

## Uso da casca-de-ovo triturada para o controle do fundo-preto do tomate

Use of crushed eggshell to control tomato blossom-end rot

Uso de cáscara de huevo triturada para controlar podredumbre apical del tomate

Recebido: 18/04/2024 | Revisado: 02/05/2024 | Aceitado: 04/05/2024 | Publicado: 07/05/2024

### **Carlos Vergara**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9002-0934>  
Faculdade de Ciências Agrárias de Araripina, Brasil  
E-mail: [vergaramaputo93@gmail.com](mailto:vergaramaputo93@gmail.com)

### **Karla Emanuelle Campos Araujo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8932-2775>  
Faculdade de Ciências Agrárias de Araripina, Brasil  
E-mail: [karlaeca@gmail.com](mailto:karlaeca@gmail.com)

### **Atanael Pereira Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6361-6928>  
Faculdade de Ciências Agrárias de Araripina, Brasil  
E-mail: [Atanaelpsantos@outlook.com](mailto:Atanaelpsantos@outlook.com)

### **Fabio Freire de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7798-6339>  
Instituto Federal Sertão Pernambucano, Brasil  
E-mail: [fabio.freire@ifsertao-pe.edu.br](mailto:fabio.freire@ifsertao-pe.edu.br)

### **Graciene de Souza Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2157-8269>  
Instituto Federal Sertão Pernambucano, Brasil  
E-mail: [graciene.silva@ifsertao-pe.edu.br](mailto:graciene.silva@ifsertao-pe.edu.br)

### **Neyton de Oliveira Miranda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1808-572X>  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil  
E-mail: [neyton.miranda@ufersa.edu.br](mailto:neyton.miranda@ufersa.edu.br)

### **Estefany de Souza Barreto**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3445-2013>  
Instituto Federal Sertão Pernambucano, Brasil  
E-mail: [estefany.barreto@aluno.ifsertao-pe.edu.br](mailto:estefany.barreto@aluno.ifsertao-pe.edu.br)

### **Izabelly Katarinne da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9403-5689>  
Instituto Federal Sertão Pernambucano, Brasil  
E-mail: [izabelly.katarinne@aluno.ifsertao-pe.edu.br](mailto:izabelly.katarinne@aluno.ifsertao-pe.edu.br)

### **José Francismar de Medeiros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1202-8783>  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil  
E-mail: [jfmedeir@ufersa.edu.br](mailto:jfmedeir@ufersa.edu.br)

## **Resumo**

São raros os estudos que tentam controlar o fundo-preto do tomate usando casca-de-ovo triturada como fonte de cálcio. Este estudo objetivou, portanto, controlar o fundo-preto do tomate com solução obtida da casca-de-ovo. A casca-de-ovo utilizada foi seca, finamente triturada e peneirada na peneira 0,30 mm. Os tratamentos consistiram de diferentes concentrações de casca-de-ovo: 0,0; 0,6; 1,2; 2,4; 3,0; 6,0; 12,0; 24,0; e 40,0%. Cada concentração de casca-de-ovo foi diluída em água-destillada fervente. Decorridas 24 h, as soluções da casca-de-ovo foram coadas. Em um ensaio preliminar, em condições laboratoriais, o pH e a condutividade elétrica destas soluções foram medidos a cada 10 dias por um período máximo de 30 dias. As soluções foram, posteriormente, pulverizadas na parte aérea, aos 44 dias após o transplante (DAT) de tomateiros, que haviam sido dispostos em condições de campo, em vasos de 22 kg de solo. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Aos 84 DAT, foram avaliados indicadores de crescimento e de produção. Enquanto a condutividade elétrica das soluções de casca-de-ovo aumentou com tempo de armazenamento, os valores de pH diminuíram. Tomateiros pulverizados com a solução de casca-de-ovo acumularam muito cálcio na parte aérea e não apresentaram fundo-preto nos seus frutos. Por outro lado, tomateiros pulverizados com apenas água-destillada apresentaram o fundo-preto em 15% dos seus frutos. Plantas pulverizadas com solução de casca-de-ovo apresentaram ainda maior massa fresca dos frutos e maior massa seca de ramificações. Estes resultados indicam que a solução da casca-de-ovo inibe o fundo-preto no tomate.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*; Podridão apical do tomate; Resíduos sólidos; Cálcio.

### Abstract

Studies that attempt to control blossom-end rot in tomatoes using crushed eggshells as a source of calcium are rare. This study therefore aimed to control blossom-end rot in tomatoes with a solution obtained from eggshells. The eggshell used was dried, finely crushed and sieved in a 0.30 mm sieve. The treatments consisted of different concentrations of eggshell: 0.0, 0.6, 1.2, 2.4, 3.0, 6.0, 12.0, 24.0 and 40.0%. Each concentration of eggshell was diluted in boiling distilled water. After 24 h, the eggshell solutions were strained. In a preliminary assay, under laboratory conditions, the pH and electrical conductivity of these solutions were measured every 10 days for a maximum period of 30 days. The solutions were then sprayed on the aerial part, at 44 days after transplanting (DAT) of tomato plants, which had been arranged under field conditions, in pots of 22 kg of soil. The experiment was arranged in a randomized block design with four replications. At 84 DAT, growth and production indicators were evaluated. While the electrical conductivity of eggshell solutions increased with storage time, the pH values decreased. Tomato plants sprayed with the eggshell solution accumulated a lot of calcium in the aerial part and did not show blossom-end rot on their fruits. On the other hand, tomato plants sprayed with only distilled water showed the blossom-end rot in 15% of their fruits. Plants sprayed with eggshell solution showed even higher fruit fresh mass and higher branch dry mass. These results indicate that the eggshell solution inhibits the blossom-end rot in tomato.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum*; Apical rot of tomato; Solid waste; Calcium.

### Resumen

Los estudios que intentan controlar la podredumbre apical de tomate utilizando cáscaras de huevo trituradas como fuente de calcio son raros. Por tanto, este estudio tuvo como objetivo controlar la podredumbre apical de tomate con una solución obtenida a partir de cáscaras de huevo. La cáscara de huevo utilizada se secó, se trituró finamente y se tamizó a través de un tamiz de 0,30 mm. Los tratamientos consistieron en diferentes concentraciones de cáscara de huevo: 0,0; 0,6; 1,2; 2,4; 3,0; 6,0; 12,0; 24,0; y 40,0%. Cada concentración de cáscara de huevo se diluyó en agua destilada hirviendo. Después de 24 h, se colaron las soluciones de cáscara de huevo. En una prueba preliminar, en condiciones de laboratorio, se midió el pH y la conductividad eléctrica de estas soluciones cada 10 días durante un período máximo de 30 días. Posteriormente, las soluciones se pulverizaron en la parte aérea, 44 días después del trasplante (DDT) de plantas de tomate, que habían sido colocadas en condiciones de campo, en macetas que contenían 22 kg de tierra. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. A los 84 DDT se evaluaron indicadores de crecimiento y producción. Mientras que la conductividad eléctrica de las soluciones de cáscara de huevo aumentó con el tiempo de almacenamiento, los valores de pH disminuyeron. Las plantas de tomate asperjadas con la solución de cáscara de huevo acumularon mucho calcio en la parte aérea y no presentaron podredumbre apical en sus frutos. Por otro lado, las plantas de tomate asperjadas únicamente con agua destilada presentaron podredumbre apical en el 15% de sus frutos. Las plantas rociadas con solución de cáscara de huevo mostraron aún mayor masa fresca de frutos y mayor masa seca de ramas. Estos resultados indican que la solución de cáscara de huevo inhibe la podredumbre apical en los tomates.

**Palabras clave:** *Solanum lycopersicum*; Podredumbre apical del tomate; Residuos sólidos; Calcio.

## 1. Introdução

Sendo originário da América do Sul, o tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das principais olerícolas cultivadas. Seus frutos são uns dos mais favoritos ingredientes da culinária mundial, estando presentes tanto na forma in natura quanto processada, servindo de base para saladas, fast food (Naika et al., 2020), etc.

Em 2021, a produção brasileira de tomate chegou a 3.679.160 de toneladas, com o estado de Goiás se destacando no tomate industrial, com 60% da produção nacional, e São Paulo e Minas Gerais liderando a produção da fruta in natura (CONAB, 2019; IBGE-SIDRA, 2021).

O tomate pode ser acometido por diversas desordens fisiológicas, dentre as quais destaca-se o fundo-preto do tomate por poder ocasionar 60% de perdas à produtividade do tomateiro. Esta desordem foi identificada há mais de 128 anos e, desde então, vem sendo estudada há mais de 100 anos sem ser completamente compreendida pela ciência. Sabe-se que ela é extremamente comum em solos ácidos e de textura arenosa, e que ocorre em tomateiros que crescem tanto em casa de vegetação, como no campo. O seu controle tem sido feito principalmente com adubos foliares contendo cálcio – tais como o cloreto de cálcio (Filgueira, 2013; Ho & White, 2005; Muniz Júnior, 2018). Contudo, esta prática, muitas vezes, onera o cultivo de tomate. Neste sentido, a busca por fontes de cálcio alternativas e de baixo custo, tais como a casca-de-ovo, torna-se relevante sob a ótica econômica e ambiental.

A casca-de-ovo tem sido amplamente empregada na indústria farmacêutica, em preparos de medicamentos e de suplementos alimentares (Naves et al., 2007). Na agricultura, seu potencial é como corretivo de solos ácidos (Galvão et al., 2020; Monaco et al., 2015), não sendo conhecido nenhum outro estudo sobre seu uso para o controle do fundo-preto de tomate.

Em 2021, o Brasil produziu cerca de 58 milhões de toneladas de ovos, 30% a mais do que em 2011 (FAO, 2023). E como a casca-de-ovo corresponde a 11% do peso total do ovo, podemos inferir que se produziu cerca de 6,4 milhões de toneladas de casca-de-ovo. A casca-de-ovo contém, em média, 94% de carbonato de cálcio, 1% de carbonato de magnésio e 1% de fosfato de cálcio. Os restantes 4% da casca correspondem à parte orgânica, de pouca expressão, e predominantemente constituída por proteínas (Neves, 1998; Oliveira et al., 2009; Rivera et al., 1999).

Face à preocupação com a disposição adequada dos resíduos sólidos e às lacunas supracitadas, lançamos a seguinte hipótese: a casca-de-ovo, quando dissolvida em água fervente, libera muito cálcio, o qual por sua vez controla o fundo-preto do tomate. Para responder a esta hipótese, medições de pH e de condutividade elétrica foram feitas na solução da casca-de-ovo, logo após à sua filtragem. Adicionalmente, indicadores de crescimento e de produção, e o acúmulo de cálcio e potássio em tomateiros com e sem pulverização com soluções contendo diferentes concentrações de casca-de-ovo foram avaliados aos 84 dias após o transplante de mudas de tomate. Este estudo teve como objetivo controlar o fundo-preto do tomate com solução obtida da casca-de-ovo.

## 2. Metodologia

### 2.1 Extração térmica de cálcio em casca-de-ovo

#### 2.1.1 Coleta e preparo da casca-de-ovo

A casca-de-ovo utilizada neste estudo foi coletada no município de Araripina-PE. Após a coleta, foi seca a 60 ° C por 48 h, em estufa de circulação forçada. Após a secagem, a casca-de-ovo foi finamente triturada e peneirada na peneira ABNT nº 50 (0,30 mm). Posteriormente, foi submetida à análise granulométrica e química. A granulometria e a composição química da casca-de-ovo finamente triturada se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1** - Análise granulométrica e química da casca-de-ovo finamente triturada, coletada no município de Araripina, Pernambuco, Brasil.

Análise Granulométrica	
Peneira ABNT nº 10 (2,00 mm)	100%
Peneira ABNT nº 20 (0,84 mm)	100%
Peneira ABNT nº 50 (0,30 mm)	100%

Análise Química	
Óxido de cálcio (CaO)	49,30%
Óxido de magnésio (MgO)	0,70%

Fonte: Autores.

A Tabela 1 confirma que, de fato, a casca-de-ovo utilizada neste estudo foi finamente triturada até se tornar um pó, pois toda ela atravessou a peneira ABNT nº 50, uma peneira de 300 µm.

### 2.1.2 Ensaio preliminar: da extração do cálcio na casca-de-ovo às avaliações

O ensaio foi conduzido em condições laboratoriais, na Faculdade de Ciências Agrárias de Araripina (FACIAGRA), no município de Araripina, Pernambuco, Brasil, utilizando erlenmeyers de 250 ml (Figura 1) e seguindo a metodologia quantitativa de pesquisa laboratorial proposta por Pereira et al. (2018). Os tratamentos do experimento consistiram de diferentes concentrações de casca-de-ovo triturada: 0,0; 0,6; 1,2; 2,4; 3,0; 6,0; 12,0; e 24,0%. A diluição da casca-de-ovo foi feita pela adição de 150 mL de água-destilada fervente, em cada erlenmeyer. Em seguida, a mistura foi agitada e deixada em repouso por 24 h. Decorridas 24 h, a solução foi filtrada utilizando um filtro de papel. Posteriormente, os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado em quatro repetições. As medições de pH e condutividade elétrica foram feitas no dia da filtragem (0 dias de armazenamento), e a cada 10 dias, por um período máximo de 30 dias.

**Figura 1** - Diluição da casca-de-ovo com água-destilada fervente, em erlenmeyer de 250 mL.



Fonte: Autores.

Durante a extração térmica do cálcio em casca-de-ovo finamente triturada (Figura 1), a água-destilada fervente do tratamento controle (sem casca-de-ovo) permaneceu cristalina, e a da menor concentração de casca-de-ovo (0,6%) se esbranquiçou.

## 2.2 Controle do fundo-preto com casca-de-ovo

### 2.2.1 Aspectos climáticos da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, no município de Araripina-PE, Brasil, a 7° 34' 84'' Sul, 40° 30' 50,08'' Oeste e a 629 m de altitude. A cidade de Araripina está localizada no extremo oeste de Pernambuco. Segundo a classificação Köppen, o clima desta região é BSw, um semiárido quente e seco, tipo estepe: a estação seca é bem definida na região e ocorre entre maio a novembro, com uma evapotranspiração média anual de 1400 mm. A estação chuvosa, com chuvas concentradas e irregulares, ocorre predominantemente entre os meses de janeiro e março, com precipitações pluviométricas médias anuais de 674 mm. Os valores médios anuais de temperatura mínima e máxima são, respectivamente, 20,6 °C e 30,3 °C (Araujo, 2004; Damasceno, 2020).

### 2.2.2 Adubação do solo

Para condução do experimento, coletou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 2018), que apresentava, na camada de 0-0,20 m, as seguintes características químicas: pH=6,70; Al<sup>3+</sup>=0,0; H+Al=0,9; Ca<sup>2+</sup>=3,50; Mg<sup>2+</sup>=0,6; Na<sup>+</sup>=0,006 cmolc dm<sup>-3</sup>; P=3 e K<sup>+</sup>= 105,57 mg L<sup>-1</sup>; N= 0,028% e M.O =0,7%. Cada unidade experimental (um vaso com capacidade de 15 L) recebeu 22 kg de terra fina seca ao ar (destorroadada, homogeneizada e, depois, peneirada na peneira de 2 mm, ou melhor, na peneira ABNT nº 10). A adubação foi realizada com o equivalente a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (0,8 g de ureia por

vaso), com 350 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (10,61 g de superfosfato simples por vaso), 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (1,15 g de cloreto de potássio por vaso) e 30 kg ha<sup>-1</sup> de micronutrientes (0,20 g de FTE BR 12 por vaso), de acordo com a recomendação do estado de Pernambuco para a cultura do tomate (Cavalcanti, 2008).

### 2.2.3 Tratamentos, cultivar de tomate, soluções de casca-de-ovo e avaliações

O experimento foi instalado em condições de campo, na Faculdade de Ciências Agrárias de Araripina (FACIAGRA), utilizando vasos com capacidade de 15 L. Os tratamentos do experimento consistiram de diferentes concentrações de casca-de-ovo finamente triturada: 0,0; 0,6; 1,2; 2,4; 6,0; 12,0; 24,0%; e 40,0%. A casca-de-ovo foi diluída pela adição de 500 mL de água-destilada fervente. Os demais procedimentos foram feitos conforme mencionado anteriormente. Os tratamentos foram então dispostos em campo, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A pulverização das diferentes soluções de casca-de-ovo iniciou aos 44 dias após o transplântio (DAT) de mudas de tomate (cultivar industrial Caline IPA 6), quando os frutinhos se tornavam visíveis no cacho, e continuou até à colheita dos frutos maduros, aos 84 DAT. O jato da solução, que foi pulverizado duas vezes por semana, foi sempre dirigido à extremidade distal dos frutos e também à parte aérea como um todo. Aos 84 DAT, avaliou-se os seguintes indicadores de crescimento e de produção do tomateiro: número de frutos, massa fresca de frutos, peso médio dos frutos, frutos com fundo-preto (em %), diâmetro médio dos frutos, número e massa seca das ramificações, altura da planta, diâmetro do colo, número de folhas, massa seca do caule, massa seca de folhas, massa seca da raiz e volume da raiz. A biomassa seca da parte aérea (massa seca do caule, de folhas e das ramificações) foi, posteriormente, moída no moinho do tipo Wiley (<40 mesh), e o teor do K e Ca determinado de acordo com os procedimentos de Tedesco (1982). O conteúdo de nutrientes foi estimado conforme descrito por Vergara et al. (2018).

### 2.3 Análise estatística

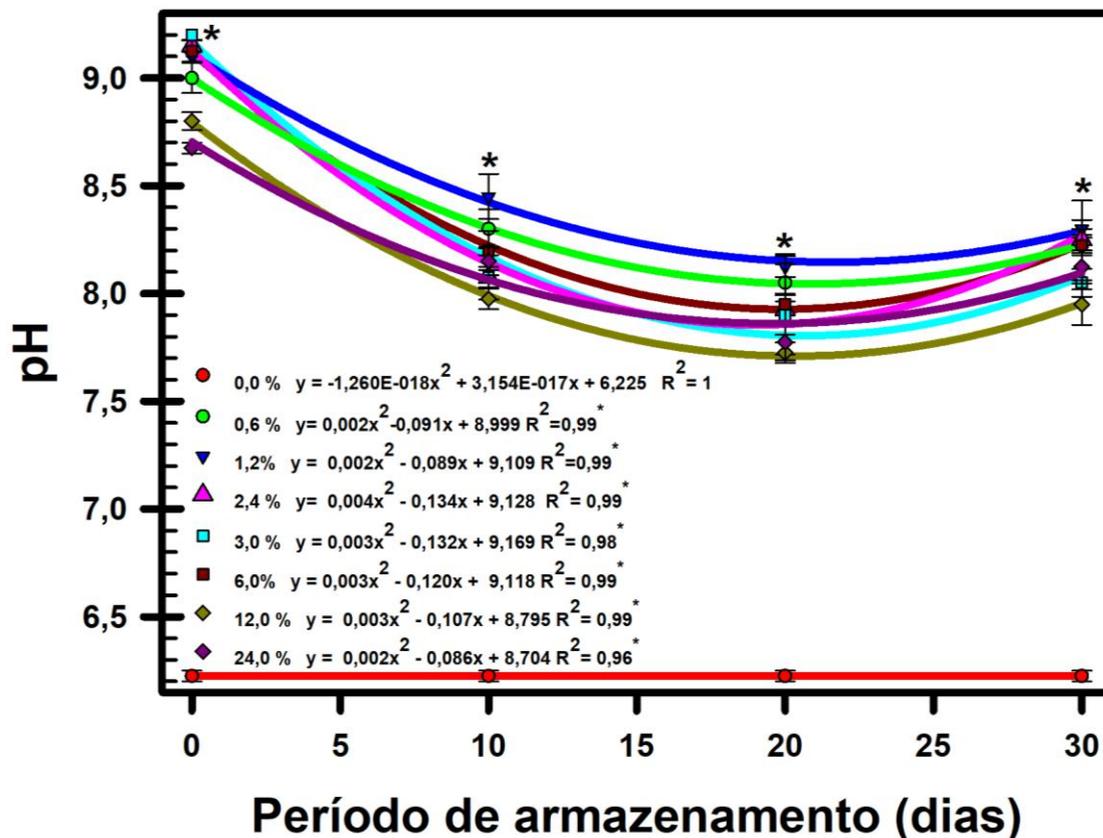
Os dados foram, prioristicamente, avaliados quanto à homocedasticidade (Bartlett) e à normalidade (Shapiro-Wilk). A análise de variância (ANOVA) foi, posteriormente, realizada. Quando a ANOVA indicou diferenças significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R-project versão 3.4.1 (Team, 2023). Os resultados são apresentados como média  $\pm$  erro padrão.

## 3. Resultados

### 3.1 Características químicas da solução de casca-de-ovo

Na Figura 2 podemos observar que ao se adicionar a casca-de-ovo finamente triturada na água-destilada em ebulição, o pH das soluções se elevou rapidamente, ultrapassando facilmente os valores de 8,5. Depois, o pH tendeu a apresentar uma ligeira queda, a qual se estendeu até ao vigésimo dia de armazenamento das soluções. Daí em diante, os valores de pH se estabilizam em torno de 8.

**Figura 2** - pH de soluções de casca-de-ovo finamente triturada, até passar na peneira ABNT nº 50 (0,300 mm). Alguns erlenmeyers não receberam casca-de-ovo, ou seja, tratamento controle (ou dose 0,0%); outros, no entanto, receberam 0,6; 1,2; 2,4; 3,0; 6,0; 12,0; e 24,0%. As barras de erro mostram o erro padrão da média (n = 4). Asterisco (\*) indica diferenças significativas entre as doses – para o mesmo dia de medições (Teste Tukey;  $p < 0,05$ ).

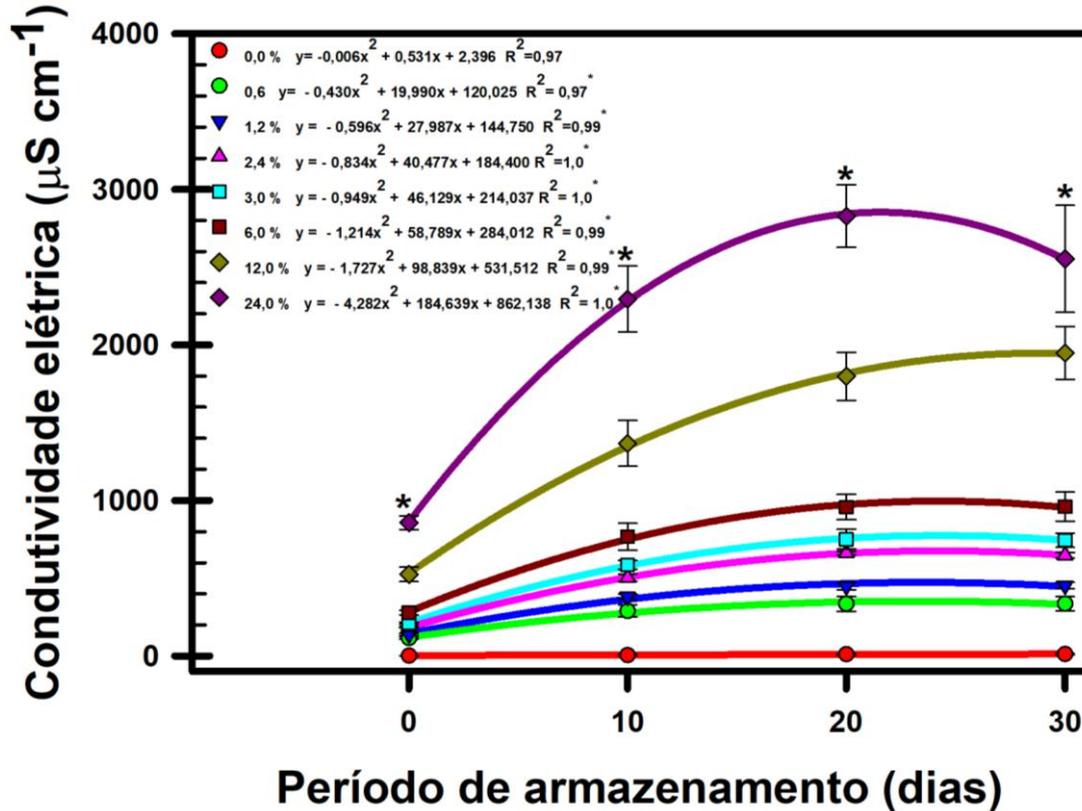


Fonte: Autores.

Nesta figura, é possível observar que, quando se adiciona a casca-de-ovo em água-destilada em ebulição, o pH das soluções de casca-de-ovo se eleva vertiginosamente até 8,5 e que, depois, há uma ligeira queda de pH, a qual se estabiliza em torno de 8,0, quando comparado ao tratamento controle (apenas água-destilada em ebulição), com valor de pH de apenas 6,2.

A condutividade elétrica (Figura 3) das diferentes soluções de casca-de-ovo finamente triturada foi crescente com a dose e com o período de armazenamento, o que de certa forma já era esperado. Os seus valores foram mínimos, mas proporcionais à dose, 24 horas após a adição da água-destilada em ebulição sobre a casca-de-ovo finamente moída; daí em diante, os valores se elevaram consideravelmente, destacando-se as soluções cujas concentrações eram maiores (12,0 e 24,0 %), as quais apresentaram uma condutividade elétrica de 1949 e 2552  $\mu\text{S cm}^{-1}$  no vigésimo dia de armazenamento. Os valores destas maiores concentrações foram maiores do que a menor concentração (0,6%) em 6 e 8 vezes, respectivamente.

**Figura 3** - Condutividade elétrica de soluções de casca-de-ovo finamente triturada, até passar na peneira ABNT nº 50 (0,300 mm). Alguns erlenmeyers não receberam casca-de-ovo, ou seja, tratamento controle (ou dose 0,0%); outros, no entanto, receberam 0,6; 1,2; 2,4; 3,0; 6,0; 12,0; e 24,0%. As barras de erro mostram o erro padrão da média (n = 4). Asterisco (\*) indica diferenças significativas entre as doses – para o mesmo dia de medições (Teste Tukey;  $p < 0,05$ ).



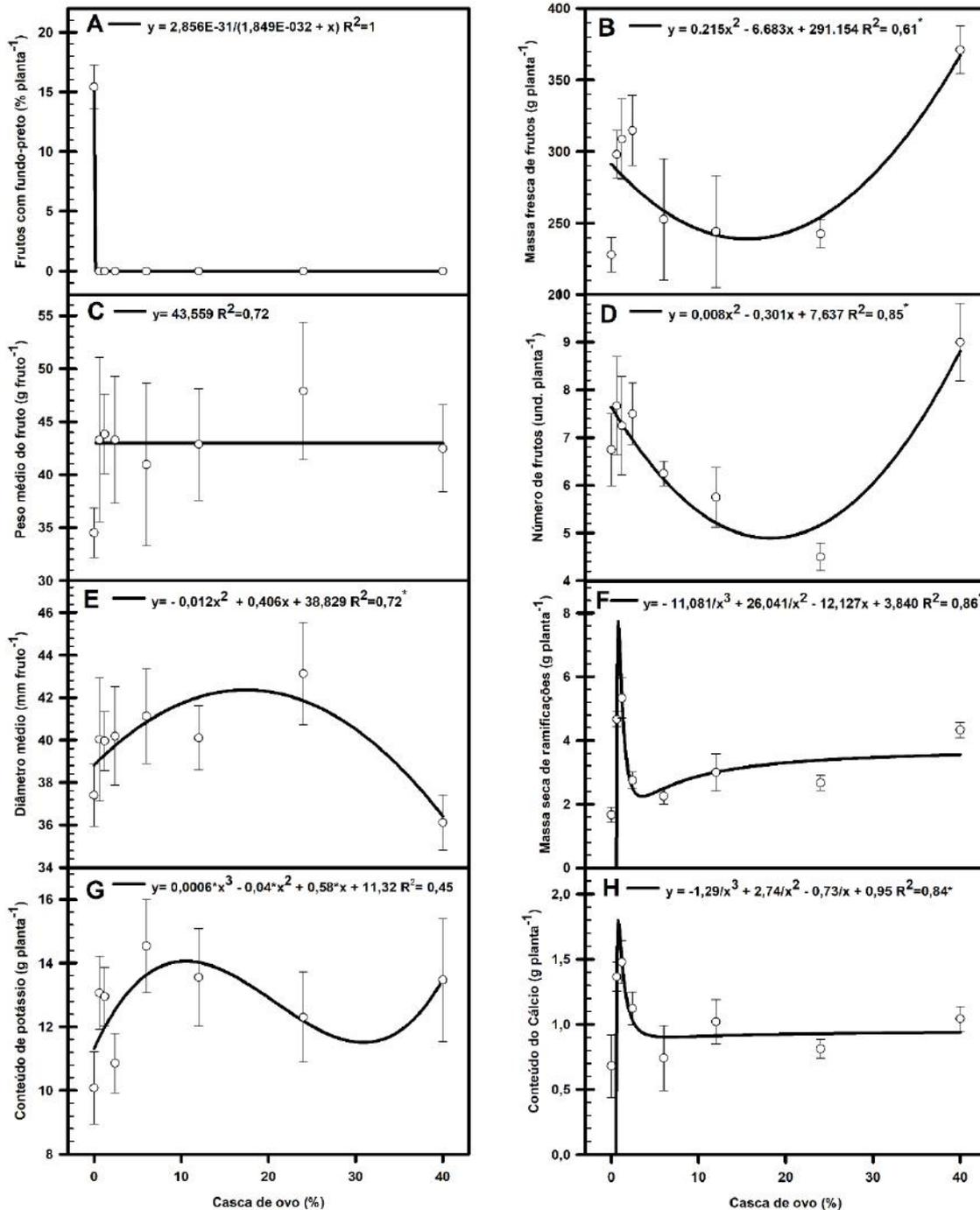
Fonte: Autores.

Na figura acima, pode-se notar que, ao se adicionar casca-de-ovo em água-destilada fervente, a condutividade elétrica das diferentes soluções de casca-de-ovo se eleva rapidamente até atingir seu pico aos 20 dias de armazenamento.

### 3.2 Controle do fundo-preto com casca-de-ovo

A aplicação da solução de casca-de-ovo aos 44 DAT, quando as plantas de tomate apresentavam os primeiros frutinhos, afetou frutos com fundo-preto e a massa fresca dos frutos (Figura 4). Entre os parâmetros morfológico, por outro lado, apenas foi afetada a massa seca das ramificações (Figura 4 e Tabela 2). O conteúdo de cálcio, conforme já se esperava, também foi afetado (Figura 4).

**Figura 4** - Frutos com fundo-preto (A), massa fresca de frutos (B), peso médio do fruto (C), Número de frutos (D), diâmetro médios dos frutos (E), massa seca de ramificações (F) e conteúdo de potássio (G) e cálcio (H) em plantas de tomate (cultivar industrial Caline IPA 6) cultivadas até aos 84 DAT, sem pulverização da planta (controle) e pulverização com diferentes concentrações de casca-de-ovo: 0,0; 0,6; 1,2; 2,4; 6,0; 12,0; 24,0; e 40,0%. As barras de erro mostram o erro padrão da média (n = 4). DAT: dias após o transplante.



Fonte: Autores.

A figura mostra, de um lado, que os tomateiros pulverizados com a solução de casca-de-ovo não desenvolveram o fundo-preto; de outro, que a pulverização com apenas água-destillada resultou em 15% dos frutos com fundo-preto, nas plantas do tratamento controle.

**Figura 5** - À esquerda, tomateiro (cultivar industrial Caline IPA 6) controle (ou seja, sem pulverização com solução de casca-de-ovo) mostrando frutos com fundo-preto; à direita, encontra-se o tomateiro pulverizado com 40% de casca-de-ovo, destacando frutos maiores e sem fundo-preto.



Fonte: Autores.

A Figura 5 mostra frutos de tomate com (à esquerda) e sem fundo-preto (à direita).

**Tabela 2** - Indicadores de crescimento de plantas de tomate (cultivar industrial Caline IPA 6) cultivadas até aos 84 DAT, sem pulverização da planta (controle) e pulverização com diferentes concentrações de casca-de-ovo: 0,0; 0,6; 1,2; 2,4; 6,0; 12,0; 24,0; e 40,0 %.

Casca de ovo (%)	Altura da planta (cm planta <sup>-1</sup> )	Diâmetro do colo (mm planta <sup>-1</sup> )	Número de folhas (unid. planta <sup>-1</sup> )	Número de ramificações (unid. planta <sup>-1</sup> )	Massa seca do caule (g planta <sup>-1</sup> )	Massa seca de folhas (g planta <sup>-1</sup> )	Massa seca da raiz (g planta <sup>-1</sup> )	Volume da raiz (cm <sup>3</sup> planta <sup>-1</sup> )
0,0	101,3±3,1	9,2±0,2	22,3±0,5	2,3±0,3	12,0±1,6	16,5±1,8	4,3±0,6	27,3±3,7
0,6	91,8±3,4	9,5±0,5	25,0±2,0	3,3±0,2	13,3±0,8	17,3±2,1	4,3±0,6	30,5±3,9
1,2	94,0±6,1	9,8±0,5	29,5±2,8	3,3±0,2	12,5±0,9	19,0±1,1	5,3±0,5	41,0±3,9
2,4	100,5±7,4	8,9±0,4	28,3±3,8	3,5±0,9	11,8±1,6	15,5±1,6	4,7±0,5	29,5±4,7
6,0	98,0±6,5	9,6±0,5	24,0±1,9	2,8±0,5	11,0±1,4	17,3±0,9	4,3±0,3	37,5±5,1
12	87,8±6,5	9,0±0,5	26,0±1,4	2,3±0,2	11,7±1,6	19,3±1,9	3,8±0,5	35,0±4,9
24	85,3±4,0	9,2±0,7	25,0±2,2	3,3±0,5	10,7±1,4	15,8±1,9	4,0±0,4	33,3±2,6
40	95,3±5,5	9,0±0,4	25,8±3,2	3,0±0,7	11,8±1,9	19,0±3,4	4,3±0,5	32,5±3,1
CV (%)	19,82	9,72	19,23	32,38	22,32	22,38	0,94	0,46

Médias ± SE (n = 4) sem letras indicam a ausência de diferenças significativas entre tratamentos (Teste F; p < 0,05). DAT: dias após o transplante. SE: erro padrão da média (n = 4). Fonte: Autores.

A Tabela 2 mostra que alguns indicadores de crescimento não foram afetados pela solução de casca-de-ovo.

Plantas de tomate que não receberam a solução de casca-de-ovo, a partir dos 44 DAT, desenvolveram o fundo-preto em 15% de seus frutos (Figura 4A; Figura 5). De modo contrário, tomateiros que receberam a solução de casca-de-ovo não apresentaram o fundo-preto em seus frutos!

Com relação à massa fresca dos frutos (Figura 4B), plantas de tomate pulverizadas com casca-de-ovo apresentaram, de uma maneira geral, uma maior massa fresca dos seus frutos, corroborando a ausência de frutos com fundo-preto. Neste caso, dentre os tratamentos com casca-de-ovo, foi a concentração 40,0% que se destacou comparativamente às demais concentrações, uma vez que promoveu maior incremento de massa nos seus frutos, cerca de 38%, quando comparado às plantas sem casca-de-ovo. O peso médio, número e diâmetro dos frutos (Figura 4C-E) não diferiram entre os tratamentos (com e sem pulverização com solução de casca-de-ovo).

A massa seca de ramificações de plantas pulverizadas com casca-de-ovo (Figura 4F) foi, em linhas gerais, também maior do que a das plantas sem pulverização com casca-de-ovo. As concentrações 0,6, 1,2, 2,4 e 40,0% se destacaram comparativamente ao tratamento sem pulverização com a casca-de-ovo, uma vez que somente elas apresentaram, nas condições deste experimento, incrementos de 64, 69, 39 e 61%, corroborando a maior massa fresca dos frutos.

O conteúdo de cálcio seguiu a mesma tendência da massa seca das ramificações, corroborando, em tomateiros pulverizados com a solução de casca-de-ovo, a ausência do fundo-preto, a maior massa fresca dos frutos e a maior massa seca das ramificações, pois se observou, nestas plantas, maior conteúdo de cálcio, com destaque, mais uma vez, para as concentrações 0,6, 1,2, 2,4 e 40,0%, as quais apresentaram, quando comparadas ao tratamento controle sem casca-de-ovo, incrementos de 50, 54, 39 e 35%, respectivamente (Figura 4G). A casca-de-ovo, por outro lado, não afetou o conteúdo de potássio no tomateiro, conforme já se esperava (Figura 4H).

#### 4. Discussão

A incidência do fundo-preto no tomateiro se manifesta logo nas primeiras fases da rápida expansão celular do fruto, nas duas primeiras semanas após a frutificação, quando a concentração de cálcio diminui no fruto (Adams & El-Gizawy, 1988; Ho & White, 2005). Esta foi a razão pela qual, neste estudo, pulverizamos a solução da casca-de-ovo tão logo os frutinhas do tomateiro se tornaram visíveis no cacho, aos 44 DAT. E para assegurar a eficácia desta solução de cálcio, o jato da solução da casca-de-ovo foi dirigido não apenas para os frutinhas em desenvolvimento, como também para a parte aérea, como um todo (Ho & White, 2005). E assim foi que conseguimos revelar, no presente estudo, que a solução da casca-de-ovo afeta a incidência do fundo-preto e a massa seca de ramificações do tomateiro.

Todas as soluções de casca-de-ovo produzidas, nas condições dos nossos experimentos, foram alcalinas, com o pH decrescendo de 9 para 7,9 nos 30 dias em que a solução ficou armazenada (Figura 2). A condutividade elétrica, por outro lado, cresceu com a dose e com o tempo de armazenamento, destacando-se as soluções cujas concentrações foram maiores (12,0 e 24,0 %), as quais apresentaram uma condutividade elétrica de 1949 e 2552  $\mu\text{S cm}^{-1}$  no vigésimo dia (de armazenamento; Figura 3). Estes dados indicam que ocorre a dissolução do carbonato de cálcio em água fervente, liberando cálcio e carbonato, os quais são crescentes com o tempo de armazenamento e com a dose.

O cálcio e/ou outros nutrientes, tais como o magnésio (Tabela 1), liberados na solução da casca-de-ovo, teriam então promovido o aumento da condutividade elétrica na solução da casca-de-ovo, enquanto o carbonato teria se associado a prótons da água para formar o ácido carbônico, o qual, por sua vez, teria reduzido o pH da solução ao longo dos últimos 20 dias consecutivos. Em outras palavras, pode-se dizer que, embora a casca-de-ovo possua grande parte de cálcio na forma de carbonato de cálcio (Tabela 1), uma fonte de baixíssima solubilidade (Lepsch, 2021), pode ter havido, nas condições deste experimento, uma rápida liberação do cálcio em função da alta reatividade da casca-de-ovo finamente triturada, equivalente a peneira ABNT

nº 50 (Tabela 1), e da extração do cálcio com a água fervente (Figura 1). E embora a condutividade elétrica tenha aumentado com o tempo e com a dose, ela não chegou a apontar nenhuma solução de alta salinidade, ou seja, a condutividade elétrica de todas as soluções foi inferior a  $5000 \mu\text{S cm}^{-1}$  (Ho & White, 2005).

Para confirmar a liberação do cálcio pela casca-de-ovo, em água fervente, frutos alongados e, portanto, de maior suscetibilidade ao fundo-preto, da cultivar de tomate industrial Caline IPA-6, uma cultivar rasteira, de dupla afinidade (para mesa e indústria) e amplamente cultivada no semiárido brasileiro (Ho & White, 2005; Riboldi et al., 2018; Riboldi et al., 2020; Silva et al., 2014), foram localmente pulverizados com a solução de casca-de-ovo. Para além disso, a parte aérea (caule, folhas e ramos) como um todo foi também pulverizada. E como era de se esperar, plantas de tomate pulverizadas com a solução de casca-de-ovo, para além não desenvolverem o fundo-preto, acumularam muito cálcio na parte aérea, contrastando com plantas pulverizadas apenas com água-destilada, as quais desenvolveram fundo-preto em 15% dos seus frutos (Figura 4), sob condições de baixo suprimento de cálcio, se comparadas com aquelas pulverizadas com casca-de-ovo. Este percentual de fundo-preto é muitíssimo próximo daquele observado por Riboldi et al. (2020), para esta mesma cultivar. Estes dados, que corroboram em muito o aumento da condutividade elétrica das soluções de casca-de-ovo (Figura 3), indicam que a casca-de-ovo pode ser utilizada como uma importante fonte de cálcio, para redução e/ou inibição do fundo-preto no tomateiro, contanto que o cálcio seja extraído com água fervente.

O aparecimento do fundo-preto na cultivar aqui estudada, a Caline IPA 6, pode ter sido causado também pelas nossas condições climáticas, de semiárido brasileiro: baixa umidade do ar, altas temperaturas do ar (e do solo) e forte intensidade luminosa. Por exemplo, temperaturas extremas, baixas (abaixo de  $14^\circ\text{C}$ ) ou altas (acima de  $30^\circ\text{C}$ ), na zona radicular reduzem a absorção de  $\text{Ca}^{2+}$  e promovem o fundo-preto (Ho & White, 2005). Adicionalmente, as condições climáticas semiáridas favorecem uma maior transpiração pelas folhas, ou melhor dizendo, uma maior extração, no xilema, de água e nutrientes pelas folhas, o que acaba desviando o fluxo de cálcio, do fruto em desenvolvimento para as folhas (De Kreij, 1996; Ho et al., 1993).

A inibição do fundo-preto, nestas condições climáticas, foi feita com aplicação da solução da casca-da-ovo; entretanto, poderia ter sido feita também com pulverização semanal do ácido abscísico (ABA), um fitormônio indutor do fechamento estomático, o qual reduziria a abertura estomática e, por extensão, a transpiração das folhas, alocando, portanto, mais cálcio nos frutos do tomateiro e reduzindo a suscetibilidade do fruto à deficiência do cálcio (Abdal & Suleiman, 2005; Clarkson, 1984; Guichard et al., 2005; Ho et al., 1993; Passam et al., 2007; Verslues & Zhu, 2007). De fato, tomateiros que foram pulverizados semanalmente com ABA reduziram a condutância estomática e teores de cálcio nas folhas, aumentando o cálcio solúvel no apoplasto dos frutos, em 10 vezes, o que promoveu uma inibição completa do fundo-preto; ao contrário, plantas pulverizadas apenas com água apresentaram uma incidência do fundo-preto, que variou de 35 a 45% (de Freitas et al., 2011; Tonetto de Freitas et al., 2011). Porém, a utilização do ABA, para além de aumentar o custo de produção, foge do escopo deste trabalho, cujo pilar é a transformação a baixo custo da casca-de-ovo em insumo agrícola, para utilização pelo pequeno produtor rural. Estudos supracitados e nossos dados sugerem, portanto, que a solução da casca-de-ovo ou ABA podem ser pulverizados no tomateiro ora como uma medida preventiva do fundo-preto, ora como uma forma do seu controle, logo após o seu aparecimento na lavoura.

Contrastando com o ácido abscísico e com a casca-de-ovo, que inibem o fundo-preto, as giberelinas (GAs) podem, por outro lado, ocasionar uma incidência de fundo-preto, no tomateiro, de até 100% (De Freitas et al., 2012). Nas cultivares (de macieiras) Fugü e Catarina, as giberelinas promoveram, de um lado, um maior crescimento vegetativo da planta (à semelhança do que acontece com aplicação de doses elevadas de nitrogênio, ou quando da inoculação com micro-organismos promotores de crescimento vegetal) e, do outro, menor eficiência de transporte e utilização do cálcio no fruto, o que resultou em menor teor de cálcio no fruto e, conseqüentemente, no aparecimento do fundo-preto (Bangerth, 1976; Silveira et al., 2012). Da mesma forma, em mutantes do tomate Procera (ou tomate Pro), com fenótipo de resposta constitutiva a GAs e, portanto, com maior sensibilidade a GAs, houve maior acúmulo de biomassa (fresca e seca) do que nas plantas selvagens. Ou seja, as folhas e os frutos competiram

fortemente por cálcio. E como as folhas transpiram mais do que os frutos, elas foram mais eficientes na extração do cálcio do que os frutos, o que resultou, em última instância, também na maior suscetibilidade do tomateiro ao fundo-preto (Muniz Júnior, 2018). Mais eloquente ainda é o fato de a aplicação de prohexadiona-Ca (inibidor da biossíntese de GAs) diminuir a incidência do fundo-preto (Silveira et al., 2012).

Como se vê, o fundo-preto pode ser causado tanto por fatores extrínsecos à planta (pouco suprimento do cálcio nos frutos, pouco P, altos teores de  $Mg^{2+}$ , de  $K^+$ , de N – especialmente o  $NH_4^+$  –, altos níveis de salinidade, seca, baixa umidade e alta temperatura do ar na parte aérea, e alta intensidade luminosa) como por fatores intrínsecos ao tomateiro: desbalanço hormonal, formato do fruto, crescimento e o amadurecimento precoce do fruto, e a produção precoce do etileno (Ho & White, 2005). O tomate cereja, por exemplo, não é suscetível ao fundo-preto, mas, por outro lado, o tomate alongado é mais suscetível ao fundo-preto do que o tomate arredondado (Ho, 1998).

Tomados em conjunto com a literatura anterior, nossos dados sugerem que a casca-de-ovo pode atuar, de forma sinérgica, com micro-organismos promotores do crescimento do tomateiro, tais como fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e fungos dark septate (DSE), na inibição do fundo-preto: os FMA e DSE induziriam, de uma lado, a DELLA (proteína da planta repressora da giberelina) e a elevação do ácido abscísico (Floss et al., 2013; Foo et al., 2013; Vergara, Araujo, Souza, et al., 2019; Vergara, Araujo, Sperandio, et al., 2019; Vergara et al., 2017; Vergara et al., 2023; Yu et al., 2014); de outro, a casca-de-ovo concentraria o cálcio diretamente na extremidade distal (ou extremidade apical) do fruto, a baixo custo de produção, em especial, nos sistemas de produção agrícola de uso de insumos crioulos (ou insumos vernáculos – aqueles que são produzidos dentro da propriedade do agricultor), tais como os sistemas agroecológico (Lopes et al., 2023), concatenando-se o maior crescimento vegetativo com a maior produção de frutos.

Os efeitos da casca-de-ovo, contudo, não pararam por aí; foram mais adiante: plantas de tomate que receberam casca-de-ovo, para além de não terem desenvolvido o fundo-preto, apresentaram ainda maior massa seca de ramificações (destacando plantas pulverizadas com 0,6; 1,2; 2,4 e 40,0% de casca-de-ovo, com incrementos de 64, 69, 39 e 61%) e maior massa fresca dos seus frutos (destacando plantas pulverizadas com a solução contendo a maior concentração de casca-de-ovo: 40,0%), comparativamente ao tratamento sem casca-de-ovo. Dados com essa mesma coerência foram recentemente obtidos na linhagem *Dt2<sup>CR</sup>*, de soja, obtida por nocaute do gene *Dt2* (que limita o número de ramificações) na variedade de soja DN50 (Liang et al., 2022). A *Dt2<sup>CR</sup>* exibiu maior número de ramificações, maior peso de 100 sementes, maior comprimento, largura e peso do grão por planta, resultando em maior rendimento de grãos; estes autores, contudo, não avaliaram a massa seca de ramificações. No nosso estudo, o número de ramificações e demais indicadores de crescimento (tais como a altura da planta, diâmetro do colo, etc; Tabela 2) não foram afetados pela solução de casca-de-ovo, o que já era esperado, tendo em vista a solução da casca-de-ovo ter sido pulverizada apenas durante a fase reprodutiva. Estes dados, que corroboram em muito a ausência do fundo-preto nos frutos de tomate e a maior condutividade elétrica da solução de casca-de-ovo (em resposta ao aumento da dose) podem estar sugerindo que o tomateiro, quando recebe a solução de casca-de-ovo, no período reprodutivo, ganha um *status* nutricional capaz de proporcionar maior acúmulo de fotossintatos e nutrientes em suas ramificações, os quais, por sua vez, fazem com que a planta produza frutos maiores e sem fundo-preto. De fato, plantas pulverizadas com casca-de-ovo, em especial com as concentrações 0,6; 1,2; 2,4 e 40,0%, apresentaram maior conteúdo de cálcio. Os dados indicam ainda que a melhor solução de casca-de-ovo, para controle do fundo-preto do tomate e incremento da produtividade do tomateiro, talvez seja aquela que apresente em seu bojo um teor de casca-de-ovo igual ou superior a 40,0%. Mas, e então, haveria alguma relação entre a massa seca das ramificações do tomateiro e a massa fresca dos seus frutos?

Na pré-antese (fase vegetativa), a atividade fotossintética produz carboidratos não-estruturais para promover novos crescimentos e para estocá-los em estruturas vegetativas: principalmente raiz, caule e ramos. Na pós-antese, a fotossíntese enche o fruto, e o que sobra, do enchimento do fruto, é acumulado em estruturas vegetativas. Assim, quando a planta, por exemplo,

tem de sobreviver ao inverno (ou ao estresse, de uma forma geral) através da tolerância a geadas, da eliminação de espécies reativas de oxigênio, da recarga do xilema e da estabilização da membrana, ou então quando ela já se encontra na fase final do enchimento do fruto, quando o aparato fotossintético está senescendo, os carboidratos não-estruturais que foram armazenados nas diferentes estruturas vegetativas, entre os quais destaca-se o amido, a principal reserva de carbono do reino vegetal, são então remobilizados. No caso do amido, com uma alta correlação com a parte aérea, ele é hidrolisado a açúcares solúveis e utilizado posteriormente como energia de transporte de açúcares que serão acumulados no fruto, funcionando como respiração de manutenção e de crescimento, e como osmoproteção (Liang et al., 2022; Sehgal et al., 2018; Tixier et al., 2019; Vuerich et al., 2021). Em Pistache, por exemplo, há dados que mostram que a respiração do caule aumenta em resposta a temperaturas quase congelantes (Sperling et al., 2015). No arroz e no trigo cultivados em uma condição normal, o caule e a bainha contribuem com 10 a 40% do peso da semente; numa condição de estresse (com seca e calor), o caule contribui em mais de 40% com o peso da semente (Gebbing & Schnyder, 1999). Portanto, a maior massa seca de ramificações observada nos tomateiros pulverizados com casca-de-ovo sugere que estas plantas têm uma maior capacidade de guardar reservas: fotossintatos e/ou nutrientes, tal qual o cálcio (Figura 4). Ou que a planta pulverizada com casca-de-ovo não precisa remobilizar muitos carboidratos não-estruturais de suas estruturas vegetativas para lidar com o estresse decorrente da falta de cálcio na extremidade distal do fruto, por haver suprimento adicional de cálcio, mediante aplicação da solução de casca-de-ovo diretamente à extremidade distal do fruto. Logo, a massa seca das ramificações do tomateiro deveria vir a ser um objeto de estudo em programas de melhoramento, visando a redução (ou a inibição) do fundo-preto do tomateiro. Há de se investigar também na fase final de enchimento de frutos, o perfil dos carboidratos não-estruturais que estão presentes nos ramos e nos pecíolos do tomateiro, pois uma maior concentração de açúcares solúveis no pecíolo, quando comparado àquela presente nos ramos, significa um fluxo de carbono em direção aos frutos, ou uma maior capacidade de osmoproteção (Vuerich et al., 2021).

A prevenção do fundo-preto não é uma tarefa muito fácil no campo (e muito menos em casa de vegetação), pois requer que se evite alta luminosidade e altas temperaturas sobre a parte aérea, requer ainda que se evite temperaturas extremas na raiz, que se melhore a umidade do solo, que se maximize a absorção do cálcio na raiz, e que as plantas sejam supridas com soluções nutritivas cujo teor de amônio seja inferior a 10% do nitrogênio total, e que a salinidade seja inferior a 5 dS m<sup>-1</sup>. Portanto, a aplicação do cálcio diretamente nos frutos jovens continua ainda sendo a prática agrícola mais viável do que a alteração da composição da solução nutritiva (para ter pouco nitrogênio) e a alteração do ambiente (para diminuição da transpiração da parte aérea). E como nossos resultados indicam que a solução da casca-de-ovo previne o aparecimento do fundo-preto no tomateiro, que aumenta a massa fresca dos seus frutos, a massa seca das ramificações do tomateiro e o conteúdo cálcio na parte aérea, em especial quando a solução de cálcio é feita com 40,0% da casca-de-ovo, este estudo pode estar resolvendo dois problemas, ambiental (utilização adequada do principal resíduo do ovo, a casca) e econômico (o fundo-preto do tomateiro), com uma única cajadada. É possível ainda que a casca-de-ovo possa aumentar a vida útil do tomate na prateleira, uma vez que há estudos com frutíferas que correlacionam, de um lado, o alto teor de cálcio nos frutos com uma maior vida útil do fruto na prateleira, e de outro, os baixos teores de cálcio nos frutos com o aumento do metabolismo respiratório, aceleração da maturação e senescência do fruto (Pratella, 2003). Este fato, contudo, fugiu do bojo desta pesquisa. E é por isso que são necessários mais estudos que esclareçam as funções da casca-do-ovo no agrossistema.

## 5. Conclusão

Nossos dados indicam que a casca-de-ovo, quando é finamente triturada até passar na peneira ABNT nº 50 (a de 0,300 mm) e, em seguida, dissolvida em água fervente, promove uma rápida liberação do cálcio. Este fato é evidenciado pelos altos valores de condutividade elétrica e pela diminuição do pH da solução da casca-de-ovo. O cálcio concentra-se, na solução, tanto em função do período de armazenamento como em resposta a doses crescentes da casca-de-ovo. Quando esta solução é

pulverizada diretamente em frutinhas ainda jovens do tomateiro e na parte aérea como um todo, ela inibe o fundo-preto do tomate. E no período da colheita, as plantas então apresentam uma maior massa seca de suas ramificações e maior conteúdo de cálcio, o que aparentemente contribui para um maior acúmulo de matéria fresca em seus frutos. De acordo com os resultados obtidos, a solução contendo 40,0% de casca-de-ovo é a melhor opção para o controle do fundo-preto e para o aumento da massa fresca dos frutos na cultivar de tomate Caline IPA 6. Estes resultados foram demonstrados em condições experimentais de campo, do semiárido brasileiro, com foco em agricultores familiares do Araripe Pernambucano. Outros estudos, contudo, ainda são necessários para se compreender melhor o efeito da solução da casca-de-ovo sobre as ramificações do tomateiro.

## Agradecimentos

Agradecemos à Faculdade de Ciências Agrárias de Araripina (FACIAGRA), em especial ao Sr. Francisco, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), à Cooperativa Mista Agropecuária dos Produtores Rurais de Mandioca da Chapada do Araripe (COOPERAMA), à Baraúna Consultoria e Planejamento Ambiental, ao Programa Pernambuco na Universidade (PROUNI-PE), ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela infraestrutura e pelo apoio econômico disponibilizados.

## Referências

- Abdal, M., & Suleiman, M. (2005). Blossom end rot occurrence in calcareous soil of Kuwait. *Acta Horticulturae*, 63-66. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.695.5>
- Adams, P., & El-Gizawy, A. (1988). Effect of calcium stress on the calcium status of tomatoes grown in NFT. *Acta Horticulturae*, 222, 15-22. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1988.222.1>
- Araujo, S. M. S. d. *O polo Gesseiro do Araripe: unidades geo-ambientais e impactos da mineração*. [Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas], Campinas, SP, 2004.
- Bangerth, F. (1976). A role for auxin and auxin transport inhibitors on the Ca content of artificially induced parthenocarpic fruits. *Physiologia Plantarum*, 37 (3), 191-194. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1976.tb03956.x>
- Cavalcanti, F. J. d. A. *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco* (Vol. 2). Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA, Recife-PE, 2008.
- Clarkson, D. T. (1984). Calcium transport between tissues and its distribution in the plant. *Plant, Cell & Environment*, 7(6), 449-456. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1984.tb01435.x>
- CONAB. (2019). Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. In. Brasília, Brasil: CONAB.
- Damasceno, M. L. *Análise da biomassa florestal do polo gesseiro da Região do Araripe-Pernambuco a partir de índices de vegetação*. [Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação), Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE], Recife, PE, Brasil, 2020.
- De Freitas, S. T., Jiang, C.-Z., & Mitcham, E. J. (2012). Mechanisms involved in calcium deficiency development in tomato fruit in response to gibberellins. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 221-234. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00344-011-9233-9>
- de Freitas, S. T., Shackel, K. A., & Mitcham, E. J. (2011). Abscisic acid triggers whole-plant and fruit-specific mechanisms to increase fruit calcium uptake and prevent blossom end rot development in tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 62 (8), 2645-2656. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq430>
- De Kreij, C. (1996). Interactive effects of air humidity, calcium and phosphate on blossom-end rot, leaf deformation, production and nutrient contents of tomato. *Journal of plant nutrition*, 19 (2), 361-377. <https://doi.org/10.1080/01904169609365127>
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos* (5a ed.). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, DF, 2018.
- FAO. (2023). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Ferreira, L. E., de Souza, E. P., & Chaves, A. F. (2012). Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7 (1), 33-38. <http://revista.gvaa.com.br>
- Filgueira, F. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças* (3 ed.). Editora UFV, Viçosa, MG, Brasil, 418p, 2013.
- Floss, D. S., Levy, J. G., Lévesque-Tremblay, V., Pumplin, N., & Harrison, M. J. (2013). DELLA proteins regulate arbuscule formation in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (51), E5025-E5034. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308973110>

- Foo, E., Ross, J. J., Jones, W. T., & Reid, J. B. (2013). Plant hormones in arbuscular mycorrhizal symbioses: an emerging role for gibberellins. *Annals of Botany*, 111 (5), 769-779. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/aob/mct041>
- Galvão, J. R., Casanova, S. R. A., de Souza, F. J. L., de Carvalho Santana, M. A., Pacheco, M. J. B., de Assis, L. F. C. T., & de Araújo, D. G. (2020). Utilização da casca de ovo como fonte de correção da acidez do solo. *Nature and Conservation*, 13 (2), 77-81. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0008>
- Gebbing, T., & Schnyder, H. (1999). Pre-Anthesis Reserve Utilization for Protein and Carbohydrate Synthesis in Grains of Wheat1. *Plant physiology*, 121 (3), 871-878. <https://doi.org/10.1104/pp.121.3.871>
- Guichard, S., Gary, C., Leonardi, C., & Bertin, N. (2005). Analysis of growth and water relations of tomato fruits in relation to air vapor pressure deficit and plant fruit load. *Journal of Plant Growth Regulation*, 24, 201-213. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00344-005-0040-z>
- Ho, L. (1998). Improving tomato fruit quality by cultivation. In K. E. Cockshull, D. Gray, G. B. Seymour, & B. Thomas (Eds.), *Genetic and environmental manipulation of horticultural crops* (pp. 17-29). CAB INTERNATIONAL.
- Ho, L., Belda, R., Brown, M., Andrews, J., & Adams, P. (1993). Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany*, 44 (2), 509-518. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jxb/44.2.509>
- Ho, L. C., & White, P. J. (2005). A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Annals of Botany*, 95 (4), 571-581. <https://doi.org/10.1093/aob/mci065>
- IBGE-SIDRA. (2021). *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>
- Lepsch, I. F. *19 lições de pedologia* (2 ed.). Oficina de textos, São Paulo, SP, Brasil, 310p, 2021.
- Liang, Q., Chen, L., Yang, X., Yang, H., Liu, S., Kou, K., & Yuan, Y. (2022). Natural variation of Dt2 determines branching in soybean. *Nature Communications*, 13 (1), 6429. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34153-4>
- Lopes, D. I., Vergara, C., Araujo, K. E. C., & Saraiva, E. C. (2023). Uso da mucuna-preta e vermicomposto como adubo orgânico de alface em Moçambique. *Research, Society and Development*, 12 (2), e17512240017. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i2.40017>
- Monaco, P. A. V. L., Júnior, G. R., Vieira, G. H. S., Meneghelli, C. M., & da Penha Simon, C. (2015). Conchas de ostras e cascas de ovos moídas como corretivos da acidez do solo. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG*, 23 (6), 584-590. <https://doi.org/10.13083/1414-3984/reveng.v23n6p584-590>
- Muniz Júnior, J. C. *Envolvimento das giberelinas nas respostas à deficiência de cálcio em plantas de tomateiro*. [TCC apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - UNESP], Campus de Jaboticabal, para graduação em Agronomia, 2018.
- Naika, S., Jeude, J., Goffau, M., Hilmi, M., & Dam, B. *A cultura do tomate produção, processamento e comercialização*. Fundação Agromisa e CTA, Wageningen, 2020. ISBN Agromisa: 90-8573-047-3 ISBN CTA: 92-9081-319.
- Naves, M. M. V., Prado, C. M. M., Fernandes, D. C., & Serafini, Á. B. (2007). Avaliação microbiológica do pó da casca de ovo e otimização da técnica de elaboração do produto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37 (2), 113-118. <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/1836>
- Neves, M. A. d. *Alternativas para a valorização da casca de ovo como complemento alimentar e em implantes ósseos*. [Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina], Florianópolis, Brasil, 1998.
- Oliveira, D., Benelli, P., & Amante, E. (2009). Valorização de resíduos sólidos: casca de ovos como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos. 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production, São Paulo, SP, Brasil.
- Passam, H. C., Karapanos, I. C., Bebeli, P. J., & Savvas, D. (2007). A review of recent research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1 (1), 1-21.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D., Parreira, F., & Shitsuka, R. *Metodologia da pesquisa científica [recurso eletrônico]* (1 ed.). UFSM, NTE, Santa Maria, RS, Brasil, 2018. 978-85-8341-204-5.
- Pratella, G. (2003). Note di biopatologia e tecnica di conservazionetrasporto dei frutti: l'effetto del calcio in post-raccolta. *Rivista di Frutticoltura*, 6, 70-71.
- Riboldi, L., Araújo, S., Freitas, S. d., & Castro, P. (2018). Blossom-end rot incidence in elongated tomato fruit. *Botany*, 96 (10), 663-673. <https://doi.org/10.1139/cjb-2018-0021>
- Riboldi, L. B., Araújo, S. H. d. C., Freitas, S. T. d., & Castro, P. R. C. (2020). Fruit shape regulates susceptibility of tomato to blossom-end rot. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 42, e42487. <https://doi.org/https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.42487>
- Rivera, E. M., Araiza, M., Brostow, W., Castaño, V. M., Díaz-Estrada, J. R., Hernández, R., & Rodríguez, J. R. (1999). Synthesis of hydroxyapatite from eggshells. *Materials Letters*, 41 (3), 128-134. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(99\)00118-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-577X(99)00118-4)
- Sehgal, A., Sita, K., Siddique, K. H., Kumar, R., Bhogireddy, S., Varshney, R. K., . . . Nayyar, H. (2018). Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1705. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01705>
- Silva, J., Dutra, A., Cavalcanti, N., Melo, A., Gonçalves, F., & Silva, J. (2014). Aspectos agrônomicos do tomateiro "Caline Ipa 6" cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. *Revista Agro@mbiente On-line*, 8, 336-344. <https://doi.org/10.5327/Z1942-847020140001951>
- Silveira, J. P. G., Amarante, C. V. T. d., Steffens, C. A., Miqueloto, A., & Katsurayama, J. M. (2012). A inibição na síntese de giberelina reduz o crescimento vegetativo em macieiras e proporciona controle de "bitter pit" nos frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34 (2), 328-335. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000200004>

- Team, R. C. (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Tedesco, M. J. *Extração simultânea de N, P, K, Ca, e Mg em tecido de plantas por digestão com H2O2-H2SO4*. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 23p, 1982.
- Tixier, A., Gambetta, G. A., Godfrey, J., Orozco, J., & Zwieniecki, M. A. (2019). Non-structural carbohydrates in dormant woody perennials; the tale of winter survival and spring arrival. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, 2-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00018>
- Tonetto de Freitas, S., Padda, M., Wu, Q., Park, S., & Mitcham, E. J. (2011). Dynamic alternations in cellular and molecular components during blossom-end rot development in tomatoes expressing sCAX1, a constitutively active Ca<sup>2+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter from Arabidopsis. *Plant physiology*, 156 (2), 844-855. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175208>
- Vergara, C., Araujo, K. E. C., Souza, S. R. d., Schultz, N., Saggin, O. J., Sperandio, M. V. L., & Zilli, J. É. (2019). Plant-mycorrhizal fungi interaction and response to inoculation with different growth-promoting fungi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, e25140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.25140>
- Vergara, C., Araujo, K. E. C., Sperandio, M. V. L., Santos, L. A., Urquiaga, S., & Zilli, J. É. (2019). Dark septate endophytic fungi increase the activity of proton pumps, efficiency of 15 N recovery from ammonium sulphate, N content, and micronutrient levels in rice plants. *Brazilian Journal of Microbiology*, 50, 825-838. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42770-019-00092-4>
- Vergara, C., Araujo, K. E. C., Urquiaga, S., Santa-Catarina, C., Schultz, N., da Silva Araújo, E., & Zilli, J. É. (2018). Dark Septate Endophytic Fungi Increase Green Manure-(15)N Recovery Efficiency, N Contents, and Micronutrients in Rice Grains. *Frontiers in Plant Science*, 9, 613. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00613>
- Vergara, C., Araujo, K. E. C., Urquiaga, S., Schultz, N., Balieiro, F. d. C., Medeiros, P. S., & Zilli, J. E. (2017). Dark Septate Endophytic Fungi Help Tomato to Acquire Nutrients from Ground Plant Material [Original Research]. *Frontiers in Microbiology*, 8 (2437). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02437>
- Vergara, C., Araujo, K. E. C., & Zilli, J. É. (2023). Physiological changes in tomato colonized by dark septate endophytic fungi. *Research, Society and Development*, 12 (4), e28712441188-e28712441188. <https://doi.org/https://doi.org/10.33448/rsd-v12i4.41188>
- Verslues, P. E., & Zhu, J.-K. (2007). New developments in abscisic acid perception and metabolism. *Current Opinion in Plant Biology*, 10 (5), 447-452. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.08.004>
- Vuerich, M., Braidotti, R., Sivilotti, P., Alberti, G., Casolo, V., Braidot, E., & Petrusa, E. (2021). Response of Merlot Grapevine to Drought Is Associated to Adjustments of Growth and Nonstructural Carbohydrates Allocation in above and Underground Organs. *Water*, 13 (17), 2336. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13172336>
- Yu, N., Luo, D., Zhang, X., Liu, J., Wang, W., Jin, Y., & Yang, W. (2014). A DELLA protein complex controls the arbuscular mycorrhizal symbiosis in plants. *Cell Research*, 24 (1), 130-133. <https://doi.org/10.1038/cr.2013.167>