

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

PRODUÇÃO DE *MICROGREENS* EM SUBSTRATOS COMERCIAIS E
CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

Albertina Radtke Wieth
Engenheira Agrônoma/UFPEL

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2019

CIP - Catalogação na Publicação

Wieth, Albertina Radtke
PRODUÇÃO DE MICROGREENS EM SUBSTRATOS COMERCIAIS E
CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA / Albertina Radtke
Wieth. -- 2019.
86 f.
Orientadora: Tatiana da Silva Duarte.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2019.

1. Microgreens. 2. Substratos. 3. Microverdes. 4.
Solução Nutritiva. 5. Cultivo sem Solo. I. Duarte,
Tatiana da Silva, orient. II. Título.

ALBERTINA RADTKE WIETH
Engenheira Agrônoma - UFPel

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 07.03.2019
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 01.10.2019
Por

TATIANA DA SILVA DUARTE
Orientadora - PPG Fitotecnia
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

GILMAR SCHÄFER
PPG Fitotecnia/UFRGS

ANDRÉ SAMUEL STRASSBURGER
Faculdade de Agronomia/UFRGS

ROBERTA MARINS NOGUEIRA PEIL
Faculdade de Agronomia
Eliseu Maciel/UFPel

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

Ao meu esposo, Lucas,
pelo companheirismo, paciência e incentivo em todos os momentos.

DEDICO

Agradecimentos

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia para obtenção do grau de Mestre.

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

Ao meu esposo Lucas por todo o carinho, amor, companheirismo, incentivo e cumplicidade. E principalmente pela compreensão das minhas muitas horas de ausência durante este período. O seu apoio foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Vilson e Tecla, pelo apoio desde o início da minha caminhada escolar, pelos ensinamentos, valores e por todo trabalho árduo na agricultura para que eu pudesse estudar.

Ao meu irmão Egon, que tinha como tarefa (também compartilhada com minha mãe) me encontrar a pé, no distante e isolado caminho de volta da escola, nos entardeceres frios, escuros e muitas vezes chuvosos durante todo o ensino fundamental.

Ao meu irmão Nicolau e sua família pela companhia nos muitos finais de semana que passei aqui em Porto Alegre, distante da minha casa.

Ao meu irmão Felipe pelas muitas caronas no caminho de volta para casa, e pela amizade de toda sua família.

À professora Dra. Tatiana da Silva Duarte pela sua orientação, amizade, ensinamentos compartilhados, e principalmente por acreditar em minha capacidade profissional e desenvolvimento intelectual durante este período.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas Leise, Tais, Leonardo, Chico, Geísa e Manuela pela companhia, e, acima de tudo, pela amizade sincera. Eternamente grata a vocês.

Aos demais colegas e amigos que conheci neste período.

“Sabemos como é a vida: num dia dá tudo certo e no outro as coisas já não são tão perfeitas assim. Altos e baixos fazem parte da construção do nosso caráter. Afinal, cada momento, cada situação, que enfrentamos em nossas trajetórias é um desafio, uma oportunidade única de aprender, de se tornar uma pessoa melhor. Só depende de nós, das nossas escolhas... Não sei se estou perto ou longe demais, se peguei o rumo certo ou errado. Sei apenas que sigo em frente, vivendo dias iguais de forma diferente. Já não caminho mais sozinho, levo comigo cada recordação, cada vivência, cada lição. E, saber que já não sou a mesma pessoa de ontem me faz perceber que valeu a pena. Procure ser uma pessoa de valor, em vez de procurar ser uma pessoa de sucesso. O sucesso é só consequência.”

Albert Einstein

PRODUÇÃO DE *MICROGREENS* EM SUBSTRATOS COMERCIAIS E CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

Autor: Albertina Radtke Wieth
Orientadora: Profª Dra. Tatiana da Silva Duarte

RESUMO

Um problema significativamente preocupante é a emergente crise alimentar. As atuais estatísticas de desnutrição são altas e as práticas agrícolas contemporâneas danificam os próprios recursos ambientais dos quais depende a produção de alimentos. Além disso, a crescente demanda por novidades na culinária e o uso de vegetais frescos em pratos da alta gastronomia, bem como a facilidade com que *microgreens* podem ser cultivados representam um grande potencial para diversificar os sistemas alimentares. Assim, objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes substratos comerciais e de concentrações de nutrientes na solução nutritiva sobre a produção de *microgreens* de rúcula, brócolis e repolho roxo, cultivados em sistema hidropônico. Foram conduzidos três experimentos em ambiente protegido, no Campus da Faculdade de Agronomia (UFRGS), em Porto Alegre. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 5x3 com 3 repetições. Os tratamentos foram compostos pelas combinações de cinco substratos comerciais: vermiculita CSC[®], espuma fenólica Green-Up, S10 Beifiur[®] orgânico, Carolina Soil[®] mudas e Carolina Soil Orgânico[®] e três concentrações de nutrientes na solução nutritiva, 0, 50 e 100%. As irrigações foram realizadas por sistema de subirrigação. As variáveis analisadas foram produtividade de massa fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea, e duração de ciclo (precocidade). No terceiro experimento, com repolho roxo, também foram avaliadas as variáveis, teor de sólidos solúveis (TSS), quantidade de clorofilas totais e conteúdo de carotenoides totais. A produtividade de *microgreens* de rúcula foi influenciada pela adição de nutrientes à SN, assim como também a concentração destes influenciaram sobre as respostas nos diferentes substratos. Para *microgreens* de brócolis as diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva expressaram maior efeito sobre a variável massa fresca, assim como adição de nutrientes na SN favoreceu a precocidade de colheita. A produção de *microgreens* de repolho roxo não foi influenciada pelos diferentes substratos comerciais testados. No entanto, a adição de nutrientes à SN, proporcionou o aumento destas mesmas variáveis. Quanto ao TSS, todos os substratos testados são indicados, no entanto a adição de nutrientes à SN reduziu este teor em *microgreens* de repolho roxo, também a duração do ciclo foi influenciada pelo substrato e pela adição de SN. A resposta para o conteúdo total de clorofilas foi variável entre os substratos testados dentro das diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva, as concentrações de carotenoides foram maiores quando se utilizou apenas água na irrigação.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (86 f.) Março, 2019.

MICROGREENS PRODUCTION IN COMMERCIAL SUBSTRATES AND NUTRITIVE SOLUTION CONCENTRATIONS

Author: Albertina Radtke Wieth

Adviser: Prof^a Dra. Tatiana da Silva Duarte

Abstract

A significantly worrisome problem is the emerging food crisis. Current malnutrition statistics are high and contemporary farming practices damage the environmental resources on which food production depends. In addition, the growing demand for novelties in cooking and the use of fresh vegetables in high-gastronomy dishes, as well as the ease with which microgreens can be grown has great potential to diversify food systems. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of different commercial substrates and nutrient concentrations in the nutrient solution on the production of rocket, broccoli, and purple cabbage microgreens, grown in a hydroponic system. Three experiments were conducted in a protected environment, at the Campus of the Faculty of Agronomy (UFRGS), in Porto Alegre. A completely randomized design with factorial arrangement 5x3 with 3 replicates was used. The treatments were composed of five commercial substrates: CSC[®] vermiculite, Green-Up phenolic foam, S10Beifiur[®] organic, Carolina Soil[®] seedlings and Carolina Soil Orgânico[®] and three concentrations of nutrients in the nutritive solution, 0, 50 and 100%. Irrigations were performed by the irrigation system. The analyzed variables were fresh mass (FM) and dry mass (DM) of the shoot, and cycle size (precocity). In the third experiment, with purple cabbage, the variables total soluble solids content (TSS), total chlorophyll content and total carotenoid content were also evaluated. The productivity of rocket microgreens was influenced by the addition of nutrients to the nutritive solution, as well as the concentration influenced the responses in the different substrates. For broccoli microgreens, the different concentrations of nutrients in the NS expressed greater effect on the variable fresh mass, as well as the addition of nutrients in the SN, favored the precocity of harvest. The production of purple cabbage microgreens was not influenced by the different commercial substrates tested. However, the addition of nutrients to the NS provided the increase of these same variables. As for TSS, all the substrates tested are indicated, however, the addition of nutrients to the nutrient solution reduced the content of purple cabbage microgreens, also the duration of the cycle was influenced by the substrate and the addition of nutrients in the irrigation. The response to the total chlorophyll content was variable among the substrates tested within the different concentrations of nutrients in the nutrient solution, the carotenoid concentrations were higher when only irrigation with water was used.

¹Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (86 p.) March, 2019.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Contextualização e caracterização dos <i>microgreens</i>	4
2.2 Espécies utilizadas.....	6
2.3 Sistemas de produção de <i>microgreens</i>	8
2.4 Substratos	9
2.5 Solução nutritiva.....	10
2.6 Composição nutricional de <i>microgreens</i>	12
2.7 Colheita e pós-colheita	13
2.8 Referências bibliográficas.....	14
3. ARTIGO 1	18
3.1 Introdução	20
3.2 Material e Métodos.....	21
3.3 Resultados e Discussão	24
3.4 Conclusões.....	30
3.5 Agradecimentos	31
3.6 Referências Bibliográficas	31
4. ARTIGO 2	36
4.1 Introdução	38
4.2 Material e métodos.....	39
4.3 Resultados e discussão	40
4.4 Conclusões.....	46
4.5 Agradecimentos	46
4.6 Referências bibliográficas.....	46
5. ARTIGO 3.....	49
5.1 Introdução	51
5.2 Material e métodos.....	52

	Página
5.3 Resultados e discussão	55
5.4 Considerações finais.....	64
5.5 Agradecimentos	65
5.6 Referências bibliográficas.....	65
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
7. APÊNDICES	69

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Diferenças entre os brotos, *microgreens* e vegetais *baby leaf*.6

ARTIGO 1

1. Características químicas e físicas dos substratos comerciais utilizados na produção de *microgreens* de rúcula (*Eruca sativa* L.) em sistema hidropônico de produção. Vermiculita CSC® (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), substrato S10Beifiur® (S3), substrato Carolina Soil® mudas (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico® (S5). Porto Alegre, UFRGS. 2019.....34
2. Efeito dos substratos comerciais testados nos diferentes níveis de concentração da solução nutritiva sobre a produtividade média de massa fresca (MF) e massa seca (MS) de *microgreens* de rúcula (*Eruca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico. C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%); Vermiculita CSC® (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), substrato S10 Beifiur® (S3), substrato Carolina Soil® (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico®(S5).....35

ARTIGO 2

1. Características químicas e físicas de substratos comerciais utilizados na produção de *microgreens* de brócolis (*B. oleracea* var. *itálica*). Vermiculita CSC® (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), substrato S10Beifiur® (S3), substrato Carolina Soil® mudas (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico® (S5). Porto Alegre, UFRGS. 2019.....41
2. Efeito dos substratos comerciais e concentrações de nutriente 0% (C1), 50% (C2) e 100% (C3) da solução nutritiva sobre o ciclo (dias) de produção de *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica*) cultivado em sistema hidropônico. Porto Alegre, UFRGS. 2019.....45

ARTIGO 3

1. Características químicas e físicas dos substratos comerciais utilizados na produção de *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata f. rubra*). Vermiculita CSC® (S1), substrato S10Beifiur® (S2), substrato Carolina Soil® mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico® (S4). Porto Alegre, UFRGS. 2019.55

2. Produtividade média de massa fresca (MF) e massa seca (MS) da parte aérea, altura de plântulas e teor de sólidos solúveis (TSS) de microgreens de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) em diferentes substratos comerciais e concentrações de nutrientes na solução nutritiva, em sistema recirculante de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.....57
3. Efeito dos substratos comerciais e das concentrações de nutrientes na solução nutritiva, 0% (C1), 50% (C2) e 100% (C3) sobre o tamanho do ciclo (dias) de produção de *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, UFRGS. 2019.59

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

ARTIGO 1

1. Temperatura média (°C) e umidade relativa média do ar (%) registradas diariamente, no interior do ambiente protegido. Porto Alegre, UFRGS. 2019.33

ARTIGO 2

1. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), em cada concentração da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%) sobre a produtividade média de massa fresca (MF) em *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.42
2. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), sobre a produtividade média de massa fresca em *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.43
3. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), em cada concentração da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%) sobre a produtividade média de massa seca (MS) em *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.43
4. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), sobre a produtividade média de massa seca (MS) em *microgreens* brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.44

ARTIGO 3

1. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), em cada concentração de nutrientes da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%) sobre a média do conteúdo de clorofila total em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.60

2. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), sobre a média do conteúdo de clorofila total em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.....61
3. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), em cada concentração de nutrientes da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 sobre a média do conteúdo de carotenoides totais em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.62
4. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4) sobre a média do conteúdo de carotenoides totais em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*). Porto Alegre, 2019.....63

1 INTRODUÇÃO

Evidências científicas reunidas ao longo das duas últimas décadas sugerem que as condições climáticas estão mudando rapidamente e que esse cenário deverá continuar e até mesmo acelerar (Change, 2007, Moss *et al.*, 2010). Em um futuro próximo os sistemas agrícolas e alimentares enfrentarão mudanças substanciais na sua estrutura, embora distintas entre os diversos ambientes. Algumas regiões podem se beneficiar de condições climáticas mais favoráveis à produção, enquanto outras enfrentarão um aumento nos estresses bióticos e abióticos (Change, 2007). Com isso, os sistemas agrícolas tradicionais serão desafiados a explorar um potencial de produção adicional e a adaptação acelerada será vital (Jarvis *et al.*, 2011). Esta situação pode prejudicar desproporcionalmente agricultores pobres e marginalizados, que têm menos capacidade adaptativa e dependem inteiramente da agricultura para sua sobrevivência (Thornton *et al.*, 2011). Assim, homens e mulheres, agricultores e cidadãos urbanos terão que melhorar a sua capacidade de adaptação às mudanças ambientais.

Nesse contexto, um problema significativamente preocupante é a emergente crise alimentar. As atuais estatísticas de desnutrição são altas e as práticas agrícolas contemporâneas danificam os próprios ambientes dos quais depende a produção de alimentos (Sachs, 2015). Segundo dados divulgados pela ONU (2018), estima-se que a população da Terra ultrapasse nove bilhões de pessoas até 2050, e para suprir as necessidades nutricionais desta população, os rendimentos agrícolas precisariam aumentar de 70 a 100%. Simplesmente aprimorar as operações agrícolas atuais não seria uma solução viável, porque aumentaria também a demanda insustentável por água, bem como recursos para fabricação de fertilizantes e outros insumos agrícolas (Metson *et al.*, 2013). Esses e outros problemas, na atual prática da agricultura, têm intensificado a preocupação com a distribuição de alimentos no mundo. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) afirma que a fome no mundo é significativa e amplamente difundida, estima-se que 805 milhões de pessoas estejam cronicamente subnutridas (FAO, 2015).

A disponibilidade de alimentos não é o único aspecto de segurança alimentar a

se levar em consideração, mas também a regularidade de acesso. Deste modo, as pessoas passam a assumir responsabilidades em cultivar alguns dos seus próprios alimentos, a fim de otimizar também o uso de recursos naturais, como o uso de combustíveis fósseis, diminuindo o volume de transporte a longas distâncias dos produtos do campo para áreas urbanas (Evans *et al.*, 2012). A prática da agricultura distribuída (agricultura urbana, por exemplo) pode aumentar o acesso a alimentos mais nutritivos e seguros, bem como evitar a perda de valor nutricional durante o transporte (Rickman *et al.*, 2007).

Uma possibilidade emergente, que pode ser uma opção como fonte de nutrição e sugerida para cadeias curtas de comercialização, é o cultivo dos *microgreens*. Esta nomenclatura não possui qualquer definição oficial, mas é um termo de marketing usado para descrever uma categoria específica de produtos vegetais (Treadwell *et al.*, 2015). Conforme a espécie cultivada e as condições de produção dos *microgreens*, estes são geralmente colhidos ao nível do colo da planta, após o aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras, quando os cotilédones estão totalmente expandidos e ainda túrgidos (Xiao *et al.*, 2012), sendo, portanto, colhidos e consumidos ainda na fase de plântula. Os *microgreens* atribuem características desejáveis aos pratos, como cores, sabores e texturas diferenciadas, mas, além disso, eles trazem outros componentes considerados benéficos à saúde humana. Pesquisas realizadas por diferentes autores mostram um incremento de componentes nutricionais considerados essenciais à saúde humana quando estes são comparados às plantas consumidas no estágio adulto e também na fase jovem (*baby leaf*s) (Xiao *et al.*, 2012; Sun *et al.*, 2013; Baenas *et al.*, 2017; Bulgari *et al.*, 2017).

Simultaneamente, nos últimos anos, há um aumento do interesse pelo consumo de frutas e vegetais frescos, caracterizados por um alto teor de substâncias benéficas e necessárias para a saúde do corpo humano (Galaverna *et al.*, 2008; Mahima *et al.*, 2013; Delian *et al.*, 2015). Além disso, vale a pena notar que, habitualmente, os vegetais costumam ser cozidos, porém o consumo de *microgreens* crus tem a vantagem de evitar a perda de nutrientes ou a degradação termolábil de vitaminas, por exemplo (Di Gioia *et al.*, 2015). Da mesma forma, é uma excelente forma de incentivar o consumo de vegetais frescos, principalmente para crianças. Pode-se considerar também que produzir o próprio alimento é uma atividade sustentável e importante para o bem-estar humano.

Contudo, talvez a melhor parte dos *microgreens* seja a sua praticidade de cultivo, pois podem ser facilmente cultivados em ambientes urbanos ou periurbanos, onde o espaço agricultável é muitas vezes um fator limitante (Ebert *et al.*, 2015). Os *microgreens* podem ser cultivados para uso doméstico, em pequenas quantidades,

como também para uso comercial, neste caso exigindo técnicas diferenciadas. Nessa perspectiva, a aplicação de técnicas e processos de produção sustentável e as inovações capazes de melhorar o valor nutritivo dos *microgreens* podem ajudar a satisfazer também consumidores que possuem necessidades específicas de dieta (Di Gioia *et al.*, 2017).

No entanto, relativo à produção, há poucos estudos que elucidam as técnicas e manejos mais produtivos, uso ou não de fertilizantes, bem como os substratos mais adequados para cultivo de *microgreens* no Brasil. Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo identificar tecnologias, como substratos comerciais e concentrações de nutrientes na solução nutritiva, adequadas para produção de *microgreens* de rúcula (*Eruca sativa* L.), de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) e de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) em ambiente protegido e sistema hidropônico, buscando viabilizar tecnologicamente sua produção no Brasil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contextualização e caracterização dos *microgreens*

A diversificação dos sistemas alimentares, por qualquer mecanismo, requer a conscientização do público sobre as armadilhas dos sistemas atuais, assim como a necessidade de mudança de hábito das pessoas, alterando seu comportamento de consumo e apropriando-se de responsabilidade individual (Sachs, 2015). Um terço das pessoas no mundo, vivendo em países de todas as situações econômicas, está acima do peso ou subnutrido (Remans *et al.*, 2014; Sachs, 2015). Este problema dicotômico de excesso e insuficiência nutricional é a consequência de processos associados à produção, distribuição e consumo de alimentos (Sachs, 2015). Ainda de acordo com Muthayya *et al.* (2013), a desnutrição mineral é considerada um dos mais importantes desafios globais à humanidade neste milênio.

Da mesma forma, a concentração de pessoas nas áreas metropolitanas também se torna uma força motriz por trás do transporte de longa distância de alimentos dos locais de produção para centros urbanos. Como resultado, muitas pessoas residem em áreas classificadas como “desertos alimentares”, onde as pessoas não têm acesso a um completo mix de nutrientes necessários e dependem principalmente de alimentos embalados (Walker, *et al.*, 2010).

Além disso, os produtos frescos que chegam aos centros urbanos geralmente apresentam uma perda considerável no valor nutricional durante o transporte (Rickman *et al.*, 2007; Gunders, 2012).

Essa longa distância de transporte dos alimentos também é impulsionada pela atitude predominante de uma sociedade cada vez mais global, que espera uma diversidade de produtos durante todo o ano. O progresso no combate aos desertos alimentares nas áreas urbanas requer educar as massas sobre os problemas causados pelo atual sistema alimentar, e como as mudanças de hábito podem contribuir para a sustentabilidade e garantir a prosperidade socioeconômica e sociocultural (Sachs, 2015).

O cultivo de *microgreens* tem um grande potencial para diversificar os sistemas alimentares, de forma a contribuir positivamente para o aumento da resiliência da atual sociedade às mudanças ambientais.

A primeira descrição do uso de *microgreens* apareceu nos menus dos *chefs* de São Francisco, na Califórnia, no início da década de 1980. Os vegetais utilizados naquela época eram cultivados na parte sul da Califórnia, seu principal uso se dava na ornamentação de pratos “*gourmets*”. Hoje, a indústria de *microgreens* dos EUA é constituída por uma variedade de empresas e produtores de sementes, com um mercado já consolidado (USDA, 2014). No Brasil, a produção de *microgreens*, ou microverdes, como também são chamados, ainda está em fase inicial, com grande potencial de mercado a ser explorado.

Esta cultura tem um ciclo de produção rápido, de duas a três semanas, dependendo da espécie cultivada, e ocupa pequenos espaços no ambiente de cultivo (Kopsell *et al.*, 2012).

Os *microgreens* são produzidos em sistemas de cultivo sem solo, utilizando substratos, e os nutrientes podem ser fornecidos através de solução nutritiva (Di Gioia *et al.*, 2015; Delian, 2015). Da mesma forma podem ser cultivados com fornecimento apenas de água na irrigação (Ebert *et al.*, 2015). Como são frágeis e sensíveis a danos físicos, eles devem ser protegidos do impacto da chuva e outros estresses ambientais (Tamilselvi e Arumugam, 2018). Recomenda-se seu cultivo em estufas, túneis altos, estruturas de sombra ou interiores.

Usualmente, o cultivo ocorre em ambiente controlado com tecnologias simples ou avançadas, dependendo do tamanho da produção e das condições climáticas mais ou menos favoráveis (Di Gioia *et al.*, 2015).

Os *microgreens* têm traços comuns com brotos e *baby leafs*, porém diferem em relação à necessidade de luz, meio de crescimento e também a duração do ciclo produtivo. Quando comparado aos *baby leafs*, os *microgreens* têm um ciclo mais curto, sendo colhidos antes do desenvolvimento completo das folhas verdadeiras, e não requerem o uso de agrotóxicos. Porém, em comparação aos brotos, os *microgreens* têm um ciclo um pouco mais longo e apenas a parte aérea é comestível. Os *microgreens* podem ser cultivados em ambiente protegido ou a céu aberto, porém precisam de solo ou de substrato como meio de cultivo e suporte. (Di Gioia *et al.*, 2017).

Para esclarecer as diferenças entre as três classes de vegetais e pontuar as características dos *microgreens*, Di Gioia *et al.* (2015) apresentam em sua publicação uma tabela caracterizando as principais diferenças (Tabela 1).

TABELA 1. Diferenças entre os brotos, *microgreens* e vegetais *baby leaf*.

Variáveis	Broto	Microgreens	Baby leaf
Ciclo de crescimento	4–10 dias	7–28 dias	20–40 dias
Parte comestível	Broto inteiro, incluindo as raízes	Parte aérea com cotilédones, com ou sem raízes	Folhas verdadeiras e pecíolos, sem raízes
Sistema de cultivo	Apenas água; não é necessário o uso de substrato	É necessário um meio/substrato para sustentação	Requer um meio de crescimento: solo ou substrato
Necessidade de luz	Não requer luz	Necessitam de luz	Necessitam de luz
Exigência nutricional	Não necessitam	Necessita em pequenas quantidades, principalmente quando cultivado em meio inerte	Sempre necessário
Uso de agrotóxicos	Não são utilizados	Não são utilizados	Utilizados quando necessário
Estádio de colheita	Antes do desenvolvimento total das folhas cotiledonares	Entre o desenvolvimento total dos cotilédones e as primeiras folhas verdadeiras	Após o desenvolvimento total das primeiras folhas verdadeiras
Colheita	Sem cortar, consome-se a planta inteira	Pode-se realizar o corte ou consumir a planta inteira	Com corte, utiliza-se apenas a parte aérea

Traduzido e adaptado de Di Gioia *et al.* (2015)

De qualquer forma, brotos, *microgreens* e *baby leaf*s são principalmente consumidos *in natura*. Portanto, uma vez que apenas manejos simplificados são necessários (limpeza, corte, embalagem e armazenamento refrigerado), não há perda ou degradação de alguns importantes compostos bioativos por meio de processamento térmico, como cozimento e esterilização (Di Gioia *et al.*, 2017). Desta forma, pode-se considerá-los como excelentes opções na diversificação alimentar e como garantia de ingestão de teores mais elevados de nutrientes essenciais ao bom funcionamento do organismo. Além disso, esta forma de cultivo também oferece produtos para culinária e gastronomia que utilizam vegetais com características diferenciadas, um mercado que é emergente e, pode ser gerador de renda aos agricultores com pequenos espaços produtivos, tanto no meio rural quanto no urbano/periurbano, permitindo alcançar retornos financeiros consideráveis, pois estes produtos têm elevado valor agregado no mercado atual brasileiro.

2.2 Espécies Utilizadas

As espécies vegetais mais comumente usadas para produzir *microgreens* pertencem a Família Aliaceae (ex.: alho, cebola, alho-porró), Amaranthaceae (ex.:

amaranto vermelho), Quenopodiaceae (ex.: beterraba, acelga), Apiaceae (ex.: cenoura, erva-doce, aipo), Asteraceae (ex.: alface, almeirão, chicória), Brassicaceae (ex.: couve-flor, brócolis, repolho, couve chinesa, couve, agrião, rabanete, rúcula, mostarda) e Cucurbitaceae (ex.: melão, pepino, abóbora) (Xiao *et al.*, 2012; Ebert *et al.*, 2015; Kou *et al.*, 2014; Di Gioia *et al.*, 2015). São usadas aquelas espécies que têm características interessantes em termos de cor, sabor e textura. Os *microgreens* são muitas vezes comercializados como um “mix” de espécies, com características que representam o diferencial em relação ao sabor ou a cor. Outras espécies vegetais utilizadas para produzir *microgreens* são cereais, como aveia, trigo, milho, cevada, arroz, e também leguminosas (grão-de-bico, alfafa, feijão, lentilha, ervilha, trevo), bem como muitas espécies aromáticas (Di Gioia *et al.*, 2017).

De acordo com Renna *et al.* (2016), o sabor da maioria dos *microgreens* não é "micro", mas forte e concentrado, sendo possível distinguir *microgreens* com características mais neutras, levemente azedo e sabor picante.

Outra forma de produzir *microgreens* pode ser através da utilização de sementes de espécies locais, valorizando desta forma as culturas tradicionais e/ou as chamadas plantas alimentícias não convencionais (PANCs). Estas sementes têm um papel econômico e afetivo muito importante na dinâmica de vida e também na lógica de funcionamento das propriedades (Pelwing *et al.*, 2008). De acordo com as mesmas autoras, o uso de sementes tradicionais está também fortemente relacionado à afetividade e valorização dos costumes, sem os quais, muitas vezes, a própria razão de existir de muitas comunidades desapareceria e, juntamente com ela, a diversidade biológica mantida.

Um estudo realizado por Ebert *et al.* (2015) mostra que o valor nutricional de muitos vegetais tradicionais pode ter sofrido um declínio de alguns nutrientes, devido a criação e seleção para cultivares de alto rendimento. Esta conclusão é apoiada em um estudo, com base em dados do Departamento de Agricultura (USDA), com 43 culturas hortícolas, que revelou um declínio de seis nutrientes (proteína, Ca, P, Fe, riboflavina e ácido ascórbico) entre 1950 e 1999 (Davis *et al.*, 2004). Tendências semelhantes foram observadas em grãos de trigo (Garvin *et al.*, 2006; Fan *et al.*, 2008) e tubérculos de batata (White *et al.*, 2009). Sendo assim, o uso de sementes tradicionais pode também incrementar o conteúdo nutricional dos *microgreens* e auxiliar na conservação e manutenção destas sementes.

Entretanto, espécies pertencentes à família das solanáceas, como tomate, pimenta e berinjela, no estágio de plântulas, contêm anti-nutrientes e, portanto, não podem ser consideradas aptas ao consumo como *microgreens* (Di Gioia *et al.*, 2017). Os fatores anti-nutricionais presentes em alimentos podem provocar efeitos

fisiológicos adversos ou diminuir a biodisponibilidade de outros nutrientes. A maior questão sobre os riscos à saúde provocados por anti-nutrientes é o desconhecimento dos níveis de tolerância, pois são substâncias que se ligam ao cálcio, ferro, magnésio e vários outros nutrientes presentes nos alimentos e bloqueiam a absorção destes pelo organismo (Silva *et al.*, 2000).

A oferta e demanda de diferentes espécies de *microgreens* é altamente influenciada por tendências gastronômicas emergentes, e a seleção de espécies depende do produtor, da interação com os *chefs* locais e da familiarização do consumidor com os atributos sensoriais dos diferentes *microgreens* (Kyriacou *et al.*, 2016).

2.3 Sistemas de produção de *microgreens*

Os sistemas de produção de *microgreens* utilizados nos trabalhos científicos, nos quais se baseou esta revisão, são bastante diversos e não tiveram como objetivo principal a avaliação da interferência do sistema sobre a produtividade, bem como não avaliam a empregabilidade dos mesmos na produção comercial ou mesmo no cultivo em ambientes urbanos e periurbanos, principalmente para as condições do Brasil (Xiao *et al.*, 2012; Ebert *et al.*, 2014; Di Gioia *et al.*, 2015; Wang e Kniel, 2016; Bulgari *et al.*, 2017). Cabe ressaltar também que, no início deste estudo e durante a execução do experimento, as publicações sobre o tema eram ainda mais escassas, com considerável incremento nas publicações, e também no interesse pelo público em geral sobre o tema nos últimos meses.

Um dos primeiros trabalhos com *microgreens* foi realizado nos Estados Unidos, onde Xiao *et al.* (2012) trabalharam com vinte e cinco tipos de *microgreens*, adquiridos da Sun Grown Organics Distributors, Inc. (San Diego, CA) de maio a julho de 2012. Eles foram produzidos em uma estufa sem aquecimento e sob ambiente de luz. Todos os *microgreens* foram cultivados no solo e fertilizados, exceto *microgreens* de rabanete, que foram cultivados hidroponicamente. Neste trabalho, os autores não descrevem maiores detalhes do sistema produtivo.

Para a produção de *microgreens* de amaranto (*Amaranthus tricolor*) uma mistura de turfa e vermiculita numa proporção de 3:1 foi usada como substrato por Ebert *et al.* (2015). As sementes foram colocadas em bandejas plásticas e o substrato foi mantido úmido, as bandejas foram colocadas em bancadas em estufa com painel umedecido com sistema “pad fan” e exaustores para manter as temperaturas na faixa de $26 \pm 2^\circ\text{C}$. Amostras de plantas foram coletadas aos 9 dias após a semeadura.

Wang e Kniel (2016) cultivaram *microgreens* de kale (*Brassica napus*) e mostarda (*Brassica juncea*) em sistema hidropônico NFT, sendo utilizadas três

plataformas a um ângulo de 30 ° para permitir que a água fluísse através do sistema. Cada conjunto de plataformas continha 4 canais e seu próprio recipiente de água contendo 4 L. Uma bomba foi colocada no reservatório de água, que a bombeava para o topo do sistema através de um tubo. A bomba foi ajustada para ligar durante 5 min e depois desligar por 10 min. A água voltava ao reservatório através da gravidade.

Renna *et al.* (2016) descrevem que *microgreens* são geralmente produzidos usando sistemas de cultivo sem solo, nos quais o solo é substituído por um substrato e a irrigação é realizada com solução nutritiva contendo todos os elementos que são essenciais para uma planta. Ainda, ressaltam que a produção comercial de *microgreens* é geralmente realizada sob ambiente controlado, dentro de estufas ou túneis.

A partir desses estudos iniciais, foi projetada a estrutura de produção de *microgreens* utilizada neste experimento. Com fornecimento intermitente de água e/ou solução nutritiva por subirrigação, utilizando substratos disponíveis comercialmente.

2.4 Substratos

Para produção de plantas, de forma geral, os substratos podem ser compostos por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais. Eles exercem a função de sustentação e algumas vezes podem contribuir no fornecimento de nutrientes às plantas. Deste modo, pode-se afirmar que qualquer material, de origem orgânica ou não, pode ser usado como substrato, porém deve ser manuseado cautelosamente, pois pode apresentar problemas quanto as características químicas, como acidez excessiva, excesso ou deficiência de nutrientes e salinidade, podendo causar prejuízos (Gomes *et al.*, 2008) à produção dos *microgreens*. O pH do meio de crescimento adequado para produção de *microgreens* deve variar entre 5,5 e 6,5 (Di Gioia, *et al.*, 2015).

De acordo com Abad *et al.* (2004), para garantir uma boa germinação e um crescimento ideal de plântulas, pode-se considerar como um substrato adequado, quanto as características físicas, àquele que apresenta porosidade superior a 85% do volume total e proporção adequada entre macro e microporos, a fim de garantir simultaneamente boa capacidade de retenção de água (55-70% do volume total) e bom nível de aeração (20-30% do volume total).

Além das características químicas e físicas adequadas, o substrato ideal deve apresentar outras características, também consideradas relevantes para viabilizar a produção de *microgreens*, como ter alta disponibilidade local, baixo custo e ser isento de pragas e patógenos.

Os substratos mais comumente usados para produção de *microgreens*, principalmente em países da Europa e nos Estados Unidos, onde a produção já ocorre há alguns anos são a turfa, a perlita e a vermiculita, que podem ser usados individualmente ou em mistura (Muchjajib *et al.*, 2014; Di Gioia *et al.*, 2015). Entre os substratos desenvolvidos especificamente para a produção de *microgreens* nestes países, existem materiais constituídos por fibras, que podem ser naturais, como a fibra de coco, juta, algodão ou celulose, ou sintéticas, produzida com polietileno tereftalato (PET). Habitualmente, nestes países, os substratos comerciais são bem padronizados quanto às propriedades físicas (equilíbrio entre a capacidade de retenção de água e a disponibilidade de ar), químicas e agrônômicas, e, não menos importante, boa qualidade higiênico-sanitária (Di Gioia *et al.*, 2015). A Koppert Cress, por exemplo, é uma empresa norte-americana que oferece *microgreens* cultivados hidroponicamente em fibra de celulose, o que impede a presença de qualquer contaminante nos *microgreens* e permite que os *chefs* usem o produto diretamente na cozinha (Koppert Cress, 2016).

Substratos à base de turfa também são bastante utilizados na produção de *microgreens*, porém a turfa é um recurso natural não renovável (Fermino, 2014), e muitos países já procuram substitutos com a finalidade de reduzir a remoção deste material da natureza.

No Brasil, o cultivo de *microgreens* ainda é incipiente, assim como estudos avaliando as características mais adequadas dos substratos para este tipo de cultivo e sua influência sobre as características produtivas. Da mesma forma, empresas com materiais específicos para este tipo de cultivo são inexistentes, entretanto ocorre de forma gradativa um aumento de interesse de alguns setores industriais para atender as necessidades deste crescente nicho de mercado.

2.5 Solução Nutritiva

Um aspecto importante para o cultivo sem solo, além da escolha do substrato, é a definição da solução nutritiva, que deve ser formulada de acordo com as necessidades nutricionais da espécie que se deseja produzir e também das características do substrato, ou seja, todos os elementos essenciais para o crescimento em proporções adequadas (Schmidt *et al.*, 2001)

A solução nutritiva é um composto de sais previamente dissolvidos em água com a finalidade de nutrir a planta (Andriolo, 1999). Esta solução deve conter todos os elementos que serão absorvidos pelas raízes para ser considerada completa. No cultivo sem solo é a solução nutritiva que vai determinar a composição do meio

radicular. Ainda segundo Andriolo (1999), os três principais parâmetros a serem observados na solução são: o pH, a concentração de sais e o equilíbrio iônico.

Para produção de *microgreens* não há uma recomendação específica de solução nutritiva adequada, tampouco da combinação entre solução nutritiva e substrato a ser utilizado de forma mais eficaz. Bulgari *et al.* (2017) para produção de *microgreens* de manjericão (*Ocimum basilicum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. subespécie vulgaris), cultivados em um sistema hidropônico flutuante, utilizaram solução nutritiva de Hoagland com 50% da concentração (macroelementos expressos em mmol: N 7,5; P 0,5; K 3,0; Ca 2,5 e Mg 1,0; microelementos expressos em μmol : Fe 25,0; B 23,1; Mn 4,6; Zn 0,39; Cu 0,16 e Mo 0,06) e pH inicial de 5,56 e condutividade elétrica inicial de $1,12 \text{ dS m}^{-1}$), porém este trabalho não tinha como objetivo avaliar a influência da solução nutritiva utilizada.

Por não haver ainda uma solução nutritiva recomendada para os *microgreens*, optou-se pela solução indicada para o cultivo hidropônico de forragem, com base na duração do ciclo, semelhante entre os cultivos de forragem e *microgreens* (Xiao *et al.*, 2012; Píccolo *et al.*, 2015; Colombo *et al.*, 2016; Coelho *et al.*, 2018). Foi utilizada como referência a recomendação de Santos *et al.* (2004), com a seguinte composição (100% de concentração) de macronutrientes (em mmol L^{-1}): 13,89 de NO_3^- ; 1,41 de H_2PO_4^- ; 1,09 de SO_4^{2-} ; 1,41 de NH_4^+ ; 6,41 de K^+ ; 3,4 de Ca^{2+} ; 1,09 de Mg^{2+} e de micronutrientes (em mg L^{-1}): 5,0 de Fe; 0,05 de Mn; 0,09 de Zn; 0,10 de B; 0,04 de Cu; 0,02 de Mo. As forragens verdes hidropônicas (FVH) são uma tecnologia de produção de biomassa vegetal obtida através de germinação e desenvolvimento inicial das plantas, a partir de sementes viáveis (FAO, 2001).

Por outro lado, é crescente a preocupação em reduzir a concentração de nutrientes das soluções nutritivas, por vários motivos: redução da concentração de nitrato nos tecidos vegetais; redução do potencial de eutrofização das soluções remanescentes dos cultivos hidropônicos (Siddiqi *et al.*, 1998), bem como redução dos custos de produção por meio do aumento da eficiência do uso dos nutrientes. Trabalhos de Siddiqi *et al.* (1998) e Chen *et al.* (1997) mostram ser possível reduzir a concentração da solução nutritiva a níveis tão baixos quanto 10% da força iônica original das soluções comumente usadas em cultivos hidropônicos em sistemas recirculantes de alface e tomate, sem que se incorra em riscos de perda da produtividade (Cometti *et al.*, 2008). Desta forma, faz-se necessária a avaliação de diferentes condutividades elétricas também na produção de *microgreens*, visto que menores concentrações de fertilizantes podem gerar economia de produção e também menos riscos de contaminação ambiental pelo descarte das soluções nutritivas.

2.6 Composição nutricional de *microgreens*

Estudos realizados por pesquisadores do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA) e Universidade de Maryland, analisaram a concentração de vitaminas (C, E e K) e carotenóides (β -caroteno, luteína e zeaxantina) em 25 diferentes espécies de *microgreens*, e verificaram que, em comparação aos vegetais no padrão de mercado (ou seja, no estágio adulto), os *microgreens* possuem um conteúdo de compostos antioxidantes até 10 vezes maior (Di Gioia *et al.*, 2015). O repolho roxo, por exemplo, comparando-se a quantidade de vitaminas nos *microgreens* com os relatados na literatura para a mesma espécie colhida madura, mostrou um teor médio em peso fresco de vitamina C seis vezes maior, um valor 400 vezes maior de vitamina E, além de um conteúdo 60 vezes maior de vitamina K nos *microgreens* (Xiao *et al.*, 2012).

Os antioxidantes obtidos da dieta, tais como as vitaminas C, E e A, assim como os flavonóides e os carotenóides são extremamente importantes na interceptação dos radicais livres. Os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídeos, a dupla ligação dos ácidos graxos poliinsaturados e as bases do DNA, evitando assim a formação de lesões e perda da integridade celular (Bianchi e Antunes, 1999).

Estudos realizados por Pinto *et al.* (2015) também demonstraram excelentes resultados, não só em termos científicos como também em termos de utilidade prática. Estes autores encontraram teores superiores de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se e Mo em *microgreens* de alface comparado a alfaces maduras, embora estas possuíssem maior conteúdo de N, P e K. Assim, *microgreens* de alface podem ser considerados uma boa fonte de minerais, com recomendação segura para dieta humana, justificado pelo baixo conteúdo de NO_3^- encontrado (Delian, 2015).

Desta maneira, os *microgreens* podem ser cultivados para garantir uma maior segurança alimentar e ingestão de quantidades maiores de componentes essenciais ao nosso organismo, visto que pequenas quantidades podem fornecer o equivalente ou mesmo quantidades superiores em termos de componentes nutricionais quando comparado à plantas adultas. Do mesmo modo, os *microgreens* podem representar uma rica fonte de nutrientes também para categorias de consumidores específicos, como vegetarianos e veganos, que podem diversificar e enriquecer sua dieta explorando a grande variedade de *microgreens* (Di Gioia *et al.*, 2015).

Estudos anteriores (Khader e Rama, 2003; Santos *et al.*, 2014) demonstraram que, além dos fatores intrínsecos de cada espécie e variedade de *microgreens*, as principais fontes de variabilidade na composição nutricional e conteúdo mineral podem ser influenciados por fatores extrínsecos, como a composição do meio de

cultivo, disponibilidade de água, aplicação de fertilizantes, variações sazonais e estágios de maturidade.

2.7 Colheita e Pós-Colheita

Conforme a espécie cultivada e as condições de produção dos *microgreens*, a colheita é realizada após o aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras, quando os cotilédones estão totalmente expandidos, mas ainda túrgidos (Xiao *et al.*, 2012), utilizando uma tesoura limpa e afiada, cortando ao nível da superfície do meio de crescimento, o mais próximo quanto possível do substrato.

Microgreens se comportam de forma semelhante aos produtos frescos, pois são propensos a seguir padrões de senescência induzida pelo estresse, danos mecânicos na colheita, processamento pós-colheita, e também altas temperaturas que podem resultar na perda rápida de componentes que influenciam o sabor e o valor nutricional (Kyriacou, 2016). Prolongar a vida útil, aperfeiçoando condições de manuseio e pós-colheita, é objetivo permanente daqueles que produzem e vendem produtos frescos de qualquer tipo (Delian, 2015).

No entanto, deve-se notar que devido à alta perecibilidade, os *microgreens* têm ainda um mercado mais restrito, caracterizados por cadeias curtas de comercialização. Neste sentido, a perecibilidade é um fator importante que deve ser considerado na produção de *microgreens*, que segundo Kou *et al.* (2014), é indiscutivelmente o fator mais restritivo para a expansão da produção comercial. Compostos por pequenos tecidos respirando significativamente, estes cultivos possuem um período pós-colheita muito curto e alta sensibilidade às práticas de colheita, devido à súbita interrupção de crescimento numa fase muito precoce, passando assim a ter um prazo de validade muito curto à temperatura ambiente (Xiao *et al.*, 2012).

Enquanto plantas maduras são fotossinteticamente e metabolicamente ativas, em plântulas como *microgreens*, predomina a respiração durante o processo de germinação (Berba e Uchanski, 2012). As células cotiledonares metabolizam os carboidratos armazenados e o fazem até que os recursos se esgotem (Chrispeels e Boulter, 1975). Com as fontes de carboidratos esgotadas, os cotilédones acabam murchando, conseqüentemente, esse processo pode resultar na degradação do produto primário (Berba e Uchanski, 2012), como é o caso dos *microgreens*.

A respiração mais lenta pode ser alcançada diminuindo as temperaturas, pois correlaciona-se diretamente com uma taxa mais baixa de metabolismo celular (Loaiza e Cantwell, 1997). Taxas metabólicas mais lentas podem contribuir na qualidade visual e podem ajudar a prolongar a vida de prateleira. Isso é muito importante, pois a

qualidade visual torna-se crucial na apresentação do produto, pois indica o status físico dos *microgreens* e influencia diretamente nas vendas.

2.8 Referências

ABAD, M. B.; NOGUERA P. M.; CARRIÓN C. B. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In: URRESTARAZU, M. G. (ed.). Tratado de cultivo sin suelo*. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. p. 113-158.

ANDRIOLO, J. L. *et al.* Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 215-219, 1999.

BAENAS, N. *et al.* Broccoli and radish sprouts are safe and rich in bioactive phytochemicals. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 127, p. 60-67, 2017.

BERBA, K. J.; UCHANSKI, M. E. Post-harvest physiology of microgreens. **J Young Invest**, Atlanta, v. 24, n. 1, p. 1-5, 2012.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-30, 1999.

BULGARI, R. *et al.* Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 45, n. 2, p. 119-129, 2017.

CHEN, X. G. *et al.* Growth of a lettuce crop at low ambient nutrient concentrations: a strategy designed to limit the potential for eutrophication. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 10, p. 1403-1417, 1997.

CHRISPEELS, M. J.; BOULTER, D. Control of storage protein metabolism in the cotyledons of germinating mung beans: role of endopeptidase. **Plant Physiology**, Rockville, v. 55, n. 6, p. 1031-1037, 1975.

COELHO, F. C. *et al.* Variedade crioula de milho na produção de forragem hidropônica com uso de biofertilizante. **Cadernos de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, 2018.

COLOMBO, G. A. *et al.* Semi-hydroponic cultivation as a selection tool for aluminum tolerance in forage grasses. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 350-356, 2016.

COMETTI, N. N. *et al.* Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 262-267, 2008.

DAVIS, D. R.; EPP, M. D.; RIORDAN, H. D. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. **Journal of the American College of nutrition**, Chicago, v. 23, n. 6, p. 669-682, 2004.

DELIAN, E. *et al.* Germination and vigour of primed *Daucus carota* L. seeds under saline stress conditions. **Romanian Biotechnological Letters**, Bucareste, v. 20, n. 5, p. 10833-10840, 2015.

DI GIOIA, F.; MININNI, C.; SANTAMARIA, P. How to grow microgreens. *In: DI GIOIA, F.; SANTAMARIA, P. Microgreens*. Bari: Eco-logica editore, 2015. p. 51-79.

DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Sprouts, microgreens and “Baby Leaf” vegetables. *In*: YILDIZ, F.; WILEY, R. C. (ed.). **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Springer, 2017. p. 403-432.

EBERT, A. W.; WU, T. H.; YANG, R. W. Amaranth sprouts and microgreens—a homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum. *In*: SEAVEG2014: families, farms, food: regional symposium on sustaining small-scale vegetable production and marketing systems for food and nutrition security, 2014, Bangkok, Thailand. **Proceedings** [...].Taiwan: AVRDC Publication, 2015. p. 233-244.

EVANS, S.; VALSECCHI, F.; POLLASTRI, S. **Eco-urban agriculture**: design for distributed and networked urban farming in Shanghai. Helsinki: Cumulus, 2012. v. 24, p. 1-14.

FAN, M. *et al.* Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Stuttgart, v. 22, n. 4, p. 315-324, 2008.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Forraje verde hidropônico**. Santiago: FAO, 2001. 11 p. Manual técnico.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; IFAD- INTERNATIONAL FUND FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT; WFP- WORLD FOOD PROGRAMME. The state of food insecurity in the world 2015. meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Rome: FAO, 2015.

FERMINO, M. H. **Substratos**: composição caracterização métodos de análise. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112 p.

GALAVERNA, G. *et al.* A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: effect on bioactive compounds and antioxidant activity. **Food chemistry**, Barking, v. 106, n. 3, p. 1021-1030, 2008.

GARVIN, D. F.; WELCH, R. M.; FINLEY, J. W. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New Jersey, v. 86, n. 13, p. 2213-2220, 2006.

GOMES, L. A. A. *et al.* Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 359-363, 2008.

GUNDERS, D. **Wasted**: how America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to landfill. New York: Natural Resources Defense Council, 2012. v. 26.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007**: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

JARVIS, A. *et al.* An integrated adaptation and mitigation framework for developing agricultural research: synergies and trade-offs. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 47, n. 2, p. 185-203. 2011.

KHADER, V.; RAMA, S. Effect of maturity on macromineral content of selected leafy vegetables. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Melbourne, v. 12, n. 1, 2003.

KOPSELL, D. A. *et al.* Shoot tissue pigment levels increase in ‘Florida Broadleaf’ mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light

treatment. **Scientia Horticulturae**, Hampshire, v. 140, p. 96-99, 2012.

KOU, L. *et al.* Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. **Postharvest biology and technology**, Amsterdam, v. 87, p. 70-78, 2014.

KYRIACOU, M. C. *et al.* Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 57, p. 103-115, 2016.

LOAIZA, J.; CANTWELL, M. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 1, p. 104-107, 1997.

MAHIMA, A. M. *et al.* Immunomodulators in day to day life: a review. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Pakistan, v. 16, n. 17, p. 826-843, 2013.

METSON, G.; WYANT, K. A.; CHILDERS, D. L. Introduction to P sustainability: P is for philosophy and process. *In*: WYANT, K. A.; CORMAN, J. R.; ELSER, J. J. (ed.). **Phosphorus, food, and our future**. Oxford: Oxford Univ. Press, 2013. p. 1-19.

MOSS, R. H. *et al.* The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, Londres, v. 463, n. 7282, p. 747-756, 2010.

MUCHJAJIB, U. *et al.* Evaluation of organic media alternatives for the production of microgreens in Thailand. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1, n. 1102, p. 157-162, 2014. Trabalho apresentado no 29º Congresso Internacional de Horticultura e Simpósio Internacional sobre a Promoção do Futuro dos Vegetais Indígenas no Mundo.

MUTHAYYA, S. *et al.* The global hidden hunger indices and maps: an advocacy tool for action. **PLoS One**, San Francisco, v. 8, n. 6, [art.] e67860, 2013.

ONU- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU**. [Brasília], 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 21 ago. 2018.

PELWING, A. B.; FRANK, L. B.; BARROS, I. I. Sementes crioulas: o estado da arte no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 391-420, 2008.

PÍCCOLO, M. A. *et al.* Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos. **Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, 2015.

PINTO, E. *et al.* Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v. 37, p. 38-43, 2015.

REMANS, R. *et al.* Measuring nutritional diversity of national food supplies. **Global Food Security**, v. 3, n. 3-4, p. 174-182, 2014.

RENNA, M. *et al.* Culinary assessment of self-produced microgreens as basic ingredients in sweet and savory dishes. **Journal of Culinary Science & Technology**, Abingdon, p. 1-17, 2016.

RICKMAN, J. C.; BARRETT, D. M.; BRUHN, C. M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic

compounds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New Jersey, v. 87, n. 6, p. 930-944, 2007.

SACHS, J. D. **The age of sustainable development**. New York: Columbia University Press, 2015. 544 p.

SANTOS, J. *et al.* Multi-elemental analysis of ready-to-eat "baby leaf" vegetables using microwave digestion and high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry. **Food chemistry**, London, v. 151, p. 311-316, 2014.

SCHMIDT, D. *et al.* Efficiency of nutrient solutions and performance of lettuce cultivars in hydroponics. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 122-126, 2001.

SIDDIQI, M. Y. *et al.* Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. **Journal of Plant Nutrition**, Georgia, n. 21, p. 1879-1895, 1998.

SILVA, M. R. *et al.* Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lecitinas. **Revista de Nutrição**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2000.

SUN, J. *et al.* Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS n. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 61, n. 46, p. 960-970, 2013.

TAMILSELVI, N. A.; ARUMUGAM, T. Microgreens: a multi-mineral and nutrient rich food. **Chronica Horticulturae**, Wageningen, v. 58, n. 1, p.1-6, 2018.

THORNTON, P. K. *et al.* Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4 C+ world. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, London, v. 369, n. 1934, p. 117-136, 2011.

TREADWELL, D. *et al.* **Microgreens**: a new specialty crop. [Gainesville]: University of Florida. IFAS Extension, 2010. (HS, 1164).

USDA-UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Specialty greens pack a nutritional punch**. Agricultural Research, Washington, D.C., p. 10-11, Jan. 2014.

WALKER, R. E.; KEANE, C. R.; BURKE, J. G. Disparities and access to healthy food in the United States: a review of food deserts literature. **Health & place**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 876-884, 2010.

WANG, Q.; KNIEL, K. E. Survival and transfer of murine norovirus within a hydroponic system during kale and mustard microgreen harvesting. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 82, n. 2, p. 705-713, 2016.

WHITE, P. J. *et al.* Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. **HortScience**, Alexandria, v. 44, n. 1, p. 6-11, 2009.

XIAO, Z. *et al.* Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 31, p. 7644-7651, 2012.

3 ARTIGO 1

SUBSTRATOS COMERCIAIS E CONCENTRAÇÕES DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA PRODUÇÃO DE *MICROGREENS* DE *ERUCA SATIVA* L. *

* Artigo formatado segundo as normas da Revista de Ciências Agrárias (SCAP).

SUBSTRATOS COMERCIAIS E CONCENTRAÇÕES DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA PRODUÇÃO DE *MICROGREENS* DE *ERUCA SATIVA* L.

COMMERCIAL SUBSTRATES AND CONCENTRATIONS OF THE NUTRITIVE
SOLUTION FOR THE PRODUCTION OF *ERUCA SATIVA* L. MICROGREENS

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes substratos comerciais e de concentrações da solução nutritiva sobre a produção de *microgreens* de rúcula cultivados em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 5x3 com 3 repetições. Os tratamentos foram compostos pela combinação de cinco substratos comerciais: vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), S10Beifiur[®] orgânico (S3), Carolina Soil[®] para mudas (S4) e Carolina Soil Orgânico[®] (S5) e três concentrações de nutrientes na solução nutritiva, 0, 50 e 100%. As irrigações foram realizadas por sistema de subirrigação. As variáveis analisadas foram produtividade de massa fresca (MF) e de massa seca (MS) da parte aérea. A adição de nutrientes à solução de irrigação favoreceu os substratos S1, S4 e S5. O substrato S2 apresentou melhor desempenho com adição de 50% da concentração total de nutrientes, já o substrato S3 sem adição de solução nutritiva apresentou valores médios muito próximos em comparação ao uso de solução nutritiva, o que pode se levar em consideração na avaliação de custos de produção dos *microgreens*, gerando economia ao produtor.

Palavras-Chave: Rúcula. Condutividade elétrica. Cultivo sem solo.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of different substrates and nutrient concentrations on nutrient solution of the production of rocket microgreens. The experiment was carried out in a protected environment, at the Campus of the Faculty of Agronomy of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), in Porto Alegre. A completely randomized design was used in a 5x3 factorial arrangement with 3 replicates. The treatments were composed of combination of five commercial substrates, vermiculite CSC[®] (S1), Green-Up phenolic foam (S2), S10 Beifiur[®] organic (S3), Carolina Soil[®] seedlings (S4) and Carolina Soil Orgânico[®] (S5), and three concentrations of nutrients in the nutrient solution (0, 50 and 100%). Irrigations were performed by sub-irrigation system. The analyzed variables were fresh mass (MF) and dry mass (DM) of the shoot. The addition of nutrients to the irrigation solution favors substrates S1, S4, and S5. The substrate S2 presented better performance with 50% addition of the total concentration of nutrients, and S3 substrate without the addition of

nutrient solution presented very close average values in comparison to the use of the nutrient solution, which can be taken into account in the evaluation of production costs of microgreens, generating producer savings.

Keywords: Rocket. Electrical conductivity. Soilless cultivation.

Introdução

À medida que a população mundial cresce aceleradamente, a humanidade se depara com a necessidade de desenvolver maneiras sustentáveis de viver na terra (Walker e Salt, 2006). O rápido crescimento urbano têm gerado sérias preocupações em relação à produção, transporte e consumo de alimentos, tornando a produção sustentável um assunto de interesse em todos os setores, aliado ao aumento na demanda por vegetais orgânicos, frescos e de origem local. Assim, a produção de alimentos nos centros urbanos se torna uma alternativa, encurtando a distância entre a produção e o consumidor, reduzindo a emissão de carbono e o consumo de combustíveis fósseis para o transporte. Além disso, a menor a distância entre o cultivo e o consumo garante maior qualidade do alimento. Com isso, vários tipos de vegetais jovens, como brotos, *microgreens* e *baby leafs* estão se tornando muito populares (Charlebois, 2018), além da importância dos *microgreens* na cozinha de alto padrão, como ornamentação em pratos “*gourmets*”. Considerando também as tendências globais, como as alterações climáticas e a escassez de recursos naturais, novas abordagens são necessárias para tornar as cidades mais sustentáveis, uma vez que o crescimento da urbanização é inevitável.

Dentre as alternativas para mitigar esse cenário de indisponibilidade de alimentos frescos e saudáveis, está o cultivo de *microgreens*, que são vegetais consumidos ainda na fase de plântula, quando as folhas cotiledonares ainda estão túrgidas e as folhas verdadeiras não se expandiram completamente (Xiao *et al.*, 2012). Podem ser cultivados para uso doméstico, em pequenas quantidades por moradores urbanos, bem como por produtores comerciais. *Microgreens* são uma categoria de produtos novos e relativamente

desconhecidos no mercado, disponibilizados em uma agradável variação de cores, texturas e sabores (Pfeiffer *et al.*, 2015; Weber, 2017) e têm ganhado cada vez mais espaço na culinária como excelentes opções para consumo, principalmente pela sua composição rica em elementos essenciais ao bom funcionamento do organismo, pois, em geral, eles contêm concentrações mais elevadas de vitaminas e carotenoides quando comparados às hortaliças adultas (Xiao *et al.*, 2012).

A rúcula (*Eruca sativa* L.) é uma hortaliça do tipo folhosa que tem apresentado aumento de produção no Brasil, apresenta sabor levemente picante, é rica em proteínas, vitaminas A e C e sais minerais, principalmente cálcio e ferro (Menegaes *et al.*, 2015). Esta espécie tem se mostrado como uma boa opção para produção de *microgreens*, fase em que apresenta sabor concentrado e atraente ao paladar, contribuindo de forma positiva na ornamentação e preparo de pratos, adicionando cor, sabor e textura.

A produção de *microgreens* atende a consumidores e mercados diferenciados e a adaptação de técnicas de cultivo permite a produção em espaços não tradicionais de cultivo de plantas. No entanto, as informações técnicas sobre os sistemas de produção e o manejo de *microgreens* são escassos, assim como também há poucos estudos científicos, no mundo e no Brasil, que validem tecnologias de produção de *microgreens*. Sendo assim, este estudo teve o objetivo de avaliar a produtividade de *microgreens* de rúcula em diferentes substratos comerciais e concentrações de solução nutritiva, em sistema fechado de irrigação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Departamento de Horticultura e Silvicultura, localizado no município de Porto Alegre - RS, em ambiente protegido,

coberto com filme plástico (PEBD), disposto no sentido Leste-Oeste com dimensões de 5,0 m x 10,0 m e 3,0 m de pé direito.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial (5x3), formado por cinco substratos comerciais e três concentrações de solução nutritiva, com três repetições por tratamento. Os substratos comerciais utilizados foram: vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), S10 Beifiur[®] orgânico (S3), Carolina Soil[®] mudas (S4) e Carolina Soil Orgânico[®] (S5). A solução nutritiva (SN) utilizada como referência foi de Santos *et al.* (2004), indicada para o cultivo hidropônico de forragem, com a seguinte composição (100% de concentração) de macronutrientes (em mmol L⁻¹): 13,89 de NO₃⁻; 1,41 de H₂PO₄⁻; 1,09 de SO₄²⁻; 1,41 de NH₄⁺; 6,41 de K⁺; 3,4 de Ca²⁺; 1,09 de Mg²⁺; e de micronutrientes (em mg L⁻¹): 5,0 de Fe; 0,05 de Mn; 0,09 de Zn; 0,10 de B; 0,04 de Cu; 0,02 de Mo. Foram testadas três concentrações: 0, 50 e 100% da solução nutritiva nos tratamentos, C1, C2 e C3, sendo a condutividade elétrica inicial (CEi) de 0, 1,20 e 2,00 dS m⁻¹, respectivamente, e pH entre 5,5 e 6,0.

Os substratos testados foram caracterizados quanto às propriedades químicas e físicas no Laboratório de Análise de Substratos da UFRGS/Porto Alegre. Para utilização dos substratos estes foram esterilizados em autoclave durante 120 min, à temperatura de 100 °C e pressão de 1 atm.

A semeadura foi realizada manualmente, em 22 de fevereiro de 2018, utilizando sementes de rúcula Folha Larga (Sakata[®]) na densidade de 100 g m⁻² em cada substrato testado, previamente umedecidos. Os substratos foram alocados em bandejas de poliestireno, na cor branca, de 0,14 m x 0,21 m e 0,015 m de profundidade, sem compartimentação, perfuradas na base. Cada bandeja recebeu uma camada de

aproximadamente 0,01 m de substrato, sobre a qual foram depositadas as sementes sem recobrimento com substrato.

Após a semeadura as bandejas foram distribuídas em “piscinas” retangulares, estrutura proposta para produção de *microgreens*, com sistema de irrigação por subirrigação, pela qual foi fornecida de forma intermitente a solução nutritiva, conforme os tratamentos, durante 15 min hora⁻¹ a cada hora, das 8 às 18 h, e somente duas irrigações durante à noite, também com duração de 15 min cada hora. As “piscinas” foram confeccionadas em madeira e revestidas com filme dupla face (branco/preto), com 0,07 m de profundidade e declividade de 2%. A “piscina” continha um dreno em uma das extremidades para recondução da solução drenada ao reservatório de solução nutritiva, caracterizando assim um sistema fechado, sem perda do drenado.

Durante os primeiros três dias após a semeadura, as bandejas foram mantidas cobertas com folhas de papel cartão, a fim de evitar contato com a luz. Esta técnica foi utilizada para favorecer a germinação uniforme das sementes.

No decorrer do período experimental a temperatura média e a umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente, através de um Datalogger de temperatura e umidade – modelo AK174 - AKSO[®], instalado dentro do ambiente de cultivo, junto às bancadas de produção.

O ponto de colheita foi atingido entre o 8º e 11º dias após a semeadura, quando 80% das plântulas de *microgreens* apresentavam as folhas primárias em início de desenvolvimento e os cotilédones ainda estavam túrgidos. A colheita foi realizada através de corte na base da plântula com auxílio de uma tesoura, ao nível do substrato. Foram avaliadas a massa fresca e seca da parte aérea, sendo estes dados extrapolados para produtividade, considerando a área da bandeja, e o ciclo de produção (precocidade).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.6 (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

Para as variáveis, produtividade média de massa fresca e de massa seca da parte aérea de *microgreens* de rúcula, cultivada em sistema hidropônico, a análise de variância dos resultados indicou que houve interação significativa pelo teste F ($<0,05$) entre os fatores substrato e concentração da solução nutritiva.

As médias diárias da temperatura do ar, registradas de 22/02 a 04/03 de 2018, no interior do ambiente protegido variaram entre 24,7 e 30,2 °C e da umidade relativa do ar entre 68,0 e 74,5% (mín. e máx.) (Figura 1). A média da temperatura do período foi de aproximadamente 27,4°C. Ferreira *et al.* (2008) avaliando o efeito de diferentes temperaturas sobre a germinação de sementes de rúcula, constatou que temperaturas entre 25 e 30°C originaram plântulas com maior comprimento radicular. Neste sentido, as temperaturas registradas no período experimental podem ter contribuído para a produção de *microgreens* de rúcula.

A caracterização dos substratos (Tabela 1) demonstrou que a espuma fenólica Green-Up (S2) e o S10 Beifiur[®] (S3) possuem condutividade elétrica (CE) elevada, de 1,28 e 1,20 dS m⁻¹, respectivamente. Valores estes considerados fora da faixa considerada ideal para substratos (Abreu *et al.*, 2012; Regan, 2013). Para os mesmos substratos, os valores de pH foram de 4,05 e 4,86, considerados também abaixo do ideal para esta variável. Já os demais substratos, vermiculita CSC[®] (S1), Carolina Soil[®] mudas (S4) e Carolina Soil Orgânico[®] (S5), apresentaram amplitude de variação para CE entre 0,01 e 0,46 dS m⁻¹ e para pH entre 5,26 e 6,34, estes por outro lado mostraram-se adequados para o uso

como substratos para produção de plantas, sendo estes valores na faixa recomendada para cultivos em substratos (Abreu *et al.*, 2012; Regan, 2013).

Para a característica física densidade seca (Tabela 1), os valores dos substratos comerciais variaram de 11,50 a 302,74 kg m⁻³. Segundo Kämpf (2000), valores adequados estariam entre 100-300 kg m⁻³ para cultivo em bandejas de mudas, recipientes com volume mais próximo ao utilizado para produção de *microgreens*. O substrato S3, ainda que com densidade seca bem próxima do recomendado, apresentou a densidade úmida superior aos demais substratos (Tabela 1). O que levou a observação visual de resistência à penetração das radículas, impedindo a fixação das plântulas. No entanto, conforme a Tabela 2, a produtividade média de MF e de MS obtidas no substrato S3, nas concentrações de nutrientes C1 e C2, esteve entre os substratos que obtiveram as melhores respostas para estas variáveis. Havendo modificação neste comportamento somente na concentração de 100% dos nutrientes (C3) na solução. Com isso, sugere-se que a característica física do S3, quanto à densidade deste material, não foi limitante à produção de *microgreens* de rúcula, e sim a concentração de nutrientes na solução nutritiva e sua interação com as características químicas do substrato. Isso pode ser constatado pela influência negativa sobre a produtividade média de MF e MS, reduzindo 7% e 24% (Tabela 2) respectivamente, quando se aumentou a concentração da solução nutritiva de 50% para 100%.

As características químicas não são geralmente consideradas como excludentes na escolha de um substrato, visto que podem ser facilmente modificadas no preparo e ainda durante o cultivo (Fermino e Kampf, 2003). Neste caso, para o substrato S3, com elevada CE (Tabela 1), devido sua composição orgânica, originária da decomposição de resíduos do processo de vinificação (Ferrari, 2015), o uso de nutrientes na solução nutritiva deve ser adequado, a fim de evitar redução na produtividade de *microgreens*.

Segundo Silva *et al.* (2013), a cultura da rúcula é classificada moderadamente sensível à salinidade, sendo indicada a salinidade de 2,75 dS m⁻¹ sem perda de rendimento relativo para um ciclo de 30 a 40 dias. Como o substrato S3 apresentou CE inicial elevada, a utilização da condutividade de 2,0 dS m⁻¹ na solução nutritiva com 100% da concentração pode ter causado excesso de sais para a cultura, pois de acordo com Ribeiro *et al.* (2001), a alta concentração de nutrientes é um fator de estresse para as plantas, pois reduz o potencial osmótico e proporciona a ação dos íons sobre o protoplasma.

Outro substrato que apresentou elevada CE em relação aos demais substratos testados foi a espuma fenólica, porém este material é considerado inerte, e por isso o efeito negativo das características químicas foi menor que as do S3, que vai acumulando mais nutrientes com a adição de SN na irrigação, podendo ocorrer a salinização. Também neste estudo, a espuma fenólica apresentou densidade seca muito inferior ao recomendado para substratos (Tabela 1), porém esta característica física não destoou este substrato na resposta em produtividade de *microgreens* de rúcula em MF e MS (Tabela 2), em relação aos demais substratos e as concentrações de nutrientes na solução nutritiva estudadas. Porém, um ponto a ressaltar, aparentemente negativo do substrato S2, foi a dificuldade de uniformização na acomodação das sementes sobre o mesmo durante a semeadura, quando comparado aos demais substratos. A sua superfície causou uma distribuição desuniforme das sementes, gerando excesso de sementes em alguns pontos do substrato. E nestes locais se observou dificuldade na fixação das radículas de parte das sementes no substrato. Sendo assim, talvez uma alternativa para superar este problema da espuma fenólica é utilizar espumas perfuradas para produção de *microgreens*. No entanto, este comportamento observado visualmente também não afetou negativamente a produtividade de MF e de MS (Tabela 2) na espuma fenólica, já

que este substrato não apresentou os piores resultados. Provavelmente, a densidade de semeadura de *microgreens* de rúcula utilizado neste estudo, não proporcionou uma saturação de sementes nos pontos de acúmulo, de forma a influenciar sobre os resultados de produtividade.

A produtividade média de massa fresca entre todos os tratamentos variou de 567,68 a 2013,95 g m⁻², resultados estes análogos aos encontrados por Paradiso *et al.* (2018) com *microgreens* de chicória (*Cichorium intybus*, cultivar Itálico), alface crespa (*Lactuca sativa*, cultivar Bionda da Taglio) e couve (*Brassica oleracea*, cultivar Natalino), cultivados em substrato de turfa, no qual a massa fresca variou entre 659 g m⁻² e 1548 g m⁻². Além disso, no estudo de Paradiso *et al.* (2018) os *microgreens* foram cultivados em câmara de crescimento com temperatura e umidade relativa controladas, estruturas que encarecem a produção. Com isso, pode-se inferir que o sistema proposto neste trabalho, sem controle destas variáveis, respondeu de forma adequada à produção de *microgreens* de rúcula sem prejuízos à produtividade de massa fresca. Cabe salientar que são outras espécies trabalhadas por estes autores, porém, na literatura, ainda há carência de dados sobre produção de *microgreens* de rúcula.

Nas condições deste experimento, a produtividade média de massa fresca (MF) de *microgreens* de rúcula (Tabela 2), quando utilizada somente água (C1), foi superior no substrato S3, 1115,99 g m⁻², quando comparados com S1, S2 e S5, não diferindo estatisticamente somente do S4, 948,07g m⁻². O S3 foi o substrato testado que apresentou maior condutividade elétrica (Tabela 1), característica esperada para um material que tem resíduos orgânicos em sua composição, portanto, trata-se de um substrato orgânico com atividade química interessante para produção de *microgreens* sem o uso de fertilizantes. Entretanto, o S4 não diferiu estatisticamente do S3, na C1, tanto em produtividade média de MF quanto em MS (Tabela 2) e a CE destes substratos

foram muito diferentes entre si. Com isso, também sendo possível a sua utilização quando não se adiciona fertilizantes a irrigação.

Sem o uso de fertilizantes (C1) na irrigação, o substrato S1 apresentou a menor produtividade média de MF, $567,57 \text{ g m}^{-2}$ quando comparado com os que apresentaram melhores resultados, S3 e S4 (Tabela 2), o que pode estar relacionado ao valor da CE, muito inferior aos demais (Tabela 1). Com isto, e aliado à baixa atividade química deste material (Caldeira, 2013), este não contribuiu com nutrientes para o aumento em massa fresca da parte aérea dos *microgreens*. Mesmo sendo um ciclo curto, pode-se compreender que as reservas das sementes não foram capazes de suprir a demanda para o crescimento das plântulas, sendo necessária para este substrato a adição de fertilizantes para maior rendimento de massa fresca.

A solução nutritiva com 100% de concentração (C3) favoreceu a maior produtividade de MF e MS (Tabela 2) de *microgreens* de rúcula cultivados nos substratos S1 e S5, sem diferirem estatisticamente de S4 (Tabela 2), sendo respectivamente 250%, 246% e 76% superior à produtividade em MF de quando utilizada apenas água pura (C1) para irrigação (Tabela 2). É importante ressaltar, que estes substratos (S1, S4 e S5) apresentaram CE abaixo de $0,46 \text{ dS m}^{-1}$, muito inferior ao S2 e S3, que apresentaram CE próxima a $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 1).

O efeito do aumento da concentração da SN nos substratos testados para a variável produtividade média de MF (Tabela 2) apresentou resposta crescente para os substratos S1, S4 e S5. Já para o S2 a adição de solução nutritiva respondeu positivamente, mas não diferiu entre 50% (C2) e 100% (C3), entretanto foi superior a C1. Desta forma, indica-se a solução mais concentrada (C3), para os substratos S1, S4 e S5, enquanto que para o S2 e S3 recomenda-se usar a diluição a 50% (C2).

Na espuma fenólica, que também apresentou uma CE elevada, a adição de 50% da concentração de solução nutritiva proporcionou resultados semelhantes à adição de 100% (Tabela 2). A partir destes resultados, pode-se inferir que os substratos com CE mais elevada são mais interessantes para a produção de *microgreens* quando se utiliza menores concentrações de solução nutritiva ou somente água. Já que o S3, quando comparado nos diferentes níveis de CE da solução nutritiva (Tabela 2), gerou resultados afins entre o uso de 50% (C2) e 0% (C1), mas quando aumentou para 100% (C3) apresentou redução na média de produtividade de 7,28%. Sendo assim, para este substrato é indicado utilizar somente água ou SN a 50%, pois com maior concentração a resposta passa a ser negativa.

Para a variável produtividade média de MS (Tabela 2), utilizando apenas água na irrigação (C1), os substratos S3 e S4 apresentaram valores estatisticamente iguais entre si e superiores aos demais substratos testados. Porém, quando utilizada SN com 50% da concentração dos nutrientes (C2) esta diferença se diluiu e os substratos não apresentaram diferença estatística entre si.

Quando a concentração da SN passou a 100% (C3), observa-se uma inversão do comportamento obtido em relação a C1 (Tabela 2), o que era esperado, principalmente para o S3, o qual apresentou redução na produtividade de MS de 21%, de C2 para C3 (Tabela 2). Os únicos substratos que responderam positivamente à adição de solução nutritiva para MS foram o S1, S2 e o S5. Cabe ressaltar que para o S1 e S5, o aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva de 50% para 100% não apresentou diferença estatística, não sendo necessário para estes a adição de 100% de nutrientes à SN. O substrato S4 apresentou tendência a aumentar a quantidade de MS com a adição da solução nutritiva, porém não diferiu estatisticamente quando se trabalhou sem fertilizantes. Entretanto, observando a produtividade média de MF (Tabela 2), que é a

variável que representa o peso comercial deste produto, a resposta foi diferente, apresentou maior peso fresco quando se usou a concentração de 100% dos nutrientes na solução nutritiva (SN). Neste caso, para este substrato indica-se o uso de SN a 100% para obter ganho em massa fresca.

Uma explicação para o decréscimo da produtividade de MS com o aumento na concentração de nutrientes na solução nutritiva de C2 para C3 (Tabela 2), nos substratos S2, S3 e S4 deve-se a características químicas destes materiais, que apresentaram os valores mais elevados de CE (Tabela 1), evidenciando o efeito negativo do aumento da salinidade do meio radicular sobre a absorção de água e nutrientes pelas plantas, diminuindo ou anulando o efeito do aumento da concentração de nutrientes sobre o crescimento (Rattin *et al.*, 2003).

A partir das respostas obtidas com este experimento, é possível afirmar que os substratos comerciais para produção de *microgreens* de rúcula foram mais dependentes das características químicas, enquanto as características físicas apresentaram menor influência sobre a produtividade. Evidenciando a influência das diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva. Com isso, justificam-se os estudos para cada sistema de cultivo, pois estes podem influenciar diretamente sobre as respostas produtivas e qualitativas dos *microgreens* de rúcula.

Conclusões

Os substratos comerciais testados neste estudo provêm boa produtividade de *microgreens* de rúcula cultivados em sistema hidropônico, no interior de ambiente protegido. No entanto, verifica-se que a concentração de nutrientes da solução nutritiva influencia sobre as respostas dos substratos, resultando em diferenças nas produtividades, que leva às seguintes recomendações:

- 1) Para produção sem adição de nutrientes à solução nutritiva, recomenda-se o uso do substrato S10 Beifiur[®];
- 2) Para um maior rendimento econômico, dado pela produtividade média de massa fresca, recomenda-se o uso de solução nutritiva com 100% da concentração dos nutrientes para os substratos Vermiculita CSC[®], Carolina Soil[®] mudas e o substrato Carolina Soil Orgânico[®], sendo que para a espuma fenólica Green-Up e o S10 Beifiur[®] recomenda-se o uso de 50% da solução nutritiva;
- 3) Buscando maior rendimento em massa seca, recomenda-se para os substratos Vermiculita CSC[®], espuma fenólica Green-Up e Carolina Soil Orgânico[®] o uso de solução nutritiva diluída a 50%, ou água pura para o S10 Beifiur[®] e o Carolina Soil[®] mudas.

Agradecimentos

À UFRGS pelo apoio institucional. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos. À empresa Sakata[®] pelo fornecimento das sementes utilizadas.

Referências Bibliográficas

BULGARI, R. et al. Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 45, n. 2, p. 119-129. 2017.

CHARLEBOIS, S. C. Greenbelt Microgreens Expand its Model? A Discussion on the Future of Microgreens. **Journal of Agricultural Studies**, v. 6, n. 2, p. 17-34. 2018.

FERMINO, M. H.; KAMPF, A. N. Uso do solo bom Jesus com condicionadores orgânicos como alternativa de substrato para plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1-2, p. 33-41, 2003.

FERRARI, V. Avaliação química de insumos agrícolas obtidos a partir da compostagem de resíduos de uva. 2015.

FERREIRA DE ABREU, M. et al. Reavaliação dos critérios constantes na legislação brasileira para análises de substratos. **Bragantia**, v. 71, n. 1, 2012.

FERREIRA, E. G. B. S. et al. Influência da temperatura e do substrato na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 209-212, 2008.

GONÇALVES, F. G. et al. Emergency and quality of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) seedlings in different substrates. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1125-1133, 2013.

KÄMPF, A. N. Substratos. In: KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 45-72.

MENEGAES, J. F. et al. Produção sustentável de alimentos em cultivo hidropônico. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 3, p. 102-108, 2015.

PARADISO, V. M. et al. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. **Food & function**, 2018.

PFEIFFER, A.; SILVA, E.; COLQUHOUN, J.. Innovation in urban agricultural practices: Responding to diverse production environments. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 30, n. 1, p. 79-91, 2015.

RATTIN, J. E.; ANDRIOLO, J. L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 26-30, 2003.

REGAN, R. P. Evaluating alternative growing media components. In: **National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations**. 2013. p. 50-53.

RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B. M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 281-284, 2001.

SANTOS, O. S. et al. Produção de forragem hidropônica de cevada e milho e seu uso na alimentação de cordeiros. **Informe Técnico 33**, Santa Maria, UFSM/CCR. 2004.

SILVA, Francisco V. da et al. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, 2013.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, Rogério Salles. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC, 1992.

VINICIUS CALDEIRA, M. et al. Lodo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, 2013.

WALKER, B.; SALT, D. Living in a complex world. **Resilience Thinking**, p. 1-38, 2006.

WEBER, C. F. Microgreen Farming and Nutrition: A Discovery-Based Laboratory Module to Cultivate Biological and Information Literacy in Undergraduates. **The American Biology Teacher**, Warrenton, v. 79, n. 5, p. 375-386, 2017.

XIAO, Z. et al. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 31, p. 7644-7651, 2012.

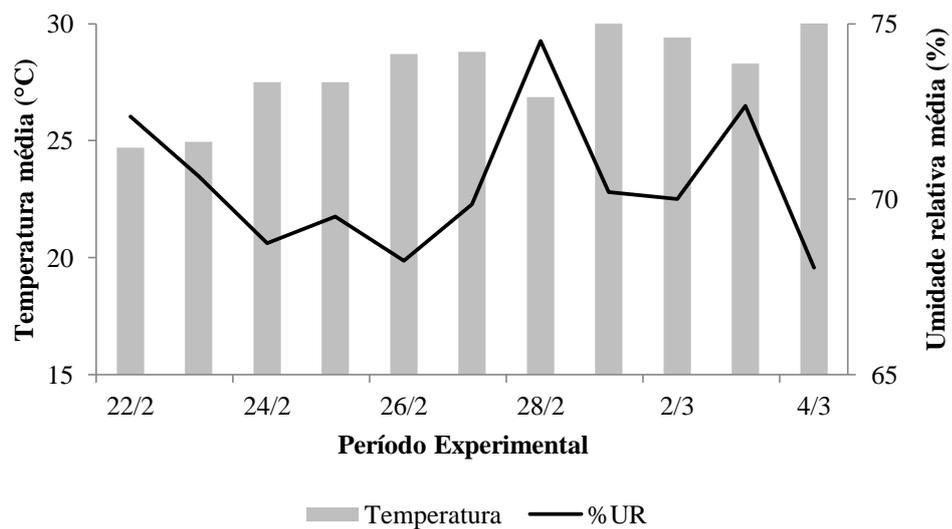


FIGURA 1. Temperatura média (°C) e umidade relativa média do ar (%) registradas diariamente, no interior do ambiente protegido. Porto Alegre, UFRGS. 2019.

TABELA 1. Características químicas e físicas dos substratos comerciais utilizados na produção de *microgreens* de rúcula (*Eruca sativa* L.) em sistema hidropônico de produção. Vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica. Green-Up (S2), substrato S10Beifiur[®] (S3), substrato Carolina Soil[®] mudas (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S5). Porto Alegre, UFRGS. 2019.

Características Químicas	Substratos				
	S1	S2	S3	S4	S5
CE (dS m ⁻¹)	0,01	1,28	1,20	0,46	0,28
pH (H ₂ O)	6,34	4,50	4,86	5,26	5,98
Características Físicas					
Densidade úmida (kg m ⁻³)	181,36	13,80	582,85	262,57	313,58
Densidade seca (kg m ⁻³)	177,90	11,50	302,74	122,41	113,44
PT %	73,23	-	81,33	87,73	91,62
EA %	23,24	-	21,48	38,91	29,32
AFD %	7,21	-	15,50	13,07	21,48
CRA (10) %	49,99	-	59,84	48,82	62,63

Legenda: pH = determinado em H₂O, diluição 1:5 (v/v); CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; CRA10= capacidade de retenção de água sob sucção de 10cm de coluna de água determinado em base volumétrica - v/v.

TABELA 2. Efeito dos substratos comerciais testados nos diferentes níveis de concentração da solução nutritiva sobre a produtividade média de massa fresca (MF) e massa seca (MS) de microgreens de rúcula (*Eruca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico. C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%); Vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), substrato S10 Beifiur[®] (S3), substrato Carolina Soil[®] (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S5). Porto Alegre, UFRGS. 2019.

Substrato	MF			MS		
	C1**	C2	C3	C1	C2	C3
S1	16,69 c C *	45,11 ab B	58,50 a A	1,37 b B	1,92 ns	1,98 a A
S2	18,85 bc B	45,44 a A	46,08 b A	1,15 b C	1,87	1,55 b B
S3	32,81 a AB	41,99 ab A	30,42 c B	2,09 a A	2,00	1,58 b B
S4	27,87 ab B	33,98 bc B	49,07 ab A	1,82 a AB	1,97	1,63 ab B
S5	17,08 bc C	30,18 c B	59,21 a A	1,29 b B	1,77	1,95 a A
CV		12,75			8,79	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** Condutividade elétrica inicial (CEi) da solução nutritiva estabelecida para C1: 0,0; C2: 1,20 e C3: 2,0 dS m⁻¹.

4 ARTIGO 2

SUBSTRATOS E CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES PARA PRODUÇÃO DE *MICROGREENS* DE BRÓCOLIS EM SISTEMA HIDROPÔNICO *

* Artigo formatado segundo as normas da Revista Cultura Agrônômica.

SUBSTRATOS E CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES PARA PRODUÇÃO DE MICROGREENS DE BRÓCOLIS EM SISTEMA HIDROPÔNICO

Resumo: No Brasil, não existem estudos avaliando o desempenho de diferentes substratos comerciais e soluções nutritivas para produtividade de *microgreens*. Neste contexto, conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar a influência de substratos comerciais e sua interação com diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva fornecida no sistema de irrigação, sobre a produtividade de *microgreens* de brócolis. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 5x3 com 3 repetições. Os tratamentos foram compostos pelas combinações de cinco substratos comerciais vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), substrato S10 Beifiur[®] orgânico (S3), substrato Carolina Soil[®] mudas (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S5) e três concentrações de nutrientes na solução nutritiva (SN), 0, 50 e 100%. As irrigações foram realizadas por sistema de subirrigação. Foram avaliadas massa fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea e duração de ciclo (precocidade). As diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva expressaram maior efeito sobre a variável MF nos diferentes substratos utilizados. Para maior rendimento comercial, recomenda-se o uso de SN a 100% para todos os substratos, exceto o S2, no qual a adição de 50% de nutrientes à solução nutritiva apresenta resultados satisfatórios. O uso de SN, tanto na C2 como na C3, propicia antecipação da colheita em de três dias para os substrato S1, S2, S4 e S5, enquanto que o substrato S3 foi o único cuja precocidade de colheita não foi afetada pela adição de nutrientes à solução nutritiva.

Palavras-Chave: *Brassica Oleracea* var. *itálica*. Condutividade elétrica. Cultivo sem solo.

SUBSTRATES AND CONCENTRATIONS OF NUTRIENTS FOR PRODUCTION OF BROCCOLIS MICROGREENS IN HYDROPONIC SYSTEM

Abstract: In Brazil, there are no studies evaluating the performance of different commercial substrates and nutrient solutions for microgreens productivity. In this context, this work was conducted with the objective of evaluating the influence of commercial substrates and their interaction with different concentrations of nutrients in the nutrient solution provided in the irrigation system, on the productivity of broccoli microgreens. The experiment was carried out in a protected environment, at the Campus of the Faculty of Agronomy of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), in Porto Alegre. A completely randomized design with factorial arrangement 5x3 with 3 replicates was used. The treatments were composed of the five commercial substrates vermiculite CSC[®] (S1), phenolic foam Green-Up (S2), substrate S10 Beifiur[®] organic (S3), substrate Carolina Soil[®] seedlings (S4) and substrate Carolina Soil Organic[®] (S5) and three concentrations of nutrients in the nutrient solution (NS), 0, 50 and 100%. Irrigations were performed by the irrigation system. Fresh mass (MF) and dry mass (DM) of the aerial part and cycle duration (precocity) were evaluated. The different concentrations of nutrients in the nutrient solution expressed a greater effect on the MF variable in the different substrates used. For higher commercial yield, it is recommended to use 100% SN for all substrates except S2, in which the addition of 50% of nutrients to the nutrient solution presents satisfactory results. The use of SN, in

both C2 and C3, provides early harvest in three days for substrates S1, S2, S4, and S5, while the substrate S3 was the only one whose early harvesting was not affected by the addition of nutrients to the nutrient solution.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *italica*. Electrical conductivity. Soilless cultivation.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por novidades na culinária e o uso de vegetais frescos em pratos da alta gastronomia, bem como a facilidade com que *microgreens* podem ser cultivados, mesmo em pequenos espaços, desperta grande interesse em produtores e consumidores (Weber, 2017). Além disso, a prática da agricultura em áreas urbanas e periurbanas, por exemplo, pode aumentar o acesso a alimentos mais nutritivos e seguros, bem como evitar a perda de valor nutricional que ocorre durante o transporte de alimentos a grandes distâncias (Rickman, *et al.*, 2007).

Os *microgreens* são uma novidade tecnológica e uma tendência de consumo, principalmente entre aqueles que buscam alimentos frescos com alto teor de nutrientes. Eles são cultivados em uma variedade de ambientes, internos, externos ou controlados, em cultivos sem solo, com ou sem substratos. Dependendo da escala de produção, são adaptáveis, tanto às operações comerciais como a micro escala urbana.

Além disso, podem ser comercializados junto ao meio de cultivo (o substrato), enquanto ainda crescem, permitindo a colheita diretamente pelo consumidor final (Bhatt e Sharma, 2018). Conforme a espécie cultivada e as condições de produção dos *microgreens*, a colheita é realizada após o aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras, quando os cotilédones estão totalmente expandidos, mas ainda túrgidos (Xiao *et al.*, 2012).

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) é uma hortaliça de grande consumo e importância econômica no mercado brasileiro, sendo consumido *in natura* ou minimamente processado (Vieira *et al.*, 2018). Na família das brássicas há inúmeras variedades com grande potencial para cultivo como *microgreen*. Em trabalho realizado por Sun *et al.* (2013), verificou-se que *microgreens* de brássicas são boas fontes de polifenóis. Assim como, Xiao *et al.*, (2012) mediram a concentração de ácido ascórbico, carotenoides, filoquinona e tocoferóis em 25 espécies comerciais de *microgreens*, entre elas também espécies de brássicas, a comparação da composição nutricional de plantas maduras e *microgreens* indicou que este último contém maiores quantidades destes compostos.

Os sistemas de cultivos sem solo são comumente utilizados para produção de *microgreens*, entretanto, há inúmeros outros métodos e sistemas que podem ser utilizados para melhorar a eficiência da produção (Resh, 2013). Em relação aos sistemas de cultivos sem solo para produção de *microgreens*, o uso de substrato apresenta aptidão interessante, uma vez que revela como principal vantagem o aumento da durabilidade pós-colheita, exatamente pela possibilidade da comercialização ocorrer junto ao substrato de cultivo. Mas, ainda existem poucos estudos avaliando a adequabilidade dos substratos a este tipo de cultivo, especialmente avaliando diferentes tipos de substratos e sua relação com a quantidade de fornecimento de nutrientes na solução nutritiva.

Para produção de mudas, por exemplo, características consideradas essenciais para um bom substrato se referem a uma boa estrutura, boa porosidade e manutenção adequada da aeração junto ao sistema radicular, e ao mesmo tempo deve ser isento de substâncias tóxicas, inóculos de doenças e de plantas invasoras, insetos e sais em

excesso (Gonçalves *et al.*, 2013). Entretanto, para produção de *microgreens*, no Brasil ainda não existem recomendações em relação aos diferentes substratos comerciais.

Neste contexto, conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar a influência de substratos comerciais e sua interação com diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva, sobre a produtividade e a duração de ciclo de *microgreens* de brócolis cultivado em sistema fechado de cultivo sem solo, ou seja, com reaproveitamento da solução nutritiva drenada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Departamento de Horticultura e Silvicultura, localizado no município de Porto Alegre - RS, em ambiente protegido, coberto com filme plástico (PEBD), disposto no sentido Leste-Oeste com dimensões de 5,0 m x 10,0 m e 3,0 m de pé direito.

A sementeira foi realizada manualmente, em 05 de abril de 2018, utilizando sementes de Brócolis Piracicaba precoce verão (Sakata[®]) na densidade de 85 g m⁻² em cada substrato. Os substratos foram alocados em bandejas de poliestireno, na cor branca, de 0,14 m x 0,21 m e 0,015 m de profundidade, sem compartimentação, perfuradas na base. Cada bandeja recebeu uma camada de aproximadamente 0,01 m de substrato, previamente umedecido, sobre a qual foram depositadas as sementes sem recobrir com substrato. Após, as bandejas foram distribuídas em “piscinas” retangulares, estrutura proposta para produção de *microgreens*. As “piscinas” foram confeccionadas em madeira e revestidas com filme dupla face (branco/preto), com 0,07 m de profundidade e declividade de 2%.

Após a sementeira, e já nas piscinas, as bandejas foram mantidas no escuro, através do cobrimento com folhas de papel cartão, durante o período de três dias, quando então as folhas foram retiradas. Neste momento, as sementes já se encontravam germinadas. Esta técnica foi utilizada para favorecer a germinação e crescimento uniforme das plântulas na bandeja.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial (5x3), formado por cinco substratos comerciais e três concentrações de solução nutritiva, com três repetições por tratamento. Os substratos comerciais utilizados foram: vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), S10 Beifiur[®] orgânico (S3), Carolina Soil[®] mudas (S4) e Carolina Soil Orgânico[®] (S5).

A solução nutritiva (SN) utilizada como referência foi de Santos *et al.* (2004), indicada para o cultivo hidropônico de forragem, com a seguinte composição (100% de concentração) de macronutrientes (em mmol L⁻¹): 13,89 de NO₃⁻; 1,41 de H₂PO₄⁻; 1,09 de SO₄²⁻; 1,41 de NH₄⁺; 6,41 de K⁺; 3,4 de Ca²⁺; 1,09 de Mg²⁺; e de micronutrientes (em mg L⁻¹): 5,0 de Fe; 0,05 de Mn; 0,09 de Zn; 0,10 de B; 0,04 de Cu; 0,02 de Mo.

Foram testadas três concentrações de nutrientes: 0, 50 e 100% da solução nutritiva referência, compondo a seguinte nomenclatura, neste artigo, C1, C2 e C3, respectivamente, correspondendo à condutividade elétrica inicial (CEi) em 0, 1,10 e 2,08 dS m⁻¹, respectivamente, média obtida a partir da medição das três repetições, e pH entre 5,5 e 6,0.

Os substratos comerciais testados foram caracterizados quanto às propriedades químicas e físicas no Laboratório de Análise de Substratos da UFRGS/Porto Alegre. Para utilização dos substratos estes foram esterilizados em autoclave durante 120 minutos à temperatura de 100 °C e pressão de 1 atm.

O sistema de irrigação utilizado foi por subirrigação, com fornecimento intermitente da solução nutritiva durante 15 min hora⁻¹, das 8 às 18 h, e somente duas irrigações durante a noite, com mesma duração de 15 min cada. A banheira continha um dreno em uma das extremidades para recondução da solução drenada ao reservatório de solução nutritiva, caracterizando assim um sistema fechado, sem perda do drenado, característica de sistemas hidropônicos.

No decorrer do experimento, a temperatura média e a umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente, através de um Datalogger de temperatura e umidade – modelo AK174 - AKSO[®], instalado dentro do ambiente de cultivo junto as bancadas de produção.

O ponto de colheita foi atingido entre o 8º e 11º dias após a semeadura, quando 80% dos *microgreens* apresentavam as folhas primárias em início de desenvolvimento. A colheita foi realizada através de corte na base da plântula com auxílio de uma tesoura, ao nível do substrato. Foram avaliadas a produtividade média de massa fresca e seca da parte aérea e a duração de ciclo (precocidade).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.6 (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise química dos substratos testados (Tabela 1), observou-se que os substratos S2 e S3 apresentaram condutividade elétrica bem acima dos demais. A alta condutividade elétrica (CE) de substratos pode ser bastante limitante, particularmente na produção de *microgreens*, já que durante os estágios iniciais de crescimento, plântulas são muito sensíveis à salinidade dos meios de crescimento (Fornes *et al.*, 2007). Valores considerados como normais para CE em substratos variam entre 0,36 e 0,65 dS m⁻¹ (Cavins *et al.*, 2000). Com isso, os substratos S2 e S3 encontram-se fora desta faixa e com valores bem acima. Quando a CE de um substrato se aproxima de zero, passa a ser ainda mais interessante para o cultivo sem solo, principalmente quando se utiliza solução nutritiva (SN), devido à menor interação química esperada (Araújo, 2003). Desta forma, o substrato vermiculita, pela baixa CE (Tabela 1), próximo de zero, é interessante, já que reduz as possibilidades de reação dos nutrientes da solução nutritiva com o substrato. Entretanto, este mesmo substrato possui elevada capacidade de troca de cátions (CTC), e por isso consegue reter uma grande quantidade de nutrientes (Azevedo, 2017).

Sendo assim, com o tempo a CE deste substrato se modifica, mas no caso do emprego na produção de *microgreens*, que possui ciclo curto, esta característica não chegou a influenciar negativamente. Observado nas Figuras 1 e 3, a vermiculita está entre os melhores substratos em produtividade média de MF e MS, em todas as concentrações de nutrientes na solução nutritiva.

A faixa dos valores de pH observado nos diferentes substratos ficou entre 4,50 e 6,34 (Tabela 1), sendo a maioria com valores entre 5,0 e 6,5, que é a faixa recomendada para cultivos em substrato (Ferreira de Abreu *et al.*, 2012).

O substrato de espuma fenólica (S2) apresentou pH mais ácido, de 4,50, seguido do substrato S10 Beifiur[®], com pH de 4,86 (Tabela 1), ambos com pH fora da faixa considerada ideal. Este é o critério químico de maior importância para o desenvolvimento da planta, devido ao seu efeito direto na disponibilidade de nutrientes, particularmente dos micronutrientes (Fermino, 2014).

Tabela 1. Características químicas e físicas de substratos comerciais utilizados na produção de *microgreens* de brócolis (*B. oleracea* var. *italica*). Vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), substrato S10Beifiur[®] (S3), substrato Carolina Soil[®] mudas (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S5). Porto Alegre, UFRGS. 2019.

Table 1. Chemical and physical characteristics of commercial substrates used in the production of broccoli microgreens (*B. oleracea* var. *italica*). Vermiculite CSC[®] (S1), Green-Up phenolic foam (S2), substrate S10Beifiur[®] (S3), substrate Carolina Soil[®] seedlings (S4) and Carolina Soil Organic[®] (S5). Porto Alegre, UFRGS. 2019.

Características Químicas	Substratos				
	S1	S2	S3	S4	S5
CE (dS m ⁻¹)	0,01	1,28	1,20	0,46	0,28
pH (H ₂ O)	6,34	4,50	4,86	5,26	5,98
Características Físicas					
Densidade úmida (kg m ⁻³)	181,36	13,80	582,85	262,57	313,58
Densidade seca (kg m ⁻³)	177,90	11,50	302,74	122,41	113,44
PT %	73,23	-	81,33	87,73	91,62
EA %	23,24	-	21,48	38,91	29,32
AFD %	7,21	-	15,50	13,07	21,48
CRA (10) %	49,99	-	59,84	48,82	62,63

CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); pH = determinado em H₂O, diluição 1:5 (v/v); PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; CRA10= capacidade de retenção de água sob sucção de 10cm de coluna de água determinado em base volumétrica - v/v.

No entanto, não foram observados nestes substratos mais ácidos, sintomas visuais de deficiência nutricional, tanto de micronutrientes quanto de macronutrientes, na produção de *microgreens*.

Para a característica densidade seca, a análise do substrato S2 apresentou valor de 11,50 kg m⁻³, bastante abaixo do recomendado por Kämpf (2000), que indica valores adequados entre 100–300 kg m⁻³ para cultivo em bandejas, esta indicação foi utilizada como referência porque não existem recomendações específicas para o cultivo de *microgreens*. Os demais substratos situaram-se dentro da faixa recomendada para esta variável. Um dos principais parâmetros utilizados na avaliação das características físicas de substratos é a densidade seca, pois a densidade úmida pode variar muito conforme o teor de água do material no momento da análise (Schäfer *et al.*, 2015). Entretanto, verificou-se neste trabalho que a alta densidade úmida encontrada no substrato S3, na prática, desfavoreceu a apresentação visual de *microgreens*, interferindo diretamente na fixação e sustentação das plântulas, causando a curvatura do hipocótilo, o que ocasionou uma aparência geral de tombamento das plântulas, podendo deste modo prejudicar a comercialização.

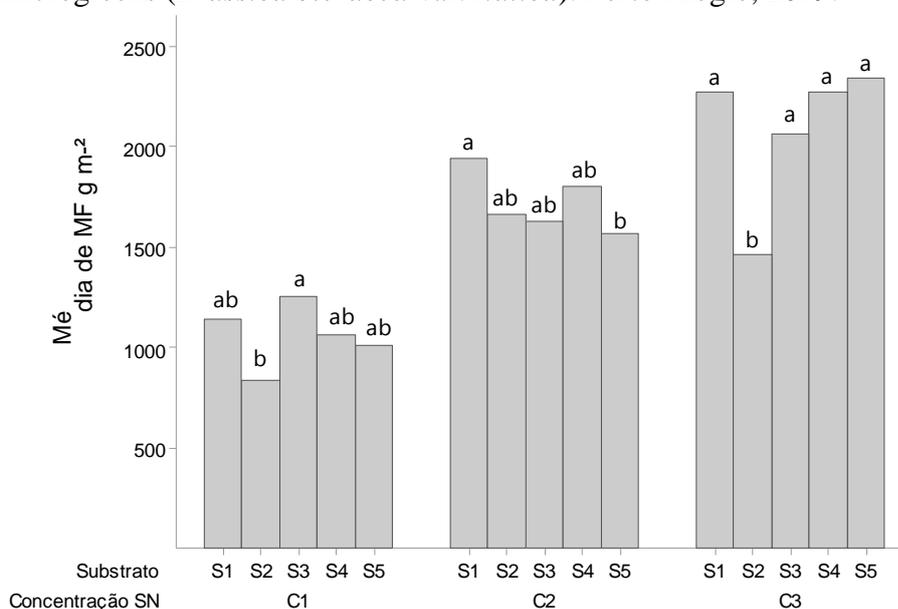
No emprego da espuma fenólica como substrato, mesmo apresentando valores fora da faixa recomenda para as variáveis pH e densidade seca, a maior dificuldade verificada na sua utilização se deve à dificuldade de uniformização e acomodação das sementes sobre o mesmo, durante a semeadura. Isto, provavelmente, se deve ao formato deste substrato, que não favorece a distribuição uniforme das sementes, gerando excesso destas em alguns pontos. Situação negativa, principalmente nos locais de acúmulo das sementes, onde este excesso impediu a fixação das radículas de parte das sementes no substrato.

Para a característica porosidade total (PT), o recomendado pela literatura é de 80 a 90%, segundo De Boodt e Verdonck (1972) e Kämpf (2005). Entre os substratos analisados apenas o S1 apresentou resultado distinto do indicado, porém com valor ainda próximo da faixa recomendada. Quanto ao espaço de aeração (EA) (Tabela 1), os substratos encontram-se dentro dos referenciais sugeridos em literatura, que se situam entre 20% e 30% do volume (De Boodt e Verdonck, 1972), com exceção de S4, que apresentou valores acima do indicado.

Para as variáveis, produtividade média de massa fresca e massa seca da parte aérea e duração de ciclo, a análise de variância dos resultados indicou que houve interação significativa pelo teste F ($<0,05$) entre os fatores substrato e concentração de nutrientes da solução nutritiva (SN). Quando utilizada somente água na irrigação (C1), a maior produtividade média de MF foi no substrato S3, 1259,29 g m⁻², que não diferiu estatisticamente do S1, S4 e S5, 1138,20, 1061,22 e 1009,86 g m⁻², respectivamente, sendo superior apenas ao S2, com 838,67 g m⁻², na mesma concentração (Figura 1). A adição de 50% da concentração de nutrientes à solução nutritiva favoreceu a produtividade média de MF de *microgreens* de brócolis para o substrato S1, S2, S3 e S4 (Figura 1), os quais não diferiram estatisticamente entre si para esta variável, com 1939,34, 1661,90, 1624,94 e 1803,85 g m⁻², respectivamente. Enquanto o substrato S5 foi o único que diferiu do S1, com 1565,75 g m⁻². Quando a concentração da SN passou para 100% somente o substrato S2, espuma fenólica respondeu com a menor produtividade média de MF, com 1465,11 g m⁻² (Figura 1).

Figura 1. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC® (S1), substrato S10 Beifiur® (S2), substrato Carolina Soil® mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico® (S4), em cada concentração da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%) sobre a produtividade média de massa fresca (MF) em *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.

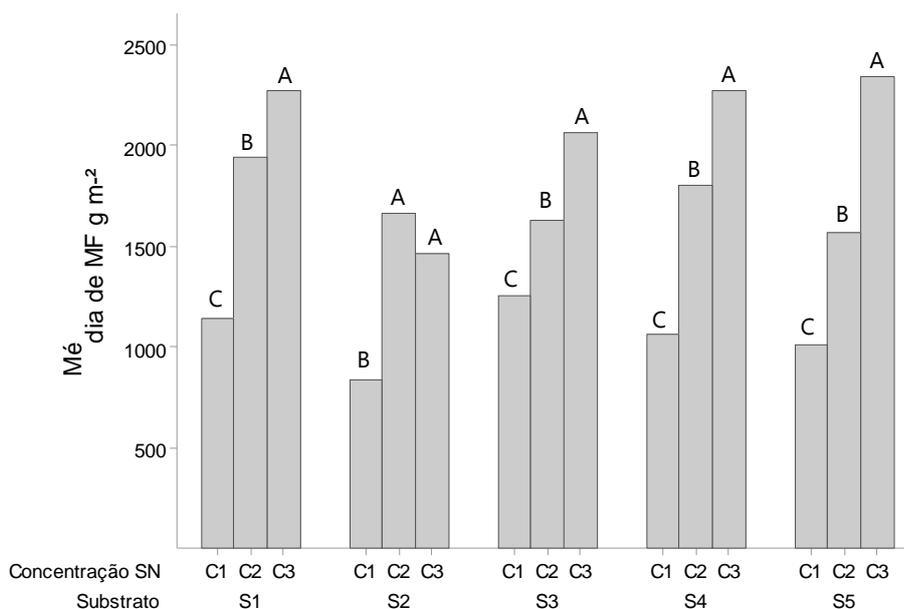
Figure 1. Effect of commercial substrates tested, Vermiculite CSC® (S1), substrate S10 Beifiur® (S2), substrate Carolina Soil® seedlings (S3) and substrate Carolina Soil Organic® (S4), in each concentration of nutrient solution, C1 (0%), C2 (50%) and C3 (100%) on average fresh mass (MF) productivity in broccoli *microgreens* (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Porto Alegre, 2019.



A adição de nutrientes na solução nutritiva aumentou a resposta produtiva em massa fresca nos substratos testados, o que implica em maior ganho de produtividade ao produtor.

Figura 2. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), sobre a produtividade média de massa fresca em *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.

Figure 2. Effect of nutrient solution concentrations, C1 (0%), C2 (50%) and C3 (100%), on each commercial substrate tested, Vermiculite CSC[®] (S1), substrate S10 Beifiur[®] (S2), Carolina Soil[®] substrate (S3) and Carolina Soil Organic[®] substrate (S4), on average fresh mass yield in broccoli microgreens (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Porto Alegre, 2019.



Com exceção do substrato S2 (Figura 2), que respondeu em aumento quando passou de C1 para C2, mas não diferiu quando passou de C2 para C3, é possível afirmar que, para os demais substratos (S1, S2, S3 e S4), é mais interessante a adição de solução nutritiva a 100% de concentração de nutrientes, pois aumenta a produção de massa fresca.

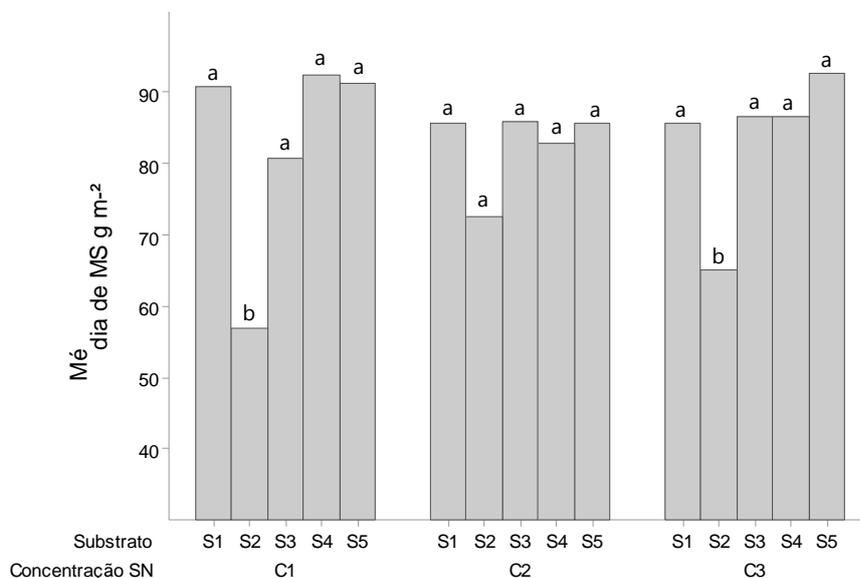
Da mesma forma apenas o substrato S2 apresentou diferença significativa dos demais substratos em relação à produtividade média de massa seca (Figura 3), na concentração da solução nutritiva mais baixa e na mais alta (C1 e C3), tendo a menor produtividade em MS, $57,03 \text{ g m}^{-2}$ e $65,08 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente.

Entretanto, o mesmo comportamento não ocorreu para produtividade média de MF (Figura 2), fato que deve ser considerado quando se busca maior rendimento econômico, pois o crescimento em MF é mais significativo que o de MS nas diferentes concentrações testadas.

Figura 3. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), em cada concentração da solução nutritiva, C1 (0%), C2

(50%) e C3 (100%) sobre a produtividade média de massa seca (MS) em *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.

Figure 3. Effect of commercial substrates tested, Vermiculite CSC® (S1), substrate S10 Beifiur® (S2), substrate Carolina Soil® seedlings (S3) and Carolina Soil Organic® substrate (S4), at each concentration of the nutrient solution, C1 (0%), C2 (50%) and C3 (100%) on average dry matter (DM) productivity in broccoli microgreens (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Porto Alegre, 2019.

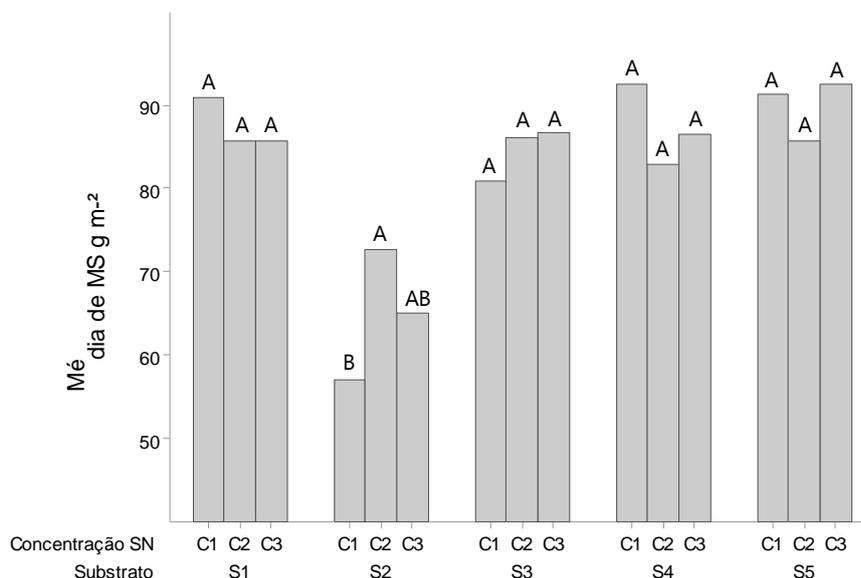


Não houve resposta dos substratos às diferentes concentrações de SN para a variável produtividade média de massa seca (MS) da parte aérea, com exceção do S2 (Figura 4), que apresentou melhores resultados quando se adicionou nutrientes na irrigação.

Com isso, os substratos S1, S3, S4 e S5 não responderam a adição de nutrientes na irrigação.

Figura 4. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC® (S1), substrato S10 Beifiur® (S2), substrato Carolina Soil® (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico® (S4), sobre a produtividade média de massa seca (MS) em *microgreens* brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*). Porto Alegre, 2019.

Figure 4. Effect of nutrient solution concentrations, C1 (0%), C2 (50%) and C3 (100%), on each commercial substrate tested, Vermiculite CSC® (S1), substrate S10 Beifiur® (S2), Carolina Soil® substrate (S3) and Carolina Soil Organic® substrate (S4), on average dry matter (DM) productivity in broccoli microgreens (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Porto Alegre, 2019.



A duração do ciclo de produção de *microgreens* diminuiu com a adição de nutrientes à SN, resultando numa precocidade de colheita de 3 dias (Tabela 2), mesmo na solução nutritiva mais diluída, a 50%, em todos os substratos testados, com exceção para o S3, que apresenta precocidade de 3 dias em relação aos demais substratos, sem a necessidade de adição de nutrientes na SN.

Tabela 2. Efeito dos substratos comerciais e concentrações de nutriente 0% (C1), 50% (C2) e 100% (C3) da solução nutritiva sobre o ciclo (dias) de produção de *microgreens* de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*), cultivado em sistema hidropônico. Porto Alegre, UFRGS. 2019.

Table 2. Effect of commercial substrates and nutrient concentrations 0% (C1), 50% (C2) and 100% (C3) of the nutrient solution on the production cycle of broccoli *microgreens* (*Brassica oleracea* var. *italica*) grown in a hydroponic system. Porto Alegre, UFRGS. 2019.

Substratos	Ciclo (dias)		
	Concentrações de Nutrientes		
	C1**	C2	C3
S1 (Vermiculita CSC [®])	11 b B *	8 a A	8 a A
S2 (Esp. fenólica Green-Up)	11 b B	8 a A	8 a A
S3 (S10 Beifiur [®])	8 a A	8 a A	8 a A
S4 (Carolina Soil [®] mudas)	11 b B	8 a A	8 a A
S5 (Carolina Soil Orgânico [®])	11 b B	8 a A	8 a A
CV		1,69	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** Condutividade elétrica inicial (CEi) da solução nutritiva estabelecida para C1: 0,0; C2: 1,20 e C3: 2,0 dS m⁻¹.

O resultado positivo, em precocidade, obtido no S3, mesmo sem fornecimento de nutrientes via irrigação, deveu-se as características químicas deste material, relacionadas à alta condutividade elétrica, sendo ele também capaz de fornecer

nutrientes para os *microgreens* de brócolis. Este comportamento do S3, para a variável duração de ciclo, não foi o mesmo obtido para produtividade de MF (Figura 2), em que maior ganho foi obtido na maior concentração de nutrientes testada (C3).

Sendo assim, para obter resultados positivos, tanto em produção de MF quanto em precocidade de ciclo, a recomendação é usar fertilizantes na concentração de 100% dos nutrientes para todos os substratos, com exceção do S2 (Figura 2).

Atualmente poucos trabalhos estão disponíveis sobre a produção de *microgreens* e o rendimento alcançado pode variar entre as diferentes espécies e até dentro da mesma espécie (Murphy e Pill, 2010; Bulgari, *et al.*, 2017). Grandes quantidades de sementes são usadas para produzir os *microgreens*, o que se deve ao estágio de colheita antecipada. Neste sentido o alto consumo de sementes por m⁻² continua sendo um fator limitante (Kou *et al.*, 2014; Sun *et al.*, 2015), pois é uma quantidade bastante inferior de massa fresca em relação à obtida em um estágio de crescimento vegetativo completo. Assim, pesquisas são necessárias para tornar os sistemas ambientalmente corretos e mais sustentáveis economicamente.

CONCLUSÃO

As diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva expressam maior efeito sobre a variável massa fresca quando comparado à produtividade de massa seca da parte aérea para todos os substratos.

Quando se busca maior rendimento comercial (produtividade média de MF), recomenda-se o uso de SN a 100% para todos os substratos, exceto o S2, no qual a adição de 50% de nutrientes à solução nutritiva apresenta resultados satisfatórios.

O uso de nutrientes na SN, tanto a 50% quanto a 100% favorece em precocidade de 3 dias para os substratos vermiculita CSC[®] (S1), espuma fenólica Green-Up (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S4) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S5), entretanto o substrato S10Beifiur[®] (S3) é o único que não necessita adição de nutrientes à solução nutritiva para apresentar precocidade na colheita.

AGRADECIMENTOS

À UFRGS pelo apoio institucional. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos. À empresa Sakata[®] pela doação das sementes utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, W. P. **Manejo da fertirrigação em mudas de alface produzidas em substrato**. 2003. 56 f. Tese de Doutorado. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2003.

AZEVEDO, C. C. de A. **Estudo de comportamento térmico e compósito à base de gesso e vermiculita**. 2017. 70 f. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia, UFRN, Natal, 2017.

BHATT, P.; SHARMA, S. Microgreens: A Nutrient Rich Crop that can Diversify Food System. **International Journal of Pure and Applied Bioscience**, Rajasthan, v. 6, n. 2, p. 182-186, 2018.

BULGARI, R. et al. Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 45, n. 2, p. 119-129, 2017.

CASTRO, R. D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.149-162.

CAVINS, T.J. et al. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet 590, New 7/2000**. Raleigh: North Caroline State University, 17p. 2000.

DA SILVA, M. L. et al. Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 999-1007, 2016.

FERMINO, M. H. **Substratos: composição, caracterização e métodos de análise**. Guaíba: Agrolivros, 2014. 112 p.

FORNES, F. et al. Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. **Scientia horticultrae**, Hampshire v. 113, n. 1, p. 52-59, 2007.

GONÇALVES, F. G. et al. Emergency and quality of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae) seedlings in different substrates. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1125-1133, 2013.

KÄMPF, A. N. **Seleção de materiais para uso como substrato**. Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 139-145.

KOU, L. et al. Pre-harvest calcium application increases biomass and delays senescence of broccoli microgreens. **Postharvest biology and technology**, Amsterdam, v. 87, p. 70-78, 2014.

MURPHY, C. J.; LLORT, O. F.; PILL, W. G. Factors affecting the growth of microgreen table beet. **International journal of vegetable science**, v. 16, n. 3, p. 253-266, 2010.

RESH, H. M. **Hydroponic Food Production: A Definite Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower**. 7 Ed. Boca Raton: CRC Press, 2013. 524 p.

SANTOS, O. S. et al. Produção de forragem hidropônica de cevada e milho e seu uso na alimentação de cordeiros. **Informe Técnico 33**, Santa Maria, UFSM/CCR. 2004.

SCHAFER, G.; SOUZA, P.V.D. de; FIOR, C. S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 299-306, 2015.

SUN, J. et al. Metabolomic assessment reveals an elevated level of glucosinolate content in CaCl₂ treated broccoli microgreens. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 63, n. 6, p. 1863-1868, 2015.

SUN, J. et al. Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS n. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 61, n. 46, p. 10960-10970, 2013.

VIEIRA, R. P. et al. Avaliação do tempo de armazenagem e perda de massa de brócolis (*Brassica oleraceae*) minimamente processado submetido à diferentes métodos de cocção. **Multi-Science Journal**, Urutaí, v. 1, n. 7, p. 46-49, 2018.

WEBER, C. F. Microgreen Farming and Nutrition: A Discovery-Based Laboratory Module to Cultivate Biological and Information Literacy in Undergraduates. **The American Biology Teacher**, Warrenton, v. 79, n. 5, p. 375-386, 2017.

XIAO, Z. et al. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 31, p. 7644-7651, 2012.

5 ARTIGO 3

***MICROGREENS* DE REPOLHO ROXO CULTIVADOS EM DIFERENTES
SUBSTRATOS E CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA ***

* Artigo formatado segundo as normas da Revista Caatinga.

MICROGREENS DE REPOLHO ROXO CULTIVADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

Resumo - Referente à produção de *microgreens*, poucos estudos elucidam as técnicas e manejos mais produtivos. Nesta perspectiva, o presente estudo teve por objetivo avaliar a produtividade e a qualidade nutricional de *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) em diferentes substratos comerciais locais e concentrações de solução nutritiva, em sistema recirculante de irrigação. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4x3 com 3 repetições. Os tratamentos foram compostos pelas combinações de quatro substratos comerciais, vermiculita CSC[®] (S1), S10 Beifiur[®] (S2), Carolina Soil[®] mudas (S3) e Carolina Soil Orgânico[®] (S4) e três concentrações de nutrientes na solução nutritiva, 0, 50 e 100%. As irrigações foram realizadas por sistema de subirrigação. Foram avaliadas a produtividade média de massa fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea, altura de plântulas, duração de ciclo (precocidade) teor de sólidos solúveis (TSS), clorofilas e carotenoides totais. Os diferentes substratos não influenciaram sobre as variáveis de produtividade de MF e de MS da parte aérea e altura de *microgreens* de repolho roxo. No entanto, a adição de nutrientes à solução nutritiva, propicia o aumento destas variáveis. Quanto ao teor de sólidos solúveis e o conteúdo total de carotenoides, a adição de nutrientes à solução nutritiva reduz estas variáveis conforme aumenta a concentração. A resposta para o conteúdo total de clorofilas foi variável entre os substratos testados dentro das diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*. Substratos. Microverdes.

MICROGREENS OF PURPLE CABBAGE CULTIVATED IN DIFFERENT SUBSTRATES AND NUTRITIVE SOLUTION CONCENTRATIONS

Abstract - Concerning of the production of microgreens, few studies elucidate the most productive techniques and management, in this perspective, the present study had the objective of evaluating the production and nutritional quality of red cabbage microgreens in different commercial substrates and nutrient solution concentrations, in the recirculating irrigation system. The experiment was carried out in a protected environment, at the Campus of the Faculty of Agronomy of the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), in Porto Alegre. A completely randomized design was used, with a 4x3 factorial arrangement with 3 replicates. The treatments were composed by the combinations of four commercial substrates, CSC[®] (S1) vermiculite, S10 Beifiur[®] organic (S2), Carolina Soil[®] seedlings (S3) and Carolina Soil Orgânico[®] (S4) and three nutrient concentrations in the nutrient solution, 0, 50 and 100%. Irrigations were performed by sub-irrigation system. The measurements of fresh (FM) and dry mass (DM), height, cycle size, soluble solids content (TSS), chlorophylls and total carotenoids were evaluated. The different substrates did not influence the productivity of FM and DM of the shoot, and height of purple cabbage microgreens. However, the addition of nutrients to the nutrient solution leads to an increase in these variables. As for the soluble solids content and the total carotenoid content, the addition of nutrients reduces these variables as the concentration increases. The response to total chlorophyll content was variable among substrates tested within the different concentrations of nutrients in the nutrient solution.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*. Substrates. *Microverdes*.

INTRODUÇÃO

Doenças relacionadas com a dieta, como obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares e hipertensão, estão aumentando a cada ano, principalmente devido a padrões desequilibrados de consumo (Ebert *et al.*, 2015). A diversificação dos sistemas alimentares requer a conscientização do público sobre as armadilhas dos sistemas atuais, assim como a necessidade de mudança das pessoas, alterando seu

comportamento de consumo e apropriando-se de responsabilidade individual (Sachs, 2015).

O consumo de *microgreens* é um mecanismo potencial para diversificar os sistemas alimentares, principalmente urbanos, de forma a contribuir positivamente para o aumento da resiliência da atual sociedade às mudanças ambientais. Os *microgreens* são vegetais jovens, consumidos ainda na fase de plântula, variando de 5 a 10 cm de altura, produzidos a partir de grande número de espécies oleráceas, aromáticas e codimentares. Com ciclo de produção rápido, de duas a três semanas dependendo da espécie e necessidade de pequenos espaços para o seu cultivo (Kopsell *et al.*, 2012), pode ser cultivado durante o ano todo, possibilitando vários ciclos de produção (Samuolienė *et al.*, 2017). Eles são populares por suas cores atraentes, sabores intensos, texturas delicadas e conteúdo nutricional relativamente alto (Samuolienė *et al.*, 2016). O ponto de colheita é atingido quando os cotilédones ainda estão túrgidos e antes que as folhas verdadeiras tenham se expandido completamente. Habitualmente, é consumida somente a parte aérea das plântulas.

Os *microgreens* são considerados “alimentos funcionais”, devido às suas propriedades que atuam na promoção da saúde. Alimentos funcionais ou vegetais com características diferenciadas têm ganhado cada vez mais o mercado de alimentos, experimentando uma demanda crescente a cada ano (Janovská *et al.*, 2010; Sirtautas *et al.*, 2012).

Referente à produção, há poucos estudos que elucidam as técnicas e manejos mais produtivos dos *microgreens*, nesta perspectiva, o presente estudo teve por objetivo avaliar a produtividade e a qualidade nutricional de *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) em diferentes substratos comerciais locais e concentrações de nutrientes na solução nutritiva, em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campus da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Departamento de Horticultura e Silvicultura, localizado no município de Porto Alegre - RS, em ambiente

protegido coberto com filme plástico (PEBD), disposto no sentido Leste-Oeste com dimensões de 5,0 m x 10,0 m e 3,0 m de pé direito.

A semeadura foi realizada manualmente em 11 de setembro de 2018, utilizando sementes de repolho roxo Super Red (Isla Sementes[®]) não tratadas, com densidade de 0,102 Kg m⁻². Os substratos foram alocados em bandejas de poliestireno, na cor branca, de 0,14 m x 0,21 m e 0,015 m de profundidade, sem compartimentação e perfuradas na base. Cada bandeja recebeu uma camada de aproximadamente 0,01 m de substrato, previamente umedecido, sobre o qual foram depositadas as sementes. Após a semeadura, as bandejas foram distribuídas em “piscinas” retangulares, estrutura proposta como forma de irrigação neste sistema de produção de *microgreens*. As “piscinas” foram confeccionadas em madeira e revestidas com filme dupla face (branco/preto), com 0,07 m de profundidade e declividade de 2%. Após a semeadura as bandejas foram mantidas no escuro, a partir do cobrimento com folhas de papel cartão durante três dias, sendo então retiradas, momento em que as sementes já se encontravam germinadas. Esta técnica foi utilizada para favorecer a germinação das sementes e o crescimento uniforme das plântulas na bandeja.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial (4x3), formado por quatro substratos comerciais e três concentrações de solução nutritiva, com três repetições por tratamento. Os substratos comerciais utilizados foram: vermiculita CSC[®] (S1), S10Beifiur[®] orgânico (S2), Carolina Soil[®] mudas (S3) e Carolina Soil Orgânico[®] (S4). A solução nutritiva (SN) utilizada como referência foi de Santos *et al.* (2004), indicada para o cultivo hidropônico de forragem, com a seguinte composição (100% de concentração) de macronutrientes (em mmol L⁻¹): 13,89 de NO₃⁻; 1,41 de H₂PO₄⁻; 1,09 de SO₄²⁻; 1,41 de NH₄⁺; 6,41 de K⁺; 3,4 de Ca²⁺; 1,09 de Mg²⁺; e de micronutrientes (em mg L⁻¹): 5,0 de Fe; 0,05 de Mn; 0,09 de Zn; 0,10 de B; 0,04 de Cu; 0,02 de Mo. Foram testadas três concentrações de nutrientes na solução nutritiva: 0, 50 e 100%, nos tratamentos C1, C2 e C3, respectivamente, sendo a condutividade elétrica inicial (CE_i) destes de 0, 1,20 e 2,00 dS m⁻¹, respectivamente, e pH entre 5,5 e 6,0 para todas.

Os substratos comerciais testados foram esterilizados em autoclave durante 120 min, à temperatura de 100°C e pressão de 1 atm e, posteriormente, caracterizados quanto as propriedades químicas (pH e condutividade elétrica) e físicas (densidade úmida e

seca, porosidade total, espaço de aeração, água facilmente disponível, capacidade de retenção de água) no Laboratório de Análise de Substratos da UFRGS/Porto Alegre.

O sistema de irrigação utilizado foi por subirrigação, com fornecimento intermitente da solução nutritiva durante 15 min hora⁻¹, das 8 às 18 h, e somente duas irrigações durante a noite, com duração de 15 min cada. A “piscina” continha um dreno em uma das extremidades para recondução da solução drenada ao reservatório, caracterizando assim um sistema fechado, sem perda do drenado.

No decorrer do período experimental, a temperatura média e a umidade relativa do ar foram monitoradas diariamente, através de um Datalogger de temperatura e umidade, modelo AK174 - AKSO[®], instalado dentro do ambiente de cultivo, junto às bancadas de produção.

O ponto de colheita foi atingido entre o 9º e 11º dias após a semeadura, quando 80% dos *microgreens* apresentavam as folhas primárias em início de desenvolvimento. A colheita foi realizada através de corte na base da plântula, próximo ao substrato, com auxílio de uma tesoura. Neste momento, foram avaliadas as variáveis de produtividade, através das medidas de massa fresca e seca da parte aérea e altura média do conjunto de plântulas, medida com auxílio de uma régua do colo até o ápice das plântulas, em 4 pontos em cada bandeja. Assim como, também, foram avaliadas as variáveis de qualidade nutricional através do teor de sólidos solúveis, medido em °Brix, determinado em refratômetro digital (Atago 3810 PAL-1 Digital[®]), através do líquido extraído da maceração de dez plântulas de cada repetição. A extração de clorofilas e carotenoides de *microgreens* foi realizada em acetona 80%, dez plântulas de cada repetição foram maceradas na presença de carbonato de cálcio (CaCO₃), e os extratos foram filtrados em papel de filtro rápido, em balões de 25 mL (Arnon, 1949). A determinação quantitativa de clorofilas foi realizada imediatamente após a extração. Para tanto foram realizadas leituras de absorbância entre 647 e 663 nm para os pigmentos de clorofila e 470 nm para os carotenóides totais. As concentrações de clorofilas e carotenóides foram calculadas pela fórmula de Lichtenthaler (1987).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR 5.6 (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as características químicas de substratos para o cultivo de mudas, a condutividade elétrica (CE) e o nível de acidez (pH) são características muito importantes que influenciam sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. A condutividade elétrica está diretamente relacionada ao teor de sais solúveis, pois conforme a concentração destes pode ser afetada a produção de plantas, tanto na fase de plântula como na fase adulta. Entretanto, as espécies podem responder diferentemente aos teores de sais no meio de cultivo e esses devem ser mantidos em níveis aceitáveis (Kämpf e Fermino, 2000), conforme a espécie e o estágio fenológico. Ainda, de acordo com estas autoras, o pH de um substrato interfere na absorção de nutrientes pelas plantas, na vida microbiana e no desenvolvimento do sistema radicular. Contudo, para a produção de *microgreens* não existem recomendações específicas ou mesmo estudos em relação à faixa ideal de CE e pH, bem como a interferência destes sobre o cultivo, principalmente quando se utiliza solução nutritiva.

De acordo com a tabela 1, o substrato que apresentou maior CE foi o S2, com média de $1,20 \text{ dS m}^{-1}$, os demais variaram entre $0,01$ e $0,46 \text{ dS m}^{-1}$.

Tabela 1. Caracterização química e física dos substratos comerciais utilizados na produção de microgreens de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*). Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4). Porto Alegre, UFRGS. 2019.

Características Químicas	Substratos			
	S1	S2	S3	S4
CE (dS m^{-1})	0,01	1,20	0,46	0,28
pH (H ₂ O)	6,34	4,86	5,26	5,98
Características Físicas				
Densidade úmida (kg m^{-3})	181,36	582,85	262,57	313,58
Densidade seca (kg m^{-3})	177,90	302,74	122,41	113,44
PT %	73,23	81,33	87,73	91,62
EA %	23,24	21,48	38,91	29,32
AFD %	7,21	15,50	13,07	21,48
CRA (10) %	49,99	59,84	48,82	62,63

Nota: CE = condutividade elétrica obtida em solução 1:5 (v/v); pH = determinado em H₂O, diluição 1:5 (v/v); PT = porosidade total; EA = espaço de aeração; AFD = água facilmente disponível; CRA10= capacidade de retenção de água sob sucção de 10cm de coluna de água determinado em base volumétrica - v/v.

Valores de CE abaixo de $0,65 \text{ dS m}^{-1}$ podem ser considerados adequados para materiais usados como substratos (Cavins *et al.*, 2000). Assim, o substrato S10 Beifiur[®] foi o único que apresentou CE muito acima do recomendado.

Os valores médios de pH para os substratos analisados ficaram entre 4,86 (S2) e 6,34 (S1). De acordo com Kämpf (2000), o pH ideal para substratos com predominância de matéria orgânica, empregados na produção de mudas está entre 5,0 e 5,8. Valores fora dessa faixa de pH podem afetar as atividades fisiológicas determinantes sobre a germinação e o enraizamento (Gruszynsk, 2002). Situação não observada neste estudo, pois os substratos que extrapolaram a faixa ideal para esta variável, ainda apresentaram valores muito próximos da faixa recomendada.

A densidade, como característica física, expressa a relação entre a massa e o volume do substrato e, em geral, a densidade seca é utilizada como principal parâmetro de avaliação, pois a densidade úmida varia muito conforme o teor de água do material no momento da análise (Schäfer *et al.*, 2015). Quanto mais alta a densidade mais difícil se torna o cultivo em recipientes, valores indicados para cultivo em bandejas de mudas encontram-se na faixa de $100 \text{ a } 300 \text{ kg m}^{-3}$ (Kämpf, 2000). O substrato S2 (S10Beifiur[®]) (Tabela 1), ainda que com densidade seca bem próxima do recomendado, apresentou densidade úmida superior aos demais, o que provocou resistência à penetração das radículas no substrato, dificultando a fixação das plântulas, conforme observado visualmente durante o experimento.

A porosidade total (PT) recomendada pela literatura é de 85% (80-90%), segundo De Boodt e Verdonck (1972) e Kämpf (2005). Entre os substratos analisados apenas o S1 apresentou resultado distinto do indicado, porém com valor próximo da faixa ideal. Ainda na Tabela 1, quanto ao espaço de aeração (EA), os substratos S1, S2 e S4, encontram-se dentro dos referenciais sugeridos em literatura, que se situam entre 20% e 30% do volume (De Boodt e Verdonck, 1972), somente o S3 apresentou valores acima do indicado.

Para a produtividade média de massa fresca e seca da parte aérea, altura da parte aérea das plântulas e o teor de sólidos solúveis (°Brix) (Tabela 2) não houve interação significativa entre os fatores substrato e concentração de nutrientes na solução nutritiva. Neste caso, os resultados foram interpretados separadamente para cada um dos fatores.

Tabela 2. Efeito do substrato de cultivo e da concentração da solução nutritiva sobre a massa fresca (MF) e massa seca (MS) da parte aérea, altura de plântulas e teor de sólidos solúveis (TSS) de *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) em sistema recirculante de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.

Fatores	Tratamentos	MF	MS	Altura (cm)	TSS (°brix)
		(g m ⁻²)			
Substratos	S1 (Vermiculita CSC [®])	1829,52 a*	74,01 a	6,86 a	3,62 a
	S2 (S10 Beifiur [®])	1761,30 a	79,21 a	6,89 a	3,64 a
	S3 (Carolina Soil [®] mudas)	1795,73 a	75,70 a	6,83 a	3,73 a
	S4 (Carolina Soil orgânico [®])	1793,57 a	81,10 a	7,19 a	3,82 a
Concentrações da Solução Nutritiva**	C1 (0%)	1111,31 c	64,34 c	5,00 c	5,03 a
	C2 (50%)	1933,16 b	78,62 b	7,36 b	3,37 b
	C3 (100%)	2340,62 a	89,59 a	8,48 a	2,72 c
	Média	1795,03	77,52	6,94	3,70
	CV (%)	16,34	11,29	6,83	14,45

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** Condutividade elétrica inicial (CEi) da solução nutritiva estabelecida para C1: 0,0; C2: 1,20 e C3: 2,0 dS m⁻¹.

O fator substrato conforme a Tabela 2, não afetou estatisticamente as variáveis de produtividade média de MF e MS, altura e TSS. No entanto, para o fator concentração da solução nutritiva, observou-se efeito sobre estas mesmas variáveis.

A adição de nutrientes à irrigação promove um incremento de 110% na produtividade média de MF de C1 para C3, independente do substrato utilizado (Tabela 2). Esta variável é um importante fator comercial, visto que o produto é remunerado por peso fresco. Desta forma, o uso de SN para produção de *microgreens* de repolho roxo respondeu positivamente com acréscimo em produção de 74% de C1 para C2 e de 21% de C2 para C3.

A produtividade média de MF de *microgreens* de repolho roxo foi de 1795 g m⁻² (Tabela 2). Bulgari *et al.* (2017), trabalhando com *microgreens* de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) em sistema “floating”, com vermiculita como substrato e solução nutritiva indicada por Hoagland’s a 50% da

concentração total, obtiveram valores semelhantes aos obtidos no presente estudo, com variação média entre 1100 a 1900 g m⁻². A condutividade elétrica da solução nutritiva utilizada por estes autores foi de 1,12 dS m⁻¹, valor equivalente à CEi utilizada neste estudo na concentração de 50% (C2), 1,2 dS m⁻¹.

Para a produtividade média de massa seca da parte aérea e altura de parte aérea no ponto de colheita (Tabela 2), a adição de nutrientes na irrigação, tanto 50% quanto 100%, resultou em acréscimos nos valores médios, indicando comportamento semelhante ao observado para a variável produtividade média de MF. Os valores de teor de MS, obtidos a partir do percentual de peso fresco, variaram entre 3,83% (C3) e 5,78% (C1). Valores estes inferiores aos encontrados Xiao *et al.* (2016), que avaliaram este parâmetro em 25 diferentes espécies de *microgreens* disponíveis comercialmente, entre eles o repolho roxo, que foi de 7,7 % de MS.

A utilização da C3 aumentou em média 3,5 cm à altura dos *microgreens* de repolho roxo em relação a C1. Trabalhos disponíveis na literatura, avaliando esta variável, ainda são inexistentes para *microgreens*. Mas cabe ressaltar que, o crescimento em altura favorece também o aumento de MF, tornando-se interessante do ponto de vista comercial.

O teor de sólidos solúveis (TSS) (Tabela 2), medido em °Brix, quando se aumentou a concentração de nutrientes fornecidos na irrigação, de C1 para C3 diminuiu em 46%. Apresentando um comportamento inverso ao obtido para as variáveis de produtividade média de MF e de MS e altura de plântulas. O TSS corresponde aos açúcares e ácidos presentes no material vegetal. Pesquisas sugerem, que quanto maior o TSS, melhor é o sabor e aroma, que são componentes importantes considerados pelos consumidores na apreciação de alimentos *in natura* (Auerswald *et al.*, 1999; Sobreira *et al.*, 2010) e conseqüentemente de *microgreens*, onde um dos apelos deste produto é o sabor, além do visual. Neste sentido, pode ser considerado um parâmetro de avaliação também na produção de *microgreens*, pois, a variação entre diferentes sistemas produtivos, substratos ou fornecimento de nutrientes podem proporcionar diferentes experiências ao consumidor.

Para as variáveis, tamanho de ciclo (Tabela 3), conteúdo total de clorofila e carotenoides (Figuras 3 e 4), a análise de variância dos resultados indicou que houve interação significativa pelo teste F (<0,05) entre os fatores substrato e concentração de nutrientes na solução nutritiva.

A duração do ciclo de produção (Tabela 3) diminuiu com a adição de 100% dos nutrientes à SN, reduzindo em 2 dias o ponto de colheita nos substratos S1 e S2. Enquanto nos substratos S3 e S4 a adição de nutrientes na solução nutritiva não interferiu nesta variável. Com isso, para obtenção de precocidade nestes substratos não são necessários gastos com fertilizantes e demanda de manejo da solução nutritiva.

Tabela 3. Efeito dos substratos comerciais e das concentrações de nutrientes na solução nutritiva, 0% (C1), 50% (C2) e 100% (C3), sobre a duração do ciclo (dias) de produção de *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, UFRGS. 2019.

SUBSTRATOS	CICLO (dias)		
	Concentrações de Nutrientes		
	C1**	C2	C3
S1 (Vermiculita CSC [®])	11 b B*	11 b B	9 a A
S2 (S10 Beifiur [®])	11 b B	11 b B	9 a A
S3 (Carolina Soil [®] mudas)	9 a A	9 a A	9 a A
S4 (Carolina Soil orgânico [®])	9 a A	9 a A	9 a A
CV	2,48		

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** Condutividade elétrica inicial (CEi) da solução nutritiva estabelecida para C1: 0,0; C2: 1,20 e C3: 2,0 dS m⁻¹.

A resposta para o conteúdo total de clorofilas foi variável entre os substratos testados dentro das concentrações de nutrientes na solução nutritiva (Figura 1), com quantidades de 0,256 a 0,456 mg g⁻¹ MF. As clorofilas se constituem de um importante parâmetro na avaliação da qualidade de produtos *in natura*, pois atuam na percepção da qualidade (Streit *et al.*, 2005), e também na apresentação do produto (Bulgari *et al.*, 2017).

As menores diferenças estatísticas obtidas para o conteúdo de clorofila total entre os substratos em cada concentração de SN testada, foram observadas na C1 (Figura 1), com variação de 0,439 a 0,363 mg g⁻¹ MF de *microgreens* de repolho roxo. Os maiores teores de clorofila total foram obtidos com S1 na C2 e C3, sendo 0,456 mg g⁻¹ MF e 0,435 mg g⁻¹ MF, e com o S2 e S4 na C1 com 0,439 e 0,429 mg g⁻¹ MF,

respectivamente. Entretanto, todos os substratos testados apresentaram valores inferiores às quantidades encontradas por Bulgari *et al.* (2017), com *microgreens* de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e acelga (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*), nos quais as quantidades de clorofila total foram 0,815 e 0,771 mg g⁻¹ MF, respectivamente.

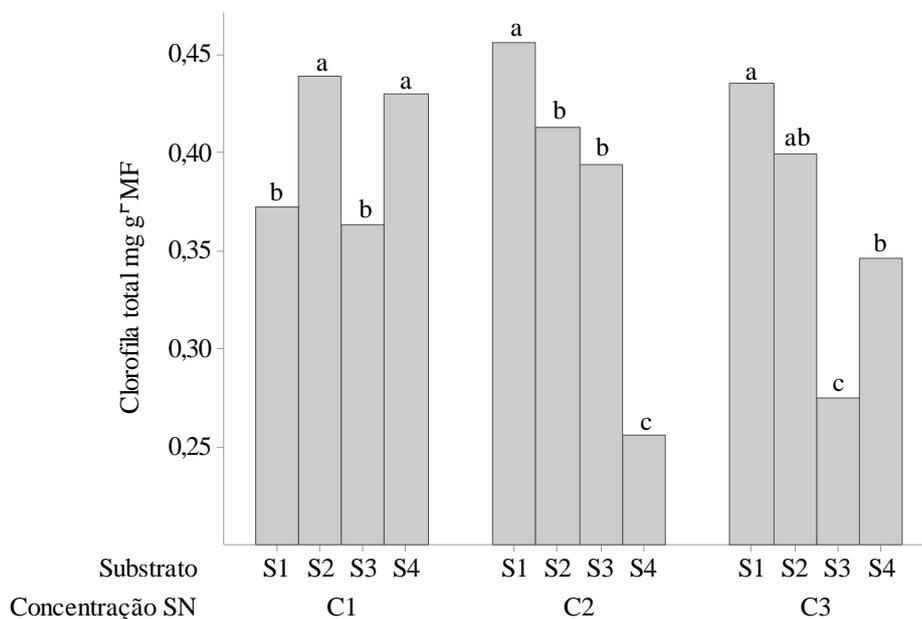


Figura 1. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), em cada concentração de nutrientes da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%) sobre a média do conteúdo de clorofila total em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.

Na Figura 2, analisando os substratos nas diferentes concentrações de solução nutritiva observa-se que o substrato S2 apresentou resposta decrescente do conteúdo de clorofila total com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, com valores de 0,439, 0,413 e 0,399 mg g⁻¹ MF, respectivamente em C1, C2 e C3.

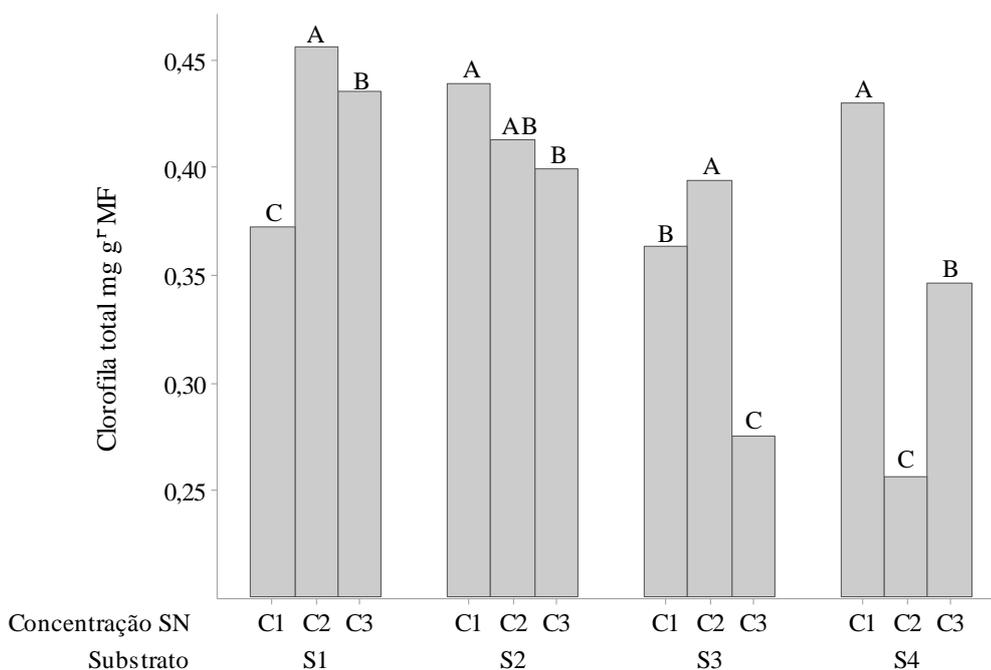


Figura 2. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), sobre a média do conteúdo de clorofila total em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.

A produtividade de MF e MS cresceu com o aumento da concentração de nutrientes, mas o conteúdo de clorofila total não acompanhou este aumento, pois além da disponibilidade de nutrientes outros fatores podem influenciar este acúmulo, tais como salinidade, oxigenação, temperatura e pH da solução nutritiva, intensidade de luz temperatura e umidade do ar (Adams e Demming, 1994). Suprimento inadequado de um desses fatores pode interferir no acúmulo de clorofila total.

Para a avaliação do conteúdo de carotenoides totais, observou-se na Figura 3 que quando não houve adição de nutrientes na irrigação (C1) os substratos não diferiram entre si, apresentando o valor médio de 0,096 mg g⁻¹ MF. Quando adicionado 50% de nutrientes na SN (C2), os substratos S2 e o S3, apresentaram valores médios 38% superiores ao S1 e ao S4, enquanto que, com 100% da concentração (C3) este comportamento não se manteve entre os substratos comparados, neste caso, observou-se que S1 e S2 foram superiores ao S3 e ao S4.

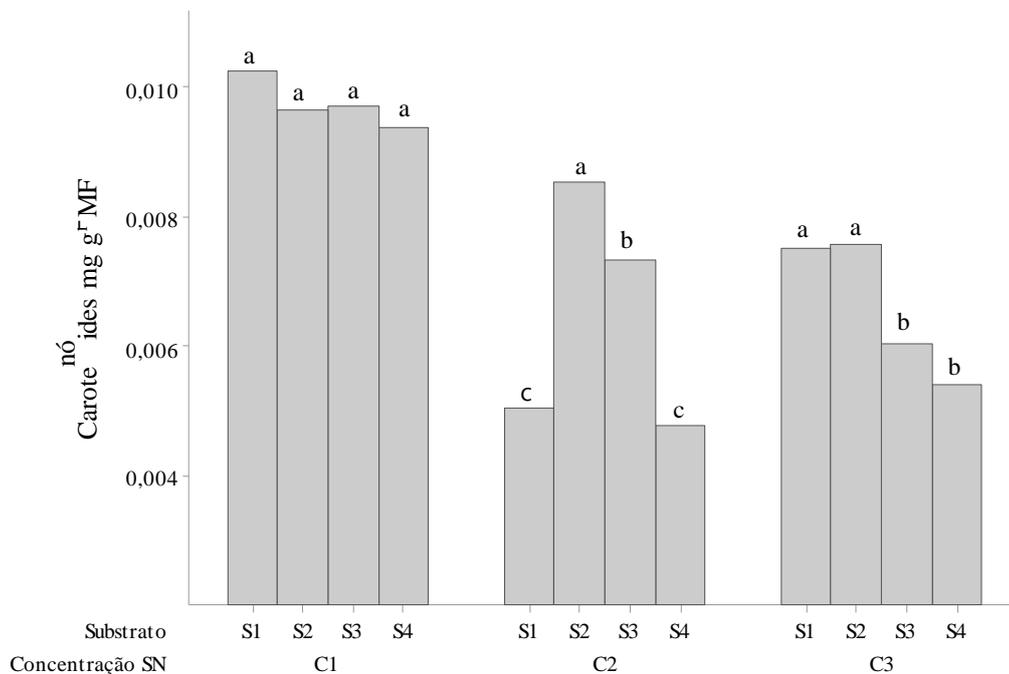


Figura 3. Efeito dos substratos comerciais testados, Vermiculita CSC[®] (S1), substrato S10 Beifiur[®] (S2), substrato Carolina Soil[®] mudas (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico[®] (S4), em cada concentração de nutrientes da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 sobre a média do conteúdo de carotenóides totais em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), cultivado em sistema recirculante de fornecimento de solução nutritiva. Porto Alegre, 2019.

Observando a Figura 4, verifica-se que todos os substratos responderam negativamente ao acréscimo de nutrientes na solução sobre o conteúdo total de carotenóides em *microgreens* de repolho roxo. Os substratos S1, S3 e S4 sofreram decréscimo no conteúdo de carotenóides quando se passou a usar fertilizantes na SN a 50% (C2), reduzindo 50%, 24%, e 49%, respectivamente. Para estes mesmos substratos, quando utilizada a solução nutritiva com 100% da concentração de nutrientes (C3), não houve resposta, já que não houve diferença estatística entre C2 e C3. Para o substrato S2 o aumento da concentração da SN de 0% para 50% não apresentou diferença estatística, e quando a concentração foi para 100% dos nutrientes na água de irrigação, diferiu estatisticamente da C1, apresentado uma redução de 25% de C1 para C3.

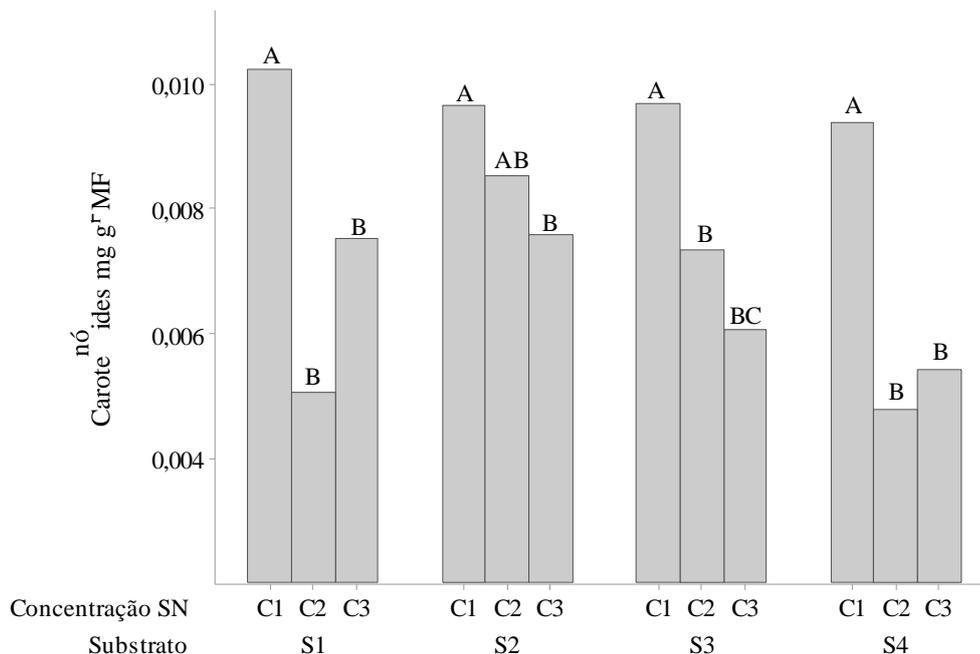


Figura 4. Efeito das concentrações da solução nutritiva, C1 (0%), C2 (50%) e C3 (100%), em cada substrato comercial testado, Vermiculita CSC® (S1), substrato S10 Beifiur® (S2), substrato Carolina Soil® (S3) e substrato Carolina Soil Orgânico® (S4) sobre a média do conteúdo de carotenoides totais em *microgreens* de repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*). Porto Alegre, 2019.

O conteúdo total de carotenoides observado neste experimento foi inferior ao encontrado por Samuoliené *et al.* (2017), que variou de 0,09 a 0,25 mg g⁻¹ MF. Estes autores trabalharam com diferentes espectros de suplementação de luz na produção de *microgreens* de mostarda (*Brassica juncea* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.) e salsa (*Petroselinum crispum* Mill.), utilizando turfa como substrato. Além disso, estes autores desenvolveram os experimentos em ambiente controlado com temperaturas entre 17 e 21°C, fotoperíodo de 16 h e umidade relativa de 50 a 60%. Neste estudo, com *microgreens* de repolho roxo, a temperatura média do período experimental obtida no interior do ambiente de cultivo foi de 22,1°C, a UR média foi de 74 % e fotoperíodo de 13 horas.

Brazaityté *et al.* (2015) avaliaram os efeitos de diferentes espectros e intensidades de luz produzidos por LEDs (Light Emitting Diode) sobre *microgreens* de brássicas (*Brassica juncea* L; *Brassica rapa* var. *Chinensis*; *Brassica rapa* var. *Rosularis*). Os autores fazem uma importante observação em relação ao acúmulo de carotenóides

totais, verificando que este ocorre em maior intensidade com suplementação de luz e é dependente principalmente da espécie trabalhada.

Cabe resaltar que o presente estudo não utilizou suplementação de luz, somente a incidência de luz natural, e ainda atenuada pela barreira física do filme plástico da cobertura do ambiente protegido.

Além da luz e da espécie, o acúmulo de carotenóides em vegetais também é influenciado pela disponibilidade de nutrientes e água. Pelo efeito de maiores concentrações de nutrientes na solução nutritiva a planta diminui a resposta do seu metabolismo. Assim, pode-se considerar que, em cultivo apenas com água as plantas responderam com alta concentração de carotenoides como resultado da condição adversa (Kopsell & Kopsell, 2006). Como observado nos resultados deste trabalho.

Contudo, desde o crescimento, a colheita e as condições de manuseio pós-colheita podem impactar consideravelmente na síntese e degradação de fitonutrientes, incluindo vitaminas e carotenoides. Neste sentido estudos adicionais são necessários para avaliar o efeito destas práticas no conteúdo de fitonutrientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para produção de *microgreens* de repolho roxo em ambiente protegido e sistema fechado de cultivo sem solo, com sistema recirculante de irrigação, os resultados obtidos permitem concluir que os substratos comerciais testados não influenciam sobre a produtividade comercial (massa fresca), massa seca e altura média das plântulas no ponto de colheita. No entanto, a adição de nutrientes à solução nutritiva proporciona aumento destas mesmas variáveis, sendo a concentração de 100% a mais indicada. Quando se busca precocidade, é possível reduzir em dois dias a duração do ciclo com a adição de 100% dos nutrientes à SN nos substratos vermiculita e S10 Beifiur[®]. Já nos substratos Carolina Soil[®] mudas e Carolina Soil Orgânico[®] para precocidade, não necessitam da adição de nutrientes à solução nutritiva. Quanto ao teor de sólidos solúveis e o conteúdo total de carotenoides, todos os substratos testados são indicados, no entanto a adição de nutrientes à solução nutritiva reduz esta variável conforme aumenta a concentração. A resposta para o conteúdo total de clorofilas é variável entre

os substratos testados dentro das diferentes concentrações de nutrientes na solução nutritiva.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos. E à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo apoio Institucional. À empresa ISLA Sementes[®] pela doação das sementes utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, W. W. B.; DEMMING A. Carotenoid composition and down-regulation of photosystem-II in three conifer species during the winter. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 92, p.451- 458, 1994.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1, 1949.

AUERSWALD, H. et al. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, Hampshire, v. 82, n. 3-4, p. 227-242, 1999.

BRAZAITYTĖ, A. et al. The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. **Food chemistry**, Barking, v. 173, p. 600-606, 2015.

BULGARI, R. et al. Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 45, n. 2, p. 119-129, 2017.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.149-162.

CAVINS, T. J. et al. Monitoring and managing pH and EC using the Pour Thru extraction method. **Horticulture Information Leaflet**, Raleigh, v. 590, p. 1-17, 2000.

- DA SILVA, M. L. M. et al. Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 999-1007, 2016.
- DE BOODT, M. A. V. O.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. In: **III Symposium on Peat in Horticulture 26**. Dublin, 1971, p. 37-44.
- EBERT, A. W.; WU, T. H.; YANG, R. W. Amaranth sprouts and microgreens—a homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum. In: SEAVEG2014: families, farms, food: regional symposium on sustaining small-scale vegetable production and marketing systems for food and nutrition security, 2015, Bangkok, Thailand. **Proceedings** [...]. Taiwan: AVRDC Publication, 2015. p. 233-244.
- FERRANTE, A. et al. Effect of nitrogen fertilization levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Nova Jersey, v. 88, n. 4, p. 707-713, 2008.
- FERREIRA, D. F. Sistema de análise estatística-SISVAR. Lavras: UFLA, 2000.
- IANCKIEVICZ, A. et al. Produção e desenvolvimento da cultura de *Physalis* L. submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, 2013.
- JANOVSKÁ, D.; STOCKOVÁ, L.; STEHNO, Z. Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens. **Acta Agriculturae Slovenica**, Ljubljana, v. 95, n. 2, p. 157, 2010.
- KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. **Guaíba: Agrolivros**, v. 2, 2005.
- KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. In: Encontro Nacional Sobre Substratos Para Plantas, 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: GÊNESIS, 2000. p. 112-121.
- KOPSELL, D. A. et al. Shoot tissue pigment levels increase in ‘Florida Broadleaf’ mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light treatment. **Scientia Horticulturae**, Hampshire, v. 140, p. 96-99, 2012.
- KOPSELL, D. A.; KOPSELL, D. E. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. **Trends in plant science**, Cambridge, v. 11, n. 10, p. 499-507, 2006.

- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. Cambridge: Academic Press, p. 350-382. 1987.
- SACHS, J. D. **The age of sustainable development**. New York: Columbia University Press, 2015, v.1, p. 1-521.
- SAMUOLIENĖ, G. et al. Blue light dosage effects carotenoids and tocopherols in microgreens. **Food chemistry**, Barking, v. 228, p. 50-56, 2017.
- SAMUOLIENĖ, G. et al. Red light-dose or wavelength-dependent photoresponse of antioxidants in herb microgreens. **PloS one**, San Francisco, v. 11, n. 9, p. e0163405, 2016.
- SANTOS, O. S. et al. Produção de forragem hidropônica de cevada e milho e seu uso na alimentação de cordeiros. **Informe Técnico 33**, Santa Maria, UFSM/CCR. 2004.
- SCHAFER, G.; SOUZA, P.V.D. de; FIOR, C. S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 299-306, 2015.
- SIRTAUTAS, R. et al. The impact of supplementary short-term red LED lighting on the antioxidant properties of microgreens. In: **VII International Symposium on Light in Horticultural Systems 956**. Wageningen, p. 649-656. 2012.
- SOBREIRA, F. M. et al. Taste quality of salad and cherry tomatoes and their relationship with the morphoagronomic characteristics of the fruits. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1015-1023, 2010.
- SPINARDI, A.; FERRANTE, A.. Effect of storage temperature on quality changes of minimally processed baby lettuce. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 10, n. 1, p. 38-42, 2012.
- STREIT, N. M. et al. The chlorophylls. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.
- XIAO, Zhenlei et al. Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v. 49, p. 87-93, 2016.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Microgreens oferecem um nicho de mercado interessante, com alto valor agregado aos produtores, e também são facilmente cultivados pelos próprios consumidores, especialmente em ambientes urbanos ou periurbanos, ofertando uma fonte constante e de fácil acesso à vegetais com características nutritivas interessantes durante todo o ano. Da mesma forma, a produção pode servir como ferramenta educacional e terapêutica para as crianças e também adultos.

Para produção de *microgreens* de brócolis, rúcula e repolho roxo em ambiente protegido e sistema fechado de cultivo sem solo, com sistema recirculante de irrigação, os resultados obtidos permitem concluir que todos os substratos comerciais testados obtiveram boa produtividade comercial e, portanto, são indicados para produção de *microgreens*. No entanto, o uso ou não de fertilizantes na solução nutritiva, assim como também a concentração destes influenciam sobre as respostas dos substratos em cada espécie de *microgreens* estudada.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, *microgreens* se revelam como culturas interessantes e inovadoras que requerem baixos investimentos iniciais, porém o rendimento e a qualidade ainda devem ser melhorados. Assim, mais estudos são necessários para entender o efeito das condições de cultivo sobre o rendimento e o acúmulo de compostos bioativos em *microgreens*, a fim de otimizar as técnicas de cultivo.

7 APÊNDICES



APÊNDICE 1: “Piscina” de irrigação intermitente, sistema de irrigação *microgreens*.



APÊNDICE 2: Detalhe da saída do drenado para recondução ao reservatório.



APÊNDICE 3: Detalhe da saída drenagem e retorno ao reservatório.



APÊNDICE 4: Vista geral do sistema de produção de *microgreens*.



APÊNDICE 5: Vista geral do sistema de produção e acomodação das bandejas.



APÊNDICE 6: Detalhe do corte/colheita dos *microgreens* de rúcula.



APÊNDICE 7: Distribuição de sementes sobre a placa de espuma fenólica.