ele é originário das florestas tropicais da América do Sul, com o seu maior centro de dispersão geográfica localizado no Brasil Centro-Norte.

A importância do maracujazeiro decorre das qualidades do arilo que envolve as sementes, com o qual se preparam doces, geléias e, especialmente, bebidas que apresentam sabor típico e muito agradável, e as quais se atribui propriedades calmantes e afrodisíacas (PIZA JÚNIOR, 1998). A população de *P. edulis*, produtora de frutos amarelos existentes na América, especialmente no Brasil, apresenta grande variação em suas características. Assim, podem ser observadas diferenças no tamanho, forma, espessura e dureza da casca e coloração dos frutos maduros. A coloração da polpa pode variar de um amarelo claro a um laranja intenso.

O cultivo do maracujazeiro no Brasil tem como característica longo período de safra, variando de oito meses no Sudeste, dez meses no Nordeste e doze meses no Norte, permite um fluxo de renda mensal equilibrado, que pode contribuir para elevar o padrão de vida nas pequenas propriedades rurais de exploração familiar e, por ser uma cultura que geralmente necessita de renovação dos pomares de 2 em 2 anos, promove a geração de empregos e, consequentemente a absorção e fixação de mão de obra (PIRES et al., 2011).

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims.), representa aproximadamente 97% da produção nacional de maracujazeiro. O cultivo do maracujazeiro é de grande importância para médias e pequenas propriedades rurais (AGRIANUAL, 2015).

Em relação às variedades de maracujazeiro amarelo o material cultivado largamente na Região Sudeste é conhecido pelo nome de “Sul-Brasil”. Os

trabalhos de seleção iniciaram-se por volta de 1980, quando, o Técnico Agrícola Katsuyoshi Murata começou, em sua propriedade em Rancharia, os trabalhos para obtenção de um clone produtor de frutos grandes, de bom aspecto e com suco de qualidade para o mercado *in natura* (PIZA JÚNIOR, 1998).

Segundo IBGE (2011) do total de propriedades envolvidas na produção de maracujá no Brasil, em média, 1/3 das áreas de produção são inferiores a 10 hectares. Percebe-se que a maior porcentagem das propriedades que cultiva o maracujazeiro caracteriza-se por explorar pequenas áreas. Na região Nordeste, 40% das propriedades estão distribuídas em estratos inferiores a 10 hectares, diferentemente das regiões Norte e Oeste, em que mais de 30% das propriedades estão concentradas no estrato de 20 a 50 hectares. Atualmente, a principal região produtora do maracujá é a microrregião de Livramento do Brumado-BA com 22% da produção nacional, e junto Juazeiro e Jaguaquara (BA) produzem 45% da produção brasileira de maracujá (PIRES et al., 2011).

As plantas da variedade Sul-Brasil tem potencial de produção de 2 a 4 caixas por ano, produzindo frutos grandes, comprimento médio de 10 cm, largura de 7cm, massa média de 300 gramas que corresponde a 36 frutos por caixa tipo “K”. Suas características internas, como coloração do suco e acidez, variam bastante, sendo o rendimento em suco pode variar de 19 a 38%, enquanto o teor de Brix pode variar de 10 a 16,3% (PIZA JÚNIOR, 1998).

É certo que ocorreram muitos avanços tecnológicos nos últimos anos, no que concerne à densidade de plantio, material genético de melhor qualidade para a agroindústria e para o mercado de fruta fresca, novas embalagens. No entanto, há muito ainda a ser feito, pois muitas regiões tradicionalmente produtoras de maracujá já não conseguem se manter na atividade em função de problemas fitossanitários e os altos custos da mão de obra (SÃO JOSÉ; PIRES, 2011).

Quase todos os Estados brasileiros cultivam maracujá, no entanto, ao longo do tempo, a produção vem sendo reduzida consideravelmente. Nos últimos anos, mais de 70% da produção concentrou-se nos estados da Bahia, Ceará, Sergipe, Espírito Santo e Minas Gerais, que contribuíram, no ano de 2009, com aproximadamente 317.000 Mg (45%), 129.000 Mg (18%), 44.000 Mg (6%), 35.000 Mg (5%), respectivamente (PIRES et al., 2011).

2.2 Cultura do maracujazeiro amarelo

2.2.1 Características do sistema de produção

No Brasil, o cultivo do maracujá em escala comercial iniciou-se no começo da década de 1970. Além desta, outras espécies também são cultivadas e difundidas no Brasil e na América Tropical, como as espécies *P. alta*, *P. quadrangularis, P. caerulea, P. laurifolia* e mais esporadicamente, *P. macrocarpa* (CUNHA et al., 2002).

A propagação do maracujazeiro, desde o início do seu cultivo comercial (anos 1970), é realizada por meio de sementes. Entretanto, pode ser propagada também por via assexuada, ou seja, por estaquia ou enxertia sendo que estas são utilizadas na manutenção de materiais genéticos com boas caractériticas agronômicas (LIMA et al., 2011).

A produtividade média nacional é considerada baixa, cerca de 14 toneladas por hectare (IBGE, 2016) e está relacionada a vários fatores, entre eles pode ser citada a prática inadequada da calagem e da adubação. A quantidades de fertilizantes não atendem às necessidades nutricionais da planta, pois o desconhecimento, da exigência nutricional da planta leva à práticas de manejo inadequada que afetam o crescimento e a produtividade do maracujazeiro (LIMA et al., 2011).

O manejo da cultura é fundamental por se tratar de uma trepadeira, necessitando de suporte para proporcionar uma boa distibuição dos ramos e garantir maior produção de frutos. Os sistemas mais utilizados são latada ou caramanchão e espaldeira vertical. A polinização é um das fases mais importantes na produção de maracujá. Sabe-se que a percentagem de frutificação, tamanho do fruto, número de sementes e rendimento de suco estão correlacionados, positivamente, com o número de grãos de polén depositado no estigma durante a polinização. A polinização feita pelo homem é mais eficiente do que aquela realizada por insetos, constatando-se um pegamento de frutos de mais de 50%, enquato com insetos consegue-se algo em torno de 30% (LIMA et al., 2011).

A colheita é realizada de duas ou três vezes por semana. No plantio comercial os frutos são colhidos na planta e deve-se evitar colher quando eles se apresetarem úmidos ou molhados, pois causa escurecimento da casca e,

consequetemente diminui a qualidade e valor comercial dos frutos. Os frutos devem ser comercializados imediamente, após a colheita, para que não haja prejuízo de qualidade. No mercado de frutas frescas, o ideal é colher os frutos não totalmente maduros, pois deste modo sua durabilidade e aparência serão melhores para comercialização

2.3 Nutrição mineral do maracujazeiro

2.3.1 Nitrogênio (N)

O N é um nutriente essencial haja vista que apresenta função estrutural importante, sendo componente de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucléicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, clorofila e metabólitos secundários, que estão relacionados com a defesa da planta e com os processos bioquímicos e fisiológicos mais importantes que ocorrem na planta, tais como fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento e diferenciação celular (TAIZ; ZAIGER, 2004).

As principais formas de N disponíveis para as plantas são o nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+). Uma vez absorvidos, os destinos de NH_4^+ e NO_3^- dentro da planta frequentemente divergem.

O N está presente durante toda a vida das plantas, desde a germinação da semente ou da brotação de estacas até a maturação do fruto. Os compostos nitrogenados participam de diversos processos das plantas: do NH_4^+ às mais complicadas enzimas, passando por hormônios a compostos do metabolismo secundário (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

O N em excesso frequentemente atrasa a maturação. Este é um problema particular em frutificação de hortaliças e frutas. O elemento N estimula o desenvolvimento vegetativo, florescimento e frutificação. O N em excesso pode também causar redução na qualidade de frutos e nos órgãos de reservas, tanto no sabor e características físicas. Aplicações elevadas de N podem resultar na queda do conteúdo de açúcares, baixa acidez e redução na firmeza dos frutos e órgãos de reservas (JOHNSON, 2015).

O N é encontrado na matéria orgânica do solo. Aproximadamente 5% da composição química da matéria orgânica é de N, e cerca de 98% está em forma

orgânica e somente 2% em forma mineral (MALAVOLTA, 2006). O N pode ser perdido principalmente pela lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N_2, N_2O e outros óxidos de nitrogênio.

Exceto apenas aos danos provocadas pela seca, nenhuma deficiência é tão dramática em seus efeitos quanto a do N. Clorose generalizada e hábito estiolado são os sintomas mais característicos. O crescimento é retardado e lento e as plantas têm uma aparência não viçosa. O fruto frequentemente é excepcionalmente bem colorido. As partes mais maduras da planta são as primeiras a se tornar afetadas, pois o nitrogênio transloca-se de regiões mais velhas para as mais jovens, que crescem ativamente (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Os sintomas característicos visíveis de carência de N em plantas são: folhas amareladas, inicialmente as mais velhas (proteólise); angulo agudo entre caule e folhas; dormência de gemas laterais; redução do perfilhamento; senescência precoce e folhas menores. E a análise química das plantas podem mostrar baixos níveis de teor de clorofila e a produção de outros pigmentos (MALAVOLTA, 1989).

2.3.1.1 Importância do n para o maracujazeiro

As plantas de maracujazeiro afetadas pela deficiência de N apresentam também o seu desenvolvimento reduzido, apresentando menor número de ramos, cujos internódios ficam mais curtos e com menor diâmetro. O crescimento dessas plantas cessa mais cedo que o das normalmente bem nutridas. Os primeiros sinais desta deficiência caracterizam-se por uma clorose mosqueada das folhas inferiores que, com o evoluir do processo, tornam-se uniformemente amareladas, incluindo as nervuras. À medida que a deficiência se acentua, as folhas superiores vão sendo gradativamente afetadas, enquanto as mais velhas secam e caem prematuramente (QUAGGIO; PIZA JÚNIOR,1998).

Já o excesso de N pode causar redução nos níveis foliares de outros nutrientes minerais na planta como K, Ca e Mg, muitas vezes resultando no desenvolvimento de deficiências e transtornos associados (JOHNSON, 2015).

Na extração de nutrientes o N é o elemento mais extraído pelo maracujazeiro até os 370 dias de idade, estimando extração média de 200 Kg ha^{-1} de N (MARTINEZ; ARAÚJO, 2001). E na exportação de nutrientes pelos frutos, 44 kg de N ha^{-1}, ou seja, praticamente 21% do N absorvido é exportado. As

quantidades de N recomendada para a cultura, em todo o mundo são muito variáveis, com amplitudes, em kg ha^{-1}, de 40 a 733 de N e no Brasil, as recomendações variam de 40 a 200 kg ha^{-1} de N (HAAG et al., 1973), e em SP varia de 60 a 160 kg ha^{-1} de N (Boletim 100) - IAC.

2.3.1.2 influência do N na produção e qualidade de frutos

Borges et al. (2002) estudaram as combinações de doses de N e K na produção e qualidade de frutos de maracujazeiro azedo, e verificaram que a adubação nitrogenada influenciou negativamente no número de frutos na dose de 100 kg ha^{-1} de N, não interferindo na qualidade de frutos. No trabalho com fontes e doses de N em fertirrigação, os resultados mostraram também que o N não influenciou nas características do fruto e na qualidade do suco de maracujá amarelo. A produtividade máxima, de 34,3 Mg ha^{-1} de frutos, foi obtida com aplicação de 457 kg ha^{-1} de N, utilizando-se a uréia (BORGES et al., 2006).

Contudo, avaliando o efeito da adubação nitrogenada na produção e qualidade de frutos de maracujá azedo, Tosta (2009) concluiu que o N influenciou na produção comercial e na qualidade de frutos. A dose mais adequada segundo o autor foi 116-173 kg ha^{-1} de N em cobertura, no município de Cassilândia-MS. Venâncio et al. (2013) analisaram a resposta do maracujazeiro amarelo a adubação nitrogenada e os seus efeitos na produção e qualidade de fruto, e constataram que o N influenciou positivamente o peso e o comprimento dos frutos. Contudo, as doses de N não proporcionaram aumento na produção total de maracujá.

2.3.2 Fósforo (P)

O P inorgânico, absorvido e acumulado pelas células corticais da raiz é transferido radialmente até o xilema ao longo do simplasma e eventualmente alcança a parte área, folha ou região de crescimento, onde juntamente com o N, é o elemento mais redistribuído. Assim, o P fornecido às folhas ou quando a mesma envelhece, é redistribuído na proporção de até 60% do total presente, via floema, para outras partes da planta, particularmente regiões de crescimento e frutos em desenvolvimento (MALAVOLTA, 2006).

O fosfato tem muitas funções, entre elas está a de fazer parte de moléculas grandes ou agrupamentos de moléculas como DNA, RNA e os fosfolipídios das membranas; é um transportador de substratos, como na glucose fosfato e muitas coenzimas, e pode atuar como um transdutor de energia química, como na adenosina trifosfato (ATP). Segundo Holford (1997); Bennett (1994), o P é essencial ao crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas, com importante papel no processo de maturação e formação de sementes. A elevada mobilidade do elemento permite o seu acúmulo em folhas novas, em flores e sementes (SALISBURY; ROSS, 1992).

O P tem papel preponderante na floração e frutificação e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Quando este nutriente é deficiente no início do ciclo vegetativo, pode provocar a diminuição no crescimento e no desenvolvimento da raiz (GRANT et al., 2001), afetando a fotossíntese e absorção de água e nutrientes, comprometendo a produção e tamanho dos frutos (MENDOÇA CORTEZ, 2011). Segundo Malavolta (2006), o P participa nos processos que regula a maturação, que proporciona mais viabilidade às sementes e quando em deficiência causa menor vegetação e produção, qualidade e senescência precoce.

A quantidade total de P nos solos brasileiros, na profundidade de 0-20 cm, variam a 110 – 4400 kg ha^{-1} (MALAVOLTA, 2006). Os solos tropicais apresentam normalmente baixa concentração de P solúvel e alto potencial de “fixação” do P aplicado via adubação mineral. Dentre os nutrientes, o P é o que inspira maiores cuidado devido à pobreza dos solos nas regiões tropicais (PRADO et al., 2004).

A deficiência de P nas plantas, inicialmente geralmente se apresenta como folhagem verde-escura ou azul-esverdeada. Frequentemente desenvolvem-se pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras. O crescimento é reduzido e, sob condições de deficiência severa, as plantas tornam-se enfezadas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

2.3.2.1 Importância do P para o maracujazeiro

Na literatura, os trabalhos clássicos com o estudo da resposta da cultura à adubação fosfatada, foram desenvolvidos em condições de campo, são antigos da década 80 de Baumgartner et al. (1978), Colauto et al. (1986). Eles não podem ser utilizados como base para nutrição do maracujazeiro devido as alterações nas variedades utilizadas, densidade de plantio diferente, locais de estudos diferentes, dentre outros manejos. Este contexto coloca o P como um dos nutrientes que mais limitam a produção das culturas. Neste sentido, o aumento da concentração de P no solo é importante, seja pela via mineral ou orgânica (PRADO, 2008).

Em condições de pH do solo neutro, ou seja, pH 7,0, o $H_2PO^{2-}{}_4$ é o íon predominante no solo. A fácil redistribuição do P em condições de carência faz com que os sintomas apareçam em primeiro lugar em órgãos mais velhos. Parte da exigência para o crescimento e produção são satisfeitas pela mobilização das reservas de P (MALAVOLTA, 2006).

Os principais sintomas visíveis de deficiência de P no maracujazeiro são uma coloração verde-escura das folhas mais velhas, seguida de uma clorose internerval. Ao acentuar-se a deficiência, as áreas cloróticas se unem, dando origem a um amarelecimento que progride da margem para o centro da folha. Outros efeitos observados pela carência de P nas plantas são: pecíolos menores e nervuras principais mostram uma coloração vermelho clara, enquanto a haste fica vermelho intenso. Há uma redução na ramificação e os ramos produzidos se apresentam fracos, finos e mais curtos (QUAGGIO; PIZA JÚNIOR, 1998).

Quando ocorre um aumento da quantidade de P absorvido pela planta ocorre um aumento da atividade metabólica, favorecendo uma maior produção e qualidade de frutos de maracujazeiro ‘amarelo’ (MALAVOLTA et al., 1974).

Em plantas deficientes em P, os pecíolos apresentam-se pequenos e as nervuras principais mostraram uma coloração vermelha intensa. Houve redução na ramificação, e os ramos produzidos apresentaram-se fracos, finos e mais curtos. As gavinhas pouco enroladas apresentaram coloração vermelha violácea (TEIXEIRA, 1989). Santos et al. (2014) constataram essas respostas no maracujazeiro, assim como o diâmetro caulinar e a emissão de ramos produtivos, respondeu significamente efeitos das doses de P, destacando a além disso que a

produtividade e peso do fruto aumentaram nas plantas adubadas com superfosfato triplo.

Nas áreas afetadas das folhas deficientes em P, as células paliçádicas podem sofrer deformações. Os cloroplastos, em ambos os tecidos do mesófilo, apareceram aglomerados em massas irregulares (MORALES ABANTO; MULLER, 1976).

2.3.2.2 Influência do P na produção e qualidade de frutos

Mendonça et al. (2006) avaliaram a resposta do maracujazeiro à adubação a adubação fosfatada, sobre a produtividade e qualidade de frutos, porém não verificaram efeitos positivos. De acordo com os autores um fator que contribuiu para a baixa eficiência da adubação fosfatada, é que o maracujazeiro apresenta baixa resposta ao P comparado a outras culturas anuais.

Todavia, para Santos et al. (2014) a adubação fosfatada elevou a produtividade do maracujazeiro amarelo de 10 Mg ha^{-1} (solo sem adubação) para até 38,6 Mg ha^{-1} na dose máxima de 18 g $cova^{-1}$ de P_2O_5. Além disso, a massa média de frutos, respondeu positivamente às fontes e doses de P, observando-se um ganho de 22,6 g por fruto colhido nas plantas tratadas com SFT em relação às plantas tratadas com superfosfato simples (SANTOS et al., 2014). Uma possível explicação para melhoria na produção do maracujazeiro seria as funções exercidas pelo P nas plantas, no qual cita El-Nemr et al. (2012) sendo o P importante na formação de fosfoproteínas, fosfolipídios, ATP e ADP.

Brasil e Nascimento (2010) estudando a influência do P sobre o desenvolvimento de duas variedades de maracujazeiro (‘comercial’ e a ‘variedade CPATU’) constataram que a aplicação de P promoveu os maiores incrementos em altura e de massa seca da parte aérea das plantas demonstrando que o genótipo melhorado passou a ser mais responsivo nas maiores quantidades aplicadas do nutriente.

Nos parâmetros de qualidade de frutos para as variedades ‘Marília’ e ‘Redondo Amarelo’ os autores Andrade et al. (2015) avaliaram diferentes fontes de P (superfosfato simples, fosfato natural simples e fosfato reativo natural). As fontes de fertilizantes não proporcionaram repostas na qualidade de frutos para as

características sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH. Porém, o P influenciou na ATT e na relação SST/ATT. Diante do apresentado, pode-se verificar material genético pode ter influência sobre a resposta para a adubação fosfatada.

2.3.3 Potássio (K)

O K embora seja o mais abundante mineral catiônico constituinte das plantas e possa constituir com até 10% do peso seco de uma planta, não é constituinte de qualquer metabólito que possa ser isolado de material vegetal. O potássio está presente no citosol e no vacúolo como íon livre (K^+) a altas concentrações (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

De um modo geral as raízes contêm cerca de 16% do total de K na planta. Nas células desses órgãos a concentração de potássio vacuolar é 1/10 a 1/5 da encontrada no citoplasma. As folhas, o citoplasma, o núcleo e os cloroplastos tem concentração de K semelhante, a qual é o dobro do encontrado no vacúolo, uma identificação dos papeis bioquímicos do elemento (MALAVOLTA, 2006).

O K é frequentemente referido como o elemento da qualidade para produção vegetal (USHERWOOD, 1985) e amplamente provado ter um papel crucial em muitos parâmetros de qualidade de colheita. Tamanho do fruto, aparência, cor, sólidos solúveis, acidez, vitamina C, sabor, bem como armazenamento são influenciados pelo K. O papel do K na regulação da água da planta e na tolerância aos estresses ambientais como a seca, excesso de água, vento e temperatura alta ou baixa é relacionada com a produtividade das plantas e qualidade de frutos (GANESHAMURTHY et al., 2011).

Outros efeitos benéficos do K incluem aumento do conteúdo do suco, aumento da concentração de vitamina C, uniformidade e aceleração no amadurecimento de frutos e resistência a danos físicos durante o transporte e armazenamento (GANESHAMURTHY et al., 2011).

Pouco mais de meia centena de enzimas são ativadas pelo potássio. Os papéis funcionais do K como o de outros elementos, podem ser considerados como integração de suas funções bioquímicas em dado processo ou em mais de um processo. Esses papéis principais são: translocação de açúcares; abertura e fechamento de estômatos e regulação osmótica (MALAVOLTA, 2006).

2.3.3.1 Importância do K para o maracujazeiro

Os principais solos do Brasil apresentam baixas reservas de minerais potássicos (LOPES, 1982). O K contido na estrutura cristalina dos minerais primários ou secundários é uma das formas de elemento no solo. As outras formas são usualmente o K^+ na solução do solo, K^+ trocável. À estas formas devem ser acrescentadas o potássio contido na matéria orgânica (MALVOLTA, 2006).

A necessidade de K precisa ser determinada e/ou ajustada conforme o sistema de cultivo e manejo. No Brasil as recomendações de adubação com potássio que constam na literatura são variáveis de 50 a 530 kg ha^{-1}de K_2O (BORGES et al., 2002). Sousa et al. (2008) verificaram que, mesmo com aplicação frequente de K, as plantas apresentaram deficiência deste elemento que pode variar de acordo com a idade das plantas, época de coleta das folhas, emissão das flores, gavinhas, botões florais e desenvolvimento de frutos. Segundo Baumgartner et al. (1978), a deficiência deste nutriente provoca atraso no florescimento, redução no tamanho dos frutos e na área foliar, afetando, consequentemente, a fotossíntese e o conteúdo de sólidos solúveis nos frutos.

No maracujazeiro com deficiência de K a floração é intensa, mas o “pegamento” é bastante reduzido, o que resulta em uma baixa produção. Os frutos, raquíticos, são de coloração verde pálido, apresentando a casca espessada, sendo que alguns ostentam um reduzido número de sementes atrofiadas e envoltadas em pequena quantidade de mucilagem. Estes caem precocemente ou se mumificam na planta (QUAGGIO; PIZA JÚNIOR, 1998).

Nas plantas deficientes observa-se, uma redução na ramificação, no diâmetro dos ramos e nos crescimentos dos mesmos. As gavinhas do terço médio e inferior da planta murcham e secam, enquanto as do terço superior permanecem de cor verde, porém apresentando uma aparência lenhosa (QUAGGIO; PIZA JÚNIOR, 1998). A deficiência de K nas plantas deixam as folhas verde-escuras ou azul-esverdeadas. Pequenas manchas de tecido morto (necroses) frequentemente se desenvolvem nas folhas. Pode haver também necrose marginal ou murcha da folha. O crescimento é abaixo do normal e, sob condições severas, gemas laterais e terminais e terminais podem morrer (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

2.3.3.2 Influência do K na produção e qualidade de frutos

A importância do K na qualidade da produção baseia-se na sua função de promotor da síntese de fotossintatos e seu transporte para frutos, grãos e órgãos de armazenamento da planta (MENGEL; KIRKBY, 1987). Tamanho do fruto, aparência e cor em grande parte determinam a aceitação do consumidor. Fatores tais como a armazenamento de fruta, aroma e sabor tem um papel secundário na aceitabilidade no mercado. Muitos fatores influenciam a qualidade de fruta e a nutrição com potássio está entre os mais importantes (GANESHAMURTHY et al. 2011).

Borges et al. (2003) avaliaram a influência da interação do N e K no maracujá amarelo e constataram que o K influenciou positivamente o peso e o diâmetro médio do fruto e negativamente a produtividade, notadamente com adição de 400 kg de N, não interferindo na qualidade dos frutos. Resultados de produção e qualidade no maracujazeiro amarelo são divergentes, Borges et al. (2000), Carvalho et al. (2000) não observaram efeito das doses de K sobre a produção de frutos. Todavia, Lucas (2002) e Araújo et al. (2005) já verificaram respostas positivas na produção de frutos comerciais e na qualidade de frutos.

A adubação potássica aumentou a produtividade das plantas de maracujazeiro amarelo, com a máxima produção de 2,96 kg/planta^{-1} com a aplicação 6 mmol K L^{-1}, além de incrementar o conteúdo de vitamina C total do suco e alterar na concentração de ATT do fruto com acréscimo das doses de K (ARAÚJO et al., 2005). Para Oliveira et al. (2003), o potássio aplicado em cobertura respondeu positivamente na melhoraria de peso médio, classificação e produção total dos frutos de maracujá. Observou-se a máxima produção de 20 Mg ha^{-1} na dose máxima aplicada de 1200 kg ha^{-1} ano^{-1} de K_2O.

Kondo e Higuchi (2013) estudaram a influência do K na acidez de frutos de maracujá e verificaram que a acidez titulável do suco foi menor com a menor dose zero de K. Além disso, observaram que o brix aumentou com as doses de K, contudo não houve diferença entre as doses de 6,3, 12,5 e 25 mM K aplicadas. Sobre a porcentagem de rendimento de suco, peso, comprimento e cor de casca de frutos não houve diferenças entre as doses. A menor dose de K refletiu

no teor de K foliar entre 1.4-2.1% na colheita, portanto, está dose pode ser apropriada para a produção de frutas menos ácidas.

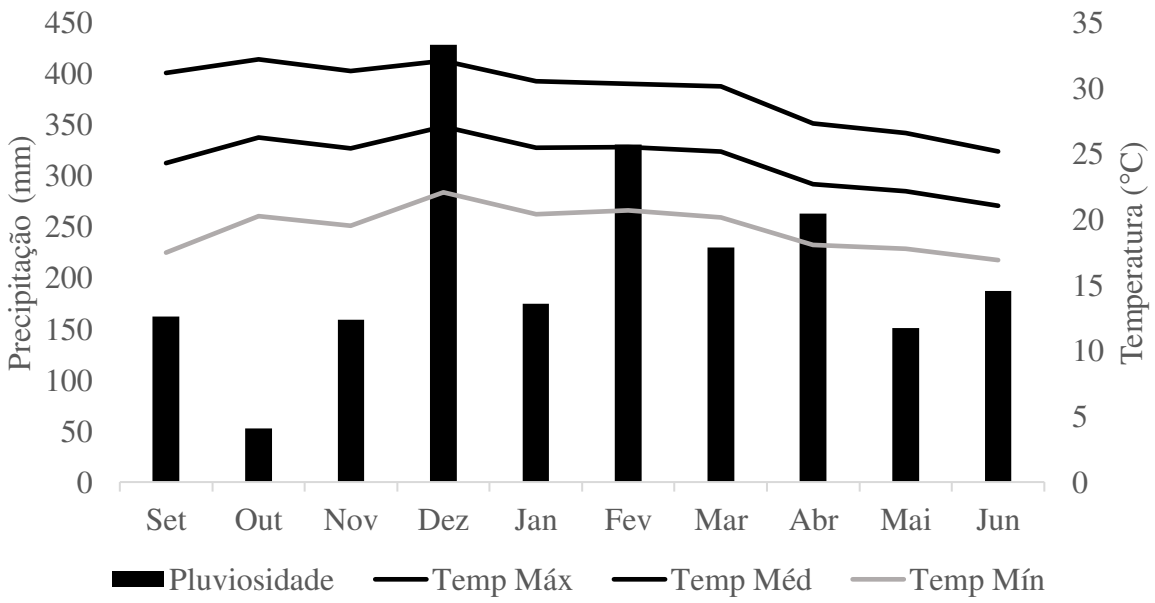
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O trabalho foi realizado na área experimental da Estação Experimental da Apta (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), no período de setembro de 2012 a julho de 2013. A aérea é localizada no município de Presidente Prudente, região Oeste do Estado de São Paulo, 460 m de altitude, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 22º 07’ 04”8 S e longitude 51º 23’ 01”5 O.

O clima da região é Aw segundo a classificação de Köeppen, com verão chuvoso e inverno seco, onde o mês mais frio apresenta temperatura média superior a 18ºC. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm. A precipitação anual é aproximadamente de 1250 mm (CEPAGRI, 2015). Na Figura 1 têm-se os dados climáticos do durante o ano 2012/2013.

FIGURA 1- Precipitação (mm), temperatura (ºC) e pluviosidade da área experimental. Safra 2012/2013.



Fonte: Dados da estação meteorológica da UNESP, Presidente Prudente- SP.

3.2 Características físicas e químicas do solo da área experimental

O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa, segundo (EMBRAPA, 2013). Os resultados de análise granulométrica do solo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise granulométrica na camada de 0 a 20 cm do solo da área experimental. Safra 2012/2013.

Amostra (Prof.)	Areia			Silte	Argila	ClasseTextural
	Grossa	Fina	Total			
				g kg^{-1}		
0-20 cm	149	653	802	74	124	Arenosa

Fonte: Laboratório de Solos. UNESP-SP.

Os atributos químicos do solo estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

TABELA 2 – Atributos químicos do solo na camada de 0 a 20 cm antes da implantação do experimento- Safra 2012/2013.

pH	M.O.	P (resina)	SO^{2-}_4	Al^{3+}	H + Al	K	Ca	Mg	CTC	SB
$CaCl_2$	g dm^{-3}	..... mg dm^{-3}			..... $mmol_c dm^{-3}$					
5,2	11,4	6,9	6,1	0	19,1	4,5	19	7,2	30,8	49,9

Fonte: Laboratório de Solos. UNOESTE-SP.

Obs. A análise química de solo demonstrou que o solo apresentava alta concentração de K disponível com 4,5 $mmol_c dm^{-3}$ de K.

K do solo= 4,5 x 49,9 = 9 % CTC com K

9 x 39 (peso molecular do K) = 351 kg ha^{-1} de K_2O.

TABELA 3 - Análise de saturação por bases e micronutrientes do solo na camada (0 a 20 cm) antes da implantação do experimento. Safra 2012/2013.

V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(%)	..... mg dm^{-3}				
61,5	0,25	0,50	20,65	17,25	0,70

Fonte: Laboratório de Solos. UNOESTE-SP.

3.3 Formação das mudas

As mudas foram desenvolvidas para safra 2012/2013 utilizando-se a cultivar Sul-Brasil Afruvec, cujas mudas foram formadas e desenvolvidas em estufa experimental da APTA. A estufa foi coberta por filme plástico transparente, revestida nas laterais com tela anti-afídeo e coberta no interior com sombrite 50%.

FIGURA 2 - Formação das mudas de maracujazeiro amarelo para a safra 2012/2013.

Obs: Figura a 7 DAT (dias após o transplantio), b- 30 DAT, c- 120 DAT e d- 150 DAT.
Fonte: Rodrigo Miyake (2013)

As sementes do maracujá amarelo foram obtidas segundo as recomendações de Ruggiero (1988), ou seja, retirada de frutos colhidos de plantação comercial da região Oeste de São Paulo, colocadas para germinar em bandejas de isopor de 200 divisões. Após a germinação, que leva cerca de 5 a 7 dias nas nossas condições climáticas, as plântulas com aproximadamente 7 dias foram transplantadas para uma sacola plástica de 2 litros de polietileno perfurados, de cor preta, com as dimensões de 18 x 28 cm, preenchidas com substrato comercial Plantmax®.

As mudas na sacola plástica receberam 6 g de adubo comercial de liberação lenta Basacote-Mini 3M® para o desenvolvimento durante o período de condução. A composição química do Basacote apresentava como garantia: 13% N; 6% P_2O_5; 16% K_2O; 1,4% Mg; 10% S; 0,02% B; 0,15% Fe; 0,06 Mn e 0,05% Cu.

Durante o desenvolvimento as mudas foram irrigadas até o substrato atingir a capacidade de campo. Ou seja, foi pesado uma sacola com 2 L de substrato antes e após a irrigação com uma balança analítica (0,000 g), e quando o substrato se apresentava úmido e completamente drenado o excesso de água, pesou-se novamente a sacola e quantidade mais de peso na sacola acrescentou-se de água nas mudas. Esse processo foi realizado a cada 30 dias devido a diferença de idade das mudas que interfere na absorção de água.

Durante o ciclo de 150 dias foram realizadas 3 aplicações de fungicida Amistar (Azoxystrobin) para evitar o desenvolvimento de doenças. Utilizou-se 2 g i.a./ 20 L de água e a solução foi aplicada sobre as mudas com a utilização de pulverizador costal.

3.4 Preparo da área experimental

A área foi preparada com antecedência de 90 dias, onde se realizou primeiramente o preparo do solo, e posteriormente a demarcação da área experimental, como a abertura dos sulcos de plantio e a colocação e dos palanques e dos bambus na área para identificação das parcelas.

A calagem foi realizada 90 dias antes do plantio, aplicando-se o calcário dolomítico incorporado no sulco de plantio de acordo com a análise do solo (Tabela

3), e realizou-se o fechamento do sulco com leve gradagem niveladora. O PRNT do calcário era 83,9 e estimando-se a saturação por bases a 80%.

O cálculo da necessidade calagem foi realizada utilizando a seguinte formula:

$$NC = CTC^* (VF - Vi)/ 10^* PRNT (83,9\%) = 1097 \text{ kg/ha}^{-1}$$

1097..... 10000 m²

X 3801,60 m^2 **x= 417 Kg de Calcário**

O calcário apresentava as seguintes características químicas:

- Teores de Cao= 45 a 48%, MgO= 6 a 10% e PRNT= 83,9 %.

FIGURA 3 - Preparo da área experimental com o preparo de solo (gradagem, sulcador e colocação dos palanques e bambus para demarcação das parcelas.

Obs: a- aberturas de sulcos, b- perfuração para colocação dos bambus e palanques na área, c- colocação dos bambus e d- colocação dos balanques.
Fonte: Rodrigo Miyake (2013)

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial fracionado incompleto de ½ (4 x 4 x4) proposto por Colwell (1978) e adaptado por Andrade e Noleto (1986), com quatro doses de nitrogênio (N) (150, 300, 600 e 1200 Kg^{-1} ha^{-1} ano^{-1} de N); quatro doses de fósforo (P) (200, 400, 800 e 1600 kg^{-1} $ha^{-1}ano^{-1}$ de P_2O_5) e quatro doses de potássio (K) (100, 300, 500 e 700 kg^{-1} ha^{-1} ano^{-1} de K_2O) totalizando 32 tratamentos, divididos em 2 blocos (Figura 4).

Esse tipo delineamento se usa principalmente para ensaios preliminares em regiões pioneiras, com os blocos largamente dispersos por toda a área em estudo. Nestes casos, é frequente repetir o ponto central em cada bloco, para ter, em cada um deles, uma estimativa para a variância naquele bloco, ou naquelas condições. A análise dos experimentos desse tipo geralmente se por meio de superfície de resposta (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

No caso das doses de K vamos considerar a dose aplicada de K_2O + o K disponível do solo: D1= 100 + 351, D2= 300 + 351, D3=500 + 351 e D4= 700 + 351 Kg ha^{-1} de K.

Na figura 4 apresenta-se o croqui da área experimental com os tratamentos utilizados.

FIGURA 4 – Croqui dos tratamentos utilizados com as combinações de doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

Bloco I	**Bloco II**
N- P-K T1= 1-1-1	T17= 1-1-4
T2= 1-2-2	T18= 1-2-3
T3= 1-3-3	T19= 1-3-2
T4= 1-4-4	T20= 1-4-1
T5= 2-1-2	T21= 2-1-3
T6= 2-2-1	T22= 2-2-4
T7= 2-3-4	T23= 2-3-1
T8= 2-4-3	T24= 2-4-2
T9= 3-1-3	T25= 3-1-2
T10= 3-2-4	T26= 3-2-1
T11= 3-3-1	T27= 3-3-4
T12= 3-4-2	T28= 3-4-3
T13= 4-1-4	T29= 4-1-1
T14= 4-2-3	T30= 4-2-2
T15= 4-3-2	T31= 4-3-3
T16= 4-4-1	T32= 4-4-4

Com base na porcentagem de nutrientes de cada fertilizante químico, Nitrato de amônio (NA)= 320 g kg^{-1} N; Superfosfato triplo (SFT)= 420 g kg^{-1} P_2O_5 e Cloreto de potássio (KCl)= 600 g kg^{-1} K_2O, calculou-se as doses de fertilizantes comerciais a serem aplicadas, que corresponderam às doses de NA= 309, 618, 1237e 2475 g $planta^{-1}$; SFT= 321, 643, 1287 e 2575 g $planta^{-1}$ e KCl= 110, 330, 550 e 770 g $planta^{-1}$.

3.6 Adubação de N, P e K

Para o fornecimento de P utilizou-se o superfosfato triplo (440 g kg^{-1} P_2O_5), sendo aplicado em dose única no sulco de plantio, juntamente com os micronutrientes 50 g $planta^{-1}$ de FTE BR 12 (Tabela 4).

A composição de nutrientes de cada fertilizante químico utilizado na pesquisa está apresentada na tabela 4.

TABELA 4 – Composição química dos fertilizantes utilizados no experimento- Safra 2012/2013.

Composição química dos fertilizantes.						
		Nutrientes (g. kg^{-1})				
Fertilizante	Fórmula					
Nitrato de amônio	NH_4NO_3	320 N	10 K			
Superfosfato triplo	Ca (H_2PO_4)	440 P_2O_5	140 Ca			
Cloreto de potássio	KCl	600 K_2O	480 Cl			
FTE BR 12 (micro)	FTE BR 12	90 Zn	18 B	8 Cu	20 Mn	35 Fe

O nitrogênio (N) foi fornecido na forma de nitrato de amônio (320 g kg^{-1} N) e o potássio (K) como cloreto de potássio (600 g kg^{-1} K_2O), sendo parcelados em seis aplicações em cobertura, em doses crescentes acompanhando o desenvolvimento das plantas para minimizar as perdas por lixiviação no solo e melhorar o aproveitamento dos nutrientes (Tabela 5).

O N e o K foram aplicados em cobertura seguindo o seguinte cronograma de adubação e os respectivos tratamentos apresentados na tabela 5:

TABELA 5 – Cronograma de adubação de cobertura para o nitrogênio e potássio. Safra 2012/2013.

	Adubação de cobertura			
Mês	% N	% K_2O	% Dose Total N	% Dose Total K_2O
Outubro	-	10	0	10
Novembro	20	10	20	20
Dezembro	30	30	50	50
Janeiro	20	20	70	70
Fevereiro	15	15	85	85
Abril	15	15	100	100

A adubação de cobertura de N e K foi parcelada durante os meses descritos na tabela acima, devido ao período correspondente de maiores concentrações de volume de precipitação pluviométrica para a região de Presidente Prudente- SP.

3.7 Plantio do experimento

O maracujazeiro foi plantado no dia 27/09/2012 no espaçamento 3,30 m na entre fileiras x 2,0 m entre plantas (1515 plantas ha^{-1}), com parcela útil de 39,6 m^2, com seis plantas úteis (plantas da fileira central). Cada parcela foi constituída por três fileiras, num total 18 plantas, com 6 plantas em cada fileira, sendo a parcela total de 118,8 m^2, ocupando uma área total 3801,6 m^2.

3.8 Tratos culturais

A polinização foi realizada manualmente na safra 2012/2013 no período de janeiro a maio de 2013.

Não houve irrigação da área, pois o sistema de produção adotado foi em sequeiro.

Para o controle de plantas daninhas foram realizadas 2 aplicações de 10 litros herbicidas Paraquat (Gramonoxe 200) com pulverizador costal em jato dirigido na linha de maracujazeiro. Aplicou-se a dose de 1 ml do produto comercial/ 10 L de água.

No controle de doenças foram realizadas 7 aplicações preventivas com fungicidas a base de Oxicloreto de cobre (Recop) na dose 200 g do produto comercial/100 L de calda, Mancozebe (Dithane NT) na dose de 400 g do produto comercial/ 100 L de água e Tionato Metílico (Cercobin 700 WP) na 70 g do produto comercial/ 100 L de água e uma aplicação de Piretróide (Decis 25 EC) na dose 50 g do produto comercial/ 100 L de água para controle de pragas.

3.9 Parâmetros avaliados

a) Solo

As coletas de solo foram realizadas no início e no final da colheita nos meses de fevereiro e junho de 2013, coletando-se o solo com a utilização de trado tipo sonda na profundidade de 0-20 cm (uma amostra de cada lado das seis plantas úteis), aproximadamente a 15 cm do caule das plantas úteis, formando-se uma amostra composta por tratamento, totalizando 64 amostras.

Todas as amostras foram acondicionadas em caixas de amostragem de solo, devidamente identificadas e levadas ao laboratório de análise química de solo da Unoeste onde realizou-se as análises químicas segundo a metodologia de Raij et al. (2001).

Foi determinado as propriedades químicas do solo: pH ($CaCl_2$); MO; Al; H + Al; SB; CTC; M %; V%; P resina; S-SO^{2-}_4; K; Ca; Mg; S.

b) Folhas

As coletas foram realizadas nos meses de março e junho de 2013, coletando a quarta folha (duas folhas/planta útil) a partir da extremidade, de ramos medianos sem frutos, obtendo-se uma amostra composta por tratamento, totalizando 64 amostras, conforme a metodologia de (MALAVOLTA et al., 1989).

As folhas frescas foram lavadas em água destilada contendo detergente neutro; em seguida foram enxaguadas com água destilada, em porções sucessivas para remover todo o detergente, sendo a seguir colocadas sobre papel absorvente. As amostras foram colocadas em sacos de papel e postas a secar em

estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 65^0C. As amostras foram moídas utilizando-se o moinho tipo Wiley.

Após a moagem das amostras, procederam-se as análises químicas para determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). O nitrogênio foi extraído das folhas por digestão sulfúrica; o P foi determinado por colorimetria do metavanadato (fósforo total); o K, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; o S por turbimetria do sulfato de bário; B por colorimetria da azometina H.

c) Frutos

A coleta de frutos foi realizada no mês de maio de 2013, período de maior colheita dos frutos, onde se selecionou 10 frutos do calibre 2, 3, 4 e 5 dos 32 tratamentos. Os frutos foram pesados antes e após a secagem para determinação da matéria seca e consequentemente determinando-se a exportação de nutrientes, com base na massa da matéria seca de frutos e produtividade obtida.

Os frutos foram lavados e em seguida foram enxaguadas com água destilada. As amostras de frutos de cada tratamento foram identificadas e cortadas em 4 partes, colocadas em bandejas de isopor, posteriormente submetidos a secagem em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 65^0C, até as amostras se encontrarem completamente secas. As amostras foram moídas utilizando-se o moinho tipo Wiley. Após a moagem dos frutos, eles foram submetidos à determinação dos teores de macronutrientes descrita por Malavolta et al. (1997).

Todos os frutos colhidos da área útil foram separados e pesados, de acordo com o seu calibre e respectivo tratamento para obtenção dos dados de produção.

Os dados de produtividade que foram obtidos referem-se às colheitas realizadas duas vezes por semana, no período de fevereiro/2013 a julho de 2013, coletando-se dados de: Produtividade total (kg ha^{-1}), produção (kg $planta^{-}1$), números de frutos/parcela, peso médio de frutos (g), percentagem de frutos comerciais, produção comercial (kg ha^{-1}).

Quanto aos parâmetros de qualidade de fruto o teor dos sólidos solúveis (SS) foi determinado através de refratometria, utilizando-se um refratômetro de bancada da marca ATAGO, modelo N1, após extrair o suco da polpa do fruto. O resultado obtido foi expresso em ºBrix. A acidez titulável (ATT) foi determinada titulando-se, sob agitação, suco do fruto após extrair e homogeneizar 10g da polpa de cada fruto em 90 mL de água destilada, com NaOH 0,2 N, usando-se fenolftaleína 1% como indicador e o resultado expresso em mg ácido cítrico100mL^{-1} de suco. A relação SS/ATT foi obtida por meio da divisão do teor de sólidos solúveis pela acidez titulável (ratio). Determinou-se o pH utilizando-se 10 g de polpa homogeneizada com 90mL de água segundo a metodologia descrita por Brasil (2005).

Para os critérios de classificação de frutos em maracujazeiro foi utilizado a tabela de classificação do CEAGESP-SP (CEAGESP, 2001) (Tabela 6).

TABELA 6 – Classificação comercial de frutos de maracujá amarelo, baseada na classe (calibre) do fruto pelo diâmetro equatorial.

Calibre	Diâmetro equatorial (mm)
1	igual ou menor que 55
2	igual ou maior que 55 até 65
3	igual ou maior que 65 até 75
4	igual ou maior que 75 até 85
5	maior que 85

Fonte: CEAGESP-SP

Com base na matéria seca dos frutos, teores foliares de nutrientes e da produtividade estimada do maracujazeiro amarelo, calculou-se a exportação de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) estimados para área de um hectare.

3.10 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos foram analisados pelo modelo matemático: $y= b_0 + b_{11}N+ b_{22}P^2 + b_3K + b_{33}K^2 + b_{12}NP + b_{13}NK + b_{23}PK$, submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SAS (Statistical Analyses System) 9.2 (SAS, 2010), e as variáveis cuja resposta foi significativa às doses foram analisadas pelo teste de regressão polinomial para o nível de significância de $p<0,05$; < 0,10%. Os

resultados que apresentarem interação entre os nutrientes N, P e K foram analisados pela superfície de resposta (BANZATTO; KRONKA, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. 1- Resultados dos atributos químicos de solo do início da colheita

Os atributos químicos de solo foram analisados aos 150 dias após as primeiras adubações em resposta à adubação com NPK e os resultados estão apresentados nas tabelas 7 e 8.

TABELA 7 - Valores de pH, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V%) e matéria orgânica (M.O.) em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O - safra 2012/2013.

Fator	Dose	pH	SB	CTC	V	M.O.
	(kg ha^{-1})		.... mmol$_c$dm^{-3}...		%	g dm^{-3}
	150	5,10	25,15	53,75	48,15	9,45
N	300	5,05	32,70	55,13	55,50	9,40
	600	5,26	37,75	58,66	56,46	9,37
	1200	5,38	35,67	57,31	59,42	10,80
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	200	5,11	19,46	45,60	44,85	9,41
P_2O_5	400	5,17	33,62	55,65	52,91	9,78
	800	5,41	39,60	60,47	62,93	10,11
	1600	5,10	38,58	63,13	58,83	9,71
Efeito		NS	NS	NS	Q**	NS
	100	5,22	28,40	55,50	51,03	9,72
K_2O	300	5,12	29,27	52,15	51,82	9,92
	500	5,07	31,52	54,50	54,28	9,72
	700	5,37	42,07	62,71	62,38	9,65
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		6,80	65,49	37,65	22,30	11,09

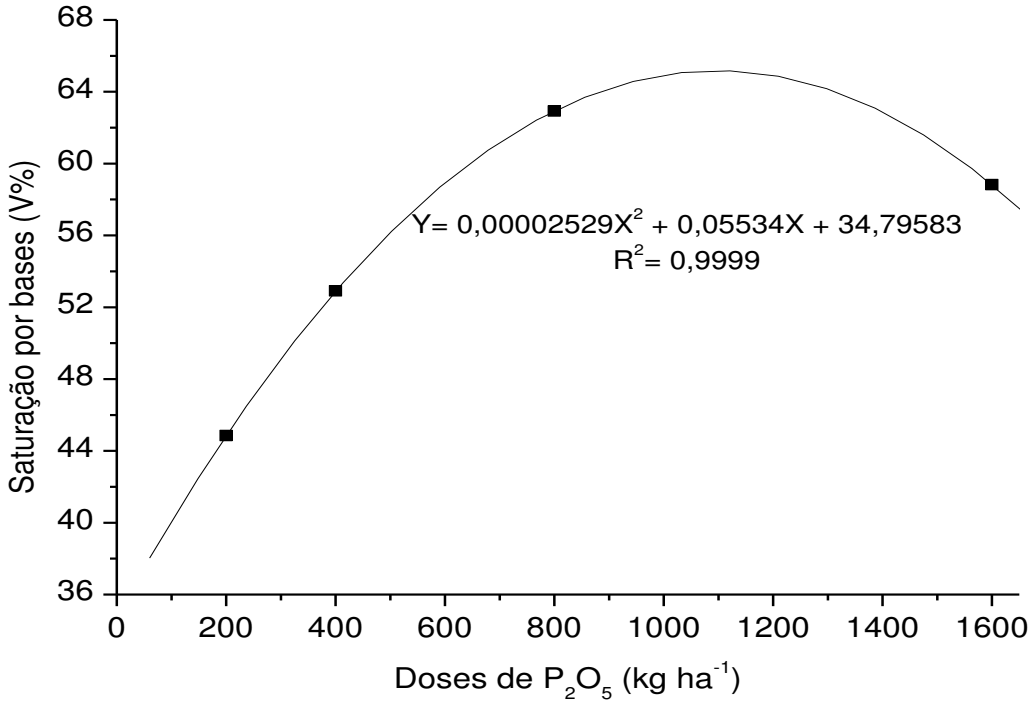
L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (p < 0,05).

Não se observou diferença significativa para os atributos químicos de pH, SB, CTC, V% e M.O. do solo, exceto para a saturação por bases que respondeu a adubação fosfatada.

A resposta significativa à adubação fosfatada sobre a saturação por bases do solo (V%) foi verificada na figura 5, aos 150 dias após o plantio das mudas no início da colheita de frutos. Quando comparamos com o V% da área amostrada

antes da implantação do experimento (Tabela 7) e cinco meses após houve redução 27,08% em média na saturação por bases do solo.

FIGURA 5 – Saturação por bases do solo em resposta a adubação fosfatada- safra 2012/2013.



A resposta adequou-se ao modelo de regressão polinomial quadrático às doses de P_2O_5. Houve o incremento do V% até dose estimada máxima de 1094,10 kg ha^{-1} de P_2O_5, sendo a resposta máxima de 65,06 para a saturação por bases do solo.

O efeito verificado na saturação por bases (V%) pode ser entendido pelo aumento da concentração das bases do solo, principalmente Ca com as doses de P_2O_5 observado na tabela 8, que é responsável pela composição do V% do solo. Soma-se ao aumento da CTC (capacidade de troca de cátions) do solo proporcionado possivelmente pelo $NH4^+$ do e K^+ das adubações realizadas. Sendo que o V% do solo é calculado pela fórmula= SB/CTC x 100.

De acordo com Borges et al. (2003) cabe-se salientar que o P no solo apresenta baixa mobilidade, mesmo em solos arenosos devido a sua fixação e imobilização no solo. Mesmo assim, também observaram efeito positivo da

adubação NPK sobre a saturação por bases do solo aumentaram em média 42% (29% para 50%) aos 12 meses no final da produção.

Os teores de macronutrientes do solo em resposta ao nitrogênio, fósforo e potássio estão apresentados na tabela 8.

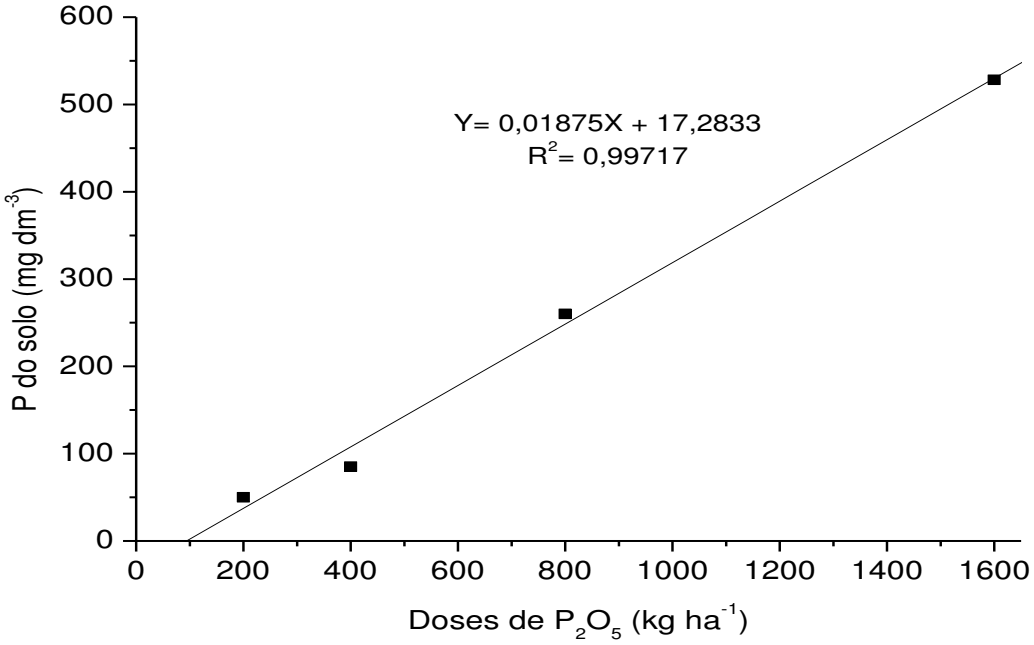
TABELA 8 – Teores de fósforo (P), enxofre ($S\text{-}O_4^{2-}$), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O- safra 2012/2013.

Fator	Dose	P	$S\text{-}SO^{2-}_4$	K	Ca	Mg
		..... mg dm^{-3}		..... $mmol_c dm^{-3}$		
	150	124,81	4,28	4,01	17,37	4,52
N	300	179,63	3,51	3,42	24,28	5,21
	600	269,42	3,07	3,40	29,35	5,65
	1200	349,62	4,52	3,43	27,20	5,95
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	200	50,08	2,61	3,52	13,05	4,03
P_2O_5	400	85,15	2,77	3,60	24,23	6,15
	800	260,03	4,27	3,60	30,31	5,96
	1600	528,22	5,73	3,55	30,61	5,18
Efeito		L**	NS	NS	NS	NS
	100	162,93	4,35	2,92	21,78	4,67
K_2O	300	211,76	3,55	2,95	22,00	4,93
	500	262,81	3,83	3,30	23,56	5,01
	700	285,98	3,66	5,50	30,86	6,71
Efeito		NS	NS	Q**	NS	NS
C.V. (%)		38,49	29,13	17,47	72,52	66,02

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (p < 0,05).

O P do solo respondeu diretamente a adubação fosfatada aplicada no solo, ajustando-se a resposta das doses ao modelo regressão linear. Conforme se aumentou as doses de P_2O_5 no solo, proporcionou maior disponibilidade de nutriente na solução do solo.

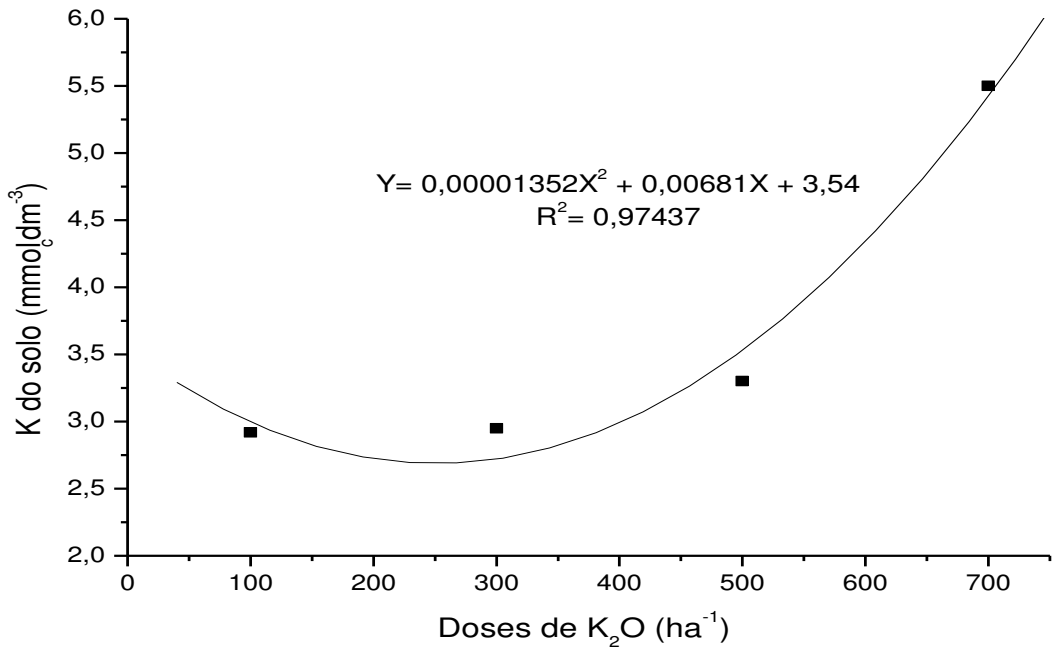
FIGURA 6 – Fósforo do solo em resposta a adubação fosfatada- 2012/2013.



O aumento do P do solo é muito importante em solos arenosos e tropicais, que possui como característica baixa disponibilidade de P na solução, além da sua baixa mobilidade e alta complexação (ligado) do elemento a óxidos de Fe e Al. E o P tem função primordial no desenvolvimento do maracujazeiro responsável no processo de fotossíntese da planta. Borges et al. (2002) observaram efeito semelhante no aumento dos teores de P no solo com as doses aplicadas de P. O teor médio de P aumentou de 5 para 107 mg dm^{-3} após 12 meses, em latossolo amarelo com 620 g kg^{-1} de areia com as doses variando de 0 a 240 kg ha^{-1} de P_2O_5.

A concentração de K na solução do solo aumentou influenciada pelas doses de K_2O. A resposta positiva no aumento da disponibilidade de K do solo pode ser constatada na figura 7 ajustou-se ao modelo de equação regressão quadrático, a máxima disponibilidade verificada de 5,50 $mmol_c dm^{-3}$ de K foi quando se aplicou a dose de 700 kg ha^{-1} de K_2O.

FIGURA 7 – Potássio do solo em resposta a adubação potássica- 2012/2013.



O K o nutriente mais absorvido juntamente com o N pelas plantas. O nutriente é facilmente perdido por lixiviação no solo na presença de água e o K é um dos nutrientes mais exportado com os frutos, além de interferir diretamente na qualidade dos frutos.

Para o S do solo não houve resposta significativa às doses de N. O mesmo comportamento foi verificado nas concentrações de Ca e Mg do solo. Embora, se observe um acréscimo do Ca e do Mg do solo com a adubação nitrogenada e potássica, esta diferença entre as doses de N não foi representativa.

A. 2 - Resultados dos atributos químicos de solos no final da colheita

Os resultados de solo estão apresentados nas tabelas 9 e 10 em resposta a adubação com NPK.

TABELA 9 - Valores de pH, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V%) e matéria orgânica (M.O.) do solo, em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O - safra 2012/2013.

Fator	Dose	pH	SB	CTC	V	M.O.
			..... $mmol_c dm^{-3}$		%	$mg\ dm^{-3}$
	150	4,85	36,60	57,23	58,22	10,12
N	300	4,46	24,15	51,63	46,61	10,82
	600	4,58	33,75	59,92	50,93	10,83
	1200	4,76	36,97	65,98	54,91	12,40
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	200	4,52	27,93	51,76	47,63	10,58
P_2O_5	400	4,68	26,53	51,57	50,98	11,08
	800	4,85	42,23	67,58	58,45	11,06
	1600	4,60	34,76	63,46	52,67	11,50
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	100	4,85	42,73	68,76	57,30	11,01
K_2O	300	4,63	26,72	53,58	49,53	11,06
	500	4,65	28,07	55,03	50,37	11,25
	700	4,52	33,93	57,00	52,67	10,86
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		8,30	56,78	27,48	18,85	9,37

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (p < 0,05).

Nas propriedades químicas do solo não se verificou efeito dos tratamentos sobre os atributos de pH do solo, soma de bases (SB), CTC e matéria orgânica (M.O.). Observou-se uma pequena redução nos valores de pH do solo quando comparado à análise realizada antes do início da colheita, todavia não houve efeito significativo para as doses. Borges et al. (2002) também não observaram resposta da adubação NPK sobre o pH do solo, avaliando o efeito aos 12 meses.

Em relação a análise inicial do pré-plantio das mudas (Tabela 2) o pH ($CaCl_2$) do solo reduziu de 5,2 para 4,6, aos 270 dias após o plantio (DAP). Essa redução deve-se possivelmente, ao efeito acidificante da adubação nitrogenada provocada pelo $NH4^+$ presente no fertilizante aplicado. Embora, a SB do solo não tenha apresentado resultado verificou-se que a adubação NPK utilizada manteve os

teores de iniciais do solo que era 30,8 para teor médio 32,86 $mmol_c mdm^{-3}$ obtido das bases do solo em K, Ca e Mg aos 270 DAP.

Na M.O. do solo não houve variação no seu teor do anterior ao plantio e aos 9 meses após o início do cultivo do maracujazeiro. Já no V% do solo constatou-se uma diminuição de 14,38% do valor inicial para o obtido no final da colheita do maracujazeiro. O que demonstrada parte destes nutrientes que estavam disponíveis no solo foram absorvidos pelo maracujazeiro.

Para os teores de Ca e Mg do solo não se verificaram respostas (Tabela 10).

TABELA 10 - Teores de fósforo (P), enxofre ($S\text{-}O_4^{2-}$), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo em resposta a doses de N, P_2O_5 e K_2O - safra 2012/2013.

Fator	Dose	pH	P	$S\text{-}SO^{2-}_4$	K	Ca	Mg
			…. mg dm^{-3} ….		…….. $mmol_c dm^{-3}$ …….		
	150	4,85	62,42	3,05	6,41	22,23	4,91
N	300	4,46	37,23	1,63	4,61	16,00	3,50
	600	4,58	58,30	1,90	3,05	25,73	4,93
	1200	4,76	238,78	5,88	3,03	29,05	4,87
Efeito		NS	NS	NS	L**	NS	NS
	200	4,52	30,78	2,17	4,63	16,38	3,87
P_2O_5	400	4,68	37,15	2,26	4,57	18,05	3,91
	800	4,85	99,60	2,76	4,22	31,91	6,08
	1600	4,60	229,21	5,27	3,72	26,67	4,35
Efeito		NS	L**	NS	NS	NS	NS
	100	4,85	130,76	5,20	2,87	33,85	6,00
K_2O	300	4,63	66,58	2,45	3,37	19,20	4,13
	500	4,65	73,02	2,61	5,08	18,95	4,05
	700	4,52	126,37	2,21	5,82	21,02	4,03
Efeito		NS	NS	NS	L**	NS	NS
C.V. (%)		8,30	60,08	55,42	18,33	66,72	47,41

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Mesmo não verificando efeito significativo da adubação NPK sobre os de Ca do solo. Pode-se observar que a adubação fosfatada por meio do superfosfato triplo que contém de 8-12 % de Ca na sua composição somado a calagem realizada antes do plantio forneceram quantidade suficiente do nutriente ao

solo, de maneira que no final da colheita o teor de Ca incrementou em 22,36 % comparado o teor do solo do pré-plantio do maracujazeiro.

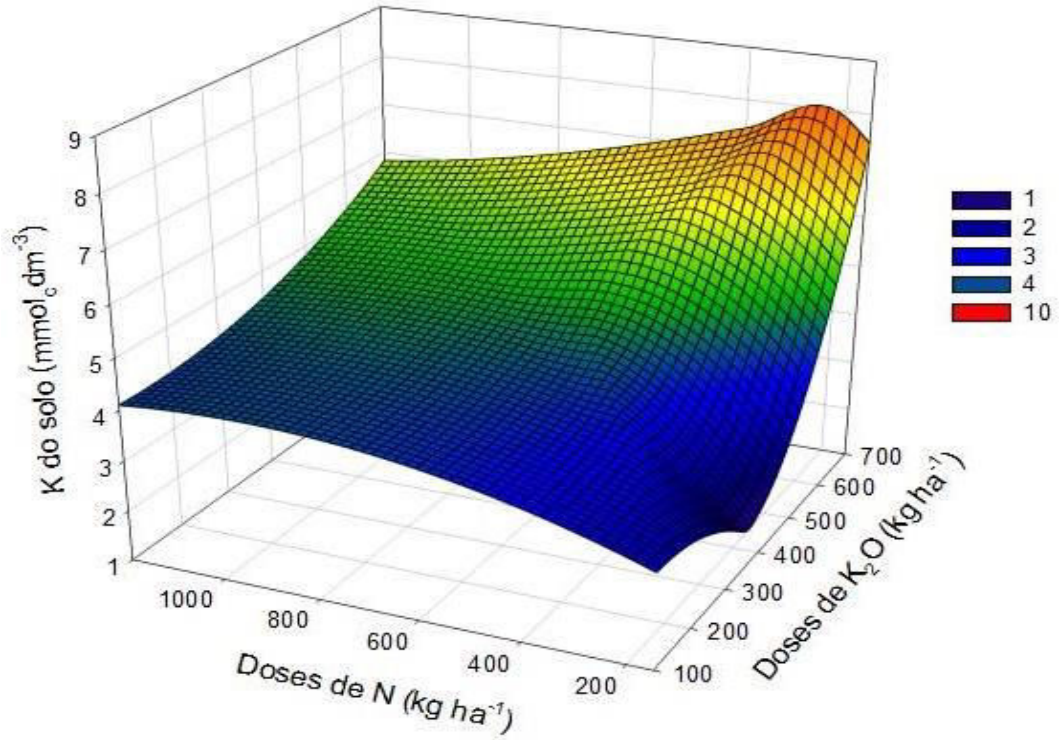
O Mg por outro lado diminuiu em 36,81% o seu teor do solo em relação ao constatado na análise de solo do pré-plantio, reduzindo de 7,2 para 4,55 $mmol_c mdm^{-3}$. Um resultado interesse também verificado mesmo não havendo diferença estatística entre as doses de K, foi que os teores de Mg do solo apresentam uma tendência de decréscimo com o incremento as doses de K.

Os teores de P do solo não apresentaram diferença significativa entre as doses de N, e todos os valores obtidos estão acima do teor de P inicial do solo (6,9 mg dm^{-3}). O enxofre ($S\text{-}SO^{2-}_4$) do solo não foi influenciado estatisticamente pela adubação nitrogenada, sendo que o teor do solo variou com as doses de N. E a dose de 1200 kg ha^{-1} de N, foi a que melhor manteve a disponibilidade do teor de enxofre inicial do solo.

A interação de entre os nutrientes no solo ocorre, e é preciso estudar mais para podermos compreender essa dinâmica, devido a importância do equilíbrio dos elementos interferir na disponibilidade dos nutrientes na solução do solo e posteriormente influenciar na absorção dos elementos pela planta.

Quanto ao K do solo houve efeito significativo à interação entre as doses N e K, apresentado no modelo de superfície de resposta as doses de N e K_2O. De acordo com a resposta observada no solo, a adubação nitrogenada e potássica combinada tiveram influência direta na disponibilidade do K do solo verificada na figura 8.

FIGURA 8 – Superfície de resposta ao potássio do solo em resposta as doses de N e K, na região Oeste de São Paulo. Presidente Prudente- SP- safra 2012/2013.



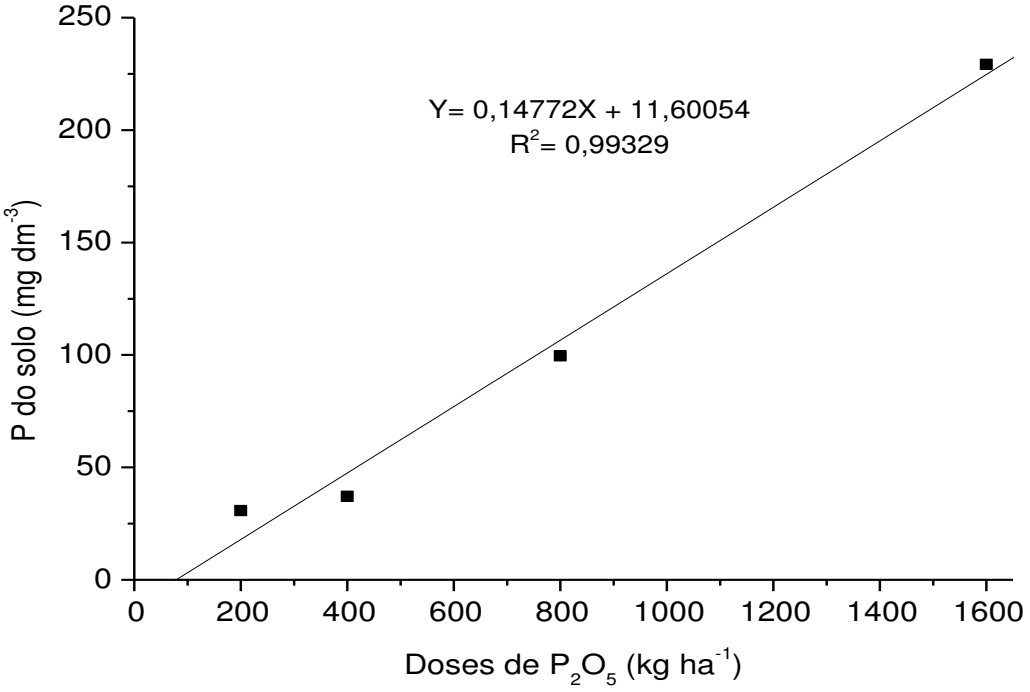
$Y= 2,57-1,63x10^{-7}N+2,03x10^{6}N^{2}+1,42x10^{7}K+0,13x10^{6}K^{2}-0,72x10^{-7}NxK$
$R^2 =0,84$ ($p<0,001$)

Pode-se constatar que a disponibilidade de K no solo aumentou com a interação da aplicação das menores doses de N (200-400 kg ha^{-1} de N) combinada as maiores doses de K_20 (600-700 kg ha^{-1} de K_2O). Segundo a literatura existe um sinergismo entre o N e K que possibilita aumento da produção, matéria de seca de plantas e qualidade de sementes e frutos (WILKINSON et al., 2000; MARSCHNER, 1995).

Uma das explicações a esta resposta é que as altas de N estimulam o maior desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do maracujazeiro, consequentemente há maior extração de K do solo devido ao aumento da demanda do nutriente pelas plantas, tendo efeito direto no decréscimo da disponibilidade do K. As doses de K_2O proporcionaram aumento linear da concentração do nutriente no solo, já que sabe-se que o potássio é elemento móvel no solo e adubação mineral potássica fornece o cátion K^+, a forma absorvida pelas raízes da planta. O outro possível efeito para diminuição dos teores de K do solo, é que altas de $NH4^+$ (amônio) fonte de N utilizada, contribui na redução do transporte de K^+ pela planta.

A adubação fosfatada elevou os teores de P no solo, observado na figura 9.

FIGURA 9 – Teor de fósforo do solo em resposta a adubação fosfatada- safra 2012/2013.



A resposta verificada neste atributo pode-se ser devido ao maior período de tempo para liberação do P, favorecendo a maior disponibilidade de P com 229,21 mg dm^{-3} de P na dose de 1600 kg ha^{-1} de P_2O_5. Borges et al. (2002) observaram aumento dos teores de P no solo com as doses de NPK. O teor médio de P aumentou em relação ao teor inicial 23 vezes após o primeiro ano de cultivo do

maracujazeiro, indicando ser um nutriente de pouca mobilidade no solo, apesar de este conter 620 g kg^{-1}de areia.

A. 3- Resultados dos teores foliares de maracujazeiro do início da colheita

Os resultados para os teores foliares de macronutrientes das plantas de maracujazeiro amarelo aos 120 dias após a aplicação das doses de tratamentos com N, P e K estão apresentados na tabela 11.

TABELA 11 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S em g kg^{-1} em folhas de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

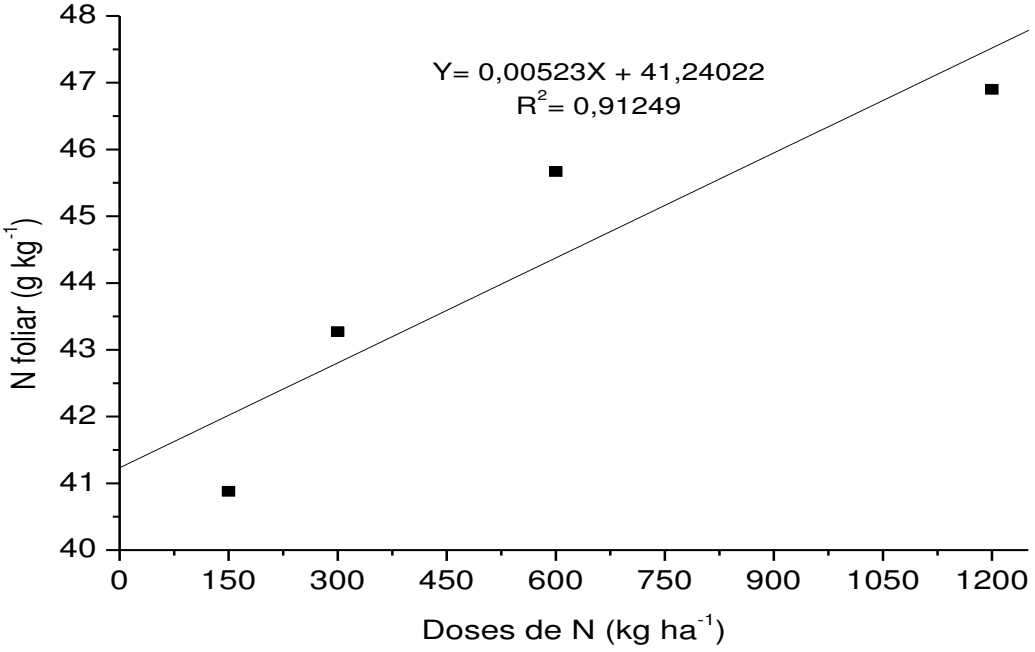
Fator	Dose	N	P	K	Ca	Mg	S
		..... g kg^{-1}.....					
N	150	40,88	2,67	15,41	29,73	3,15	3,46
	300	43,27	2,52	14,77	30,30	3,21	3,08
	600	45,67	2,75	13,40	30,73	3,00	3,10
	1200	46,90	2,74	12,88	33,72	2,96	3,17
Efeito		L**	NS	NS	NS	NS	NS
P_2O_5	200	42,76	2,64	14,48	28,51	2,95	2,67
	400	44,82	2,62	13,71	30,58	3,06	3,18
	800	45,10	2,81	14,21	31,02	3,16	3,45
	1600	44,05	2,60	14,06	34,37	3,15	3,51
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	Q*
K_2O	100	45,11	2,67	13,65	31,43	3,10	3,86
	300	43,87	2,63	14,78	30,41	3,00	3,26
	500	44,70	2,75	14,86	31,51	3,18	3,83
	700	43,05	2,62	13,17	31,13	3,03	4,10
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		6,04	9,75	14,17	9,98	14,53	12,21

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

O N foliar respondeu de maneira linear e positiva às diferentes doses de N aplicadas no solo (Figura 10). Houve aumento do teor de N foliar diretamente proporcional às doses aplicada, com valor de N foliar máximo de 46,90 g kg^{-1} obtido na dose de 1200 kg ha^{-1} de N.

Resultados positivos também foram obtidos por Carvalho et al. (2002) e Venâncio et al. (2013) com maracujá amarelo com relação ao N foliar. Os autores obtiveram reposta linear de 46,4 g kg^{-1} e N 40,49 g kg^{-1} de N, respectivamente na com as doses de 1083 e 210 kg ha^{-1} de N.

FIGURA 10 - Nitrogênio foliar de plantas de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013.



O resultado observado nos valores de N foliar está próximo aos considerados adequados para as folhas adultas, totalmente desenvolvidas, coletadas em plantas vigorosas de 47,5-52,5 g kg^{-1} de N, segundo IFA (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION, 1992).

As plantas de maracujazeiro não apresentaram respostas à adubação mineral de NPK sobre os teores foliares de P, K, Ca e Mg. Os valores médios de P= 2,52-2,81 g kg^{-1}; Ca= 29,73-34,37 g kg^{-1}; Mg= 2,96-3,21 g kg^{-1} e S= 2,67-3,51 g kg^{-1} estão dentro dos níveis considerados adequados a cultura por IFA (1992) de P 2,5-3,5 g kg^{-1}; Ca = 5-15 g kg^{-1}; Mg =2,5-3,5 g kg^{-1}; S = 2,0-4,0 g kg^{-1} e próximos aos resultados verificados por Carvalho et al. (2002); Moraes et al. 2011 e Borges et al. (2002) para os teores foliares de macronutrientes na cultura.

Não houve diferença significativa nos teores foliares de K, apesar da tendência de decréscimo linear do nutriente com o aumento das doses de N. A interação positiva conhecida como “sinergismo” é muito relatada na literatura entre N e K, onde um elemento auxilia na absorção do outro na planta. Porém, existe um equilíbrio entre os nutrientes e quando a concentração de um deles é muito superior ao outro no solo, por exemplo, vai demandar á um aumento do nível do outro nutriente para volte a relação ótima entre o N e K (MARSCHNER, 1995; FAGERIA, 1999).

Esta relação, de equilíbrio entre os nutrientes N e K precisa ser respeitada, devido a influência da inibição competitiva entre os dois elementos pelo mesmo sitio de absorção na planta. De maneira que se ocorrer um aumento do nível do N na folha, por exemplo, vai interferir na absorção de K na folha da planta de maracujazeiro.

No teor de Ca foliar se observou valores superiores aos recomendados à cultura por IFA (1992), o que pode ser devido à utilização do fertilizante fosfatado utilizado, o SFT. O fertilizante além do P contém de 8-12% de Ca na sua composição. Vinculado a este fator, a variedade Sul Brasil Afruvec tem como características frutos grandes (300-450 g) que demandam mais nutrientes que as outras variedades estudadas. O Ca é dos elementos principais na composição da parede celular das células e fruto. Outros autores como Moraes et al. (2011); Carvalho et al. (2002), Fontes et al. (2005) observaram em seus trabalhos níveis de 3,88-6,47 g kg^{-1}; 6,13-14,4 g kg^{-1}; 9,91-13,1g kg^{-1} de Ca, respectivamente.

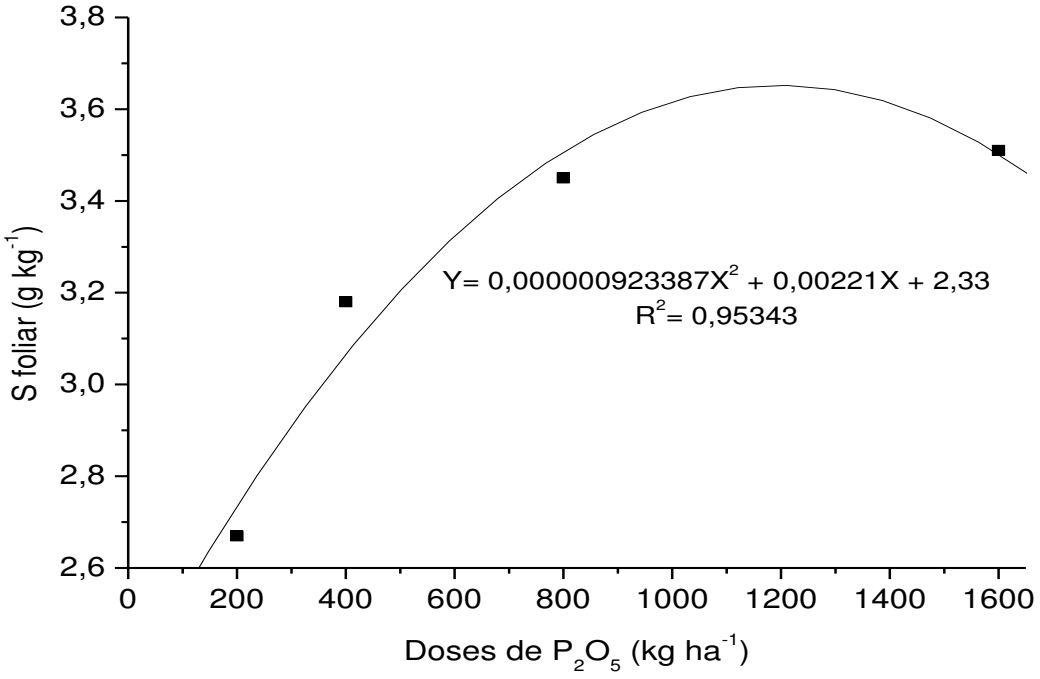
Os demais macronutrientes, com excessão do K apresentavam-se dentro dos níveis adequados a cultura, indicando que as plantas foram bem nutridas pela adubação mineral. Os teores foliares de K de 12,88-15,81 g kg^{-1} ficaram abaixo dos indicados como satisfatório por IFA (1992) de 20-25 g kg^{-1}, possivelmente devido ao período de amostragem das folhas, mês de fevereiro na safra 2012/2013, onde as plantas estavam em pleno desenvolvimento de folhas, flores e frutos, que pode ter intensificado o dreno de K das folhas para formação desses novos órgãos na planta, refletindo no decréscimo dos teores foliares.

Cabe-se ressaltar, que o teor de K do solo aumentou no solo com aumentos das doses de K_2O aplicadas. Todavia, não se verificou resposta no tecido foliar do maracujazeiro a adubação potássica.

Os níveis foliares de P, Mg e S apresentados no trabalho são semelhantes a de outros experimentos com maracujazeiro amarelo realizados por Fontes et al. (2005), P= 2,47-2,96 g kg^{-1}; Mg= 3,34-4,04 g kg^{-1}; S= 3,96-5,07 g kg^{-1} e Moraes et al. (2011) P = 2,14-3,01 g kg^{-1}; Mg =2,55-3,55 g kg^{-1}.

O teor foliar de S na figura 11 foi influenciado pelas doses de P_2O_5 aplicadas no solo, respondendo ao aumento das mesmas, ajustando- se modelo de regressão quadrático. A máxima concentração foliar foi de 3,63 g kg^{-1} de S na dose estimada de 1120 kg ha^{-1} de P_2O_5.

FIGURA 11 - Enxofre foliar de plantas de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação fosfatada- Safra 2012/2013.



A interação positiva do P na absorção de macronutrientes, entre eles o S, pode ser associado à melhora no desenvolvimento e produção das culturas com a adubação fosfatada. Aumento do desenvolvimento e produtividade requer mais nutrientes comparado a baixa produção (FAGERIA, 2009). Segundo Prado (2013) as folhas geralmente são muitas vezes mais ativas que as raízes na assimilação de enxofre. O enxofre é absorvido na forma aniônica como sulfato (SO^{2-}_4) e é acumulado nas folhas e sementes.

A. 4- Resultados dos teores foliares de maracujazeiro no final da colheita

Na tabela 12 são apresentados os resultados dos teores foliares das plantas de maracujazeiro, em decorrência da utilização das doses de nitrogênio, fósforo e potássio.

TABELA 12 - Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em g kg^{-1} de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

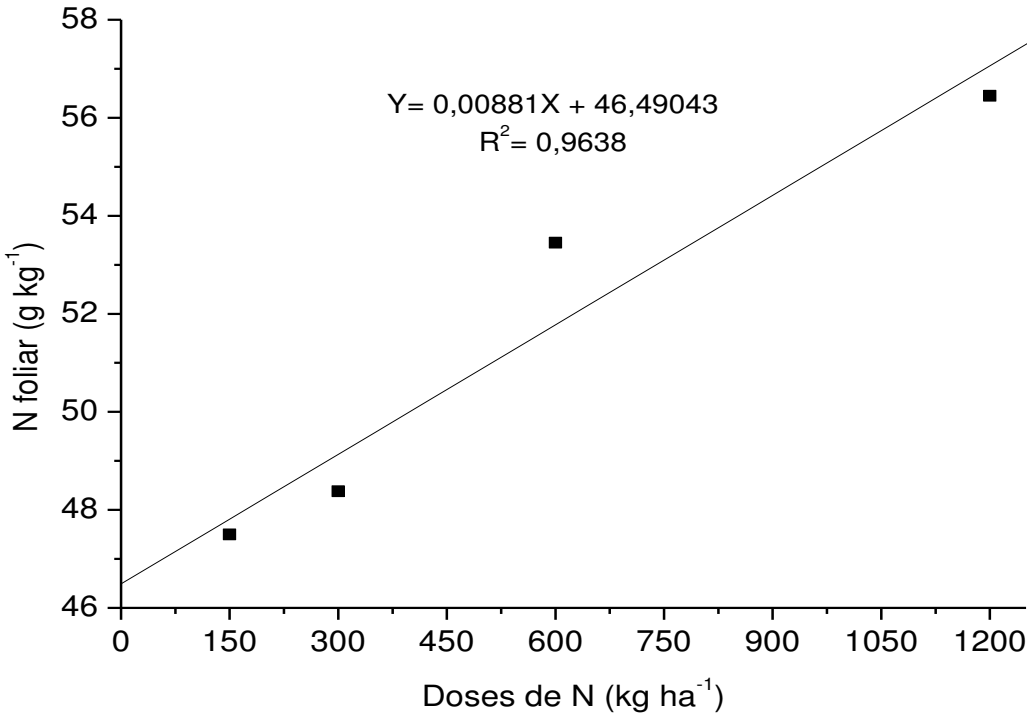
Fator	Dose	N	P	K	Ca	Mg	S
		..... g kg^{-1}.....					
	150	47,50	2,22	27,83	40,41	2,67	3,81
N	300	48,38	2,53	30,36	41,27	2,95	3,92
	600	53,45	2,63	28,93	36,98	2,53	4,03
	1200	56,45	2,66	30,25	47,27	2,73	4,56
Efeito		L**	NS	NS	NS	NS	NS
	200	50,91	2,48	27,67	41,35	2,60	3,97
P_2O_5	400	49,91	2,35	29,40	40,65	2,72	3,96
	800	49,56	2,65	30,11	44,51	2,85	4,17
	1600	55,40	2,57	30,20	39,43	2,70	4,22
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	100	52,27	2,66	28,30	43,51	2,86	4,31
K_2O	300	51,53	2,46	29,62	41,28	2,67	3,85
	500	52,50	2,45	29,58	39,06	2,63	4,12
	700	49,47	2,47	29,87	42,08	2,70	4,05
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		7,02	22,23	16,50	17,77	25,36	27,55

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Apenas ao N foliar respondeu a adubação nitrogenada do solo (figura 12). Houve aumentou do teor de N das folhas com o aumento da adubação nitrogenada, sendo que essa resposta ajustou-se ao modelo de regressão linear, ou seja, à medida que se aumentou as doses de N no solo houve acréscimo no teor de N foliar das plantas de maracujazeiro.

A máxima resposta de 56,45 g kg^{-1} de N observada na folha foi verificada com a aplicação da dose máxima de 1200 kg ha^{-1} de N.

FIGURA 12 - Nitrogênio foliar de plantas de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013.



Este resultado verificado é importante para a nutrição mineral do maracujazeiro, pois confirma que as doses de N no solo proporcionam aumento dos teores foliares das plantas. Desta maneira é importante atentar-se que a adubação excessiva de N estimula o vigor das plantas, aumentando a produção de área foliar das plantas. Porém, o aumento de área foliar não necessariamente reflete em aumento de produção das plantas.

De acordo com IFA (1992) para folhas adultas, totalmente desenvolvidas, coletadas em plantas vigorosas, considera-se como adequados os seguintes teores: N = 47,5-52,5 g kg^{-1}. Os resultados obtidos para os teores de nitrogênio das folhas no final da colheita demonstram que as plantas se apresentavam em níveis excelentes deste nutriente, sendo que nas doses de 600 e 1200 kg ha^{-1} de N os níveis de N foliar foram superiores ao recomendado, pela literatura para a cultura. Carvalho et al. (2002) e Fontes et al. (2005) verificaram

resposta próximas de 58,0 g kg^{-1} e 58,5 g kg^{-1} de N em folhas de maracujazeiro trabalhando com doses de N.

Os teores foliares de P, K, Ca, Mg e S das plantas de maracujazeiro obtidos no final da colheita foram de P= 2,22-2,66 g kg^{-1}; K= 27,83-30,25 g kg^{-1}; Ca= 36,98-47,27 g kg^{-1}; Mg= 2,63-2,95 g kg^{-1}; S= 3,81-4,55 g $kg^{-}1$. Moraes et al. (2011), com maracujá amarelo, constataram os seguintes teores de macronutrientes, em g kg^{-1}: P = 2,14-3,01; K = 26,8-44,7; Ca = 3,88-6,47; Mg = 2,5-2,55 bem próximos ao encontrados no trabalho e a IFA.

Os resultados observados nos macronutrientes comparando com a literatura os resultados de Carvalho et. al. 2002; Fontes et al. 2005, Borges et al. (2002), pode-se afirmar que as plantas estavam bem nutridas até o final da colheita, sendo que os níveis de P, Mg e S foram semelhante aos encontrados por Borges et al. (2003) e o Ca e K apresentaram médias superiores.

Para os teores foliares de macronutrientes do maracujazeiro, houve resposta somente ao N foliar que respondeu ao aumento da adubação nitrogenada. Isto ocorreu devido o teor das folhas estar abaixo do nível crítico (NC)= 47,5-52,5 de acordo com IFA (1992).

Não se verificou resposta significativa nos teores de P, Ca, Mg e S das plantas, em razão, que os teores constatados destes nutrientes apresentarem acima do NC para o maracujazeiro.

A. 5- Resultados de teor de nutrientes nos frutos

Os teores de macronutrientes nos frutos de maracujazeiro amarelo estão apresentados na tabela 13, em resposta as adubações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

TABELA 13 - Teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em g kg^{-1} de frutos de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

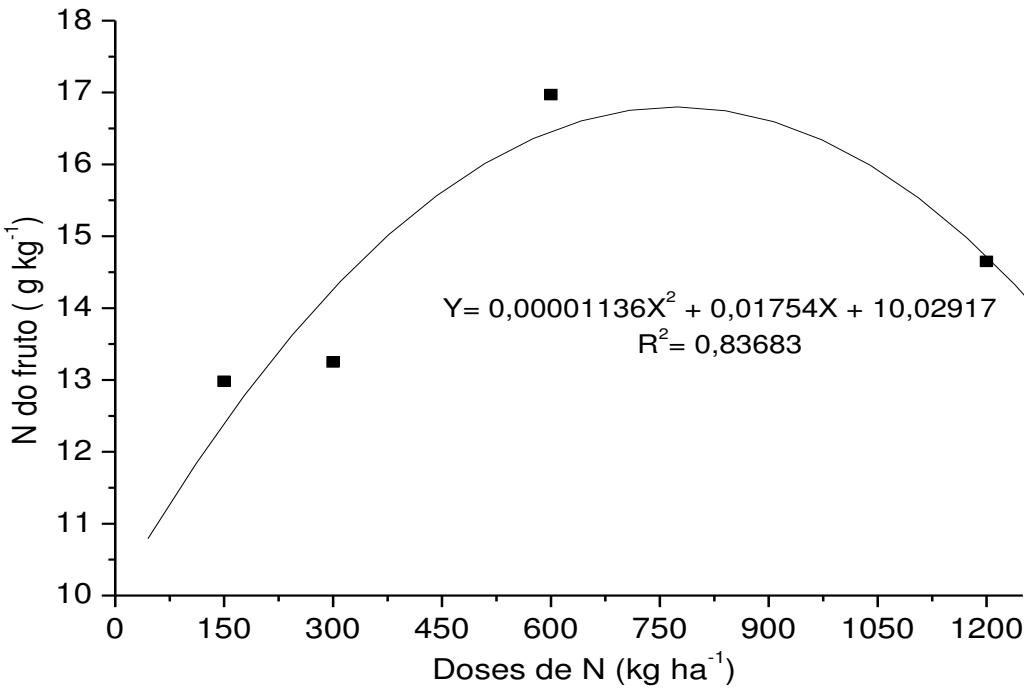
Fator	Dose	N	P	K	Ca	Mg	S
		..... g kg^{-1}.....					
	150	12,98	1,25	12,00	12,60	1,25	0,57
N	300	13,25	1,12	9,55	19,80	2,87	0,62
	600	16,97	1,33	14,13	20,43	1,96	0,60
	1200	14,65	1,07	5,53	21,33	2,13	0,57
Efeito		Q**	NS	NS	NS	NS	NS
	200	13,58	0,97	7,96	17,92	2,50	0,61
P_2O_5	400	14,56	1,26	12,65	17,75	1,53	0,65
	800	15,51	1,23	10,60	17,93	1,86	0,60
	1600	14,10	1,29	10,01	20,56	2,32	0,51
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	100	14,88	1,21	12,97	18,43	1,92	0,61
K_2O	300	14,47	1,03	9,11	19,51	2,08	0,51
	500	14,35	1,34	9,25	18,63	2,47	0,58
	700	14,15	1,18	9,88	17,58	1,73	0,66
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		19,61	28,28	56,08	33,45	103,42	23,08

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Pode-se observar na figura 13 que os teores de N do fruto de maracujá amarelo aumentaram com o aumento da adubação nitrogenada. Verificou-se ajuste ao modelo de regressão quadrática às doses, na dose máxima estimada de 772 kg ha^{-1} de N que proporcionou 16,79 g kg^{-1} de N no fruto.

O nitrogênio foi o segundo nutriente mais contido no fruto, variando de 12,98-16,97 g kg^{-1} de N, apenas em menor concentração que o cálcio. O N é fundamental no desenvolvimento do maracujazeiro, nos estádios vegetativo e reprodutivo. Haag et al. (1973) estudara a absorção de nutrientes no maracujazeiro amarelo e constataram que o N foi segundo nutriente mais absorvido e exportados pelos frutos, ficando atrás somente do potássio.

FIGURA 13 - Nitrogênio do fruto de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- safra 2012/2013.



Os teores de P do fruto não foram influenciados pela adubação com N, P e K. Os frutos apresentaram de 0,97-1,33 g kg^{-1} de P.

A adubação NPK não influenciou o teor de K do fruto, mas observou-se variação inconstante do teor do nutriente com aumento da adubação nitrogenada. Já a adubação potássica embora não tenha apresentado diferenças estatística, houve uma tendência de diminuição do teor K do fruto proporcionado pelo incremento das doses de K.

Quanto ao teor de Ca nos frutos de maracujá amarelo, embora não tenha observado diferenças significativas, mostra aumento dos níveis do nutriente com o aumento da adubação nitrogenada. Segundo Macklon e Sim (1980) o que contéudo de Ca nas plantas de tomate foi maior quando alimentada com nitrato. O efeito foi atribuído, principalmente ao menor potencial elétrico negativo na translocação na raiz medido em plantas adubadas com NH4, e o resultando na redução da força interna condução sobre movimento passivo de cátions bivalentes.

Os teores de Mg e S contidos nos frutos também não apresentaram diferenças significativas às doses de NPK. Os valores verificados foram de Mg= 1,25-2,87 g kg^{-1} e S= 0,51-0,66 g kg^{-1}. Fernandes et al. (1977) estudando a extração

de nutrientes por frutos maracujá amarelo verificaram crescimento linear da produção de matéria fresca e seca até 60 dias de idade dos frutos, estabilizando após este período que coincide com o amadurecimento do fruto. Segundo os autores, com o aumento do fruto em tamanho e idade, decrescem os teores em N, P, Ca e S. Mas, a absorção pelo fruto em quantidade obedece a seguinte ordem decrescente: N, K, S, Mg, Ca e P.

A. 6- Resultados de classificação dos frutos

As Tabelas 14 e 15 apresentam os resultados de classificação dos frutos de maracujazeiro submetidos à adubação com NPK. Os frutos foram classificados pelo seu calibre em milímetros variando de 1 a 5 de acordo com as normas de classificação do CEAGESP (2016).

TABELA 14 – Classificação de frutos de maracujazeiro amarelo em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

Fator	Dose	Classificação (%)				
		Calibre 1 < 55 mm	Calibre 2 55-65 mm	Calibre 3 65-75 Mm	Calibre 4 75-85 mm	Calibre 5 > 85 mm
N	150	4,44	23,70	34,78	31,30	5,78
	300	3,13	18,06	34,17	35,16	9,48
	600	3,87	19,68	36,71	34,46	7,24
	1200	4,29	21,27	37,37	29,79	7,28
Efeito		NS	NS	NS	Q*	NS
P_2O_5	200	3,84	19,09	34,34	34,83	7,90
	400	3,98	20,98	37,05	31,96	6,03
	800	3,63	22,11	34,40	32,52	7,34
	1600	4,29	20,02	36,73	31,54	7,40
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
K_2O	100	5,27	23,00	34,08	29,22	8,43
	300	4,10	21,29	36,55	31,77	6,29
	500	2,86	17,88	37,10	35,00	7,16
	700	3,51	19,87	34,65	34,72	7,25
Efeito		L**	NS	Q**	NS	NS
C.V. (%)		27,39	18,90	8,81	11,78	41,07

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Para o consumo in natura o tamanho dos frutos é uma característica qualitativa importante (AULAR; NATALE, 2013).

Cabe-se salientar que os frutos são comercializados à indústria e/ou '*In natura*' a partir do calibre 2. Estes frutos são denominados frutos comercializáveis, e os frutos de calibre 1 têm baixo valor comercial devido ao seu tamanho e baixo conteúdo de polpa encontrado no seu interior.

Pode-se verificar que houve resposta do N para os frutos classificados no calibre 4. Pode-se verificar que as doses de N influenciaram positivamente no aumento da porcentagem de classificação e quantidade total de frutos de maracujá amarelo neste calibre (Tabela 15).

As doses de potássio proporcionaram aumento na classificação de frutos calibre 3 e consequentemente a porcentagem de frutos com o aumento da dose de potássio. Segundo Senapati e Santra (2011) o potássio influência no transporte de fotossintatos para os órgãos-drenos as plantas como frutos e participa na síntese de várias enzimas e translocação de açúcares, melhorando no tamanho, cor e qualidade dos frutos.

Quanto à adubação fosfatada, esta não influenciou na classificação de frutos de maracujazeiro amarelo.

TABELA 15 – Quantidade de frutos totais de maracujazeiro amarelo por calibre em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

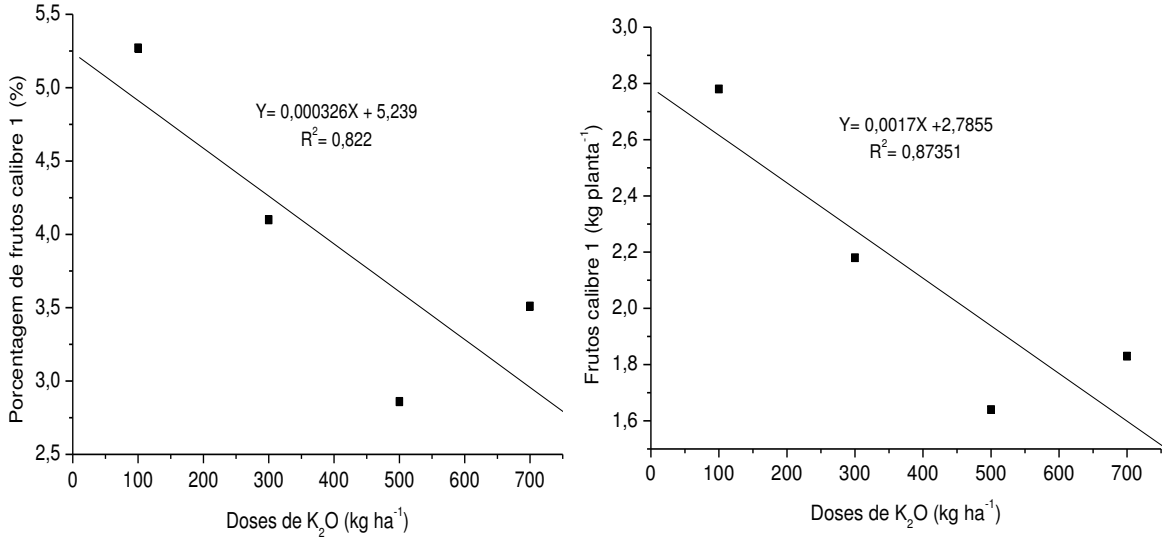
Fator	Dose	Calibre 1	Calibre 2	Calibre 3	Calibre 4	Calibre 5
		..... kg^{-1}				
	150	2,44	28,59	59,26	63,82	14,96
N	300	1,63	20,08	57,68	74,21	24,20
	600	1,84	21,15	57,30	70,12	16,92
	1200	2,53	25,85	63,25	61,78	15,08
Efeito		NS	NS	NS	Q**	NS
	200	1,93	20,66	52,94	67,47	18,72
P_2O_5	400	2,03	24,62	61,87	66,46	15,84
	800	2,09	26,23	60,06	68,15	19,43
	1600	2,39	24,17	62,62	67,85	17,16
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	100	2,78	25,41	57,48	62,01	18,30
K_2O	300	2,18	26,56	64,40	67,22	17,38
	500	1,64	21,77	61,51	70,97	17,71
	700	1,83	21,93	54,10	69,74	17,76
Efeito		L**	NS	Q**	NS	NS
C.V. (%)		29,44	23,38	11,73	11,48	37,11

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Observa-se na figura 14 que as doses de K influenciaram diretamente na redução da porcentagem de frutos calibre 1 e no total de frutos não comerciais. O K influência na regulação da água da planta, aproveitamento do uso de água (BUZETTI et al., 1993) e translocação de fotoassimilados. Esta resposta é significativa para a qualidade de frutos, já que os frutos calibre 1 não são comerciáveis no mercado de fruta fresca e na indústria.

Do ponto de vista econômico a classificação dos frutos de maracujazeiro amarelo é de suma relevância, especialmente quando o mercado de destino final dos frutos é o de fruta fresca.

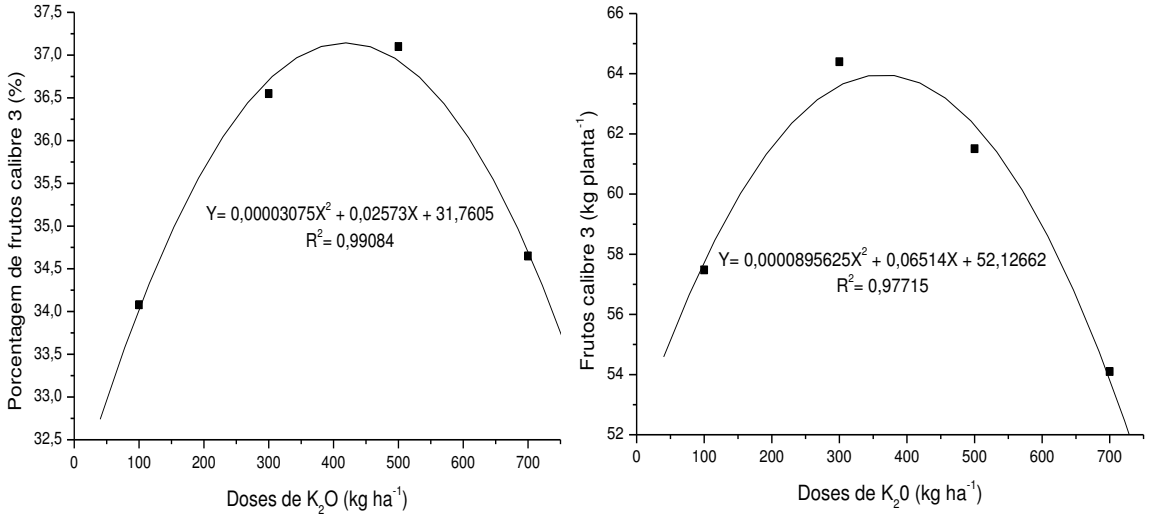
FIGURA 14 – Classificação e quantidade de frutos calibre 1 (55-65 mm) de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação potássica- Safra 2012/2013.



Os frutos maracujá são comercializados no CEAGESP-SP de acordo com a variedade (amarela, roxo ou doce), qualidade dos frutos (com ou sem defeitos nos frutos) e classificação (Calibre 1-5). Os frutos calibre 1 (>55 mm) não possuem valor comercial, somente os frutos de calibre 2 acima são comercializados. Pode-se verificar que a percentagem de frutos não comercializáveis decresceu com o aumento das doses de K, sendo que a dose 100 kg ha^{-1} de K_2O cerca de 5,27% da produção total da área era fruto calibre 1, contudo, com o aumento da dose de K_2O a 500 kg ha^{-1} ocorreu redução de 45,74% de frutos não comerciais na produção total. Lucas (2002) também verificou queda na produção não comercial de frutos com aumento de doses de potássio em maracujazeiro.

Os frutos classificados no calibre 3 responderam à adubação potássica influenciando na classificação de frutos. Comprova-se o efeito do nutriente sobre a classificação de frutos, ou seja, o K proporcionou aumento dos frutos de padrão comercial (figura 15). A resposta obtida com as doses de K segue o modelo de regressão quadrática, conforme elevou-se a dose de potássio a 300 kg ha^{-1} de K_2O, o qual refletiu no aumento da porcentagem de frutos comerciais (calibre 3), porém até a dose estimada de 418,37 kg ha^{-1} de K_2O, após esta dose houve queda na classificação destes frutos com a percentagem máxima de 37,14% de frutos calibre tipo 3.

FIGURA 15 – Classificação e quantidade de frutos calibre 3 (65-75 mm) de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação potássica- Safra 2012/2013.

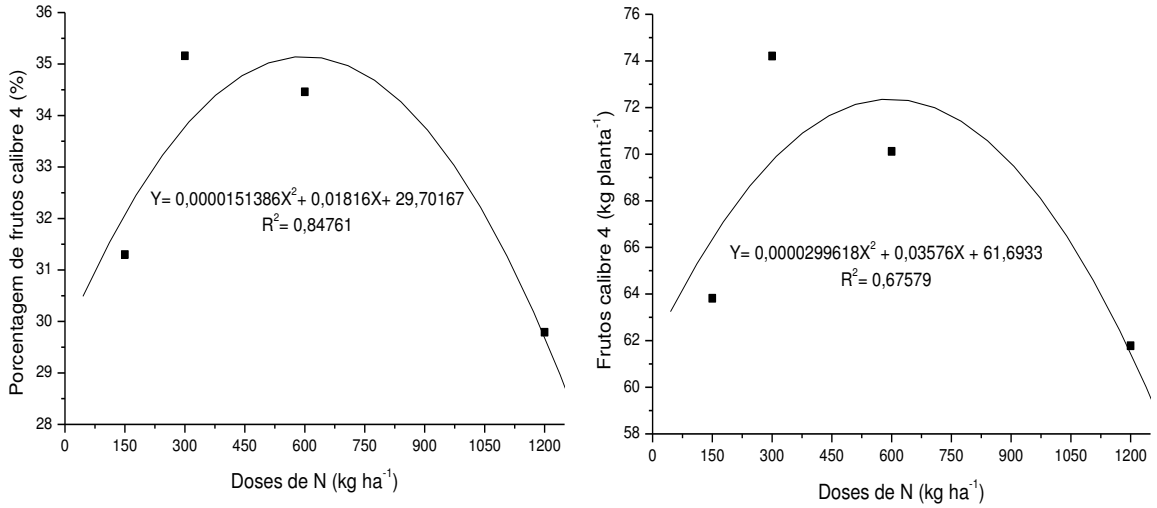


Os frutos calibre 3 também seguiram comportamento quadrático às doses de K, sendo que a máxima quantidade de frutos 64,72 kg^{-1} foi obtida na dose estimada de 374,98 kg ha^{-1} de K_2O.

Estudos demostram o K como nutriente fundamental na qualidade de frutas. O nutriente tem papel importante e interfere em diversos aspectos nos frutos como: peso do fruto, comprimento, brix, acidez titulável, diâmetro do fruto e vitamina C. Essa característica do potássio sobre a qualidade de frutos, segundo Epstein e Bloom (2006) está relacionada à alguns fatores como o seu papel na ativação de enzimas. Ele atua no transporte através das membranas e também no transporte de outros nutrientes.

Observou-se que os frutos calibre 4, responderam à adubação nitrogenada para a classificação e quantidades de frutos de maracujazeiro. Nota-se na figura 16, o efeito quadrático proporcionado pelas doses de N às características analisadas.

FIGURA 16 – Classificação e quantidade de frutos calibre 4 (75-85 mm) de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- safra 2012/2013.



Com a dose 300 kg ha^{-1} de N observou-se a melhor resposta para o calibre 4 com 35,16% e 74,21 kg planta^{-1} de frutos, respectivamente. Contudo, a partir da dose estimada de 596 kg ha^{-1} de N, verificou-se um forte decréscimo das duas variáveis. Carvalho et al. (2002) encontraram resultados semelhantes, efeito quadrático, como o aumento das doses de nitrogênio sobre a produção comercial de frutos. Borges et al. (2003) verificaram efeito negativo para o número de frutos comerciais de maracujazeiro amarelo com o acréscimo das doses de nitrogênio.

Na planta, o N é acumulado nos ramos jovens e folhas adultas não senescentes (PRADO, 2013). Ou seja, o nitrogênio estimula as plantas a vegetarem e produzir mais área foliar. A dose máxima de 1200 kg ha^{-1} de N estimulou as plantas produziram mais ramos e folhas do que flores, e pode ter ocasionou competição entre os órgãos vegetativos e reprodutivos, refletindo queda da produção do número de frutos totais calibre 4.

Calculou-se a valor da produção (VP) pela classificação do fruto, de acordo com preço pago por cada calibre de fruto de maracujá amarelo pelo Ceagesp-SP, utilizando a seguinte fórmula:

$$VP = \frac{(R\$\ cal.\ 1 \times massa\ cal.\ 1) + (R\$\ cal.\ 2 \times massa\ cal.\ 2) + (R\$\ cal.\ 3 \times massa\ cal.\ 3) + (R\$\ cal.\ 4 \times massa\ cal.\ 4) + (R\$\ cal.\ 5 \times massa\ cal.\ 5)}{massa\ total}$$

Sendo que:

- a produtividade média estimada em um hectare ou massa total de 43,36 Mg ha^{-1};
- Utilizou-se a porcentagem obtida de calibre na classificação,

Calibre 1= 3,93%; Calibre 2= 20,51%; Calibre 3= 35,59%; Calibre 4= 32,67% e Calibre 5= 7,30%,

- O valor médio do kg^{-1} de cada calibre do (CEAGESP-SP, 2014)

Calibre 1 R$= 1,15; Calibre 2 R$= 1,53; Calibre 3 R$= 2,69; Calibre 4 R$= 3,46 e Calibre 5 R$= 4,61;

- massa calibre 1(mc1) = (0,0393* 43360)= 1704 kg ha^{-1}; mc2= (0,2051* 43360)= 8893 kg ha^{-1}; mc3= (0,3559* 43360)= 15431 kg ha^{-1}; mc4= (0,3267* 43360)= 14165 kg ha^{-1} e mc5= (0,073* 43360)= 3165 kg ha^{-1}.

$$VP = \frac{(1,15 \times 1704) + (1,53 \times 8893) + (2,69 \times 15431) + (3,46 \times 14165) + (4,61 \times 3165)}{43360}$$

VP (R$) = 106.086.51

De acordo com o resultado obtido o valor da produção baseado na classificação (calibre x massa) dos frutos, demonstrou uma receita bruta de R$ 103.086,51 ha^{-1} com a venda dos frutos de maracujá amarelo.

Pode-se afirmar que o cultivo do maracujá é rentável aos produtores na região de Presidente Prudente-SP, e quanto maior for a porcentagem de frutos de calibre 3-5 maior será a receita bruta, consequetemente a lucratividade do sistema de produção do maracujazeiro amarelo.

A. 7- Resultado na qualidade dos frutos

Os resultados de qualidade de frutos estão apresentados na tabela 16 e 17.

TABELA 16 – Valores de pH da polpa, vitamina C, solúveis totais (BRIX), acidez titulável (ATT), relação sólidos solúveis/acidez (ratio) de frutos de maracujazeiro amarelo submetida a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

Fator	Dose	pH	Vit. C	Brix	ATT	Ratio
			mg100ml	%	g 100 ml	SST/ATT
	150	2,98	29,23	12,81	2,09	6,17
N	300	2,88	24,19	12,92	2,07	6,28
	600	2,94	28,22	12,51	1,86	6,76
	1200	2,97	23,18	12,37	1,99	6,29
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	200	3,01	27,21	12,78	1,96	6,66
P_2O_5	400	2,90	23,18	12,73	2,06	6,18
	800	2,96	28,22	12,56	2,07	6,08
	1600	2,94	26,20	12,53	1,92	6,56
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	100	2,95	24,19	12,76	2,02	6,35
K_2O	300	2,96	28,22	12,30	1,92	6,48
	500	2,92	25,20	13,16	2,05	6,42
	700	2,94	27,21	12,40	2,02	6,24
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		4,18	24,92	8,74	10,17	10,64

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

A determinação da qualidade consiste na avaliação de diferentes características dos frutos, destacando-se o tamanho, o formato, a aparência, a cor, a textura (externos), do sabor, do valor nutricional, da acidez, do teor de sólidos solúveis totais (internos). A aparência das frutas é de grande importância, uma vez que o consumidor "come com os olhos", e somente compra o que lhe parece mais atrativo (AULAR; NATALE, 2013).

O pH ($CaCl_2$) da polpa não sofreu alteração com as doses de NPK, variando o pH de 2,94 a 3,01 em cloreto de cálcio. A acidez presente da polpa é imprescindível para qualidade do fruto, pois ela é um dos requisitos exigido pelos consumidores no preparo de vários produtos e derivados que podem ser fabricados com a polpa do fruto: sucos, geleias, tortas, doces, etc. As ausências de resposta no pH da polpa de maracujá amarelo também foram observadas por Tosta (2009)

com valor de 2,98 com adubação variando doses de N e ao encontrado por Borges et al. (2006) com pH de 3,08 para os frutos maduros de maracujá.

A característica de vitamina C também não foi influenciada pela adubação, sendo verificados valores médios de 23,18 a 28,22 mg de ácido ascórbico por 100 mL de suco. Segundo Fernandes Chitarra e Bosco Chitarra (2005) a vitamina C pode ser utilizado como um índice de qualidade dos alimentos, porque varia no produto de acordo com as condições de cultivo.

O teor de sólidos solúveis totais da polpa ou brix não respondeu às doses de NPK, apresentando média de 12 ºBrix. Fato pode ser explicado pelo efeito de diluição da concentração dos SST devido ao elevado índice de chuvas precipitada nos meses de fevereiro e março na safra de 2012/2013 (Figura 1) que antecederam a colheita dos frutos para as análises químicas de frutos. Os autores Borges et. al. (2003) e Venâncio et al. (2013) da mesma maneira não verificaram efeito sobre o brix dos frutos. Ripardo (2010) constatou o mesmo resultado com maracujá 'roxinho do Kenia' adubado com doses de NPK.

O SST indica quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa das frutas. São comumente designados como ºBrix e têm tendência de aumento com o avanço da maturação (FERNANDES CHITARRA; BOSCO CHITARRA, 2005). Os sólidos solúveis do suco de maracujá devem ser de no mínimo 11 ºBrix a 20 ºC (SOUZA; SANDI, 2001).

A característica de acidez titulável da polpa não foi influenciada pelos tratamentos, ocorrendo pouca variação no fruto. Resultados semelhantes foram observados por Venâncio et al. (2013), Fortaleza et al. (2005), Borges et al. (2003) para ATT em frutos de maracujá amarelo submetidos à adubação nitrogenada e potássica. A acidez total, expressa em ácido cítrico deve ser de, no mínimo, 2,50 g/100g (SOUZA; SANDI, 2001). Mas, atualmente o mercado também tem buscado frutos com menor teor de acidez, pois são melhores para indústria de sucos e consumo 'in natura' que gasta menos aditivos para adequar a acidez do fruto (KONDO; HIGUICHI, 2013).

Como não houve efeito significativo sobre o brix e acidez dos frutos, o ratio (relação de SST/ATT), consequentemente não apresentou resultado. Resultados semelhantes foram obtidos por Venâncio et al. (2013); Borges et al. (2006) e Carvalho et al. (2000) com o maracujazeiro amarelo, não observando

quaisquer respostas da adubação nitrogenada sobre as características qualitativa de frutos.

A relação SS/ATT é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, sendo mais representativa que a medição isolada dos açúcares ou da acidez. Essa relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes, devendo-se especificar o teor mínimo de sólidos e o máximo de acidez, para se ter uma idéia mais real do sabor (FERNANDES CHITARRA; BOSCO CHITARRA; 2005).

O fato de não ter sido verificada resposta à nutrição mineral, principalmente com as doses de K para qualidade de fruto, foi provavelmente devido ao alto teor inicial de K do solo (Tabela 2). Ou seja, concentração de K do solo foi suficiente para suprimir a demanda dos frutos de maracujá.

Os resultados observados nas características físico-químicas de comprimento, massa do fruto, espessura de casca e rendimento de polpa estão apresentados na Tabela 17 e 18 em respostas as doses de N, P_2O_5 e K_2O.

O rendimento de polpa que é um dos atributos agronômico mais importante analisado em frutos de maracujá, não sofreu interferência das doses de N, P e K. Este resultado pode ser devido à combinação de dois fatores à polinização artificial realizada nas flores e nutrição adequadas das plantas (Tabela 11 e 12) constatadas na análise foliar que proporcionou rendimento de polpa satisfatório nos frutos, e consequentemente não refletiu em diferença neste atributo. O rendimento da polpa variou de 41,55 a 43,31 % de polpa apresentando resultados superiores a Borges et al. (2003) e Tosta (2009).

Dados obtidos por Venâncio et al. (2013) mostram valores de 32,3 a 41% no rendimento de polpa, e Ripardo (2010) obteve 35,60% de rendimento com maracujá roxo que geralmente apresenta relação mais favorável de polpa e casca. Todos estes autores não observaram efeito das doses de N sobre a característica.

TABELA 17 - Espessura da casca e comprimento do fruto de frutos de maracujazeiro amarelo submetida a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

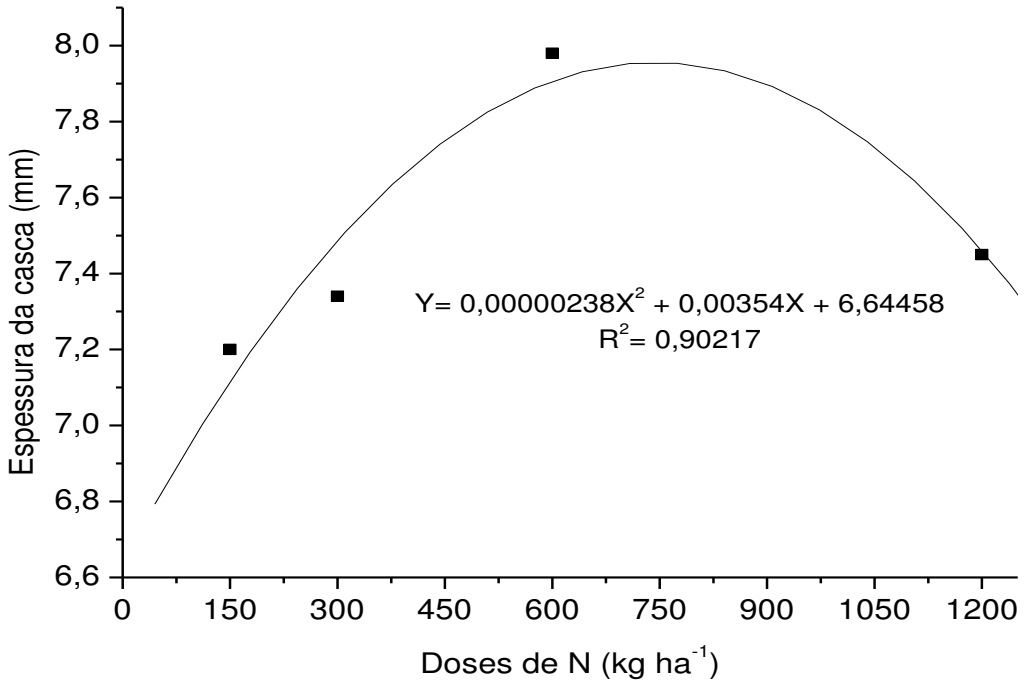
Fator	Dose	Espessura da casca	Comprimento do fruto
		mm	mm
	150	7,20	106
N	300	7,34	106
	600	7,98	107
	1200	7,45	106
Efeito		Q**	NS
	200	7,41	105
P_2O_5	400	7,49	106
	800	7,57	107
	1600	7,50	107
Efeito		NS	NS
	100	7,45	107
K_2O	300	7,29	106
	500	7,45	105
	700	7,78	106
Efeito		NS	NS
C.V. (%)		6,30	2,39

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

A espessura de casca aumentou com aumento da aplicação de N, obtendo a resposta máxima (7,96 mm) na dose estimada de 743,69 kg ha^{-1} de N, após esta dose houve decréscimo da espessura de casca dos frutos de maracujazeiro verificado na figura 17.

O aumento da espessura de casca dos frutos não é interessante para os consumidores do fruto, principalmente quando o mercado em vista seja o de frutas frescas, ou seja, comércio '*in natura*' para o maracujá amarelo, pois o aumento da espessura interfere diretamente na redução do rendimento de polpa dos frutos. Contudo, para os produtores de maracujá uma maior espessura de fruto é bom, pois o fruto é comercializado por tamanho e não rendimento em polpa. Apesar de não existir sempre uma correlação positiva entre espessura x tamanho em frutos, porém quando o maracujá apresenta casca mais grossa o seu diâmetro (calibre) também cresce.

FIGURA 17 – Espessura de casca de frutos de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013.



Tosta (2009) verificou resultado similar onde o aumento da adubação nitrogenada promoveu uma resposta polinomial quadrática para a espessura da casca de frutos de maracujá amarelo, sendo o máximo valor (7,5 mm) com a dose máxima estimada de 200,37 kg ha^{-1} de N.

Mendonça (2009) também observou respostas na espessura casca dos frutos quando se aumentou a adubação nitrogenada. Por outro lado, Venâncio et al. (2013) e Borges et al. (2003) estudaram o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção e qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo, não constataram resultado a variável. O decréscimo da variável com a aplicação da dose de 1200 kg ha^{-1} de N pode ser devido à interação antagonista que ocorreu entre o N e K, onde o excesso de N diminui a absorção de K no fruto (Tabela 13). O e o K é nutriente importante na qualidade do fruto em função de atuar na turgidez das células e aumento de peso de fruto.

O comprimento do fruto não respondeu às doses de NPK, verificando valores constantes de 106 e 107 mm, provavelmente devido à nutrição adequada das plantas, manejo e clima favorável durante a produção. Quando esses fatores são bem semelhantes na cultura, o que faz responder a característica é o fator

genético, ou seja, é influenciado pela característica hereditária presente na semente da cv. Sul-Brasil afruvec.

Araújo et al. (2005), Lucas (2002) também não verificaram respostas da adubação potássica sobre o comprimento de frutos de maracujá amarelo. O tamanho ou comprimento é uma característica física inerente às espécies ou cultivares, mas podem ser utilizados como atributos de qualidade para seleção e classificação dos produtos de acordo com a conveniência do mercado consumidor. (FERNANDES CHITARRA; BOSCO CHITARRA, 2005).

Também não se observaram diferenças estatísticas na massa do fruto, explicado pela adequada combinação dos fatores: polinização artificial das flores, nutrição das plantas e clima satisfatório ao desenvolvimento dos frutos. A massa do fruto e rendimento de polpa normalmente estão correlacionados positivamente. Como não houve diferença entre as doses de NPK sobre o rendimento de polpa o mesmo foi verificado na variável de massa do fruto. Carvalho et al. (2000) e Borges et al. (2003) também não observaram efeito da adubação nitrogenada e potássica nas características qualitativas de frutos de maracujá amarelo.

Os resultados de rendimento de polpa de frutos de maracujazeiro amarelo em resposta da adubação mineral estão apresentados na tabela 18. Os frutos de calibre 1 não foram avaliados devido a irrelevância na comercialização de frutos de maracujá.

TABELA 18– Rendimento de polpa de cada calibre de frutos de maracujazeiro amarelo, em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

Fator	Dose	Rendimento de polpa (%)			
		Calibre 2	Calibre 3	Calibre 4	Calibre 5
N	150	33,78	41,73	44,17	46,12
	300	37,89	43,12	44,65	44,09
	600	36,85	42,54	44,20	41,50
	1200	37,89	42,28	45,15	44,58
Efeito		NS	NS	NS	NS
P_2O_5	200	34,11	44,31	44,37	44,31
	400	35,21	41,28	42,92	42,93
	800	38,60	42,91	44,83	45,63
	1600	39,09	44,17	46,06	43,43
Efeito		NS	NS	NS	NS
K_2O	100	37,66	44,29	45,71	44,67
	300	34,82	43,26	45,61	43,48
	500	37,92	43,25	44,50	44,56
	700	36,01	41,87	42,35	43,58
Efeito		NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		15,82	10,96	6,99	6,10

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Pode-se observar que não houveram respostas da nutrição mineral com nitrogênio, fósforo e potássio sobre conteúdo de polpa dos frutos de maracujá amarelo.

O rendimento de polpa médios de frutos calibre 2 demonstraram conter menor conteúdo de polpa em comparação aos frutos de calibre 3, 4 e 5.

Os calibres dos frutos de maracujazeiro também não foram influenciados pela adubação com N, P_2O_5 e K_2O. Os valores de peso médio de cada calibre estão descritos na tabela 19.

TABELA 19 – Massa média de cada calibre de frutos de maracujazeiro amarelo, em respostas a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

Fator	Dose	Massa média de frutos (g)				
		Calibre 1	Calibre 2	Calibre 3	Calibre 4	Calibre 5
	150	66	144	204	248	323
N	300	64	138	205	259	321
	600	60	139	200	257	320
	1200	72	149	210	263	329
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	200	65	143	204	256	315
P_2O_5	400	64	144	206	258	325
	800	66	139	204	249	320
	1600	66	145	206	269	333
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
	100	64	134	206	263	328
K_2O	300	61	145	206	251	328
	500	70	149	207	256	316
	700	66	142	201	257	322
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		12,10	8,72	3,80	6,39	5,63

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Os resultados verificados na massa média dos calibres de frutos de maracujá amarelo, demonstra que não houve resposta dos nutrientes N, P_2O_5 e K_2O sobre a variável analisada.

Os valores de massa média no calibre tipo 1 dos frutos variaram 60-72 g, calibre 2 de 134-149 g, calibre 3 de 200-210 g, calibre 4 de 248-263 g e calibre 5 de 315-333 g por fruto.

A. 8- Produção de frutos

Os resultados de produção do maracujazeiro amarelo estão apresentados para as combinações de doses de N, P e K (Tabela 20). Na análise de percentagem de frutos comerciais considerou-se somente os frutos de calibre 3, 4 e 5, devido ao seu maior valor de comercialização '*in natura*' no CEAGESP-SP. Contudo, os frutos calibre 2 podem ser destinado à indústria (produção de polpa).

Pode-se verificar que o parâmetro de produtividade total não apresentou diferença significativa entre as doses de NPK. Os melhores resultados foram de 29,43 kg planta^{-1} quando se aplicou a dose de 300 kg ha^{-1} de N; 29,16 kg planta^{-1} na dose de 800 kg de P_2O_5 e 29,27 kg planta^{-1} na dose de 300 kg de K_2O, respectivamente. Esses valores correspondem à produtividade de 44,58 Mg ha^{-1} de frutos de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação com nitrogênio; 44,17 Mg ha^{-1} para fósforo e 44,35 Mg ha^{-1} no potássio.

Tabela 20 – Produtividade total, número de frutos totais, percentagem de frutos comerciais e produção comercial de frutos de maracujazeiro amarelo submetida a doses de N, P_2O_5 e K_2O- Safra 2012/2013.

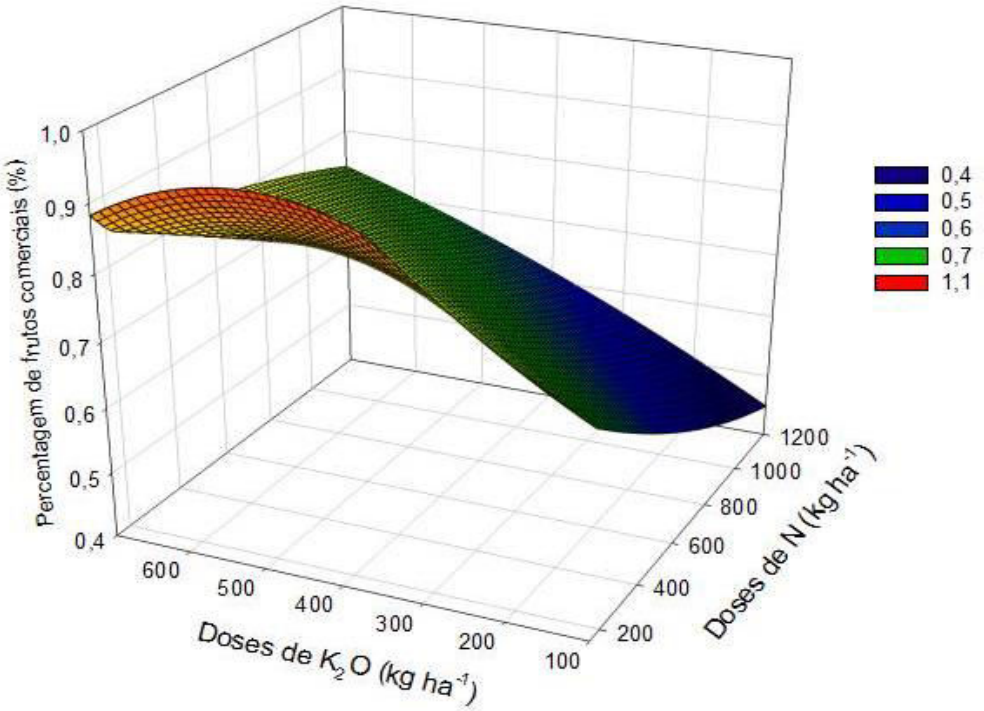
Fator	Dose	Produtividade		NFT	Perc. comercial	Produção commercial
		kg planta^{-1}	Mg ha^{-1}	total	%	Mg ha^{-1}
	150	28,74	43,54	828	71,87	31,29
N	300	29,43	44,58	816	78,75	35,10
	600	28,40	43,02	793	77,25	33,23
	1200	27,92	42,30	801	74,37	31,45
Efeito		NS	NS	NS	Q**	Q*
	200	27,47	41,62	755	77,00	32,04
P_2O_5	400	28,89	43,77	808	75,12	32,88
	800	29,16	44,17	850	74,25	32,79
	1600	28,96	43,88	827	75,87	33,29
Efeito		NS	NS	Q*	NS	NS
	100	27,99	42,40	815	71,75	30,42
K_2O	300	29,27	44,35	851	74,75	33,15
	500	28,62	43,37	795	79,12	34,31
	700	28,60	43,33	777	76,62	33,19
Efeito		NS	NS	NS	L**	L*
C.V. (%)		6,51	6,51	7,93	5,24	7,63

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

Na safra de 2012/2013 não houve resultado significativo para a produtividade total. Os autores Carvalho et al. (2000) e Borges et al. (2002) também não verificaram efeito das doses de NPK sobre a produtividade de maracujá amarelo.

A característica de percentagem de frutos comerciais respondeu à interação entre as doses de N e K aplicadas no solo, verificado na superfície de resposta na figura 18.

FIGURA 18 – Efeito do N e K sobre a percentagem de frutos comerciais de maracujazeiro amarelo. Presidente Prudente- SP- Safra 2012/2013.

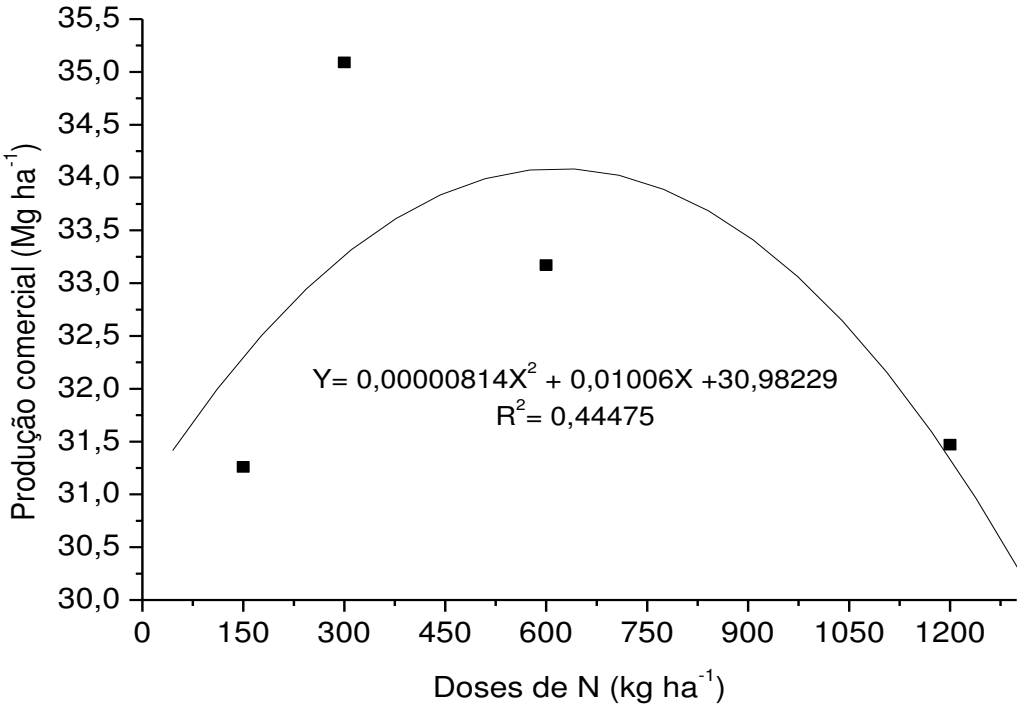


$Y= 0,85+0,0036x10^7N-0,04x10^7N^2+0,033x10^7K-0,030x10^6K^2+0,021x10^{-7}NxK$
$R^2 =0,46$ ($p<0,005$)

Pode-se verificar que o melhor resultado para a percentagem de frutos comerciais foi com a combinação da utilização das menores doses de N entre 200 a 400 kg ha^{-1} com as maiores doses K_2O de 500-600 kg ha^{-1} aplicadas no solo.

A produção comercial de frutos respondeu ao modelo regressão polinomial quadrático (Figura 19), o aumento da dose de nitrogênio proporcionou aumento no número de frutos comerciais. Todavia, a produção máxima de frutos comerciais ajustada no modelo de regressão foi 34,09 Mg ha^{-1} e a partir da dose de 617,93 kg ha^{-1} de N, ocasionou perda da produção de frutos comerciais. A dose de 300 kg ha^{-1} de nitrogênio verificou-se a melhor resposta na produção comercial a qual foi de 35 Mg ha^{-1} de frutos, ou seja, 29,43 kg planta^{-1} de frutos de maracujá amarelo.

FIGURA 19 – Produção de frutos comerciais de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013.

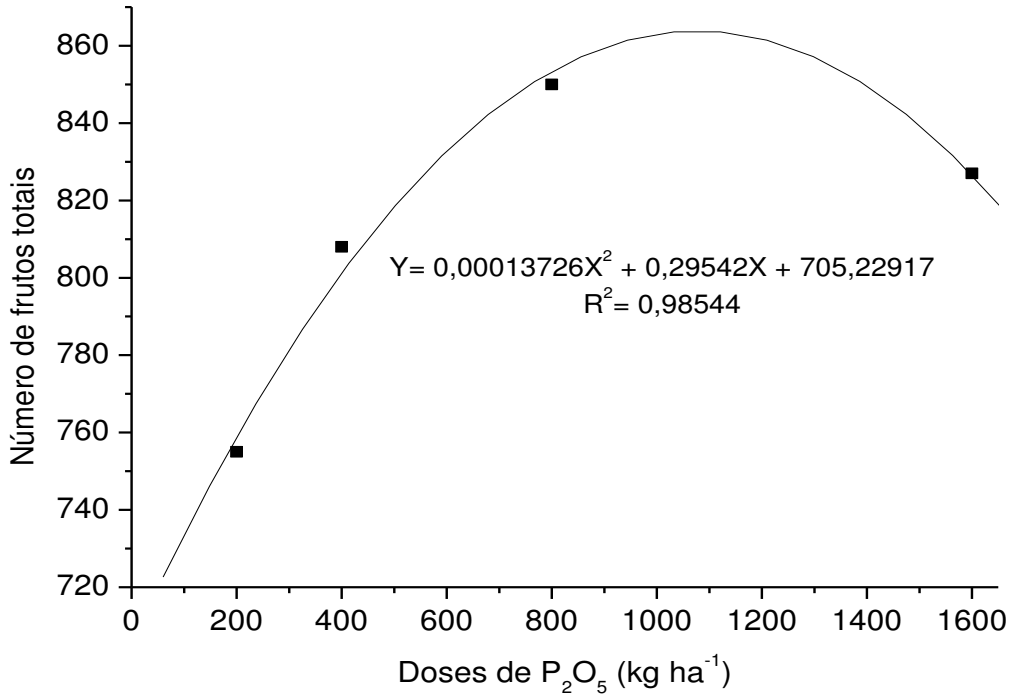


Respostas semelhantes foram obtidas por Tosta (2009) e Carvalho et al. (2000) com efeito polinomial quadrático, para número de frutos tendo o máximo valor estimado foi de 163 ,7 frutos planta^{-1}com a aplicação de 408,33 kg ha^{-1} de N. Já para Fontes (2005) o aumento da adubação nitrogenada em maracujazeiro promoveu uma resposta linear crescente no número de frutos com total de 68 frutos.

Este comportamento da curva de produção comercial com o aumento da adubação nitrogenada verificado segundo Menzel et al. (1991) pode ser explicado pelo excesso de N que pode estimular o crescimento vegetativo e inibir o florescimento.

O número máximo estimado foi de 864 frutos sendo influenciado pelas doses de P_2O_5 (Figura 20) verificando comportamento quadrático às doses na análise de regressão. A adubação fosfatada proporcionou acréscimo do número de frutos de maracujazeiro. Contudo, a partir da dose estimada de 1076,13 kg ha^{-1} de P_2O_5, se verificou decréscimo do número de frutos.

FIGURA 20 – Número de frutos totais de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação fosfatada- Safra 2012/2013.

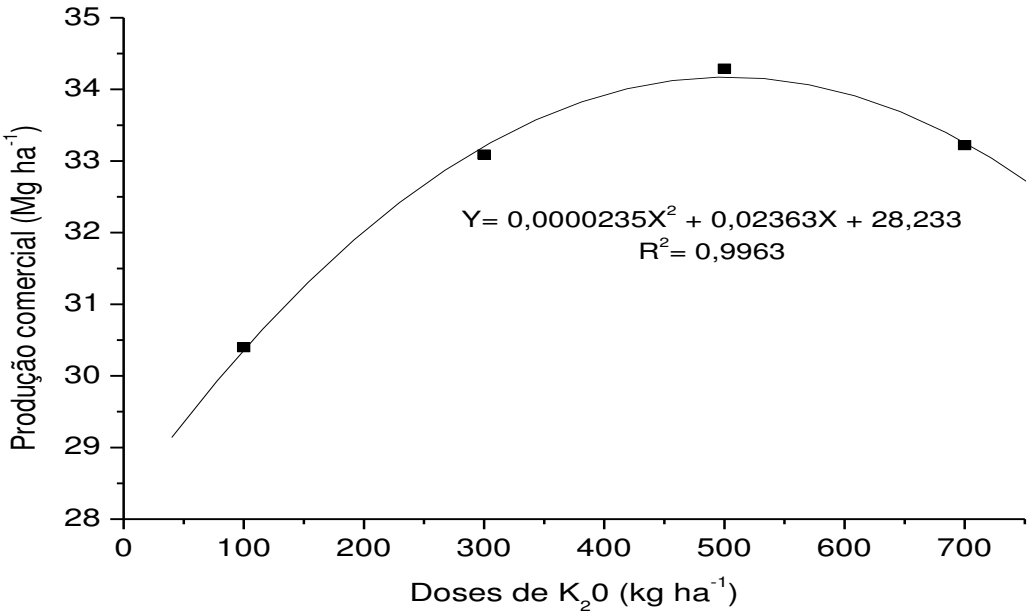


A diminuição do número de frutos de maracujazeiro com a dose de 1600 kg ha^{-1} de P_2O_5 pode ser devido ao desequilíbrio nutricional entre os nutrientes quando se eleva somente um dos elementos. Pode-se constatar que o K do fruto (Tabela 13), nutriente importante no pegamento de frutos decresceu com as doses de 800 e 1600 kg ha^{-1} de P_2O_5.

Santos et al. (2014) verificaram efeito positivo do P sobre o número de frutos de maracujazeiro, obtendo-se a máxima resposta observada nas plantas adubadas com superfosfato triplo com 16,9 g cova para com 372 frutos $planta^{-1}$. Mendonça et al. (2006) também constataram os efeitos de fontes e doses de fósforo na cultura do maracujazeiro amarelo com o melhor resultado de 79 frutos $planta^{-1}$.

A adubação potássica influenciou positivamente na produção comercial de frutos de maracujazeiro amarelo, ajustando-se ao modelo de regressão quadrático. Pode se verificar que o aumento da dose de K_2O proporcionou melhoria produção de frutos comerciais (Figura 21) de frutos tipos 2, 3, 4 e 5.

FIGURA 21 – Produção de frutos comerciais de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação potássica- safra 2012/2013.



Araújo et al. (2005) observaram respostas positivas na produção de frutos de maracujá em trabalho com K em solução nutritiva. Lucas (2002) estudando a interação entre irrigação e doses de potássio (0 a 0,8 kg/planta^{-1}) em maracujazeiro amarelo, observou resposta significativa da adubação potássica na produção comercial de frutos. De acordo o com autor, a produtividade variou entre 9852 a 12109 kg ha^{-1}.

O K está diretamente ligado a qualidade de frutos e a sua importância é porque o nutriente é responsável pela manutenção do turgor célular das plantas, abertura e fechamento dos estômatos, além de ser requerido na acumulação e translocação de carboidratos nas plantas e seus orgãos (TAIZ; ZAIGER, 2012).

A. 9- Resultados de exportação de nutrientes

Os resultados de exportação de nutrientes pelo fruto são apresentados na tabela 21, em respostas à nutrição mineral de nitrogênio fósforo e potássio. Houve influência positiva e significativa à exportação de nitrogênio quando submetidos à adubação nitrogenada.

TABELA 21 – Estimativa de exportação pelo fruto de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, em kg ha^{-1} com base na produtividade obtida com frutos de maracujazeiro amarelo submetido a doses de N, P e K- Safra 2012/2013.

Fator	Dose	Prod	N	P	K	Ca	Mg	S
		Mg ha^{-1}	..... kg ha^{-1}.....					
	150	43,54	85,17	8,16	78,13	82,47	8,19	3,75
N	300	44,58	86,89	7,40	62,81	128,67	18,38	4,07
	600	43,02	106,76	8,42	90,87	129,56	12,30	3,74
	1200	42,30	90,18	6,47	33,68	130,94	13,05	3,50
Efeito		NS	Q**	NS	NS	NS	NS	NS
	200	41,62	83,85	6,03	49,58	110,28	15,36	3,78
P_2O_5	400	43,77	94,46	8,13	81,56	115,30	9,80	4,16
	800	44,17	99,87	7,97	69,87	115,51	11,99	3,86
	1600	43,88	90,82	8,32	64,47	130,56	14,77	3,26
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	100	42,40	94,00	7,67	82,43	116,63	12,10	3,86
K_2O	300	44,35	91,96	6,57	58,63	126,03	13,34	3,26
	500	43,37	93,92	8,79	61,46	119,13	15,62	3,83
	700	43,33	89,12	7,42	62,96	109,86	10,85	4,10
Efeito		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)		7,49	19,47	28,98	58,12	33,04	100,34	21,34

L: linear; Q: quadrático; NS: não significativo; * significativo (0,10 > P > 0,05); ** significativo (P < 0,05).

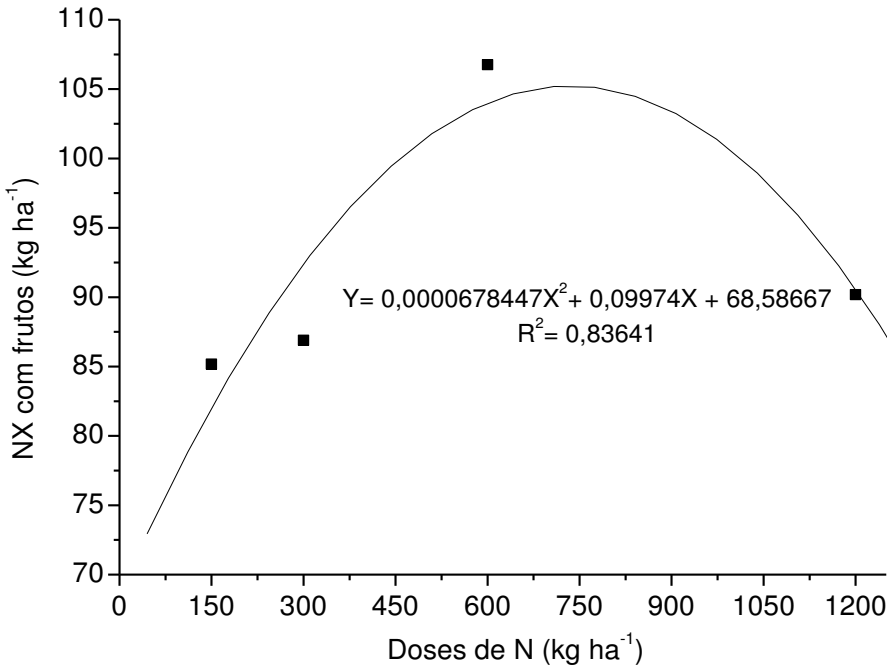
A exportação de nutrientes pelos frutos de maracujazeiro refletiu a resposta observada no teor nutricional dos frutos (Tabela 13), já que o total de N exportado é teor dos nutrientes contidos nos frutos em relação à produtividade total de um hectare.

No cálculo de exportação de nutrientes foi realizado pela seguinte fórmula= teor do nutriente do fruto * % de massa de matéria seca do fruto (13-14%) * produtividade total de estimada ha^{-1}. Neste cálculo a produtividade precisa separada pela porcentagem verificada na classificação de cada calibre de fruto, devido que a massa média de frutos de maior calibre também apresentar maior quantidade nutrientes exportado do que os frutos de tamanho e consequentemente, massa menor.

A quantidade máxima de nitrogênio exportada com frutos foi de 105,24 kg ha^{-1} de N na dose estimada de 735,06 kg ha^{-1} de N. Após esta dose nota-se

efeito de uma curva polinomial quadrática onde a quantidade de N decresceu para 90,18 kg ha^{-1} na dose máxima de 1200 kg ha^{-1} de N aplicada no solo (Figura 22).

FIGURA 22 - Nitrogênio exportado pelos frutos de maracujazeiro amarelo em resposta a adubação nitrogenada- Safra 2012/2013.



O decréscimo provocado pela dose máxima de 1200 kg ha^{-1} de N na exportação de N pode ser devido à deficiência de K. Pode-se observar que a dose excessiva de N reduziu a exportação de K pelos frutos de maracujazeiro (Tabela 13). O K é nutriente responsável pela translocação de açúcares e carboidratos da planta para os frutos.

Em maracujazeiro doce, Dutra et al. (2015) verificou a resposta linear na exportação de N com acréscimo das doses de ureia. A quantidade máxima de N extraída estimada para uma tonelada de fruto foi 0,74 kg de N com a dose máxima de 350 g N planta^{-1} ano^{-1}, ou seja, supondo que ele produzisse as mesmas 43 Mg ha^{-1} a sua exportação de N seria de 31,82 Kg ha^{-1}. Pode-se concluir que ressaltando-se que há diferenças entre as espécies e variedade, a exportação de N foi superior a Dutra.

Observando-se os resultados na exportação dos macronutrientes comprova-se que o Ca foi nutriente mais exportado, seguidos do N e K.

Conhecendo a exportação de nutrientes pela planta pode-se ter maior segurança ao recomendar antes do início do plantio a realização de calagem para fornecer Ca ao solo e, posteriormente, uma adubação equilibrada de cobertura com N e K. Haag et al. (1973) verificaram na exportação de macronutrientes em frutos de maracujá amarelo a seguinte ordem decrescente: K>N>P>Ca>Mg>S. Por outro lado, Dutra et al. (2015) com maracujá doce, obteve a seguinte sequência de decrescente de exportação de macronutrientes: K>N>S>P>Mg>Ca. Nas condições experimentais realizadas constatamos a seguinte ordem de exportação de nutrientes em frutos de maracujazeiro amarelo: Ca>N>K>Mg>P>S.

O P apesar de ser pouco absorvido pelo maracujazeiro é de extrema importância na produção de frutos. Ele é o nutriente responsável por fornecer energia às plantas no processo de fotossíntese na produção de ATP, NADP NAPH. De acordo com Haag et al. (1973) o maracujazeiro amarelo exporta 6,90 kg ha^{-1} de P, para uma produtividade de 16,3 kg ha^{-1} de frutos. De acordo com Hafle (2009) a produtividade de frutos (kg ha^{-1}) mostra comportamento bastante semelhante ao que ocorre para o número de frutos por planta.

Na cultura do maracujazeiro amarelo apenas os nutrientes contidos nos frutos são exportados da área, sendo importante conhecermos a quantidade de cada nutriente exportado com os frutos para elaboração de um programa de adubação mineral adequado às plantas.

A exportação de Mg e S variaram de 8,19-18,38 kg ha^{-1} e 3,26-16 kg ha^{-1}, respectivamente. Estes nutrientes foram o 4º e o 6º na ordem de exportação pela cultura nas condições avaliadas, de solo arenoso e de alta produção de frutos por área. De acordo com os resultados encontrados para a extração de nutrientes pela planta de maracujazeiro amarelo deve-se estudar cada local ou região de maneira individual antes de recomendar a adubação da cultura. Tornou-se necessário conhecer o tipo de solo, manejo cultural, clima do local e as características do material que se trabalha, para não ocorrer erros na nutrição das plantas e acarretar queda de produção.

5 CONCLUSÃO

1. O N influenciou na produção de frutos de comerciais e na classificação de frutos comerciais. No entanto, nos parâmetros de qualidade de frutos somente a variável de espessura de casca respondeu positivamente as doses de N.

2. As doses de N alteraram os teores foliares de N das plantas. O teor de N foliar e do fruto aumentou com a adubação nitrogenada, influenciando na exportação do nutriente pelos frutos de maracujá amarelo.

3. As doses de P não influenciaram os teores foliares e os teores nutricionais do fruto. O P aumentou o número de frutos totais de maracujá amarelo. Mas, não houve resposta das doses de P na exportação de frutos.

4. As doses de K influenciaram na produção de frutos de comerciais e na classificação de frutos comerciais. Nas características de qualidade de frutos nenhuma resposta foi constatada.

5. Os teores foliares de K não foram influenciados pelas doses aplicadas. Os teores de nutrientes no fruto também não foram alterados pela adubação potássica.

6. Houve interação entre as doses de N e K sobre a percentagem de frutos comercias de maracujá.

7. De maneira geral, as doses que apresentam melhores resultados na produção de frutos comerciais de maracujazeiro foram as doses de 300 kg ha^{-1} de N, 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 500 ha^{-1} K_2O.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R. S. et al. Influência de diferentes fontes de fósforo nas características químicas dos frutos do maracujazeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.9, n.4, p.269-277, Jul. 2015.

ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS,1986. Cap.I. p.1-18.

AGRIANUAL 2015. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2015.

ANDRADE, D. F.; NOLETO, A. Q. Exemplos de fatoriais fracionados (½) 4^3 e (¼) 4^4 para ajuste de modelos polinomiais quadráticos. **Pesquisa Pecuária Brasileira**, Brasília, n. 21, p. 677-680, 1986.

ARAÚJO, R. C. et al. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em resposta à nutrição potássica**. Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n. 1, p. 128-131, Abr. 2005.

AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, Dez. 2013.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 247 p.

BAUMGARTNER, J. G. Nutrição e adubação do maracujá. In: RUGGIERO, C. (Ed.) **Maracujá**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1987. p. 86-96.

BAUMGARTNER, J. G.; LOURENÇO, R.S.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.) V. Adubação mineral. **Científica**, São Paulo, n. 6, p. 361-367, 1978.

BENNETT, W. **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**: 2. ed. St. Paul: Minnesota APS Press, 1994. p.1-7.

BORGES, A. L.; CALADAS, R. C.; LIMA, A. A. Doses e fontes de nitrogênio em fertirrigação no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 301-304, Ago. 2006.

BORGES, L. A. et al. Produtividade e qualidade de maracujá-amarelo irrigado, adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 259-262, Ago. 2003.

BORGES, A. L. et al. Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, e na produtividade do maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.1, p. 208-213, Abr. 2002.

BORGES, A.L.; LIMA, A. A.; CALDAS, R. C. **Nitrogênio, fósforo e potássio na produção e qualidade dos frutos de maracujá amarelo ¾ primeiro ano**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1998. 4p. (EMBRAPA-CNPMF. Pesquisa em Andamento, 66).

BRASIL, E. C.; NASCIMENTO, E. V. S. Influência de calcário e fósforo no desenvolvimento e produção de variedades de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n.3, p. 892-902, Set. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químícos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília-DF: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C**. Tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado.** Porto Alegre, 2001. p. 10.

BUZETTI, S.; HERNANDEZ, F. B. T.; SUZUKI, M. A. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, p. 419-426, 1993.

CARDOSO, E. A. et al. Produtividade da goiabeira 'paluma' em função da adubação mineral. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 49 -153, Abri/Jun. 2011.

CARFAGNA, S. et al. Nitrogen assimilation and cysteine biosynthesis in barley: Evidence for root sulphur assimilation upon recovery from N deprivation. **Environmental and Experimental Botany,** v.71, n.1, p.18–24, 2011.

CARVALHO, A. J. C. et al. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função da adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 121-127, Jan./Mar. 2002.

CARVALHO, A. J. C. et al. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo: I. Produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p.1101-1108, 2000.

CARVALHO, A.J.C. et al. Produtividade e qualidade do maracujazeiro- amarelo em resposta à adubação potássica sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v.21, n.3, p.333–337, 1999.

CEAGESP. **Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e de Embalagens do Maracujá-Azedo**. 2001. Disponível em: <http://www.ceagesp.com.br>. Acesso em: 27 out. 2015.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informações/clima-dos-municípios-paulista.html>. Acesso em: 27 mar. 2015.

CHAVES, R. C. et al. Enxertia de maracujazeiro-azedo em estacas herbáceas enraizadas de espécies de passifloras nativas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 120-123, Abr. 2004.

CIOTTA, M. et al. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 26, p. 1055-1064, 2002.

CLARKSON, D. T.; J. B. HANSON. The mineral nutrition of higher plants. **Annual Review of Planty Phisiology**, v. 31, p. 239-298, 1980.

COLAUTO, N. M. et al. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio, sobre a produção, qualidade e estado nutricional do maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 7, p. 691-695, Jul. 1986.

COLWELL, J. D. Computations for studies of soil fertility and fertilizer requirements. **Commonw. Agric. Bur**., London, UK, 1978.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants.** New York: Columbia University Press, 1981. p.519.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; JUNQUEIRA, N. T. Espécies de maracujazeiro. In: LIMA, A. de A. **Maracujá produção:** aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA-SCT, 2002. (Frutas do Brasil,15).

DE PAULA, O. F.; LOURENÇO, R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral e a adubação de maracujá (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*). I. Extração de macro e micronutrientes na colheita- Nota prévia. **Revista Agricultura**, v. 49, p. 61-66, 1974.

DUTRA, G. A. P. et al. Estimativa da exportação de nutrientes pelos frutos do maracujazeiro doce em função da aplicação de ureia e de esterco bovino. **Revista Ifes Ciência**, v. 1, n.1, p. 5-17, 2015.

El-NEMR, M. A. et al. Yield and fruit quality of eggplant as affected by npk-sources and micronutrient application. **Journal of Applied Sciences Research**, Ma'na, v. 8, n. 3, p. 1351-1357, 2012.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistemas brasileiros de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006, p. 58-208.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Formas de potássio no solo. In: NOVAIS, F. R. et al. **Fertilidade do solo**. 1. Ed. Viçosa: SBCS, 2007. p.551-594.

FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. 3. ed. New York: CRC Press, 2009, p. 91-123.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Efficient crop production**. Campina Grande: Universidade da Paraiba, 1999.

FAGERIA, N. K. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. **Plant Soil**, v. 70, p. 309–316, 1983.

FARIA, J. L. C. et al. Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) à adubação com N, P e K, no segundo, terceiro e quarto anos de produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 9, n. 3, p.45-50, 1987.

FERNANDES CHITARRA, M. I.; BOSCO CHITARRA, A. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: 2005. 785 p.

FERNANDES, P. D. et al. Extração de nutrientes durante o desenvolvimento do fruto do marcujazeiro amarelo. (*Passiflora edulis f. Flavicarpa Deg*). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 24, p. 127-137, 1977.

FONTES, P. S. F. **Eficiência da fertirrigação com nitrogênio e avaliação do estado nutricional do maracujazeiro amarelo utilizando o DRIS.** 2005. 100f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2005.

FORTALEZA, J. M. et al. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira de Fruticultura***,* Jaboticabal, v. 27, n.1, p. 124-127, Abr. 2005.

FREITAS, M. S. M. et al. Deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce: qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura***,* Jaboticabal, v. 28, n.3, p. 492-496, Dez. 2006.

GAHOONIA, T. S.; NIELSEN, N. E. Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties. **Plant & Soil**, v. 260, p. 47-57, 2004.

GRANT, C. A. et al. Sulphur fertilizer and tillage effects on early season sulphur availability and N:S ratio in canola in western Canada. **Canadien Journal Soil Sciencies**, v. 83, n.4, p.451–463, 2003.

HAAG, H. P. et al. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá**. Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 30, p. 267-279, 1973.

HAFLE, O. M. et al. Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 763-770, Set. 2009.

HAWKESFORD, et al. Managing sulphur metabolism in plants. **Plant Cell Environmental,** v.29, n.3, p.382–395, 2006.

HESSE, H., V. et al. Molecular analysis and control of cysteine biosynthesis: Integration of nitrogen and sulphur metabolism. **Journal Experimental Botany,** v. 55, p.1283–1292, 2004.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, n.1, p.227-239, 1997.

HOPPEN, F. T et al. Competition between uptake of ammonium and potassium in barley and Arabidopsis roots: molecular mechanisms and physiological consequences. **Journal of Experimental Botany**, Vol. 61, No. 9, pp. 2303–2315, 2010.

IFA. **World fertilizer use manual**. Limburgerhaf: BASF Agricultural Research Station, 1992. 632p.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1998. p. 177.

JONES, J. B. **Plant nutrition and soil fertility manual**. New York: CRC Press, 2012. p. 81-82.

JOHNSON, G. **Excess nitrogen and vegetables and fruits**. 2015. Disponivel em:<htpp:www. agdev.anr.udel.edu/weeklycropupdate/?p=4814>. Acesso 06 jul. 2015.

KLIEMANN, H. J. et al. Nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims). In: HAAG, H.P. (ed.). **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.245-284.

KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M. Enfermidades de etiologia viral e fitoplasmática. In: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C**. Tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado.** Porto Alegre, 2001. p. 277-282.

KONDO, T.; HIGUICHI, T. Acidity of passion fruit as affected by potassium fertilizer. **Acta Horticulturae**, p. 385-392, v. 984, 2013.

LIMA, A. A. et al. Maracujá: Sistema de produção convencional. IN: PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. **Maracujá:** avanços tecnológicos e sustentabilidade. Ilhéus, 2011. p. 203-224.

LIMA, A. A. et al. Comercialização do maracujazeiro. **Maracujá em foco**, Cruz das Almas, n. 29 ed. 1, p.1, ago. 2006. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/produto_em_foco/maracuja_29.pdf>. Acesso em: 15 jun.2008.

LOPES, P. S. N. et al. Efeito de nitrocálcio e cloreto de potássio sobre o desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo propagadas em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.19, n.3, p.387-391, 1997.

LUCAS, A. A. T. **Resposta de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims. flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e adubação potássica**. 2002. 84p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2002.

MACKLON, A. E. S.; SIM, A. Electrophysiological factors in the influence of nitrate and ammonium ions on calcium uptake and translocation in tomato plants. **Physiologia Plantarum**, v. 4, p. 449-454, 1980.

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

MALAVOLTA, E. Adubação mineral e sua relação com doenças das plantas: a visão de um nutricionista de plantas. In: **WORKSHOP- A interface solo-raiz (rizosfera) e relações com a disponibilidade de nutrientes, a nutrição e as doenças de plantas**. Piracicaba: POTAFOS/CEA, 1998. p. 1-60.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A**.** Metodologia para análise de elementos em material vegetal. In: **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1989. 201p.

MANITOBA AGRICULTURE. **Food and rural initiatives**. Canola production and management. Disponível em: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/production/canola.html)>. Accesso em: 21 April 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2. ed. New York: Academic Press, 1995.

MARTELETO, L. O. Nutrição e adubação. In: SÃO JOSÉ, A. R.; FERREIRA, F. R.; VAZ, R. L. (ed.). **A cultura do maracujá no Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 125-237.

MARTINEZ, H. E. P.; ARAÚJO, R. C. Nutrição e adubação. IN: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. **Maracujá:** tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado. Porto Alegre, 2001. p.163-188.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C. Caracterização fenotípica de três seleções de maracujazeiro-roxo (Passiflora edulis Sims). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 268-272, 2005.

MENDONÇA, V. et al. Fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 65-70, Jan/Mar. 2006.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Berne: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MENZEL, C. M.; HAYDON, G. E.; SIMPSON, D. R. Effect of nitrogen on growth and flowering of passionfruit (Passiflora edulis f. edulis x P. edulis f. flavicarpa) in sand culture. **Journal of Horticultural Science**, Ashord, v. 66, n.6, p. 689- 702, 1991.

MORAES, J. C. B. et al. Doses de potássio por gotejamento no estado nutricional do maracujazeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental e Agrícola**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 763-770, Jun. 2011.

MÜLLER, C. H. et al. Efeito de doses de sulfato de amônio e de cloreto de potássio sobre a produtividade e sobre a qualidade de maracujá colhidos em épocas diferentes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 26, n. 143, p. 48-64, 1979.

OLIVEIRA, A. T. et al. Produtividade de genótipos de maracujazeiro azedo sob doses de potássio, no distrito federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 464-467, Dez. 2003.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba, 2002. p. 140-145.

PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A O. da. **Maracujá:** avanços tecnológicos e sustentabilidade. Ilhéus, 2011, p. 13-143.

PIZA JÚNIOR, C. T. A Cultura do maracujá na região sudeste do Brasil. In: RUGGIERO; C. (Ed.) **Maracujá do plantio à colheita**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1991. p. 20-48.

PRADO, C. H. B. A. **Aquisição de nutrientes minerais na solução do solo**. São Carlos: Tipographia, 2013. p. 111-150.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. v. 1. 407p.

PRADO, R.M. et al. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo**. Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 295-299, Ago. 2004.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JR.; C. T. Nutrição mineral e adubação da cultura do maracujá. In: RUGGIERO; C. (Ed.) **Maracujá do plantio à colheita**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1991. p.130-171.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação de fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285p.

REZENDE, A. V. et al. **Manejo do solo, nutrição e adubação do maracujazeiro-azedo na região do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 64 p. (Documentos/Embrapa Cerrados, nº 223).

RIPARDO, A. K. S. **Doses de NPK no desenvolvimento, produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro 'Roxinho do Kênia'**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Júlio de Mesquita Filho, Botucatu: UNESP, 2010.

RIZI, L.C. et al. **Cultura do Maracujá-azedo**. 1998.

RUGGIERO, C. et al. **Maracujá para exportação:** aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 19).

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**, 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992. 682p.

SANTOS, G. P. et al. Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo, sob diferentes fontes e doses de fósforo em cobertura. **Biosciences Journal**, Uberlandia, v. 30, (suppl. 2), p. 525-533, Out. 2014.

SÃO JOSÉ, A. R.; PIRES, M. M. Aspectos gerais da cultura do maracujá no Brasil. In: PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A O. **Maracujá:** avanços tecnológicos e sustentabilidade. Ilhéus, 2011. p. 13-19.

SÃO JOSÉ, A. R. et al. **Maracujá práticas de cultivo e comercialização**. Vitória da Conquista: UESB, 2000.

SAS INSTITUTE. **SAS 9.2 user's guide**. 2. ed. USA: Cary, NC, 2010. 2188 p.

SASKATCHEWAN AGRICULTUR. Food and rural revitalization. **Nutrient requirement guidelines for field crops in Saskatchewan**. Saskatchewan, Canada: Saskatchewan Institute of Pedology, Saskatoon, 2005.

SENAPATI, H. K.; SANTRA, G. H. **Potassium management in vegetables, spices and fruit crops**. Disponível em: <http://www.ipipotash.org.udocs >. Acesso em 20. 09. 2011.

SILVA, M. R. S.; TREVIZAM, A. R. **Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas**. Informações agronômicas. IPNI, n. 149, p. 10-16, Mar. 2015.

SOUSA, V. F. et al. Níveis de irrigação e doses de potássio sobre os teores foliares de nutrientes do maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p. 41-46, Jan./Fev. 2008.

SOUZA, A. C. G.; SANDI, D. Industrialização. In: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. **Maracujá: Tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre, 2001, p.305-385.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre. 2009, p.317-330.

TEIXEIRA, D. M. M. **Efeito de vários níveis de fertirrigação na cultura do maracujazeiro amarelo (*P. edulis f. flavicarpa*)**. 1989. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 1989.

TOSTA, M. S. **Adubação nitrogenada na produção e na qualidade de frutos de maracujazeiro 'amarelo'**. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2009.

USHERWOOD, N. R. The role of potassium in crop quality. In: **Potassium in Agriculture**. Madison, WI: Ed. Munson, p. 1985. 489-513.

VENÂNCIO, J. B. et al. Produção, qualidade dos frutos e teores de nitrogênio foliar em maracujazeiro-amarelo sob adubação nitrogenada. **Científica**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, p.11-20, 2013.

WILKINSON, S. R.; GRUNES, D.L.; SUMNER, M. E. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. In: Sumner, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. p. 89-112.

ZENG, H. et al. Stimulation of phosphorus uptake by ammonion nutrition involves plasma membrane H^+ ATPase in rice roots. **Plant Soil**, v. 357, p. 205-214, 2012.

ANEXOS

Trabalhos realizados no doutorado sanduíche junto à Université D'Avigon et Des Pays De Vaucluse- UNIV-AVIGNON-FR

A. Effect of light on nutritional quality of Corsica clementine (Citrus reticulate var. clementine) cv. Corsica. Health impacts?

Rodrigo MIYAKE, Claudie DHUIQUE-MAYER, Manuel DORNIER, Patrick POUCHERET et Félicie LAURI.

1. Introduction

Clementine (Citrus Clementina) is a hybrid between orange and mandarin, discovered by Father Clement Rodier in Algeria (Khan, 2007) and various Clementine clones are commercially very important in Mediterranean and North African countries (Boudries et al.; 2015). Clementine fruits, people increasingly are consumed the health aliments such as fresh fruits, and the clementine fruits have specific characteristics such as appealing color, easy to peel rind, balanced sugar/acid ratio, firmness (MILELLA et al.; 2011).

The health-promoting compounds responsible of these beneficial effects are vitamin C and flavonoids. Vitamin C is considered one of the most important antioxidants in control of free radicals, and can be reduced risk the carcinogenesis and cardiovascular diseases and certain forms of cancer (Klimczak et al.; 2007).

Flavanone glycosides, such as hesperidin and naringin, possess antioxidant, blood lipid lowering and anticarcinogenic activities. In speciall, hesperidin improves venous tone, enhances microcirculation and is used for the treatment of chronic venous insufciency (MILELLA et al.; 2011). Citrus flavonoids, especially hesperidin, have shown a wide range of therapeutical properties such as anti-inflammatory, antihypertensive, diuretic, analgesic (Da Silva et al., 1994; Galati et al., 1996; Monforte et al., 1995).

The light has function on growing and development in higher plants, besides fundamental not only the intensity but you quality also for the metabolism of plants. Blue light can be induced stimulates the biosynthesis of phenolic compounds

the accumulation of flavonoids (Ebisawa et al., 2008; Samuolienė et al.; 2012). The red light also have shown responses on accumulation on phenolic compounds in grape skin (Kondo et al., 2014) and carotenoids (β-cry) in citrus induced by red light (Ma et al., 2012).

The use of LED's technology in the agriculture have reported several positives responses in enhance of production of antioxidants, phenolics compounds, carotenoids and enzymes in fruits such as strawberry, citrus and raspberries (MA et al. 2012; WANG et a., 2009).

Ma et al. (2012) investigated the response to blue and red LED lights in the flavedo of Satsuma mandarin. The results showed that the accumulation of carotenoids that was induced by red light that simultaneous increases in the expression of some genes key such as CitLCYb2, CitHYb, and Cit, while it was not afected by blue light. The red light in "Cherry" tomato increased the activity of carotenogenic enzymes, especially PSY, which implicated to the increase of metabolic flux toward the synthesis of lycopene and β-carotene (Lo et al.; 2014).

Fruits clementine has interesting potential for antioxidant compounds that can be used in pharmaceutical industry. And some studies have shown an increase in the accumulation of antioxidants in fruits on supplementation UV visible. On the above, the aim the work will be investigated the effects of blue and red-LED visible light treatments on antioxidant potential "ascorbate", carotenoids content, polyphenols in clementine fruits.

2. Material and Methods

2.1. Material

The fresh clementine fruits cv. Corsica were purchased in local marked in Avignon (France) in maturity stage, in November 2015. Based on size uniformity, density and external colour. Were utilized in the experiment 72 fruits.

2.2. Prepare all tubes for collection of samples

Immediately after collected, the clementine fruits were identified and weight individually, and then separated into edible and inedible portions. Peels were removed manually. To achieve a standard size of particles, all the ground material were sieved through a 0.5 mm metal sieve and stored at -80℃ until used.

Flavedo and albedo (peel) tissues of citrus fruit were manually separated of pulp. They were frozen in liquid nitrogen and then kept at -80˚C till the analysis.

2.3. Light treatments

The clementine fruits were divided in five treatments with 6 fruits each and three repetitions. The treatments were consisted in application of different wavelengths, and the blue LED light (425 nm), red LED light (650 nm), blue + blue LED light, red + red LED light and darkness treatment with control. The lights were applied in continuous flux at 3 hours and after that the fruits were stored in cold chamber in temperature at 10 ℃ for 72 h.

Table 1. Light treatments applied in clementine fruits.

	Control	Blue light	Red Light	Blue + blue light	Red + red light
0h	6 (T0)				
24h	6	6	6		
48 h	6	6	6		
72 h	6	6	6	6	6

The intensity of light emitted by the ceiling will be measured using a refractometer. For our manipulations, we have positioned a distance d= 50 cm LED. Even if we want a consistent intensity to our treatments were also necessary that the input light is homogeneous at different locations in the ceiling. A 50 cm, the light output were well distributed, and still important energy intake. The following figure shows the arrangement of sleeves (X) under the roof during treatments, as well as the luminous intensities measured in blue, red W / m².

2.4. Analyses Quality

2.4.1.The color measurements

The color analyses in fruits were used a Minolta Chroma Meter CR-400 (Minolta Corp., Osaka, Japan) coupled to a processor PD-301 Minolta data. The color were evaluated in accordance with the Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) and expressed as L *, a *, b * color values. The L * coordinates, a * b * indicate the lightness of the color (L * = 0 and L * = 100 represent black and white, respectively), its position between green and red (negative and positive a * values indicate greenness and redness, respectively) and between b * values of yellow and blue (negative and positive indicate blue and yellow, respectively).

We were determined the relationship between the coordinates L colorimetric *, a * and b * in order to propose a simple and intuitive colorimetric maturity index (MIc) that integrates all three coordinates, which allow easily interpretable comparisons to be made between them.

2.4.2. Determination of TSS (Brix)

The TSS represents the total soluble solids (brix), determined by a refractometer Atago N -20 to 20 °C and A represents acidity, expressed as acid citric (A), determined by acid-base pot.

2.5. Nutritional analyses

2.5.1. Extraction, analyses and determination total carotenoids

The total content of carotenoids of clementine fruits were extracted by methods of acetone. Weighted 100 mg of samples frozen of clementine and placed in microtube of 2 ml pré-weighted. Placed 1 ml of acetone pure in each samples microtube. Incubated during 15 min on ice and stir from time to time until discoloration complete of samples after centrifuged at 15000 g for 5 min. And to recover the supernant in new tube of 2 ml. If the supernant still green, reextraid in mixture 1 ml of acetone and as anteriorly incubate on ice and stir. Centrifuger and placed the supernant in the microtube coleted anteriorly. And transfer the mixture to Elisa plate. Readings were taken using a spectrophotometer of Paillasse. The

absorbance readings by spectrophotometer at 662, 645 and 470 nm. The amount of carotenoids, chlorophyll and b were expressed in mg^{-1}/ mg clementine fresh tissue.

2.5.2. Determination of vitamin C (ascorbic acid)

Extraction. Clementine fruits were ground in liquid nitrogen to a fine powder. Approximately 1.5 g of frozen powder or up to 150 mg of dried powder was added to 1 mL of 6% trichloroacetic acid (TCA) in a 2 mL eppendorf. Samples were then left on ice for 10 min and stir from time to time by centrifugation for 15 min at 15000*g* and 4 °C. The supernatant, which was clear of plant material, was transferred to a clean tube. Twenty microliters of this supernatant was used in each assay.

The ascorbate standard was prepared fresh on the day of analysis. A solution of 1 mg/mL (Na) ascorbate in 6% TCA was diluted to give a concentration in 20 uL of 0; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20 nmol. These quantities allowed a standard curve of absorption values between 0 and 1 to be generated. Two assays were carried out on each sample to measure the total and reduced forms. Each time it was reduced ascorbate that was assayed. The total ascorbate was measured by including an incubation with dithiothreitol (DTT), which reduced the oxidized form present in the sample. A second assay, without DTT, allowed the measurement of the reduced ascorbate only and gave the amount of oxidized form by comparison with the DTT measurement.

2.5.3. Conversion and quantification of dehidroascórbico- DHA

DHA were quantified in fruit by determing the difference between content of total AA (after conversion into DHA AA) AA content and the original (before the conversion of DHA). Prepared news tubes of 1 ml and placed 100 µl of sample, 100 µl de Tp Phosphate, 50 µl of water and 750 µl de Tp of revelation. Waited of period of incubation and placed 200 µl in the Elisa plate. Readings were

taked using a spectrophotometer of Paillasse. The absorbance readings at 525 nm. The amount of carotenoids, chlorophyll and b were expressed in mg^{-1}/ mg clementine fresh tissue.

2.6. Extraction and total pholyphenols

Extraction of phenolic compounds was done according to method reported by Attard (2013). Obtained extracts were used for determination of total polyphenols by using microtitre plate Folin-Ciocalteu method. MicroMTP assay. 10 µl of diluted extracts or tannic acid dilutions were pipetted in triplicate in wells of a MTP. The repeated volumes of FC reagent and sodium carbonate were transferred by means of a multichannel pipettor (Gilson). The mixtures were allowed to incubate at room temperature for the times stipulated below and then analyzed at 630 nm on the MTP reader. Total phenolic values were expressed in terms of tannic acid equivalents (µg ml-1).

The absorbance readings by colorimeter at 630 and 765 nm (MU630 and MU765, respectively) in quartz cuvettes on a UV-VIS spectrophotometer (WPA light wave S2000) were taken every five minutes for a period of 60 minutes. The equation $A=\varepsilon.c.d$ was applied for the determination of molar extinction coefficient variation.

2.7. Analyses of MDA

The lipid peroxidation were assessed by production of reactive metabolites to 2-thiobarbituric acid (TBA), mainly malondialdehyde (MDA) (MIHARA et al., 1980). A 200 mg of pulp of fruits, were mixture of a solution of 1 ml trichloroacetic acid (TCA) to 0.1%. The samples (0.2 g) will be also soaked in 2.0 ml and placed in ice for 10 min. After perfect homogenization, these samples were centrifuged at 15000 g for 10 min. And to recover the supernant in new tube. The supernatant, 250 uL will be withdrawn to which will be added 1 mL of 20% TCA and

0.5% TBA. The mixture will be placed in a waterbath for 30 min at 95 °C and chilled on ice in the sequence. Readings will be taken using a spectrophotometer Perkin Elmer - Lambda 40, 532 and 600 hm. The amount of MDA were expressed in pmol g-1 fresh tissue using an extinction coefficient of the reaction 155 mM cm-1.

2.10. Statistical analysis

The results were expressed as means ± standard error (SE). Analysis of variance (ANOVA), following by multiple of means. Means comparing means the means ($P < 0.05$).

3. Results

Effect of LED light treatments on parameters of color

The table 2 showed of results of parameters of color in clementine fruits the according with light treatments. The LED light treatments had effect on values of L, a*, b* of fruits and verified answered too in values of hue angle (h*) and in maturity index color (MIc). Although, not observed effect of light treatments on values chroma of fruits.

Table 2. Results of parameters of color in clementine fruits cv. Corsica influenced by effect of light treatments.

Traitment	DAT	L	a	b	Hue	Chroma	Mlc
Control	0	60,92 ± 0,78 a	39,31 ± 1,56 bc	56,32 ± 0,64 a	0,96 ± 0,02 ab	68,76 ± 0,90 ab	42,56 ± 1,84 bc
	1	61,31 ± 0,67 a	38,27 ± 0,77 c	57,23 ± 1,27 a	0,98 ± 0,01 a	68,87 ± 1,25 ab	41,03 ± 0,74 c
	2	59,29 ± 0,54 c	41,58 ± 1,09 b	54,87 ± 1,34 b	0,91 ± 0,02 c	68,50 ± 0,83 ab	45,20 ± 1,57 b
Control	3	58,28 ± 0,57 d	43,24 ± 0,57 a	52,33 ± 0,77 c	0,88 ± 0,01 d	68,21 ± 0,67 ab	47,81 ± 0,64 a
	1	61,03 ± 0,86 a	37,85 ± 1,85 c	55,64 ± 1,34 ab	0,97 ± 0,03 ab	67,44 ± 1,06 b	41,61 ± 2,24 bc
	2	60,09 ± 0,22 b	39,90 ± 1,11 c	54,58 ± 0,59 b	0,94 ± 0,01 b	67,76 ± 0,91 b	43,41 ± 1,01 b
Blue	3	60,69 ± 0,37 b	40,11 ± 0,34 bc	55,02 ± 1,07 b	0,94 ± 0,01 b	68,33 ± 0,86 ab	44,04 ± 0,85 b
	1	59,70 ± 0,87 bc	40,98 ± 0,85 b	53,14 ± 1,12 b	0,92 ± 0,02 b	67,87 ± 0,94 b	45,19 ± 1,54 b
Red	2	60,87 ± 0,56 ab	41,32 ± 1,10 b	55,54 ± 0,86 ab	0,94 ± 0,02 b	69,42 ± 0,22 a	45,11 ± 1,35 b
	3	59,34 ± 0,80 c	41,40 ± 1,20 b	54,59 ± 1,80 b	0,92 ± 0,02 b	68,58 ± 1,64 a	45,14 ± 1,42 b
Blue+ Blue	3	62,19 ± 0,61 a	37,73 ± 1,07 c	56,77 ± 1,56 a	0,98 ± 0,02 a	68,23 ± 1,38 ab	41,49 ± 1,57 c
Red + Red	3	58,40 ± 2,22 bcd	42,33 ± 1,24 ab	54,18 ± 0,86 b	0,91 ± 0,01 c	68,79 ± 0,90 ab	45,55 ± 1,36 b

Obs. Means followed by the same letter in each row are not significantly different (P < 5%).

Response of light on TSS in clementine fruits

The TSS of clementine fruits was influenced by light treatments after 72 h on irradiation of continuous flux of red LED light (R), blue + blue (BB) LED light and red+ red (RR) LED light (Figure 1).

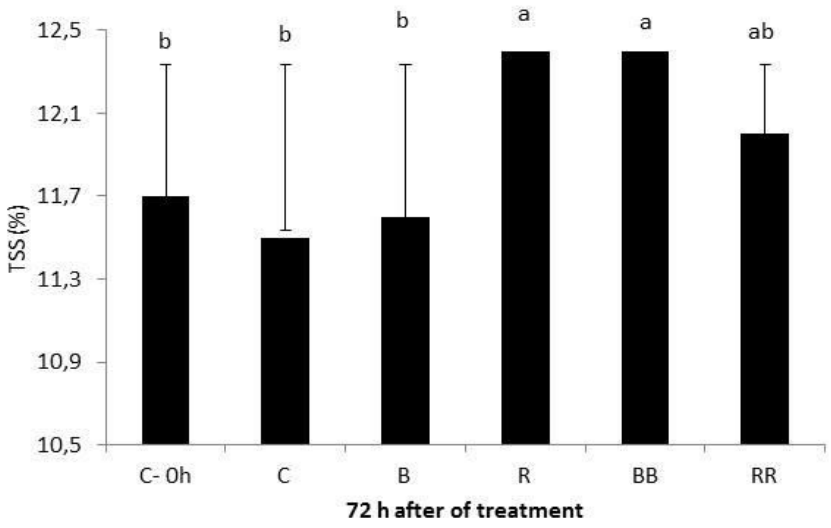


Figure 1. Teor solids soluble of clementine fruit after different light treatments.

After 72 h of irradiation with different sources of lights had difference between in content of TSS of juice clementine fruits treated under supplemental red LED light, BB LED light and RR LED light in relation of the control fruits, whereas were not difference between them three sources. The blue light obtained answered

lower of others sources light and was worsted until that the value of control samples to TSS of fruits.

Effects of blue LED light and red LED light on content of carotenoids

Concentration total of carotenoids were induced by light treatments, observed in figure 2. In first day, the concentration carotenoids were higher under in clementine fruit under irradiation with blue LED light and red LED light, showed that the accumulation of total carotenoids were enhanced by light with difference statistic to the fruits control.

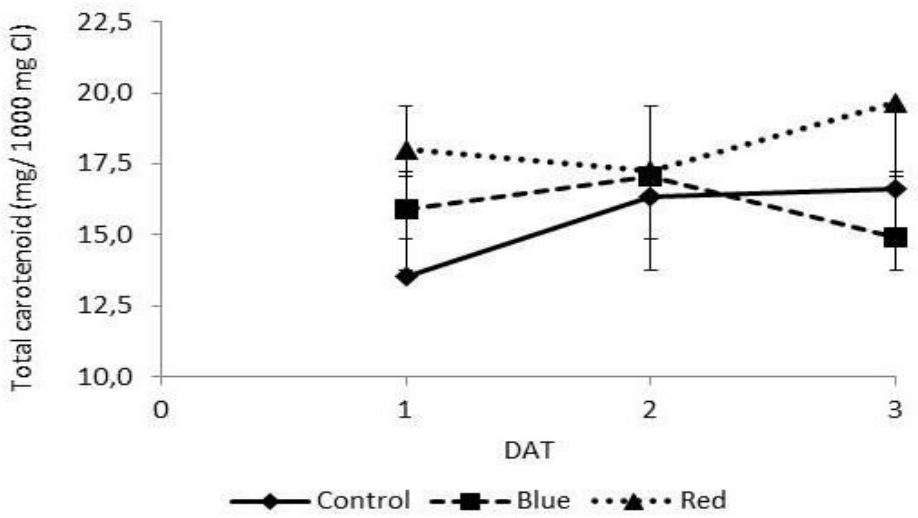


Figure 2. Concentration of carotenoids in clementine fruits by influenced light treatments.

At 2 DAT not have difference between the total carotenoids in fruit treated blue LED light or red LED light and without treatment. While, the final of treatments after 72 h of irradiation, the better resulted to concentration of carotenoids were obtained in clementine fruits under red LED light that differed significantly of blue LED light and control treatment.

When compared the effect of all sources light only at 72 h after treatment irradiated and at 48 h after the first irradiation with LEDs realizing a new application with blue LED light and red LED light on fruits, verified that the concentration of carotenoids in fruit enhanced induced by red LED light, BB LED light

and RR LED light (figure 3), differed statistically the accumulated of total carotenoids the fruit treated with blue LED light and control.

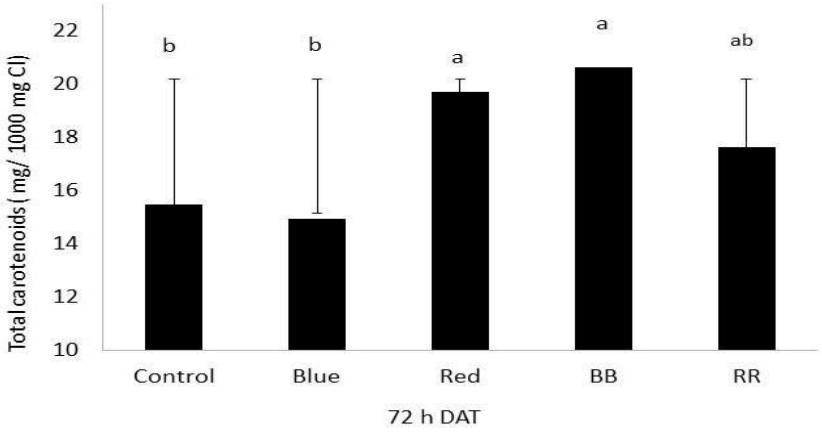


Figure 3. Total carotenoids of pulp in clementine fruits after 72 h light treatments.

Effects of blue LED light and red LED light on total AsA of juice

The red LED light, BB LED light and RR LED light treatment induced higher concentration of AsA of juice in clementine fruit when compared of fruits without application of light (control) and blue LED light at 72 DAT. Although not have difference between content of fruits treated with red LED light, BB LED light and RR LED light. Under blue light the fruits obtained the lower concentration of AsA with means values of accumulated the AsA down until the control treatment.

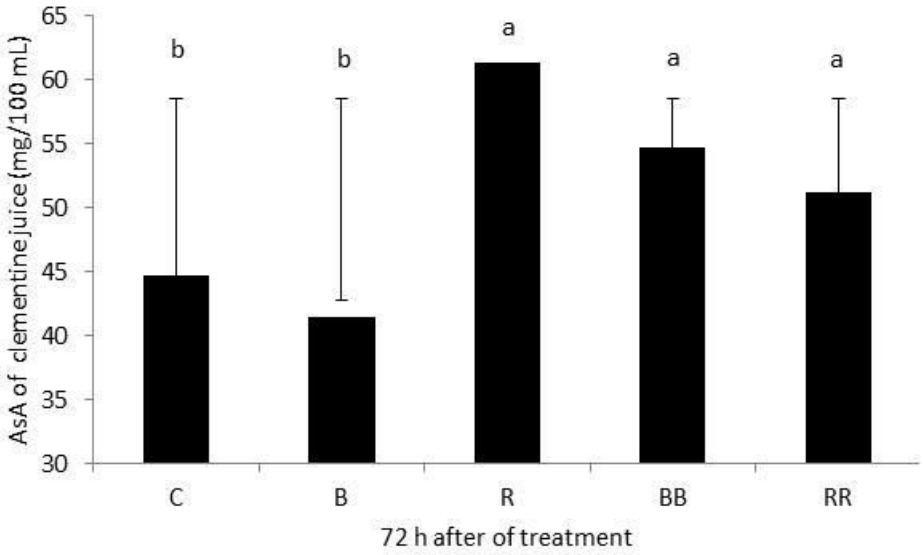


Figure 4. Concentration of AsA of clementine juice after 72 h light treatment.

MDA content under different treatment of lights.

In MDA content at 1 DAT observed higher difference between MDA produced by fruits treated with red LED light and blue LED light in compared of the control fruits. However, at 72 h after under influenced of irradiation LED the MDA content produced was similar of the first day to treatment under effect of red LED light but the fruits treated with blue LED light and control, observed a strong decreased in production of MDA by cells of fruits and have not difference statistic between them, figure 5.

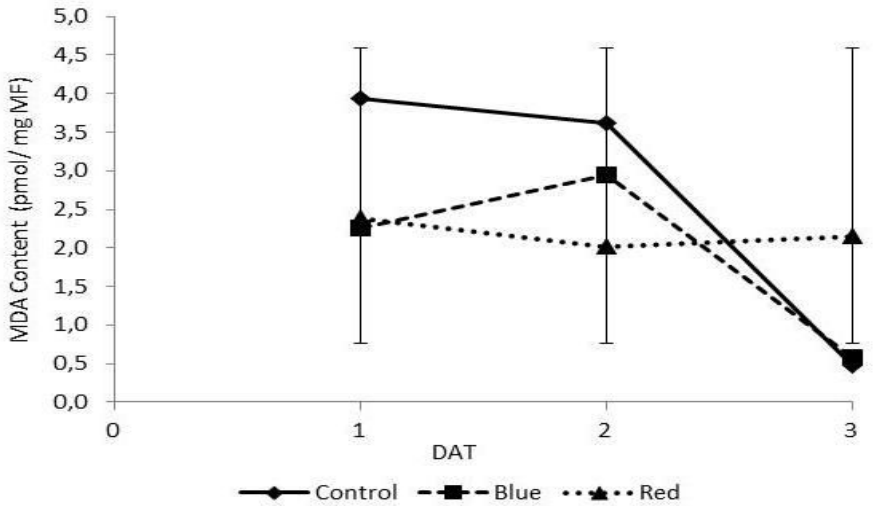


Figure 5. MDA content of pulp in clementine fruits on effect of blue and red light treatments.

4. Discussion

Analyses measurement of color showed that the values of L (lightness) of color decreased in fruit under red LED light, RR LED light and control treatment. Values a* (redness) and b* (yellowness) lower and higher, respectively after 3 DAT, except to the fruits treated under blue LED light and BB LED light that not differenced of the control. This response in our work indicated that blue LED light can be had an

effect on delayed maturity of fruit and senescence keeping the quality for more time after harvest. The clementine fruits showed lower the values of hue angle under red LED light, RR LED light and control after 3 days whereas fruits treated with blue LED light and BB LED light kept of values after 3 DAT not have difference to control treatment (0 day). Already to chroma (C^0) not have effected of sources of lights. According with Radzevicius et al. (2014) the same way has not verified change on chroma and reported that has tendency to decline of hue angle during ripening in tomato fruit.

Other authors such Carreño et al. (1995) and Manera et al. (2013) have utilized color index (MIc) based on the colorimetric coordinates, L*, a* and b*, which correlation with color evolution. These index divides the period of fruit development and ripening into four phases, and when the index for (MIc > 25) significated that the fruit are maturity (ripe, yellowish-red to red fruit). Based this parameters can be say that of fruits without treatment at 3 DAT was more maturity because showed the MIC= 47,81 and the fruits treated under BB light apparently were that more retarded your maturation with MIC= 41,49.

The red LED light, BB LED light and RR LED light enhanced the TSS in clementine fruits at 72 h after irradiation, presented in figure 1, they means between 11,5-12,4. Kondo et al. (2014) worked the blue light reported that it regulated a synthesis of sugar in grape berries enhanced to concentration of solids soluble.

The content carotenoids in clementine fruits changed the according with treatments and the time after irradiation by LEDs. In figure 2, can be observed that the fruits treated under blue LED light and red LED light enhanced the concentration of carotenoids when compared of the control. The maximum accumulation of carotenoids were obtained in fruits exposed the red LED light with 19,68 mg carotenoids/1000 mg clementine. This effect of red LED light was noted by Ma et al. (2012) investigated the effect of blue LED and red LED lights in the flavedo citrus fruits. The results showed that the accumulation of β-cry was induced by red light. Segundo authors Poiroux-Gonord et al. (2011) studied effect maturity and carotenoid content in fruit clementine contested that the bigger part of total carotenoids were composted by B-cry.

Clementine fruits irradiated under red LED light, BB LED light and RR LED light higher the total content of carotenoids at 3 DAT when compared of

treatment control (darkness). The concentration of carotenoids higher 27,37 % with red LED light, 33,46 % in BB LED light and 14,11 % under RR LED light, verified in figure 3. Moreover, of fruits irradiated under blue LED light had decreased of 3,5 % in the content of carotenoids in comparison the control treatment.

The red LED light, RR LED light and BB LED light induced higher AsA of juice of clementine fruits after 72 h treatment with the continuous irradiation of sources light. In figure 5, is showed that the red LED light enhanced in 37,05 %, RR LED light= 14,5 % and BB LED light= 22,21 %, respectively, the accumulation of Asa of juice. However, fruits treated with blue LED light reduced in 7,22% the total of AsA content when were compared of the control treatment. Authors Zhang et al. (2015) evaluated of effect of blue LED light and red LED light in citrus juice sacs, concluded that the blue LED light at 100 µmol m^{-2} s^{-1} enhanced the content of AsA, while not observed affect for the red LED light on varieties Satsuma mandarin, Valencia orange and Lisbon lemon. These results suggested that of accumulate of AsA depending only not of type of source light, but too the intensity and material which will be work.

Quality of fruits can be evaluated by analyses of peroxidation lipids of cells, MDA, this product could damage the structure and integrity of membrane during the senescence of fruits. Found in our work that under blue LED light the MDA content decreased of 24 h to 72 h LED after irradiation. The result similar was found to control treatment. However, its need were analyzed the resulted of different way, the blue LED light influenced in lower of MDA content by possible improved the quality of fruits whereas the decreased of MDA in control treatment can be by effect low temperature, at 10 ^{0}C utilized in the experiment, that helped in the integrity of membranes of cells clementine fruits.

5. References

Abeysinghe, D. C., Li X., Sun C. h., Zhang W., Zhou C. h., Chen K. (2007). Bioactive compounds and antioxidant capacities in diff erent edible tissues of citrus fruit of four species. *Food Chemistry*, 104, 1338–1344.

Attard, E. (2013). A rapid microtitre plate Folin-Ciocalteu method for the assessment of polyphenols. *Central European Journal of Biology*, 8, 48-53.

Boudries, H., Souagui, S., Nabet, N., Ydjedd, S., Kefalas, P., Madani, K. and Chibane, M. (2015). Valorisation of Clementine peels for the recovery of minerals

and antioxidants: Evaluation and characterisation by LC-DAD-MS of solvent extracts. *International Food Research Journal*, 22, 1218-1226.

Carreño, J.; Martínez, A.; Almela, L.; Fernández-López. (1995). Proposal of na index for the objective evalution of the colour of red table grapes. *Food Research International*, 28, 373-377.

Da Silva, F. A., Fraga, A., Lapa, A.J., 1994. Pharmacological evaluation of the anti-inflammatory activity of Citrus bioflavonoid, hesperidin, and the isoflavonoids, duartin and claussequinone, un rats and mice. *Journal of Pharmacy Pharmacology*, 46, 118-122.

Ebisawa, M., K. Shoji, M. Kato, K. Shimomura, F. Goto, and T. Yoshihara. (2008). Supplementary ultraviolet radiation B together with blue light at night increased quercetin content and flavonol synthase gene expression in leaf lettuce (Lactuca sativa L.). *Environmental Control Biology*, 46, 1-11.

Galati, E.M., Trovato, A., Kirjavaine, S., Forestieri, A.M., Rossitto, A., Monforte, M.T., 1996. Biological effects of hesperidin, a Citrus flavonoid. (note III): antihypertensive and diuretic activity in rat. *Il Farmaco*, 51, 219–221.

Khan, I. A. 2007. Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology, Cambridge, USA, CAB international.

Klimczak, I.; Malecka, M.; Szlachta, M.; ´Gliszczynska-Swiglo, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices.

Kondo, S., Tomiyama, H., Rodyoung, A., Okawa, K., Ohara, H., Sugaya, S., Terahara, N., Hirai, N. (2014). Abscisic acid metabolism and anthocyanin synthesis in grape skin are affected by light emitting diode (LED) irradiation at night. *Journal of Plant Physiology*, 171, 823–829.

Lo, C.; Manurung, R.; Esyanti, R. R. (2014). Enhancement of lycopene and β-carotene production in cherry tomato fruits (solanum lycopersicum l. var. cerasiforme) by using red and blue light treatment. *International Journal of Technical Research and Applications*, 2, 07-10.

Ma, G, Zhang L, Kato; M, Yamawaki K, Kiriiwa, Y; Yahata, M, Ikoma, Y; Matsumoto, H. (2012). Effect of blue and red LED light irradiation on β-cryptoxanthin accumulation in the flavedo of citrus fruits. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 60,197-201.

Manera, F. J.; Legua, P.; Melgarejo, P.; Brotons, J. M.; Hernández, J. F.; Martínez, J. J. (2013). Determination of colour index for fruit of pomegrate varietal group “Mollar de Elche”. *Scientia Horticulturae*, 150, 360-364.

Milella, L.; Caruso, M.; Galgano, F.; Favati, F., Padula, M. C. ; Martelli, G. (2011). Role of the Cultivar in Choosing Clementine Fruits with a High Level of Health-Promoting Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 5293–5298.

Monforte, M.T., Trovato, A., Kirjavainen, S., Forestieri, A.M., Galati, E.M., 1995. Biological effects of hesperidin, a Citrus flavonoid. (note II): Hypolipidemic activity on experimental hypercholesterolemia in rat. Il Farmaco 50, 595–599.

Poiroux-Gonord, F.; Fanciullino, A. L.; Bertib, L.; Urban, L. (2011). Effect of fruit load on maturity and carotenoid content of clementine (Citrus clementine Hort. Ex Tan.) fruits. *Journal Sciences Food Agriculture*, 92, 2076-2083.

Radzevicius, A.; Viskelis, P.; Viskelis, J.; Karklelienė, D. Juskevicienė. (2014). Tomato fruit color changes during ripening on vine. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 8, 112-114.

Samuolienė, G., Sirtautas, R., Brazaityte, A., Duchovskis, P. (2012). LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce. *Food Chemistry*, 134, 1494–1499.

Wang, S. Y.; Chen, C. T.; Wang, C. Y. (2009). The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. *Food Chemistry*. 112, 676-684.
Zhang, L.; Ma, G.; Yamawaki, K.; Ikoma, Y.; Matsumoto, H.; Yoshioka, T.; Ohta , S.; Kato, M. (2015). Regulation of ascorbic acid metabolism by blue LED light irradiation in citrus juice sacs. *Plant Science*, 233, 134-142.

B. Effect of blue and red LED light irradiation on antioxidants compounds and pathogens resistance in mango fruit

1. Introduction

Light is an essential environmental factor for plants and influences their growth and development. Thus, different types of lights might have distinct effects on plant development and the biosynthesis of cell components (Ma et al., 2012). Blue light induced stimulates the biosynthesis of phenolic compounds (Ebisawa et al., 2008), the accumulation of flavonoids and anthocyanins according to Samuolienė et al. (2012) and Kondo et al (2014). The red light also have reported positives responses on accumulation on phenolic compounds in lettuce (Li & Kubota, 2009), increased sugar concentrations in berry skin (Kondo et al., 2014) and carotenoids (β-cry) in citrus induced by red light (Ma et al., 2012).

Several studies has focused in importance of fruits in the alimentary diet of humans, because of some research had shown that the fruits with excellent source of antioxidant, phenolic compounds, flavonoids, vitamins, minerals and fibers (AJILA et al.; 2010) and those substances cited above when consumed with frequently can be help prevent heart disease, cancer and improving of quality of life of people (Dai & Mumper, 2010; De Pascual-Teresa et al. ; 2010). However, its been known that quality sensory and chemical of fruits depending of right time harvest especially and are subjected to quality changes after harvesting (GONZALEZ-AGUILAR et al.; 2010).

The fruits in general, has a problem with post-harvest mainly the tropical climacteric fruits such as pineapple, avocado, banana has short self-life because them have large ethylene hormone production responsible for rapid senescence and maturation of the fruit. Mango is the one important tropical fruits in the world (AJILA et al.; 2010). The mango fruit greater content carotenoid, vitamins, enzymes, dietary fiber that are very appreciated nowadays for heath (MA et al.; 2011). However, your time shelf-life is a serious problem because them without any treatment has little self-life due to the occurrence of pathogens thereon.

Some technologies were developed to attempt maintenance quality of fruits and vegetables to prolong the post-harvest life. Included them are atmosphere modification, heat thermic, stored cold, using of ozone and application the

agrochemicals. Nevertheless, those technologies no resolved all problems as the fruit improved your she-life (El-Ramady et al., 2015). Use the chemicals applied on mangoes fruits can leave residues in the peel and pulp, and was decreed extinction of the use of some pesticides by FDA, at great risk which can cause health of people (GONZALEZ-AGUILAR et al.; 2001).

Recently years, some studies have reported the used the tecnologie UV-radiation on fruits and vegetables to conservation in post-harvest (Gonzalez-Aguilar et al., 2001 ; Bal, 2012, Xu et al., 2014). The UV radiation it has features important it can be utilized to maintenance of postharvest life besides some works have shown that the UV radiation improved the qualities of fruits such as antioxidant activity and phenolic compounds. Lighting based on light-emitting diodes (LED's) is one of the main emerging technologies in agriculture. LED's possess features making them unique for industrial applications: higher irradiation with less heat dissipation, making easier control of humidity and temperature in closed environments such as storage rooms, easy installation and lower energy costs (LAFUENTE & ALFÉREZ, 2015).

The use of LED's technology in the agriculture have reported several positives responses in enhance of production of antioxidants, phenolics compounds, carotenoids and enzymes in fruits and vegetables such as tomato, strawberry, citrus, lettuce, raspberries (KIM et al., 2013, JOHKAN et al.; 2010, LAFUENTE & ALFÉREZ, 2015; WANG et a., 2009). In strawberry fruit Xu et al. (2014) reported that treatment with blue LED light enhanced the activities of antioxidant enzymes, and maintained lower levels of ROS. In addition, total phenolic, ascorbic acid, total sugar content, as well as titratable acidity (TA) were increased by blue light exposure. The wavelength of blue light may promote anthocyanin synthesis in grape berries. Due to stimulation of genes VIMYBA and UFGT are key genes in anthocyanin synthesis in grape berries (KONDO et al., 2014).

Red light-LED also has shown positives responses on accumulation on antioxidants, phenolics in some crops. Lo et al. (2014) studied the effect of red on lycopene and carotenoids in "Cherry" tomato. Treatment of red light increased the activity of carotenogenic enzymes, especially PSY, which implicated to the increase of metabolic flux toward the synthesis of lycopene and β-carotene. The results reported by Ma et al. (2012) showed that accumulation of β-cry in flavedo of citrus

fruits was induced by red light. The accumulation of β-cry under red light was attributed to simultaneous increases in the expression of some genes key such as CitLCYb2, CitHYb, and CitZEP. Zoratti et al. (2014) found that the total anthocyanin content in ripe berries was significantly increased by monochromatic lights including the red, in comparison to fruits treated with white light or kept in darkness. A possible explanation to increased can be found from the gene expression analyses of flavonoid pathway genes. The expression of VmANS, which is the key gene in the biosynthesis of anthocyanins, shows a clear increasing trend under monochromatic light treatments that up-regulated your expression.

Blue light could also trigger responses in the host that could affect fungal infection and virulence. Working with 'Fallglo' tangerines fruits were treated under blue lights (410-540 nm) for 3 days and inoculated with Pencillium digitatum after and observed reduced infection by fungo compared to darkness treatment. The blue light treatment induced PLA2 gene expression and reduced rate of infection (ALVAREZ et al. , 2012). Liao et al. (2013) also reported that blue light reduced post-harvest decay and suppressed fungal growth of P. italicum and P. citri, reduced in citrus fruit. Results the Lafuente & Alférez (2015) showed the potential the controlling the growth of green mold and blue mold by LED blue light in citrus fruits, but the efficacy depending of duration of the treatment and with the light quantum flux. Kook et al. (2013) obtained control of Botrytis in lettuce under blue lights induced by the high level of antifungal activity LED treatment might have resulted from ROS production.

In peper, pumpkin and tomato the red light (600-700 nm) treatment of seedlings reduced Phytophthora damping-off by up to 79% after 20 days after the inoculation with fungo. The results reported indicate an appear postive effect the red light on induction resistance in seedlings against *P. capsici* (Islam et al., 2002). In arabidopsis, Zhao & Xing (2014) showed that under intense exposure the red LED, the plant actived the phytochrome B-mediated of lipoxygenase modulates inducing defence response.

There is little information on effect of UV visible-LED on production of antioxidants compounds and possible influence in pathogens resistance in mango, and the majority of studies were carried out using UV-C. Since mode, the present study we will be investigate the effects of red and blue-LED's irradiation on

antioxidants production, quality fruit and possible induction of UV visible on pathogens resistance in mango fruits.

2. Material and Methods

2.1. Plant material

The fruit will be supply held at the Pro Natura, located MIN Cavaillon. These mango 'Amelie' organic Burkina Faso (various sizes depending on the period). These sleeves will transported by ship. The transportation temperature is between 8 and 10 ° C and the transport time is about 20 to 28 days.

As we have seen, all the fruits will treated in a comparable stage of maturity, the mature green stage. This selection is possible thanks to sort by sleeves density value.

Density is the ratio between the fruit density to that of water. d = ρ (fruit) ρ (water)

The density of water is one, the relation ρ (fruit) / ρ (water) is dimensionless.

P is the density calculated using the buoyancy, by determining the volume of water displaced by weight after soaking the fruit.

The mass (m) of each fruit is weighed by electronic scale. The fruit is then placed on a submerged platform, attached to a load cell below the balance, and the r value "result" is recorded (r = vertical force equal to the weight of water displaced by weight after soaking the fruit.

The mass (m) of each fruit is weighed by electronic scale. The fruit is then placed on a submerged platform, attached to a load cell below the balance, and the r value "result" is recorded (r = vertical force equal to the weight of water displaced by the submerged fruit).

The density of each result corresponds to:

d = m / (m [R])

Thus, if r <0, d <1 and r> 0, d> 1. The following picture shows the difference in densities that can be found in the sleeve; a sleeve fleet because its density is lower than that of water is 1, the other streams because their density is

higher.

Once classified, the fruits are divided into uniform lots and stored in the freezer. The temperature was stabilized at around 20 ° C to allow the fruits ripen without too brutal maturation. To maintain high humidity in the room, water basins are placed in strategic locations.

2.2. Light treatments

The mangoes will distributed into three groups of X fruits per group. During this test , our goal will be to compare the effects of different wavelengths (blue, red) and darkness treatment with control. Each group will subjecte to different pressure treatments: control treatment, blue-LED light (450-470 nm), red-LED light (600-700 nm). Exposure to continuous light for 48 hours. Follow the kinetics of development of the fruit at T0, T2 and 48 hours after treatment. Five bioassays will follow for each mode . However, the analysis of some of the ingredients will be performed.

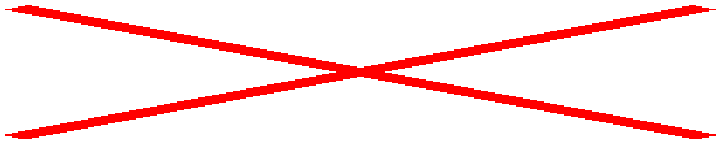


Figure1. Described of Light tretaments appliced on mango fruits.

We split the fruit through sorting by density, and to handle the sleeves to the closest possible densities, but despite that, we will be seen that the fruits were necessarily in the same physiological state at the time of treatment.

The light treatments will be administered through a ceiling light designed specifically for the project. When only one side of the fruit is illuminated, for the purpose of time saving. The exposed face is identified and sampled. The support containing several rows of LEDs of different wavelengths and arranged so that exposure is as homogeneous as possible. Each LED group (certain wavelength) can be controlled individually, or can set the intensity of emitted for each.

The intensity of light emitted by the ceiling is measured using a refractometer. For our manipulations, we have positioned a distance d= 50cm LED.

Even if we wanted a consistent intensity to our treatments was also necessary that the input light is homogeneous at different locations in the ceiling. A 50 cm, the light output was well distributed, and still important energy intake. The following figure shows the arrangement of sleeves (X) under the roof during treatments, as well as the luminous intensities measured in blue, red W / m².

For analysis, the skin and mango pulp will ground in liquid azote and stored at -80. The protocols used are those of the Laboratory of Biochemistry at the University of Avignon.

2.3. Analysis of vitamin C

The full and reduced vitamin C will measure using the method described by Kampfenkel et al . (1995), adapted to a microplate assay. Sleeve 0150 mg of ground powder in liquid azote are mixed with 1 ml 6% TCA . The homogenate is then centrifuged at 15,000 g for 10 minutes. This is the supernatant, which is then used for determination of total vitamin C and reduced. 3 repetitions are performed per sample.

Ascorbate total (ASA + DHA)

In a 96 wells, depositing 10 ul of supernatant to which 10 ul was added DL- dithiothreitol (DTT) to 10 mM and 20 uL of 0.2 mM phosphate buffer . THE mixture is incubated for 15 minutes at 42 °C, then 10 ul of N-ethylmaleimide (NEM) to 0.5% and finally 150 ul of reagent compound 50 uL of 10% TCA, 40 ul of orthophosphoric acid (H3PO4) to 42% 2,2-bipyridyl 40 uL of 4% dissolved in ethanol (70%) and 20 uL of 3% of ferric chloride. Once again incubated at 42 °C for 40 minutes and then the absorbance is measured at 525 nm using a microplate reader. The total content of ascorbic acid was determined using a standard scale taken from a commercial solution.

Ascorbate reductase AsA

The same reaction is used for determining the wing, but adds only 20ul of phosphate buffer instead of 10 ul DTT, 10 ul buffer and 10 ul of NEM.

DHA rate is estimated by calculating the difference between the total amount of ascorbate and AsA. The figure shows a plate AsA obtained during a test.

2.4. Determination of MDA

The malondialdehyde (MDA) is a product of lipid peroxidation. It is determined by testing the thiobarbithurique acid (TBA) and thus allows measurement of lipid peroxidation.

The principle is as follows: 150 mg of mango powder (skin or flesh) crushed in liquid nitrogen and homogenized in 1 ml of 0.1% TCA and incubated on ice for ten minutes. The homogenate is then centrifuged at 15,000 g for 10 minutes. It is taken 0.250 ml of supernatant, which was added 0.5 ml of 0.5% TBA in 20% TCA. The mixture is then incubated in a water bath (90 °C) for 30 minutes and the reaction is quenched with ice. Aliquots are then distributed into 96 well microplates. 200 uL per well are introduced, and 3 replicates are carried out per sample. The absorbance is measured at 532 nm by a microplate reader. The amount of non-specific absorption measured at 600 nm is subtracted. The amount of TBA-MDA complex is calculated using the molar extinction coefficient of 155 mM-1cm-1.

2.5. Determination of total carotenoids

We assayed the total carotenoids spectrophotometry after extraction in acetone. 150 mg powder were mixed with 15 ml of pure acetone , and the mixture was incubated at 4 ° C for 12 h (until complete discoloration of the powder). 1 ml solution was then introduced into the tanks to SPECTO and the absorbance was measured) 662, 645 and 470 nm.

For the calculations , we use the following relationship:

Chlorophylle to (ug / ml) = 11:24 DO662 - DO645 2:04

Chlorophylle OF 645 b = 20:13 - 662 4:19 OF

Carotenoids = (1000 THE 470 - 1.90 Chla - 63.14 Chlb) / 214

2.6. Enzyme assay

Protein Extraction

Protein extraction was performed according to the method of Murshed

et al. (2008). 150 mg of frozen fruit powder is homogenized with 1 ml of MES buffer / 50 mM KOH and pH 6, containing mM KCl, 2 mM CaCl2 and 1 mM AA 40. The extracts are then centrifuged at 15000g for 10 minutes at 4 °C. The supernatants are collected for enzyme assays. All assays are performed at 4 °C. The proteins were quantified using the Bradford assay (1976).

The enzymatic activities were measured spectrophotometrically (microplate reader) to a volume of 200 ul and 25 °C. The samples and blanks were analyzed in three replicates. The spectrophotometer used for kinetic analysis is equipped with an internal temperature of the incubator and a stirrer.

- SOD

The measurement of the SOD activity is based on the method Dhindsa et al. (1981), modified and adapted microplate.

The SOD activity was assayed in a reaction mixture containing 1 mL of 50 mM phosphate buffer (pH 7.8), 13 mM methionine, 75 pM nitro blue tetrazolium (NBT), 0.1 mM EDTA, riboflavin and 2um 10 uL of supernatant sample. 200 uL of each sample is placed in a 96-well microplate and replicated three times. A normal range (0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8) carried out with a commercial solution of SOD, is also added to the wells in 3 replicates for testing . The plate is then placed 10 minutes under the white light given by neon. The plate is then read for the microplate reader and the absorbance measured at 560 nm. If SOD in the sample, it prevents the photochemical reduction of NBT, and then prevents a blue color extract.

-CAT

The catalase activity is measured by the method of Chance and Maehly (1955). She is dosed into a reaction mixture containing 50 mM phosphate buffer (pH 7.0), 15 mM H2O2 and 20 uL of supernatant sample to be tested. 200 uL of the mixture are placed in a 96-well microplate quartz. Activity is determined by measuring the reduction of H2O2 by the enzyme degradation at 240 nm (for 10 minutes) and calculated using the molar extinction coefficient of 43.6 M-1 cm-1

2.7. Brix

The Brix ° C is measured using a refractometer . A known amount of mango pulp powder is mixed with an equal volume of water (e.g. 150 ul of water and 150 mg powder). The mixture is then centrifuged , and 300 .mu.l are deposited on the refractometer . Brix value is read directly from the drive , and multiplied by two.

2.8. Extractable phenols (EP)

10 g of pulp were homogenized with 96% ethanol and sonicated (sonicator Cole-Parmer model 8891) for 30 minutes. Subsequently, the sample was centrifuged (centrifuge Hermle Labortechnick model Z36HK) at 11500 rpm and 10 °C for 10 minutes. The supernatant was concentrated to a final volume of 4 mL; then 5 mL Folin Ciocalteu's reagent and 20 mL of sodium bicarbonate 20% were added. The reaction was allowed to stand for 30 minutes, and absorbance was measured at 760 nm using a spectrophotometer. A calibration curve with standard chlorogenic acid was constructed to quantify the EP. The results were expressed as mg of chlorogenic acid/100 g dw (VIÑA; CHAVES, 2006).

2.9. Total flavonoids (TF)

The flavonoid extraction was performed as EP; 0.5 mL of extract was mixed with 3.1 mL of methanol and 0.15 mL of $NaNO_2$:water (1:20 w/w); the reaction was carried out in complete darkness. After 5 and 6 minues, 0.15 mL of $AlCl_3$:water (1:10 w/w) and 0.01 mL of NaOH 11.25 M were added, respectively. The reaction was allowed to stand for 15 min. Absorbance was measured at 415 nm using a spectrophotometer. The quantification was performed using a calibration curve with quercetin. The results were expressed as mg of quercetin/100 g dw (ZHISHEN; MENGCHENG; JIANMING, 1999).

2.10. Antiradical efficiency (AE)

Antiradical efficiency was performed following the method of Sánchez-Moreno, Larrauri and Saura-Calixto (1998). To obtain the antioxidant extract, 5 g of

pulp were stirred with 10 mL of absolute methanol for 2 h before centrifuged for 30 minutes at 4 °C and 15000 rpm. A solution containing 25 mg L^{-1} of the radical 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH·) was prepared. Portions of 5, 10, 20, 30, 40, and 50 µl of antioxidant extract were reacted separately with 3.5 mL of the DPPH·solution. Absorbance was measured at 515 nm every minute for 5 minutes using a spectrophotometer. Reduced DPPH· was calculated over time with a calibration curve of this compound. The percentage of remaining DPPH per minutes was calculated using the following Equation 1:

$$\% \text{ DPPH}\cdot_{\text{remaining}} = \text{DPPH}\cdot_{T} / \text{DPPH}\cdot_{T=0} \quad (1)$$

where: $\text{DPPH}\cdot_{T}$ = Final concentration of DPPH· 1 to 5 minutes; $\text{DPPH}\cdot_{T=0}$ = Initial concentration of DPPH·

The amount of antioxidant extract necessary to decrease the initial concentration of DPPH· (EC_{50}, mL extract/kg de DPPH) to 50% was calculated plotting the % DPPH remaining against microliters of extract, using a model fit to the data and calculating the amount of extract antioxidant that reduces by half DPPH. Time was plotted against microliters of antioxidant extract to get the time in min (T_{EC50}) needed to achieve the EC_{50}. Finally, the antiradical efficiency (AE) was calculated using the following Equation 2

$$EA = 1/ EC_{50} * T_{EC50} \quad (2)$$

2.11. Statistical analysis

Analysis experiments were performed using a completely randomized design. Analysis of variance was carried out using the general linear model (GLM) of SAS (The SAS System for Windows, Version 6.11). All data were expressed as the mean ± standard error (SE) and analysis by one-way analysis of variance (ANOVA). Differences were considered significant at $P < 0.05$.

Two replicates were performed, and each analysis was conducted in triplicate.

References

Ajila, C. M.; Aalami, M.; Leelavathi, K.; Prasada Rao, U. J. S. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11, 219-224.

Alferez, F., Liao, H. L., Burns, J. K. (2012). Blue light alters infection by Penicillium digitatum in tangerines Postharvest Biology and Technology, 63, 11-15.

BAL, E. Effect of postharvest UV-C treatments on quality attributes of fresh fig. (2012). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18, 191-196.

Dai, J., Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, Review, 7313-7352.

De Pascual-Teresa, S., Moreno, D. A., Garcia-Viguera, C. (2010). Flavanols and anthocyanins in cardiovascular health: a review of current evidence. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 1679-1703.

Ebisawa, M., K. Shoji, M. Kato, K. Shimomura, F. Goto, and T. Yoshihara. (2008). Supplementary ultraviolet radiation B together with blue light at night increased quercetin content and flavonol synthase gene expression in leaf lettuce (Lactuca sativa L.). *Environmental Control Biology*, 46, 1-11.

El-Ramady, H. R., Domokos-Szabolcsy , E., Abdalla, N. A., Taha, H. S., Fári, M. (2015). Postharvest management of fruits and vegetables storage. *Springer*, Review, 15, 65-151.

Gonzalez-Aguilar, G. A; Villa-Rodriguez, J. A.; Ayala-Zavala, J. F.; Yahia, E. M. (2010). Improvement of the antioxidant satus of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Food Science & Tecnology*. 21, 475- 482.

Gonzalez-Aguilar, G. A.; Zavaleta-Gatica, R.; Tiznado-Hernandez. (2007). Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C tretament. *ScienceDirect*. 45, 108-116.

Gonzalez-Aguilar, G. A.; Wang, C. Y.; Buta, J. G.; Krizek, D. T. (2001). Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *International Journal of Food Science & Tecnology*. 36, 767-773.

Islam, S. Z., Babadoost, M., Honda, Y. (2002). Effect of red light treatment of seedlings of pepper, pumpkin, and tomato on the occurrence of phytophthora damping-off. *HortScience*, 37, 678-681.

Johkan, M., Shoji, M., Goto, F., Hashida, S. N., Yoshihara, T. (2010). Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after

transplanting in red leaf lettuce. *Hortscience*, 45, 1809-1814.

Kim, K.; Kook, H. S.; Jang, Y. J.; Lee, W. H.; Kamala-Kannan, S.; Chae, J. C.; Lee, K. J. (2013). The effect of blue-light-emitting diodes on antioxidant properties and resistance to *Botrytis cinerea* in tomato. *Plant Pathology & Microbiology*. 4, 4-9.

Kook, H. S., Park, S. H., Jangi, Y. J., Lee, G. W., Kim, J. S., Kim, H. M., Oh, B. T., Chae, J. C., Lee, K. J. (2013). Blue LED (light-emitting diodes)-mediated growth promotion and control of Botrytis disease in lettuce. *Acta Agriculturae Scandinavica, Soil and Plant Science*, 63, 271-277.

Kondo, S., Tomiyama, H., Rodyoung, A., Okawa, K., Ohara, H., Sugaya, S., Terahara, N., Hirai, N. (2014). Abscisic acid metabolism and anthocyanin synthesis in grape skin are affected by light emitting diode (LED) irradiation at night. *Journal of Plant Physiology*, 171, 823–829.

Lafuente, M. T.; Alférez, F. (2015). Effect of LED Blue Light on Penicillium digitatum and Penicillium italicum Strains. *Photochemistry and Photobiology*, 91, 1412–1421.

Liao, H, L., Alferez, F., Burns, J. K. (2013). Assessment of blue light treatments on citrus postharvest diseases. *Postharvest Biology and Technology*, 81, 81-88.

Lo, C.; Manurung, R.; Esyanti, R. R. (2014). Enhancement of lycopene and β-carotene production in cherry tomato fruits (solanum lycopersicum l. var. cerasiforme) by using red and blue light treatment. *International Journal of Technical Research and Applications*, 2, 07-10.

Ma, G, Zhang L, Kato; M, Yamawaki K, Kiriiwa, Y; Yahata, M, Ikoma, Y; Matsumoto, H. (2012). Effect of blue and red LED light irradiation on β-cryptoxanthin accumulation in the flavedo of citrus fruits. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 60,197-201.

Ma, X.; Wu, H.; Liu, L.; Yao, Q., Wang, S.; Zhan, R.; Xing, S.; Zhou. (2011). Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. *Scientia Horticulturae*. 129, 102- 107.

Samuolienė, G., Sirtautas, R., Brazaityte, A., Duchovskis, P. (2012). LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce. *Food Chemistry*, 134, 1494–1499.

Xu, W.; Shi, Liyu., Chen, W.; Cao, Shifeng.; Su, X. Yang, Z. (2014). Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit. *Scientia Horticulturae*, 175, 181–186.

Wang, S. Y.; Chen, C. T.; Wang, C. Y. (2009). The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries. *Food Chemistry*. 112, 676-684.

Zhao, Y., Xing, Zhou, J., Xing, D. (2014). Phytochrome B-mediated activation of lipoxygenase modulates an excess red light-induced defence response. J*ournal of Experimental Botany,*

Zoratti, L.; Sarala, M.; Carvalho, E.; Karppinen, K.; Martens, S.; Giongo, L.; Häggman, H Jaakola**,** L. (2014). Monochromatic light increases anthocyanin content during fruit development in bilberry. *BMC Plant Biology*, 14**,** 377.