TEORES DE POTÁSSIO E CÁLCIO NA CASCA DE ABACAXI 'SMOOTH CAYENNE' SOB TIPOS DE MUDAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Júlio Cézar da Silva Rosário[1], Almy Junior Cordeiro de Carvalho[2], Denilson Coelho de Faria[2], Nayana Machado de Oliveira Ribeiro [1], Moises Zocoloto[1], Marta Simone Mendonça Freitas[2], Paulo Cesar dos Santos[1].

[1]Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/nº, Guararema – 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, Julio.rosario.agro@gmail.com, Paulo.santos.43@gmail.com, moises.zucoloto@ufes.br, nayana.oli@outlook.com.
[2]Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia – 28013-602 – Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil, Almy@uenf.br, msimone@uenf.br, coelhofaria@gmail.com

Resumo

O abacaxizeiro (Ananas comosus var. comosus) 'Smooth Cayenne' é uma das principais frutíferas cultivadas na região Norte Fluminense, onde o manejo nutricional deve considerar a composição mineral dos diferentes compartimentos do fruto. Objetivou-se avaliar os teores de potássio (K) e cálcio (Ca) na casca de frutos em função de cinco tipos de mudas e quatro doses de nitrogênio (N). O experimento foi conduzido no CCTA-UENF, em Campos dos Goytacazes-RJ, em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 4, com quatro repetições. Os teores de K e Ca foram determinados por espectrometria de emissão atômica por chama e espectrofotometria de absorção atômica, respectivamente. O teor de K ajustou-se ao modelo quadrático em função das doses de N, com valor mínimo estimado de 16,13 g kg^{-1} na dose de 11,44 g $planta^{-1}$. O teor de Ca não foi influenciado pelas doses de N, mas diferiu entre os tipos de muda, sendo maior em filhote 2 (2,14 g kg^{-1}) e menor em rebento 2 (1,84 g kg^{-1}). Conclui-se que o manejo nutricional da composição mineral da casca deve considerar a dose de N para o K e o material propagativo para o Ca.

Palavras-chave: Abacaxizeiro. Potássio. Cálcio. Adubação nitrogenada.

Área do Conhecimento: Engenharia agronômica. Agronomia.

Introdução

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é uma das principais frutíferas tropicais cultivadas no Brasil, com destaque produtivo para estados como Paraíba, Pará, Minas Gerais e Rio de Janeiro (IBGE, 2024). No Rio de Janeiro, a região Norte Fluminense concentra a maior parte da produção estadual, tendo o município de São Francisco de Itabapoana como principal polo produtor, o que motivou inclusive um pedido de indicação geográfica para o abacaxi da região (INPI, 2025; DE FARIA *et al*., 2026).

Esse cenário produtivo reforça a necessidade de um manejo nutricional que vá além da resposta em produtividade, incorporando também o conhecimento da composição mineral dos diferentes compartimentos do fruto, bem como diversas atividades celulares (YAO *et al*., 2025). A casca, em particular, constitui um dos principais compartimentos de acúmulo mineral do abacaxi, participando da proteção física do fruto e de processos fisiológicos relacionados ao seu desenvolvimento (GONDIM *et al*., 2005; MEHRAJ *et al*., 2024). Nesse contexto, o potássio (K) destaca-se como um dos elementos mais concentrados na casca, enquanto o cálcio (Ca), por apresentar baixa mobilidade no floema e estar associado à constituição das paredes celulares, tende a ser mais sensível às condições de crescimento da planta e à qualidade do material propagativo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; WHITE; BROADLEY, 2003; TAIZ *et al*., 2017). Além disso, o K também é responsável pela qualidade do fruto (CUNHA *et al*., 2021).

A escolha do tipo de muda (coroa, filhote ou rebento) altera o vigor inicial, o padrão de crescimento e, por consequência, pode modificar a absorção e a distribuição de nutrientes entre os órgãos da planta

(REINHARDT; CUNHA, 2006; COELHO *et al*., 2019). Combinada às doses de nitrogênio (N) aplicadas, essa variável pode alterar o balanço mineral dos tecidos do fruto, com reflexos diretos sobre os teores de K e Ca acumulados na casca (SOUZA *et al*., 2019; DE FARIA *et al*., 2026;).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar os teores de K e Ca na casca de frutos de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', em função de diferentes tipos de mudas e de doses de adubação nitrogenada, sob as condições edafoclimáticas do Norte Fluminense.

Metodologia

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (CCTA-UENF), no município de Campos dos Goytacazes-RJ. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 × 4, com quatro repetições, combinando cinco materiais propagativos da cultivar Smooth Cayenne (coroa, filhote 1, filhote 2, rebento 1 e rebento 2) e quatro doses de nitrogênio (4, 8, 12 e 16 g planta^{-1} ciclo^{-1}), aplicadas na forma de ureia, parceladas aos 3, 5, 7, 9 e 11 meses após o plantio.

A área experimental apresenta clima tropical, com precipitação média anual próxima de 900 mm e temperatura média anual em torno de 24°C. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico, de textura argilosa, apresentando, na camada de 0-20 cm, caráter ácido (pH 4,9), baixo teor de fósforo disponível (2 mg dm^{-3}) e teores de 29 mg dm^{-3} de K e de 1,2 cmolc dm^{-3} de Ca. Antes da implantação da cultura, realizou-se calagem com calcário dolomítico (1,2 t ha^{-1}) e adubação fosfatada de plantio com superfosfato simples (3,5 g planta^{-1} ciclo^{-1} de P_2O_5). As adubações nitrogenada e potássica foram parceladas aos 3, 5, 7, 9 e 11 meses após o plantio, sendo a adubação potássica realizada com cloreto de potássio (16 g planta^{-1} ciclo^{-1} de K_2O) em todos os tratamentos, de modo que apenas a dose de N variou entre eles.

Os frutos foram colhidos no estádio de maturação em que 25 a 50% dos frutilhos apresentavam coloração amarela, sendo a casca separada manualmente dos demais componentes (coroa, fibra e suco). As amostras de casca foram acondicionadas em estufa de circulação forçada de ar, secas a 70°C por aproximadamente 72 h até massa constante, trituradas e homogeneizadas. Em seguida, o material foi submetido à digestão nitroperclórica para determinação do teor de Ca, por espectrofotometria de absorção atômica, e do teor de K, por espectrometria de emissão atômica por chama, ambos expressos em g kg^{-1} de massa seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (5% de probabilidade). Quando a interação entre tipo de muda e dose de N foi significativa, procedeu-se ao desdobramento, avaliando-se o efeito das doses de N dentro de cada muda por análise de regressão.

Resultados

Não houve interação entre tipo de muda e dose de N para os teores de K e de Ca na casca dos frutos (Tabela 1). O teor de K foi alterado pelas doses de N, enquanto o teor de Ca respondeu ao tipo de muda utilizado, sem efeito da adubação nitrogenada. Considerando as médias gerais, a casca apresentou teor de 16,96 g kg^{-1} de K e de 2,01 g kg^{-1} de Ca.

Tabela 1. Análise de variância dos teores de K e Ca na casca de frutos de abacaxizeiro ‘Smooth Cayenne’, em função do tipo de muda e das doses de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	K (g kg^{-1})	Ca (g kg^{-1})
Bloco	3	13,5877**	0,3523**
Tipo de muda	4	4,1492ns	0,2158*
Dose de N	3	18,3350**	0,02167ns
Tipo de muda × dose de N	12	2,1687ns	0,05865ns
Resíduo	57	1,9846	0,07795
Média geral		16,9600	2,0100
CV (%)		8,31	13,89

Fonte: elaborada pelos próprios autores. Nota: ns = não significativo; * p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,01 pelo teste F.

O teor de K na casca ajustou-se ao modelo quadrático em função das doses de N (Equação 1), em que Ŷ representa o teor estimado de K (g kg⁻¹) e X a dose de N aplicada (g planta⁻¹ ciclo⁻¹), com valor mínimo estimado de 16,13 g kg⁻¹ na dose de 11,44 g planta⁻¹ de N. Considerando as doses extremas avaliadas, o teor estimado de K reduziu de 18,21 g kg⁻¹, na dose de 4 g planta⁻¹, para 16,91 g kg⁻¹, na dose de 16 g planta⁻¹, evidenciando resposta não linear desse nutriente ao suprimento nitrogenado.

$$\hat{Y} = 21{,}0575 - 0{,}861625\,X + 0{,}037656\,X^2;\ R^2 = 0{,}8704,\ p \leq 0{,}01 \text{ (Equação 1)}$$

O teor de Ca na casca diferiu entre os tipos de mudas, considerando a média das doses de N (Tabela 2). O maior teor foi observado em frutos provenientes de filhote 2 (2,14 g kg⁻¹), enquanto o menor valor ocorreu em rebento 2 (1,84 g kg⁻¹). Os frutos de coroa, filhote 1 e rebento 1 apresentaram valores intermediários, não diferindo estatisticamente.

Tabela 2. Teor de cálcio (Ca) na casca de frutos de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne', em função do tipo de muda, considerando a média das doses de nitrogênio.

Tipo de muda	Ca na casca (g kg⁻¹ de massa seca)
Coroa	2,0875 ab
Filhote 1	2,0313 ab
Filhote 2	2,1375 a
Rebento 1	1,9500 ab
Rebento 2	1,8438 b

Fonte: elaborada pelos próprios autores. Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando o conjunto de tratamentos avaliados, o teor de K na casca variou de 11,63 a 21,11 g kg⁻¹, enquanto o teor de Ca variou de 1,17 a 2,68 g kg⁻¹, evidenciando amplitude relativamente maior para o Ca.

Discussão

A predominância de K na casca confirma o padrão já relatado para o fruto do abacaxi, no qual esse elemento se destaca entre os nutrientes mais concentrados (GONDIM *et al*., 2005; MEHRAJ *et al*., 2024). O K não desempenha função estrutural na planta, mas participa da regulação osmótica, da ativação enzimática e do transporte de fotoassimilados, processos associados ao crescimento e à qualidade dos tecidos vegetais (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; TAIZ *et al*., 2017). A resposta quadrática do teor de K às doses de N sugere que, a partir de determinado patamar de suprimento nitrogenado, o efeito de diluição decorrente do maior crescimento dos tecidos passa a superar o incremento na absorção do nutriente, resultando em estabilização ou leve redução do teor na casca nas doses mais elevadas (SOUZA *et al*., 2019; DE FARIA *et al*., 2026).

O teor de Ca na casca, por sua vez, mostrou-se mais associado ao material propagativo do que à adubação nitrogenada. Esse comportamento é coerente com a baixa mobilidade do Ca no floema por ser transportado predominantemente via xilema, seu acúmulo nos tecidos depende fortemente das condições de absorção e do fluxo transpiratório estabelecido durante o crescimento da planta, e não apenas da disponibilidade do nutriente no solo (WHITE; BROADLEY, 2003; MARSCHNER, 2012). Como o Ca participa da constituição e do enrijecimento da parede celular, contribuindo para a resistência da casca a danos mecânicos (WHITE; BROADLEY, 2003; TAIZ *et al*., 2017), as diferenças observadas entre tipos de mudas podem refletir variações no vigor inicial e no padrão de desenvolvimento de cada material propagativo (REINHARDT; CUNHA, 2006; COELHO *et al*., 2019).

Estudos sobre a composição mineral da casca do abacaxi também destacam a relevância desse compartimento como reservatório de K e Ca, reforçando seu potencial de aproveitamento em rotas agroindustriais, uma vez que a casca é normalmente descartada como resíduo do processamento do fruto (PAULA; FARIA JÚNIOR, 2019; MEHRAJ *et al*., 2024; VIEIRA *et al*., 2024;). Nesse sentido, conhecer os fatores de manejo que influenciam sua composição mineral contribui tanto para o ajuste da adubação quanto para a valorização desse subproduto (DE FARIA *et al*., 2026).

De modo geral, os resultados indicam que o teor de K na casca é mais responsivo ao manejo da adubação nitrogenada, enquanto o teor de Ca depende principalmente da escolha do material

propagativo, evidenciando que esses dois nutrientes seguem dinâmicas distintas de acúmulo nesse compartimento do fruto (DE FARIA *et al*., 2026).

Conclusão

O teor de K na casca de frutos de abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' responde de forma quadrática às doses de nitrogênio, reduzindo-se até a dose de aproximadamente 11 g planta^{-1} de N, a partir da qual apresenta leve incremento. Já o teor de Ca na casca não é influenciado pela adubação nitrogenada, sendo determinado pelo tipo de muda utilizado, com maior valor em frutos de filhote 2 e menor em rebento 2.

Referências

COELHO, R. I.; COSTA, L. C. S.; ALEXANDRE, R. S.; ZUCOLOTO, M. Propagação, preparo do solo e plantio. In: SANTOS, Carlos Eduardo Magalhães dos; BORÉM, Aluízio (ed.). **Abacaxi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019. p. 53-73.

CUNHA, J. M.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C. de; CAETANO, L. C. S.; VIEIRA, M. E.; PEÇANHA, D. A. Adubação potássica na qualidade de frutos de abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 5, e-018, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0100-29452021018. Acesso em: 10 ago. 2026.

DE FARIA, D. C. et al. Production and quality of 'Smooth Cayenne' pineapple as affected by nitrogen fertilization and types of plantlets in the Northern Region of Rio de Janeiro State, Brazil. **Agronomy**, Basel, v. 16, n. 2, p. 1-19, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.3390/agronomy16020153. Acesso em: 9 ago. 2026.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400032. Acesso em: 10 ago. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE**). Produção agropecuária: abacaxi**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacaxi/br. Acesso em: 12 ago. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Revista da Propriedade Industrial**. Rio de Janeiro: INPI, n. 2852, 2 set. 2025. Seção Indicações Geográficas. Pedido de registro da Denominação de Origem Norte Fluminense para o produto Abacaxi. Disponível em: https://revistas.inpi.gov.br/pdf/Indicacoes_Geograficas2852.pdf. Acesso em: 11 ago. 2026.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012.

MEHRAJ, M. et al. Nutritional composition and therapeutic potential of pineapple peel – a comprehensive review. **Chemistry & Biodiversity**, Weinheim, v. 21, n. 5, e202400315, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1002/cbdv.202400315. Acesso em: 13 ago. 2026.

PAULA, K. S. de; FARIA JÚNIOR, O. L. de. Utilização dos restos culturais e resíduos da industrialização de abacaxi na alimentação de ruminantes: revisão. **PUBVET**, Lavras, MG, v. 13, n. 2, p. 1-7, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n2a271.1-7. Acesso em: 13 ago. 2026.

REINHARDT, D. H. R. C.; CUNHA, G. A. P. da. **A propagação do abacaxizeiro**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 59 p. (Coleção Plantar, 52). ISBN 85-7383-372-6. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/120509/a-propagacao-do-abacaxizeiro. Acesso em: 14 ago. 2026.

SOUZA, R. P. D.; PEGORARO, R. F.; REIS, S. T.; MAIA, V. M.; SAMPAIO, R. A. Partition and macronutrients accumulation in pineapple under nitrogen doses and plant density. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, PI, v. 10, n. 3, p. 384-395, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.14295/cs.v10i3.2604. Acesso em: 14 ago. 2026.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
VIEIRA, A. C. et al. Pineapple by-products: chemical composition, technological potential and applications in the food industry. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 44, e2857, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1590/fst.2857. Acesso em: 15 ago. 2026.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 92, n. 4, p. 487-511, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1093/aob/mcg164. Acesso em: 15 ago. 2026.

YAO, J. et al. Nutrient imbalance and cell-wall remodeling drive pineapple translucency: a two-season survey in Hainan, China. **Horticulturae**, v. 11, n. 10, 1264, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/horticulturae11101264. Acesso em: 15 ago. 2026.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).