UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUÇÃO EM AGRONOMIA

SOLUÇÕES NUTRITIVAS E DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SUBSTRATOS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE MORANGO, NO DISTRITO FEDERAL

JOÃO RICARDO RAMOS SOARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA – DF
Junho/2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PRORAMA DE PÓS-GRADUÇÃO EM AGRONOMIA

SOLUÇÕES NUTRITIVAS E DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SUBSTRATOS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE MORANGO, NO DISTRITO FEDERAL

JOÃO RICARDO RAMOS SOARES

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina e Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das
exigências do curso de Mestrado em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo Peixoto

BRASÍLIA - DF

Junho/2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PRORAMA DE PÓS-GRADUÇÃO EM AGRONOMIA

SOLUÇÕES NUTRITIVAS E DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SUBSTRATOS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE MORANGO, NO DISTRITO FEDERAL

JOÃO RICARDO RAMOS SOARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTEÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.

APROVADA POR:

_____

JOSÉ RICARDO PEIXOTO, Dr., Universidade de Brasília – UnB,

Orientador, CPF: 354.356.236-34. E-mail: peixoto@unb.br

_____

ÍTALO MORAES ROCHA GUEDES, Dr., Embrapa Hortaliças,

Examinador Externo, CPF: 024.330.314-94. E-mail: ítalo.guedes@embrapa.br

_____

MICHELLE SOUSA VILELA, Dra., Universidade de Brasília – UnB

Examinador interno, CPF: 919.623.401-63. E-mail: michellevilelaunb@gmail.com

BRASÍLIA - DF, 30 de junho de 2022.

FICHA CATALOGRÁFICA

SOARES, JOÃO RICARDO RAMOS
Soluções nutritivas e diferentes composições de substratos no cultivo hidropônico de morango, no Distrito Federal. /João Ricardo Ramos Soares. Orientação de José Ricardo Peixoto. – Brasília, 2022.
39p.
Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.
1. Hidroponia. 2. Morango. 3. Soluções nutritivas. 4. Composição de substratos. I. Peixoto, J. II.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOARES, J. R. R., **Soluções nutritivas e diferentes composições de substratos no cultivo hidropônico de morango, no Distrito Federal.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2022, 39 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: JOÃO RICARDO RAMOS SOARES
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SOLUÇÕES NUTRITIVAS E DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SUBSTRATOS NO CULTIVO DE MORANGO, NO DISTRITO FEDERAL.
GRAU: MESTRE **ANO:** 2022

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: João Ricardo Ramos Soares
CPF: 727.2228.351-34
Endereço: SQN 316, Bloco “J”, Apartamento 112
Tel.: 61 98124 5954
E-mail: joaoricardoramossoares@gmail.com

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

A Deus, pela grandeza de seus mistérios e pela abundância do mundo em que vivemos;

À minha família, pela inspiração e por serem minha fortaleza e meu refúgio;

Aos produtores rurais, pro quem tenho profundo respeito e admiração;

E aos interessados que possam se valer dos dados e informações aqui contidos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida, pela saúde e por me abençoar com uma família maravilhosa em especial nas figuras dos meus avós (Deocleciano Ramos e Hilda Ramos), minha mãe (Elza Ramos), minha tia (Deocleciana Ramos), minha esposa Mirela Eidt e minhas filhas (Aditi, Ana Helena e Maria Luísa), vocês são a melhor parte da minha vida.

Agradecer pela atenção e apoio do Professor José Ricardo Peixoto, pela dedicação ao ofício que lhe foi confiado como Professor e assim o exerce de maneira tão prestativa e comprometida.

À Embrapa Hortaliças, nas pessoas dos pesquisadores: Marcos Brandão Braga, por acreditar na proposta apresentada e disponibilizar a estrutura do CNPH para a condução e avaliações do experimento; Ítalo Guedes e Juscimar Silva, pelos esclarecimentos, disponibilidade e conversas quanto às formulações e particularidades das soluções nutritivas, da Hidroponia e na condução do experimento e Lucimeire Pilon, pela disponibilidade do espaço e equipe para as avaliações agronômicas e de pós-colheita. Aos funcionários de campo, muito bem representados na pessoa do senhor Josélio Rodrigues de Lima, que sempre se mostraram solícitos e prestativos, mesmo durante o período da pandemia, e não deixaram de prestar os auxílios nos momentos de plantio, condução e manejo do experimento. Aos motoristas que sempre atenderam às solicitações independente dos horários.

Aos estagiários Naiara Pereira da Silva, Natália Silva Carneiro, Gabriel Júnior da Silva, Allan Livino da Silva, Tiago Felipe Moreira Silva, Pedro Maciel Rufino e ao funcionário da UnB, Reinaldo Rodrigues Pimentel, pela disponibilidade, comprometimento e parceria no decorrer de todo o trabalho.

A todos os citados, e aos que eu possa ter me esquecido, pela contribuição e apoio na condução e conclusão deste trabalho, além do desenvolvimento pessoal e acadêmico.

Muito obrigado!

RESUMO

No Brasil, o morangueiro é a espécie mais explorada dentre o grupo de pequenas frutas. Estima-se que sejam cultivados 4.500 ha da fruta e que sejam demandadas, aproximadamente, 225 milhões de mudas. No Distrito Federal, a atividade possui destaque na região de Brazlândia. Fatores como o aumento da densidade de plantas, produtividade e maior racionalização dos insumos fazem com que haja um interesse crescente na produção de morangos em sistema hidropônico com uso de substrato. O experimento foi conduzido entre junho de 2020 e junho de 2021, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições e unidade experimental composta por 5 plantas, em arranjo esquema de parcela subdividida, sendo a parcela formada pelas soluções nutritivas e a subparcela pelos substratos. Os substratos foram compostos por Casca de Arroz Carbonizada (CAC) e Fibra de Coco (FB), nas diferentes composições: 1-100% CAC; 2-100% FB; 3-50% CAC + 50% FB e 4-75% CAC + 25% FB. Foram avaliadas 4 soluções com teores crescentes de potássio, mantendo-se os teores dos demais nutrientes. No período entre a vigésima primeira e a quinquagésima segunda semana após o transplantio foram determinados parâmetros produtivos como produção por planta e produtividade, número e massa média de frutos e classificação como padrão comercial ou não dos frutos, além da avaliação de parâmetros de qualidade como: acidez titulável (AT), teores de sólidos solúveis (SS) e a razão SS/AT. Houve diferenças estatísticas em todos os parâmetros agronômicos avaliados de forma que o arranjo solução 4 e substrato 1 (100% CAC) apresentou melhores resultados com destaques para: produção total; produção de número de frutos totais e comerciais; produtividade geral e comercial por planta e massa média de frutos. Quanto à avaliação de pós-colheita não houve alterações significativas tanto a nível de solução nutritiva quanto a nível de tipo de substrato o que leva a crer que tais propriedades são intrínsecas à cultivar Portola e o manejo do teor de potássio pouco influi nos parâmetros analisados. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do morangueiro cultivados sobre quatro tipos de solução nutritiva e quatro composições de substratos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar 4 soluções nutritivas aplicadas a 4 composições de substrato, aplicados à cultivar Portola.

Palavras-chave: *Fragaria X ananassa* Duch, Sistema Aberto de Hidroponia, Concentração de Potássio, Portola.

ABSTRACT

In Brazil, the strawberry is the most explored species among the group of small fruits, it is estimated that 4,500 ha of the fruit are cultivated and approximately 225 million seedlings are demanded. The main national market is fresh consumption, although there is also strong demand for agro-industrial purposes such as frozen pulp, juices, jams, teas, syrups, jellies and ice cream. In the Federal District, the activity is highlighted in the region of Brazlândia. Factors such as the increase in plant density, productivity and greater rationalization of inputs lead to a growing interest in the production of strawberries in a hydroponic system with the use of substrate. The present work aimed to evaluate 4 nutrient solutions applied to 4 substrate compositions, applied to the Portola cultivate. The experiment was conducted between June 2020 and June 2021, using a randomized block design, with 4 replications, with 5 plants per experimental plot, in a 4x4 factorial arrangement. The substrates were composed of Carbonized Rice Husk (CAC) and Coconut Fiber (FB), in different compositions: 1-100% CAC; 2-100% FB; 3-50% CAC + 50% FB and 4-75% CAC + 25% FB. The nutrient solutions had as a reference those proposed by FURLANI & FERNANDES JÚNIOR (2004), vegetative and productive phases, and two other solutions, so that 4 solutions were evaluated with increasing potassium levels, maintaining the levels of the other nutrients. In the period between the twenty-first and fifty-second weeks after transplanting, production parameters were determined, such as production per plant and productivity, number and average weight of fruits and classification as commercial standard or not of the fruits, in addition to the evaluation of quality parameters such as: titratable acidity (AT), soluble solids (SS) contents and the SS/AT ratio. There were statistical differences in all agronomic parameters evaluated so that the arrangement solution 4 and substrate 1 (100% CAC) presented better results with highlights for: total production; production of number of total and commercial fruits; general and commercial yield per plant and average fruit weight. As for the post-harvest evaluation, there were no significant changes both at the level of nutrient solution and at the level of substrate type, which leads us to believe that such properties are intrinsic to the Portola cultivate and the management of potassium content has little influence on the parameters analyzed.

Keywords: *Fragaria X ananassa* Duch., Hydroponic System, Potassium concentration and Portola.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas concentradas avaliadas para o cultivo hidropônico de morango 10

Tabela 2. Concentração dos nutrientes aplicados às soluções nutritivas para condutividade elétrica de 1,5 dS m^{-1}..... 11

Tabela 3. Massa total de frutos (g) colhidos em 35 colheitas 16

Tabela 4. Número total de frutos colhidos em 35 colheitas 17

Tabela 5. Massa de frutos comerciais (g) em 35 colheitas..... 19

Tabela 6. Produtividade comercial por planta (g/planta) 20

Tabela 7. Produtividade por planta (g/planta) 20

Tabela 8. Número de frutos comerciais em 35 colheitas 22

Tabela 9. Massa média dos frutos comerciais (g) 24

Tabela 10. Massa média dos frutos colhidos (g/planta) 24

Tabela 11. Proporção entre o número de frutos comerciais e o número de frutos 25

Tabela 12. Correlações lineares (Person) entre as variáveis avaliadas do morangueiro cultivado em sistema hidropônico, com 4 diferentes soluções nutritivas e 4 diferentes substratos, sob ambiente protegido da Embrapa Hortaliças, Distrito Federal. FAV, UnB, 2022..... 30

Tabela 13. ºBrix (Sólidos solúveis - SS) 31

Tabela 14. Acidez Titulável (AT) 31

Tabela 15. Ratio (Sólidos Solúveis - SS / Acidez Potencial – AT) 32

SUMÁRIO

		Página
1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	3
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	9
	3.1. Caracterização das soluções nutritivas	9
	3.2. Caracterização e formulação dos substratos	11
	3.3. Formulações dos meios de cultivo	11
	3.4. Sistema de irrigação e fertirrigação	12
	3.5. Avaliação da produtividade e classificação dos frutos	12
	3.6. Avaliação de pós-colheita dos morangos	13
	3.6.1. Acidez titulável e sólidos solúveis	13
	3.7. Análise estatística dos resultados agronômicos e de pós-colheita	13
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
	4.1. Produção	14
	4.2. Pós-Colheita	27
5.	CONCLUSÕES	32
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o morangueiro é a espécie mais explorada entre as pequenas frutas. Estima-se que o Brasil cultive 4.500 ha da fruta e demande aproximadamente 225 milhões de mudas (ANTUNES et al., 2020). Nos últimos anos, houve um incremento médio estimado de 4 a 6% da área cultivada, em razão da adoção de novos sistemas de produção, da rentabilidade econômica e da entrada de recursos de forma menos sazonal na propriedade (ANTUNES et al., 2020). Os interesses pela fruta decorrem da cor, do aroma e do sabor que fazem do morango um produto muito apreciado pelos consumidores. O principal mercado nacional de consumo é o in natura, embora também haja forte demanda pela fruta para fins agroindustriais, nas formas em polpa congelada, sucos, compotas, chás, xaropes, gelatinas, geleias e sorvetes.

No Distrito Federal, especificamente na região de Brazlândia, a atividade possui destaque, sendo a sétima maior região produtora, com área de cerca de 200 hectares e produtividades superiores a 40 ton.ha^{-1}, contra 30 ton.ha^{-1} de produtividade nacional (ANTUNES et al., 2020). Mais de 90 % do cultivo de morango no Distrito Federal é feito em solo, em sistema convencional (HENZ et al., 2009; HENZ, 2010; LOPES et al., 2019).

O cultivo de morangueiro sem solo, também chamado de cultivo hidropônico, com ou substrato, apresenta crescente interesse pelos produtores do Distrito Federal, devido aos seus resultados promissores. Essa técnica já se encontra consolidada na Serra Gaúcha e no sul de Minas Gerais. Na Europa, onde o cultivo sem solo é bem difundido, com destaques para Inglaterra, Holanda e Bélgica (LIETEN et al., 2004), há predominância de plantas cultivadas em recipientes contendo diversos tipos de substratos e com os sistemas abertos, com drenagem perdida da solução nutritiva. Os sistemas hidropônicos abertos são caracterizados por não ocorrer o reaproveitamento da solução nutritiva, sendo esta descartada após a aplicação, acarretando assim os aumentos nos consumos de água e fertilizantes. Já nos sistemas hidropônicos fechados ocorre o reaproveitamento da solução nutritiva por meio de um sistema recirculante e, dessa forma, promove a economia de água e fertilizantes.

A migração do cultivo tradicional de morango para sistemas sem solo é motivada por problemas fitossanitários relacionados especialmente quando se cultiva intensamente e por repetidos ciclos em uma mesma área, situação recorrente entre os agricultores que trabalham em pequenas propriedades, como a grande maioria dos produtores de morango no Brasil. A dificuldade ergonômica em manejar a cultura rente

ao solo também exerce grande influência para essa migração (ANDRIOLO et al., 2009), pois interfere diretamente na saúde do agricultor e no recrutamento de mão de obra (GODOI et al., 2009).

O cultivo de morango em sistema hidropônico, com uso de substrato sobre bancadas, permite aumentar a densidade de plantas e a produtividade, além de uma maior racionalização de água e fertilizantes, o que tende a diminuir os custos de produção (LIETEN, 1993; 1998; MORAES e FURLANI, 1999; PARANJPE et al., 2003; GIMÉNEZ et al., 2008). Tais vantagens associadas à dificuldade do manejo do cultivo em solo sob ambiente protegido têm levado ao aumento da adoção dos sistemas de cultivo do morangueiro sem solo.

O sistema de produção hidropônica com uso de substrato promove o aumento da produção, a qualidade e tamanho dos frutos. Os nutrientes tendem a ser melhor aproveitados, tendo em vista que são fornecidos de forma prontamente assimilável pelas plantas, de maneira mais equilibrada e no momento adequado. Outras características vantajosas no uso de substrato referem-se à retenção de nutrientes, que em geral tende a ser menor do que no solo e dessa forma evita a ocorrência de salinização, à menor incidência de doenças do sistema radicular e à possibilidade de repetição da mesma cultura na mesma área.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e a qualidade dos frutos do morangueiro cultivados sob quatro composições de solução nutritiva em quatro diferentes substratos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Por se tratar de uma cultura de alto valor agregado e por haver receio de perdas financeiras por parte do produtor, é prática rotineira a aplicação de fertilizantes em níveis muito acima das recomendações técnicas, assim como ocorre com o uso de água na irrigação e com o uso de defensivos agrícolas, conforme estudo de caraterização de lavouras de morango em 14 propriedades do município de Turuçu-RS feito por Islabão et al., (2009), crê-se que o mesmo possa ser dito sobre o que é praticado pela maioria dos produtores do Distrito Federal.

Carvalho (2005) apresentou estudo segundo o qual no estado de Minas Gerais, principal estado produtor brasileiro, o custo operacional com fertilizantes e corretivos de solo corresponde a 14%; o restante é relacionado a embalagens (43%), mecanização e mão de obra (16%), mudas (14,5%), defensivos agrícolas (10%) e demais custos (2,5%). Sabe-se, também, que quantidades elevadas de fertilizantes são usadas na maioria das lavouras comerciais de morango, ocasionando o desequilíbrio de nutrientes, em especial os teores de fósforo (P) e potássio (K), utilizados acima das doses recomendadas, conforme exposto por alguns autores (ARAÚJO, 2011; BAMBERG, 2010; ISLABÃO et al., 2009; VIGNOLO, 2011).

Uma prática agronômica que pode ser capaz de melhorar a rentabilidade do cultivo do morango é a produção dentro de ambiente protegido. As modificações microclimáticas ambientais das coberturas plásticas para produção vegetal têm promovido aumentos de produtividade dos frutos, de área foliar e de qualidade dos frutos produzidos (COSTA e LEAL, 2008; BURIOL et al., 1997; SEGOVIA et al., 1997). No entanto, para manter a produção em ambiente protegido, diversas práticas agrícolas necessitam de estudos e ajustes constantes, dentre as quais se destacam: densidade e disposição do espaçamento de plantas; o manejo da irrigação e fertirrigação, a aplicação de nutrientes ou de defensivos agrícolas que são os principais fatores a serem considerados para uma produção ambientalmente e economicamente sustentável.

Entre as características verificadas nas áreas de produção do Distrito Federal e que impactam significativamente o custo de produção, destacam-se: 1. dependência externa por mudas de boa qualidade; 2. alta demanda por mão de obra; 3. uso indiscriminado da água na irrigação e fertirrigação; 4. perdas produtivas em razão de doenças, principalmente do sistema radicular, e ataques por insetos e artrópodes praga.

Exceto quanto à dependência externa por mudas de boa qualidade, ao uso de mão de obra braçal e aos custos das embalagens, questões ligadas ao processo produtivo da cultura do morango podem ser melhoradas, em curto prazo, com vistas a melhorar a produtividade, reduzir os custos de produção e assim proporcionar mais competitividade ao setor no Distrito Federal.

Felix et al., 2017, demonstraram em trabalho que avaliou os efeitos de diferentes proporções de sulfato / cloreto de potássio no potencial produtivo de morango no Distrito Federal que maiores produtividades foram obtidas com relações mais altas de sulfato em relação ao cloreto de potássio. Neste sentido, sabe-se que a demanda do morangueiro por potássio (K) é superior aos demais nutrientes, exceto o nitrogênio (N), e sua maior exigência coincide com o início da frutificação (TAGLIAVINIA et al., 2005). O cloreto de potássio (KCl) figura como principal fonte de K para as culturas devido à maior concentração aliada ao menor preço do fertilizante por unidade de massa. Porém, no planejamento da adubação deve-se ter em mente que o KCl possui índice salino (116,3) superior às de outras fontes, como por exemplo o sulfato de potássio (K_2SO_4) e os sulfatos de potássio e magnésio ($K_2SO_4.2MgSO_4$), cujos índices salinos são 46,1 e 43,2, respectivamente. O uso excessivo de fertilizante de alto índice salino pode elevar a concentração salina do solo e dos substratos e, assim, prejudicar o desenvolvimento das plantas em geral e do morangueiro em particular. Andriolo et al. (2009) demonstraram a redução da produtividade potencial do morango de acordo com o aumento da concentração da solução nutritiva em cultivo sem solo e com uso de substrato ao reduzir a produtividade, o tamanho das frutas e o crescimento geral da planta, reafirmando assim a sensibilidade do morangueiro à salinidade.

Para o cultivo sem solo, os valores das condutividades elétricas (CE) apontados pela literatura a serem empregadas para obter-se maiores produtividades, sem perda de qualidade de frutas de morango, variaram segundo Portela et al. (2012) entre 1,2 a 1,5 dS m^{-1}; já para Paranjpe et al. (2003) estão entre 1,4 a 1,8 dS m^{-1} e de até 2,0 dS m^{-1} para Sarooshi e Cresswell (1994).

Além da salinidade, altos teores de cloro na solução do solo têm causado queda de rendimento e de qualidade de algumas hortaliças, como a melancia (GRANGEIRO E CECÍLIO FILHO, 2006; GRANGEIRO E CECÍLIO FILHO, 2004), a batata (PAULETTI MENARIN, 2004), o tomate (FELTRIN et al., 2005) e o morango (FELIX et al., 2017), razão pela qual o uso de fontes de fertilizantes isentas de cloro é

recomendado para culturas sensíveis a esse micronutriente, em especial as hortaliças de frutos (MENGEL E KIRKBY, 1987; ZEHLER et al. 1986).

A fertirrigação é uma prática agrícola que combina as variáveis água e nutrientes, que, a depender do sistema adotado, aumenta a eficiência de uso desses insumos pela cultura. Trani et al. (2011) definem a fertirrigação como o melhor e mais eficiente método de adubação das culturas, pois combina a água e os nutrientes importantes para a solubilização dos nutrientes, para o desenvolvimento e a produção das plantas. Entretanto, a carência de informação técnico-científica, a falta de treinamento de técnicos e produtores podem comprometer o sucesso dessa prática.

Ao determinarem o efeito da salinidade sobre os parâmetros de crescimento de duas cultivares de morango, Turhan e Eris (2007) concluíram que as plantas de morango desenvolvem mecanismos fisiológicos como a redução de condutância dos estômatos e da taxa de transpiração para poder conviver com o excesso de sais, mas com tendência a reduzir sua produtividade. Esses autores também concluíram que todas as variáveis de crescimento de plantas avaliadas foram afetadas negativamente pela salinidade.

O potássio solúvel ou trocável geralmente representa uma proporção pequena, mas ocasionalmente pode-se incluir entre os principais constituintes da salinidade da solução nutritiva do solo, Scapolli e Brito (1986). Sabe-se também que o potássio participa do metabolismo de carboidratos, tendo influência direta na produtividade, além de manter a turgescência da folha, de modo que é um elemento essencial no transporte interno de açúcares e no equilíbrio eletroquímico da planta (ANDRIOLO et al., 2010).

Prado (2008) afirma que o potássio é importante para a formação de carboidratos das folhas, além do papel fundamental na translocação de tais assimilados para as diversas partes da planta, em especial os frutos. Afirma ainda que o excesso de potássio pode inibir a absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+}, chegando a causar deficiência de ambos os nutrientes. Tal excesso tende a induzir alterações no peso do fruto e, consequentemente, efeitos negativos na produtividade e na qualidade de frutos (ANDRIOLO et al., 2010; BARROSO et al., 2011; SOUSA et al., 2014).

Ressalta-se que o potássio é o nutriente conhecido por favorecer a qualidade das hortaliças em geral, pois aumenta os teores e a translocação dos carboidratos, os teores de sólidos solúveis totais e do ácido ascórbico, além de melhorar

o sabor, o aroma, a cor e a firmeza das frutas (FILGUEIRA, 2003). Além disso, confere maior longevidade à planta, tornando-a mais produtiva por um período maior de tempo (PACHECO et al., 2007).

As condições climáticas como alta temperatura e baixa umidade relativa do ar podem diminuir a tolerância a sais pelo decréscimo do valor crítico de condutividade elétrica (CE) da cultura e por aumentar a taxa de decréscimo da produtividade por unidade de aumento da CE. Segundo Karlberg et al. (2006), o decréscimo da produtividade é maior com o aumento da salinidade em condições mais quentes e secas do que em ambientes úmidos e frios, o que corrobora com as observações ocorridas me diversos cultivos hidropônicos de morango em substrato no decorrer do período seco no DF.

De maneira geral, exceto para as culturas do melão e do tomate, há poucos estudos referentes às curvas de absorção de nutrientes em frutas e hortaliças no país. Segundo Furlani e Purquerio (2010), foram disponibilizados por Haag e Minami (1988) curvas de acúmulo de nutrientes para diversas culturas (alface, almeirão, cebolinha, coentro, melão, pepino, rúcula, rabanete e outras). No entanto, houve expressivas mudanças nos sistemas produtivos dessas culturas, desde a época dos seus respectivos estudos, o que limitaria o uso dos dados. Porém, tais dados ainda fazem parte das sugestões de adubação para as conduções dessas culturas, principalmente em sistemas hidropônicos, com ou sem o uso de substratos.

A hidroponia é uma técnica alternativa de cultivo em ambiente protegido, em que o solo é substituído pela solução nutritiva, onde se encontram todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, podendo ser com ou sem substrato, técnica também conhecida como cultivo sem solo. Tal técnica de cultivo desenvolveu-se rapidamente tendo como principais vantagens: o bom desenvolvimento das plantas em menor tempo, com qualidade superior e com maior retorno econômico (COSTA, 2001; CARMO JÚNIOR, 2000).

Segundo Bortolozzo et al., 2007, o sistema hidropônico é muito utilizado no continente europeu em razão de possibilitar a melhor utilização dos espaços nas pequenas propriedades e por possuir algumas vantagens comparadas ao cultivo convencional (no solo), como: a possibilidade de fazer cultivos sucessivos da mesma cultura na mesma área sem a necessidade de rotação de cultura; os tratos culturais poderem ser realizados em pé, o que favorece a contratação de mão de obra; a adoção de práticas culturais como métodos de controle, em substituição ou diminuição do uso

de defensivos agrícolas; a produção de frutos com maior qualidade e menores perdas por podridão e a possibilidade de extensão do período de colheita em ao menos dois meses.

Os sistemas hidropônicos de produção podem ser do tipo NFT (técnica do fluxo de nutrientes) ou com o uso de substratos. Nos cultivos em NFT predominam os sistemas fechados e nos cultivos com substrato os sistemas abertos. Nos sistemas fechados, a solução nutritiva é reaproveitada por meio de um sistema recirculante, o qual economiza água e fertilizantes. Já nos sistemas abertos não ocorre reaproveitamento da solução nutritiva, sendo esta descartada após a aplicação e assim aumenta-se o consumo de água e fertilizantes, quando comparado a um sistema fechado.

O uso de substratos contribui para a maior fixação e sustentação das plantas melhorando a absorção e a disponibilização dos nutrientes, sendo o fornecimento de nutrientes e água mais ajustado às necessidades da planta e assim reduzindo as perdas por excessos. Algumas características desejáveis do substrato são: elevada capacidade de retenção de água; boa aeração; quimicamente inertes, para permitir um controle mais preciso da nutrição mineral; disponibilidade no mercado e baixo custo (MELLO et al., 2005; ANDRIOLO, 1999).

Vários substratos podem ser utilizados em cultivos hidropônicos, tanto para sistemas de gotejamento quanto para produção de mudas. O sucesso da aplicação de substratos em hidroponia depende não apenas das características físicas, químicas, físico-químicas do material empregado, mas também da forma como o sistema é manejado, tendo em vista as particularidades de cada substrato que devem ser conhecidas, avaliando-se, caso a caso, sua adequação ao tipo de sistema e à cultura que se deseja produzir (MARTINEZ, 2005). Outros aspectos a serem observados quando da escolha de um determinado substrato são: o seu custo; sua disponibilidade; sua estabilidade física e química ao longo do tempo; sua possibilidade de uso sucessivo e continuado em vários ciclos de produção e isenção de patógenos ou toxinas às plantas.

Nos sistemas hidropônicos, a solução nutritiva determina a composição do meio radicular, destacando-se três componentes principais caracterizantes de uma solução, quais são: o pH; a concentração salina (também chamada de condutividade elétrica) e o equilíbrio iônico (ANDRIOLO, 1999).

O preparo de soluções nutritivas é feito de maneira semelhante, seja em sistemas abertos ou fechados. São preparadas soluções concentradas, que levam em conta a incompatibilidade química e a solubilidade entre os fertilizantes componentes,

dissolvendo-as em água, que será distribuída para as culturas. No caso do morangueiro com uso de substrato, são preparadas duas composições de solução, uma inicial para o período do transplante até o início da frutificação (fase vegetativa) e outra do início da frutificação até o final do ciclo produtivo (fase de frutificação), esta última com condutividade elétrica em torno de 1,4 – 1,5 dS m^{-1} (FURLANI e FERNANDES-JÚNIOR, 2008).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em bancadas de madeira em uma estufa plástica com pé direito de 3,5 metros, coberto com filme plástico transparente com 150 micrometros de espessura; as laterais da estufa ficaram abertas durante todo ciclo da cultura. O ensaio foi realizado no campo experimental da Embrapa Hortaliças (latitude: 15º 56’ S, longitude: 48º 08’ O, altitude: 997,6 m). A classificação climática, segundo Köppen, é do tipo Aw, ou seja, tropical de savana.

O ensaio foi realizado entre junho de 2020 a junho de 2021 e o período de colheita ocorreu entre outubro de 2020 até junho de 2021, período em que foram realizadas 35 (trinta e cinco) colheitas. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 4 repetições e unidade experimental composta por 5 plantas por “slab”, em arranjo ou esquema de parcela subdividida, sendo a parcela formada pelas soluções (4 tipos de solução nutritiva) e a subparcela pelos substratos (4 composições de substrato)

As mudas foram transplantadas em sacolas de polietileno (“slab”), contendo aproximadamente 68 litros de substrato, e comprimento de 1,6 m, espaçamento de 0,30 m x 0,30 m, de forma que cada “slab” possuísse 5 plantas dispostas em linhas simples. A distribuição dos tratamentos de solução nutritiva foi feita em faixa.

3.1 Caracterização das soluções nutritivas:

As soluções nutritivas concentradas foram preparadas com teores crescentes de potássio, tendo como referência as soluções propostas por Furlani e Fernandes Júnior (2004), para estádios vegetativo (solução1) e produtivo (solução 2), e outras duas soluções nutritivas propostas, 3 e 4. Em razão da incompatibilidade química entre alguns fertilizantes e respectivas solubilidades, elaborou-se soluções concentradas A e B, para as soluções 1 e 2, e A, B e C, para as soluções 3 e 4. Os micronutrientes foram adicionados sempre às soluções concentradas A, de forma que as composições das respectivas soluções nutritivas concentradas ocorreram conforme Tabela 1:

Tabela 1. Composição das soluções nutritivas concentradas avaliadas para o cultivo hidropônico de morango.

Sais ou fertilizantes	Solução Concentrada (g/10 L)			
	Solução 1*	**Solução 2***	**Solução 3+**	**Solução 4+**
Nitrato de Cálcio	1.600 A	1.600 A	1.600 A	1.600 A
Nitrato de Potássio	1.000 A	1.000 A	1.100 A	1.000 A
Fosfato Monoamônico	300 B	0	0	0
Fosfato Monopotássico	360 B	720 B	720 B	1.270 B
Sulfato de Magnésio	1.200 B	1.200 B	1.200 C	1.200 C
Sulfato de Potássio	0	0	750 C	2.450 C
Cloreto de Potássio	0	0	0	800 C
Ácido Bórico	6,0 A	6,0 A	6,0 A	6,0 A
Sulfato de Cobre	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A
Sulfato de Manganês	4,0 A	4,0 A	4,0 A	4,0 A
Sulfato de Zinco	2,0 A	2,0 A	2,0 A	2,0 A
Molibidato de Sódio	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A
Quelato de Ferro (6%)	120,0 A	120,0 A	120,0 A	120,0 A

*Adaptado de Furlani e Fernandes Júnior (2004). + Solução Proposta. As letras iguais, após os valores em cada coluna, referem-se a que tipo de solução nutritiva concentrada pertencem.

As soluções concentradas foram diluídas em caixas d'água de PVC com capacidade 1.000 L cada, de forma que para atingirem a condutividade elétrica de 1,5 dS m^{-1} os volumes das soluções concentradas foram diluídos em volumes de 3 litros de cada uma das soluções estoque para as soluções 1 e 2; de 2,5 litros para a solução 3 e 1,5 litro para a solução 4.

As concentrações dos macronutrientes (mmol L^{-1}) e micronutrientes (µmol L^{-1}) contidas nas soluções nutritivas aplicadas aos substratos, de modo que se mantivessem com a condutividade elétrica (CE) em 1,5 dS m^{-1} e pH de 5,5 durante todo o período produtivo das avaliações, foram as seguintes:

Tabela 2. Concentração dos nutrientes aplicados às soluções nutritivas para condutividade elétrica.de 1,5 dS m^{-1}.

Nutrientes	**mmol L^{-1}**			
	Solução 1*	**Solução 2***	**Solução 3+**	**Solução 4+**
N – Total	7,82	7,03	6,11	3,52
NO_3^-	7,03	7,03	6,11	3,52
NH_4^+	0,78	0	0	0
$H_2PO_4^-$	1,58	1,59	1,32	1,40
K^+	3,76	4,55	6,19	8,71
Ca^{2+}	2,03	2,03	1,69	1,02
Mg^{2+}	1,46	1,46	1,2	0,73
SO_4^{2-}	1,47	1,47	2,3	2,85
Nutrientes	**µmol L^{-1}**			
	Solução 1*	**Solução 2***	**Solução 3+**	**Solução 4+**
B	29,13	29,13	24,27	14,56
Cu	0,72	0,72	0,60	0,36
Mn	5,38	5,38	4,48	2,69
Zn	2,09	2,09	1,74	1,04
Mo	0,74	0,74	0,62	0,37
Fe	98,12	98,12	81,77	49,06

*Adaptado de Furlani e Fernandes Júnior (2004). + Solução Proposta.

3.2 Caracterização e formulação dos substratos:

Os substratos utilizados foram de 4 (quatro) composições:

- **Substrato 1** – 100% casca de arroz carbonizada (CAC);

- **Substrato 2** – 100% fibra de coco média (FC);

- **Substrato 3** - 50% casca de arroz carbonizada + 50% fibra de coco (50% CAC + 50% FC);

- **Substrato 4** – 75% casca de arroz carbonizada + 25% fibra de coco (75% CAC + 25% FC).

A razão da composição do Substrato 4 deve-se ao custo da fibra de coco ser maior do que o da casca de arroz carbonizada e pretendeu-se avaliar tal composição por seu aspecto de custo de composição, além do seu desempenho produtivo.

3.3 Formulações dos meios de cultivo:

Os substratos obtidos na etapa anterior foram acondicionados em sacos de polietileno (“slab”) 100 micrometros, onde foram cultivadas plantas da cultivar Portola.

As mudas foram transplantadas para os “slabs” no espaçamento de 0,30m x 0,30m e comprimento de 1,6m, de forma que cada “slab” continha 5 plantas dispostas em linhas simples. Os “slabs” foram acondicionados em bancadas de madeira a uma altura de 1,0m do solo.

3.4 Sistema de irrigação e fertirrigação:

Foi usado o sistema de irrigação por gotejamento em fita gotejadora com emissores a cada 0,20m, trabalhando a pressão de serviço de 1,0 bar e com vazão média de 1,9 L h^{-1}. A fertilização foi contínua e ocorreu diariamente junto com a aplicação de água. Cada solução concentrada foi diluída em sua respectiva caixa d’água de PVC de 1.000 litros.

Semanalmente, durante o manejo do sistema hidropônico em substrato, foram ajustadas as soluções em cada caixa de solução avaliada com uso de condutivímentro manual, de forma a mantê-las em 1,5 dS m^{-1}, e, por meio de um pHmetro, monitorava-se o pH da solução nutritiva e, caso necessitasse, ajustava-se o pH em 5,5 com uso de ácido fosfórico.

As soluções foram aplicadas em 9 horários diários durante todo o experimento, em intervalos horários assim distribuídos: 7:00; 9:00; 11:00; 12:00; 13:00; 14:00; 15:00; 16:00 e 17:00. Os fluxos de fertirrigação foram definidos em função da porcentagem de drenagem e variaram entre 3 a 6 minutos a depender do estado fenológico das plantas.

3.5 Avaliação da produtividade e classificação dos frutos:

Ao longo do ciclo produtivo foram avaliadas as seguintes variáveis agronômicas: produção total de frutos, número total de frutos, produção comercial, produção não comercial, número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, massa média de fruto comercial, massa média de fruto não comercial, percentual de frutos comerciais em relação ao total.

As avaliações dos morangos foram realizadas obtendo a massa total dos frutos colhidos, número frutos comerciais, massa comercial, frutos não comercias e massa não comercial.

Para classificação dos frutos como comercial ou não, foi considerada a classificação comercial recomendada pela CEAGESP. (CEAGESP, 2021)

3.6 Avaliação de pós-colheita dos morangos:

Os morangos foram colhidos e levados ao Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Hortaliças. Os frutos foram armazenados a 4 ºC (85% UR) e avaliados no dia seguinte, com medição do teor de sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT) e relação de teor de sólidos solúveis totais (SS) e acidez titulável (AT).

3.6.1 Acidez titulável e sólidos solúveis:

A acidez titulável (AT) foi determinada em titulador automático (Quimis, Q799-D2, São Paulo, Brasil). Alíquotas de 10 g de morango foram diluídas com 50 mL de água destilada e homogeneizadas com o uso de um homogeneizador (Turratec TE-102, Tecnal, Piracicaba, SP) e a acidez titulável determinada por titulação com 0,5 mol L^{-1} ou 1,0 mol L^{-1} de hidróxido de sódio (NaOH) até um ponto final de pH 8,2. A acidez titulável foi expressa como equivalente de ácido cítrico em g 100 g-1 (AOAC, 2010). O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado com um refratômetro (PR-101, Atago Co. Ltd., Tóquio, Japão) e expresso em °Brix (AOAC, 2010). Uma porção do morango (aproximadamente 10 g) teve a fração líquida extraída por um espremedor manual, que foi inserida diretamente sobre o prisma do refratômetro para determinação dos sólidos solúveis. A relação SS/AT (ratio) foi calculada.

3.7 Análise estatística dos resultados agronômicos e de pós-colheita.

Os dados originais foram submetidos à análise de variância, pelo teste de F, ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Foram feitas também análises de correlações lineares

de Pearson. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Produção:

Observa-se na tabela 3, em termos gerais, que a produção total de frutos obtida pela solução 4 foi maior, considerando-se a unidade experimental de cinco plantas. Observando a solução nutritiva 1 em relação aos substratos testados, o melhor desempenho ocorreu em combinação com o substrato 4, embora não tenha apresentado diferença estatística significativa com o substrato 1, porém diferenciou-se do substrato 2 e 3. Para a solução 2 o maior valor de produção também foi obtido com o substrato 4, embora sem diferenças estatísticas significativas com os substratos 1 e 3. Para a solução 3 o melhor rendimento foi obtido com o substrato 3, embora não tenha diferido estatisticamente com a produção observada nos substratos 1 e 4. Já dentro da solução 4 a melhor observação ocorreu com a combinação com o substrato 1 (100% casca de arroz carbonizada) e este diferiu estatisticamente de todos os outros.

Fazendo uma análise dos resultados da tabela 3 em relação aos substratos e variando as soluções nutritivas, nota-se que para o substrato 1, os morangos cultivados na solução 4 obtiveram os melhores rendimentos e diferiram estatisticamente das outras soluções testadas, sendo a solução 1 a que obteve os piores rendimentos e diferiu estatisticamente de todas outras. Dentro deste substrato a diferença entre a melhor cominação, substrato 1 e solução 4, e a pior, substrato 1 e solução 4, foi de 105,10%. Já para o substrato 2 (100% fibra de coco) a solução 4 obteve os melhores rendimentos, embora não tenha diferido estatisticamente da solução 3. Neste substrato a diferença entre a melhor combinação, substrato 2 e solução 4, e a pior, substrato 2 e solução 1, é de 236,39%. Em relação ao substrato 3 (50% casca de arroz carbonizada + 50% fibra de coco), as soluções 2, 3 e 4 não diferiram estatisticamente, sendo a menor produção encontrada quando utilizou a solução 1. Para o substrato 4 (75% casca de arroz carbonizada + 25% fibra de coco) não houve não houve diferença estatística da produção total entre as soluções nutritivas testadas.

Tabela 3. Massa total de frutos (g) colhidos em 35 colheitas.

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**7.962,89 c AB**	**11.610,02 b AB**	**12.414,32 b AB**	**16.331,20 a A**
2	**3.667,59 c C**	**8.542,36 b B**	**9.725,15 ab B**	**12.337,54 a B**
3	**6.282,67 b BC**	**11.192,81 a AB**	**12.901,67 a A**	**11.755,04 a B**
4	**9.586,51 a A**	**12.376,70 a A**	**11.339,49 a AB**	**12.342,73 a B**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) = 21,47; CV 2 – Substrato (%) =17,75

Observa-se que a solução 4, na média relacionando todos os substratos foi a mais produtiva, seguida da solução 3, 2 e por último a 1. Ressalta-se que a resposta para a solução 1, assim como as demais observações do presente trabalho, pode ser explicada em razão da menor concentração de potássio (K) nessa solução nutritiva em questão, quando comprada às demais soluções (tabela 2), e que a demanda por tal nutriente é superior à demanda dos demais, exceto o nitrogênio (N), ocorrendo a sua maior exigência em consonância com o início, e durante, a fase de frutificação (TAGLIAVINIA et al., 2005).

A tabela 4 mostra que o maior número de frutos colhidos também foi obtido pela combinação entre a solução 4 e o substrato 1. Dentro da solução 4, embora as combinações da solução com os substratos 2 e 4 sejam estatisticamente equivalentes, há uma superioridade de 20,36% e 22,37%, respectivamente, em favor do resultado obtido pela combinação da referida solução e o substrato 1, que foi a observação mais alta encontrada. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas dentro soluções 2 e 3 e os respectivos substratos. Já dentro da solução 1, houve semelhança entre as combinações dessa solução e os substratos 1 e 4, e entre esses e o substrato 3, tendo a combinação com o substrato 2 apresentando diferença significativa com todos as demais combinações e obtendo o menor valor.

No que se refere aos substratos, tem-se que o substrato 1 obteve o maior valor em combinação com a solução 4, sendo que tal combinação é semelhante à combinação com a solução 3. Ainda dentro do substrato 1, a combinação com a solução 3 é semelhante à combinação com a solução 2 e a combinação com a solução 1 apresentou diferença estatística com todas as demais combinações de soluções. Para o substrato 2, não houve diferença significativa entre as combinações com as soluções 2, 3 e 4, apesar de haver uma diferença de 18,71% em favor da combinação com a solução 4 em relação à solução 2 e de 9,74% em favor da combinação com a solução 4 e a

solução 3, a combinação com a solução 1 contrastou com todas as demais soluções. Quanto ao substrato 3, não houve diferença significativa entre as combinações com as soluções 2, 3 e 4, apesar de haver a diferença de 18,54% em favor da combinação com a solução 3 em relação à solução 4 e diferença de 16,61% em favor da combinação com a solução 3 e a solução 2, tendo a combinação com a solução 1, novamente, diferenciando-se estatisticamente de todas as demais combinações de soluções. Não houve diferenças estatísticas significativas dentro do substrato 4 com nenhuma das quatro soluções avaliadas, embora tenha sido observada uma diferença de 19,65% em favor da melhor combinação, com a solução 2, de 19,65% em relação à solução 1.

Tabela 4. Número total de frutos colhidos em 35 colheitas.

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**762,75 c A**	**1.007,25 bc A**	**1.126,50 ab A**	**1.315,25 a A**
2	**460,25 b B**	**920,50 a A**	**995,75 a A**	**1.092,75 a AB**
3	**682,00 b AB**	**1.011,50 a A**	**1.179,50 a A**	**995,00 a B**
4	**926,25 a A**	**1.108,25 a A**	**1.080,25 a A**	**1.074,75 a AB**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) = 21,84; CV 2 – Substrato (%) =16,98.

Os valores encontrados para a solução 4 na tabela 4, com todos os substratos, diferem do obtido em Andriolo et al., 2010, ocasião em que as maiores quantidades de frutos foram obtidas pelas concentrações de potássio nas soluções nutritivas da ordem de 4,25 e 6 mmol L^{-1}, e a menor quantidade pela solução com 9,0 mmol L^{-1}, com condutividades elétricas na ordem de 1,06 dS m^{-1}; 1,09 dS m^{-1} e 1,14 dS m^{-1}, respectivamente. Enquanto que no presente experimento, em que a concentração de potássio nessa solução com 8,71 mmol L^{-1}, com condutividade elétrica de 1,5 dS m^{-1}, obteve o maior valor com a combinação com o substrato 1 e sendo semelhante às combinações com os substratos 2 e 4. Segundo Marschner (1995), o teor de potássio na planta aumenta a taxa de absorção de nitrato, única forma iônica do elemento para as melhores soluções nutritivas presentes no trabalho, e pode inibir as taxas de absorção de cálcio e magnésio, o que não foi observado no experimento e segundo Egilla et al., 2001, relataram que uma quantidade adequada de potássio pode aumentar o acúmulo total de matéria seca das plantas cultivadas em comparação com menor concentração do nutriente. Ao se observar o menor teor de nitrogênio total dentre as soluções avaliadas na solução 4, o maior teor de potássio na solução 4, 3,52 mmol L^{-1} (tabela 2), e os

resultados das avaliações obtidos verifica-se que ambas as afirmações ocorreram no presente experimento, exceto a inibição de absorção de cálcio e magnésio, em razão de não terem ocorrido sintomas de deficiência desses nutrientes.

Para a variável agronômica massa de frutos comerciais (tabela 5), novamente observando-se a média, verifica-se que a maior produção ocorreu com o uso da solução 4. Em que a combinação com o substrato 1 obteve o maior valor para a variável em questão, de forma que houve diferenças significativas em favor da melhor combinação da ordem de 34,7%, 39,33% e 33,52% para a combinação com os substratos 2, 3 e 4, respectivamente. Dentro da solução 3 não houve diferenças significativas com os substratos avaliados. Quanto à solução 2, houve semelhança entre as combinações com os substratos 4, 1 e 3, sendo este último semelhante ao 2. Quanto à solução 1, a combinação com o substrato 4 é semelhante ao valor da combinação com o substrato 1 e esta com o substrato 3, que por sua vez se assemelha à combinação com o substrato 2.

No que se refere aos substratos, tem-se que dentro do substrato 1 a combinação com a solução 4 obteve a maior produção observada, diferindo significativamente com todas as demais combinações com soluções, não havendo diferenças entre as combinações com as soluções 2 e 3, e entre essas e a solução 1. Observou-se uma diferença de 114,6% entre a combinação com a solução 4 e a solução 1. Quanto ao substrato 2, a maior produção foi também foi observada em combinação com a solução 4, e esta foi semelhante à combinação com a solução 3 (sendo que a produção com a solução 4 é 25,96% maior). A combinação com a solução 3 foi semelhante à com a solução 2 e a combinação com a solução 1 foi significativamente diferente de todas as demais, sendo de 248,51% a diferença entre a combinação com a solução 4 e 1. Quanto ao substrato 3, não houve diferenças significativas entre as combinações com as soluções 2, 3 e 4, havendo uma diferença da ordem de 88,5% entre as combinações das soluções 4 e 1. Dentro do substrato 4 não houve diferenças significativas entre as combinações com as soluções nutritivas avaliadas.

Tabela 5. Massa de frutos comerciais (g) em 35 colheitas.

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**7.273,53 c AB**	**11.015,74 b A**	**11.917,56 b A**	**15.609,21 a A**
2	**3.325,78 c C**	**8.052,68 b B**	**9.201,51 ab A**	**11.590,67 a B**
3	**5.943,17 b BC**	**10.620,76 a AB**	**12.135,30 a A**	**11.202,71 a B**
4	**9.068,58 a A**	**11.667,40 a A**	**10.786,29 a A**	**11.690,31 a B**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =21,50; CV 2 – Substrato (%) =18,07.

Sob o ponto de vista da média de produtividade comercial por planta (tabela 6), verifica-se que a solução nutritiva 4, relacionando-se com todos os substratos, apresentou a maior produtividade, seguida pelas soluções 3, 2 e 1.

Dentro da solução 4, a maior observação ocorreu em combinação com o substrato 1 observadas diferenças significativas com os demais substratos que, embora não difiram entre si, apresentam a seguinte ordem de diferença em favor da melhor combinação: 34,67% com uso do substrato 2; 39,33% com uso do substrato 3 e 33,52% com uso do substrato 4. Dentro da solução 3 não houve diferenças significativas entre os diferentes substratos. Para a solução 2, as combinações com os substratos 1 e 4 se assemelham estatisticamente, e entre essas e a combinação com o substrato 3. Já a combinação com o substrato 2 se difere de todas as demais e tem uma diferença de 44,89% em relação à combinação com o substrato 4. Dentro da solução 1, a combinação com o substrato 4 é a mais produtiva e se assemelha à combinação com o substrato 1. Onde esta é semelhante à combinação com o substrato 3 e tal combinação se assemelha à com o substrato 2, que difere estatisticamente com todos os demais substratos dentro dessa solução.

Quanto aos substratos, dentro do substrato 1, a maior observação ocorreu na combinação com a solução 4, que difere significativamente com as soluções 3 e 2, as quais se assemelham entre si, e a 1, que se difere de todas as demais. Observou-se uma diferença de 114,60% entre combinação com a solução 4 e a 1 Dentro do substrato 2, a combinação com a solução 4 difere estatisticamente com as combinações com as soluções 2 e 1, e se assemelha à combinação com a solução 3, embora seja 25,96% mais produtiva. Dentro do substrato 3, não há diferenças estatísticas entre as combinações com as soluções 2, 3 e 4, e a combinação com a solução 1 se difere estatisticamente com

todas as demais soluções. Dentro do substrato 4, mais uma vez, não se verificou diferenças significativas entre as soluções nutritivas.

Quanto à produtividade total por planta, observou-se as mesmas semelhanças e diferenças estatísticas ocorridas no que se refere às produtividades comerciais dentro dos substratos. Dentro da solução 2, houve igualdade estatística entre as combinações com os substratos 1 e 3, e semelhança entre essas e a combinação com o substrato 2, o qual diferiu em 44,88% da combinação com o substrato 4, que apresentou a maior produtividade. Dentro da solução 3, a maior produtividade foi observada em combinação com o substrato 3, havendo semelhança entre essa combinação e as combinações com os substratos 1 e 4, e entre tais combinações e o substrato 2, sendo este significativamente diferente da combinação com o substrato 3 (44,89% em favor da melhor combinação).

Tabela 6. Produtividade comercial por planta (g/planta).

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**1.454,70 c AB**	**2.203,15 b A**	**2.383,51 b A**	**3.121,84 a A**
2	**650,16 c C**	**1.610,54 b B**	**1.840,30 ab A**	**2.318,14 a B**
3	**1.188,63 b BC**	**2.124,15 a AB**	**2.427,06 a A**	**2.240,54 a B**
4	**1.813,72 a A**	**2.333,48 a A**	**2.157,26 a A**	**2.338,06 a B**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =21,50; CV 2 – Substrato (%) =18,07.

Tabela 7. Produtividade por planta (g/planta).

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**1.592,58 c AB**	**2.322,00 b AB**	**2.482,86 b AB**	**3.266,24 a A**
2	**733,52 c C**	**1.708,47 b B**	**1.945,03 ab B**	**2.467,51 a B**
3	**1.256,54 b BC**	**2.238,56 a AB**	**2.580,34 a A**	**2.351,01 a B**
4	**1.917,30 a A**	**2.475,34 a A**	**2.267,90 a AB**	**2.468,55 a B**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =21,47; CV 2 – Substrato (%) =17,75.

A tabela 8 mostra o número de frutos comerciais colhidos no ensaio e reforça os resultados obtidos de produtividade por planta encontrados nas tabelas 6 e 7, onde sobressaem os números de frutos comerciais obtidos do cultivo com uso da solução 4. Analisando os resultados da solução 4, verifica-se a maior observação na combinação com o substrato 1, sendo este semelhante às combinações com os

substratos 2 e 4, embora haja uma vantagem de 26,59% para a combinação com o substrato 1 em relação à combinação com o substrato 2, e de 24,76% em relação ao substrato 4. E houve diferença significativa entre a combinação com o substrato 3. Não foram observadas diferenças significativas dentro das soluções 2 e 3 com os respectivos substratos. Dentro da solução 1, a maior observação ocorreu com o substrato 4, sendo esta semelhante às combinações com os substratos 1 e 3, embora tenha se observado uma vantagem de 25,68% em favor da combinação com o substrato 4 quando comparado à combinação com o substrato 1, e de 37,73% em favor da combinação com o substrato 4 quando comparado com à combinação com o substrato 3. A combinação dessa solução com o substrato 2 se assemelha com os substratos 1 e 3, e se difere estatisticamente com a combinação com o substrato 4 em 115,57% em favor da melhor combinação.

Dentro dos substratos, observou-se que o substrato 1 apresentou a maior observação na combinação com a solução 4, sendo esta semelhante à combinação com a solução 3 (mas 16,13% superior). A combinação do substrato 1 com a solução 3 apresentou semelhança estatística com o substrato 2, embora 15,32% superior. E a menor observação ocorreu com a combinação com a solução 1, sendo esta significativamente diferente das combinações com as soluções 3 e 4 e havendo uma diferença de 81,73% entre a maior e a menor observação. Dentro do substrato 2 a maior observação ocorreu em combinação com a solução 4, embora seja semelhante estatisticamente com as combinações com as soluções 2 (16,73% superior) e 3 (5,5% superior), e diferiu estatisticamente com a solução 1, em que a diferença foi 146,22% superior. Dentro do substrato 3 a maior observação ocorreu em combinação com a solução 3, no entanto não há diferenças significativas com as combinações com as soluções 2 (14,17% menor) e 4 (15,62% menor). Observou-se diferenças significativas entre as combinações anteriores com a combinação com a solução 1, em que a maior observação (combinação com a solução 3) foi 76% superior e a combinação com solução 4 foi 48,45% superior. Não foram observadas diferenças significativas dentro do substrato 4.

Tabela 8. Número de frutos comerciais em 35 colheitas.

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**674,50 c AB**	**915,25 bc A**	**1.055,50 ab A**	**1.225,75 a A**
2	**393,25 b B**	**829,50 a A**	**917,75 a A**	**968,25 a AB**
3	**615,50 b AB**	**929,75 a A**	**1.083,25 a A**	**914,00 a B**
4	**847,75 a A**	**956,50 a A**	**995,50 a A**	**982,50 a AB**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =23.49; CV 2 – Substrato (%) =19.22.

Observando-se as massas médias dos frutos comerciais entre as soluções (tabela 9), verifica-se que os maiores resultados foram obtidos pela solução 4, exceto quando comparado dentro do substrato 4 em que a maior observação ocorreu na combinação com a solução 2, no entanto não havendo diferença estatística entre tal substrato em combinação com a solução 4. Quanto às massas médias de todos os frutos colhidos (tabela 10), observa-se novamente que a combinação entre a solução 4 e o substrato 1 apresentou o maior valor constatado entre todas as combinações. Tais valores para massa média se comparam ao observado por Santos (2014) ao avaliar a produção e a nutrição do morangueiro em três sistemas de cultivo (calha, sacola e calha) e quatro cultivares de morango (Oso Grande, Albion, Camarosa e Festival) na Serra da Ibiapaba – Ceará.

Para a massa média dos frutos comerciais (tabela 9) tem-se que dentro da solução 4 há igualdade estatística nas combinações com os substratos avaliados, o mesmo ocorrendo dentro da solução 3. Dentro da solução 2, há semelhanças estatísticas entre as combinações com os substratos 1, 3 e 4, sendo a combinação com o substrato 3 semelhante à combinação com o substrato 2, que é a menor observação de massa média comercial dentro da solução 2. Dentro da solução 1, há semelhança estatística entre as combinações com os substratos 1, 3 e 4, tendo a combinação com o substrato 3 semelhante à cominação com o substrato 2, sendo esta a menor massa média comercial dentro da solução 1.

Avaliando-se os substratos, tem-se que tanto dentro do substrato 1 quanto do 3 que a melhor avaliação ocorreu quando da combinação com a solução 4, havendo semelhanças estatísticas com as combinações 2 e 3, e entre estas e a combinação com a solução 1, sendo esta última a menor observação e diferindo significativamente com a combinação com a solução 4. Dentro do substrato 2, novamente a maior observação ocorreu com a solução 4, havendo semelhanças entre as combinações com as soluções 1, 2 e 3, e diferença estatística significativa entre essas e a combinação com a solução 4.

Quanto ao substrato 4, tem-se que a maior massa média ocorreu com a combinação com a solução 2, sendo esta semelhante à combinação com o substrato 4, e este semelhante às combinações com os substratos 3 e 1, sendo estes estatisticamente diferentes da combinação com a solução 2.

Para a massa média do total de frutos colhidos (tabela 10), tem-se que dentro da solução 4 a combinação com o substrato 1 foi superior à combinação com os demais substratos, havendo diferença estatisticamente significativa entre essa combinação com os demais substratos. Dentro da solução 1, a melhor combinação ocorreu com o substrato 4, que difere significativamente com as demais combinações, mas é semelhante à combinação com o substrato 1. Dentro da solução 2, as combinações com os substratos 1, 3 e 4 são semelhantes estatisticamente entre si e tais combinações são significativamente diferentes com a combinação com o substrato 2. Dentro da solução 3, as combinações com os substratos 1 e 3 são semelhantes e essas se assemelham à combinação com o substrato 4, que por sua vez é semelhante à combinação com o substrato 2, o qual apresentou o menor valor observado.

Quanto aos substratos, tem-se que dentro do substrato 1, a melhor combinação ocorreu com a solução 4, sendo esta semelhante à combinação com a solução 2, em que esta se assemelha à combinação com a solução 3, que por sua vez se assemelha à combinação com a solução 1, a qual é significativamente diferente de todas as demais. Dentro do substrato 2, a maior observação ocorreu com a combinação com a solução 4 e significativamente diferente das demais. Dentro do substrato 3, as combinações com as soluções 2, 3 e 4 são estatisticamente equivalentes e a combinação com a solução 1 difere de todas as demais. Por fim, dentro do substrato 4 não houve diferenças estatísticas significativas entre as soluções.

Os valores superiores encontrados para as avaliações de pesos médios comercial e totais sob as soluções com maiores teores de potássio, soluções 3 e 4, também foram encontrados em trabalhos com morango em sistema hidropônico com uso de substrato feitos por Yavari et al., 2008, que avaliaram a produtividade e a qualidade de quatro composições de substratos orgânicos, e Ebrahimi et al., 2012, que avaliaram os efeitos de diferentes composições de substrato sob diferentes concentrações de potássio da solução nutritiva, os quais observaram uma relação significativamente positiva entre os teores de potássio, peso de frutos, produtividade e qualidade em frutos de morango.

Tabela 9. Massa média dos frutos comerciais (g).

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**10,87 b A**	**12,11 ab A**	**11,32 ab A**	**12,74 a A**
2	**8,52 b B**	**9,67 b B**	**9,93 b A**	**12,11 a A**
3	**9,66 b AB**	**11,46 ab AB**	**11,22 ab A**	**12,27 a A**
4	**10,68 b A**	**13,17 a A**	**10,80 b A**	**11,90 ab A**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =13,35; CV 2 – Substrato (%) =9,61.

Tabela 10. Massa média dos frutos colhidos (g).

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**9,40 c AB**	**10,61 ab A**	**10,39 bc A**	**11,62 a A**
2	**7,03 c C**	**8,37 b B**	**8,97 b B**	**10,14 a B**
3	**8,37 b B**	**10,26 a A**	**10,12 a A**	**10,92 a AB**
4	**9,54 a A**	**9,76 a A**	**9,70 a AB**	**10,55 a AB**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =6,72; CV 2 – Substrato (%) =7,71.

Quanto à proporção entre número de frutos comerciais e os totais (tabela 11), observou-se que dentro das soluções 1, 3 e 4 não houve diferença estatística com os diferentes substratos avaliados. Dentro da solução 2, observou-se semelhanças estatísticas entre as combinações com os substratos 1, 2 e 3, sendo que a combinação com o substrato 2 assemelha-se com a combinação com o substrato 4, que por sua vez é a menor das avaliações dentro desta solução e difere estatisticamente com as combinações com os substratos 1 e 3.

Quanto aos substratos, não houve contrastes estatísticos dentro dos substratos 1 e 3 e as respectivas soluções nutritivas aplicadas. Quanto às soluções dentro do substrato 2, a interação com a solução 3 apresentou a maior proporção observada, e esta é semelhante às combinações com as soluções 2 e 4, as quais se assemelham à combinação com a solução 1, que é a menor proporção observada dentro do substrato 2 e que difere estatisticamente da combinação com a solução 3.

Interessante observar que apesar da interação entre solução 2 e substrato 4 apresentar a maior massa média dos frutos comerciais (Tabela 9), a mesma interação apresentou o menor valor observado na avaliação de proporção entre o número de frutos comerciais e o número de frutos totais (Tabela 11).

Tabela 11. Proporção entre o número de frutos comerciais e o número de frutos.

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**88,22 a A**	**90,79 a A**	**93,71 a A**	**93,17 a A**
2	**85,44 b A**	**89,83 ab AB**	**92,16 a A**	**88,08 ab A**
3	**90,00 a A**	**91,88 a A**	**91,83 a A**	**91,71 a A**
4	**91,55 a A**	**83,66 b B**	**92,10 a A**	**91,16 a A**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =4,48; CV 2 – Substrato (%) =4,73.

Dessa forma, os resultados observados nas avaliações de massa média dos frutos comerciais, tabela 9, massa média dos frutos, tabela 10, da proporção de frutos comerciais dentro da produção total de frutos, tabela 11, e número de frutos comerciais colhidos, exposto na tabela 8, podem explicar a razão da maior produtividade comercial por planta observada na tabela 6, em geral, para solução 4.

Diferentemente do observado em Andriolo et al. 2010 em que maiores números de frutos colhidos, as maiores produtividades por planta, e maiores massas médias de frutos ocorreram nos teores de K^+ de 6 e 4,25 mmol l^{-1} da solução nutritiva, no presente experimento as maiores produções de frutos ocorreram com os teores de K^+ nos valores de 6,19 e 8,71 mmol l^{-1}, encontradas nas soluções 3 e 4, respectivamente, conforme verificado nas Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8.

Os resultados obtidos no presente experimento, de aumento da concentração de potássio na solução nutritiva e, por consequência, de alteração das proporções com os demais nutrientes, em especial nitrogênio e cálcio, corroboram com as sugestões de manejo de nutrição feita por Sharma e Singh (2008), com vistas a diminuir a malformação de frutos; por Lieten (2006), com objetivo de melhorar a qualidade dos frutos do morangueiro; e por Andriolo et al. (2010), quanto à modificação da proporção entre íons na solução nutritiva de forma a não se alterar a concentração ideal para o morango e favorecer a absorção de alguns íons, em especial potássio e cálcio que podem ser capazes de melhorar a qualidade das frutas, que foi o fato observado no presente trabalho.

Em trabalho feito com a cultura do morango em substrato, cultivar ‘Elsanta”, em dois ciclos produtivos consecutivos no outono e primavera, Lieten (2006), observou que no primeiro ciclo as diferentes relações entre os íons K^+ : Ca^{++} : Mg^{++} não afetaram as observações quanto ao número, ao tamanho e à produção de frutos do morango. Já no segundo ciclo, na primavera, as relações com teores de cálcio inferiores

a 2 mmol L^{-1} reduziram o crescimento vegetativo, o número, o tamanho e a produção de frutos, além de sintomas de deficiência de cálcio como: queimadura das folhas novas (tip burn); má formação foliar; má formação das inflorescências; queimadura de ponta nas sépalas e uma densa cobertura de aquênios perto da ponta do fruto; e apresentam frutos mais firmes, com maiores teores de sólidos solúveis e acidez titulável. Fatores do ambiente produtivo como a evapotranspiração, a temperatura e a umidade do ar, além das características inerentes da espécie ou cultivar influenciam nas concentrações das soluções nutritivas, sendo mais concentradas em ambientes com menores taxas de evapotranspiração e menos concentradas em ambientes com maiores taxas. Portanto, pode-se explicar, em parte, as razões para tamanha diferença entre os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} aplicados nos experimentos realizado na Bélgica e no Distrito Federal.

No transcorrer do das avaliações deste trabalho não foram observados sintomas de deficiência de nitrogênio, cálcio ou magnésio e as soluções que obtiveram maiores valores para as variáveis massa total de frutos (tabela 3), número total de frutos (tabela 4), massa de frutos comerciais (tabela 5) e massa média de frutos comerciais (tabela 9) foram as soluções 3 e 4, principalmente, as quais possuíam concentrações de 6,11 e 3,52 mmol L^{-1} para o N; 1,69 mmol L^{-1} e 1,02 mmol L^{-1} para o Ca^{++}; e de 1,22 e 0,73 mmol L^{-1}, para o Mg^{++}, respectivamente e conforme tabela 2. Tais inobservâncias de deficiências nutricionais e resultados produtivos podem ser em decorrência da possibilidade de maiores teores de potássio na solução nutritiva poderem interferir, positiva ou negativamente, no que se refere à absorção de demais cátions pelo sistema radicular dos vegetais, levando-se em conta que a taxa de absorção de um íon pode ser afetada por outro íon, desde que estejam competindo diretamente pelo sítio de absorção radicular.

Sob outra perspectiva, esperava-se que houvesse a indução de deficiência de cálcio e magnésio nos tratamentos com a solução 4, em razão da concentração mais elevada de potássio, além da redução de produção e crescimento de toda planta. Pois, conforme demonstrou Greenwood e Stone (1998), a absorção desses nutrientes não depende apenas das respectivas disponibilidades em torno do sistema radicular, mas também de sua concentração, tendo em vista que há um limite para o somatório de cátions que podem ser absorvidos simultaneamente pela planta, isso significa que a elevada concentração de potássio induziria deficiências de cálcio e magnésio, reduzindo o crescimento de toda a planta. Tal hipótese encontra confirmação nos resultados de Lieten (2006), onde observou-se a redução do crescimento vegetativo, no número, no

tamanho e na produção de frutas de morango no tratamento com a relação K:Ca:Mg de 8:1,5:1 mmol L^{-1}, a mais elevada nos tratamentos.

Ainda, segundo Marschner (1995), o teor de potássio na planta aumenta a taxa de absorção de nitrato, única forma iônica do elemento para as melhores soluções nutritivas presentes no trabalho, e pode inibir as taxas de absorção de cálcio e magnésio, o que não foi observado no experimento e segundo Egilla et al., 2001, relataram que uma quantidade adequada de potássio pode aumentar o acúmulo total de matéria seca das plantas cultivadas em comparação com menor concentração do nutriente.

A solução 4 possui relação de 2,5:1 entre K:N sendo que, comparada à solução de referência 2, os teores dos nutrientes são: 50% inferiores de nitrogênio total, cálcio e magnésio; 93,88% superior de enxofre e 91,43% superior de potássio. Quanto à solução 3, esta possui relação de 1:1 entre K:N sendo que, comparada à solução de referência 2, os teores de nutrientes são: 13,09% inferior de nitrogênio total; 16,75% inferiores de Ca^{2+} e Mg^{2+}; 56,46% superior de SO_4^{2-} e 36,04% superior de K^{2+}, conforme observado na tabela 2.

Imagina-se que o maior teor de potássio na solução nutritiva possa ter contribuído para que, mesmo com menores teores de N total, cálcio e magnésio – especialmente para a solução 4 -, os resultados em produção, quantidade, qualidade e produtividade por planta fossem superiores às demais soluções nutritivas. Fatores como o fluxo hídrico abundante, por meio das frequências de irrigação propostos, a boa aeração dos substratos constantes do experimento, a condutividade elétrica das soluções nutritivas estarem adequadas à cultura do morangueiro (1,5 dS m^{-1}) e as características de absorção dos íons de cálcio e magnésio, em que o fluxo de massa é o mecanismo responsável pela maior proporção dos cátions bivalentes em questão (Vitti et al., 2006), podem ter contribuído de forma determinante para que, apesar de apresentarem concentrações relativamente baixas para os íons Ca^{++} e Mg^{++}, tais concentrações fossem suficientes para o desenvolvimento pleno da produção dos morangos.

Nesta mesma linha de raciocínio, que ratifica as observações ocorridas no presente experimento, diz respeito que, para soluções nutritivas, uma relação ideal entre K:N esteja próxima a 1,4:1,0 para a cultura do morango, conforme evidenciado por Albregts e Howard (1979); Welch e Quick (1981); Chow (1988) e Lieten (1993). Tendo em vista que as relações do presente experimento entre K:N foram as seguintes: i) Solução 1: 0,48; ii) Solução 2: 0,65; iii) Solução 3: 1,01 e iv) Solução 4: 2,47, é

razoável que a melhor relação entre K:N para a cultivar Portola esteja entre 1,01 e 2,74, o que pode ser objeto de melhor avaliação em estudos futuros.

Em pesquisa feita por Neocleous e Savvas (2013) com a cultivar Camarosa, foram comparadas três diferentes estratégias, fazendo uso de uma solução nutritiva de referência, com vistas a ajustar as ofertas de K^{++}, Mg^{++} e a relação K:Ca:Mg quando a concentração Ca^{++} na água utilizada para fertirrigação excede níveis recomendados. De maneira que os resultados ali presentes evidenciaram que para o melhor desempenho da cultura a condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva é mais importante do que a relação K:Ca:Mg.

Um outro fator que pode ter contribuído com a elevada produtividade observada foi o volume de substrato disponível para o crescimento radicular por planta e a existência de condições adequadas em torno do sistema radicular dos substratos. Em sistemas de cultivo hidropônico com uso de substratos, têm sido empregados volumes de 1,4dm³ $planta^{-1}$ (SAROOSHI E CRESSWELL, 1994) ou 2,24dm³ $planta^{-1}$ (FERNANDES JÚNIOR et al., 2002), tais volumes são da ordem de 9,7 e 6,07 vezes menores do que o utilizado no presente experimento, que foi da ordem de 13,6dm³ $planta^{-1}$. É provável que um sistema radicular mais volumoso, em razão de maior volume de substrato, tenha compensado a menor concentração de nutrientes como nitrogênio, cálcio e magnésio na solução nutritiva. Afinal, esse é o mesmo princípio das plantas cultivadas no solo, em que o sistema radicular é capaz de explorar volumes maiores do no cultivo com substratos e, dessa forma, compensar a menor concentração de nutrientes nesse ambiente comparado ao proporcionado por soluções nutritivas. Tal característica do presente experimento seria uma das explicações para as elevadas produtividades observadas nas tabelas 6 e 7 em comparação com as obtidas por Sarooshi e Cresswell (1994), em lá de rocha de 310g $planta^{-1}$, e por Fernandes Júnior et al. (2002), em NFT de 365,5g $planta^{-1}$.

Segundo CARVALHO et al. (2004), a classificação de intensidade da correlação para $p \leq 0,05$ é: muito forte ($r \pm 0,91$ a $\pm 1,00$), forte ($r \pm 0,71$ a $\pm 0,9$), média ($r \pm 0,51$ a $\pm 0,70$) e fraca ($r \pm 0,31$ a $\pm 0,50$), conforme exposto na tabela 12.

Verifica-se que os resultados de correlação de Pearson demonstram que a massa de frutos colhidos e número total de frutos colhidos se correlacionam de forma muito forte e positiva com massa de frutos comerciais, número de frutos comerciais e produtividade por planta. E, ainda que, a produtividade por planta se correlaciona de

forma muito forte com e positiva com a massa de frutos colhidos, número total de frutos colhidos, massa de frutos comerciais e número de frutos comerciais.

Tabela 12. Correlações lineares (Person) entre as variáveis avaliadas do morangueiro cultivado em sistema hidropônico, com 4 diferentes soluções nutritivas e 4 diferentes substratos, sob ambiente protegido da Embrapa Hortaliças, Distrito Federal. FAV, UnB, 2022.

	Massa de frutos colhidos	Nº Total de Frutos Colhidos	Massa de frutos Comerciais	Nº de Frutos Comerciais Total	Nº de Frutos Comerciais / Nº de Frutos	Prod. Comercial por planta (g/pl.)	Prod. por planta (g/pl.)	Massa Média de Frutos Comerciais	Massa Média de Frutos
Massa de frutos colhidos	1	0,96**	0,99**	0,95**	0,43**	0,64**	1,00**	0,46**	0,11ns
Nº Total de Frutos Colhidos		1	0,96**	0,99**	0,48**	0,64**	0,96**	0,43**	0,00ns
Massa de frutos Comerciais			1	0,95**	0,44**	0,60**	1,00**	0,43**	0,08ns
Nº de Frutos Comerciais				1	0,58**	0,59**	0,95**	0,47**	-0,01ns
Nº de Frutos Comerciais / Nº de Frutos					1	0,08ns	0,44**	0,54**	-0,03ns
Produtividade Comercial por planta (g/pl.)						1	0,61**	0,62**	0,17ns
Produtividade por planta (g/pl.)							1	0,44**	0,10ns
Massa Média de Frutos Comerciais								1	0,18ns
Massa Média de Frutos									1

(ns) – valores não significativos;

(**) – valores com dois asteriscos são significativos a 5% de probabilidade pelo teste t;

4.2 - Pós-Colheita:

Os teores de sólidos solúveis para a cultivar Portola (tabela 13) foram semelhantes aos valores encontrados em Cecatto et al. (2013). Avaliando-se as soluções nutritivas, observa-se que não há diferenças significativas dentro das soluções 1, 2 e 3. Dentro da solução 4, as combinações com os substratos 2 e 4 diferem estatisticamente entre si sendo a maior e a menor observação, respectivamente, e a combinação com os substratos 1 e 3 se assemelham.

Quanto aos substratos, temos que dentro dos substratos 1 e 4 não há diferenças significativas entre as combinações dos substratos e as diferentes soluções avaliadas. Quanto ao substrato 2, a maior avaliação encontra-se com a combinação com a solução 1, sendo esta semelhante à combinação com a solução 2 a qual é semelhante com as combinações com as soluções 3 e 4. Quanto ao substrato 3, também a maior observação foi feita em combinação com a solução 1, sendo esta semelhante à combinação com a solução 2 e 3 e estas semelhantes com a combinação com a solução 4.

Tabela 13. ºBrix (Sólidos solúveis - SS).

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**5,76 a A**	**6,19 a A**	**6,14 a A**	**6,39 a AB**
2	**5,85 b A**	**6,17 ab A**	**5,92 b A**	**7,42 a A**
3	**5,76 ab A**	**6,10 ab A**	**5,60 b A**	**6,95 a AB**
4	**5,32 a A**	**5,60 a A**	**5,44 a A**	**6,02 a B**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =12,92; CV 2 – Substrato (%) =11,35.

Tabela 14. Acidez Titulavel (AT).

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**3,77 a A**	**3,66 a A**	**3,67 a A**	**3,62 a A**
2	**3,10 a B**	**3,07 a B**	**3,34 a AB**	**3,00 a B**
3	**3,19 a B**	**3,15 a B**	**3,15 a B**	**3,07 a B**
4	**3,32 a AB**	**3,35 a AB**	**3,44 a AB**	**3,32 a AB**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) =8,76; CV 2 – Substrato (%) =7,77.

Tabela 15. Ratio (Sólidos Solúveis - SS / Acidez Potencial – AT).

Substrato	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4
1	**1,53 a A**	**1,69 a A**	**1,67 a A**	**1,76 a B**
2	**1,89 b A**	**2,02 ab A**	**1,81 b A**	**2,55 a A**
3	**1,82 a A**	**1,94 a A**	**1,78 a A**	**2,27 a AB**
4	**1,61 a A**	**1,68 a A**	**1,58 a A**	**1,82 a B**

Medidas seguidas por letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV 1 – Solução (%) = 17.74; CV 2 – Substrato (%) = 15.67.

Diferentemente do observado por Andriolo et al., 2010, em que não houve diferenças significativas entre os diferentes teores de potássio utilizados nas soluções nutritivas aplicadas (observado que não se utilizou a mesma condutividade elétrica deste trabalho e sim menores), no presente experimento a solução 4, com maior teor de potássio e com maiores proporções com os demais nutrientes, proporcionou maiores teores de sólidos solúveis.

Em Mondal et al., 2017, cujo trabalho, dentre outras observações, constatou que a redução da concentração de nitrato de potássio (KNO_3) na solução nutritiva da cultivar de morango 'Toyonoka', com a proporcional redução da condutividade elétrica da solução, teve efeito significativo nas variáveis agronômicas de produtividade por planta e de massa média dos frutos, não havendo quanto ao número de frutos por planta, e quanto aos sólidos solúveis da cultivar em questão. Considerando que o trabalho tinha por objetivo reduzir o teor de potássio no morango, em razão da restrição de consumo de potássio por pacientes com doença renal crônica, outras avaliações se deram ao reduzir as quantidades de nitrato de potássio (KNO_3), mantendo-se os níveis de outros nutrientes constantes por meio do aumento do uso de nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2.H_2O$) a produtividade, o número de frutos, o teor de sólidos solúveis, ácido cítrico, teor de nitrato e ácido ascórbico também sem contrastes estatísticos. Os resultados demonstraram que o número de frutos de morango por planta foi influenciado pelas cultivares e não pelos teores de nitrato de potássio da solução nutritiva e que a quantidade de frutos por planta não foi influenciada nem pela cultivar, nem pelos teores de nitrato de potássio, observado que a condutividade elétrica do experimento 0,48 e 0,67 $dS \cdot m^{-1}$.

Em experimento publicado por Caruso et al., 2003, cujo objetivo foi avaliar as características de qualidade dos frutos de morango produzidos sob sistema

hidropônico de recirculação, com NFT (Nutrient Film Technique), ao comparar dezesseis tratamentos em combinação fatorial de oito soluções nutritivas com as diferentes relações K:N (K:N = 0,8, 1,0, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2,0 e 2,2) concluiu que o aumento da concentração de potássio na solução nutritiva não provocou uma melhora considerável na qualidade do fruto. Também Haynes e Goh, 1987, afirmam que genótipo tem mais efeito sobre a quantidade de parâmetros qualitativos do morango do que as técnicas aplicadas ao cultivo.

Por fim, tal qual concluso por Andriolo et al., 2010, em que afirmaram que a elevação dos teores de potássio na solução nutritiva não seria uma técnica que poderia ser empregada para o aumento da qualidade das frutas de morango no cultivo sem solo, os dados encontrados no presente estudo evidenciam que a maior concentração do elemento não influencia de maneira estatisticamente considerável as variáveis de pós-colheita analisadas e que corrobora para aspectos produtivos, na forma como foi demonstrado no presente experimento.

5. CONCLUSÕES

O uso da solução proposta 4 se destacou das demais soluções no que tange à produção total de frutos, à produção de frutos comerciais, às produtividades total e comercial por planta e às massas médias dos frutos comercias e dos totais colhidos.

O substrato composto por 100% casca de arroz carbonizada (substrato 1) teve maior efeito sobre a produção total de frutos, produtividade comercial por planta, peso médio de frutos comerciais, maior proporção de frutos comerciais.

O uso da composição com 75% de casca de arroz carbonizada e 25% de fibra de coco média (substrato 4) apresentou as menores variações produtivas independente da solução nutritiva utilizada.

Os resultados indicam a possibilidade de pesquisas sobre a composição da solução nutritiva, visando ajustar as relações catiônicas que proporcionem elevadas produtividades e manutenção da qualidade do fruto do morango.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBREGTS, E. E., & HOWARD, C. M. **Nutrient Accumulation by Strawbeny Plants.** Dover ARC Research Report SV-1979-1. (Agricultural Research Center, IFAS, University of Florida: Dover, Florida.), 1979.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia das Culturas Protegidas – Santa Maria: Ed. da UFSM, 142p., 1999.

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 produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; DAL PICIO, M. D.; 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, v.40, p.267-272, 2010.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; JÚNIOR REISSER, C. **Morango: crescimento em área de produção.** Anuário Campo & Negócio HF, p. 88-92, 2020.

ARAÚJO, V. F. **Utilização de fertilizantes a base de xisto na produção e qualidade de morangos.** 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 18. ed. 2005 Revision 3. Gaithersburg: AOAC International, 2010. 1 v.

BARROSO, A. A. F.; VIANA, T. V. A.; MARINHO, A. B.; COSTA, S. C.; AZEVEDO, B. M. **Teores de macronutrientes em folhas de bananeira cv. Pacovan apodi, sob lâminas de irrigação e doses de potássio.** Engenharia Agrícola, v.31, p.529-538, 2011.

BAMBERG, A. L. **Atributos físicos, hídricos e químicos de solos em sistemas de produção de morango em Turuçu-RS.** 2010. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BORTOLOZZO, A. R.; SANHUEZA, R. M. V.; MELO, G. W. B., BERNARDI, J. KOVALESKI, A.; HOFFMANN, A.; BOTTON, M.; FREIRE, J. M.; BRAGHINI, L. C.; VARGAS, L.; CALEGARIO, F. F.; FERLA, N. J.; PINENT, S. M. J. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico.** Circular Técnica, 62. Bento Gonçalves: Embrapa, 24 p. 2007.

BURIOL, G. A. et al. **Efeito da ventilação sobre a temperatura e umidade do ar em túneis baixos de polietileno transparente e o crescimento da alface.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 17-24. 1997.

CARMO Jr, R. R. **Produção de alface (Lactuc as ativa L.) em cultivo hidropônico utilizando atmosfera modificada no interior da estufa.** Dissertação de Mestrado, FEAGRI, UNICAMP, Campinas, 2000.

CARUSO, G.; VILLARI, G.; IMPEMBO, M. **Effect of Nutritive Solution K:N and Shading on the "Fruit" Quality of NFT-grown Strawberry.** Acta Hortic. 614, 727-734, 2003.

CARVALHO, S. P. (Coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico.** Belo Horizonte: FAEMG, 2005. 159 p

CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal.** Pelotas: UFPel, v. 142, 2004.

CECATTO, A. P. et al., **Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 35, p. 471-478, 2013.

CEAGESP. **Morango – Guia de Identificação.** Disponível em: https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2020/05/morango.pdf. Acesso: em 7 de jun. de 2022.

CHOW, K. K. **Studies of the production of winged bean and strawberries in hydroponic systems.** Dissertação de Mestrado. La Trobe University, 1988.

COSTA, E. **Avaliação da produção de alface em função dos parâmetros climáticos em casas de vegetação com sistema hidropônico nos períodos de outono e inverno.** Dissertação de Mestrado (Construções Rurais e Ambiência). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas-Campinas, 144p São Paulo, 2001.

COSTA, E; LEAL, P.A.M. **Avaliação da biomassa foliar de morangueiro hidropônico em diferentes ambientes protegidos.** Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 32, n. 6, p. 1941-1952, nov./dez. 2008.

EBRAHIMI, R. et al. **Growth and yield of strawberries under different potassium concentrations of hydroponic system in three substrates.** World Appl. Sci. J, v. 16, n. 10, p. 1380-1386, 2012.

EGILLA, J. N.; DAVIES, F. T. and DREW, M. C. **Effects of potassium on drought resistance of Hibiscus rosa-sinensis cv. Leprecham: Plant growth, leaf macro and micro nutrient content and root longevity.** Plant Soil 229: 213–224, 2001.

FELIX, A. C. de A.; LIMA, C. E. P.; BRAGA, M. B.; GUEDES, I. M. R.; SILVA, J. da. **Efeito de diferentes proporções de sulfato/cloreto de potássio no potencial produtivo do morangueiro produzido no Distrito Federal.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017.

FELTRIN, D. M. et al. **Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio.** Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 4, n. 1, p. 17-24, 2005.

FERREIRA, D. F. **SISVAR – Sistema de análises de variância para dados balanceados:** programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 4.3.Lavras: UFLA, 2000.

FERNANDES JÚNIOR, F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. **Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido.** Bragantia, Campinas, v.61, n.1, p.25-34, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** UFV, Viçosa, Brasil, p. 46-47, 2003

FURLANI, P. R.; FERNANDES JÚNIOR, F. **Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido.** In: CORRÊA ANTUNES, L.E. et al. (Ed.). SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO & ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2004, Pelotas, RS. Anais... Pelotas: EMBRAPA, p.102-115. (Documentos 124). 2004.

FURLANI, P. R.; FERNANDES, F. **Produção de morango usando a técnica da hidroponia vertical.** 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: Produção de morango usando a técnica da hidroponia vertical (infobibos.com). Acesso em:18/05/2021.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: PRADO, R. de M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. (Ed.)et al. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV: CAPES: FUNDUNESP, 2010. p. 45-62.

GIMÉNEZ G.; ANDRIOLO J.; GODOI R. **Cultivo sem solo do morangueiro.** Ciência Rural 38: 273-279, 2008.

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A. B. **Qualidade de frutos de melancia em função de fontes e doses de potássio**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.3, p. 647-650, jul-set. 2004.

GRANGEIRO L. C; CECÍLIO FILHO A. B. **Características de produção de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio**. Horticultura Brasileira 24: 450-454, 2006.

GREENWOOD, D. J.; STONE, D. A. **Prediction and measurement of the decline in the critical-K, the maximum-K and total cation plant concentrations during the growth of field vegetable crops.** In: Annals of Botany, v. 82, n. 6, p. 871-881, 1998.

GODOI, R. S.; ANDRIOLO, J. L.; FRANQUEZ, G. G.; JANISCH, D. J.; CARDOSO, F. L.; VAZ, M. A. B. **Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos.** Ciência Rural, v. 39, n. 4, p. 1039-1044, 2009.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças.** Campinas: Fundação Cargil. 538 p. 1988.

HAYNES, R. J.; GOH, K. M. **Effects of nitrogen and potassium applications on strawberry growth, yield and quality.** Communications in soil science and plant analysis, v. 18, n. 4, p. 457-471, 1987.

HENZ, G. P.; ARAÚJO, T. M.; PEREIRA, S. F. **Produção de Morango no Distrito Federal.** EMBRAPA, Brasília, DF, Brasil, 2009.

HENZ, G. P. **Desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal.** Horticultura Brasileira 28: 260-265, 2010.

ISLABÃO, G. O.; VAHL, L. C.; TIMM, L. C.; BAMBERG, A. L.; PRESTES, R. B. **Teores de N, P e K em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS.** In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11.; MOSTRA CIENTÍFICA, 1., 2009, Pelotas. **Evoluir sem extinguir:** por uma ciência do devir. Pelotas: UFPEL, 2009. p. 1-5.

KARLBERG, L.; BEN-GAL, A.; JANSSON, P. E.; SHANI, U. **Modelling transpiration and growth in salinity-stressed tomato under different climatic conditions**. Ecological Modelling, 190, 15-40, 2006.

LIETEN, P. **Methods and strategies of strawberry forcing in Europe. Historical perspectives and recent developments.** Acta Horticulturae, v.348, p.158-170, 1993.

LIETEN, P. **Nutrition of strawberries in hydroponic and substrate culture.** In 'Proceedings of the 7th National Benyfruit Conference, Perth.'. Department of Agriculture, Western Australia: Perth, 1993.

LIETEN, P. **La fragola in Belgio-Olanda.** In: FAEDI, W. (ed.) La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale. Verona: Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricultura p.83-94, 1998.

LIETEN, P. Effect of K: Ca: Mg ratio on performance of Elsanta strawberries grown on peat. In: **V International Strawberry Symposium 708**. p. 397-400, 2004.

LIETEN, P.; LONGUESSERRE, J.; BARUZZI, G.; LOPEZ-MEDINA, J.; NAVATEL, J. C. **Recent situation of strawberry substrate culture in Europe.** ISHS Acta Horticulturae v. 649, p. 193-196, 2004.

LOPES, H. R. D.; ALVES, R. T.; SOARES, J. R. R.; OLIVEIRA, N. M. P. **A cultura do morangueiro no Distrito Federal.** 2ª. ed. Emater, Brasília, DF, Brasil. 2019.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2º Ed. Academic Press, London. 1995.

MELLO, M. S.; CARVALHO, A. M.; GUIMARÃES, J. C. **Nutrição, irrigação e fertirrigação do morangueiro.** In: Cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Boletim do Morango: Belo Horizonte, 2005.

MONDAL, Md. F.; ASADUZZAMAN Md.; UENO, M.; KAWAGUCHI, M.; YANO, S.; BAN, T.; TANAKA, H. and ASAO, T. **Reduction of Potassium (K) Content in**

Strawberry Fruits through KNO_3 Management of Hydroponics. In: The Horticulture Journal 86 (1): 26–36, 2017.

NEOCLEOUS, D.; SAVVAS, D. **Response of hydroponically-grown strawberry (Fragaria× ananassa Duch.) plants to different ratios of K: Ca: Mg in the nutrient solution.** The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, v. 88, n. 3, p. 293-300, 2013.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual Prático de Hidroponia.** Aprenda Fácil Editora: Viçosa, M.G, 271 p. 2005.

MENGEL, K.; KIRKBY E. A. Copper, further elements of importance. In: MENGEL K; KIRKBY EA. **Principles of Plant Nutrition**. 4. ed. Berne: International Potash Institute, p. 537-588, 1987.

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de fruta em hidroponia. In: **Informe Agropecuário**, v.20, n.200/ 201, p.105-113, 1999.

PACHECO, D. D.; DIAS, M. S. C.; ANTUNES, P. D.; RIBEIRO, D. P.; SILVA, J. J. C.; PINHO, D. B. **Nutrição mineral e adubação do morangueiro.** Informe Agropecuário, v.28, p.40-49, 2007.

PARANJPE A. et al. Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates: an alternative to methyl bromide soil fumigation. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Science**, Florida, v.116, p.98-105, 2003.

PAULETTI, V; MENARIM, E. **Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata**. Scientia Agraria, v.5, n.1-2, p.15-20. 2004.

PORTELA I. P.; PEIL R. M. N.; ROMBALDI C. V. **Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia.** Horticultura Brasileira 30:266-273. 2012.

SANTOS, F. S. R. dos.; **Produção e nutrição de morangueiro em cultivo hidropônico e no solo.** 2014.

SAROOSHI, R. A. and CRESSWELL, G. C. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 34, n. 4, p. 529-535, 1994.

SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.2 user's guide. Cary, NC. SAS Institute Inc. p. 238. 2008.

SCAPOLLI, E. J.; BRITO, R. A. L. **Qualidade da água e do solo para irrigação.** Informe Agropecuário, n. 139, p. 80-94, 1986.

SEGOVIA, J. F. O. et al. **Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (Lactuca sativa L.) no interior e no exterior de estufas de polietileno em Santa Maria**, RS. Ciência Rural, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 37-41, 1997

SHARMA, R. R.; SINGH, R. **Fruit nutrient content and lipoxygenase activity in relation to the production of malformed and button berries in strawberry (Fragaria× ananassa Duch.)**. Scientia horticulturae, v. 119, n. 1, p. 28-31, 2008.

SOUSA, G. G. de. et al. **Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense.** Bragantia, Vol. 73, nº 1, 2014.

TAGLIAVINIA, M. et al. **Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (Fragaria × Ananassa Dutch.) grown in soil and soilless culture.** European Journal of Agronomy 23 (2005) 15 - 25, 2005.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças. 2.ª ed.** Campinas: Instituto Agronômico, 51p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196), 2011.

TURHAN, E.; ERIS, A. **Growth and stomatal behaviour of two strawberry cultivars under long-term salinity stress.** Turk. J. Agric. For. 31, 55-61, 2007.

VITTI, G. C. et al. Cap. 12 – Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: **Nutrição mineral de plantas**/editor Manlio Silvestre Fernandes. - Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 16. 2006.

VIGNOLO, G. K. **Produção e qualidade de morangos a partir de formulações de fertilizantes alternativos.** 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2011.

WELCH, N. C., & QUICK, T. **Fertilising summer-planted strawberries in California's central coast.** California Agriculture 35(9, 10), 267, 1981.

YAVARI, S. et al. **Effects of various organic substrates and nutrient solution on productivity and fruit quality of strawberry "Selva" (*Fragaria*× *ananassa Duch*.).** Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, v. 16, p. 167-178, 2008.

ZEHLER, E.; KREIP, H.; GETHING, P. A. **Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas.** Campinas: Fundação Cargill. 111p, 1986.