

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

CRESCIMENTO DA RÚCULA HIDROPÔNICA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO
ANO: EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO

Alexandro Cardoso Carvalho
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

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
Maio de 2021

CIP - Catalogação na Publicação

Carvalho, Alexandro Cardoso
Crescimento da rúcula hidropônica nas quatro
estações do ano: efeito do espaçamento de plantio /
Alexandro Cardoso Carvalho. -- 2021.
80 f.
Orientadora: Tatiana da Silva Duarte.

Coorientador: André Samuel Strassburger.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2021.

1. Eruca sativa Miller. 2. Densidade de plantio. 3.
Cultivo sem solo. 4. Ambiente protegido. 5.
Ecofisiologia. I. Duarte, Tatiana da Silva, orient.
II. Strassburger, André Samuel, coorient. III. Título.

ALEXANDRO CARDOSO CARVALHO
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

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: 14.05.2021
Pela Banca Examinadora

TATIANA DA SILVA DUARTE
Orientadora
UFRGS

ANDRÉ SAMUEL STRASSBURGER
Coorientador
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

GILMAR SCHÄFER
UFRGS

ROBERTA MARINS NOGUEIRA PEIL
UFPEL

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

EDUARDO MATOS MONTEZANO
IFRS

Aos meus familiares,
pelo amor, espírito de luta e resiliência que me transmitiram.

DEDICO

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha Avó, Zilma, que sempre me deu suporte e amor, apesar de todas as suas dificuldades. Esta mulher forte, retirante do sul do Rio Grande do Sul, que sozinha com duas crianças desbravou a capital. É minha inspiração na busca contínua de auto superação. Sou muito grato à minha tia Ercilia e ao meu falecido tio Léo pela participação ativa na minha educação e caráter. Agradeço a minha mãe que, mesmo doente, sempre me deu amor e compreensão. Também agradeço a ela por me ensinar a importância de ser um homem honrado e a nunca deixar os que me são importantes para trás.

Agradeço a minha namorada, Germana, que sempre me incentivou a seguir os meus sonhos e a fazer o que realmente gosto. Estendo este agradecimento aos meus sogros, Pedro e Miguelina, que também me apoiaram nesta empreitada.

A todos os colegas de pós-graduação que fizeram dessa jornada mais construtiva, em especial ao João, Caroline, Albertina e Wagner, sendo estes dois últimos essenciais para condução, avaliação e discussão dos meus trabalhos, além da amizade e ensinamentos profissionais e pessoais que permearam o nosso convívio.

À minha equipe de orientação, professores Tatiana e André, por todas as conversas e ensinamentos durante todo o período de desenvolvimento do mestrado.

Ao professor Gilmar Schafer, pelo apoio de equipamentos para a realização deste trabalho.

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.

O período de maior ganho em conhecimento e experiência é o período mais difícil da vida de alguém.”

Dalai Lama

CRESCIMENTO DA RÚCULA HIDROPÔNICA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO: EFEITO DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO ¹

Autor: Alexandro Cardoso Carvalho
Orientadora: Prof.^a Dra. Tatiana da Silva Duarte
Co-orientador: Prof. Dr. André Samuel Strassburger

RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma hortaliça folhosa comercializada em molhos de plantas, que cada vez mais, vem sendo cultivada em sistema hidropônico do tipo NFT (*Nutrient film technique*). Nesse sistema, informações sobre espaçamento de cultivo e o crescimento das plantas são escassas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o crescimento e o rendimento da rúcula em sistema hidropônico tipo NFT em diferentes espaçamentos de cultivo nas quatro estações do ano. Os experimentos foram realizados no Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no município de Porto Alegre, RS. As épocas de cultivo ocorreram no verão, outono, inverno e primavera do ano de 2020. Os experimentos foram realizados em estufa modelo teto em arco e sistema hidropônico NFT. A cultivar utilizada foi a Astro. Dois fatores experimentais foram estudados: o espaçamento entre molhos de plantas no canal de cultivo hidropônico (8, 12, 16, 20 e 24 cm) e data de coleta das plantas (aos 5, 10, 15 e 26 dias após o transplantio [DAT] no verão; 7, 14, 21 e 31 DAT no outono; e 7, 14, 21 e 33 DAT no inverno; aos 5, 10, 15 e 27 DAT na primavera). Avaliou-se a massa fresca e seca da parte aérea das plantas, a área foliar, a área média das folhas e o número de folhas por molho. De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que os experimentos foram realizados é possível concluir que: o crescimento do conjunto de plantas do molho de rúculas incrementa-se com o aumento do espaçamento de cultivo em todas as estações do ano; e o espaçamento entre molhos de 16 cm proporcionou maior eficiência agrônoma, sendo, portanto, o recomendado para os períodos estudados.

Palavras-chave: *Eruca sativa* Miller; Densidade de plantio; Cultivo sem solo; Ambiente protegido; Ecofisiologia; NFT.

¹Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (80 f.) maio, 2021.

GROWTH OF HYDROPONIC ROCKET IN THE FOUR SEASONS OF THE YEAR: EFFECT OF PLANTING SPACING ¹

Author: Alexandro Cardoso Carvalho
Advisor: Tatiana da Silva Duarte, Ph.D.
Co-supervisor: André Samuel Strassburger, Ph.D.

ABSTRACT

Rocket (*Eruca sativa* Miller) is a leafy vegetable marketed in plant bundles, which is increasingly being grown in NFT (Nutrient Film Technique) hydroponic system. In this system, information such as crop spacing and growth is scarce. Therefore, the objective of this work was to characterize the growth of the rocket in hydroponic NFT system at different cultivation spacing in the four crop-seasons. The experiments were carried out at the Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, located in the city of Porto Alegre, RS. The growing seasons took place in summer, autumn, winter and spring of the year 2020. The experiments were carried out in a symmetric roof greenhouse and in a hydroponic NFT system. The cultivar used was Astro from Sakata®. Two experimental factors were studied: the spacing between plant bundles in the hydroponic cultivation channel (8, 12, 16, 20 and 24 cm between plants) and date of biomass collection from setting (at 5, 10, 15 and 27 days in the spring; 5, 10, 15 and 26 days in summer; 7, 14, 21 and 31 days in autumn; and 7, 14, 21 and 33 days in winter). The fresh and dry mass of the aerial part of the plants, the leaf area, the average leaf area and the number of leaves per sauce were evaluated. According to the results obtained and under the conditions in which the experiments were carried out, it is possible to conclude that: the growth of the set of rocket bundles plants increases with the increase of the cultivation spacing in all seasons of the year; and the spacing between clusters of 16 cm provided greater agronomic efficiency, being, therefore, recommended for the periods studied.

Keywords: *Eruca sativa* Miller; Plant density; Soilless cultivation; Greenhouse; Ecophysiology; NFT.

¹Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (80 p.) may, 2021.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A cultura da rúcula	4
2.2 Sistemas de cultivo sem solo	5
2.3 Crescimento de plantas	9
2.4 Radiação solar e a produção vegetal	12
2.5 Espaçamento entre plantas	13
2.6 Referências bibliográficas	14
3 ARTIGO 1.....	19
3.1 INTRODUÇÃO	22
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.2.1 Localização, período e infraestrutura de cultivo	24
3.2.2 Material vegetal e produção de mudas	25
3.2.3 Sistema de cultivo em NFT	25
3.2.4 Manejo da cultura e da solução nutritiva	26
3.2.5 Tratamentos e delineamento experimental	27
3.2.6 Coletas dos dados ambientais e avaliações do molho de plantas	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.4 CONCLUSÕES	38
3.5 REFERÊNCIAS	38
4 ARTIGO 2.....	42

	Página
4.1 INTRODUÇÃO	45
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	47
4.2.1 Localização, período e infraestrutura de cultivo	47
4.2.2 Material vegetal e produção de mudas	47
4.2.3 Sistema de cultivo em NFT	48
4.2.4 Manejo da cultura e da solução nutritiva	49
4.2.5 Tratamentos e delineamento experimental	50
4.2.6 Coletas dos dados ambientais e avaliações do molho de plantas	50
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.4 CONCLUSÕES	61
4.5 REFERÊNCIAS	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
6 APÊNDICES	68

RELAÇÃO DE FIGURAS

ARTIGO 1	Página
1. Área foliar de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do verão (A e C) e da primavera (B e D). UFRGS, 2020.	30
2. Área média das folhas de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do verão (A e C) e da primavera (B e D). UFRGS, 2020.	32
3. Número de folhas de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (B) e ao longo do ciclo de cultivo (C) em sistema NFT na primavera. E efeito dos dias após o transplântio no verão (A). UFRGS, 2020.	33
4. Massa seca de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do verão (A e C) e da primavera (B e D). UFRGS, 2020.	35
5. Massa fresca de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do verão (A e C) e da primavera (B e D). UFRGS, 2020.	36
ARTIGO 2	
1. Área foliar de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do outono (A e C) e do inverno (B e D). UFRGS, 2020.	53
2. Área média das folhas de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em	

sistema NFT nas estações do outono (A e C) e do inverno (B e D). UFRGS, 2020.	55
3. Número de folhas de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do outono (A e C) e do inverno (B e D). UFRGS, 2020.	57
4. Massa seca de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do outono (A e C) e do inverno (B e D). UFRGS, 2020.	59
5. Massa fresca de molhos de rúcula de acordo com o espaçamento dentro do canal de cultivo (A e B) e ao longo do ciclo de cultivo (C e D) em sistema NFT nas estações do outono (A e C) e do inverno (B e D). UFRGS, 2020.	60

APÊNDICES

1. Croqui dos experimentos e demonstração da disposição do espaçamento em formato quincôncio.	68
2. Molhos de plantas de rúcula em função dos espaçamentos na linha (canal hidropônico) de 8, 12, 16, 20 e 24 cm, na colheita dos períodos de primavera (A) e de inverno (B).	69
3. Plantas de rúcula que compõe o molho em função dos espaçamentos na linha (canal hidropônico) de 8, 12, 16, 20 e 24 cm, na colheita do período de inverno.	69

1 INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) é uma hortaliça folhosa herbácea, pertencente à família Brassicaceae, originária do sul da Europa e do oeste da Ásia, com clima temperado. Possui desenvolvimento rápido e ciclo curto. Em sua composição nutricional, é rica em potássio, enxofre, ferro, vitaminas A e C e destaca-se em relação as outras hortaliças pelo sabor picante e odor agradável (Genuncio *et al.*, 2011). Suas folhas são consumidas no Brasil geralmente na forma de saladas (Filgueira, 2008). A rúcula é comercializada em molhos de plantas e a preferência pelos consumidores tende a ser por folhas com maior crocância, cor e formato padrão e elevada durabilidade de prateleira (Koch, 2017).

Esta hortaliça pode ser cultivada em ambiente protegido, sistema de cultivo que tem se expandido em todas as regiões do Brasil (Machado *et al.*, 2011). A rúcula é uma espécie cosmopolita, porém originalmente cultivada no inverno em áreas mais secas e tolerar temperaturas abaixo de -4°C (Garg; Sharma, 2014). Segundo Costa *et al.* (2011), no cultivo em ambiente protegido é possível obter-se diversas vantagens como, por exemplo, a possibilidade de controle total ou parcial das condições climáticas que afetam o crescimento e desenvolvimento da rúcula, como temperatura, umidade do ar, radiação solar e vento. Portanto, a técnica possibilita maior crescimento e desenvolvimento das plantas, otimizando a eficiência produtiva e a maior qualidade dos produtos.

A intensificação dos sistemas de cultivo de hortaliças em ambiente protegido tem ocasionado problemas de contaminação de solos e da água. O aparecimento dessas dificuldades

e o cultivo de espécies que exigem tratos culturais intensivos levaram à busca de novas alternativas, como os sistemas de cultivo sem solo, nos quais a produção se desvincula da qualidade do solo (Strassburger, 2010). Neste sentido, cada vez mais a Técnica do Filme de Nutrientes (*Nutrient Film Technique* - NFT) vem sendo empregada para o cultivo de hortaliças, em especial, as folhosas (Bezerra Neto; Barreto, 2011/2012).

O sistema hidropônico tipo NFT (*Nutrient Film Technique*), é um método de cultivo de plantas sem solo, sendo uma técnica de fluxo laminar intermitente cíclico de água e nutrientes, onde as raízes recebem uma solução nutritiva balanceada essencial ao desenvolvimento da planta, o que facilita um controle mais adequado da nutrição da hortaliça produzida (Luz *et al.*, 2011). Apesar de ser um sistema considerado de alto investimento inicial, proporciona maior comodidade ao trabalho e ergonomia, podendo ser implantado em áreas menores. Todavia, alguns aspectos importantes precisam ser elucidados para aprimorar o cultivo da rúcula em NFT e aumentar o crescimento das plantas e, conseqüentemente, a sua produção.

O crescimento pode ser definido como a produção e distribuição da biomassa entre os órgãos da planta (Marcelis, 1993), o qual é diretamente influenciado pelo ambiente de cultivo, sendo o espaçamento entre plantas um importante componente a ser considerado. O comportamento biológico esperado, dentro de determinados limites, é o aumento do crescimento individual da planta quando cultivada em maiores espaçamentos, porém reduzida produção de biomassa por unidade de área. Menores espaçamentos tendem a reduzir o crescimento individual e incrementar a produção por unidade de área (Purquerio, 2005). Desta forma, se faz necessária uma avaliação que proporcione equalizar o crescimento individual e a produção da rúcula em NFT, uma vez que relatos científicos sobre o tema não foram encontrados.

Ao longo das estações climáticas do ano, nas condições subtropicais e temperadas, a produção de biomassa varia conforme a quantidade de radiação solar que incide sobre a

superfície da vegetação e da parte dessa radiação que é absorvida pelo dossel para fazer a fotossíntese, assim como das faixas de temperatura que também variam durante o ano. A absorção da radiação solar depende essencialmente da área foliar, que se torna maior em função do crescimento e do desenvolvimento da cultura. O espaçamento entre plantas é determinante no tamanho máximo da área foliar atingida pela cultura e no intervalo de tempo transcorrido da emergência até a estabilização do crescimento e, portanto, da absorção da radiação solar incidente. No verão, tanto temperatura quanto radiação apresentam valores mais elevados e, assim, propiciam aumento da taxa fotossintética das plantas e, com isso, há a possibilidade de uso de maior adensamento de plantas. De maneira oposta, no inverno, a radiação solar é reduzida, assim como as médias das temperaturas, o que reduz a taxa fotossintética e se faz necessário um menor adensamento de plantas (Andriolo, 1999). Portanto, mudanças no espaçamento entre molhos de plantas de rúcula podem promover alterações no crescimento das plantas, sendo necessário o conhecimento desse comportamento.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o crescimento de molhos de rúcula cultivada em ambiente protegido, no sistema hidropônico tipo NFT, em diferentes espaçamentos entre molhos de plantas, nas quatro estações do ano, nas condições climáticas de Porto Alegre, RS.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da rúcula

A rúcula (*Eruca sativa* Miller) já era documentada na literatura antiga desde o período helenístico (323 a.C.) como uma planta para tempero, alimentação e uso medicinal. É uma espécie originária do mediterrâneo e tem sido cultivada para utilização na forma de salada (Yaniv *et al.*, 1998; Ryder, 2002). Foi tradicionalmente cultivada em países como a Itália e, devido a sua pungência, além de consumida na forma de salada, também, é comumente utilizada em pizzas (Morales; Janick, 2002).

A rúcula pertence à família Brassicaceae, sendo uma hortaliça herbácea de porte baixo, folhas tenras e alongadas, sendo a folha a parte comestível e comercial da planta. A coloração de suas folhas varia em tonalidades do verde, do claro ao escuro. Se desenvolve adequadamente em condições de clima temperado e de boa disponibilidade de água durante todo o ciclo produtivo (Cruz *et al.*, 2008). Apesar da rúcula se desenvolver adequadamente em temperaturas abaixo de 25°C, o seu cultivo vem ocorrendo em diversas regiões do Brasil em diferentes estações climáticas. Entretanto, com o aumento da temperatura, pode ocorrer emissão do pendão floral precocemente (Filgueira, 2008). Climaticamente a rúcula é uma espécie cosmopolita, porém originalmente cultivada no inverno em áreas mais secas e tolerar temperaturas abaixo de -4°C (GARG; SHARMA, 2014).

Nutricionalmente, é rica em minerais como potássio, enxofre, ferro e de vitaminas como A e C (Gonzalez *et al.*, 2006). Quando comparado ao cultivo convencional em solo, a rúcula cultivada em sistema hidropônico tem qualidade organoléptica diferenciada, devido a maior quantidade de glucosinolatos, que também explica a preferência dos consumidores, pois esta confere o sabor picante à planta (Di Gioia *et al.*, 2018). Foi constatado que a rúcula é rica em compostos bioativos e a atividade antioxidante, demonstrando um potencial de uso desta planta como fonte de antioxidantes naturais. Acrescentando-se que há diferenças significativas nas concentrações destes elementos para a rúcula cultivada em localidades distintas, demonstrando alta responsividade frente ao ambiente em que está inserida (Matev *et al.*, 2018).

Desde a década de 90, a rúcula tem ganhando mercado, se observando um crescimento da produção e comercialização, ocorrendo a expansão de seu cultivo entre os pequenos e médios produtores (Alves; Sá, 2010). Do ano 2015 para o ano 2016, observou-se um acréscimo de mais de 100% na quantidade comercializada, a qual passou de 2046 toneladas em 2015 para 4165 em 2016. As regiões Sul e Sudeste foram as maiores produtoras de rúcula no país, sendo as principais cidades fornecedoras Piedade – SP (45%) e Ibiúna – SP (17%) (CEAGESP, 2019).

A adaptação das espécies de importância econômica às condições do ambiente tem demonstrado que a época de cultivo vem sendo considerada como um aspecto tecnológico para o êxito da produção, uma vez que para cada espécie há uma condição climática ótima para o crescimento (Moura *et al.*, 2009). Em determinadas épocas do ano no sul do Brasil, a produção de rúcula a céu aberto é prejudicada, devido à grande quantidade de chuva e à temperatura do ar elevada, que podem reduzir o rendimento e a qualidade (Reghin *et al.* 2005).

2.2 Sistemas de cultivo sem solo

O cultivo sem solo é uma técnica utilizada desde a antiguidade, sendo aplicada para a criação de jardins por civilizações do passado como, por exemplo, os jardins suspensos na

Babilônia, os jardins flutuantes dos Astecas e os jardins da China Imperial. Os estudos sobre o cultivo sem solo foram desenvolvidos ao longo dos anos, mas a ampliação desta forma de produção começou de fato a partir da década de 20, devido ao desenvolvimento do cultivo em estufas e ao surgimento de distúrbios associados à utilização massiva do solo (Resh, 1997).

Mais recentemente, o cultivo sem solo pode ser definido como *“todo o método de cultivo de plantas sem o uso de solo como meio de enraizamento, no qual os nutrientes inorgânicos absorvidos pela raízes são fornecidos através da água de irrigação”*. Nos cultivos sem solo, as raízes das plantas podem crescer em meios porosos, como os substratos, sendo regularmente irrigados com solução nutritiva, assim como podem estar diretamente na solução nutritiva sem a presença de nenhuma fase sólida. O volume de enraizamento e sua uniformidade são restringidos drasticamente, sendo essas as principais características que diferem as culturas cultivadas sem solo das culturas cultivadas no solo (Savvas, 2013).

No cultivo sem solo, o sistema de produção vegetal em hidroponia foi o primeiro a ser desenvolvido a nível comercial. Hidroponia deriva do grego hydro (água) e ponos (trabalho) e significa trabalho com água. A hidroponia é uma das técnicas de cultivo de plantas, na qual os nutrientes minerais essenciais são fornecidos para as raízes destas por meio da solução nutritiva equilibrada para suprir suas necessidades nutricionais (Bezerra Neto; Barreto, 2011/2012).

Houve uma rápida expansão mundial de sistemas hidropônicos nas últimas três décadas, possivelmente uma das explicações é o cultivo ser na ausência de solo e sem as dificuldades que estão associadas a ele, principalmente pela maior incidência de patógenos de solo e a salinidade causada pela adubação mineral acarretada pelo cultivo intensivo do solo na mesma área, além da diminuição da estrutura e da fertilidade do solo. Devido a isso, tem-se tornado cada vez mais importante o cultivo protegido, tanto em estufas modernas e totalmente equipadas, quanto em construções simples de cultivo protegido, projetando-os para maior produção e otimização das condições climáticas (Savvas, 2013).

Segundo Furlani *et al.* (1999), a hidroponia tem seu primeiro registro no Brasil em São Paulo na década de 90, sendo hoje bastante utilizada comercialmente em grandes centros urbanos. Também é muito empregada em pesquisa hortícola e na produção comercial de diversas hortaliças. No Brasil, tem ganhado espaço em todos os estados para fins comerciais, didáticos e de pesquisa, destacando-se o estado de São Paulo como a maior região produtiva em hortaliças hidropônicas no país (Oliveira *et al.*, 2012). No início deste milênio, o Rio Grande do Sul já era um dos estados com destaque no cultivo hidropônico em escala comercial com crescimento ascendente (Santos, 2000). Também eram crescentes o montante comercializado e a valorização da rúcula, demonstrando a sua rentabilidade (Purquerio *et al.*, 2007). Entre os anos 2015 e 2016 ocorreu um acréscimo de mais de 100% na quantidade comercializada da rúcula, sendo as regiões Sul e Sudeste as maiores produtoras no Brasil (CEAGESP, 2019).

Entre os sistemas hidropônicos de produção, a técnica do fluxo laminar de nutrientes – NFT (*Nutrient Film Technique*) destaca-se como a mais utilizada (Santos, 2009), sendo esta criada por Allen John Cooper, no ano de 1965 (Cooper, 1996). Nesse sistema de produção, a solução nutritiva está presente em forma de lâmina sobre uma superfície, onde alcança as raízes das plantas, fornecendo os nutrientes necessários a elas. O sistema mantém o sistema radicular parcialmente submerso na solução nutritiva equilibrada (Martinez, 1999). Os componentes que estão presentes no sistema são um tanque de armazenamento de solução nutritiva, uma motobomba para fluxo cíclico da solução nutritiva através de canais de cultivo fixados nas bancadas (Santos, 2000; Helbel Júnior, 2004). As raízes das plantas permanecem parcialmente imersas no fluxo de uma solução nutritiva, sendo que dois terços das raízes devem estar submersas na solução nutritiva e um terço não submersa, absorvendo oxigênio (Staff, 1998). A altura da lâmina de nutrientes deve estar entre 0,5 e 1,0 cm (Cooper, 1996).

O sistema de produção hidropônico NFT caracteriza-se por ser fechado devido ao seu sistema hidráulico, ou seja, há o bombeamento da solução nutritiva de um tanque de

armazenamento para os canais hidropônicos, e após isso ocorre o retorno para o tanque (Faquin; Furlani, 1999) ocorrendo a recirculação da solução nutritiva. Também pode ser destacada no sistema NFT a intermitência da circulação da solução nutritiva que ocorre em ciclos alternados de bombeamento. O objetivo da intermitência é alternar o fluxo de solução nutritiva, manter a umidade relativa e a temperatura em níveis adequados na parte interna do canal de cultivo, além de aumentar oxigenação das raízes (Cooper, 1996).

As vantagens do sistema hidropônico tipo NFT são: rapidez no trabalho de substituição de cultivos; controle mais preciso da nutrição; possibilidade de manter a temperatura ótima da solução nutritiva para as raízes por meio de um sistema de aquecimento e ou refrigeração; redução de danos às plantas em seu transplante; facilidade para ajustar a formulação da solução nutritiva; significativa diminuição do estresse hídrico; e uso racional da água ao utilizar um sistema fechado (Resh, 2012). Outras vantagens, como: em uma adaptação do sistema NTF, a possibilidade de cultivar em substratos mais próximos a inércia; maior número de colheitas por ano; redução da aplicação de fertilizantes, restringindo ou até mesmo eliminando a lixiviação para meio ambiente.

O sucesso do cultivo em NTF também está relacionado à solução nutritiva, levando em conta o preparo e manejo da mesma, pois é determinante para o crescimento das plantas e para a qualidade do produto final (Martinez, 1999; Guerra *et al.* 2009). Deve ser monitorada constantemente, promovendo ajustes no pH e na condutividade elétrica. O pH ideal para a solução deve ficar entre 5,5 e 6,5, pois esta é a faixa mais adequada para absorção de nutrientes pelas espécies vegetais (Moraes, 1997; Sedyama; Pedrosa, 2007). As soluções nutritivas possuem variações frequentes de pH por não terem poder tamponante (Furlani *et al.*,1999).

O sistema hidropônico NTF é uma boa alternativa para o cultivo de rúcula, já que esse sistema de produção promove grande durabilidade e uniformidade do produto e bom aproveitamento das folhas (Venzon; Paula Júnior; 2007). O cultivo da rúcula já vem sendo

estudado em sistema NFT. Pinheiro *et al.* (2021a) avaliou a produção em sistema NFT sob densidades de plântulas por molho (5, 10, 15, 20 e 25) e diferentes concentrações da solução nutritiva (75% e 100%) da solução nutritiva proposta por Santos *et al.* (2010), no estado do Rio Grande do Sul. Na primavera e verão, os autores concluíram que a concentração de 100% da solução nutritiva, com uso da densidade de 15 a 20 plântulas por molho, apresenta os melhores resultados para ambas as épocas avaliadas. No outono e inverno, os autores concluíram que para qualidade e aparência de embalagem satisfatória ao consumidor, a densidade de 10 plântulas por molho torna-se a mais recomendada na concentração de 100% da solução nutritiva (Pinheiro *et al.*, 2021b).

Também vem sendo estudado em sistema NFT o cultivo da rúcula baby leaf, visando mercados emergentes de alta gastronomia. Porto (2019) observou o efeito de diferentes densidades de sementes por células (4, 8, 12, 16 e 20 sementes), em sistema NFT sobre o crescimento de rúcula baby leaf. A maior densidade de sementes (20 por célula) propiciou aumento da altura das plantas e da massa fresca e seca de parte aérea. O cultivo em hidroponia do tipo NFT demonstrou eficiência quanto a precocidade desejável para plantas de rúcula baby leaf.

2.3 Crescimento de plantas

Crescimento é a expansão irreversível do volume ou tamanho da planta, geralmente acompanhado do aumento da massa seca (Floss, 2006). Os processos fisiológicos responsáveis pela produção e crescimento das plantas cultivadas são intimamente influenciados pelos fatores climáticos (Silva *et al.*, 2000). Segundo Pôrto *et al.* (2012), as condições climáticas de uma dada estação do ano podem ter variações de acordo com a região de cultivo em função das diferenças de latitude, altitude, temperatura do ar, umidade relativa do ar e a intensidade e duração do período de luminosidade.

O crescimento também pode ser definido como a produção e partição da matéria seca entre os diferentes órgãos da planta (Peil; Gálvez, 2005). A análise de crescimento é um método que quantifica as mudanças morfológicas e fisiológicas da planta ao longo do tempo, avaliando a produção fotossintética, através do acúmulo de matéria seca. Com esse método obtém-se informação básica da produção do cultivo utilizando-se de equipamentos simples (Falqueto *et al.*, 2009), como por exemplo a estufa de secagem e a balança de precisão.

Os fatores ambientais são limitantes ao crescimento das plantas. Alterações nos fatores ambientais, como variações de temperatura, umidade relativa, fotoperíodo, arranjo de plantas, espaçamento de plantio, e instalações utilizadas para o cultivo promovem processos e respostas biológicas das plantas. A ciência que trata de tais relações é a ecofisiologia (Dias, 2018), sendo o crescimento de plantas um dos segmentos desta ciência. Sobre os fatores ambientais, segundo Costa *et al.* (2011), em cultivo em ambiente protegido há possibilidade de controle parcial ou total sobre a temperatura, umidade do ar e radiação solar.

A produção de biomassa, logo, o crescimento, depende de fatores como a disponibilidade de radiação solar que chega na superfície do dossel e do quanto dessa radiação é absorvida pela cobertura vegetal para realizar a fotossíntese. A absorção da radiação solar depende da área foliar, que aumenta com o crescimento e o desenvolvimento da cultura (Andriolo, 1999). A capacidade produtiva de determinada cultura pode sofrer diminuição devido à competição entre plantas por água, luz e nutrientes em cultivos mais adensados. Para a planta ter um crescimento adequado, a população ideal de plantas é aquela considerada suficiente para que a área foliar ótima seja atingida, propiciando maior interceptação da luz, maximizando o potencial produtivo da cultura (Oliveira *et al.* 2010).

O crescimento da rúcula no solo sob diferentes espaçamentos (5, 7 e 10 cm na linha) no verão, estudado por Purquerio (2005), demonstrou que aos 23 dias após a semeadura, a massa seca teve acúmulo acentuado para todos os tratamentos, indicando que a partir deste período

ocorre o maior crescimento vegetativo da planta. O autor relata que tanto a campo quanto em ambiente protegido, o maior acúmulo de massa fresca e seca foi proporcionado pelos maiores espaçamentos entre plantas. O autor obteve a campo os valores de 19,7 e 1,5 g por molho de quatro plantas de rúcula para massa fresca e seca, respectivamente, para o maior espaçamento de 10 cm. Esses valores foram superiores aos encontrados no menor espaçamento (5 cm), que foram de 15,7 e 1,1 g molho⁻¹. No ambiente protegido, no maior espaçamento foi obtido 48,5 e 3,1 g molho⁻¹, enquanto no menor espaçamento foi obtido 39,5 e 2,6 g molho⁻¹.

O efeito do espaçamento entre plantas sobre o crescimento de rúcula cultivada no solo foi estudado por Reghin *et al.* (2004), que utilizaram os espaçamentos de 5, 10, 15 e 20 cm, e observaram que no outono, a massa seca foi de 1,1 e 1,46 g planta⁻¹ nos espaçamentos de 15 e 20 cm, respectivamente, e de 0,8 e 0,9 g planta⁻¹ nos espaçamentos de 5 e 10 cm, respectivamente. No inverno, para massa seca média, os autores obtiveram 1,6 e 1,9 g planta⁻¹ nos espaçamentos de 15 e 20 cm, respectivamente, e de 1,0 e 1,3 g planta⁻¹ nos espaçamentos de 5 e 10 cm, respectivamente. Os resultados reportados evidenciam que o decréscimo de massa fresca e seca em função da redução do espaçamento é independente da estação de cultivo (Reghin *et al.*, 2005).

Pegado *et al.* (2004) observaram, em seus estudos com espaçamentos (5 e 10 cm) para rúcula em solo e ambiente protegido (túneis), no menor espaçamento uma reduzida área foliar de 669,8 cm² em comparação ao maior espaçamento que proporcionou 986,1 cm², sendo uma redução de 32,1%. Purquerio (2005), tanto no campo quanto em ambiente protegido, encontrou resultados semelhantes para a área foliar da rúcula sob efeito de espaçamentos de 5, 7 e 10 cm no verão, obtendo respectivamente na última coleta os valores de 281,3, 302,5 e 335,7 cm² no campo e 659,2, 780,9 e 786,2 cm² no ambiente protegido. No outono/inverno, encontrou no maior espaçamento área foliar superior aos demais espaçamentos, obtendo 938,0 e de 1034,8 cm² por molho de quatro plantas, no campo e em ambiente protegido, respectivamente. Quando

comparado ao menor espaçamento, o maior espaçamento obteve 19,8% e 15,0% a mais de área foliar, no campo e em ambiente protegido, respectivamente.

2.4 Radiação solar e a produção vegetal

O ambiente tem impacto direto sobre o crescimento vegetal, sendo a radiação solar e a temperatura os principais fatores ambientais que afetam os processos fisiológicos da planta, tais como respiração, transpiração, condutância estomática e fotossíntese (Silva *et al.*, 2000). Vieira *et al.* (2010) ressaltam que para a fotossíntese, a luz é um fator determinante, pois em função da luz é que há a conversão da energia luminosa para a química. O papel da intensidade e a da qualidade da radiação é essencial no desenvolvimento morfológico das plantas, propiciando maior eficiência do aparato fotossintético na absorção e no melhor aproveitamento da energia radiante (Martins *et al.*, 2009). A luz é um dos fatores abióticos mais importantes que afeta a fisiologia e a morfologia dos vegetais. As modificações morfofisiológicas que ocorrem nas plantas são relacionadas principalmente com a manutenção da eficiência do balanço entre o ganho de carbono, pela fotossíntese, e a perda de água, pela transpiração (Taiz *et al.*, 2017).

Contudo, existem evidências de que a radiação em excesso pode afetar negativamente o crescimento das plantas e, no caso das culturas de interesse comercial, também a suas variáveis produtivas (Pereira *et al.*, 2011). A luz solar em grande quantidade pode prejudicar a fotossíntese, visto que a eficiência do processo fotossintético tende a ser drasticamente restringida quando as plantas estão sob altos níveis de radiação, principalmente sob condições adversas do meio ambiente (Brant *et al.*, 2011). Acima do ponto de saturação, o aparato fotossintético sofre danos, tornando-se inativo e isto ocorre quando as folhas são expostas à quantidade de luz maior do que podem utilizar. Este processo é conhecido pelo termo fotoinibição e esse fenômeno acarreta na redução da fotossíntese (Taiz *et al.*, 2017).

Os processos biológicos se desenvolvem na faixa do espectro denominado luz visível, que está entre 400 e 700 nm, sendo este intervalo a principal fonte de energia para a fotossíntese. Em torno de 85 a 90 % da radiação fotossinteticamente ativa (RAF) é assimilada pelos pigmentos primários principalmente nas regiões do azul e do vermelho (Vieira *et al.*, 2010).

Devido à sua capacidade de realizar fotossíntese, as plantas que estão posicionadas favoravelmente, acima do dossel, podem obter rapidamente a energia e os nutrientes que necessitam para sobreviver e crescer. Constata-se nelas uma anatomia relativamente rígida, adaptada à captura de energia luminosa e de nutrientes (Taiz *et al.*, 2017).

2.5 Espaçamento entre plantas

O espaçamento ideal proporciona distribuição uniforme de plantas por área, ou seja, equidistante entre plantas, proporcionando maior eficiência no uso da luz, água e nutrientes. (Läuter, 1994). De acordo com Bullock *et al.* (1988), formas de distribuição mais adequadas, das plantas, buscando a utilização de espaçamentos reduzidos, podem aumentar o crescimento inicial da cultura, levando a uma maior interceptação e eficiência de uso da radiação solar.

De acordo com Silva *et al.* (2000), o efeito do espaçamento é refletido nas características fisiológicas e morfológicas da planta. Oliveira *et al.* (2010) complementam que o crescimento do vegetal depende do máximo aproveitamento dos fatores que o afetam, potencializando a produção final, além de contribuir para a qualidade do produto.

A carência de informações a respeito do espaçamento mais adequado no cultivo de hortaliças tem incentivado o desenvolvimento de várias propostas com relação a essa prática. A intenção de trabalhar com espaçamentos adequados é com relação à distribuição uniforme das plantas na área de cultivo, permitindo explorar com maior eficiência os elementos disponíveis no ambiente, tais como água, luz e nutrientes (Mondin *et al.*, 1988; Purquerio *et al.*, 2007). Para Lima *et al.* (2007), a população ideal de plantas é aquela considerada suficiente

para atingir o tamanho máximo da área foliar, a fim de interceptar o máximo de radiação solar útil à fotossíntese, maximizando a produção de massa seca da planta.

As mudanças em espaçamento provocam uma série de alterações no crescimento e no desenvolvimento das plantas e necessitam de uma caracterização. A cultura da rúcula já demonstrou diferenças produtivas entre espaçamentos diferentes no cultivo em solo (Moura *et al.*, 2009). O efeito de espaçamentos entre plantas no cultivo de rúcula, estudado por Purquerio *et al.* (2007), mostraram que o menor espaçamento promoveu maior competição e reduziu o crescimento da planta, porém houve uma maior produção de biomassa por unidade de área. Essa última afirmação corrobora o resultado obtido por Pegado *et al.* (2004), que observaram para espaçamento de 0,05 x 0,10 m maior produção de rúcula por unidade de área, quando comparado ao espaçamento 0,10 x 0,10 m, resultados que podem ser justificados pelo maior número de plantas por área.

2.6 Referências

- ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Avaliação do vigor de sementes de rúcula pelo teste de lixiviação de potássio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 32, n. 2, p. 108-116, 2010.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 8/9, p. 107-137, 2011/2012.
- BRANT, R. S. *et al.* Adaptações fisiológicas e anatômicas de *Melissa officinalis* L. (*Lamiaceae*) cultivadas sob malhas termorreletores em diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Plantas Medicináveis**, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 467-474, 2011.
- BULLOCK, D. G.; NIELSEN, R. L.; NYQUIST, W. E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 254-258, 1988.
- CARMELLO, Q. A. C. **Cultivo hidropônico de plantas**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1996. 43 p.
- CEAGESP - COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Produtos**: rúcula: [produção 2015/2016]. São Paulo, [2020]. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/produtos/rucula-2/>. Acesso em: 19 jun. 2020.

COOPER, A. **The ABC of NFT**. Narrabeen: Casper, 1996. 171 p.

COSTA, C. M. F. *et al.* Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, ano 32, n. 1, p. 93-102, 2011.

CRUZ, A. L. M. *et al.* Caracterização morfológica de variedades comerciais de rúcula (*Eruca sativa*). **Horticultura Brasileira**, Monte Carlos, v. 26, n. 2, p. S4071-S4074, 2008.

DI GIOIA, F. *et al.* Glucosinolate profile of *Eruca sativa*, *Diplotaxis tenuifolia* and *Diplotaxis eruroides* grown in soil and soilless systems. **Journal of Food Composition and Analysis**, Santa Cruz de Tenerife, v. 69, p. 197–204, 2018.

DIAS, J. P. T. (org.). **Ecofisiologia de culturas agrícolas**. Belo Horizonte: UEMG, 2018. v. 1.

FALQUETO, A. R. *et al.* Partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 453-461, 2009.

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, p. 99-104, 1999.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2008. 402 p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia de plantas cultivadas**: o estudo que está por trás de tudo que se vê. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 481, p. 777-778, 1999.

GARG, G.; SHARMA, V. *Eruca sativa* (L.): botanical description, crop improvement, and medicinal properties. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, Abingdon, v. 20, n. 2, p. 171–182, 2014.

GENUNCIO, G. C. *et al.* Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 605-608, 2011.

GONZALEZ, A. F.; AYUB, R. A.; REGHIN, M. Y. Conservação de rúcula minimamente processada produzida em campo aberto e cultivo protegido com agrotêxtil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, p. 360-362, 2006.

GUERRA, G. M. P. *et al.* Cultivo hidropônico de rúcula em diferentes concentrações de solução nutritiva, em sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v. 22, n. 2, [p. 1-6], jul. 2004. Supl. 2. Trabalho apresentado no 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, realizado em 2004. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_647.pdf. Acesso em: 30 jun. 2019.

HELBEL JÚNIOR, C. **Produção de alface hidropônica em função da composição da solução nutritiva e vazões**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

KOCH, P. *et al.* O mercado de folhosas: números e tendências. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE FOLHOSAS*, 2., 2017, Nova Friburgo, RJ. [**Trabalhos apresentados**]. Campinas: ABCSEM, 2017. [p. 1-17].

LAÜER, J. Should I be planting corn at a 30-inch row spacing? **Wisconsin Crop Manager**, Madison, v. 1, n. 6, p. 6-8, 1994.

LIMA, S. S. L. *et al.* Desempenho agroeconômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 407-413, 2007.

LUZ, J. M. Q. *et al.* Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 6, n. 3, p. 76-82, 2011.

MACHADO, F. F. *et al.* Análise de frações de fibra alimentar em rúcula e alface em diferentes estágios de maturação, sob sistema hidropônico. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 3, n. 2, p. 401-406, 2011.

MARCELIS, L. F. M. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 54, p. 123-130, 1993.

MARTINEZ, H. E. P.; BARBOSA, J. G. Substratos para hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 200, n. 200/201, p. 81-89, 1999.

MARTINS, J. R. *et al.* Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 82-87, 2009.

MATEV, G. *et al.* Antioxidant activity and mineral content of rocket (*Eruca sativa*) plant from italian and bulgarian origins. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, Nitra, v. 8, n. 2, p. 756-759, 2018.

MONDIN, M. **Influência de espaçamentos, métodos de plantio e de sementes nuas e peletizadas, na produção de duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1988. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1988.

MORAES, C. A. G. **Hidroponia: como cultivar tomate em sistema NFT**. Jundiaí: DISQ Editora, 1997. 143 p.

MORALES, M.; JANICK, J. Arugula: a promising specialty leaf vegetable. *In: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (ed.). Trends in new crops and new uses*. Alexandria, VA: ASHS Press, 2002. p. 418-423.

MOURA, K. K. C. F. *et al.* Desempenho agrônômico de rúcula sob diferentes espaçamentos e épocas de plantio. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 449-454, 2009.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Desempenho de cultivares de rúcula submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Pombal, PB, v. 8, n. 3, p. 67-73, 2012.

OLIVEIRA, E. Q. *et al.* Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 1, p. 36-40, jan./mar. 2010.

PEGADO, D. S. *et al.* Densidade de plantio de rúcula, em sistemas de cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v. 22, n. 2, [p. 1-6], jul. 2004. Supl. 2. Trabalho apresentado no 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, realizado em 2004.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, J. L. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, p. 5-11, 2005.

PEREIRA, F. H. F. *et al.* Growth, assimilate partition and yield of melon charenthais under different shading screens. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p. 91-97, 2011.

PINHEIRO, W. D. *et al.* Densidade de plântulas e concentrações da solução nutritiva para rúcula hidropônica no período de primavera e verão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 23163-23176, 2021a.

PINHEIRO, W. D. *et al.* Rúcula hidropônica sob diferentes densidades e concentrações de solução no período de outono e inverno. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 23206-23220, 2021b.

PORTO, A. H. *et al.* Densidades de sementes em sistema hidropônico no desenvolvimento de rúcula baby leaf. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 9, p. 353-366, 2019.

PÔRTO, M. L. A. *et al.* Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 190-195, 2012.

PURQUERIO, L. F. V. *et al.* Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 464-470, jul./set. 2007.

PURQUERIO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

REGHIN, M. Y. *et al.* Efeito do espaçamento e do número de mudas por cova na produção de rúcula nas estações de outono e inverno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 953-959, 2005.

REGHIN, M. Y. *et al.* Respostas produtivas de rúcula em função do espaçamento e tipo de muda produzida em bandejas contendo duas ou quatro plântulas por célula. **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v. 22, n. 2, [p. 1-6], jul. 2004. Supl. 2. Trabalho apresentado no 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, realizado em 2004.

- RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos: nuevas tecnicas de producción**. 4. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1997.
- RESH, H. M.; HOWARD, M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower**. 6th ed. Santa Bárbara, CA: CRC, 2012.
- RYDER, E. J. The new salad crop revolution. *In*: JANICK, J.; WHIPKEY, A. (ed.). **Trends in new crops and new uses**. Alexandria, VA: ASHS Press, 2002. p. 408-412.
- SANTOS, O. S. **Elaboração de solução hidropônica para rúculas**. Santa Maria: UFSM /Colégio Politécnico, 2010. 8 p.
- SANTOS, O. S. (ed.). **Hidroponia**. Santa Maria: UFSM/Colégio Politécnico, 2009.
- SANTOS, O. S. Conceito, histórico e vantagens da hidroponia. *In*: SANTOS, O. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. p. 5-9.
- SAVVAS, D. *et al.* **Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: principles for mediterranean climate areas**. Rome: FAO, 2013. p. 303-354.
- SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W. **Hidroponia: uma técnica alternativa de cultivo**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.
- SILVA, V. F. *et al.* Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 183-187, 2000.
- STAFF, H. **Hidroponia**. 2. ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, 1998. 101 p. (Coleção Agroindústria, 11).
- STRASSBURGER, A. S. **Crescimento, partição de massa seca e produtividade do morangueiro em sistema de cultivo orgânico**. 2010. 121 f. Tese (Doutorado em Sistema de Produção Agrícola Familiar) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.
- TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J. **101 culturas manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: Epamig, 2007.
- VIEIRA, E. L. *et al.* **Manual de fisiologia vegetal**. São Luís: EDUFMA, 2010. 186 p.
- YANIV, Z.; SCHAFFERMAN, D.; AMAR, Z. Tradition, uses and biodiversity of rocket (*Eruca sativa*, Brassicaceae) in Israel. **Economic Botany**, New York, v. 52, n. 4, p. 394-400, 1998.