

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n4a558.1-9>

Influência de altas dosagens de cloreto de potássio no desenvolvimento de espécies em cultivo hidropônico

Regis Rates de Melo¹, Sara Lane Sousa Gonçalves², Francisco José Benedini Baccarin³, Weuler Alves Vasconcelos⁴, Sabrina do Couto de Miranda^{5*}

¹Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil.

²Professora da Universidade Estadual de Goiás, Departamento de Agronomia, Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil.

³Agrônomo na Agência Goiana de Defesa Agropecuária, Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil.

⁴Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, Analista Ambiental na Biota Projetos e Consultoria Ambiental, Goiânia, Goiás, Brasil.

⁵Professora da Universidade Estadual de Goiás, Departamento de Botânica, Palmeiras de Goiás, Goiás, Brasil.

*Autor para correspondência, E-mail: sabrinac.miranda@gmail.com

Resumo. A salinidade se refere à existência de níveis de sais solúveis no solo que podem prejudicar de forma significativa o rendimento das plantas cultivadas. Dentre os sais que podem estar envolvidos neste processo, podemos citar o Cloreto de potássio. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência de diferentes dosagens de Cloreto de potássio em cultivo hidropônico na sobrevivência e no desenvolvimento de três espécies com usos agrônômicos (*Melissa officinalis*, *Lactuca sativa* e *Eruca sativa*). Utilizando o sistema de hidroponia NFT (*Nutrient Film Technique*) foram testados seis tratamentos preparados a partir de solução comercial (*Hidrogood fert* – Kit de solução nutritiva hidropônica), calibrando-se a dosagem para 20 litros. Nos tratamentos foram testadas dosagens excedentes de Cloreto de potássio sendo 0g para o controle, 92, 184, 276, 368 e 460 gramas, nos tratamentos 1 a 5 respectivamente. No total foram 96 dias de experimentos divididos entre as espécies estudadas. A análise da mortalidade/sobrevivência dos indivíduos das diferentes espécies estudadas mostrou que todas obtiveram 100% de sobrevivência no tratamento controle do transplântio ao final do experimento. Doses adicionais de Cloreto de potássio testadas nos tratamentos 1 a 5 possibilitaram sobrevivência e desenvolvimento até certo limite imposto pelas habilidades adaptativas de cada espécie. A análise dos dados gerados pelas espécies demonstrou que a solução controle propiciou o desenvolvimento, contudo as variações nas dosagens de potássio testadas revelaram níveis diferenciados de sensibilidade sendo *Melissa officinalis* a mais sensível, *Lactuca sativa* de sensibilidade intermediária e *Eruca sativa* a menos sensível às altas concentrações de potássio.

Palavras chave: estresse salino, solução, sobrevivência

Influence of high doses of potassium chloride on the development of species in hydroponic cultivation

Abstract. Salinity refers to the existence of levels of soluble salts in the soil which can significantly impair the yield of cultivated plants. Potassium chloride is one of the salts that may be involved in this process. In this context, the objective of the present study was to verify the influence of different doses of potassium chloride in hydroponic cultivation on the survival and development of three species with agronomic uses (*Melissa officinalis*, *Lactuca sativa* and *Eruca sativa*). Using the NFT (*Nutrient Film Technique*) hydroponic system, six treatments prepared from commercial solution (*Hidrogood fert* - Hydroponic Nutritive Solution Kit) were tested, calibrating the dosage to 20 liters. In the treatments, excess doses of potassium chloride were tested, being 0g for control, 92, 184, 276, 368 and

460 grams, respectively, in the treatments 1 to 5. In total, 96 days of experiments were divided among the species studied. The analysis of mortality/survival of individuals of the different species studied showed that all had 100% survival in the transplantation control treatment at the end of the experiment. Additional doses of potassium chloride tested in treatments 1 to 5 enabled survival and development to a certain extent imposed by the adaptive skills of each species. The analysis of the data generated by the species showed that the control solution propitiated the development, however the variations in the potassium dosages tested revealed different levels of sensitivity, being *Melissa officinalis* the most sensitive, *Lactuca sativa* the intermediate sensitivity and *Eruca sativa* the least sensitive to the high concentrations of potassium.

Keywords: saline stress, solution, survival

Influencia de altas dosis de cloruro de potasio en el desarrollo de especies en cultivos hidropónicos

Resumen. La salinidad se refiere a la existencia de niveles de sales solubles en el suelo que pueden perjudicar significativamente el rendimiento de las plantas cultivadas. El cloruro de potasio es una de las sales que pueden estar involucradas en este proceso. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue verificar la influencia de diferentes dosis de cloruro de potasio en el cultivo hidropónico sobre la supervivencia y desarrollo de tres especies con usos agronómicos (*Melissa officinalis*, *Lactuca sativa* y *Eruca sativa*). Utilizando el sistema hidropónico NFT (*Nutrient Film Technique*), se probaron seis tratamientos preparados a partir de una solución comercial (*Hidrogood fert - Hydroponic Nutritive Solution Kit*), calibrando la dosis para 20 litros. En los tratamientos se probaron dosis excesivas de cloruro de potasio, siendo 0g para el control, 92, 184, 276, 368 y 460 gramos, en los tratamientos 1 a 5 respectivamente. En total, se dividieron 96 días de experimentos entre las especies estudiadas. El análisis de la mortalidad/supervivencia de los individuos de las diferentes especies estudiadas mostró que todos tenían una supervivencia del 100% en el tratamiento de control del trasplante al final del experimento. Dosis adicionales de cloruro de potasio probadas en los tratamientos 1 a 5 permitieron la supervivencia y el desarrollo hasta cierto punto impuesto por las habilidades de adaptación de cada especie. El análisis de los datos generados por la especie mostró que la solución de control propició el desarrollo, sin embargo, las variaciones en las dosis de potasio probadas revelaron diferentes niveles de sensibilidad, siendo *Melissa officinalis* la más sensible, *Lactuca sativa* de sensibilidad intermedia y *Eruca sativa* la menos sensible a las altas concentraciones de potasio.

Palabras clave: estrés salino, solución, supervivencia

Introdução

A salinidade, ou seja, o excesso de sais no solo produzido por uma combinação de irrigação excessiva e drenagem insuficiente, pode prejudicar de forma significativa o rendimento das plantas cultivadas e alterar de forma negativa as propriedades do solo (Taiz & Zeiger, 2009). Estima-se que 20% das terras irrigadas no mundo estejam afetadas por sais, tal condição gera o estresse salino que tem dois componentes: o estresse osmótico não específico relacionado ao déficit de água e os efeitos iônicos específicos resultantes da acumulação de íons tóxicos que causam citotoxicidade (Taiz & Zeiger, 2009). O problema relatado é mais grave em regiões áridas e semiáridas por apresentarem baixa pluviosidade e elevada demanda evaporativa. No Nordeste brasileiro são aproximadamente nove milhões de hectares salinizados, destacando-se os estados da Bahia e Ceará (Jesus, 2011).

Os sais geralmente são liberados dos minerais do material de origem (plagioclásio), predominantemente, os cátions Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+2} , K^{+} , e os ânions Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} e CO_3^{-2} (Ribeiro et al., 2009). O índice salino é o valor que indica o aumento da pressão osmótica de uma solução produzida por determinado fertilizante em comparação com o nitrato de sódio (índice salino = 100), portanto, a utilização de fertilizantes de alta salinidade, especialmente quando são aplicados em fertirrigação, pode acarretar a excessiva concentração de sais junto às raízes ocasionando perdas na produção (Trani & Trani, 2011).

Dentre os nutrientes minerais essenciais às plantas, o potássio (K) é classificado como um macronutriente. Este é absorvido pelas raízes na forma de cátion (K⁺) (Malavolta, 1980, 2006). O potássio é um elemento de alta mobilidade na planta, translocando-se dos tecidos mais velhos para os mais novos via xilema e floema. Não se tem conhecimento de toxidez causada pelo potássio em plantas, podendo o excesso interferir na absorção de outros cátions (Meurer, 2006; Prado, 2008).

A principal função do potássio é ser ativador enzimático, de acordo com a literatura mais de 60 enzimas dependem deste elemento para normalidade de suas funções, muitas com participação na respiração e fotossíntese (Prado, 2008; Taiz & Zeiger, 2009). O entendimento das funções dos elementos minerais em solução e as interações destes com outros e com a planta é essencial, principalmente em meios de cultivo hidropônico. Esta forma de produção vegetal está se desenvolvendo rapidamente, principalmente para hortaliças sob cultivo protegido.

O cultivo hidropônico também se mostra interessante para testagem de estresses em plantas, por exemplo, o causado por sais, pois favorece a experimentação em condições controladas. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo verificar a influência de diferentes dosagens de Cloreto de potássio em cultivo hidropônico na sobrevivência e no desenvolvimento de espécies com usos agrônômicos.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Palmeiras de Goiás (16°48'05.59" S e 49°55'18,78" O) que integra a mesorregião do sul goiano do estado e está distante da capital Goiânia 72 km (Cidades, 2019). O clima da região é típico do bioma Cerrado, com verões chuvosos e invernos secos, sendo classificado como Aw (Köppen & Geiger, 1928). Os valores médios de temperatura e pluviosidade nos últimos 30 anos foram de 25,04°C e 1.425 mm, respectivamente (Clima-Data.Org., 2019).

Espécies estudadas

A espécie *Melissa officinalis* L. pertence à família Lamiaceae e apresenta importância entre as plantas medicinais e aromáticas, devido à produção de óleo essencial utilizado nas indústrias de cosméticos, alimentos e farmacêutica (Ponce et al., 2004). *Melissa officinalis* é comumente conhecida como erva-cidreira, melissa, citronela-pequena, anafa, anafe, chá-de-frança citronela-menor, capim-cheiroso e capim cidreira. É uma planta perene com altura entre 30 e 60 cm, caule quadrangular, herbáceo, ereto e aromático, ramificando-se a partir da base e formando touceiras. As folhas são membranosas, verde-escura na parte superior e verde-claro na parte inferior, com 5 a 8 cm de comprimento, pecioladas, opostas, ovais, pilosas e com nervuras bem salientes. As flores de cor creme são dispostas em racemos axilares. Pode ser multiplicada por estacas ou sementes (Gonçalves & Lorenzi, 2007; Lorenzi et al., 2002).

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteraceae, é uma planta anual, e certamente uma das hortaliças mais consumidas no Brasil e no mundo. Praticamente todas as suas cultivares desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente no período vegetativo (Henz & Suinaga, 2009). *Lactuca sativa* é uma planta herbácea, caule diminuto no qual se prendem as folhas, sendo estas as partes comestíveis da planta e podem ser de dois tipos: lisas ou crespas. A coloração das plantas ainda pode variar do verde-amarelado até o verde escuro, podendo também ser roxa (Trani et al., 2004). Segundo Filgueira (2000), a espécie possui um sistema radicular muito ramificado e superficial.

A rúcula (*Eruca sativa* M.) é pertencente à família Brassicaceae, de origem mediterrânea, é conhecida como mostarda persa, agrião mostarda ou pinchão. Possui folhas de sabor picante sendo utilizadas em saladas. Trata-se de uma hortaliça de porte baixo, com uma altura entre 15 e 20 cm, normalmente com folhas compridas, pouco espessas, de coloração verde escura (Jesus, 2011). Segundo Campos Júnior et al. (2017), a rúcula é uma excelente escolha para produtores da agricultura familiar e pequenos produtores, por ser de fácil cultivo em canteiros ou em cultivo hidropônico e apresentar rápido crescimento. *Eruca sativa* pode ser colhida de uma só vez ou diversas vezes, cortando-se as folhas acima da gema apical possibilitando rebrota.

Construção do sistema hidropônico

A estrutura para implantação do cultivo hidropônico foi construída utilizando-se cavaletes metálicos, seis canos de 75 mm com 3 m de comprimento, espaçados 15 cm entre as tubulações e 40 cm entre os

orifícios onde foram colocadas as plantas. Foram feitos sete orifícios por cano, sendo seis para uso das espécies e um para a coleta de dados através do condutivímetro portátil. Cada sistema contou com uma moto bomba SB520 (bomba de aquário), que a 1,40 m de altura produz uma vazão de 0,6 L/min, funcionando continuamente durante todo o experimento. A solução hidropônica foi armazenada em caixas de isopor de 21 litros instaladas ao abrigo do sol e adaptadas para recebimento do retorno do sistema.

Utilizou-se um sistema de cultivo hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*) de circulação fechada para cada tratamento. Os tratamentos testados foram estabelecidos a partir da formulação hidropônica comercial denominada “*Hidrogood fert – Kit de solução nutritiva hidropônica*”, que possui as seguintes garantias: *Hidrogood Fert* NPK 10-09-28: Nitrogênio (N) – 10%; Fósforo (P₂O₅) - 9%; Cloreto de potássio (KCl) - 28%; Magnésio (Mg) - 3%; Enxofre (S) – 4%; Sulfato (SO₄) – 11,98%; Boro (B) – 0,06%; Cobre (Cu) – 0,01%; Manganês (Mn) – 0,05%; Molibdênio (Mo) – 0,07%; Zinco (Zn) – 0,02%; Índice salino – 98%; pH – 5,5; Condutividade elétrica (mS/cm) – 1,2; associado ao *Hidrogood Fert – Nitrato de Cálcio*: Nitrogênio (N) – 15,5%; Cálcio (Ca) – 18,0%; Índice salino – 95%; pH – 5,0; Condutividade elétrica mS/cm – 0,7; e, finalizando o kit com, *Hidrogood Fert* Quelato de Ferro EDDHA: Ferro (Fe) – 6,0%; Índice salino - 44,7%; pH – 8,8 (estabilidade em pH 3,5-8,5); Condutividade elétrica (mS/cm) – 0,59.

Cada parte do kit contém os seguintes pesos: *Hidrogood Fert* NPK 10-09-28 – 657,15 g; *Hidrogood Fert* Nitrato de Cálcio – 495,50 g; e, *Hidrogood Fert* Quelato de Ferro EDDHA: Ferro (Fe) – 9,1673 g. Totalizando 1.161,82 g de produtos que são o suficiente para o preparo de 1.000 litros de solução. As concentrações adicionais de KCl foram geradas a partir de um produto comercial da marca Adubos Araguaia®, sendo utilizado o Cloreto de potássio branco (60%) solúvel em água.

Para os experimentos foram testados seis tratamentos preparados (controle + cinco diferentes dosagens de Cloreto de potássio) ([Quadro 1](#)) a partir da solução comercial descrita acima se calibrando a dosagem para 20 litros. A calibração da dosagem para cada um dos tratamentos está descrita no [Quadro 1](#).

Quadro 1. Dosagens aplicadas nos tratamentos hidropônicos testados para três espécies com usos agrônômicos.

Tratamentos	<i>Hidrogood Fert</i> NPK 10-09-28	<i>Hidrogood Fert</i> Nitrato de Cálcio	<i>Hidrogood Fert</i> Quelato de Ferro EDDHA	Cloreto de Potássio (KCl)
Controle	13,143g	9,99g	0,1833g	0
Tratamento 1	13,143g	9,99g	0,1833g	92g
Tratamento 2	13,143g	9,99g	0,1833g	184g
Tratamento 3	13,143g	9,99g	0,1833g	276g
Tratamento 4	13,143g	9,99g	0,1833g	368g
Tratamento 5	13,143g	9,99g	0,1833g	460g

Germinação e produção de plântulas

Devido à falta de mudas de *Melissa officinalis* para a comercialização na região, procedeu-se a produção para uso nos experimentos. Assim, foram germinadas 768 sementes provenientes das marcas comerciais Feltrin®, Topseed® e Isla® em bandejas de isopor de 128 células, portanto utilizaram-se duas bandejas para cada marca com o substrato comercial Bioflora®. É importante ressaltar que, de modo geral, as sementes provenientes das três marcas apresentaram taxa de germinação inferior ao especificado na recomendação ao produtor. As sementes da marca Topseed® apresentaram taxa de germinação de 8% e a especificação ao produtor indicava uma taxa de 64%. Para a marca Isla® obteve-se 18% de germinação contra 82% da especificação e Feltrin® 40% contra 97% da especificação apresentada na embalagem.

As bandejas foram irrigadas diariamente com água do sistema de abastecimento do município desde a germinação até o replantio. Com 30 dias após a germinação foram selecionadas aleatoriamente 36 mudas da marca Feltrin®, onde se obteve a melhor taxa de germinação, estas foram transferidas para o sistema hidropônico. As mudas de *Lactuca sativa* e *Eruca sativa* foram adquiridas de um produtor local com aproximadamente 10 a 12 dias de germinação em espuma fenólica apresentando fitossanidade apropriada para uso no sistema hidropônico.

Condução do experimento e variáveis analisadas

O experimento foi conduzido na seguinte sequência: com a espécie *Melissa officinalis* no mês de novembro de 2018, *Lactuca sativa* no mês de dezembro 2018 e *Eruca sativa* no mês de janeiro de 2019, totalizando 96 dias de experimento com 32 dias para cada espécie. Preparou-se um novo conjunto de soluções para a composição dos tratamentos a cada espécie introduzida no sistema hidropônico.

No momento do transplântio foram realizadas mensurações nas mudas das três espécies estudadas, sendo avaliados os comprimentos totais de parte radicular e parte aérea utilizando-se um paquímetro digital, conforme descrição a seguir: parte radicular foi considerada a medida total desde o colo ou coleto até o ápice radicular no caso de *Melissa officinalis* e desde a parte superior da espuma fenólica até o ápice radicular para as outras duas espécies e a parte aérea considerada como a região acima do colo ou coleto em *Melissa officinalis* ou acima da espuma fenólica no caso das demais espécies. Ao final do experimento foram realizadas as mesmas avaliações nos parâmetros biométricos.

A condutividade elétrica da solução foi avaliação em cinco momentos, na etapa inicial de estabelecimento da solução em cada sistema e aos 8, 16, 24 e 32 dias. A avaliação de sobrevivência das mudas em solução em cada tratamento foi realizada diariamente ao longo do experimento para cada uma das espécies.

Para as análises estatísticas foi utilizado o programa BioEstat 5.3. Inicialmente foi realizada uma análise estatística descritiva dos parâmetros analisados para cada espécie. A normalidade foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk e atendido este pressuposto utilizou-se o teste *t* para amostras pareadas ao nível de significância de 0,01 de probabilidade para verificar diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Resultados e discussão

A análise da mortalidade/sobrevivência dos indivíduos das diferentes espécies estudadas mostrou que todas obtiveram 100% de sobrevivência no tratamento controle ao longo dos 32 dias de experimento conduzidos para cada espécie, após o replântio ([Tabela 1](#)). Este resultado mostra que a solução comercial em análise supre as demandas por nutrientes das plantas, mostrando-se eficiente para a sobrevivência e desenvolvimento em sistema hidropônico.

Tabela 1. Percentual de sobrevivência, após 32 dias de experimento, das espécies em cultivo hidropônico com diferentes concentrações de Cloreto de potássio.

Tratamentos	(KCl, g)	<i>Melissa officinalis</i>	<i>Lactuca sativa</i>	<i>Eruca sativa</i>
Controle	(0)	100%	100%	100%
Tratamento 1	(92)	33%	100%	100%
Tratamento 2	(184)	0%	66%	100%
Tratamento 3	(276)	0%	0%	83%
Tratamento 4	(368)	0%	0%	0%
Tratamento 5	(460)	0%	0%	0%

A análise da influência das diferentes dosagens de cloreto de potássio na sobrevivência/mortalidade dos indivíduos mostrou que das três espécies estudadas, *Melissa officinalis* foi a que apresentou maior sensibilidade ([Tabela 1](#)), pois apresentou 100% de sobrevivência apenas no controle. Ao final de 32 dias, as espécies *Eruca sativa* e *Lactuca sativa* obtiveram 100% de sobrevivência no tratamento 1, enquanto *Melissa officinalis* apresentou sobrevivência de 33% e não houve sobrevivência nos demais tratamentos ([Tabela 1](#)). Com base nos resultados obtidos pela análise dos demais tratamentos, ao longo do experimento, percebe-se uma baixa sensibilidade à salinidade potássica da espécie *Eruca sativa*, pois apresentou 100% de sobrevivência no tratamento 2 e 83% no tratamento 3 ([Tabela 1](#)). Já *Lactuca sativa* obteve 66% de sobrevivência no tratamento 2 e mortalidade de 100% nos tratamentos subsequentes ([Tabela 1](#)). Assim, podemos enquadrá-la como uma espécie de sensibilidade intermediária entre as três comparadas.

As altas salinidades testadas nos tratamentos 4 e 5 mostraram a influência tóxica do potássio na fisiologia das espécies estudadas, devido às altas mortalidades verificadas ([Tabela 1](#)). Segundo [Taiz & Zeiger \(2009\)](#), o potássio é necessário em quantidades maiores nos tecidos vegetais, contudo em altas concentrações pode ter um efeito nocivo sobre a planta causando ruptura de membranas ou proteínas

celulares. Corroborando tal afirmação observou-se que *Melissa officinalis* já apresentava sinais de murcha e perda de vigor entre oito e doze horas após o replantio no tratamento 5. A espécie *Lactuca sativa* demonstrou o mesmo comportamento entre quinze e vinte horas, enquanto a *Eruca sativa* suportou o maior tempo, quase trinta e seis horas após replantio no tratamento 5. O que se nota é que o Cloreto de potássio atuou causando um efeito osmótico inverso nas plantas, desidratando as mesmas. Segundo [Dias et al. \(2016\)](#), esse efeito chama-se plasmólise, onde uma solução concentrada em sais entra em contato com a célula vegetal, e em vez de absorver, a célula perde água devido a solução exterior à planta encontrar-se mais concentrada.

Segundo [Dias et al. \(2016\)](#), as plantas absorvem os sais juntamente com a água e o excesso atua desbalanceando e causando danos ao citoplasma, se observa que a planta perde por transpiração quase que somente água. O potássio presente nas plantas como cátion (K^+) desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células e também ativa muito enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese ([Taiz & Zeiger, 2009](#)).

Após 32 dias de experimento, para cada uma das três espécies estudadas, verificou-se que no tratamento controle houve desenvolvimento de parte aérea e radicular estatisticamente maior. Corroborando a afirmação anteriormente feita com relação aos dados de sobrevivência onde a solução comercial utilizada no sistema hidropônico supre nutricionalmente as demandas para crescimento das plantas ([Tabelas 1 e 2](#)).

No tratamento 1, onde houve alteração na dosagem de potássio, verificou-se para *Melissa officinalis* que esta variação afetou negativamente o desenvolvimento de parte aérea e radicular ([Tabela 2](#)), pois apesar de certo crescimento este não foi estatisticamente significativo. Este resultado ressalta a sensibilidade da planta ao excesso de potássio na solução, que apesar de ter apresentado 33% de sobrevivência no tratamento 1 ([Tabela 1](#)), o excedente de potássio compromete negativamente o desenvolvimento da planta. Para as outras duas espécies analisadas (*Lactuca sativa* e *Eruca sativa*) verificou-se que a dosagem excedente de potássio testada no tratamento 1 não afetou negativamente o desenvolvimento de parte aérea e radicular destas plantas. Assim, podemos classificá-las como tolerantes a 92 g de potássio ([Tabela 2](#)).

Tabela 2. Valores médios e coeficiente de variação (entre parênteses) referentes ao desenvolvimento de parte aérea e radicular, após 32 dias de experimento de três espécies cultivadas em sistema hidropônico com diferentes concentrações de cloreto de potássio. Onde: GL= Grau de liberdade; Trat.= tratamentos; teste t (*) = $P < 0,0001$; (**) = $P 0,0005$; (***) = $P 0,0063$; (****) = $P 0,0083$

Espécies	<i>Melissa officinalis</i>				<i>Lactuca sativa</i>				<i>Eruca sativa</i>			
	Inicial	Final	GL	teste t	Inicial	Final	GL	teste t	Inicial	Final	GL	teste t
Comprimento da parte aérea, mm												
Controle	20,72 (22,23)	91,76 (22,81)	5	*	31,31 (20,75)	259,5 (8,27)	5	*	41,93 (9,76)	168,67 (12,89)	5	*
Trat. 1	25,00 (5,66)	58,00 (17,07)	1	ns	30,50 (19,86)	190,7 (6,24)	5	*	40,67 (7,72)	110,83 (19,04)	5	**
Trat.2	--	--	--	--	37,00 (10,35)	65,75 (35,37)	3	ns	42,33 (11,35)	71,83 (24,96)	5	***
Trat. 3	--	--	--	--	--	--	--	--	47,20 (9,16)	41,40 (21,58)	4	ns
Comprimento da parte radicular, mm												
Controle	108,50 (31,10)	468,50 (15,25)	5	*	59,16 (22,76)	289,16 (10,90)	5	*	44,50 (20,83)	520,66 (53,14)	5	****
Trat. 1	133 (4,25)	141,50 (6,50)	1	ns	59,16 (22,51)	318,16 (16,10)	5	*	34 (29,35)	322,50 (9,07)	5	*
Trat. 2	--	--	--	--	57,50 (22,79)	122,50 (49,81)	3	ns	35,33 (30,04)	166,33 (7,01)	5	*
Trat. 3	--	--	--	--	--	--	--	--	32 (40,38)	47,20 (56,56)	4	ns

A partir do tratamento 1, as demais dosagens testadas com excedentes de potássio afetaram o desenvolvimento de *Lactuca sativa*, pois no tratamento 2 apesar de ter apresentado certo crescimento este não diferiu estatisticamente do inicial, tanto em parte aérea quanto em radicular ([Tabela 2](#)). Além disso, não houve sobrevivência nos tratamentos subsequentes ([Tabela 1](#)) ressaltando que a dosagem testada no tratamento 1 limita a dosagem máxima de resistência para o desenvolvimento da referida espécie.

A espécie *Eruca sativa* apresentou no tratamento 2 desenvolvimentos estatisticamente significativo de parte aérea e radicular ([Tabela 2](#)), o que ressalta baixa sensibilidade da espécie à dosagem excedente de potássio testada neste tratamento. Contudo, percebe-se que os indivíduos desta espécie apresentaram desenvolvimento inferior em comparação aos tratamentos 1 e controle ([Tabela 2](#)), principalmente em parte aérea. Apesar de ter apresentado sobrevivência no tratamento 3 (83%) ([Tabela 1](#)), *Eruca sativa* sentiu significativamente a alta dosagem de potássio testada e esta afetou negativamente o desenvolvimento de parte aérea da espécie e não houve diferença significativa no pequeno crescimento expresso na parte radicular ([Tabela 2](#)). Com base nos dados apresentados a dosagem de 184 g de KCl limita a dosagem máxima de resistência para o desenvolvimento da referida espécie.

Após se analisar os dados gerados pelas espécies, se demonstrou que a solução controle é eficaz, quando a dosagem é calibrada corretamente para 20 litros de solução nutritiva. E nos tratamentos foram adicionadas doses de Cloreto de potássio para se testar os limites salinos das espécies. Os dados apresentados com base na sobrevivência/mortalidade apontam que as espécies são capazes de sobreviver em um ambiente hostil (salinidade potássica), até certo limite imposto por suas habilidades adaptativas e capacidade genética ([Taiz & Zeiger, 2009](#)).

Um dos mecanismos de se medir a salinidade de uma solução é a condutividade elétrica que apresenta indiretamente informações sobre a concentração de nutrientes na solução e tem sido utilizada como ferramenta para indicar a necessidade de reposição de nutrientes ou troca da solução. Sabendo que a condutividade varia de acordo com a formulação empregada, assim como com os fertilizantes e sais usados para compô-la, em geral situa-se entre 2,0 e 4,0 dS/m ([Ribeiro et al., 1999](#)).

As soluções dos tratamentos apresentaram valores de condutividade elétricas bem distintas, aumentando com os acréscimos de Cloreto de potássio, pois a média simples das soluções controle para as três espécies foi de 1,82 mS/cm, já nos demais tratamentos os valores foram: tratamento 1: 9,94 mS/cm; tratamento 2: 16,62 mS/cm; tratamento 3: 19,99 mS/cm; tratamento 4: 19,99 mS/cm; tratamento 5: 19,99 mS/cm; sendo o valor 19,99 mS/cm o limite superior do condutímetro portátil utilizado no experimento. É importante ressaltar que com dosagens maiores a 276 g de Cloreto de potássio não houve sobrevivência de plantas ([Tabela 1](#)).

Estes valores de condutividade são superiores aos apresentados por [Soares et al. \(2007\)](#) e [Campos Junior et al. \(2017\)](#) que abordaram dados de condutividade elétrica e o comportamento da solução apresentando valores de até 9 mS/cm. [Campos Junior et al. \(2017\)](#) aborda os ganhos e perdas devido a salinidade por Cloreto de sódio (NaCl) em *Eruca sativa*, divergindo quanto ao processo de salinização, porém apresenta uma condutividade elétrica que se limitou a 9 mS/cm. Entretanto, os dados apresentados corroboram que *Eruca sativa* apresentou uma menor sensibilidade à salinidade por Cloreto de potássio, suportando até o tratamento 2: 16,62 mS/cm.

Segundo [Soares et al. \(2007\)](#), *Lactuca sativa* possui um limiar de salinidade de 1,75 mS/cm retificando o limiar de 1,3 mS/cm anteriormente definido por [Holanda et al. \(2016\)](#). [Soares et al. \(2007\)](#) utilizaram dois sais na proporção de 1:1, o NaCl e o Cloreto de Cálcio (CaCl), e encontraram valores máximos de condutividade na ordem de 3,93 mS/cm, contudo este reduziu o desenvolvimento de *Lactuca sativa* em 14,27% em relação a sua menor condutividade elétrica exposta de 0,43 mS/cm. Neste estudo, no entanto, *Lactuca sativa* foi capaz de suportar limites de condutividade de 9,94 mS/cm, quando exposta a salinização por KCl.

Segundo [Farias et al. \(2009\)](#) existem espécies que apresentam mecanismos que lhe auxiliam na sobrevivência em ambientes salinos. E esta sobrevivência pode advir de processos adaptativos que envolvem absorção, transporte e distribuição de íons em vários órgãos da planta. O presente experimento demonstrou que a salinidade atua em diferentes graus sobre diferentes espécies, algumas se mostrando mais sensíveis enquanto outras mais tolerantes.

Conclusões

Com base nos dados de sobrevivência e desenvolvimento, as três espécies estudadas apresentaram sensibilidades diferenciadas às dosagens excedentes de Cloreto de potássio adicionadas à solução comercial controle em sistema hidropônico. *Melissa officinalis* mostrou-se sensível, *Lactuca sativa* apresentou sensibilidade intermediária e *Eruca sativa* baixa sensibilidade. As concentrações excedentes

de Cloreto de potássio interferiram significativamente no crescimento/desenvolvimento das espécies analisadas conforme sensibilidade inata.

Devido ao curto tempo do experimento é necessário o incremento de informações ou a introdução de novos experimentos com foco em teores de salinização, tendo como referência valores inferiores a 276 g de KCl. É interessante testar diferentes dosagens de potássio e como estas afetam a fisiologia das plantas e sua sobrevivência, preferencialmente com espécies de Brássicas, tais como a couve-chinesa (*Brassica rapa* var. *pekinensis*) e o agrião (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) assim como, o aprofundamento das pesquisas com *Eruca sativa* envolvendo análise foliar de nutrientes e seu comportamento em ambientes salinos.

Referências bibliográficas

- Campos Júnior, J. E., Bartusch, V. P., Martins, J. B., & Santos Júnior, J. A. (2017). Fitomassa de *Eruca sativa* cultivada em sistema hidropônico sob salinidade. *II Congresso Internacional e Ciências Agrárias Cointer*, 1–10.
- Cidades, IBGE. (2019). Palmeiras de Goiás. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/palmeiras-de-goias/panorama>>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- Climate-Data.Org. (2019). Clima Palmeiras de Goiás. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/palmeiras-de-goias-43436/>>. Acesso em: 09 jun. 2019.
- Dias, N. S., Blanco, F. F., Souza, E. R., Ferreira, J. F. S., Sousa Neto, O. N., & Queiroz, I. S. R. (2016). Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In H. R. Gheyi, N. S. Dias, C. F. Lacerda, & E. Gomes Filho (Eds.), *Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados*. INCTSal.
- Farias, S. G. G., Santos, D. R., Freire, A. L. O., & Silva, R. B. (2009). Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva (1). *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 33(5), 1499–1505.
- Filgueira, F. A. R. (2000). *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças* (Issue 635). Universidade Federal de Viçosa.
- Gonçalves, E. G., & Lorenzi, H. J. (2007). *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. Instituto Plantarum de Estudos da Flora São Paulo.
- Henz, G. P., & Suinaga, F. A. (2009). Tipos de alface cultivados no Brasil. In EMBRAPA (Ed.), *INFOTECA-E* (pp. 1–7).
- Holanda, J. S., Amorim, J. R. A., Ferreira Neto, M., Holanda, A. C., & Sá, F. V. S. (2016). Qualidade da água para irrigação. In H. R. Gheyi, N. S. Dias, C. F. Lacerda, & E. Gomes Filho (Eds.), *Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados*. INCTSal.
- Jesus, C. G. (2011). *Estresse salino em Rúcula (Eruca sativa mill) hidropônica: Aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais*. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. *Wall-Map 150cmx200cm*.
- Lorenzi, H., Matos, F. J., & Francisco, J. M. (2002). *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas* (Vol. 1).
- Malavolta, E. (1980). *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Agronômica Ceres São Paulo.
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. Agronômica Ceres.
- Meurer, E. J. (2006). Potássio. In M. S. Fernandes (Ed.), *Nutrição mineral de plantas* (p. 432). Sociedade Brasileira de Ciências do Solo.
- Ponce, A. G., del Valle, C. E., & Roura, S. I. (2004). Natural essential oils as reducing agents of peroxidase activity in leafy vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, 37(2), 199–204. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2003.07.005>
- Prado, R. M. (2008). *Nutrição de plantas*. Editora Agronômica Ceres.

- Retzlaff, E. A. (2016). Acúmulo de nutrientes e calibração da dose de nitrogênio para produtividade e qualidade de *Melissa officinalis* L. 2016. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., & Alvarez, V. H. (1999). Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. In U. F. de Viçosa (Ed.), *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*.
- Ribeiro, M. R., Barros, M. F. de C., & Freire, M. (2009). Química dos solos salinos e sódicos. In *Química e mineralogia do solo. Parte II–Aplicações* (pp. 449–484). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Soares, T. M., França, Ê. F., Duarte, S. N., Melo, R. F., Jorge, C. A., & Bonfim-Silva, E. M. (2007). Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. *Irriga*, 12(2), 235–248.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2009). *Fisiologia vegetal* (Vol. 4). Artmed.
- Trani, P. E., Novo, M. do C. S. S., Cavallaro Júnior, M. L., & Telles, L. M. G. (2004). Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. *Horticultura Brasileira*, 22(2), 290–294.
- Trani, P. E. (2011). Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 29p. on-line (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 208).

Recebido: 23 de janeiro, 2020.

Aprovado: 20 de março, 2020.

Publicado: 25 de maio, 2020.

Licenciamento: Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.