



Índice SPAD e teor de nitrogênio em folhas de mandioca submetidas a diferentes doses de potássio ⁽¹⁾.

Raiovane Araújo Montenegro (2); Sandra Cátia Pereira Uchôa (3); Samuel da Silva (4); José Maria Arcanjo Alves (5); Deyse Cristina Oliveira da Silva (6); Glauber Ferreira Barreto (7).

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Pró-pesquisa/UFRR e programa Amazônia 2020 do banco Santander ⁽²⁾ Estudante de graduação; Universidade Federal de Roraima (UFRR); Boa Vista (BV), Roraima (RR); raiovane@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Associado; UFRR; BV, RR; sandra.uchoa@ufr.br; ⁽⁴⁾ Eng. Agrônomo; UFRR; BV, RR; samuel.agr@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Professor Associado; UFRR; Boa Vista, Roraima; arcanjoalves@oi.com.br; ⁽⁶⁾ Doutoranda; POSAGRO, UFRR; BV, RR; deyse_cris@hotmail.com; ⁽⁷⁾ Estudante de graduação; UFRR; BV, RR; glauberfbarreto@gmail.com.

RESUMO: A maior disponibilidade de potássio no solo favorece a absorção de nitrogênio por plantas de mandioca e conseqüentemente o aumento da sua produtividade, com base nesse pressuposto objetivou-se com esse trabalho modelar a absorção de nitrogênio (N) na mandioca submetida a doses de potássio (K). O experimento foi desenvolvido em condições de campo em um delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco doses de potássio (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O). O fornecimento de K no solo interfere na absorção de N, sendo o comportamento descrito por modelo quadrático; O teor foliar de N correlacionou-se positivamente com o teor de clorofila, sendo possível avaliar o nível nutricional por meio da leitura do clorofilômetro.

Termos de indexação: clorofila, relação potássio nitrogênio, *Manihot esculenta*.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertencente à família botânica Euphorbiaceae, é uma planta de porte semi-arbustivo, tem propagação agâmica, multiplicando-se por meio de segmentos da haste, ramas ou manivas (estacas) (Rodrigues et al., 2008). Em Roraima, a mandioca é uma das culturas mais tradicionais, cultivada em aproximadamente 6.200 ha, predominantemente por pequenos produtores (Alves et al., 2009).

A mandioca mobiliza e extrai grande quantidade de N e K do solo, mas recicla substancial quantidade de N pela deposição de folhas na liteira (Adjei-Nsiah, 2010). O Potássio (K⁺) é extraído em maior quantidade pela mandioca (Otsubo & Lorenzi, 2004) e sua disponibilidade afeta a produtividade da cultura e das plantas a serem originadas de suas ramas (Takahashi & Bicudo, 2005).

Segundo Simili et al. (2008), entre os macronutrientes, o nitrogênio e o potássio possuem papel fundamental para a nutrição das plantas; o

nitrogênio, por ser constituinte essencial das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético pela sua participação na composição da molécula de clorofila, e o potássio, por ser o cátion em maior concentração nas plantas, sendo uma nutriente com relevantes funções fisiológicas e metabólicas atuando, inclusive, na própria absorção de nitrogênio e conseqüente síntese protéica.

A hipótese desse trabalho é que a maior disponibilidade de K favorece a maior absorção de N contribui para a atividade da redutase do nitrato e aumenta o teor de clorofila das plantas. Objetivou-se com esse trabalho modelar a absorção de N na mandioca submetida a doses de potássio, e correlacionar à determinação do teor de N nas folhas com os teores de clorofila total.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo entre outubro de 2012 a janeiro de 2013, na área experimental do Campus do Cauamé do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Roraima – CCA/UFRR, no município de Boa Vista, Roraima – Brasil (Latitude de 2° 52' 20,7" N, Longitude 60° 42' 44,2" W, altitude média de 90 m).

A precipitação média anual é de 1.678 mm, umidade relativa do ar de 70% e a temperatura diária entre 20 a 38 °C, sendo a média anual de 27,4 °C. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (abril-setembro) e outra seca (outubro-março) (Araújo et al., 2001).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo distrocoeso típico (PAdx). A caracterização química e física da área na camada de 0-20 cm de profundidade apresentou: pH (H₂O) - 5,43; P disponível - 2,15 mg dm⁻³; K disponível - 11,5 mg dm⁻³; Ca²⁺ - 1,09 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ - 0,25 cmolc dm⁻³; Al³⁺ - 0,19 cmolc dm⁻³; H + Al - 2,5 cmolc dm⁻³; SB - 1,38 cmolc dm⁻³; T - 3,88 cmolc



dm⁻³; V - 35,2% ; Matéria orgânica - 7,3 g kg⁻¹ ; Areia grossa - 405 g kg⁻¹; Areia fina - 290 g kg⁻¹; Silte - 40 g kg⁻¹; Argila - 265 g kg⁻¹; Classe textural Franco- Argilo- Arenosa.

O preparo do solo consistiu na realização da calagem a lanço (400 kg ha⁻¹), seguida da dessecação da vegetação com glifosato. Após 30 dias foi realizada a abertura das covas as quais foram adubadas com 400 kg ha⁻¹ de calcário, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 1/3 da recomendação de N, 50 kg ha⁻¹ de N (uréia), e 1/3 da recomendação de K (cloreto de potássio), conforme as doses estabelecidas para cada tratamento. O restante da recomendação de K e N foi aplicado em cobertura aos 30 e 60 dias após o plantio (DAP). As recomendações de corretivos e adubação foram realizadas com base na análise do solo e recomendação geral da Embrapa Roraima.

Utilizou-se a cultivar de mandioca Aciolina, pertencente ao Banco de Germoplasma de Mandioca do Departamento de Fitotecnia do CCA/UFRR, sendo a mais cultivada no Estado de Roraima.

O plantio foi realizado em fileiras simples, obedecendo ao espaçamento de 0,8 x 0,8 m, totalizando 15.625 plantas por hectare. Foram utilizadas manivas pré-germinadas (estacas), medindo 20 cm, colocadas na posição horizontal em covas abertas manualmente, por meio de enxada, numa profundidade de 10 cm, aproximadamente. Durante a condução do experimento foram realizadas capinas manuais para o controle das plantas daninhas, levando-se em consideração o período crítico de competição à interferência (30 a 75 dias após o plantio - DAP) (Albuquerque et al., 2008).

Tratamentos e amostragens

O experimento obedeceu ao delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de cinco doses de potássio (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O). A parcela experimental foi constituída por 9 fileiras simples de mandioca com 6,4 m de comprimento contendo 11 plantas (perfazendo um total de 99 plantas por parcela), em que 4,8 m centrais corresponderam à área útil (23,04 m²).

Aos 120 DAP foram coletadas a quarta e quinta folhas a partir do ápice de cinco plantas, totalizando dez folhas por parcela, formando uma amostra composta e levada à estufa de ventilação forçada de ar a 60 °C, por 72 horas. O material vegetal seco foi moído em moinho tipo Wiley e armazenados em

sacos plásticos de polietileno.

O teor de N total foi determinado pelo método de Kjeldahl (Malavolta et al., 1997), após mineralização por digestão sulfúrica segundo metodologia adaptada da Embrapa.

O teor de clorofila a e b total foram determinados em duas folhas fisiologicamente maduras (quarta e quinta folhas a partir do ápice da planta), com clorofilômetro portátil marca Minolta, modelo SPAD-502, em cinco plantas por parcela. Pelo somatório dos teores de clorofila a e b obteve-se o teor de clorofila total. Os resultados obtidos estão apresentados em unidades SPAD.

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Procedeu-se a análise de regressão para os efeitos significativos pelo programa SISVAR (Ferreira, 2003). Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Correlações entre os Teores Foliares de Nitrogênio (TFN), Clorofila a (Cl a), Clorofila b (Cl b) e Clorofila total (Cl T), em plantas de mandioca cv. Aciolina, obtidas com as médias dos tratamentos. Boa Vista-RR.

Caracteres	TFN	Cl a	Cl b	Cl T
TFN	1	0,57***	0,67***	0,67***
Cl a		1	0,50***	0,96***
Cl b			1	0,72***
Cl T				1

***. Significativo a 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de nitrogênio total na folha de mandioca cv. Aciolina em função de doses de K foi melhor modelada por uma função quadrática. Nota-se acréscimo nos teores foliares de N em decorrência da disponibilidade do K, sendo a doses de 155 kg ha⁻¹ que determinou a máxima resposta em absorção de N (54,68 g kg⁻¹) (**Figura 1**).

Os resultados da **figura 1** demonstram a interação do K com o N. Apesar do potássio não participar de compostos estruturais nas plantas, esse nutriente desempenha importante papel em



vários processos bioquímicos e fisiológicos dos vegetais. O potássio também pode influenciar a utilização de nitrogênio pelas culturas: segundo Xu et al. (1992), o crescimento de plântulas de milho com NH_4^+ foi mais vigoroso quando houve suplementação com potássio.

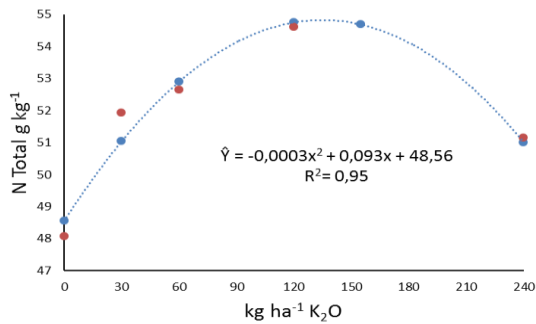


Figura 1. Teor foliar de N em função de doses de K em plantas de mandioca cv. Aciolina, Boa Vista-RR.

O maior teor de N encontrado não foi incrementado pela maior dose da adubação potássica (240 kg ha^{-1}). A aplicação de altas doses de fertilizante potássico pode provocar desequilíbrio nutricional nas plantas, evidenciando o efeito antagônico do K em relação à absorção, visto que os nutrientes catiônicos competem fortemente pelos mesmos sítios de absorção (Malavolta et al., 1997; Mascarenhas et al 2000). A competição entre nutrientes por sítios de troca da membrana plasmática das células radiculares acontece particularmente entre íons com propriedades físico-químicas semelhantes, como o NH_4^+ que, em algumas situações, inibe a absorção de K (Marschner, 1995).

Com relação à clorofila total, medida pelo índice SPAD, o modelo quadrático apresentou as melhores respostas em função da adubação potássica (Figura 2). Nas doses 0 e 240 kg ha^{-1} os valores de clorofila total foram muito próximos (40,97 e 39,39 unidades SPAD, respectivamente), nos demais tratamentos observou-se valores acima destes, sendo que a dose $108,6 \text{ kg ha}^{-1}$ proporcionou o maior valor de clorofila total, com 44,39 unidades SPAD. Os valores variaram de 40 a 50 unidades SPAD entre as variedades estudadas, semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Segundo Argenta et al. (2001), comparando a relação entre a leitura do clorofilômetro e os teores de clorofila extraível nas folhas de milho, verificaram que as leituras realizadas com o clorofilômetro estimavam o grau de esverdeamento do estádio do híbrido estudado. Para esses autores o uso do clorofilômetro apresenta vantagens como maior

rapidez, menor custo e por não implicar na destruição das folhas, em relação ao teor de clorofila extraível.

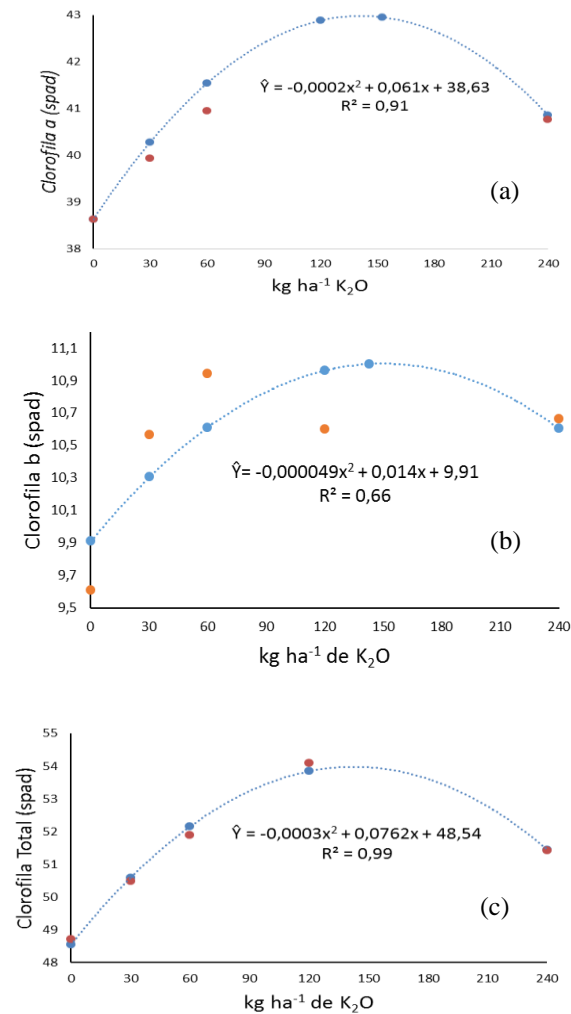


Figura 2. Teor de clorofila a (a), b (b) e total (c) em função de doses de K em plantas de mandioca cv. Aciolina, Boa Vista-RR.

O teor de clorofila a em função do teor de K_2O (Figura 2a) foi descrito por modelo quadrático. O nível máximo de Cl a foi de 42,96 unidades SPAD para a dose de máxima eficiência ($152,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O). O comportamento da Cl a em função das doses de adubação potássica foi similar ao comportamento dos teores médios de N encontrados nas folhas (Figura 1). Isto indica que à medida que os teores foliares de nitrogênio aumentam ou diminuem, os teores de clorofila a adotam comportamento semelhante evidenciando correlação entre as duas variáveis.



A clorofila b apresentou menor proporção em relação a clorofila total, sendo o máximo, 11,0 unidades SPAD observado na dose de 142,9 kg ha⁻¹ de K₂O (**Figura 2b**). Enquanto que a clorofila total apresentou curva quadrática e magnitude de SPAD similar ao comparar com os valores de nitrogênio. Conforme Viana & Kiehl (2010), as leituras SPAD estimam o acúmulo de nitrogênio nas folhas de trigo, além de se correlacionar com a produção de massa seca de parte aérea e espigas, com isso o clorofilômetro SPAD pode ser utilizado com segurança no acompanhamento da utilização do nitrogênio pelas plantas de trigo.

O estudo de correlação entre o teor de N total e as formas de clorofila indicou que os teores foliares de N na planta apresentaram correlações positivas com os teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total, sendo mais fortemente correlacionada com Cl b e Cl T.

CONCLUSÕES

A disponibilidade de K no solo afeta a absorção de N, sendo o comportamento descrito por modelo quadrático;

O teor de N foliar teve correlação positiva com o teor de clorofila, tornando possível a avaliação do estado nutricional da planta por meio da leitura do clorofilômetro.

REFERÊNCIAS

- ADJEI-NSIAH, S. Yield and nitrogen accumulation in five cassava varieties and their subsequent effects on soil chemical properties in the forest/savanna transitional agroecological zone of Ghana. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, Victoria Island, v. 1 n.1, p. 15-20, 2010.
- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; et al. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). *Planta Daninha*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.
- ALVES, J.M.A.; ARAÚJO, N.P. de; UCHÔA, S.C.P.; et al. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. *Revista Agro@ambiente On-line*, v.3, p.15- 30, 2009.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; et al. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; et al. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v. 13, n. 2, p.158-167, 2001.
- FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos Versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press. 889p.
- MASCARENHAS HAA; TANAKA RT; CARMELLO QAC; et al. 2000. Calcário e potássio para a cultura da soja. *Scientia Agricola* 57: 445-449.
- OTSUBO, A. A & LORENZI, J. O. Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. *Sistemas de Produção* 6. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 116 p, 2004.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do Solo e manejo dos nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2011. 20 p.
- RODRIGUES, A. R.; ALVES J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; et al. Avaliação da capacidade de enraizamento, em água, de brotações, ponteiros e estacas herbáceas de clones de mandioca de mesa. *Revista Agro@ambiente On-line*, Boa Vista, v. 2, n. 1, p. 37-45, 2008.
- SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; et al. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 474-480, mar./abr., 2008.
- TAKAHASHI, M. & BICUDO, S.J. Efeito da fertilização com nitrogênio, fósforo e potássio na produção e na qualidade nutricional do material de propagação da mandioca. *CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA*, 11, 2005. Campo Grande. Anais. Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005. 1 CD-Rom.
- VIANA, E. M.; KIEHL, J. C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 4, p. 975-982, 2010.
- XU, Y.C. & ZHAO, B.L. The main origin of endogenous NO in higher non-leguminous plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.41, p.833-838, 200