

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes em tomatillo (*Physalis
ixocarpa*)**

Jose Enrique Espitia Lopez
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

JOSE ENRIQUE ESPITIA LOPEZ

Acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes em tomatillo (*Physalis ixocarpa*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Carlos Nick Gomes

Coorientadora: Junia Maria Clemente

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

E77a
2024
Espitia López, José Enrique, 1996-
Acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes em
tomatillo (*Physalis ixocarpa*) / José Enrique Espitia López. –
Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (31 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Carlos Nick Gomes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2024.

Referências bibliográficas: f. 29-31.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.087>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Physalis ixocarpa*. 2. Biomassa. 3. Micronutrientes.
4. Resíduos de cultivos agrícolas - Manejo. I. Gomes, Carlos
Nick, 1979-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
III. Título.

CDD 22. ed. 583.952

JOSE ENRIQUE ESPITIA LOPEZ

Acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes em tomatillo (*Physalis ixocarpa*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 8 de outubro de 2024.

Assentimento:

Jose Enrique Espitia Lopez
Autor

Carlos Nick Gomes
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 25/02/2025 às 10:58:35 e pelo orientador em 27/03/2025 às 05:51:51. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **FFYL.GAEU.D11W** e clique no botão 'Validar documento'.

*A Deus,
À minha esposa Carla Galvão Fernandes,
Ao meu filho Antônio Enrique Espitia Braz Fernandes.
Aos meus pais,
Aos meus sogros e Neide,
À toda família Espitia, López, Galvão e Fernandes.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela saúde e sabedoria.

À minha esposa Carla Galvão Fernandes pelo apoio incondicional e paciência.

Aos meus pais, Maria Isabel López Rojas e Juan Espitia Perez pela vida.

Aos meus sogros Rita Galvão e Carlos Antônio Fernandes pelo apoio.

Ao meu amigo José Ramirez "Ramirito".

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação, ao meu orientador Carlos Nick e coorientadora Junia Maria Clemente, amigos, a toda a equipe da Horta velha, laboratórios de nutrição mineral de plantas, agroecologia, pós-colheita e sementes.

Meus agradecimentos a todos que, de forma direta ou indiretamente, participaram e contribuíram com o êxito deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

“O homem é o único arquiteto do seu próprio destino”.
(Frank Miller)

RESUMO

LOPEZ, Jose Enrique Espitia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2024. **Acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes em tomatillo (*Physalis ixocarpa*)**. Orientador: Carlos Nick Gomes. Coorientadora: Junia Maria Clemente.

O *Physalis ixocarpa*, ou tomatillo, é uma cultura economicamente significativa no México e no Brasil, é valorizada por seu potencial produtivo, valor nutricional e culinário. Apesar de sua importância, há poucos estudos detalhados sobre seu manejo nutricional em comparação ao tomate. O objetivo do estudo foi avaliar o acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes em *Physalis ixocarpa* ao decorrer do tempo, a fim de apresentar a ordem máxima de acúmulo de cada nutriente e sua distribuição nos diferentes órgãos da planta. O experimento foi realizado em campo no período de abril a agosto de 2023 na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) Horta Velha, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20° 45'14" S, 42° 52'53" W e 648,74 m de altitude). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo. O experimento foi instalado em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram considerados as épocas de colheita das plantas 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o transplante (DAP). O acúmulo de massa seca foi obtido após a secagem de cada parte da planta pesando numa balança analítica. O acúmulo dos macronutrientes foi obtido pelo produto entre os teores de cada nutriente e a massa seca de cada parte da planta. Os resultados de massa seca e acúmulo de macronutrientes foram submetidos à análise de regressão e os modelos escolhidos com base no sentido biológico, significância dos betas e coeficiente de determinação. O maior acúmulo de massa de matéria seca de *P. ixocarpa* foi observado nos frutos aos 90 DAP seguido pelo caule, folha e raiz. A ordem de acúmulo dos macronutrientes nas partes da planta foi: N > K > Ca > P > Mg nos frutos, Ca > N > K > Mg > P nas folhas, Ca > N > K > P > Mg no caule e N > Ca > K > P > Mg nas raízes.

Palavras-chave: *Physalis ixocarpa*; Tomatillo; Acúmulo; Manejo nutricional

ABSTRACT

LOPEZ, Jose Enrique Espitia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2024. **Accumulation of dry matter mass and macronutrients in husk tomato (*Physalis ixocarpa*)**. Adviser: Carlos Nick Gomes. Co-adviser: Junia Maria Clemente.

Physalis ixocarpa, or Husk tomato, is an economically significant crop in Mexico and Brazil, valued for its productive potential, nutritional value, and culinary applications. Despite its importance, there are few detailed studies on its nutritional management compared to tomatoes. This study aimed to evaluate the accumulation of dry matter and macronutrients in *Physalis ixocarpa* over time, determining the maximum accumulation order of each nutrient and its distribution among different plant organs. The experiment was conducted in the field from April to August 2023 at the Teaching, Research, and Extension Unit (UEPE) Horta Velha, part of the Agronomy Department at the Federal University of Viçosa (UFV), in Viçosa, Minas Gerais, Brazil (20°45'14" S, 42°52'53" W, and 648.74 m altitude). The soil in the experimental area is classified as a Red-Yellow Argisol. The experiment was arranged in a randomized block design with four replications. The treatments consisted of plant harvest times at 15, 30, 45, 60, 75, and 90 days after transplanting (DAT). Dry matter accumulation was determined by drying each plant part and weighing it on an analytical balance. Macronutrient accumulation was obtained by multiplying the nutrient content by the dry matter of each plant organ. Dry matter and macronutrient accumulation data were subjected to regression analysis, with model selection based on biological significance, significance of regression coefficients, and coefficient of determination. The highest dry matter accumulation in *P. ixocarpa* was observed in the fruits at 90 DAT, followed by the stem, leaves, and roots. The macronutrient accumulation order varied among plant organs as follows: N > K > Ca > P > Mg in fruits, Ca > N > K > Mg > P in leaves, Ca > N > K > P > Mg in the stem, and N > Ca > K > P > Mg in roots.

Keywords: *Physalis ixocarpa*; Husk tomato; Accumulation; Nutritional management

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Valores registrados de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) durante a condução do experimento em Viçosa/MG. Fonte: Estação meteorológica (UEPE) Horta Velha.....	13
Figura 2. Épocas de coleta de amostras	16
Figura 3. Acúmulo de massa de matéria seca nas diferentes partes da planta de <i>P. ixocarpa</i>	18
Figura 4. Acúmulo de macronutrientes nos frutos de <i>P. ixocarpa</i>	21
Figura 5. Acúmulo de macronutrientes na folha de <i>P. ixocarpa</i>	22
Figura 6. Acúmulo de macronutrientes no caule de <i>P. ixocarpa</i>	24
Figura 7. Acúmulo de macronutrientes na raiz de <i>P. ixocarpa</i>	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo antes da instalação do experimento.....	14
Tabela 2. Acúmulo de massa de matéria seca total nas diferentes partes da planta de <i>P. ixocarpa</i> no final do experimento	19
Tabela 3. Acúmulo de macronutrientes nas diferentes partes da planta de <i>P. ixocarpa</i> no final do experimento.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1 Local do experimento	13
2.2 Multiplicação das sementes	13
2.3 Produção de mudas	14
2.4. Preparo da área e do solo.....	14
2.5. Delineamento experimental e tratamentos.....	15
2.6. Práticas agrícolas e manejo da irrigação	15
2.6. Adubação e parcelamento	15
2.7 Preparo das amostras.....	15
2.7.1. Acúmulo de massa de matéria seca (MS).....	16
2.7.2. Extração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg).....	16
2.7.3. Determinação dos teores de nutrientes	17
2.8. Características avaliadas	17
2.9. Análise estatística	17
3. RESULTADOS.....	18
3.1 Acúmulo de massa de matéria seca	18
3.2 Acúmulo de macronutrientes nas diferentes partes da planta.....	20
4. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Physalis*, pertencente à família *Solanaceae*, compreende aproximadamente 90 espécies distribuídas pelo continente americano, sendo o México o centro de diversidade, com mais de 70 espécies registradas (Waterfall, 1967). No Brasil, são conhecidas oito espécies, incluindo *Physalis peruviana*, popularmente chamada de camapu, cultivada principalmente na Amazônia e no Nordeste, e recentemente em São Paulo e na região Sul (Goulart et al., 2024).

Entre as espécies cultivadas, *P. peruviana* se destaca comercialmente na Colômbia e no Brasil, enquanto *P. ixocarpa* tem grande importância no México, onde é uma das cinco principais culturas agrícolas do país, com uma área plantada de 40.442 hectares e produtividade média de 18,86 t/ha (SIAP, 2022). Seu fruto, conhecido como tomatillo ou tomate verde, é amplamente utilizado na culinária mexicana, principalmente em molhos e saladas.

P. ixocarpa é uma planta herbácea anual que pode atingir entre 40 e 120 cm de altura, apresentando hábito rasteiro, vertical ou semiereto, dependendo da variedade. Seu caule é herbáceo, ligeiramente lenhoso, com ramificações dicotômicas, enquanto suas folhas são dentadas e pecioladas (Tanan, 2015). As flores são hermafroditas, de coloração amarela com manchas escuras, sendo polinizadas principalmente por insetos. O fruto é uma baga esférica ou ovalada, envolta por um cálice protetor, podendo apresentar coloração verde, amarela, roxa ou alaranjada (Santiaguillo Hernández et al., 2012).

Seu ciclo de vida varia entre 90 e 100 dias no México, sendo colhido ainda fisiologicamente imaturo. Nos primeiros 28 dias, as mudas se desenvolvem para o transplântio, e a floração ocorre entre 36 e 45 dias. Os frutos imaturos surgem aos 57 dias, finalizando o ciclo com frutos aptos para colheita aos 87 dias (Torres Tanan et al., 2021).

O conhecimento sobre o acúmulo de macronutrientes nos diferentes órgãos da planta é essencial para aprimorar o manejo nutricional e maximizar a produtividade da cultura. A absorção e redistribuição desses nutrientes estão diretamente relacionadas ao crescimento, desenvolvimento e qualidade dos frutos, influenciando a eficiência na conversão de fotoassimilados e a sustentabilidade da produção (Marschner, 2012).

Os macronutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta incluem nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), cada um desempenhando papéis fundamentais nos processos fisiológicos da cultura (Taiz et al., 2017). Estudos indicam que a demanda por esses nutrientes varia ao longo do ciclo da planta, sendo maior em determinadas fases fenológicas, como crescimento vegetativo e frutificação.

Pesquisas realizadas com espécies da família *Solanaceae*, como o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*) e *Physalis peruviana*, mostram que a ordem de acúmulo de macronutrientes pode variar entre os órgãos da planta. Em *P. peruviana*, Ianckiewicz et al. (2013) observaram a seguinte sequência de acúmulo nos frutos: $N > K > Ca > P > Mg$.

No caso de *P. ixocarpa*, há pouca informação disponível sobre sua exigência nutricional, e o manejo da fertilização no México é frequentemente baseado em recomendações para o tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (López-López et al., 2009; Ramos-López et al., 2021). Portanto, a compreensão da absorção e redistribuição dos macronutrientes nessa cultura pode contribuir para a formulação de programas de adubação mais eficientes, reduzindo desperdícios e melhorando a produtividade.

Este estudo teve como objetivo avaliar o acúmulo de massa de matéria seca e macronutrientes em *P. ixocarpa* ao longo do ciclo de cultivo, determinando a ordem de acúmulo de cada nutriente e sua distribuição entre os órgãos da planta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado em condições de campo no período de abril a agosto de 2023 na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) Horta Velha, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gérias, Brasil. cujas coordenadas são 20° 45' 14" S, 42° 52' 53" W e 648,74 m de altitude.

O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen, com verão quente e chuvoso e inverno frio e seco. Os dados referentes a precipitação pluviométrica e temperatura média estão apresentados na **Figura 1** conforme dados obtidos da estação meteorológica da (UEPE) “Horta Velha”.

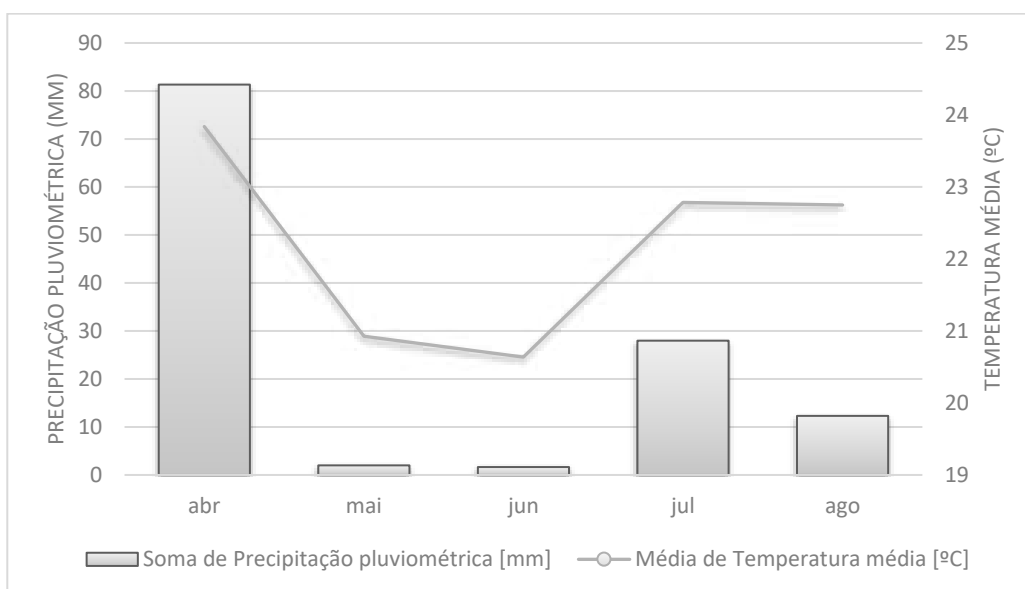


Figura 1. Valores registrados de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) durante a condução do experimento em Viçosa/MG. Fonte: Estação meteorológica (UEPE) Horta Velha.

Fonte: Estação meteorológica da (UEPE) “Horta Velha”, 2023.

2.2 Multiplicação das sementes

As sementes de *P. ixocarpa* foram adquiridas do banco de germoplasma da Universidade Federal de Viçosa. As sementes foram multiplicadas em

ambiente protegido devido a pouca quantidade de sementes e sem nenhum polinizador com o intuito de evitar mistura genética.

2.3 Produção de mudas

Para a produção de mudas foi utilizado substrato comercial a base de turfa em casa de vegetação, semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, sendo irrigadas diariamente. O transplante das mudas ocorreu quando apresentaram 4 folhas verdadeiras ou 9-10 cm de comprimento ocorrendo aos 26 dias após a semeadura.

2.4. Preparo da área e do solo

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Santos; Embrapa Solos, 2018). Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm e enviadas ao laboratório para avaliação dos indicadores de fertilidade (**Tabela 1**).

Tabela 1. Análise química do solo antes da instalação do experimento

Características		Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
pH	H ₂ O	6,2	6,0
MO	(dag kg ⁻¹)	2,4	2,0
P	(mg dm ⁻³)	45,5	26,5
K	(mg dm ⁻³)	110	82
Ca	(cmol _c dm ⁻³)	3,25	2,68
Mg	(cmol _c dm ⁻³)	0,66	0,57
S	(mg dm ⁻³)	24,3	45,3
Fe	(mg dm ⁻³)	78,8	82,4
Zn	(mg dm ⁻³)	5,3	4,2
Mn	(mg dm ⁻³)	74,8	63,8
Cu	(mg dm ⁻³)	5,3	5,2
B	(mg dm ⁻³)	0,3	0,5
Sb	(cmol _c dm ⁻³)	4,19	3,46
CTC (T)	(cmol _c dm ⁻³)	7,82	6,10
CTC (t)	(cmol _c dm ⁻³)	4,19	3,46
SB	(cmol _c dm ⁻³)	4,19	3,46
V	%	53,6	56,7
H+Al	(cmol _c dm ⁻³)	3,63	2,64
P-rem	mg/L	32,4	25

Legenda: P (fósforo) - K (potássio) - Fe (ferro) - Zn (Zinco) - Mn (Manganês) - Cu (cobre) - Extrator Mehlich 1; Ca (cálcio) - Mg (magnésio) - Extrator KCl - 1 mol/L; H+Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; pH - em água; B (boro) - Extrator água quente; S (enxofre) - Extrator Fosfato monocálcico em ácido acético; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; V = Índice de Saturação de Bases; MO (Matéria Orgânica)= C.Org x 1,724 - Walkley-Black; P-rem = Fósforo Remanescente. Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

2.5. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 repetições. Os tratamentos consistiram nas épocas de avaliação das plantas de tomatillo: 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o transplante.

A área do experimento totalizou 222,7 m² (19,2 x 11,6 m). Foram cultivadas 264 plantas, sendo 11 plantas por cada época de avaliação e as 3 plantas centrais consideradas a parcela útil.

2.6. Práticas agrícolas e manejo da irrigação

O solo foi preparado de maneira convencional e foram levantados 12 canteiros de 19,2 m x 1,00 m, com uma linha de plantio. O transplante das mudas ocorreu de forma manual, diretamente no centro do canteiro aos 26 dias após a semeadura. O espaçamento utilizado foi de 40 cm entre plantas e 1 m entre canteiros. O controle de plantas daninhas foi feito de forma manual. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento com emissores distribuídos a cada 20 cm e uma vazão de 1,5 L/h.

2.6. Adubação e parcelamento

A adubação foi feita de acordo com Lima Ramony, (2018) e Tanan, (2015) com modificações. Utilizou-se 80 kg de nitrogênio (N), 200 kg de fósforo (P₂O₅) e 100 kg/ha de potássio (K₂O) por hectare, parcelados a cada 15 dias durante o ciclo de cultivo. As fontes minerais utilizadas foram: Nitrato de cálcio, Fosfato monoamônico, nitrato de potássio, sulfato de magnésio e ácido bórico.

2.7 Preparo das amostras

Foram coletadas separadamente as raízes, caules, flores, folhas e frutos e posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Análise de Tecidos Vegetais do Departamento de Agronomia da UFV.

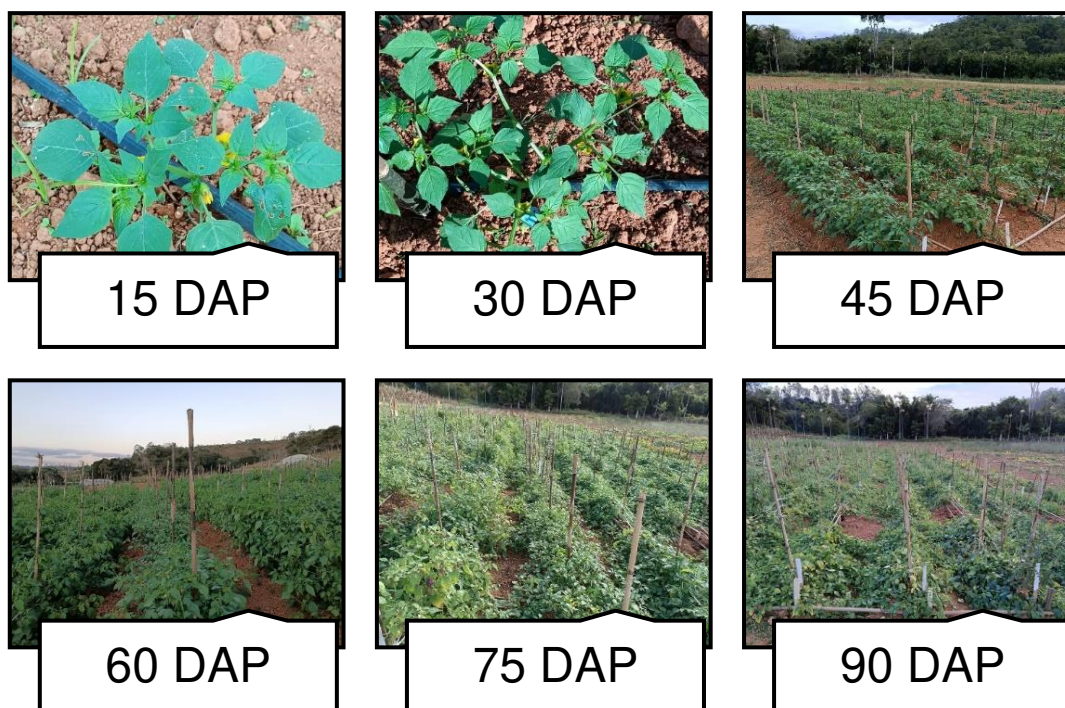


Figura 2. Épocas de coleta de amostras

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

As partes separadas das plantas de tomatillo foram lavadas com água ultra pura, acondicionadas em sacos de papel, identificadas e levadas para estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até obtenção de massa constante. Posteriormente, as partes foram moídas com auxílio de moinho tipo Willey, com peneira de 20 mesh.

2.7.1. Acúmulo de massa de matéria seca (MS)

Para determinar o acúmulo de massa seca nas diferentes partes da planta, as amostras secas, moídas e separadas foram pesadas em balança analítica de precisão.

2.7.2. Extração de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg)

Para a extração de N total utilizou-se a digestão sulfúrica e para os demais nutrientes P, K, Ca e Mg utilizou-se a digestão nítrico-perclórica.

2.7.3. Determinação dos teores de nutrientes

Após a mineralização e obtenção dos extratos, foram determinados os teores de: N total utilizando a metodologia descrita por Kjeldahl; P por colorimetria, empregando o método de redução do fosfomolibdato pela Vitamina C, conforme descrito por (Braga; Defelipo, 1974); K pelo método de fotometria de emissão de chama (Tedesco; Gianello, 1995) e Ca, Mg pelo método de espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al., 1997).

2.8. Características avaliadas

O acúmulo de macronutrientes em cada órgão da planta foi obtido através da multiplicação dos teores de nutrientes pelos respectivos valores da massa de matéria seca conforme a (Equação 1).

$$Acúmulo = MS \times T$$

(Equação 1)

Em que:

Acúmulo: acúmulo de nutrientes (g/planta);

MS: massa de matéria seca (kg);

T: Teor de nutriente (g/kg).

2.9. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância mediante significância do teste F. Os dados obtidos em cada data de avaliação foram submetidos à análise de regressão e os modelos escolhidos com base na significância dos betas, coeficiente de regressão e significado biológico. As análises foram realizadas utilizando o software SISVAR 5.6.

3. RESULTADOS

3.1 Acúmulo de massa de matéria seca

Durante a fase inicial do experimento, o acúmulo de massa de matéria seca nas partes vegetativas apresentou um crescimento lento. No entanto, aos 45 dias após o transplântio, observou-se um aumento expressivo nesses acúmulos. O caule acumulou 16,58 g/planta, enquanto as folhas e a raiz registraram um acúmulo de 14,35 g/planta e 1,96 g/planta, respectivamente (**Figura 3**).

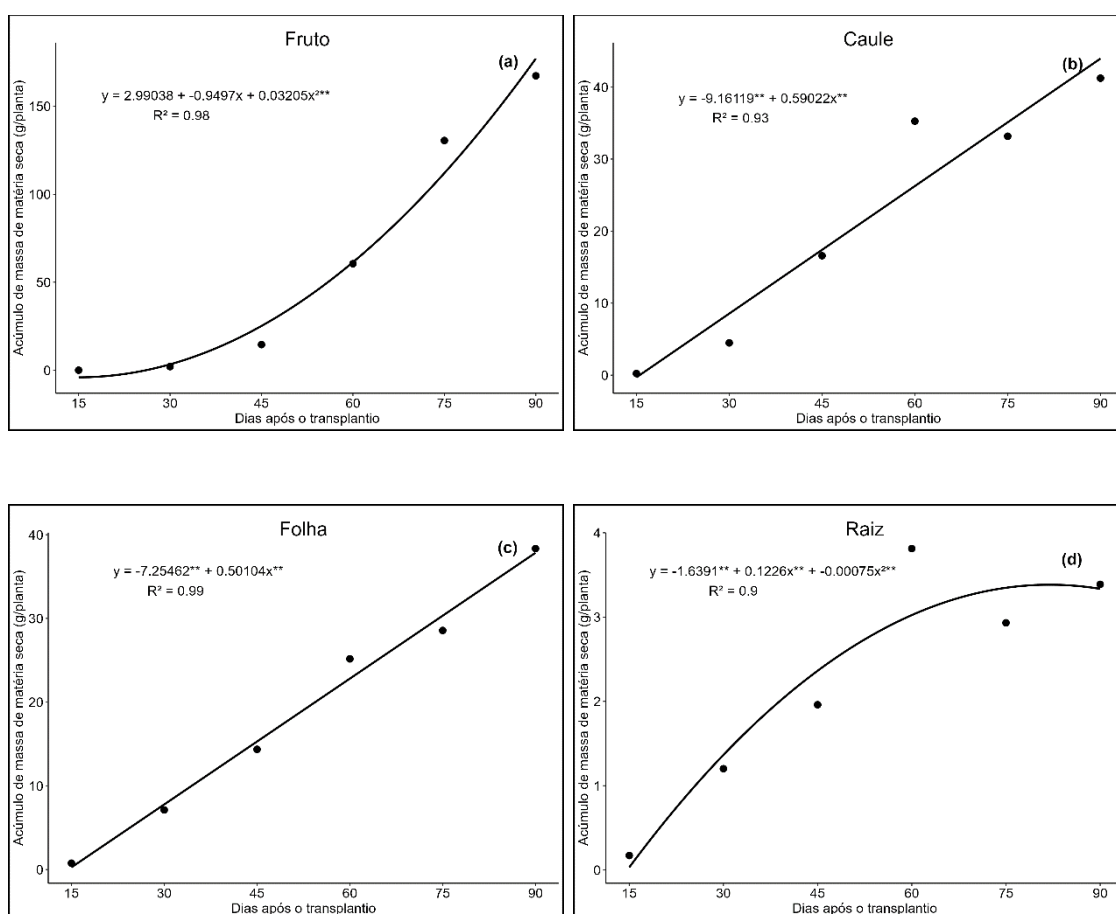


Figura 3. Acúmulo de massa de matéria seca nas diferentes partes da planta de *P. ixocarpa*

Aos 60 dias após o transplântio, o acúmulo de biomassa continuou crescendo significativamente, registrando 35,26 g/planta no caule, 25,16 g/planta nas folhas e 3,81 g/planta na raiz. O maior acúmulo da massa de matéria seca no caule foi registrado ao final do experimento, atingindo 41,23 g/planta (**Figura 3b**), em quanto as folhas alcançaram 38,34 g/planta na mesma avaliação (**Figura 3c**). Já a raiz, apresentou seu maior acúmulo aos 60 dias após o transplântio, com um valor de 3,81 g/planta (**Figura 3d**),

Com o início da floração aos 45 dias após o transplântio, o acúmulo de biomassa seca nos frutos começou a aumentar significativamente. As avaliações realizadas aos 60 e 75 dias após o transplântio indicaram um avanço expressivo no desenvolvimento dos frutos, com acúmulo de biomassa seca de 60,52 g/planta e 130,55 g/planta, respectivamente (**Figura 3a**). O valor máximo de acúmulo de matéria seca nos frutos foi registrado aos 90 dias após o transplântio, atingindo 167,33 g/planta.

Tabela 2. Acúmulo de massa de matéria seca total nas diferentes partes da planta de *P. ixocarpa* no final do experimento

Parte da planta	Massa de matéria seca total (g/planta)
Frutos	374,004
Caule	130,952
Folhas	114,301
Raízes	13,467

A **Tabela 2** apresenta os valores do acúmulo total de massa de matéria seca nas diferentes partes da planta ao final do experimento. Os frutos foram os órgãos que acumularam a maior quantidade de biomassa seca (374,004 g/planta), seguidos pelo caule (130,952 g/planta), folhas (114,301 g/planta) e, por último, as raízes (13,467 g/planta). Esses resultados evidenciam a priorização dos fotoassimilados para os frutos durante a fase reprodutiva da cultura.

3.2 Acúmulo de macronutrientes nas diferentes partes da planta

Tabela 3. Acúmulo de macronutrientes nas diferentes partes da planta de *P. ixocarpa* no final do experimento.

Parte da planta	Macronutrientes (g/planta)					Total
	N	P	K	Ca	Mg	
Frutos	5,803	0,510	2,463	1,721	0,263	10,760
Folhas	3,697	0,127	0,831	3,813	0,239	8,707
Caule	1,258	0,100	1,064	2,670	0,100	5,191
Raízes	0,218	0,012	0,056	0,141	0,007	0,434
Total	10,976	0,749	4,413	8,345	0,609	

A **Tabela 3** apresenta o acúmulo total dos macronutrientes avaliados em *Physalis ixocarpa*. Observa-se que o nitrogênio foi o nutriente mais acumulado na planta, totalizando 10,976 g/planta, seguido pelo cálcio com 8,345 g/planta, potássio com 4,413 g/planta, fósforo com 0,749 g/planta e magnésio com 0,609 g/planta.

Em relação à distribuição desses macronutrientes nas diferentes partes da planta ao final do experimento, os frutos apresentaram o maior acúmulo, com 10,760 g/planta, seguidos pelas folhas com 8,707 g/planta, caule com 5,191 g/planta e raízes com 0,434 g/planta.

Ao analisar o comportamento do acúmulo de macronutrientes nos frutos de *P. ixocarpa*, observou-se um padrão de crescimento a partir dos 45 dias, coincidindo com o início da floração e o avanço para a fase reprodutiva. A partir desse estágio, o acúmulo de nutrientes seguiu uma tendência crescente, ajustando-se adequadamente a uma equação polinomial de segundo grau, refletindo a intensificação da demanda nutricional para o desenvolvimento e enchimento dos frutos (**Figura 4**).

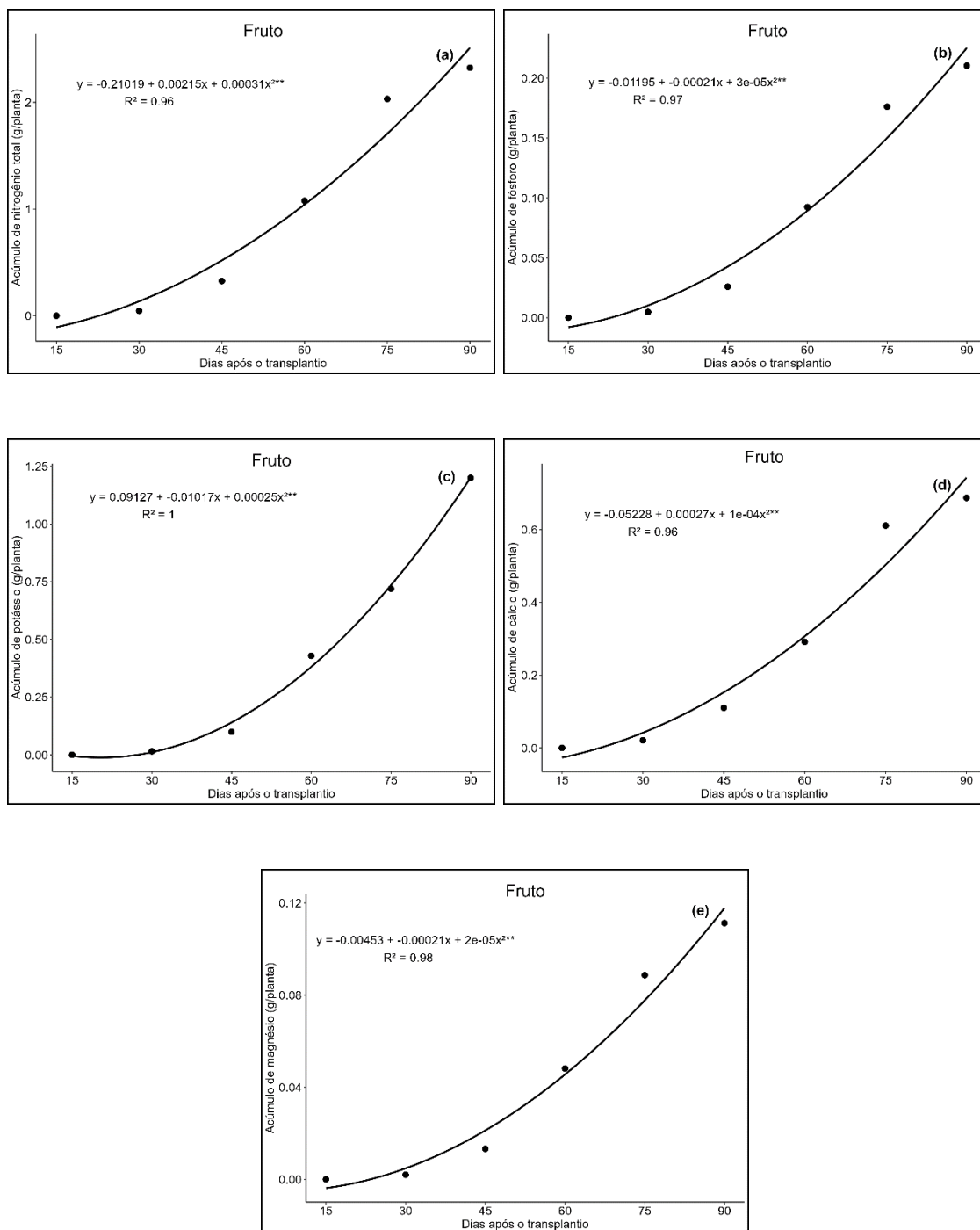


Figura 4. Acúmulo de macronutrientes nos frutos de *P. ixocarpa*

O máximo acúmulo dos macronutrientes foi registrado aos 90 dias após o transplante, com os seguintes valores: nitrogênio (2,32 g/planta), potássio (0,21 g/planta), cálcio (0,69 g/planta), fósforo (0,21 g/planta) e magnésio (0,11 g/planta), evidenciando a priorização dos fotoassimilados para os frutos na fase final do ciclo da cultura.

Já o acúmulo de macronutrientes nas folhas de *P. ixocarpa* apresentou padrões distintos, ajustando-se a modelos lineares e polinomiais de segundo grau, conforme ilustrado na **Figura 5**.

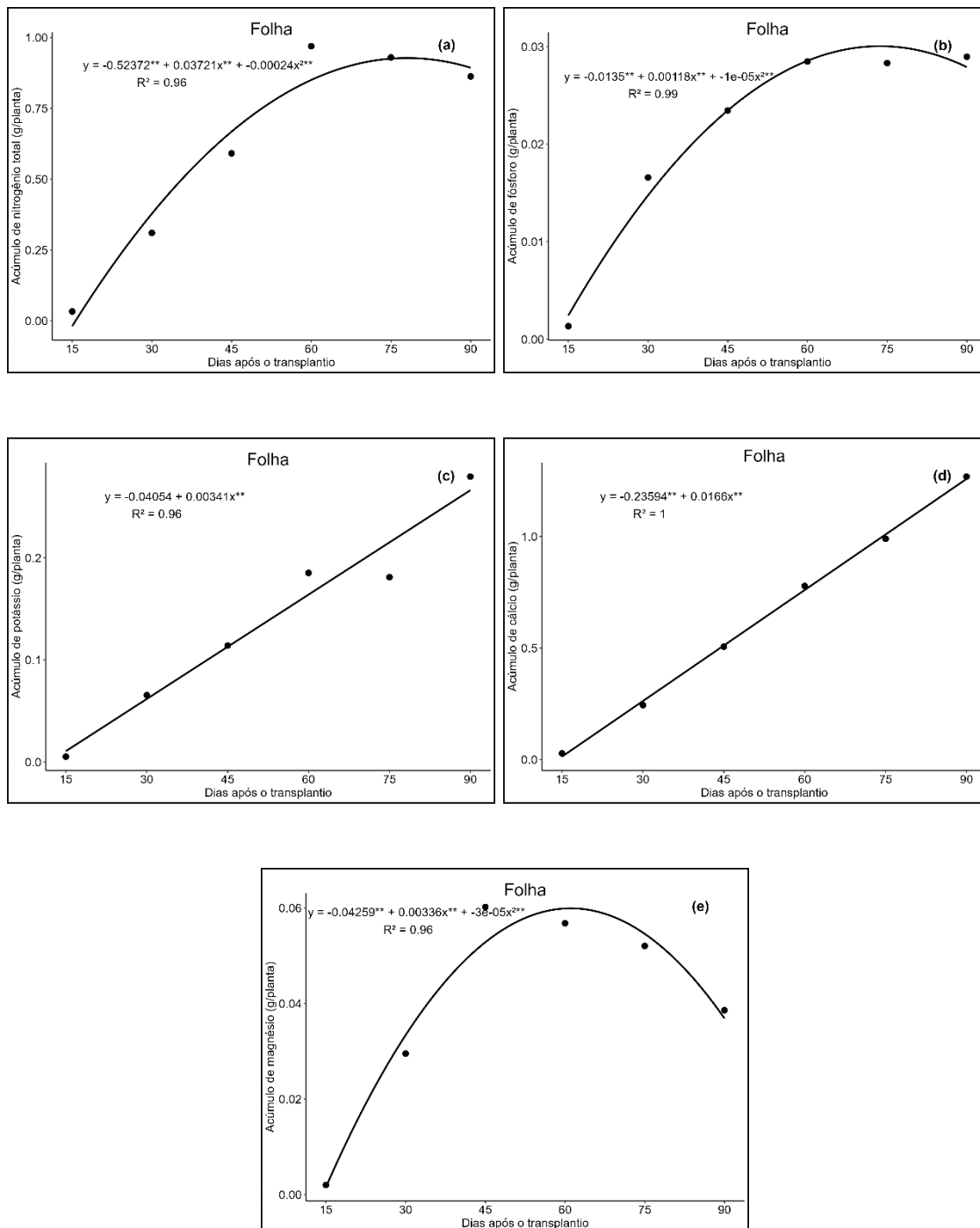
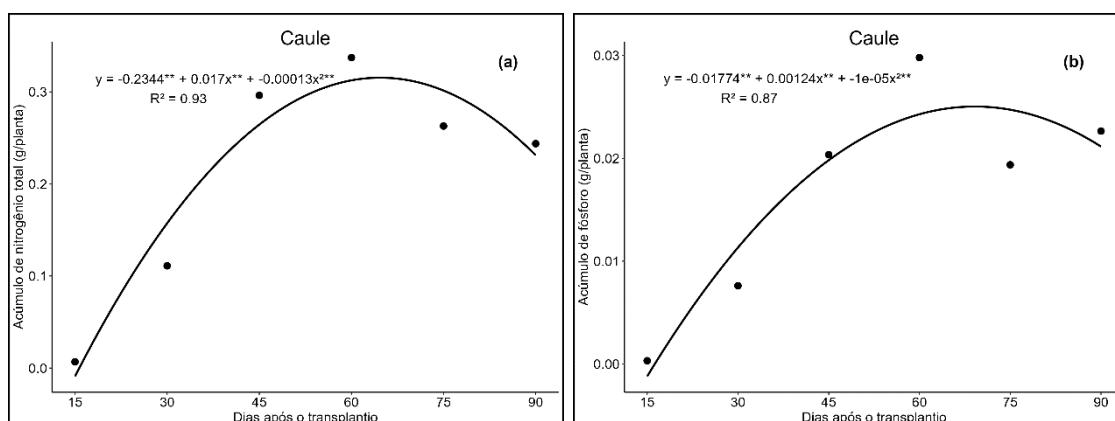


Figura 5. Acúmulo de macronutrientes na folha de *P. ixocarpa*

Dentre os nutrientes analisados, o nitrogênio e o fósforo exibiram um acúmulo progressivo até a avaliação dos 60 dias após o transplântio (DAT). A partir desse período, observou-se uma redução nos níveis acumulados, sugerindo uma possível redistribuição desses nutrientes para os órgãos reprodutivos, que passam a atuar como os principais drenos da planta.

O potássio e o cálcio apresentaram um acúmulo crescente ao longo das avaliações, sendo cada vez mais demandados à medida que o experimento avançava. Por fim, o magnésio manteve um acúmulo constante até os 45 DAT, seguido por uma redução nas avaliações posteriores, possivelmente devido ao seu papel na clorofila e na fotossíntese. Com o avanço da fase reprodutiva, ocorre a senescência foliar e a priorização do transporte de fotoassimilados e nutrientes para os frutos, o que pode justificar essa queda.

O acúmulo máximo de cada macronutriente nas folhas ocorreu em momentos distintos ao longo do experimento, refletindo a dinâmica de demanda da planta durante seu ciclo de desenvolvimento. O cálcio destacou-se como o nutriente mais acumulado, atingindo 1,26 g/planta aos 90 DAT, seguido pelo nitrogênio, que apresentou seu pico de 0,97 g/planta aos 60 DAT. O potássio registrou seu maior acúmulo aos 90 DAT, com 0,28 g/planta, enquanto o magnésio atingiu seu valor máximo mais precocemente, aos 45 DAT, com 0,06 g/planta. Por fim, o fósforo apresentou seu maior acúmulo apenas na última avaliação do experimento, alcançando 0,029 g/planta, evidenciando sua menor exigência em relação aos demais nutrientes.



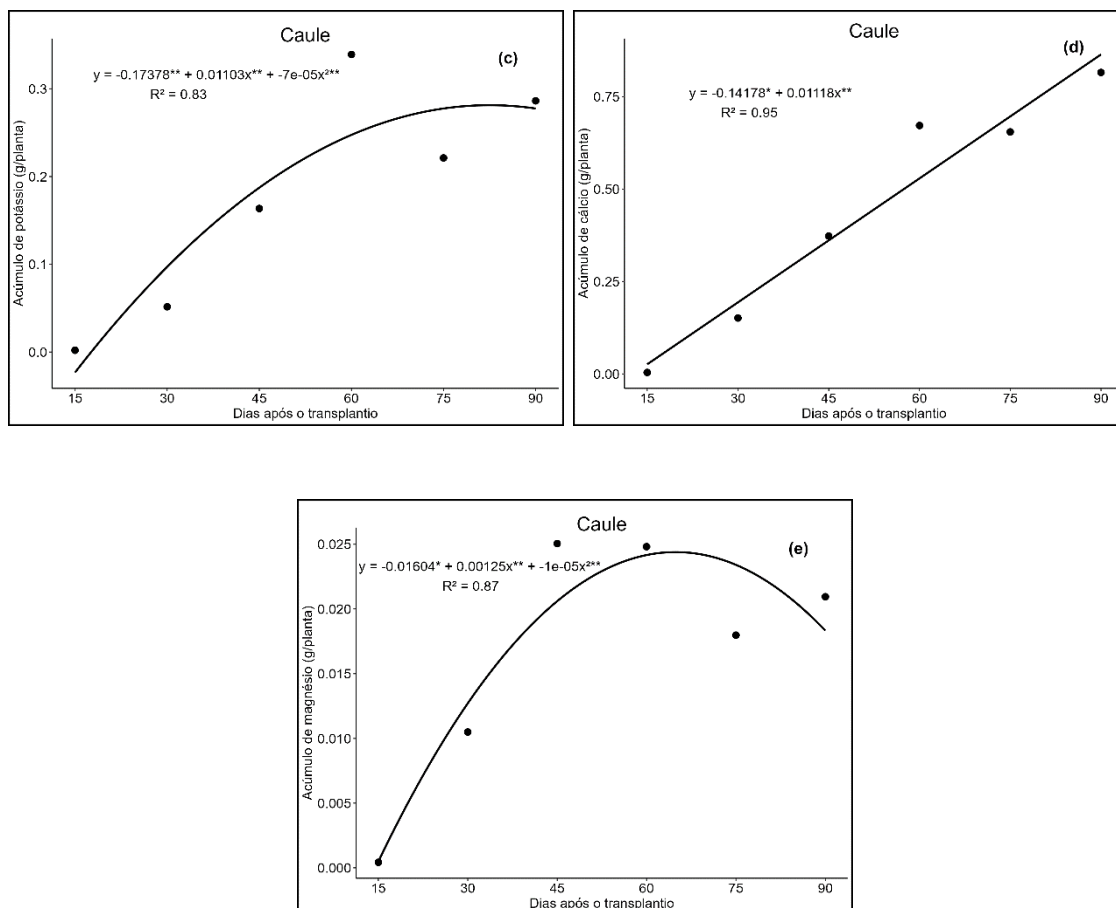
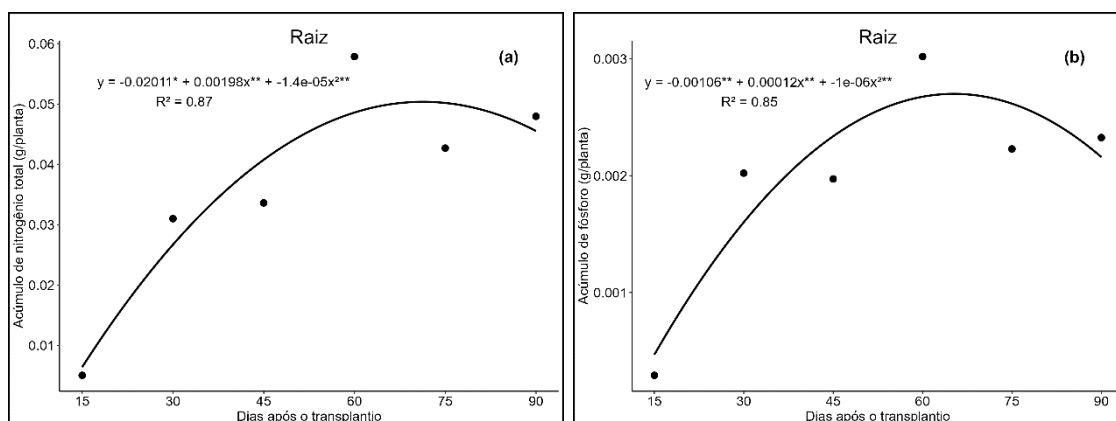


Figura 6. Acúmulo de macronutrientes no caule de *P. ixocarpa*

O acúmulo de macronutrientes no caule e nas raízes apresentaram um comportamento crescente até os 60 dias após o transplante, explicando a sua máxima exigência com o início do enchimento de frutos. O nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio ajustaram-se melhor a uma equação polinomial de segundo grau, enquanto o cálcio seguiu um padrão linear até o final do experimento.



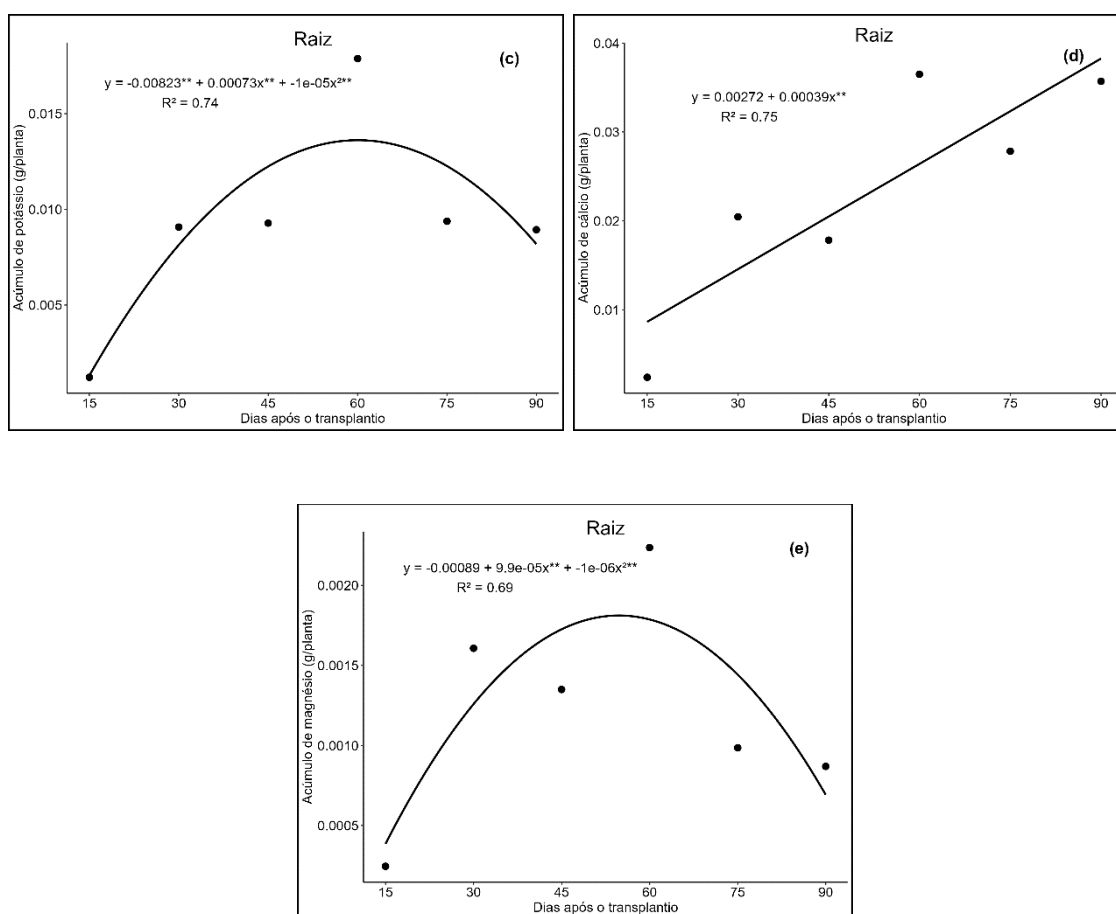


Figura 7. Acúmulo de macronutrientes na raiz de *P. ixocarpa*

O cálcio foi o nutriente mais requisitado pelo caule aos 90 dias após o transplante, com um valor de 0,81 g/planta (**Figura 6d**). Já nas raízes, o nitrogênio destacou-se como o macronutriente maiormente acumulado com um valor de 0,057 g/planta aos 60 DAT (**Figura 7a**).

O acúmulo máximo dos demais macronutrientes no caule seguiu a seguinte ordem: nitrogênio e potássio, ambos com 0,33 g/planta, seguido pelo fósforo, com 0,29 g/planta, todos atingindo seu pico aos 60 DAT. O magnésio, por sua vez, apresentou seu maior acúmulo aos 45 DAT, com 0,025 g/planta, conforme apresentado na **Figura 6**. Por fim, o máximo acúmulo dos macronutrientes nas raízes ocorreu aos 60 DAT, com os seguintes valores: cálcio (0,036 g/planta), potássio (0,017 g/planta), fósforo (0,003 g/planta) e, por fim, magnésio (0,002 g/planta) (**Figura 7**).

4. DISCUSSÃO

Conhecer o acúmulo de massa de matéria seca em *P. ixocarpa* é essencial para compreender a dinâmica de crescimento da cultura, a distribuição de biomassa e a alocação de nutrientes entre os diferentes órgãos da planta. O acúmulo de massa seca está diretamente relacionado à absorção e redistribuição de macronutrientes, visto que esses elementos desempenham papéis fundamentais na formação estrutural e funcional dos tecidos vegetais (Taiz et al., 2017).

Além disso, a quantidade de biomassa acumulada reflete não apenas a eficiência da planta na conversão de fotoassimilados, mas também sua capacidade de absorver e utilizar nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (Marschner, 2012).

Em espécies da família Solanaceae, como o tomateiro (*Solanum lycopersicum*) e a berinjela (*Solanum melongena*), estudos demonstram que o acúmulo de biomassa está diretamente associado à disponibilidade de nitrogênio, potássio e cálcio, nutrientes que desempenham papéis essenciais no crescimento das folhas, caules e frutos (Hawkesford et al., 2012; Jorgiane, 2022; Oliveira, I. I. de et al., 2023). Da mesma forma, em estudos realizados com *Physalis sp.* indicam que a partição da biomassa entre os órgãos da planta está intimamente ligada à absorção de macronutrientes ao longo do ciclo da cultura (Iancikiewicz et al., 2013; Silva et al., 2018; Thomé; Osaki, 2010).

Assim, compreender a dinâmica do acúmulo de massa seca em *P. ixocarpa* permite inferir sobre as exigências nutricionais da espécie e possibilita a adoção de estratégias de manejo mais eficientes para maximizar a produtividade e qualidade dos frutos.

Os resultados do presente estudo evidenciam que o padrão de acúmulo de biomassa seca em *P. ixocarpa* foi semelhante ao relatado em outras pesquisas, sugerindo que a distribuição de matéria seca segue tendências fisiológicas comuns dentro do gênero *Physalis*, embora variações ambientais e genéticas possam influenciar sua magnitude.

Em estudo com diferentes variedades de tomatillo, Hernández García, (2011) observou um acúmulo de biomassa seca no caule de 35 g/planta para a variedade “Diamante” e 24,9 g/planta nas folhas da variedade “Tamazula” aos

57 dias após o transplântio. Esses valores são bastante próximos aos obtidos no presente estudo, em que aos 60 dias após o transplântio foram registrados 35,26 g/planta no caule e 25,16 g/planta nas folhas.

Corpus Ramos, (2009) avaliou o efeito de diferentes tipos de poda no tomatillo e registrou um acúmulo de 165 g/planta de biomassa seca nos frutos, resultado semelhante ao obtido na avaliação dos 90 DAT, em que os frutos apresentaram um acúmulo de 167,33 g/planta.

Já em relação ao acúmulo radicular, o máximo valor registrado para *P. ixocarpa* (3,81 g/planta) encontra-se dentro da faixa reportada por De Lima Ajuricaba Oliveira, (2018), que avaliou diferentes regimes de adubação em *P. angulata* e encontrou valores entre 1,7 e 4,5 g/planta. Esses resultados reforçam que, apesar das diferenças ambientais e de manejo, o padrão de alocação de biomassa em *Physalis* apresenta comportamento semelhante entre espécies do gênero.

A absorção de macronutrientes em *Physalis ixocarpa* variou entre as diferentes partes da planta, com os frutos como os principais locais de acúmulo, totalizando 10,760 g/planta ao final do experimento. O nitrogênio (N) foi o nutriente mais acumulado nos frutos, seguido por potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P) e magnésio (Mg).

Resultados semelhantes foram observados em *Physalis peruviana*, onde o nitrogênio também foi o nutriente predominante nos frutos (Lima et al. 2022). Comparando com o tomateiro (*Solanum lycopersicum*), De Oliveira, J. (2024) encontrou que o potássio tende a ser o macronutriente mais acumulado nos frutos do tomateiro, enquanto em *P. ixocarpa*, o nitrogênio permaneceu como o nutriente predominante, possivelmente devido as funções específicas que o nitrogênio (N) e o potássio (K) desempenham em cada planta, e à forma como esses nutrientes influenciam o desenvolvimento dos frutos (Taiz et al., 2017).

O acúmulo máximo de macronutrientes nos frutos de *Physalis ixocarpa* foi observado no final do experimento. A partir de 60 dias após o transplântio, com o início do enchimento dos frutos, a planta passou a priorizar a redistribuição de nutrientes das partes vegetativas para os frutos durante a fase reprodutiva. Esse comportamento é comum em plantas, nas quais folhas e caules atuam como fontes de nutrientes e fotoassimilados, direcionando-os para drenos como frutos e sementes (Fernandes Lopes; De Souza Lima, 2015).

As folhas foram a segunda parte da planta que acumulou maior reserva de nutrientes, acumulando 8,707 g/planta. Neste órgão, o cálcio acumulou-se em maior quantidade, seguido pelo nitrogênio, potássio, fósforo e magnésio.

A alta concentração de cálcio nas folhas pode ser explicada pela baixa transpiração dos frutos, o que reduz a quantidade do nutriente transportada para esse órgão via xilema. Além disso, devido ao seu papel estrutural e à sua baixa mobilidade na planta, o cálcio depende do fluxo transpiratório para sua movimentação, tendendo a se acumular em folhas maduras, onde a transpiração é mais intensa, diferindo da dinâmica observada nos frutos, onde há menor acumulação deste elemento (White, 2003).

Em estudos com *Physalis peruviana*, lanckievicz et al. (2013) observaram que a ordem de acúmulo de macronutrientes nas folhas difere de outras espécies de *Physalis*, com predominância do nitrogênio sobre o cálcio. Isso pode ser atribuído ao seu ciclo vegetativo mais longo, que pode durar até nove meses, enquanto *P. ixocarpa* completa seu ciclo em cerca de 90 dias. Essa diferença faz com que *P. peruviana* priorize a absorção de nutrientes essenciais, como o nitrogênio, para sustentar seu crescimento contínuo.

O caule acumulou um total de 5,191 g/planta de macronutrientes, destacando-se de igual maneira o cálcio como o mais acumulado, seguido pelo nitrogênio, potássio, fósforo e magnésio. O cálcio desempenha papel essencial no alongamento celular e na estrutura da parede celular principalmente na formação da lamela média, por isto dá prioridade do acúmulo deste nutriente no caule, para formar uma estrutura de suporte resistente para suportar os frutos (Hawkesford et al., 2012).

As raízes de *P. ixocarpa* acumularam a menor quantidade de macronutrientes (0,434 g/planta), explicando sua função principal na absorção e translocação de nutrientes para outras partes da planta. O nitrogênio foi o nutriente mais acumulado, seguido por cálcio, potássio, fósforo e magnésio. No entanto, conforme as avaliações iam transcorrendo, os nutrientes foram rapidamente redistribuídos para as partes aéreas, o que explica a diminuição do acúmulo dos nutrientes nas raízes de *P. ixocarpa* ao término do experimento.

5. CONCLUSÃO

A distribuição dos macronutrientes nas diferentes partes da planta de *Physalis ixocarpa* variou conforme o órgão avaliado. Nos frutos, o acúmulo seguiu a ordem $N > K > Ca > P > Mg$, enquanto nas folhas predominou $Ca > N > K > Mg > P$. No caule, a sequência foi $Ca > N > K > P > Mg$, e nas raízes, o nitrogênio apresentou o maior acúmulo, seguido por $Ca > K > P > Mg$, evidenciando diferenças na demanda e na alocação de nutrientes entre os órgãos da planta.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. **Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal.** *Revista CERES*, v. 21, p. 73–85, 1974.
- CORPUS RAMOS, A. **Crecimiento, distribución de biomasa e índice de cosecha en variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) bajo niveles de podas**. 2009. Universidad Autónoma de Guadalajara, 2009.
- DE LIMA AJURICABA OLIVEIRA, A. A. **Caracterização agrônômica do camapu (*Physalis angulata* L.), qualidade pós-colheita e aproveitamento tecnológico dos frutos.** 2018. 105 f. Instituto nacional de pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2018. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/5339/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20am%C3%A9lia.pdf>. Acesso em: 2 sep. 2024.
- DE OLIVEIRA, J. **Massa de matéria seca, acúmulo de nutrientes e teor de carbono orgânico em tomateiro irrigado a cada sete dias e cultivado com doses de prolina.** 2024. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2024. Disponível em: <<https://locus.ufv.br//handle/123456789/32336>>. Acesso em: 22 sep. 2024
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- FERNANDES LOPES, N.; DE SOUZA LIMA, M. DA G. **Fisiologia da produção.** Editora UFV ed. Viçosa, MG, 2015.
- GOULART, R. DE O. *et al.* **Fenologia da cultura do physalis no Oeste Goiano.** *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, v. 17, n. 6, p. e7736, 24 jun. 2024.
- HAWKESFORD, M. *et al.* **Functions of macronutrients.** *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3. ed. London: Elsevier, 2012. p. 135–189.

HERNÁNDEZ GARCIA, E. **Eficiencia fisiológica de variedades de tomate de cáscara con diferentes hábitos de crecimiento**. 2011. 48–72 f. Colégio de postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2011. Disponível em: http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/491/Hernandez_Garcia_E_MC_Fisiologia_Vegetal_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 11 sep. 2024.

IANCKIEVICZ, A. *et al.* **Produção e desenvolvimento da cultura de *Physalis L.* submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva**. *Ciência Rural*, v. 43, n. 3, p. 438–444, 2013.

JORGIANE, D. Á. **Produção de berinjela com adubação fosfatada orgânica**. 2022. 65 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ffd64608-9232-4938-aa91-911d9a48aa95/content>>. Acesso em: 1 sep. 2024.

LIMA, R. C. *et al.* **Biomass production and nutrient accumulation in physalis in two edaphoclimatic conditions**. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 44, p. e53724, 9 mar. 2022. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/53724>>. Acesso em: 10 sep. 2024

LIMA RAMONY, C. **Desenvolvimento e acúmulo de nutrientes de fisalis**. 2018. 30 f. Dissertação de mestrado – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

LÓPEZ-LÓPEZ, R. *et al.* **Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico**. *revista chapingo serie horticultura*, v. 15, p. 83–89, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60913518012>>. Acesso em: 15 sep. 2024

MALAVOLTA, E.; ET. AL. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHNER, P. **Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. London: Elsevier, 2012.

OLIVEIRA, L. L. DE *et al.* Resposta do tomate cereja à adubação organomineral para incremento na produtividade. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 8, n. 2, p. 054–061, 8 maio 2023.

RAMOS-LÓPEZ, B. I. *et al.* **Plant density on yield of husk tomato (*Physalis ixocarpa* brot.) in field and greenhouse**. *Ciencia Rural*, v. 51, n. 1, p. 1–8, 2021.

SANTIAGUILLO HERNÁNDEZ, J. F. *et al.* **Perfil del Diagnóstico de la red Tomate de Cáscara**. México: Prometeo, 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/283492117>>. Acesso em: 9 jul. 2024.

SIAP. **Anuario Estadístico de la Producción Agrícola**. México: Agricultura, 2022.

SILVA, A. *et al.* **Rendimento de massa seca de *physalis angulata* L. sob proporções de nitrato e amônio em cultivo hidropônico**. Enciclopédia Biosfera, v. 15, n. 27, p. 31–38, 20 jun. 2018.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6a edição ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TANAN, T. **Fenologia e caracterização dos frutos de espécies de *Physalis* cultivadas no semiárido baiano**. 2015. 46 f. 2015. Disponível em: <http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/156/2/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Tamara_Tana.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2024.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. **Manual análises de solo, plantas e outros materiais**. UFRGS-Departamento de solos, 1995.

THOMÉ, M.; OSAKI, F. **Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis* spp**. Revista Acadêmica: Ciência Animal, v. 8, n. 1, p. 11, 15 jan. 2010.

TORRES TANAN, T. *et al.* ***Physalis* growth, development and yield at different sowing seasons in the brazilian northeastern semiarid**. *Colloquium Agrariae*, v. 17, n. 1, p. 36–43, 2021.

WATERFALL, U. T. ***Physalis* in Mexico, Central America and the West Indies**. *Rhodora*, p. 319–329, 1967.

Disponível em:

<https://www.biodiversitylibrary.org/page/632947#page/326/mode/1up>.

Acesso em: 29 nov. 2023.

WHITE, P. J. **Calcium in Plants**. *Annals of Botany*, v. 92, n. 4, p. 487–511, 1 out. 2003.