

EFEITO DA FERTIRRIGAÇÃO COM POTÁSSIO SOBRE O SOLO E PRODUTIVIDADE DO MORANGUEIRO

EDILSON RAMOS GOMES¹; FERNANDO BROETTO²; JOÃO GABRIEL THOMAZ QUELUZ³ E DAYANNE FABRÍCIO BRESSAN³

¹ Prof. Mestre, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista-UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu-SP. e-mail: edilsonvej@hotmail.com

² Prof. Doutor, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Departamento de Química e Bioquímica, Botucatu-SP.

³ Doutorando (a) em Agronomia (Irrigação e Drenagem), UNESP/FCA, Campos Botucatu-SP.

1 RESUMO

O manejo correto da irrigação associado à nutrição apropriada induz maior ganho de produtividade e melhoria das propriedades físico-químicas do fruto. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da fertirrigação com diferentes lâminas de irrigação e concentrações variadas de potássio no solo e produtividade do morangueiro. O ensaio foi conduzido em estufa agrícola e o morango cultivado em canteiros. O desenho experimental foi realizado em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco lâminas de irrigação (125%, 100%, 75%, 50% e 25% da necessidade hídrica da cultura) e nas subparcelas foram aplicadas três doses de adubação com potássio (0, 300 e 900 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹). A fertirrigação com potássio aumentou a condutividade elétrica e reduziu o pH na solução do solo. O efeito iônico promovido pelo potássio em função dos regimes hídricos influenciou a produtividade do morangueiro e as características físico-químicas dos frutos. A dose recomendada de potássio para o morangueiro associada à aplicação de água em excesso promove maior produtividade da cultura.

Palavras-chave: Fertirrigação, *Fragaria* L, Extrator de solução, Manejo de irrigação.

**GOMES, E. R.; BROETTO, F.; QUELUZ, J. G. T.; BRESSAN, D. F.
EFFECT OF POTASSIUM FERTIGATION ON SOIL AND STRAWBERRY YIELD**

2 ABSTRACT

Proper irrigation management associated with appropriate plant nutrition leads to higher yield gain and better physiochemical properties of the fruit. The objective of this study was to evaluate the effect of fertigation with different irrigation levels and distinct concentrations of potassium on soil and strawberry yield. The experiment was conducted in a greenhouse and strawberries were grown in beds. The treatments were arranged in a randomized split-plot experimental design with four replicates. Treatments consisted of five irrigation levels (125%, 100%, 75%, 50% and 25% water requirement of the crop) and three doses of potassium fertilization applied to the subplots (0, 300 and 900 kg ha⁻¹ cycle⁻¹). Potassium fertigation increased electrical conductivity and reduced pH in the soil solution. The ion effect promoted by potassium as a function of water regimes affected the strawberry yield and the

physiochemical characteristics of fruits. The recommended dose of potassium to the strawberry in association with water applied in excess promote higher crop yield.

Keywords: fertigation, *Fragaria L.*, soil solution extractor.

3 INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria L.*) é uma cultura de elevada importância econômica que se adapta a diferentes condições ambientais (HANCOCK, 1999). O interesse no consumo do morango e o aumento nas áreas cultivadas estão associados ao seu sabor agradável, aroma, coloração e textura como também aos seus nutrientes, minerais, vitaminas e compostos antioxidantes (QIN, et al., 2008; GALLI et al., 2015).

Para suprir a crescente demanda por morango faz-se necessário adotar um método de irrigação que garanta tanto a elevada produtividade quanto a qualidade dos frutos (YUAN; SUN; NISHIYAMA, 2003; LIU et al., 2007). Além disso, o crescimento e desenvolvimento adequado da cultura demandam o fornecimento e a disponibilidade de nutrientes, dentre os quais se destaca o potássio (K). A absorção deste sal está diretamente associada à biossíntese de compostos que afetam processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A utilização de fertirrigação, no cultivo do morango permite a obtenção de elevada produtividade e frutos com boa qualidade, uma vez que fornece simultaneamente a água e os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura (TRANI; TIVELLI; CARRIJO, 2011; CASTELLANOS et al., 2013; LIANG; LI; NONG, 2013).

Entretanto, tem sido descrito que o manejo inadequado com aplicação de fertilizantes em excesso causa a salinização dos solos (DIAS et al., 2006; DUARTE; DIAS; TELES FILHO, 2007). Além disso, embora o K seja um nutriente essencial para o desenvolvimento da cultura e permita que plantas sobrevivam sob condições adversas (PETTIGREW, 2008), a aplicação de doses elevadas do elemento reduz o crescimento vegetativo, a quantidade e o tamanho dos frutos do morangueiro (ANDRIOLO et al., 2010). No solo, elevadas concentrações de K podem interferir no crescimento das plantas em virtude do efeito osmótico e da toxicidade de íons específicos presentes na solução (FREIRE et al., 2003).

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da fertirrigação com diferentes lâminas de irrigação e concentrações variadas de potássio no solo e produtividade do morangueiro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Rural - UNESP/FCA campus de Botucatu-SP, no período de agosto a dezembro de 2012. O clima de Botucatu é classificado como Cwa, de acordo com a classificação internacional de Köppen (CUNHA; MARTINS; RICARTE, 2006) com chuvas no verão e seco no inverno, temperatura no mês frio inferior a 17°C e do mês quente superior a 23°C, coordenadas geográficas Latitude - 22° 52' 20" S e Longitude - 48° 26' 37" W Greenwich, altitude média de 770 metros.

O cultivo foi realizado em canteiros com dimensões de 1,20 m de largura por 5 m de comprimento e com três linhas de plantios em uma estufa agrícola 210 m².

O solo da área experimental foi classificado como latossolo vermelho distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). Para caracterização físico-química (Tabela 1), foram coletadas amostras de solo na camada de 0 - 0,20 m as quais foram utilizadas para estimar uma curva de retenção de água conforme metodologia de van Genuchten (1980).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo da área experimental.

| Análise Química | Prof. | pH | M.O. | P _{resina} | Al ³⁺ | H+Al | K | Ca | Mg | SB | CTC | V% | S |
|-----------------|--------|------|--------------------------------|---------------------|--|---------------------|--------------------|------------------------------------|------|----|-----|---------------------|----|
| | (cm) | | g dm ⁻³ | mg dm ⁻³ | ----- mmol _c dm ⁻³ ----- | | | ----- | | | | mg dm ⁻³ | |
| | 0-20 | 5,3 | 19,0 | 4,0 | 1,0 | 22,0 | 1,4 | 27,0 | 12,0 | 40 | 62 | 65 | 17 |
| Análise Física | Areia | | Total (g kg ⁻¹) | Argila | Silte | Teor de água (%) | Textura do solo | Densidade (g cm ⁻³) | | | | | |
| | Grossa | Fina | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 0 | 512 | 374 | 114 | 0 | Argilosa | 1,4 | | | | | |

O revolvimento do solo foi realizado com uma enxada rotativa, visando a limpeza superficial e a incorporação de calcário dolomítico. Para elevar a saturação de base V% para 80% aplicou-se 90 g m⁻² de calcário dolomítico. Em seguida, o solo foi umedecido e mantido para incubação por 60 dias. Em seguida foram transplantadas as mudas de morangueiro (cv. Oso grande) com três pares de folhas definitivas provenientes da cidade de Espírito Santo do Turvo - SP em espaçamento de 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre linhas.

A adubação de formação e cobertura do morangueiro foi realizada por fertirrigação com uso de um injetor tipo venturi, onde as aplicações dos fertilizantes foram semanais. Para a fonte de fósforo utilizou-se o MAP - Mono Amônio Fosfato (900 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹). Já para a adubação de cobertura utilizou-se uréia como fonte nitrogênio (180 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹) e potássio como fonte, o sulfato de potássio (300 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹) segundo recomendação do Boletim 100, Raij et al. (1997).

A distribuição do fertilizante foi conforme o estágio de desenvolvimento da cultura, onde 52 dias após transplântio foram aplicados 60% de uréia, 40% de sulfato de potássio e 60% de MAP recomendado no qual representa o estágio vegetativo da cultura. Dos 53 até os 100 dias após o transplântio da cultura foram aplicados 40% de uréia, 60% de sulfato de potássio e 40% de MAP necessário a cultura que representa os estádios de floração e frutificação (CARVALHO, 2006).

A irrigação utilizada foi por gotejo, onde as linhas de gotejadores foram espaçadas de 0,30 m entre plantas e 0,30 m entre linhas. A linhas principais em PVC, registros, válvula injetora de fertilizantes, hidrômetros e filtros. Os gotejadores com vazão média de 2,0 L h⁻¹ e pressão de serviço 10 mca.

Após a montagem da irrigação foi realizado a cobertura do solo com um filme agrícola na cor preta (mulching). Esse procedimento foi realizado com a finalidade de prevenir o contato dos frutos com o solo, evitando doenças, plantas invasoras e restando por maior tempo a umidade do solo segundo Kikas e Luik (2002).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos (T1:25%; T2:50%; T3:75%; T4:100% e T5:125% da necessidade hídrica da cultura), três doses (D1:sem adubação potássio; D2:300 kg ha⁻¹ de potássio dose recomendada e D3:900 kg ha⁻¹ de potássio o triplo da recomendação) e quatro repetições.

Para o manejo de irrigação da cultura foi instalado tensiômetro de vacuômetro na profundidade de 0,20 m com a finalidade de monitorar a tensão de água no solo e manter o teor de água do solo na capacidade de campo. Os cálculos de determinação de quanto aplicar de água e quando aplicar foi com base na CAD (Capacidade de água disponível), Equação 1.

Foi tomado como valor limite (PMP) de tensão no solo 80 kPa ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e mínimo (CC) de 15 kPa ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) para a profundidade (z) de 200 mm. Após determinar a necessidade da cultura no tratamento de 100% (T4) estimou-se as demais lâminas de irrigação. O volume de água aplicado em cada tratamento foi registrado por hidrômetro.

$$\text{CAD} = (\text{CC} - \text{PMP}) * Z \quad (1)$$

Em que:

CAD - capacidade de água disponível (mm);

CC - teor de água volumétrico na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

PMP - teor de água volumétrico no ponto de murcha permanente ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Z - profundidade efetiva do sistema radicular (mm).

Para monitoramento da condutividade elétrica (C.E) e pH na solução do solo foram instalados extratores com cápsulas porosas a uma profundidade de 0,20 m da superfície do solo. Após irrigação aplicou-se um vácuo a uma pressão de 70 kPa por meio de uma bomba a vácuo. Depois de 12 horas do vácuo aplicado, foi coletada a solução do solo e determinação a C.E e o pH com um condutivímetro e peagâmetro de bancada. As coletas de solução foram semanalmente no período da manhã.

Ao final do ciclo foi determinado a matéria seca da planta, onde, coletou-se oito plantas por tratamento, com caule e folha, em seguida levadas para uma estufa de ar forçado a 60 °C por um tempo de secagem de 72 horas, após esse tempo foram novamente pesadas em uma balança de precisão de 0,1g para determinar a massa seca das amostras (RODRIGUES, 2010).

Para massa média dos frutos, foram pesados todos os frutos e divididos pelo número de frutos (g). A massa foi obtida com o uso de uma balança digital de precisão 0,1g.

As leituras dos sólidos solúveis totais foram realizadas por refratometria, com o auxílio de um refratômetro digital Atago, conforme recomendação feita pela AOAC (2005). Os resultados são expressos em ° Brix.

Para determinação de açúcares redutores foi utilizado o Método de Nelson (1944). Os resultados são expressos em % g^{-1} .

A produtividade baseou-se no espaçamento entre as plantas de 0,30 x 0,30 m para uma população de 111.000 plantas por hectare. Em seguida multiplicou-se pelo valor médio massa fresca total dos frutos por planta. Os resultados foram expressos em toneladas por hectare.

Os dados foram submetidos à análise estatística pelo software SISVAR segundo Ferreira (2000). Os tratamentos de lâminas de irrigação foram submetidos a regressão e o fator doses potássicas, foram analisados por teste de comparação de médias (teste de Tukey) a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1A, 1B e 1C são apresentados os valores de condutividade elétrica (C.E) proveniente da solução do solo para as diferentes lâminas de água e doses de potássio aplicado via fertirrigação ao longo do ciclo da cultura. Os valores C.E variaram entre os tratamentos, mantendo-se entre 0,4 a 3,0 dS m^{-1} , onde a tolerância da cultura do morangueiro é de 1,2 dS m^{-1} para produção de frutos segundo Giménez, Andriolo e Goto (2008).

Na Figura 1A os valores de condutividade elétrica da solução do solo e nos tratamentos T1 e T5 foi equivalente a $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ no período inicial de desenvolvimento da cultura. Observou-se que esses valores de C.E elevaram em função da quantidade de água aplicada em cada tratamento ao longo do ciclo da cultura do morangueiro. Isso ocorreu em virtude das aplicações associadas de água e adubo, na cultura, no qual pode ser observado um maior aumento no tratamento T5.

Os valores de C.E na dose 2 (Figura 1B) se apresentaram no intervalo de $0,5$ a $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ para todos os tratamentos. Sendo assim, as concentrações da C.E entre $1,4$ e $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ são apontadas na literatura como uma faixa ótima para obter melhor qualidade e produtividade de frutos de morango (PARANJPE et al., 2003). Embora a concentração elevada da solução do solo possa aumentar a qualidade dos frutos, pode também diminuir a produção, caso supere o valor de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, conforme Sarooshi e Cresswell (1994).

Costa (2008) em um estudo com impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo constatou que a irrigação promove aumento na condutividade elétrica em áreas irrigadas em função do tempo de irrigação na mesma área, assim, proporcionando maior variabilidade da salinidade do solo.

Na Figura 1C, T3, T4 e T5 apresentaram valores de C.E superior ao suportado pela cultura. Assim, a alta concentração de sais de potássio associado às lâminas de água, proporciona a salinização do solo mesmo que a água de irrigação seja de boa qualidade. É importante seguir as concentrações adequadas de fertilizantes recomendados, assim podendo prevenir o acúmulo de sais na região radicular da planta (MEDEIROS; GHEYI, 1994). Portanto, o excesso de sais no solo pode prejudicar o crescimento das plantas em virtude dos efeitos osmóticos e da toxicidade de íons específicos presentes em elevadas concentrações na solução do solo (FREIRE et al., 2003).

Os valores de C.E para a dose 3 compreenderam entre uma faixa de $1,0$ a $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ para todos os tratamentos. Esses valores de C.E são considerados prejudiciais a cultura do morangueiro quando se busca produção de frutos de acordo com Giménez, Andriolo e Goto (2008). Em contrapartida, Andriolo et al. (2009) relata que, quando elevado a C.E de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ para $3,7 \text{ dS m}^{-1}$ ocorre um aumento na acidez dos frutos, do teor de sólidos solúveis e reduz o tamanho dos frutos e da produção.

Nota-se que, o pH na solução do solo Figuras 1D, 1E e 1F, variaram em função da combinação de altas doses potássicas e lâminas de água por meio da ação da adubação em acidificar o meio, assim, variando entre $6,4$ a $7,3$. Para melhores rendimentos na cultura do morangueiro, deve-se utilizar solo armado em forma de canteiro que permita uma boa drenagem. Esta cultura é sensível a solo de pH ácidos e adapta-se bem em solos cujo pH varie de $5,5$ a 7 (intervalo ótimo de $6,0$ a $6,5$) e não suporta solos com teores de calcário ativo superior a 3% (ALMEIDA, 2006).

Na Figura 1D, observou-se que o pH da solução do solo, para todos os tratamentos na dose 1 apresentou um leve decrescente, onde, o T5 se deslocou de meio neutro para um meio mais ácido. Já para os demais tratamentos o pH no início do ciclo ficou abaixo de $7,0$, valores, segundo Almeida (2006), são ótimos para a cultura. Isso ocorreu em função da disponibilidade de sais via fertirrigação, onde promoveu a acidificação do solo pela adição de fertilizantes.

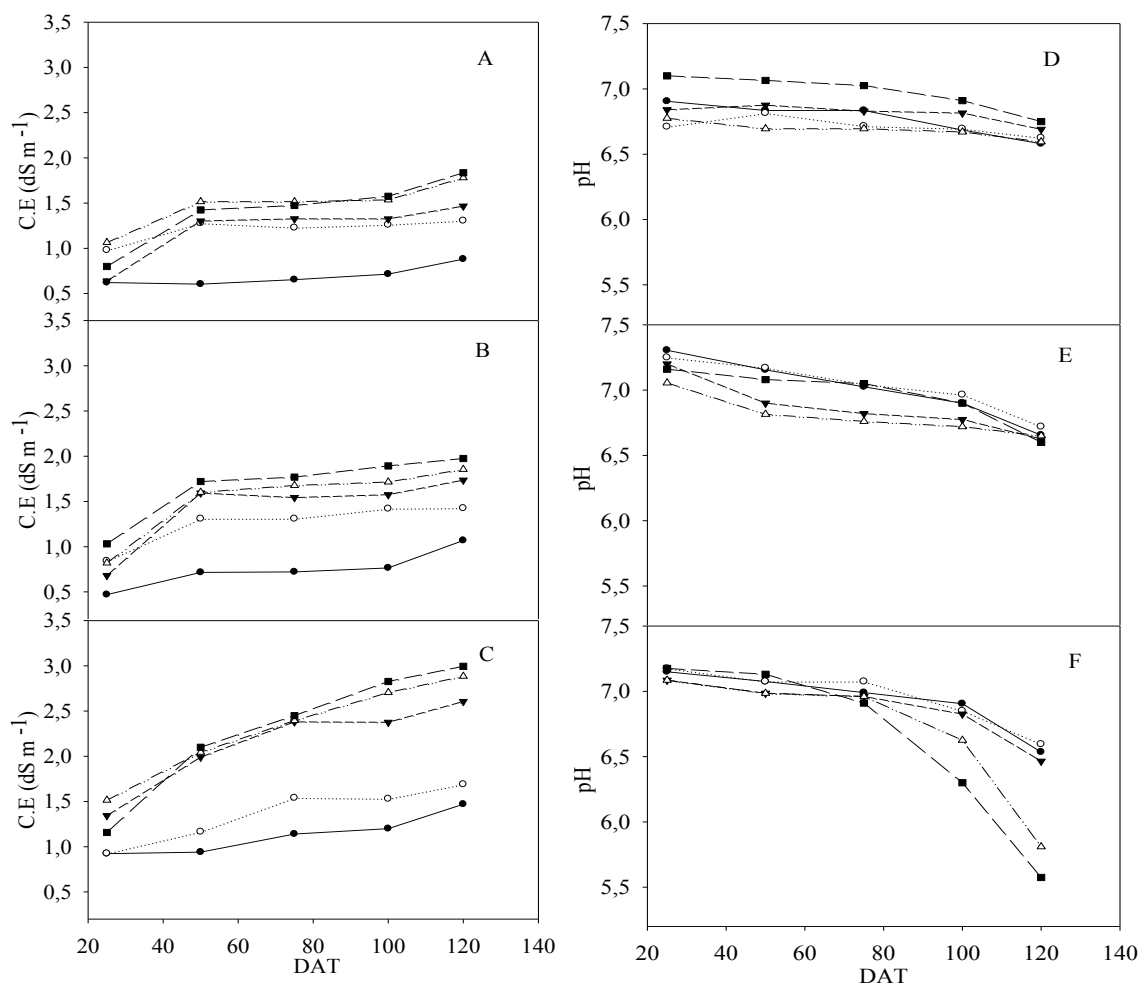
Segundo Costa (2008), a prática da irrigação e o tempo da sua aplicação não induziram variações nos valores do pH, porém promove um aumento da C.E e assim, proporciona maior variabilidade do solo.

Observou-se que o pH na dose 2 (Figura 1E) expressou valores no início do ciclo bem acima de $7,0$ para todos os tratamentos, isso pode ter ocorrido em função da maior presença

de cálcio ocasionado pela prática da calagem no preparo do solo. Os valores de pH só ficaram abaixo de 7,0 após 80 DAT, isso ocorreu em virtude do processo de salinização da solução do solo proporcionado pela aplicação de sulfato de potássio. Entretanto, T2 foi o que apresentou menor pH no final do ciclo, mesmo assim esse valor está em uma margem ótima para a cultura, segundo Almeida (2006).

Observou-se que T4 e T5 foram os tratamentos que apresentaram os menores valores de pH (5,6 e 5,8) respectivamente, isso ocorreu pelo fato que esses tratamentos receberam mais sais de potássio (Figura 1F). Portanto a concentração e a frequência de aplicação de fertilizante na cultura proporcionaram a acidificação da solução do solo, onde prejudica o crescimento das raízes e posteriormente a planta, em virtude do efeito osmótico e da toxicidade de íons específicos presente na solução do solo (FREIRE et al., 2003).

Figura 1. Valores de condutividade elétrica A, B e C e pH D, E e F da solução do solo em função dos tratamentos: T1:25% (●); T2:50% (○); T3:75% (▼); T4:100% (Δ) e T5:125% da necessidade da cultura (■) com manejo de fertirrigação sem potássio (A e D), adubação potássica de 300 kg ha⁻¹ (B e E) e 900 kg ha⁻¹ (C e F) ao longo do ciclo da cultura do morangueiro na profundidade de 0,20 m.



Os resultados deste trabalho estão de acordo com os observados por Souza, Miranda e Oliveira (2007) que relatam valores do pH entre 6,8 e 5,3, onde acarretam uma maior

disponibilidade do nutriente para a cultivar. Tal resultado pode ser explicado pela frequência de aplicação de fertilizantes, via fertirrigação, reduzindo o pH do solo.

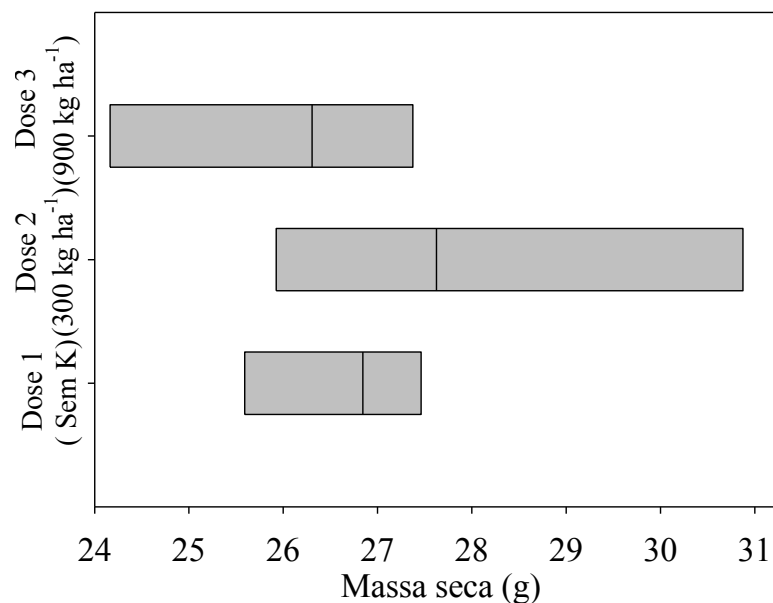
A massa seca (MS) apresentada na Figura 2 variou em função das cinco lâminas de irrigação ($151,53 \text{ mm ciclo}^{-1}$, $194,25 \text{ mm ciclo}^{-1}$, $251,97 \text{ mm ciclo}^{-1}$, $314,09 \text{ mm ciclo}^{-1}$ e $388,95 \text{ mm ciclo}^{-1}$) e da dose de potássio aplicado, os resultados variaram de $24,5$ a 31 g planta^{-1} . Estatisticamente a dose 1 não apresentou diferença em função das lâminas de água, já para a dose 2 e 3 os valores de MS apresentaram diferença as 5% de probabilidade.

A dose 1 não apresentou plantas com massa seca superior a 27 g planta^{-1} em função da ausência de potássio no solo, uma vez que esse nutriente tem relação direta com o potencial osmótico do solo que irá interferir na eficiência da absorção de água pela planta. Cakmak (2005) concluiu que a deficiência de potássio é um problema nutricional importante que afeta aspectos importantes como a produção e a qualidade da cultura.

Para a dose 2 obteve o maior valor de massa seca no T5 com 31 g planta^{-1} isso porque aplicou-se a adubação adequada para a cultura. Marodin et al. (2010) avaliando diferentes doses de potássio concluiu que dosagem intermediária de 200 kg ha^{-1} conferiu um teor elevado de matéria seca em morangos do cultivar Camarosa. No presente trabalho, o incremento da lâmina de irrigação aumentou o teor de água na folha, resultando em uma maior concentração de matéria seca, como era de se esperar.

Na dose 3, pode-se observar que o excesso de sais de potássio restringiu a absorção de água pela planta no T1, assim apresentando menor valor de MS por planta. Portanto, a baixa concentração ou o excesso de um nutriente essencial restringe o desenvolvimento das plantas. Assim vale ressaltar que o elevado teor de potássio em um meio dificulta o processo de translocação e armazenamento de outros nutrientes.

Figura 2. Massa seca em função de lâminas de água com fertirrigação sem adubação e com adubação potássica no morangueiro para cv. Oso Grande.



O crescimento linear da MS em função do volume de água aplicado independente da dose de potássio se explica pelo fato da água ser extremamente importante para as funções metabólicas das plantas, onde, controla as condições do solo, incluindo a normalidade do pH, o potencial osmótico, o desenvolvimento da planta e mantém um equilíbrio eletroquímico nas

células, agindo como um ativador de enzimas essenciais em processos como a fotossíntese e a respiração (BLOOM; EPSTEIN, 2006).

Para as características de produção do morangueiro o efeito das lâminas de água sobre o ciclo de produção está resumido na Tabela 2. A partir da análise de variância para essas características constatou-se que as lâminas de água (151,53 mm ciclo⁻¹, 194,25 mm ciclo⁻¹, 251,97 mm ciclo⁻¹, 314,09 mm ciclo⁻¹ e 388,95 mm ciclo⁻¹) influenciaram significativamente a produtividade (p<0,01), massa média de fruto (p<0,01), sólidos solúveis totais (p<0,01) e açúcar redutor e área foliar (p<0,01).

A análise de regressão apresentou efeito quadrático das lâminas de água para as seguintes características avaliadas: produtividade, massa média de fruto. Já para sólidos solúveis totais e açúcar redutor o efeito linear foi o que melhor se ajustou para essas características de produção do morangueiro.

Tabela 2. Análise de variância do efeito de diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio sobre as características de produção do morangueiro cv. Oso Grande.

| Parâmetros | r ² | CV | Média | Níveis de significância | | |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|-------------------------|----|-----|
| | | | | K | L | K*L |
| Produtividade (t ha ⁻¹) | 99,69 | 9,49 | 17,77 | ns | ** | ns |
| Massa média de fruto (g) | 95,33 | 7,49 | 6,97 | ns | ** | ns |
| Sólidos solúveis totais (°Brix) | 78,57 | 10,80 | 8,27 | * | ** | * |
| Açúcar Redutor (%) | 96,27 | 6,05 | 6,17 | ** | ** | * |

* significativo (P< 0,05); ** significativo (P< 0,01); ns não significativo; “K” potássio; “L” lamina de água.

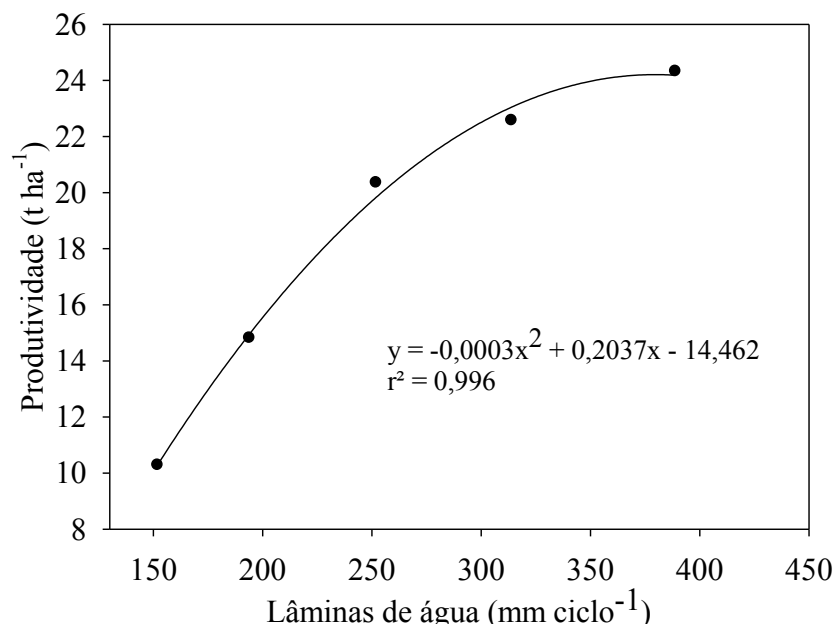
O desdobramento da estatística permitiu fazer análise de regressão para os tratamentos de lâminas de água. Já para o efeito de dose o desdobramento da estatística permitiu analisar através da comparação de médias (utilizando o teste de Tukey).

A produção do morangueiro alcançou um valor máximo de produtividade (24,32 t ha⁻¹), que foi obtido com a aplicação da lâmina de água máxima T5 (Figura 3). O resultado de produtividade total de frutos mostrou resposta quadrática, com nível de significância de 1%, indicando haver uma variação na produtividade total de frutos à medida que se reduz ou aumenta o volume de água.

Costa (2011) alcançou uma produtividade de 17,71 t ha⁻¹ de morango para as cultivares Oso Grande e Aromas, sob o efeito de diferentes tensões de água no solo, na região sul de Minas Gerais. A produtividade foi inferior da que encontrada nesse estudo.

Otto et al. (2009) avaliando a produção de frutos de morangueiros e a emissão de estolões das cultivares de dia neutro, incluindo a cv. Aromas, durante o verão de Ponta Grossa, Paraná, em estufa, utilizando sistema de irrigação por gotejamento, alcançaram resposta de produtividade de frutos comercial para cultivar Aromas de 28,40 t ha⁻¹. Resultado este superior ao valor de produtividade encontrado no presente estudo, de 24,32 t ha⁻¹, para a lâmina máxima de água.

Figura 3. Produtividade das plantas de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.



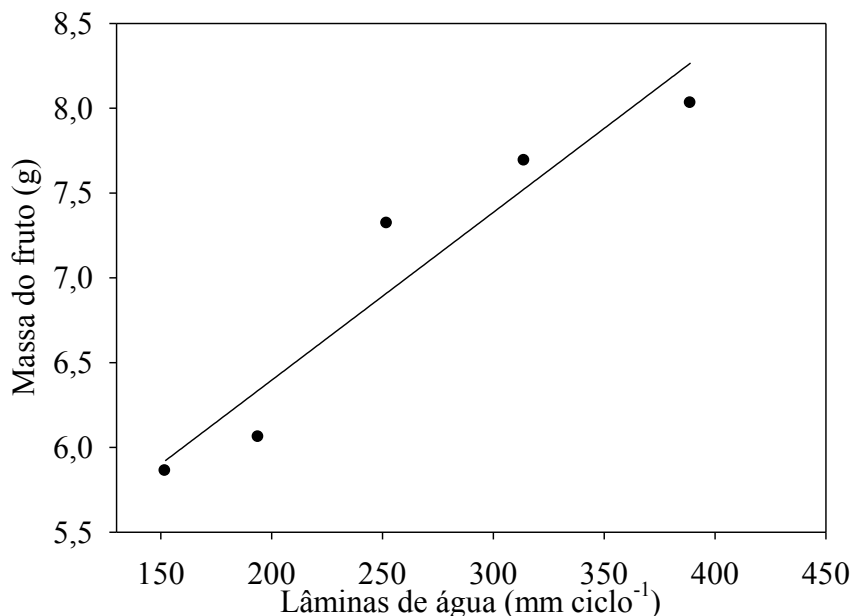
Ressalvando que a equação apresentada na Figura 3 representa o desempenho da lâmina de água no solo (mm), implicará em uma produtividade total de frutos, considerando o intervalo avaliado (lâmina mínima a lâmina máxima de água). Isto implica dizer que, quanto menor o intervalo entre irrigações (turno de irrigação), maior é a produtividade total de frutos, pois, a água é aplicada em pequenas intensidades, porém, com muita frequência, de modo a manter o teor de água do solo na zona radicular e próxima à capacidade de campo.

Para a massa média de frutos os maiores valores de peso média dos frutos ocorreram em torno da maior lâmina de água (388,95 mm ciclo⁻¹), que resultou em 8 g por frutos produzidos, haja visto que o fator dose de adubação potássica não influenciou significativamente (Figura 4).

Os valores do presente estudo se aproximaram ao de Castro et al. (2003), onde relata que os valores de massa média dos frutos para os cultivares Campinas e Dover em cultivo orgânico foram de 7,76 g e 7,74 g respectivamente. Já Virmond e Resende (2007), avaliaram a massa média de frutos no sistema convencional e observaram valor de 13,84 g para o cultivar Oso Grande.

Para os valores de massa média dos frutos, Andriolo et al. (2010) na avaliação de doses e no crescimento da planta, produção e qualidade de frutas do morangueiro, observaram que não houve diferença estatística para os valores de massa média dos frutos (8,9 a 10,5 g) em função das diferentes doses para o cultivar Arazá.

Figura 4. Massa média dos frutos de morangueiro cv. Oso Grande em função de diferentes lâminas de água no ciclo.



O valor máximo para os sólidos solúveis totais nos frutos ocorreu para a lâmina de água mínima no ciclo (9,0 °Brix) e a que apresentou menor °Brix (7,4) foi a lâmina de água máxima no ciclo. Resultados semelhantes foram encontrados por Schwarz (2012) e Marodin et al. (2010), pois observaram que houve aumento linear no teor de sólidos solúveis para o cv ‘Camarosa’.

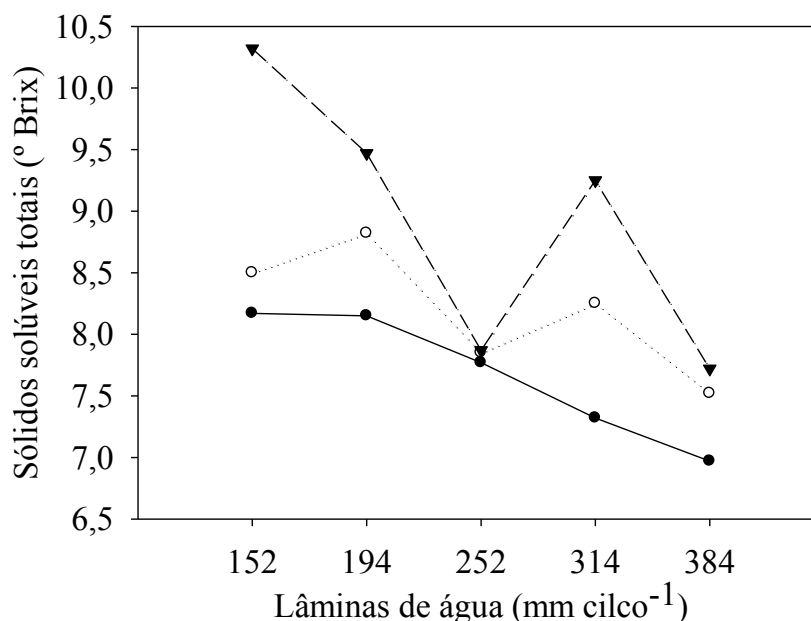
Os sólidos solúveis estão relacionados com o sabor “doce” do morango, pois os açúcares são os componentes mais abundantes encontrados nos sólidos solúveis (KADER, 1991). Assim, houve influência dos tratamentos de lâminas de água e doses de adubação para a característica (SST). Portanto, quando reduz o volume de água, ocorre um aumento no valor de sólidos solúveis totais nos frutos a medida que aumenta a adubação potássica (Figura 5).

O teor dos sólidos solúveis (°Brix) nos frutos é muito importante, pois quanto maior a quantidade de sólidos solúveis existentes, menor será a quantidade de açúcar a ser adicionada aos frutos, quando processados pela indústria diminuindo, assim, o custo de produção e aumentando a qualidade do produto (ARAÚJO, 2001; SILVA; BELTRÃO; AMORIN NETO, 2000).

Os valores da dose 1 variaram entre 8,17 e 6,97 °Brix para as lâminas de água mínima e máxima no ciclo, respectivamente. Estatisticamente, na dose 1, os teores de sólidos solúveis totais não variaram com as lâminas de água. Para a dose 2, os valores obtidos foram 8,50 e 7,52 °Brix da primeira e última lâmina de irrigação. Na dose 3 os valores foram de 10,32 a 7,72 °Brix. O gráfico mostra que, na lâmina 252 mm ciclo⁻¹, que os teores de sólidos solúveis totais não se diferem.

El-Sawy (2012) verificou que com o incremento dos níveis de potássio aumenta o TSS%. Resultados semelhantes foram obtidos por Dierend e Faby (2003), Sonsteby, Nest e Maga (2004). Marodin et al. (2010) observaram que para o cultivar Camarosa, a adubação potássica proporcionou um aumento linear no teor de sólidos solúveis quando ocorreu a aplicação de doses de até 600 kg ha⁻¹ de K₂O.

Figura 5. Comparação de médias de sólidos solúveis totais em função de doses de K (D1: sem K (●); D2:300 kg ha⁻¹ K (○); D3:900 kg ha⁻¹ K (▼)) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.



Os resultados obtidos com a adubação potássica e lâminas de água comprovam que o potássio influencia sobre o teor de sólidos solúveis nos frutos. Isso ocorre porque uma das funções do potássio na planta é intensificar o armazenamento de solutos do floema em órgãos como sementes, tubérculos e frutos, sendo que a velocidade de transporte aumenta com o aumento no suprimento de potássio (POTAFOS, 1990).

O teor de açúcares redutores nos frutos as lâminas de água mínima e máxima no ciclo foram as que proporcionaram as maiores concentrações de açúcares redutores nos frutos 7,2 e 6,8 % respectivamente (Figura 6).

O açúcar redutor é um monossacarídeo que apresenta uma função aldeídica ou cetônica livre, tornando-o capaz de reduzir cátions como cobre e prata em soluções alcalinas. Este é o caso da glicose e da frutose, açúcares redutores comumente encontrados em frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os resultados deste trabalho se apresentaram bem acima aos de Camargo (2009), onde, estudando as caracterizações químicas de frutos de morangueiro sob sistemas de manejo orgânico e convencional, verificou concentração de açúcares redutores de 4,93% g⁻¹ para cultivar Camarosa e 5,56% g⁻¹ para Sweet Charlie, em cultivo convencional.

Krivorot e Dris (2002) definiu o teor de açúcar redutor em frutos de morango frescos e congelados em quatro cultivares e observaram que os frutos frescos apresentaram teor de açúcares inferior ao dos frutos congelados, onde para os frutos frescos variou de 2,97 até 4,62% g⁻¹ e nos congelados de 5,97 até 6,94% g⁻¹.

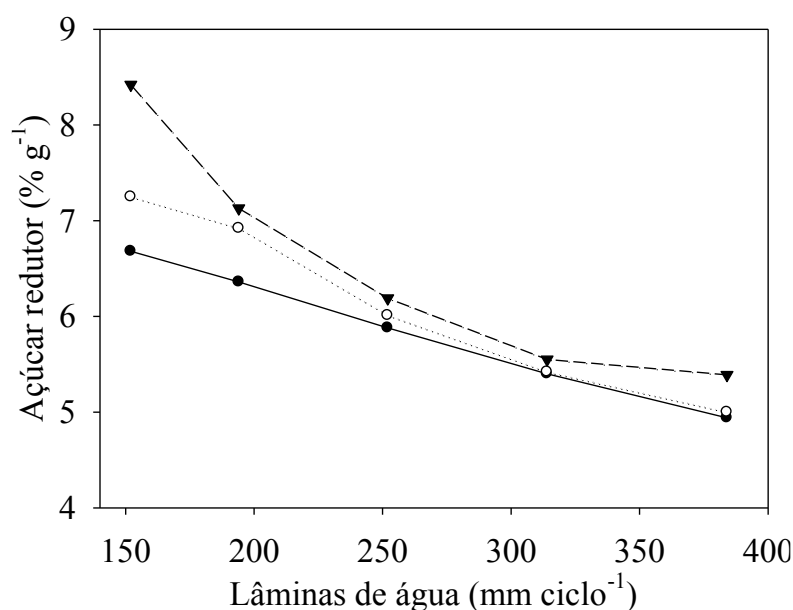
Os valores da dose 1 compreenderam entre 6,68 e 4,94% g⁻¹, para as lâminas de 152 mm e 384 mm ciclo⁻¹. Para a dose 2 os valores foram de 7,25 a 5,00% g⁻¹, para a menor e maior lâmina. Já na dose 3 esses valores foram superiores, entre 8,42 e 5,39% g⁻¹, dessa forma pode-se verificar que o potássio promove alteração a esse fator, quando correlacionado com as lâminas de irrigação.

Dias et al. (2006), avaliando frutos de morango nas cultivares Campinas, Dover e Sweet Charlie em sistema de cultivo tradicional encontraram valores equivalentes a 5,36, 4,52

e 4,89% g⁻¹ de açúcares respectivamente. Camargo (2009), avaliando a caracterização física e química de frutos de morangueiro observou que, o teor de açúcar no fruto de morangueiro para o cv. Oso Grande foi de 5,00% g⁻¹ para sistema convencional e 5,02% g⁻¹ para sistema orgânico. Esses resultados assemelham-se aos do presente trabalho para o cultivar Oso Grande.

Leskinen, Vaisanen e Vestergaard (2002), encontraram teores de 8,1% g⁻¹ de açúcar nos frutos de morangueiro do cultivar Polka, 6,4% g⁻¹ para cultivar Jonsok e 7,2% g⁻¹ para cultivar Honeoye, em experimento com produção orgânica em anos diferentes, na Finlândia. Com esses resultados pode-se concluir que no ano de verão mais quente e seco foi o que proporcionou a um maior acúmulo de açúcares nos frutos.

Figura 6. Comparação de médias do açúcar redutor em função de doses de K (D1: sem K (●); D2:300 kg ha⁻¹ K (○); D3:900 kg ha⁻¹ K (▼)) e lâminas de irrigação para cv. Oso Grande.



6 CONCLUSÕES

O manejo inadequado da fertirrigação com potássio promove danos irreversíveis à cultura e ao solo de forma a levar a planta à morte e a salinizar o solo. A fertirrigação é uma técnica viável no cultivo do morangueiro de forma que minimiza gastos com fertilizantes maximizando a produção do morangueiro Oso Grande.

A dose recomendada de potássio para o morangueiro associada à aplicação de água em excesso promove maior produtividade da cultura. Menores volumes de água associados a altas doses de potássio promovem uma melhoria nas características físico-químicas dos frutos.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, v. 2, 2006.

ANDRIOLO, J. L. JÄNISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

ANDRIOLO, J. L.; JÄNISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; DAL PICIO, M.; CARDOSO, F.L.; ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 267-272, 2010.

AOAC. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international**. 18. ed. Gaithersburg, 2005. 1015 p.

ARAÚJO, J. L. **Propriedades termofísicas da polpa do cupuaçu**. 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2001.

BLOOM, A. J.; EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: **Editora Planta**, 2006. 403 p.

CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of biotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Alemanha, v. 168, p. 521-530, 2005.

CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J.T.V.; GALVÃO, A.G.; BAIER, J.E.; FARIA, M.V.; CAMARGO, C.K. Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p. 993-998, 2009.

CARVALHO, S. P. **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: FAEMG, 2006. 160 p.

CASTELLANOS, M. T.; TARQUIS, A.M.; RIBAS, F., CABELLO, M.J.; ARCE, A.; CARTAGENA, M.C. Nitrogen fertigation: an integrated agronomic and environmental study. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 120, p. 46-55, 2013.

CASTRO, R. L.; CASALI, V.W.D.; BARRELLA, T.P.; SANTOS, R.H.S.; CRUZ, C.D. Produtividade de cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 227-230, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COSTA, A. M. D. Impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo aluvial no semi-árido potiguar. **Holos**, Natal, ano. 24, v. 2, p. 62-71, 2008.

COSTA, G. G. **Produção e qualidade de frutos do morangueiro, sob diferentes tensões de água no solo**. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D.; RICARTE, R. M. Atualização da classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBMET, 2006. p. 7.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; TELES FILHO, J. F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. II: Efeitos sobre o rendimento do meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 376-383, 2006.

DIEREND, W.; R. FABY. Calcium and potassium nutrition of strawberries - Part II: Potassium and calcium fertilization trials. **Erwerbs-obstbau**, Alemanha, v. 45, n. 2, p. 50-61, 2003.

DUARTE, S. N.; DIAS, N. D.; TELES FILHO, J. F. Recuperação de um solo salinizado devido a excesso de fertilizantes em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p.422-428, 2007.

EL-SAWY, S. M.; SALMAN, S. R.; EL-MONIEM, E.M. ABD; SAWAN, O. M.; ABOU-HADID, A. F. Influence of some fertilizer treatments on productivity and fruit quality of strawberries. **Journal of Applied Sciences Research**, Paquistão, v. 8, n. 1, p.483-490, 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos: 4a**. Brasília: Embrapa Produção da informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; VICTOR, H.; ALVAREZ, V.; FREIRE, F. J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2003.

GALLI, V.; BOROWSKI, J. M.; PERIN, E. C.; MESSIAS, R. S.; LABONDE, J.; PEREIRA, I. S.; ANJOS SILVA, S. D.; ROMBALDI, C. V. Validation of reference genes for accurate normalization of gene expression for real time-quantitative PCR in strawberry fruits using different cultivars and osmotic stresses. **Gene**, California, v. 554, p. 205-214, 2015.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GOTO, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p.273-279, 2008.

HANCOCK, J. F. Morangos. **CABI Publishing**, Wallingford, Reino Unido, 393 p. 1999.

KADER, Adel A. Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of strawberry. In: A. dale and J.J. Luby (editors). **The strawberry into the 21st**. Timber Press, Portland: Oregon, 1991. p. 145-152.

KIKAS, A.; LUIK, A. The influence of different mulches on strawberry yield and entomofauna. **Acta Horticulturae**, Bélgica, 567, v.2, p. 701–704, 2002,

KRIVOROT, A. M.; DRIS, R. Shelf life and quality changes of strawberry cultivars. **Acta Horticulturae**, Bélgica, v. 567, p. 755-758, 2002.

LESKINEN, M.; VAISANEN, H.M.; VESTERGAARD, J. Chemical and sensory quality of strawberry cultivars used in organic cultivation. **Acta Horticulturae**, Bélgica, v. 567, p. 523-526, 2002.

LIANG, H.; LI, F.; NONG, M. Effects of alternate partial root-zone irrigation on yield and water use of sticky maize with fertigation. **Agricultural Water Management**, Nova Zelândia, v. 116, p. 242-247, 2013.

LIU, F.; SAVIC, S.; JENSEN, C. R.; SHAHNAZARI, A.; JACOBSEN, S. E.; STIKIC, R.; ANDERSEN, M. N. Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation, **Scientia Horticulturae**, Canadá, v. 111, p. 28-132, 2007.

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

MARODIN, J. C.; RESENDE, J.T.V.; MORALES, R.G.F.; CAMARGO, C.K.; CAMARGO, L.K.P.; PAVINATO, P.S. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 9, n. 3, p. 50-57, 2010.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. A qualidade da água de irrigação. **Mossoró: ESAM**, 1994. 60 p.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **Journal Biological Chemistry**, Rockville, v. 153, p. 375-380, 1944.

OTTO, R. F. MORAKAMI, R. K.; REGHIN, M. Y.; CAÍRES, E. F. Cultivares de morango de dia neutro: produção em função de doses de nitrogênio durante o verão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 217-221, 2009.

PARANJPE, A.; CANTLIFFE, D. J.; CORDEIRO, E. M.; STOFFELLA, P. J.; POWELL, C. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Science**, Flórida, v. 116, p. 98-105, 2003.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiology Plantarum**, Oxford, v. 133, p. 670-681, 2008.

POTAFOS. Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: **POTAFOS**, 1990. 45 p.

- QIN, Y.; SILVA, J. A. T.; ZHANG, L.; ZHANG, S. Transgenic strawberry: State of the art for improved traits. **Biotechnology Advances**, New York, v. 26, p. 219-232, 2008.
- RAIJ, B. V. et al. (Ed.). **Boletim Técnico 100**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1197. 182 p.
- RODRIGUES, R. C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 177 p. (**Documento 306**).
- SAROOSHI, R. A.; CRESSWELL, G. C. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Australia, v. 34, p. 529-535, 1994.
- SCHWARZ, K. **Adubação potássica na produtividade e qualidade do morangueiro cv. Camarosa**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.
- SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. E. M.; AMORIN NETO, M. S. Análise do crescimento de comunidades vegetais. Campo Grande: Embrapa Algodão, 2000. 18 p. (**Documento 34**).
- SONSTEBY, A.; NEST, A.; MAGA, F. Effect of bark mulch and NPK fertilizer on yield, leaf nutrient status and soil mineral nitrogen during three years of strawberry production. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science**, Noruega, v. 54, n. 3, p.128-134, 2004.
- SOUZA, D. M. G. S.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. V. A acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Org.). **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p. 205-274, 2007.
- TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. p. 51. (**Boletim Técnico IAC, 196 - Série Tecnologia APTA**).
- van GENUTCHEN, M. TH. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated. **Soil Science Society American Journal**, Estados Unidos, v. 41, p. 892-898, 1980.
- VIRMOND, M. F. R.; RESENDE, J. T. V. Produtividade e teor de sólidos solúveis totais em frutos de morango sob diferentes ambientes de cultivo. **Revista Eletrônica Lato Sensu - Ciências Agrárias**, Belém, v. 2, n. 1, p.62-69, 2007.
- YUAN, B. Z.; SUN, J.; NISHIYAMA, S. Effect of drip irrigation on strawberry growth inside a plastic greenhouse. **Biosystems Engineering**, Reino Unido, v. 87, n.2, p. 237- 245. 2003.