

SALINIZAÇÃO POR CÁLCIO NA PRODUÇÃO DE PIMENTÃO FERTIRRIGADO SOB AMBIENTE PROTEGIDO

RENAN LIMA DE SOUSA¹; JOSEANTONIO RIBEIRO DE CARVALHO²; THATIANE NEPOMUCENO ALVES³; POLIANA ROCHA D'ALMEIDA MOTA⁴ E ROBERTO LYRA VILLAS BOAS⁵

¹Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP); Brasil, renann.agro@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2168-8249>

²Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP); Brasil, josercmg@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3879-4585>

³Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP); Brasil, thatinepomuceno@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9077-9104>

⁴Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Federal do Piauí (UFPI); Brasil, poliana@ufpi.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-2682-0803>

⁵Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP); Brasil, roberto.lyra@unesp.br; <https://orcid.org/0000-0001-7516-4147>

1 RESUMO

Objetivou-se avaliar doses de cálcio na produção de pimentão, cultivar ‘Gaston’, e os efeitos no extrato de solução do solo por extratores de cápsula porosa. A pesquisa foi instalada na estufa agrícola do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Botucatu, com plantas conduzidas em vasos. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados, quatro repetições, testando quatro doses de Ca (98, 196, 294 e 392 kg ha⁻¹) aplicadas via fertirrigação por gotejamento. Foram avaliados: condutividade elétrica e concentração de íons específicos da solução do solo, obtidas semanalmente por extratores. Os extratores permitiram monitoramento eficiente da solução do solo, e houve diferença significativa entre os tratamentos. O aumento da concentração de sais na solução do solo reduziu a produtividade. A dose que proporcionou maior produção de frutos foi 98 kg ha⁻¹ de Ca com 46,5 t ha⁻¹, apresentando condutividade elétrica média ao longo do ciclo de 1,8 dS m⁻¹ e concentração de 397 mg L⁻¹ no extrato de solução do solo.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., fertirrigação, extrator de solução, solução do solo

SOUSA, R. L.; CARVALHO, J. R.; ALVES, T. N.; MOTA, P. R. D.; VILLAS BOAS, R. L.

EFFECTS OF CALCIUM SALINIZATION IN THE PRODUCTION OF FERTIRRIGATED RED PEPPERS UNDER GREEN HOUSE

2 ABSTRACT

Pepper cultivation involves the use of several technologies, such as a protected environment to reduce the effects of environmental variability and the incidence of pests and diseases, with the goal of optimizing productivity and homogenizing supply, as well as through fertigation, which allows the nutritional demand of the crop to be met in a fractionated manner, including that of

nutrients such as calcium. The objective of this research was to evaluate the effects of different doses of calcium on the production of peppers and the cultivar 'Gaston' and on the soil solution extract using solution extractors. The research was installed in the agricultural greenhouse of the Department of Soil and Environmental Resources at the Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Botucatu Campus, with the plants being grown in pots. A randomized block design with four replications was used, and four doses of Ca (98 kg ha^{-1} , 196 kg ha^{-1} , 294 kg ha^{-1} and 392 kg ha^{-1}) were applied via drip fertigation. The following parameters were evaluated: electrical conductivity and specific ion concentration of the soil solution extracted weekly, plant height and production. The use of extractors allowed efficient monitoring, and there was a significant difference between treatments. An increase in the concentration of salts in the soil solution harms productivity. The dose that provided the highest fruit production was 98 kg ha^{-1} of Ca (46.5 t ha^{-1}), which presented an average electrical conductivity throughout the cycle of 1.8 dS m^{-1} and a concentration of 397 mg L^{-1} in the soil solution extract.

Keywords: *Capsicum annuum* L., fertigation, solution extractor, soil solution

3 INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das Solanáceas e é cultivado em todo território nacional. É tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (Souza, 2017).

Os frutos possuem elevados teores de vitaminas A e C, e de sais minerais como cálcio, sódio, fósforo e ferro. Possuem, ainda, cerca de 48 calorias por 100 g de produto; são utilizados na fabricação de corantes naturais, condimentos, conservas e molhos (Palangana *et al.*, 2012). O fruto é uma baga e pode ser verde, amarelo ou vermelho quando maduro (Zhigila *et al.*, 2014).

O pimentão é uma das espécies do grupo das hortaliças mais difundidas e consumidas no Brasil na forma in natura, sendo considerada uma das dez espécies de maior importância econômica no mercado de hortaliças (Sediyama *et al.*, 2014).

O macroelemento cálcio é de fundamental importância para todas as funções metabólicas da planta, incluindo a função protetora contra pragas e patógenos. Além disso, esse nutriente, por se encontrar localizado na parede celular, exerce a função

estabilizante, agindo diretamente na textura, na firmeza e na maturação dos frutos. É certo que sérias perdas econômicas ocorrem anualmente em órgãos como frutos e folhas, devido a desordens fisiológicas e podridões causadas pelo teor inadequado de cálcio em seus tecidos (De Sá *et al.*, 2024).

Dentre os principais sintomas de deficiência de cálcio, Flores *et al.* (2012) e Viegas *et al.* (2013) observaram plantas pouco desenvolvidas, clorose, deformação e formato irregular de folhas jovens, necrose dos ápices e morte de brotações.

A crescente demanda por pimentão no País favorece seu cultivo em casa de vegetação, em virtude de maior segurança na produção, redução de perdas, aumento do rendimento e da qualidade dos frutos. De acordo com Silva, Silva e Pagiuca (2014), o cultivo protegido tem adquirido importância, dadas suas características, como promover a diminuição de perdas, proporcionar previsibilidade e constância da produção, sobretudo, no período de verão. Dessa forma, oferece produtos de maior qualidade quando comparados aos obtidos em campo aberto (Seabra Junior *et al.*, 2022).

Entre os principais fatores de cultivo e produção de hortaliças está a nutrição

mineral, pois reflete diretamente no metabolismo vegetal, crescimento, produtividade e qualidade do produto final (Marcussi; Godoy; Villas Bôas, 2004).

A salinização significa que a concentração de solutos no solo é maior do que na raiz, e esse processo aumenta a pressão osmótica do solo, tornando a água menos acessível para as plantas (Ziganshin, 2020).

Entre os equipamentos utilizados pela sua rapidez de resposta e facilidade de manuseio, existe o extrator de cápsula porosa, que promove a retirada de volumes de solução do solo na área ocupada pelas raízes da planta (Silva; Klar; Silva, 2015).

Marcussi (2005) relata que, dentre os nutrientes absorvidos pelo pimenteiro, o cálcio é o terceiro mais absorvido, resultado corroborado por Oliveira *et al.* (2015), que identificaram o mesmo comportamento no tecido foliar.

Ainda é difícil encontrar recomendações específicas para cada cultivar. Grande parte dos estudos, como os realizados por Oliveira *et al.* (2016) e Oliveira *et al.* (2013), por exemplo, estão voltados aos dois nutrientes com maior acúmulo na cultura, o N e o K.

Portanto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a salinização por cálcio na produção de plantas de pimentão do cultivar 'Gaston' em vaso e ambiente protegido e os efeitos no extrato da solução do solo obtido por meio de extratores.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Botucatu (São Paulo, Brasil), sob coordenadas geográficas 22°50'51.6" de

latitude Sul e 48°26'06.0" de longitude Oeste, com altitude de 830 m.

As plantas foram conduzidas em estufa agrícola com 7,0 m de largura por 24,0 m de comprimento, coberta por filme plástico de 150 micras, com janelas superiores e cortinas laterais para controle de ventilação e temperatura, laterais de tela branca e nebulizadores.

A cultivar 'Gaston' foi selecionada para ser avaliada e verificar sua resposta à salinidade, por ser a mais utilizada entre os produtores de pimentão da região. As mudas foram adquiridas com aproximadamente 16 cm de altura, variando de 7 a 8 folhas.

Foram transplantadas duas mudas por vaso, sendo desbastada a menos vigorosa com 30 dias após transplântio (DAT), dando início ao programa de fertirrigação e aplicação dos tratamentos. Antes dos 30 dias as plantas receberam apenas água.

O solo utilizado para preenchimento dos vasos de 25 L era de textura arenosa e foi devidamente corrigido após análise química, elevando a saturação por base para 70%. Após preenchimento, os vasos foram distribuídos no interior da estufa agrícola com espaçamento de 0,5 m entre vasos do mesmo bloco e 1,2 m entre blocos, totalizando 23.529 plantas por hectare.

O experimento avaliou quatro doses de cálcio distribuídas em blocos casualizados, com quatro repetições e cada parcela com dois pontos de amostragem (2 vasos de 25 litros), totalizando 16 parcelas e 32 vasos.

Na Tabela 1 encontram-se as descrições de cada tratamento baseadas na curva de absorção de nutrientes para o pimentão fertirrigado (Trani; Tivelli; Carrijo, 2011), conforme Tabela 2. Para os nutrientes que não foram pesquisados, foi aplicado 100% da recomendação. O experimento foi implantado em 01/03/2016 e finalizado em 12/10/2016 aos 225 DAT.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento, baseada na curva de absorção de nutrientes para a cultura do pimentão fertirrigado.

TRATAMENTO	DOSE (kg ha ⁻¹)
1) 70% de Ca	98
2) 140% de Ca	196
3) 210% de Ca	294
4) 280% de Ca	392

Tabela 2. Curva de absorção de nutrientes utilizada como referência na cultura do pimentão.

Desenvolvimento do pimenteiro dias após transplantio (DAT)	Quantidade de nutriente por dia				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
1 a 35	0,05	0,01	0,08	0,03	0,04
36 a 55	0,35	0,06	0,78	0,23	0,14
56 a 70	1,16	0,24	2,24	0,69	0,50
71 a 85	1,32	0,22	2,60	0,67	0,70
86 a 100	2,63	0,77	4,80	1,93	1,05
101 a 120	2,73	0,60	5,50	0,80	0,75
121 a 140	3,75	1,10	4,85	1,00	0,72
141 a 180	2,00	0,90	3,60	1,20	0,90
Total por hectare	295,0	90,0	514,0	139,0	103,0

Fonte: Trani, Tivelli e Carrijo (2011, p. 23).

Para encontrar a necessidade nutricional por planta, uma vez que o experimento foi realizado em vasos, foi considerada a densidade de 16.667 plantas por hectare, obtida a partir do espaçamento mais usual entre os produtores de pimentão em campo e também citado por Trani, Tivelli e Carrijo (2011), com espaçamento de 1,2 m x 0,5 m.

Os fertilizantes utilizados na solução nutritiva foram: cloreto de cálcio como fonte de Ca (27,2% de Ca), cloreto de potássio (pó branco) como fonte de K (60% de K₂O), nitrato de amônio como fonte de N (33% de N) e MAP purificado como fonte de P (60% de P₂O₅ e 10% de N), com aplicações

realizadas semanalmente. Para os micronutrientes, foram realizadas pulverizações foliares periódicas.

O sistema de irrigação localizada adotado foi por gotejamento, provido de botões gotejadores de 4 L h⁻¹ derivados em quatro flechas, para cada vaso. As doses foram injetadas individualmente e, para a troca entre os tratamentos durante a fertirrigação, foram utilizados registros de esfera devidamente identificados.

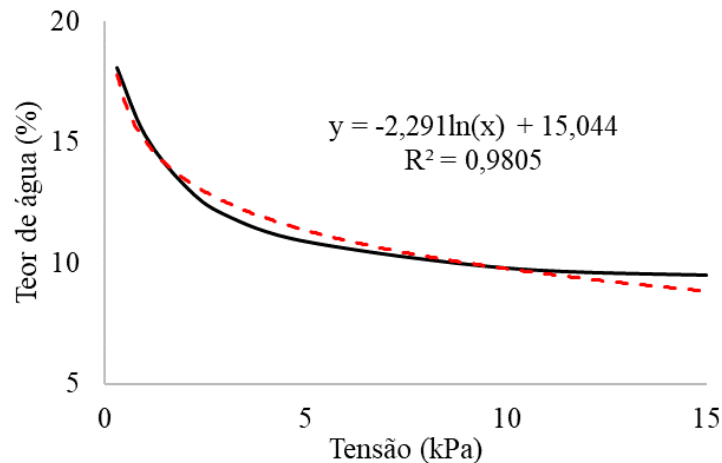
Na injeção de fertilizantes, o sistema adotado foi o tanque de derivação. Esse sistema consiste em um tanque fechado no qual a solução nutritiva concentrada é diluída e carregada ao sistema de irrigação à

medida que o fluxo de água é forçado a passar pelo tanque.

Para controle da irrigação foi utilizado o princípio da tensiometria mediante a curva de retenção de água do solo. Partindo do princípio de que, quanto mais disponível a água estiver, menos esforço a planta realizará para extraí-la e que o pimenteiro, conduzido em casa de

vegetação, permite esgotamento de até 30% da água do solo sem refletir em perdas de produção (Sousa *et al.*, 2019), estabeleceu-se como indicativo da necessidade de irrigação a tensão de 10 kPa (12,75% de água no solo), por meio da curva de retenção de água ajustada pela equação logarítmica presente na Figura 1.

Figura 1. Curva de retenção de água no solo.



O acompanhamento da tensão da água no solo foi realizado com a instalação de tensiômetros de cápsula porosa, a 0,2 m de profundidade, instalados em um vaso por tratamento em cada bloco, possibilitando a realização de leituras diárias com o auxílio de um tensímetro digital e, assim, a verificação da necessidade de irrigação ou não.

Para o monitoramento da solução do solo foram utilizados extratores de solução em três repetições de cada tratamento, a 0,2 m de profundidade que, assim como o tensiômetro, possui cápsula porosa na extremidade.

A extração de solução ocorria 24 horas após a aplicação das doses via fertirrigação, com vácuo padronizado a todos os extratores, aplicado com auxílio de uma seringa plástica de 60 mL, deixando permanecer até que ocorresse o acúmulo de pelo menos 10 mL de solução (tempo de aproximadamente 4 horas). Após decorrido

o tempo, a solução era extraída e analisada em laboratório com medidores portáteis de condutividade elétrica e íons específicos. A partir dos dados de cada leitura era feita a adequação do manejo ou até mesmo a suspensão temporária da fertirrigação, quando necessário.

As soluções extraídas eram armazenadas em tubetes de 15 mL e levadas ao laboratório para análise de condutividade elétrica e íons específicos de cálcio com o auxílio de medidores portáteis da marca Horiba®. Semanalmente, antes de cada leitura, os aparelhos eram calibrados com solução de 1,41 dS.m⁻¹ para o condutivímetro e soluções de 150 mg L⁻¹ e 2000 mg L⁻¹ de Ca para o leitor de íon específico. No intervalo entre as leituras, o eletrodo de cada medidor portátil foi lavado com água destilada e seco cuidadosamente com papel toalha.

A altura da planta foi medida uma vez por mês, no intervalo dos 60 DAT aos

200 DAT. Foi utilizada uma fita métrica rígida (trena) posicionando sua extremidade na base da planta, rente ao solo, verticalmente no sentido do topo da planta, sendo considerado como ponto de leitura, em centímetros, a última inserção foliar do ramo mais alto.

Na contabilização da produção, o ponto de colheita adotado foi o aparecimento da primeira faixa vermelha. Em todos os frutos colhidos foram analisados o peso, o tipo comercial (diâmetro), o comprimento, a quantidade por planta e a presença de algum defeito que o classificasse como não comercial.

O peso foi contabilizado fruto a fruto, em laboratório, com o auxílio de uma balança digital com precisão de duas casas decimais e devidamente nivelada. Para a identificação do tipo foi utilizado o classificador de frutos desenvolvido pela GREENPACK® com os calibres padrão CEAGESP para hortigranjeiros variando do tipo 4 ao tipo 11, de acordo com o diâmetro máximo de circunferência. Para o comprimento dos frutos, utilizou-se um

paquímetro digital com uma casa decimal. Os frutos que apresentaram diâmetro menor que 49 mm, queimadura do sol ou ocorrência de podridão estilar foram classificados como não comerciais.

Todos os resultados das análises foram submetidos à análise de variância e posteriormente à análise de regressão pelo programa SISVAR 5.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise da solução do solo: condutividade elétrica (CE)

Com exceção da leitura correspondente aos 92 DAT, todas as demais leituras apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. O tratamento com menor dose foi o que apresentou menor valor de CE, observando-se aumento linear nos demais tratamentos. Nas Tabelas 3, 4 e 5 estão os resultados da análise ao longo do ciclo em função dos tratamentos.

Tabela 3. Condutividade elétrica da solução do solo dos 43 DAT aos 99 DAT

Tratamentos	43 DAT	50 DAT	57 DAT	65 DAT	71 DAT	78 DAT	85 DAT	92 DAT	99 DAT
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)									
Ca 70%	1,1	0,8	0,9	1,3	1,4	1,2	1,6	2,2	2,8
Ca 140%	1,3	1,0	1,1	1,7	1,5	1,3	1,8	2,4	3,1
Ca 210%	1,5	1,0	1,3	1,8	1,8	1,6	2,1	2,5	3,3
Ca 280%	1,9	1,4	1,6	2,0	2,0	1,8	2,5	2,9	3,5
CV (%)	10,0	6,5	10,0	8,4	10,6	12,8	8,53	12,4	6,3
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	Ns	L *
R2 (%)	97,4	89,3	99,7	95,1	94,7	96,1	97,5	-	99,8

DAT: dias após transplantio; L: Regressão linear; *: significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 4. Condutividade elétrica da solução do solo dos 106 DAT aos 162 DAT.

Tratamentos	106 DAT	113 DAT	120 DAT	127 DAT	134 DAT	141 DAT	148 DAT	155 DAT	162 DAT
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)									
Ca 70%	2,4	3,0	3,4	1,8	2,3	1,3	1,4	1,6	2,4
Ca 140%	2,6	3,2	3,8	2,3	2,3	1,9	2,0	1,9	2,8
Ca 210%	2,7	3,4	4,2	2,7	2,8	2,4	2,3	2,3	3,1
Ca 280%	3,0	3,9	4,6	3,0	3,2	2,9	2,8	2,7	3,4
CV (%)	4,2	3,2	4,8	6,6	8,0	10,2	7,5	11,1	6,1
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R2 (%)	96,7	97,3	99,9	97,9	88,7	99,9	98,8	99,6	99,8

DAT: dias após transplântio; L: Regressão linear; *: significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 5. Condutividade elétrica da solução do solo dos 169 DAT aos 225 DAT.

Tratamentos	169 DAT	176 DAT	183 DAT	190 DAT	197 DAT	204 DAT	211 DAT	218 DAT	225 DAT
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)									
Ca 70%	3,2	3,1	1,5	0,8	1,1	1,4	1,5	1,3	1,1
Ca 140%	3,6	3,6	1,9	1,0	1,4	2,1	2,1	1,8	1,5
Ca 210%	3,7	3,9	2,0	1,1	1,5	2,5	2,6	2,1	1,7
Ca 280%	4,1	4,6	2,4	1,3	1,9	2,8	2,9	2,6	2,1
CV (%)	6,4	11,1	7,0	16,0	13,3	3,1	3,3	11,7	11,9
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R2 (%)	95,3	96,8	97,8	98,6	98,5	96,5	96,4	98,3	97,2

DAT: dias após transplântio; L: Regressão linear; *: significativo a 5% pelo teste F.

Quando se avalia a média de 27 leituras realizadas ao longo do ciclo da cultura nota-se que o valor médio observado foi de 1,8 dS m⁻¹ (70% de Ca), 2,1 dS m⁻¹ (140% de Ca), 2,4 dS m⁻¹ (210% de Ca) e 2,7 dS m⁻¹ (280% de Ca), sendo que a dose de 70% foi a que mais se aproximou do limiar de CE no extrato de solução do solo e onde se obteve maior produtividade (Tabela 10).

Para atender aos parâmetros recomendados, assim que o tratamento de 70% atingia valores iguais ou superiores à literatura, era suspendida a fertirrigação ou, em casos mais críticos, realizava-se a lixiviação, como por exemplo aos 120 e 176 DAT.

Os frutos do pimenteiro ‘Gaston’, sob as condições de cultivo, apresentaram

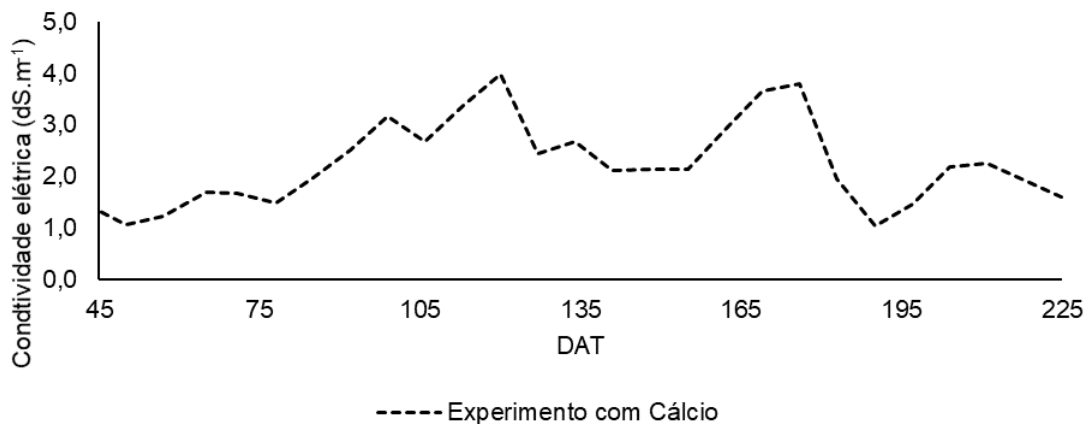
ponto de colheita 60 a 70 dias após surgimento (3 cm de tamanho). Marti e Mills (1991) relataram que frutos pendentes, à medida que se aproximam da maturação, reduzem a absorção de nutrientes e, consequentemente, aumentam a CE da solução do solo pelo acúmulo de sais no solo, como ocorre, por exemplo, aos 65, 120 e 176 DAT neste experimento.

Na Figura 2 fica mais evidente o efeito e a importância da lixiviação (aos 120 e 176 DAT). Também como medida de controle da CE, a fertirrigação foi suspensa aos 99, 120, 134, 169, 176 e 211 DAT. Essa necessidade de lixiviação ou suspensão da aplicação de fertilizantes foi associada ao manejo, uma vez que a curva de absorção de nutrientes é um referencial de acordo com o

estádio de desenvolvimento da planta, mas nem sempre a necessidade da cultura é igual à quantidade aplicada, pois a demanda

nutritiva pode variar pelos mais diversos fatores (Trani; Tivelli; Carrijo, 2011).

Figura 2. CE média da solução do solo em função das doses de Ca ao longo do ciclo.



5.2 Análise da solução do solo: concentração de íons específicos

cultura do pimentão e a análise desse íon na solução do solo estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8.

Pouco móvel na planta, o cálcio é o terceiro nutriente mais demandado pela

Tabela 6. Íons de cálcio na solução do solo dos 43 DAT aos 99 DAT

Tratamentos	43 DAT	50 DAT	57 DAT	65 DAT	71 DAT	78 DAT	85 DAT	92 DAT	99 DAT
Concentração (mg L ⁻¹)									
Ca 70%	173	203	270	393	480	433	393	440	493
Ca 140%	180	290	363	453	633	600	580	633	743
Ca 210%	243	353	477	630	703	687	680	747	920
Ca 280%	263	450	580	757	817	790	760	907	1200
CV (%)	8,1	9,8	4,4	4,1	2,8	2,2	7,6	3,1	5,6
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R2 (%)	91,0	99,4	99,8	96,9	97,9	97,8	95,9	99,0	99,3

DAT: dias após transplante; L: Regressão linear; *: significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 7. Íons de cálcio na solução do solo dos 106 DAT aos 162 DAT

Tratamentos	106 DAT	113 DAT	120 DAT	127 DAT	134 DAT	141 DAT	148 DAT	155 DAT	162 DAT
Concentração (mg L ⁻¹)									
Ca 70%	477	557	697	423	443	413	443	470	503
Ca 140%	727	850	1067	610	687	667	723	763	817
Ca 210%	897	1100	1500	910	693	937	983	1067	1133
Ca 280%	1133	1533	1933	1203	1233	1167	1233	1333	1400
CV (%)	4,7	6,7	8,7	8,3	35,1	4,6	4,7	5,2	7,1
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R2 (%)	99,5	98,5	99,8	98,9	84,5	99,9	99,9	99,9	99,8

DAT: dias após transplântio; L: Regressão linear; *: significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 8. Íons de cálcio na solução do solo dos 169 DAT aos 225 DAT

Tratamentos	169 DAT	176 DAT	183 DAT	190 DAT	197 DAT	204 DAT	211 DAT	218 DAT	225 DAT
Concentração (mg L ⁻¹)									
Ca 70%	553	637	350	187	210	257	290	277	267
Ca 140%	897	1033	570	280	303	363	410	387	373
Ca 210%	1233	1433	783	460	500	597	667	640	607
Ca 280%	1567	1800	977	530	573	680	763	733	693
CV (%)	4,8	5,9	4,8	7,7	7,1	6,7	6,7	6,7	6,3
Regressão	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *	L *
R2 (%)	99,8	99,9	99,9	97,2	96,8	96,6	96,8	96,5	96,7

DAT: dias após transplântio; L: Regressão linear; *: significativo a 5% pelo teste F.

As doses influenciaram a concentração de íons de Ca na solução do solo durante todo o ciclo, seguindo tendência linear com o incremento das doses. A partir dos dados obtidos, pode-se indicar como adequada para o pimenteiro a concentração de 397 mg L⁻¹ de cálcio na solução do solo, pois avaliando-se o teor médio ao longo do ciclo (397 mg L⁻¹ em 70% de Ca, 593 mg L⁻¹ em 140% de Ca, 799 mg L⁻¹ em 210% de Ca e 1000 mg L⁻¹ em 280% de Ca), a dose de 70% foi a que proporcionou maior produtividade (Tabela 10).

Não foram encontradas na literatura informações sobre a concentração ideal

deste nutriente na solução do solo e os valores disponíveis na literatura não contemplam as mesmas condições desta pesquisa. Um fator importante ao avaliar este nutriente é a profundidade de instalação do extrator de solução. Por ser bastante solúvel, o cloreto de cálcio distribui-se rapidamente na água e pode ser facilmente lixiviado ao fundo do vaso. Na Figura 3 é apresentado o “corte” vertical do solo ao fim do experimento, mostrando a cápsula porosa a 20 cm de profundidade, o que pode explicar as concentrações elevadas observadas nas leituras.

Figura 3. Profundidade da cápsula do extrator de solução no vaso

A elevada concentração de Ca na solução do solo pode estar relacionada também ao aumento da CE (devido às doses), que reduziram o consumo de água pela planta e, portanto, a absorção de Ca, mantendo-o retido na solução do solo. Outra possibilidade é que a curva de absorção utilizada apresente valores acima dos demandados pelo pimenteiro cultivar ‘Gaston’ em ambiente protegido, de modo que, mesmo com a suspensão da fertirrigação ainda apresentava valores elevados na leitura subsequente.

As menores concentrações representam os tratamentos com 70% (98 kg ha⁻¹ de Ca) e as maiores com 280% (392 kg ha⁻¹ de Ca). Os picos de concentração aos 65, 120 e 176 DAT, assim como já mencionado nos dados de CE, devem-se à presença de frutos em estágio final de maturação e menor

absorção pela planta e, portanto, aumento de Ca na solução do solo.

Aplicado de forma igual nos tratamentos objetivando atender a demanda nutritiva da planta, os íons de K não apresentaram diferenças estatísticas significativas a 5% pelo teste F; mas, o K pode ter interferido no acúmulo de Ca na solução do solo e CE uma vez que a dose administrada correspondeu a 100% da curva de absorção. Em média, a concentração ficou em torno de 207 mg L⁻¹ e seguiu a tendência da curva.

5.3 Altura da planta

Na Tabela 9 podem ser observados os resultados da análise de altura da planta em função dos tratamentos.

Tabela 9. Altura média da planta em função dos tratamentos com cálcio

Tratamentos	62 DAT	93 DAT	123 DAT	154 DAT	185 DAT
Altura da planta (cm)					
Ca 70%	72,6	76,0	79,5	85,5	90,5
Ca 140%	76,4	79,4	83,0	83,1	88,1
Ca 210%	73,3	77,1	80,3	82,4	87,4
Ca 280%	72,4	76,1	80,3	81,8	86,6
CV (%)	4,3	6,0	6,1	6,2	6,2
Regressão	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

DAT - dias após transplantio; ns - não significativo.

Apesar de não ocorrer diferença estatística significativa, é possível observar que as plantas submetidas à dose 140% (196 kg ha⁻¹ de Ca) cresceram mais em relação aos demais tratamentos até os 123 DAT e posteriormente, aos 154 DAT e 185 DAT, o tratamento com dose 70% (98 kg ha⁻¹ de Ca) foi o que demonstrou maior crescimento. Tal comportamento pode estar associado ao acúmulo de sais de Ca no solo e aumento da condutividade elétrica (CE). Dias e Blanco (2010) relataram que esse acúmulo de sais dificulta a absorção de água pela redução do potencial osmótico e interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Resultados semelhantes foram observados por Sousa *et al.* (2019) em experimento com potássio, onde a partir dos 123 DAT, houve diferenciação estatística em função das doses tendo crescimento inversamente proporcional os tratamentos de 70% (363 kg ha⁻¹ de K₂O) e 280% (1.451 kg ha⁻¹ K₂O).

5.4 Produção de frutos

Dentre as avaliações de produção realizadas, destacaram-se a quantidade de frutos por planta e a produção em kg planta⁻¹ e t ha⁻¹. Na Tabela 10 estão os dados de produção em função das doses.

Tabela 10. Análise da quantidade e qualidade de frutos em função dos tratamentos. FPP: frutos por planta; PMF: peso médio do fruto; PP: produção por planta; PH: produção em toneladas por hectare; CMF: comprimento médio do fruto; L: Regressão linear;

Tratamentos	F.P.P.	P.M.F.	P. P.	P.H.	TIPO	C.M.F.
	Unid.	(g)	(kg)	t ha ⁻¹	-	(mm)
Ca 70%	13,0	147,6	2,0	46,5	6,9	110,7
Ca 140%	12,0	142,1	1,6	38,6	6,9	105,7
Ca 210%	11,0	131,0	1,5	34,1	6,7	101,6
Ca 280%	9,0	127,9	1,1	25,9	6,7	106,1
CV (%)	12,2	13,5	3,5	3,9	5,4	5,6
Regressão	L *	ns	L *	L *	Ns	Ns
R2 (%)	89,9	-	99,0	98,7	-	-

*: Significativo a 5% pelo teste F; ns: não significativo.

O número de frutos foi o que expressou melhor a resposta da planta aos fatores de variação, destacando-se a menor dose com aproximadamente 13 frutos por planta. Na literatura há grande variabilidade produtiva na cultura do pimentão (Albuquerque *et al.*, 2011).

Embora não significativo estatisticamente, é possível observar uma tendência linear decrescente no peso médio dos frutos com o incremento da dose de Ca. Já para os dados de produtividade por planta e por hectare, a diferença estatística confirmou de forma bastante incisiva a distinção entre os tratamentos, sendo mais

produtivas as plantas submetidas à dose de 70% (98 kg ha⁻¹ de Ca), como já previsto pelas demais análises.

Avaliando o efeito da salinidade proveniente de fertilizantes, no pimenteiro, Leonardo *et al.* (2007) correlacionaram menor pegamento e peso médio dos frutos com o aumento da CE, com perdas entre 55% e 58%. Comparando os dados de produção da menor dose, em t ha⁻¹, com as demais, as perdas variaram de 30% a 44% com o acréscimo da quantidade de fertilizante, sendo mais severa na maior dose. Nas Figuras 4 e 5 pode-se observar facilmente a correlação da produtividade

(t ha⁻¹) em função da concentração de íons de Ca e CE no solo.

Figura 4. Correlação da produção com a concentração de íons de cálcio na solução do solo.

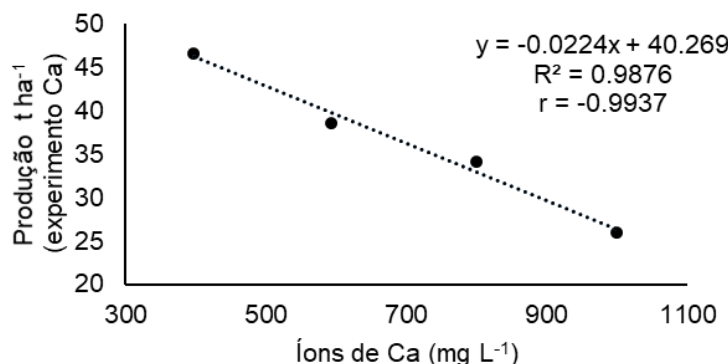
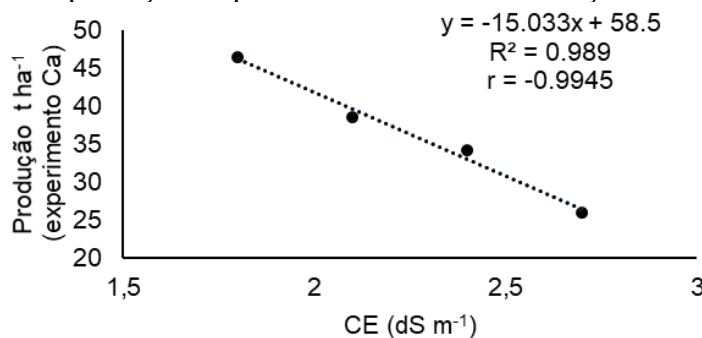


Figura 5. Correlação da produção de pimentão com a CE da solução do solo.



De acordo com Silva Júnior *et al.* (2024), o manejo da fertirrigação, a partir do monitoramento da concentração de íons de N e K e da condutividade elétrica, em conjunto com as doses de 75% (1,5 mS cm⁻¹) e 100% da concentração de N (416 mg L⁻¹) e K (110 mg L⁻¹) em solução nutritiva, foram os que proporcionaram melhor desempenho de todas as variáveis analisadas.

Houve correlação negativa quase perfeita entre a condutividade elétrica e a produção segundo classificação de Hopkins (2000), ou seja, a produtividade cai quando é aumentada a CE ou a concentração de Ca em mg L⁻¹ na solução do solo.

Essas informações demonstram a resposta produtiva do pimenteiro 'Gaston' em função da CE e concentração de íons de Ca e a importância do monitoramento eficiente desses parâmetros para se alcançar

êxito quando se trata de fertirrigação em ambiente protegido.

Associando os dados de produção, é possível verificar que, quando o pimenteiro é submetido à salinidade na solução do solo por fertilizante, sua resposta produtiva é afetada em número de frutos por planta e na massa média dos frutos. Considerando as condições de estresse nutricional, a produtividade máxima foi de 46,5 t ha⁻¹, valor dentro da faixa de 25 t ha⁻¹ a 50 t ha⁻¹ obtida por Nunes Júnior (2013).

6 CONCLUSÕES

O aumento da salinidade, acima do tolerado pela cultura, ocasiona perdas de produção significativas.

O monitoramento da fertirrigação por extratores de solução do solo é uma

alternativa viável para a cultura do pimenteiro em ambiente protegido.

A dose que proporcionou maior produção de frutos foi de 98 kg ha⁻¹ de Ca, com 46,5 t ha⁻¹, apresentando condutividade elétrica média ao longo do ciclo de 1,8 dS m⁻¹ e concentração de 397 mg L⁻¹ no extrato de solução do solo.

7 AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor (SOUSA, R. L.), apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) da Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/151566>.

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

8 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M. F. F. N. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 686-694, 2011.

DE SÁ, A. A. S.; OLIVEIRA, G. H. de; SILVA, R. P. da; ASSIS, V. C. S. S. de; OLIVEIRA, C. DA S. de; OLIVEIRA, J. A. de; BERTI, M. P. da S. A importância do cálcio para a nutrição de plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, Sinop, v. 17, n. 2, p. 30, 2024.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, H. R.;

DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 43-61.

FLORES, R. A.; ALMEIDA, B. F.; POLITI, L. S.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J. C. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 1, p. 104-110, 2012.

HOPKINS, W. G. **A new view of statistics: Correlation coefficient**. Auckland: Will G. Hopkins, 2000. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/corre1.html>. Acesso em: 15 jun. 2017.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS BÔAS, R. L.; ALMEIDA, R. S.; MARCHESE, J. A. Produção de frutos de pimentão em diferentes concentrações salinas. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 73-82, 2007.

MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 41-51, jan./abr. 2004.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 642-650, set./dez. 2005.

MARTI, H. R.; MILLS, H. A. Nutrient uptake and yield of sweet pepper as affected by stage of development and N form. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 14, n. 11, p. 1165-1175, 1991.

NUNES JÚNIOR, E. S. **Fertirrigação nitrogenada e potássica no cultivo do pimentão em ambiente protegido.** 2013.

Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2013.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1152-1159, nov. 2013.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SOUZA, M. S. Eficiência da fertirrigação nitrogenada e potássica na produção de pimentão cultivado em ambiente protegido. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 59, n. 3, p. 293-301, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral de plantas submetidas a diferentes manejos de fertirrigação. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 2, p. 216-223, 2015.

PALANGANA, F. C.; SILVA, E. S.; GOTO, R.; ONO, E. O. Ação conjunta de citocinina, giberelina e auxina em pimentão enxertado e não enxertado sob cultivo protegido. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 4, p. 751-755, out./dez. 2012.

SEABRA JUNIOR, S.; CASAGRANDE, J. G.; TOLEDO, C. A. L.; PONCE, F. S.; FERREIRA, F. S.; ZANUZO, M. R.; DIAMANTE, M. S.; LIMA, G. P. P. Selection of thermotolerant Italian tomato cultivars with high fruit yield and

nutritional quality for the consumer taste grown under protected cultivation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 291, art. 110559, 2022.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 588-594, 2014.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 230-241, mar./abr. 2015.

SILVA, B. A.; SILVA, A. R. da; PAGIUCA, L. G. Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 1, p. 10-18, 2014.

SILVA JUNIOR, J. J.; SALES, M. A. de L.; SANT'ANA, J. A. do V.; VALE, B. S. C. Utilização de diferentes métodos de manejo de fertirrigação na cultura do pimentão em ambiente protegido. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 7, p. 1-19, 2024.

SOUSA, R. L.; VILLAS BÔAS, R. L.; MOTA, P. R. D.; MATEUS, C. M. D.; MENDONÇA, R. B. Salinização por potássio na produção de pimentão fertirrigado sob ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 177-191, 2019.

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

VIEGAS, I de J. M.; SOUSA, G. O.; SILVA, A. F.; CARVALHO, J. G. de.; LIMA, M. M. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 1, p. 43-50, 2013.

ZHIGILA, D. A.; ABDULRAHAMAN, A. A.; KOLAWOLE, O. S.; OLADELE, F. A. Fruit morphology as taxonomic features in five varieties of *Capsicum annuum* L.

Solanaceae. **Journal of Botany**, New York, v. 2014, art. 540868, 2014.

ZIGANSHIN, B.; GALIEV, I.; KHUSAINOV, R.; ABDELFAHATTAH, A. The effect of fertigation on salinization and stability of soil aggregates, taking into account the effectiveness of precipitation on their natural desalination in central Europe. **BIO Web of Conferences**, Kazan, v. 27, art. 00119, 2020.