

DOSES DE ADUBO NPK NA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) NO ARENITO CAIUÁ

João Paulo Bazana Françolin ¹ e Renan Rizzato Espessato²

¹Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica – Universidade Paranaense – UNIPAR,
Campus 3. Av. Tiradentes, 3240 - Jardim Paraíso, Umuarama, PR.

²Professor do curso de Engenharia Agrônômica – Universidade Paranaense – UNIPAR,
Campus 3. Av. Tiradentes, 3240 - Jardim Paraíso, Umuarama, PR.

E-mail: 1joao.b.francolin@edu.unipar.br 2renan.espessato@prof.unipar.br

RESUMO: A mandioca (Manihot esculenta Crantz) é uma das principais culturas de importância socioeconômica para o Brasil, utilizada tanto para alimentação humana e animal quanto como matéria-prima industrial. Apesar de sua rusticidade e ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, a produtividade da mandioca no país ainda se encontra abaixo do potencial da cultura, sendo fortemente limitada pela baixa disponibilidade de nutrientes nos solos tropicais. Esse nutriente desempenha papel essencial na formação e expansão do sistema radicular; na fotossíntese, no metabolismo energético e na síntese de compostos estruturais, sendo determinante para o estabelecimento inicial e a produção de raízes tuberosas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo aplicadas no plantio sobre o desenvolvimento e a produtividade da mandioca. O experimento foi conduzido em campo, no delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, e os tratamentos constituíram-se de doses crescentes de NPK (04-30-10). Foram avaliadas variáveis relacionadas ao crescimento e ao rendimento, incluindo número e massa de raízes comerciais, produtividade ($t\ ha^{-1}$) e teor de amido. Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o delineamento em blocos casualizados. Espera-se que os resultados contribuam para estabelecer recomendações técnicas mais precisas de adubação na cultura da mandioca, promovendo maior eficiência no uso de insumos, sustentabilidade produtiva e incremento da rentabilidade para os agricultores.

Palavras-chave: Fósforo; Adubação; Nutrição mineral; Blocos casualizados; Raízes tuberosas.

NPK FERTILIZER DOSES AND PRODUCTIVITY IN CASSAVA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ) CULTIVATION IN CAIUÁ SANDSTONE

ABSTRACT: Cassava (Manihot esculenta Crantz) is one of the main crops of socioeconomic importance in Brazil, used both for human and animal consumption as well as an industrial raw material. Despite its hardiness and wide adaptation to different edaphoclimatic conditions, cassava productivity in the country remains below the crop's potential, being strongly limited by the low nutrient availability in tropical soils. This nutrient plays an essential role in root system formation and expansion, photosynthesis, energy metabolism, and the synthesis of structural compounds, being decisive for initial establishment and the production of storage roots. The present study aimed to evaluate the effect of different phosphorus doses applied at planting on cassava development and yield. The experiment was carried out in the field, in a randomized block design, with 4 replications, and the treatments consisted of increasing doses of NPK (04-30-10). Variables related to growth and yield were evaluated, including number and mass of commercial roots, productivity ($t\ ha^{-1}$), and starch content. The data obtained will be subjected to analysis of variance (ANOVA), considering a randomized block design. It is expected that the results will contribute to establishing more precise fertilization recommendations for cassava cultivation, promoting greater efficiency in input use, productive sustainability, and increased profitability for farmers.

Keywords: Phosphorus; Fertilization; Mineral nutrition; Randomized blocks; Tuberous roots.

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das principais culturas de raízes tropicais, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar e na economia agrícola de diversas regiões do mundo, sendo o Brasil o quinto maior produtor do mundo (TAKAHASHI, MÁRIO 2023; FAO, 2021). No Brasil, destaca-se como fonte primária de carboidratos para alimentação humana e animal, além de constituir matéria-prima para indústrias de fécula, amido e etanol, ocupando lugar de relevância tanto na agricultura familiar quanto em sistemas de produção em larga escala (FAO, 2021; Cardoso et al., 2019).

Atualmente, no Paraná, Umuarama se destaca com o maior valor bruto de produção atribuído à mandioca. Conforme dados informados pela SEAB/DERAL (2023), na safra 2022/2023, a produção estadual de mandioca alcançou aproximadamente 3,03 milhões de toneladas, distribuídas em 135 mil hectares. Desse total, o núcleo regional de Umuarama foi responsável por 1,08 milhão de toneladas, cultivadas em 45 mil hectares, o que representa cerca de 36% da produção total do estado. Esse volume consolida a região como a principal produtora de mandioca no Paraná, evidenciando sua relevância econômica tanto para o consumo industrial quanto para o desenvolvimento regional (TAKAHASHI, MÁRIO 2023).

Apesar de sua ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, a produtividade da mandioca no Brasil ainda se mantém aquém do seu potencial genético, devido principalmente a fatores relacionados ao manejo inadequado da fertilidade do solo (Alves, 2017; Cardoso et al., 2019). Entre os nutrientes essenciais, o fósforo (P) é considerado um dos mais limitantes, especialmente durante o desenvolvimento inicial da cultura, em virtude de sua baixa mobilidade no solo e elevada interação com a matriz coloidal (Novais et al., 2007; Sousa & Lobato, 2004).

A mandioca demanda quantidades consideráveis de nitrogênio para seu cultivo. No Paraná, os melhores resultados com adubação nitrogenada foram observados com aplicações próximas a 40 kg/ha. Em solos altamente férteis, o uso de nitrogênio pode favorecer o crescimento da parte aérea em detrimento das raízes. A adubação com nitrogênio não é adequadamente avaliada por meio de análise de solo. Como a deficiência de nitrogênio nas plantas é facilmente identificada pelo amarelecimento das folhas após o desenvolvimento inicial das raízes, recomenda-se aplicar o nitrogênio em cobertura apenas quando surgirem sinais de carência (TAKAHASHI, MÁRIO 2023).

O fósforo desempenha funções cruciais no metabolismo vegetal, participando diretamente da transferência de energia na forma de ATP e ADP, da síntese de ácidos nucleicos, da integridade das membranas celulares (fosfolipídios), além de atuar como regulador do metabolismo de açúcares e da fotossíntese (Taiz et al., 2017; Malavolta, 2006). No caso da mandioca, a disponibilidade adequada de fósforo favorece o desenvolvimento e a ramificação do sistema radicular, essencial para a absorção de água e nutrientes, além de estar relacionada ao aumento da biomassa aérea e da produtividade de raízes tuberosas (Howeler, 2002; Alves, 2017).

Nos solos tropicais brasileiros, como Latossolos e Argissolos, a disponibilidade de fósforo é frequentemente baixa devido à forte fixação do nutriente pelos óxidos de ferro e alumínio, processo intensificado em condições de baixa saturação por bases e elevada acidez

(Novais et al., 2007; Fageria & Nascente, 2014). Nessas condições, grande parte do fósforo aplicado via fertilização torna-se indisponível para as plantas em curto prazo, reduzindo a eficiência agrônômica da adubação fosfatada (Sousa & Lobato, 2004). Esse comportamento exige estratégias de manejo específicas, como a aplicação localizada de fósforo no sulco de plantio, o uso de doses adequadas e, em alguns casos, a escolha de fontes mais solúveis para maximizar a disponibilidade do nutriente (Howeler, 2002; Lopes & Guilherme, 2016).

Com o aumento da intensificação do cultivo de mandioca em certas regiões, a resposta à aplicação de potássio tem se tornado mais significativa, embora isso dependa dos níveis iniciais desse nutriente no solo. Quanto menores forem os teores de potássio presentes, maiores são as chances de obtenção de benefícios com a adubação. Estudos indicam que a produtividade pode crescer em até 30% com o uso de potássio. Os efeitos positivos do potássio são mais evidentes quando os níveis de cálcio e magnésio no solo não estão muito reduzidos. Em solos mais arenosos, o potássio tende a ser perdido por lixiviação, tornando essencial aplicá-lo de forma parcelada e em cobertura. Assim como o fósforo, o potássio é analisado em laboratórios de São Paulo pelo método da resina, o que resulta em recomendações distintas. Cabe, portanto, ao técnico responsável orientar a aplicação adequada. (Takahashi, Mário 2023).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de adubo NPK (04-30-10) sobre a produtividade da mandioca, visando gerar informações técnicas que contribuam para o manejo nutricional eficiente da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, na safra 2024/2025, no município de Umuarama-PR, nas coordenadas (-23.7254749, -53.4024848), sob condições de clima subtropical úmido mesotérmico Cfa (Köppen, 1948), com meses quentes de verão e raras geadas de inverno, tendência à concentração de chuvas no verão, sem estação seca definida, onde a média de temperatura dos meses mais quentes é superior a 22°C e dos meses mais frios é inferior a 18°C, com pluviosidade média anual de 1.500 mm; os meses mais chuvosos vão de outubro a janeiro, com médias mensais de 130 a 175 mm, sendo os meses de julho e agosto os menos chuvosos, com médias entre 55 e 86 mm e em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. (Alvares, 2013).

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 4 repetições, com as parcelas experimentais constituídas por 4 linhas de 10 m de comprimento, espaçadas em 0,90 m entre linhas e 0,58 m entre plantas, totalizando ≈69 plantas por parcela. Como área útil

de avaliação, foram consideradas as duas linhas centrais, desconsiderando 0,5 m de bordadura em cada extremidade.

Os tratamentos consistiram em diferentes doses de NPK (04-30-10), distribuídas de acordo com as seguintes doses:

T0 – 0 kg ha⁻¹ (testemunha);

T1 – 82 kg ha⁻¹ de NPK (3,2 kg de N₂; 24 kg P₂O₅; 8,2 kg de K₂O);

T2 – 165 kg ha⁻¹ de NPK (6,4 kg de N₂; 48 kg P₂O₅; 16,4 kg de K₂O);

T3 – 247 kg ha⁻¹ de NPK (9,6 kg de N₂; 72 kg P₂O₅; 24,6 kg de K₂O);

T4 – 329 kg ha⁻¹ de NPK (12,8 kg de N₂; 96 kg P₂O₅; 32,8 kg de K₂O);

T5 – 411 kg ha⁻¹ NPK (16 kg de N₂; 120 kg P₂O₅; 41 kg de K₂O).

As manivas escolhidas para o experimento foram cultivar IPR Paraguainha, as quais são obtidas a partir de plantas matrizes sadias, com aproximadamente 10 cm de comprimento e contendo de duas a três gemas viáveis. O plantio foi realizado mecanicamente no espaçamento estabelecido.

As demais práticas culturais, como controle de plantas daninhas, foram realizadas de forma manual ou mecânica conforme a necessidade.

Na colheita, será realizada a avaliação das seguintes variáveis agrônômicas: Número de raízes comerciais por planta; peso total de raízes comerciais por parcela (kg); produtividade (t ha⁻¹); teor de amido nas raízes tuberosas.

Os dados obtidos serão submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o delineamento em blocos casualizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados obtidos para o número de raízes comerciais, produtividade e renda demonstrou que as diferentes doses de adubo NPK (04-30-10) aplicadas no plantio não promoveram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, conforme indicado pela ANOVA ($p > 0,05$). Dessa forma, as variações observadas entre as médias refletem apenas flutuações naturais do experimento e não efeito direto das doses crescentes de fertilizante.

Tabela 1. Médias do número de raízes comerciais, produtividade e renda da mandioca em função das doses de NPK (04-30-10).

Trat.	Nº de raízes (média)	Produtividade (t ha ⁻¹)	Renda (g.kg ⁻¹)
0 kg ha ⁻¹	7,06	29,42	550
82 kg ha ⁻¹ de NPK 04-30-10	6,62	24,14	540
165 kg ha ⁻¹ de NPK 04-30-10	8,56	30,04	540
247 kg ha ⁻¹ de NPK 04-30-10	6,81	25,60	540
329 kg ha ⁻¹ de NPK 04-30-10	7,12	26,05	560
411 kg ha ⁻¹ de NPK 04-30-10	8,18	31,42	560

Para o número de raízes comerciais, os valores variaram de 16 a 44 unidades, cada quatro plantas, com média geral de 7,31 raízes por planta e desvio-padrão de 5,9, indicando uma variabilidade moderada do experimento, típica de ensaios conduzidos em campo. As médias por tratamento oscilaram entre 6,62 e 8,56 raízes cada quatro plantas, sem apresentar qualquer tendência crescente ou padrão associado ao aumento das doses. O tratamento T0 (sem adubação) apresentou média de 7,06 raízes, semelhante às médias registradas em T4 (7,12) e T3 (6,81), enquanto o maior valor médio foi observado em T2 (8,56), mas ainda assim sem diferença estatística. Esse comportamento reforça que o número de raízes formadas não dependeu diretamente da dose de NPK, indicando que a cultura encontrou condições adequadas de desenvolvimento radicular independentemente da fertilização.

As médias por tratamento oscilaram dentro de uma faixa relativamente estreita, variando de 24,14 t ha⁻¹ (T1) a 31,42 t ha⁻¹ (T5). O tratamento sem adubação (T0) apresentou produtividade média de 29,42 t ha⁻¹, praticamente igual às produtividades registradas em T2 (30,04 t ha⁻¹) e T4 (26,05 t ha⁻¹), mostrando que a ausência ou presença de fertilizante não alterou de maneira consistente o desempenho da cultura. O tratamento com maior dose de NPK (T5, correspondente a 411 kg ha⁻¹) expressou produtividade média intermediária (31,42 t ha⁻¹), indicando ausência de resposta incremental ao aumento das doses. A distribuição dos valores confirma que a produtividade se manteve estável entre os tratamentos, com variação predominante dentro dos blocos e não entre as doses aplicadas.

A variável renda (teor de amido) mostrou-se ainda mais uniforme entre os tratamentos, apresentando valores entre 500 e 580, com média geral de 553 unidades e desvio-padrão de

24. Todas as doses apresentaram valores muito próximos, reforçando que o teor de amido — componente de forte interesse industrial — não foi influenciado pelas doses de NPK.

Assim, a descrição da estatística descritiva e da análise de variância indica que, nas condições de solo e clima do município de Umuarama-PR, e para a cultivar IPR Paraguainha, as doses de NPK avaliadas não proporcionaram incrementos no número de raízes comerciais, na produtividade ou no teor de amido das raízes. Isso sugere que a aplicação de doses elevadas de fertilizante no plantio não gera retorno agrônômico ou econômico, sendo possível manter níveis produtivos semelhantes mesmo com baixas doses ou até com ausência de adubação inicial.

A ausência de resposta significativa às doses de adubação pode ser atribuída a uma combinação de fatores agrônômicos. A mandioca é reconhecida por sua rusticidade e eficiência na exploração do solo, apresentando sistema radicular profundo e agressivo, capaz de acessar nutrientes de camadas mais baixas. Além disso, se o solo apresentava níveis médios de fósforo e potássio, mesmo que dentro da faixa de distrófia, é comum que a cultura não apresente respostas marcantes à adubação, especialmente quando não há limitações hídricas severas ao longo do ciclo. A literatura também destaca que, em muitas situações de campo, a variação natural entre plantas e microambientes supera o efeito das doses aplicadas, o que também foi observado neste estudo.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que as doses crescentes de NPK (04-30-10) aplicadas no plantio da mandioca não promoveram diferenças significativas no número de raízes comerciais, na produtividade ou na renda das raízes. Esse comportamento indica que, para as condições de solo e clima do município de Umuarama-PR, a mandioca cultivar IPR Paraguainha apresentou baixa ou inexistente resposta às adubações de plantio, mesmo diante de incrementos substanciais de nutrientes. A ausência de resposta é coerente com o comportamento fisiológico intrínseco da espécie, frequentemente descrita como rústica e eficiente no aproveitamento de nutrientes do solo.

A literatura aponta que a mandioca possui elevada capacidade de adaptação a solos de média a baixa fertilidade, sendo capaz de completar seu ciclo mesmo sob condições restritivas de fósforo e potássio (Howeler, 2002; Alves, 2017). Seu sistema radicular profundo e ramificado permite maior exploração do perfil do solo, o que reduz a dependência direta da adubação localizada no sulco de plantio. Essa característica fisiológica é um dos principais fatores que explicam a ausência de incrementos produtivos mesmo quando se aplicam doses elevadas de fertilizantes minerais. Nos dados avaliados, mesmo o tratamento controle (sem adubação) apresentou médias de produtividade e número de raízes muito próximas às

observadas nos tratamentos com maiores doses, evidenciando que a cultura encontrou condições suficientes para expressar seu potencial produtivo sem a necessidade de aportes adicionais de nutrientes.

Outro aspecto relevante para interpretar esses resultados é a fertilidade inicial da área experimental. Embora o solo seja classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, condição que normalmente indica baixa disponibilidade de fósforo e fixação elevada, é possível que os níveis residuais de nutrientes, provenientes de cultivos anteriores ou da ciclagem natural, tenham sido suficientes para suprir a demanda nutricional inicial da cultura. Em muitos casos, a mandioca responde significativamente à adubação apenas quando se encontra em solos com teores muito baixos de P e K, situação que não necessariamente se confirmou na área de estudo. Além disso, o fósforo, principal componente avaliado, apresenta mobilidade extremamente baixa no solo, sendo rapidamente adsorvido aos colóides, o que limita sua disponibilidade imediata às plantas. Porém, mesmo com essa característica, a cultura não apresentou sinais de deficiência, reforçando que a disponibilidade basal foi suficiente para atender às necessidades metabólicas.

A estabilidade observada nos valores de renda (teor de amido), com variação mínima entre os tratamentos, reforça ainda mais a ausência de efeito da adubação sobre aspectos qualitativos da produção. O teor de amido é uma característica fortemente influenciada por fatores genéticos e por condições fisiológicas da planta, sendo geralmente menos sensível à adubação mineral. Por isso, a uniformidade encontrada entre os tratamentos está em conformidade com estudos que relatam baixa correlação entre fertilização e modificação significativa no teor de amido (Cardoso et al., 2019).

É importante considerar também que ensaios em campo envolvendo mandioca com frequência apresentam elevado coeficiente de variação (CV), devido à variabilidade intrínseca entre plantas oriundas de manivas, variações microambientais e diferenças no vigor inicial das mudas. No presente estudo, observou-se variação dentro dos blocos que superou as diferenças entre tratamentos — cenário que contribuiu para a ausência de significância estatística. Esse comportamento é amplamente relatado em experimentação agrícola com mandioca e exige cautela na interpretação de resultados quando as diferenças esperadas são pequenas.

4 CONCLUSÃO

Para as doses avaliadas — de 0 a 411 kg ha⁻¹ de NPK — não promoveram ganhos significativos de produtividade, reforçando que o manejo nutricional da mandioca deve ser realizado com base em análises de solo e de acordo com a real necessidade da área, evitando gastos desnecessários com fertilizantes que não resultem em retorno econômico.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, A. A. C. *Fisiologia da mandioca*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017.

CARDOSO, A. D.; VIEIRA, E. A.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, M. S.; MOURA, M. S. B. *Mandioca: do plantio à colheita*. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. *Advances in Agronomy*, v. 128, p. 221–275, 2014.

HOWELER, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. (Eds.). *Cassava: biology, production and utilization*. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p. 115–147.

KÖEPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. p. 145–378.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. *Fertilidade do solo e produtividade agrícola*. São Paulo: ANDA, 2016.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 2006.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471–550.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAKAHASHI, M. *Cultivo da mandioca*. Curitiba: SENAR-AR/PR, 2023. Livro eletrônico.