



Revista
Técnico-Científica



ENRIQUECIMENTO DE SUBSTRATO COM POLISSULFETO DE CÁLCIO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE COUVE EM BANDEJAS

Murilo Fuentes Peloso¹, Dgiovana Talita Nóbrega Perrud², Silvia Helena Mittelstett Aliendes², Thais Kalinke da Silva², Bárbara Kaoane Morais de Souza Biazussi², Renato Eleotério de Aquino³

¹Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

²Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

³ Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Universidade Estadual de Maringá (UEM)

RESUMO: O presente estudo objetivou avaliar o efeito de doses de Polissulfeto de Cálcio (PC) incorporado ao substrato, em dois tamanhos de bandeja, sobre a germinação e o desenvolvimento de mudas de couve. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, fatorial 5x2: cinco doses de PC (0; 10; 20; 30; 40 mL L⁻¹ de substrato) e bandejas com 128 e 200 células. As doses foram diluídas em água e homogeneizadas ao substrato antes da semeadura. Avaliaram-se porcentagem de germinação (PG), altura de plântulas (AP), comprimento radicular (CR) e massas fresca e seca de parte aérea e raízes (MVPA, MSPA, MVR, MSR) e totais (MVT, MST). A PG ajustou-se a modelo quadrático em função da dose, sem efeito do tamanho de célula, com mínimo estimado de 1,26% em 31,03 mL L⁻¹. Para as variáveis de crescimento, observaram-se maiores médias na ausência de PC e reduções com o aumento da dose, independentemente da bandeja; o tratamento com 0 mL de PC em bandeja de 200 células apresentou maiores MVPA (1,56 g) e MVT (1,68 g). Concluiu-se que a incorporação de PC ao substrato compromete a emergência e o desenvolvimento de mudas de couve, sem benefício agrônomo nas doses testadas.

Palavras-chave: *Brassica* spp.; Brassicaceae; Cálcio; Enxofre; Fitotoxicidade

SUBSTRATE ENRICHMENT WITH CALCIUM POLYSULFIDE IN THE PRODUCTION OF KALE SEEDLINGS IN TRAYS

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the effect of doses of calcium polysulfide (CP) incorporated into the substrate, in two tray sizes, on the germination and development of kale seedlings. A completely randomized design was used in a 5x2 factorial arrangement: five CP doses (0, 10, 20, 30, and 40 mL L⁻¹ of substrate) and trays with 128 and 200 cells. The doses were diluted in water and homogenized into the substrate before sowing. Germination percentage (GP), seedling height (SH),

root length (RL), and shoot and root fresh and dry masses (SFM, SDM, RFM, RDM), as well as total fresh and dry masses (TFM, TDM), were evaluated. GP fitted a quadratic model as a function of dose, with no effect of cell size, with an estimated minimum of 1.26% at 31.03 mL L⁻¹. For the growth variables, higher means were observed in the absence of CP and reductions occurred as the dose increased, regardless of tray size; the treatment with 0 mL CP in the 200-cell tray showed the highest SFM (1.56 g) and TFM (1.68 g). It is concluded that incorporating CP into the substrate compromises the emergence and development of kale seedlings, with no agronomic benefit at the tested doses.

Keywords: *Brassica* spp.; Brassicaceae; Calcium; Sulfur; Phytotoxicity

INTRODUÇÃO

No Brasil, a horticultura se destaca como alternativa rentável e sustentável, sobretudo em pequenas propriedades, cuja mão-de-obra é predominantemente familiar. Nesse contexto, visando maior eficiência operacional, financeira e de qualidade do produto final, torna-se fundamental a produção adequada de mudas hortícolas, uma vez que mudas vigorosas tendem a apresentar melhor estabelecimento após o transplante e maior uniformidade do cultivo. Assim, a adoção de técnicas e insumos seguros e eficientes é necessária tanto para o desempenho produtivo quanto para a saúde e o bem-estar de produtores e consumidores.

A couve folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) destaca-se entre as espécies hortícolas mais produzidas e consumidas, com ampla versatilidade culinária e relevância nutricional. A produção de mudas dessa cultura é realizada predominantemente com o uso de bandejas multicelulares e substratos comerciais, o que favorece o manejo e o controle fitossanitário e nutricional na fase inicial. Entretanto, embora haja ampla oferta de bandejas com diferentes números e volumes de células, ainda não há consenso técnico quanto à definição da bandeja mais adequada para a produção de mudas de couve, o que pode influenciar o crescimento e o padrão final das mudas.

Além da escolha da bandeja, os substratos utilizados na produção das mudas devem promover o desenvolvimento satisfatório das plântulas, preferencialmente em curto período de tempo e com baixo custo. De modo geral, considera-se adequado o substrato que apresente propriedades físicas e físico-químicas favoráveis ao

crescimento radicular, como porosidade e aeração suficientes, retenção hídrica na faixa de água disponível e densidade compatível com o manejo (SMIDERLE et al., 2022). Ademais, destaca-se que a resposta das mudas não depende apenas do material utilizado, mas também da combinação entre substrato e recipiente/bandeja, uma vez que diferentes combinações podem alterar o padrão de emergência e o crescimento das mudas (SANTORO et al., 2024).

Em couve, a qualidade das mudas depende fortemente das características físicas, químicas e biológicas do substrato, e estratégias de manejo, como a solarização, podem modificar propriedades do meio e influenciar o crescimento inicial, com respostas variáveis conforme o material utilizado e o genótipo (CRUZ et al., 2020). Nesse sentido, surge como alternativa o enriquecimento do substrato, visando suprir nutrientes demandados pelas plantas ainda nas fases iniciais.

Entre os nutrientes relacionados ao desempenho inicial, cálcio (Ca) e enxofre (S) podem tornar-se limitantes em determinados sistemas de cultivo, mesmo sendo demandados em menores quantidades quando comparados a nutrientes como nitrogênio e potássio (OLDHAM, 2019). Em couve, há evidências de resposta ao manejo de Ca, com reflexos em crescimento/absorção mineral, e ao manejo de S, com alterações em compostos sulfurados, o que reforça o interesse agrônomo em estratégias que possibilitem seu fornecimento (PARK et al., 2018; YANG et al., 2025). Entretanto, estudos sobre enriquecimento de substratos para mudas de hortaliças com produtos capazes de fornecer esses elementos ainda são escassos, especialmente quando se considera a interação com diferentes volumes de células em bandejas.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de mudas de couve em substrato comercial Carolina Soil enriquecido com níveis crescentes de polissulfeto de cálcio, em dois tamanhos de bandejas (128 e 200 células), em ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre maio e junho de 2025 na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Mundo Novo, município

situado na latitude 23°55'23,70" S, longitude 54°17'12,37" O e altitude aproximada de 320 m. O município de Mundo Novo possui clima subtropical, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com precipitações médias variando entre 1.400 e 1.700 mm anuais e predomínio de chuvas entre outubro e março. A temperatura média do mês mais frio está entre 14 e 15°C, com ocorrência frequente de geadas. O experimento foi instalado e conduzido em ambiente protegido cercado por malha telada ("sombrite") com 50% de penetração de luz e com cobertura translúcida.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial 5 x 2, cujos tratamentos foram compostos pela combinação de cinco doses de Polissulfeto de Cálcio (CaS_x) (0; 10; 20; 30 e 40 mL Polissulfeto de Cálcio L substrato⁻¹) e dois tipos de bandeja para produção de mudas (128 e 200 células) (Tabela 1) e quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, que contaram com 20 células semeadas cada.

Tabela 1. Tratamentos provenientes da combinação de substrato Carolina Soil enriquecido com doses crescentes de Polissulfeto de Cálcio (CaS_x) (mL L substrato⁻¹) e de dois tipos de bandejas (128 e 200 células) na produção de mudas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)

Table 1. Treatments resulting from the combination of Carolina Soil substrate enriched with increasing doses of calcium polysulfide (CaS_x) (mL L⁻¹ substrate) and two tray types (128 and 200 cells) in the production of kale seedlings (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*).

Tratamento	Bandeja	Dose de Polissulfeto de Cálcio
T1	128 células	0,0 mL L substrato ⁻¹
T2		10,0 mL L substrato ⁻¹
T3		20,0 mL L substrato ⁻¹
T4		30,0 mL L substrato ⁻¹
T5		40,0 mL L substrato ⁻¹
T6	200 células	0,0 mL L substrato ⁻¹
T7		10,0 mL L substrato ⁻¹
T8		20,0 mL L substrato ⁻¹
T9		30,0 mL L substrato ⁻¹
T10		40,0 mL L substrato ⁻¹

O substrato comercial utilizado para a produção das mudas foi o Carolina Soil. O Polissulfeto de Cálcio utilizado apresenta em sua composição 6 % de Ca e 19,5 % de S, de acordo com a empresa fabricante (Solução verdadeira, Grau de Solubilidade

de 99,9% e Graduação Baumé de 30 – 32%). Cada dose testada do produto foi misturada em água e acrescentada ao substrato, visando umidade próxima à capacidade de retenção do substrato. Por sua vez, as bandejas testadas foram de Polietileno, em que a bandeja de 128 células possui volume de 50 mL por célula, enquanto a de 200 células apresenta o volume de 18 mL por célula.

Cada bandeja utilizada recebeu os cinco níveis de substratos enriquecidos, sendo cada um destes intercalados por células vazias como bordadura (SILVA et al., 2008; SANTOS NETO et al., 2015). Cada parcela experimental contou com 20 células semeadas. Durante a condução do experimento, as bandejas foram irrigadas uma ou duas vezes ao dia, de acordo com a manutenção de umidade do substrato.

As avaliações foram realizadas em cinco plântulas aleatórias de cada unidade experimental, 30 dias após a semeadura, quando as mudas estavam prontas para o transplante. Assim, as características avaliadas foram: Altura das plantas (AP) e Comprimento radicular (CR), em centímetros; Massa verde da parte aérea (MVPA), massa verde das raízes (MVR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa verde total (MVT) e massa seca total (MST), em gramas.

Para as avaliações supracitadas, as plantas foram cuidadosamente retiradas das bandejas e lavadas em água corrente, para remoção do substrato das raízes, e em seguida cortadas no colo a fim de separar e medir parte aérea e sistema radicular. Tanto a parte aérea quanto o sistema radicular foram pesados frescos (obtenção de massas verdes) e condicionados em saquinhos de papel kraft para serem secados em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60 °C, até obtenção de massa constante (para mensurar a massa seca).

Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante emprego do software SISVAR (FERREIRA, 2014). Os dados obtidos para cada característica avaliada foram submetidos individualmente à análise de variância. Os efeitos dos níveis crescentes Polissulfeto de Cálcio adicionados ao substrato sobre a porcentagem de germinação de sementes foi estudado por meio de regressão polinomial e os efeitos dos tamanhos de bandeja foram verificados mediante o teste F da análise de variância. Por sua vez, para as demais variáveis, aplicou-se o teste de Tukey,

considerando o nível de 5% de significância, uma vez que apenas os tratamentos 1; 2; 6; 7 e 8 apresentaram quantidade representativa de plantas emergidas.

RESULTADOS

A porcentagem de germinação (PG) das sementes de couve apresentou comportamento quadrático em resposta às doses de Polissulfeto de Cálcio (CaS_x) aplicadas ao substrato (Figura 1), na média dos dados obtidos para as duas bandejas utilizadas (128 e 200 células), uma vez que não houve interação entre os fatores. Assim, estimou-se como ponto de mínima resposta a dose de 31,03 mL, que resultou em uma PG de 1,26%, indicando que o uso de polissulfeto de cálcio, sobretudo em doses elevadas, compromete significativamente a germinação das sementes.

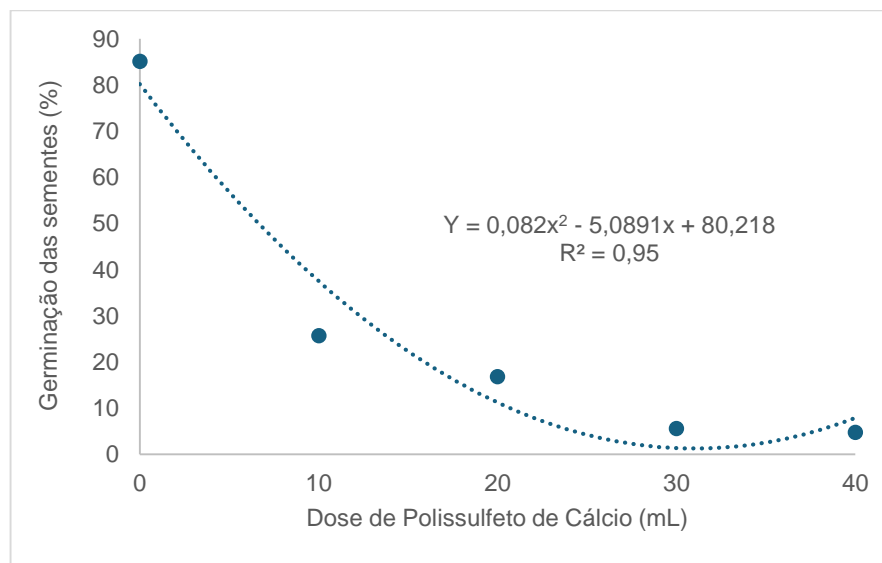


Figura 1. Porcentagem de germinação de plântulas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) em resposta à doses crescentes de Polissulfeto de Cálcio (CaS_x) ($\text{mL L substrato}^{-1}$) adicionadas ao substrato, na média de dois tipos de bandejas (128 e 200 células).

Figure 1. Germination percentage of kale seedlings (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) in response to increasing doses of calcium polysulfide (CaS_x) (mL L^{-1} substrate) added to the substrate, averaged across two tray types (128 and 200 cells).

Para as demais variáveis resposta analisadas, foram avaliados, mediante teste Tukey, apenas os tratamentos 1; 2; 6; 7 e 8, em vista dos demais tratamentos não

terem apresentado número representativo de plantas emergidas. Assim, observou-se que o tratamento 1 proporcionou os melhores resultados para altura de planta (AP) e comprimento da raiz (CR), com médias de 6,91 cm e 9,04 cm, respectivamente, sendo estatisticamente superiores ao tratamento 8, que apresentou os menores valores para essas variáveis (3,65 cm em ambas) (Tabela 2). Os tratamentos 6 e 7 também se destacaram para o comprimento de raiz, não diferindo do tratamento 1, enquanto os demais apresentaram desempenho intermediário (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plântulas (AP) e comprimento radicular (CR) de mudas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) em resposta à tratamentos provenientes da combinação de substrato Carolina Soil enriquecido com doses crescentes de Polissulfeto de Cálcio (CaS_x) (mL L substrato⁻¹) e de dois tipos de bandejas

Table 2. Seedling height (SH) and root length (RL) of kale seedlings (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) in response to treatments resulting from the combination of Carolina Soil substrate enriched with increasing doses of calcium polysulfide (CaS_x) (mL L⁻¹ substrate) and two tray types

Tratamento	AP	CR
1	6,91 a	9,04 a
2	5,18 ab	6,73 a
6	4,70 ab	7,90 a
7	4,10 b	7,08 a
8	3,65 b	3,65 b
Média	4,91	6,88
DMS	2,428	3,015
CV (%)	22,65	20,07

*Valores seguidos por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

No que se refere à massa verde da parte aérea (MVPA), o tratamento 6 obteve a maior média (1,56 g), sendo estatisticamente superior a todos os demais, ao passo que o tratamento 8 apresentou o menor valor (0,22 g), diferindo significativamente de todos os outros tratamentos (Tabela 3).

A tendência observada para a MVPA também se repetiu nas variáveis de massa verde da raiz (MVR) e massa verde total (MVT), nas quais o tratamento 6 se destacou com valores de 0,12 g e 1,68 g, respectivamente (Tabela 3). Esses resultados foram superiores aos obtidos pelos demais tratamentos, especialmente em comparação ao tratamento 8, que novamente apresentou os menores valores (0,04 g para MVR e 0,26 g para MVT) (Tabela 3).

Tabela 3. Massa verde de parte aérea (MVPA), de raízes (MVR) e total (MVT) de mudas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) em resposta à tratamentos provenientes da combinação de substrato enriquecido com doses crescentes de Polissulfeto de Cálcio (CaS_x) (mL L substrato⁻¹) e de dois tipos de bandejas

Table 3. Shoot fresh mass (SFM), root fresh mass (RFM), and total fresh mass (TFM) of kale seedlings (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) in response to treatments resulting from the combination of substrate enriched with increasing doses of calcium polysulfide (CaS_x) (mL L⁻¹ substrate) and two tray types

Tratamento	MVPA	MVR	MVT
1	0,91 b	0,13 a	1,04 b
2	0,41 c	0,09 ab	0,50 c
6	1,56 a	0,12 a	1,68 a
7	0,34 d	0,08 ab	0,41 d
8	0,22 e	0,04 b	0,26 e
Média	0,68	0,09	0,78
DMS	0,073	0,059	0,064
CV (%)	4,89	30,38	3,77

*Valores seguidos por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), tanto o tratamento 6 quanto o tratamento 1 apresentaram os melhores resultados (0,11 e 0,10 g), sem diferença significativa entre si, enquanto os demais tratamentos foram inferiores (Tabela 4). Já nas variáveis de massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), o tratamento 1 apresentou os maiores valores (0,019 g e 0,122 g, respectivamente), sendo estatisticamente superior ao tratamento 8, que obteve os menores resultados (0,001 g em ambas) (Tabela 4).

Tabela 4. Massa seca de parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST) de mudas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) em resposta à tratamentos provenientes da combinação de substrato enriquecido com doses crescentes de Polissulfeto de Cálcio (CaS_x) (mL L substrato⁻¹) e de dois tipos de bandejas

Table 4. Shoot dry mass (SDM), root dry mass (RDM), and total dry mass (TDM) of kale seedlings (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) in response to treatments resulting from the combination of substrate enriched with increasing doses of calcium polysulfide (CaS_x) (mL L⁻¹ substrate) and two tray types

Tratamento	MSPA	MSR	MST
1	0,10 a	0,019 a	0,122 a
2	0,06 b	0,014 ab	0,071 b
6	0,11 a	0,009 b	0,117 a
7	0,01 c	0,002 c	0,017 c
8	0,01 c	0,001 c	0,016 c
Média	0,059	0,009	0,069
DMS	0,027	0,006	0,026
CV (%)	20,73	27,85	17,73

*Valores seguidos por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

DISCUSSÃO

A queda acentuada da germinação com o aumento das doses de polissulfeto de cálcio é compatível com estresse químico no microambiente da semente, sobretudo por alcalinização e possível aumento da condutividade elétrica (CE) do substrato. Formulações comerciais de “lime sulfur”/polissulfetos são descritas como fortemente alcalinas e trazem alertas técnicos de risco de fitotoxicidade, o que reforça que sua incorporação ao substrato em doses elevadas pode comprometer embebição, emergência e estabelecimento inicial (USDA-AMS, 2014; EPA, 2024).

Em Brassicaceae, a germinação e o vigor inicial tendem a ser altamente sensíveis a alterações no ambiente iônico, especialmente quando há interação entre pH e sais, com efeitos negativos mais pronunciados sob condições alcalinas associadas a maior carga iônica/condutividade (WANG et al., 2022). Após a emergência, esse padrão pode persistir, com estresses osmóticos/salinos reduzindo crescimento e vigor de plântulas, o que é coerente com a piora do desempenho inicial à medida que o ambiente radicular se torna quimicamente mais restritivo (SALACHNA et al., 2017)

Do ponto de vista prático na produção de mudas, o pH do substrato é uma variável-chave por modular disponibilidade de nutrientes e, em conjunto com a CE, afetar diretamente o estabelecimento e o crescimento inicial (KAFLE et al., 2024). Para brassicas, recomenda-se condução em substratos desacidificados e próximos à neutralidade, com indicação de faixa em torno de 6,5 a 7,0 (JADWISIEŃCZAK et al., 2023). Assim, caso o polissulfeto de cálcio tenha deslocado o pH do substrato para valores acima do intervalo desejável (e/ou elevado a CE), é plausível que tenham ocorrido desequilíbrios nutricionais e fisiológicos, contribuindo para a queda de emergência e o comprometimento do crescimento inicial (JADWISIEŃCZAK et al., 2023; KAFLE et al., 2024).

Entre as plântulas que emergiram, as maiores alturas de plântulas e comprimentos radiculares nas condições sem Polissulfeto de Cálcio sugerem efeitos residuais do produto limitando o crescimento inicial. Em meios mais alcalinos, P e Fe tendem a decrescer em disponibilidade, já Mn e Zn exibem respostas não lineares,

com queda de disponibilidade em pHs mais altos, após um intervalo de aumento intermediário (ALTLAND et al., 2008). Em termos fisiológicos, pH elevado altera a disponibilidade de nutrientes e a dinâmica iônica próxima da raiz, afetando expansão celular e alongação radicular (MARSCHNER, 2012). Contudo, autores como Xu et al. (2020) verificaram que tais respostas podem ser específicas conforme a espécie vegetal estudada.

O padrão de maiores massas sem Polissulfeto de Cálcio e quedas em doses superiores reforça o quadro de estresse osmótico/alcalino. Além disso, o volume de célula das bandejas interage com o manejo hídrico e o tipo de substrato. Nesse contexto, trabalhos com hortaliças relatam mudas mais robustas em maior volume por célula (por exemplo, bandejas com 128 células apresentando resultados superiores às bandejas com 200/288) (REGHIN et al., 2003; REGHIN et al., 2007; RESENDE et al., 2003; MARQUES et al., 2003; JORGE et al., 2019). Bandejas muito compartimentadas exigem irrigação mais precisa e substratos fisicamente estáveis para não penalizar o crescimento.

A interpretação de que a resposta negativa em doses elevadas esteja ligada à alteração química do substrato é consistente com estudos em mudas de couve que mostram sensibilidade do crescimento inicial às condições do meio. Em trabalho com solarização de substratos, Cruz et al., 2020 observaram tendência de modificação em atributos químicos (incluindo pH e disponibilidade de nutrientes) associada a diferenças no desenvolvimento das mudas, variando entre genótipos. De modo semelhante, Centeno et al. (2015) verificaram que a composição do substrato pode impactar significativamente variáveis de vigor e crescimento de mudas, como altura, número de folhas e biomassa.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam que a aplicação de polissulfeto de cálcio ao substrato prejudica a emergência e o desenvolvimento inicial de mudas de couve, sobretudo em doses mais elevadas, nas quais houve ausência de germinação. Entre os tratamentos que apresentaram plântulas, os melhores desempenhos foram observados nas

condições sem aplicação do produto (tratamentos 1 e 6), sugerindo efeito negativo do insumo sobre o crescimento inicial, independentemente do tipo de bandeja.

Recomenda-se, portanto, evitar o uso de polissulfeto de cálcio como estratégia de fornecimento de Ca e S no substrato de mudas e, se necessário, empregar fontes fertilizantes convencionais (por exemplo, gesso agrícola) em baixas concentrações, preferencialmente com monitoramento de pH e condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS

ATLAND, J. E.; BUAMSCHA, M. G.; HORNECK, D. A. Substrate pH affects nutrient availability in fertilized Douglas fir bark substrates. **HortScience**, v. 43, n. 7, p. 2171–2178, 2008. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.2171>

CENTENO, L. N.; CECCONELLO, S. T.; SÁ, J. S. Avaliação do crescimento vegetativo de mudas de couve manteiga em substratos orgânicos alternativos. **Revista Científica Rural**, v. 17, n. 1, p. 1-16, 2015.

CRUZ, J. C. S.; MORAES, M. F.; WHITAKER, J. P. T.; FISCHER, I. H.; BERTANI, R. M. A. Solarização de substratos para produção de mudas de couve a partir de brotos. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 2, p. 206-223, 2020. <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3115>

CHRYSOCHOOU, M.; FERREIRA, D. R.; JOHNSTON, C. P. *Calcium polysulfide treatment of Cr(VI)-contaminated soil*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 179, n. 1–3, p. 650–657, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.03.052>

DING, X.; JIANG, Y.; ZHAO, H.; GUO, D.; HE, L.; LIU, F.; QIANG, Z.; NANDWANI, D.; HUI, D.; YU, J. Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, e0202090, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202090>

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Inorganic Polysulfides (also known as Calcium Polysulfide or Lime Sulfur): Proposed Interim Registration Review Decision**. Case 4054. 26 jun. 2019. Disponível em: <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OPP-2016-0102-0014>. Acesso em: 30 ago. 2025.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Pesticide Product Label: Rex Lime Sulfur Solution (EPA Reg. No. 71096-6). 20 fev. 2024. Disponível em: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/071096-00006-20240220.pdf. Acesso em: 30 ago. 2025.

FERRAREZI, R. S.; LIN, X.; GONZALEZ NEIRA, A. C.; TABAY ZAMBON, F.; HU, H.; WANG, X.; HUANG, J-H.; FAN, G. Substrate pH influences the nutrient absorption and rhizosphere microbiome of Huanglongbing-affected grapefruit plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, art. 856937, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.856937>

JADWISIEŃCZAK, K. K.; MAJKOWSKA-GADOMSKA, J.; FRANCKE, A.; KALINIEWICZ, Z. An evaluation of the physical and chemical parameters in *Brassica* seedlings grown on various organic substrates. **Applied Sciences**, v. 13, n. 16, art. 9124, 2023. <https://doi.org/10.3390/app13169124>

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. C.; Haber, L. L.; REYES, C. P.; COSTA, E.; BORGES, S. R. S. Recomendações técnicas para utilização de bandejas multicelulares na produção de mudas de hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. 30 p. (Documentos, 164). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1110312/1/DOC164FI_NAL.pdf. Acesso em: 30 ago. 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

HOCHMUTH, G. J. UF/IFAS – UNIVERSITY OF FLORIDA INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURAL SCIENCES. Hochmuth, G. J. **Fertilizer Management for Greenhouse Vegetables — Florida Greenhouse Vegetable Production Handbook**, Vol. 3 (HS787/CV265). Gainesville: UF/IFAS, 2022. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/CV265>. Acesso em: 30 ago. 2025.

KAFLE, A.; SINGH, S.; SINGH, M.; VENKATARAMANI, S.; SAINI, R.; DEB, S. Effect of biochar-compost amendment on soilless media properties and cucumber seedling establishment. **Technology in Horticulture**, v. 4, e001, 2024. <https://doi.org/10.48130/tihort-0023-0029>

MARQUES, P. A. A.; BALDOTTO, P. V.; SANTOS, A. C. P.; OLIVEIRA, L. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 649–651, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000400015>

MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2012.

MENDES, M.; PACHECO, D.; COTAS, J.; BAHCEVANDZIEV, K.; PEREIRA, L. An experimental study investigating the effects on *Brassica oleracea*: Estuarine seaweeds as biostimulants in seedling development? **Phycology**, v. 2, n. 4, p. 419–428, 2022. <https://doi.org/10.3390/phycolgy2040023>

OLDHAM, L. *Secondary plant nutrients: calcium, magnesium, and sulfur*. Mississippi State: Mississippi State University Extension Service, (Information Sheet 1039, POD-

07-19), 2019. Disponível em: <https://mssoy.org/sites/default/files/documents/ca-mg-s-in-miss-soils-info-sheet-1039.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2026.

PARK, Y-J.; LEE, H-M.; SHIN, M. J.; ARASU, M. V.; CHUNG, D. Y.; AL-DHABI, N. A.; KIM, S-J. Effect of different proportion of sulphur treatments on the contents of glucosinolate in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) commonly consumed in Republic of Korea. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 349–353, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.04.012>

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R.; JACOBY, C. F. S. Produtividade da chicória (*Cichorium endivia* L.) em função de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 739–747, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000300021>

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VAN DER VINNE, J. Cell size of different trays on seedlings production and pak choi yield with or without nonwoven polypropylene. **Scientia Agraria**, v. 4, n. 1, p. 61–67, 2003. <https://doi.org/10.5380/rsa.v4i1.1067>

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; FREITAS, S. A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J. Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade de alface americana. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 561–567, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000300029>

SALACHNA, P.; PIECHOCKI, R.; BYCZYŃSKA, A. Plant growth of curly kale under salinity stress. **Journal of Ecological Engineering**, v. 18, n. 1, p. 119–124, 2017. <https://doi.org/10.12911/22998993/66247>

SANTOS NETO, J.; AMORIM, G. L. L.; SILVA, C. M.; ALVES, D. S.; HATA, F. T. Viabilidade da aplicação de boro na produção de mudas de tomateiro. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. 1, p. 42-52, 2015.

SANTORO, M. B.; GOMES, J. A. S.; BROGIO, B. A.; JACOMINO, A. P.; SILVA, S. R. Substrates and containers influence the growth of *Campomanesia phaea* (O. Berg. Landrum) seedlings, an endangered Atlantic Rainforest species. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 46, e63904, 2024. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.63904>

SILVA, E. A.; MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; OLIVEIRA, A. C.; REIS, L. L.; BARDIVIESSO, D. M. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. **Semina**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 245-254, 2008.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; REIS, N. D.; COSTA, J. S.; PEREIRA, G. S. Physical-Chemical characteristics of alternative substrates and fertilization on quality of *Spondias macrocarpa* seedlings. **Comunicata Scientiae**, v. 13, e3820, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14295/CS.v13.3820>

USDA-AMS – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, AGRICULTURAL MARKETING SERVICE. **Lime Sulfur: Technical Evaluation Report for the USDA National Organic Program**. 3 dez. 2014. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Lime%20Sulfur%20Evaluation%20OTR.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

XU, F.; VAZIRIYEGANEH, M.; ZWIAZEK, J. J. Effects of pH and Mineral Nutrition on Growth and Physiological Responses of Trembling Aspen (*Populus tremuloides*), Jack Pine (*Pinus banksiana*), and White Spruce (*Picea glauca*) Seedlings in Sand Culture. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 682, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9060682>

YANG, T. Y. T.; SAMARAKOON, U. S.; ALTLAND, J. A. Modified nutrient management protocol for optimum biomass production, nutritional quality, and flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown kale (*Brassica oleracea*). **Frontiers in Plant Science**, v. 16, art. 1629432, 2025. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1629432>