

Rendimento de forragem e morfogênese de *Trachypogon plumosus* sob níveis de potássio

[Newton de Lucena Costa](#)^{1*}, [Anibal de Moraes](#)², [Paulo César de Faccio Carvalho](#)³, [João Avelar Magalhães](#)⁴

¹Eng. Agr., D.Sc., Embrapa Roraima, Boa Vista, RR.

²Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR, Curitiba, PR

³Professor Adjunto, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, Porto Alegre, RS

⁴Med. Veterinário, D.Sc., Embrapa Meio Norte, Parnaíba, PI

* Autor para correspondência, E-mail: newton.lucena-costa@embrapa.br

RESUMO. O efeito de níveis de potássio (0, 30, 60, 90 e 120 kg de K₂O ha⁻¹) sobre a produção de forragem e características morfogênicas e estruturais de *Trachypogon plumosus* foi avaliado em condições de campo. A adubação potássica afetou positiva e significativamente a produção de matéria seca verde (MSV), teores de K, número de perfilhos (NP), número de folhas perfilho⁻¹ (NFP), tamanho médio de folhas (TMF), índice de área foliar (IAF) e taxas de aparecimento (TAF), expansão das folhas (TEF). Os máximos rendimentos de MSV, TAF, TEF, NP, NFP, IAF e TMF foram obtidos com a aplicação de 97,1; 116,0; 94,8; 105,1; 106,5; 97,4 e 88,2 kg de K₂O ha⁻¹, respectivamente. O nível crítico interno de K, relacionado com 80% da produção máxima de MSV, foi estimado em 17,91 g kg⁻¹. A eficiência de utilização de K foi inversamente proporcional às doses de K aplicadas, ocorrendo o oposto quanto à taxa de senescência foliar.

Palavras chave: folhas, matéria seca, perfilhamento, senescência

Forage yield and morphogenesis of *Trachypogon plumosus* under potassium levels

Abstract. The effects of potassium levels (0, 30, 60, 90 and 120 kg of K₂O ha⁻¹) on green dry matter (GDM) yield and morphogenetic and structural characteristics of *Trachypogon plumosus* were evaluated under field conditions. Potassium fertilization increased significantly GDM yields, K concentrations, number of tillers (NT), number of leaves plant⁻¹ (NLP), medium blade length (MBL), leaf area index (LAI), leaf appearance (LAR) and elongation rates (LER). Maximum GDM yields, LAR, LER, NT, NLP, LAI and MBL were obtained with the application of 97.1; 116.0; 94.8; 105.1; 106.5; 97.4 and 88.2 kg of K₂O ha⁻¹, respectively. The K critic level, related to 80% of GDM maximum production, was estimated at 17.91 g kg⁻¹. The K efficiency utilization was inversely proportional to the K rates applied, while the opposite occurring to the leaf senescence rate.

Keywords: dry matter, leaves, tillering, senescence

Introdução

Em Roraima, os solos sob vegetação de cerrados são caracterizados por baixa fertilidade natural e elevada acidez, o que limita a produtividade e persistência das pastagens, implicando em fraco desempenho zootécnico dos rebanhos. Ensaios exploratórios de fertilidade do solo realizados na Amazônia constataram a baixa disponibilidade de potássio (K), após a do fósforo, um dos fatores mais limitante ao

crescimento das pastagens nativas e cultivadas, reduzindo significativamente os rendimentos e a qualidade de sua forragem ([Barger et al., 2002](#), [Costa, 2004](#), [Costa et al., 2009](#)). O K tem ação fundamental no metabolismo vegetal, notadamente no processo de fotossíntese, atuando nas reações de transformação da energia luminosa em química, além de participar na síntese de proteínas; neutralização de ácidos orgânicos e na regulação da pressão osmótica e do pH dentro da planta; uso mais eficiente da

água, através do melhor controle na abertura e fechamento dos estômatos ([Lemaire et al., 2011](#)). Considerando-se o preço dos fertilizantes e sua importância na composição dos custos de produção dos sistemas pecuários, torna-se necessário assegurar sua máxima eficiência, pela determinação das doses mais adequadas para o estabelecimento e manutenção das pastagens. [Nabinger & Carvalho \(2009\)](#) recomendam a aplicação de níveis moderados de fertilizantes em pastagens nativas, de modo a favorecer a manutenção e produtividade das espécies de maior interesse forrageiro, evitando o aparecimento e proliferação de espécies oportunistas, beneficiadas momentaneamente pela melhoria do ambiente de produção e que não apresentam, no longo prazo, adaptação às condições edafoclimáticas do ecossistema pastoril.

Nas áreas planas e não inundáveis dos cerrados, predomina *Trachypogon plumosus* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Nees, gramínea perene, que apresenta hábito de crescimento cespitoso, plantas com 40 a 80 cm de altura e folhas densamente pilosas. As informações sobre o potencial produtivo da gramínea e sua resposta à melhoria das condições ambientais, são escassas, notadamente quanto à correção da fertilidade do solo, visando a proposição de práticas de manejo sustentáveis ([Sarmiento et al., 2006](#), [Costa et al., 2012](#)).

A morfogênese da gramínea é caracterizada por três fatores: a taxa de aparecimento, a taxa de expansão e a longevidade das folhas. A taxa de aparecimento e a longevidade das folhas condicionam o número de folhas vivas perfilho⁻¹ e são determinadas geneticamente e afetadas pelos fatores ambientais e as práticas de manejo adotadas ([Nabinger & Carvalho, 2009](#)). O número de folhas vivas por perfilho, constante para cada espécie, constitui critério objetivo na definição dos sistemas de pastejo a serem impostos no manejo das forrageiras. Desta forma, estudos de dinâmica do crescimento de folhas e perfilhos de gramíneas forrageiras perenes são importantes para a definição de estratégias de manejo específicas para cada gramínea forrageira ([Costa et al., 2012](#)).

Neste trabalho foram avaliados os efeitos da adubação potássica sobre a produção de forragem e características morfogênicas e estruturais de *Trachypogon plumosus*, nos cerrados de Roraima.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Roraima, localizado em Boa Vista, durante o período de maio de 2013 a setembro de 2014. O solo da área experimental é um Latossolo Amarelo, textura média, com as seguintes características químicas, na profundidade de 0-20 cm: $pH_{H_2O} = 4,7$; $P = 1,8$ mg/kg; $Ca + Mg = 0,98$ $cmol_c \cdot dm^{-3}$; $K = 0,03$ $cmol_c \cdot dm^{-3}$; $Al = 0,58$ $cmol_c \cdot dm^{-3}$; $H+Al = 2,64$ $cmol_c \cdot dm^{-3}$. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de potássio (0, 30, 60, 90 e 120 kg de K_2O ha⁻¹), aplicados sob a forma de cloreto de potássio. O tamanho das parcelas foi de 2,0 x 2,0 m, sendo a área útil de 1,0 m². A aplicação do potássio foi parcelada em duas vezes, sendo metade quando da roçada da pastagem, ao início do experimento, e metade decorridos 45 dias. Durante o período experimental foram realizados oito cortes a intervalos de 45 dias.

Os parâmetros avaliados foram rendimento de matéria seca verde (MSV), eficiência de utilização de potássio, número de perfilhos m⁻² (NP), número de folhas perfilho⁻¹ (NFP), taxa de aparecimento de folhas (TAF), taxa de expansão foliar (TEF), taxa de senescência foliar (TSF), tamanho médio de folhas (TMF) e índice de área foliar (IAF). A TAC, a TEF e a TAF foram calculadas dividindo-se o rendimento e MS, o comprimento acumulado de folhas e o número total de folhas no perfilho, respectivamente, pelo período de rebrota. O TMF foi determinado pela divisão do alongamento foliar total do perfilho pelo número de folhas. Para o cálculo da área foliar foram coletadas amostras de folhas verdes completamente expandidas, procurando-se obter uma área entre 200 e 300 cm². As amostras foram digitalizadas e a área foliar estimada com o auxílio de planímetro ótico eletrônico (Li-Cor 3100C). Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com ar forçado a 65°C até atingirem peso constante, obtendo-se a MS foliar. A área foliar específica (AFE) foi determinada através da relação entre a área de folhas verdes e a sua MS (m²/g MS foliar). O índice de área foliar (IAF) foi determinado a partir do produto entre a MS total das folhas verdes (g de MS/m²) pela AFE (m²/g de MS foliar). A TSF foi obtida dividindo-se o comprimento da folha que se apresentava de coloração amarelada ou necrosada pela idade de rebrota.

O nível crítico interno (NCI) de K foi determinado ajustando-se a equação de regressão para rendimento de MSV (variável dependente) e níveis de K (variável independente) (Equação 1) e para teores de K como variável dependente dos níveis de K aplicados (Equação 2). Através da equação 1 calculou-se a dose de K aplicada relativa a 80% do rendimento máximo de MSV, sendo este valor substituído na equação 2.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão considerando o nível de significância de 5% de probabilidade. Para se estimar a resposta dos parâmetros avaliados aos níveis de potássio, a escolha dos modelos de regressão baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste “t”, de Student, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os rendimentos de MSV foram afetados ($P < 0,05$) pela adubação potássica, sendo a relação quadrática e o máximo valor estimado com a aplicação de 97,1 kg de K_2O ha^{-1} (Tabela 1). A eficiência de utilização do K foi inversamente proporcional às doses utilizadas; contudo a gramínea apresentou maior resposta que a reportada por Costa et al. (2015) para pastagens de *Axonopus aureus* (27,9; 15,7 e 8,6 kg de MS/kg de K_2O ha^{-1} , respectivamente para doses de 50, 100 e 200 kg de K_2O ha^{-1}). Costa (2004), avaliando os efeitos da adubação potássica (0, 60, 120 e 180 kg de K_2O ha^{-1}), em

Axonopus scoparius constatou máxima produção de forragem com a aplicação de 179,8 kg de K_2O ha^{-1} , contudo, as maiores taxas de eficiência de utilização do potássio foram constatadas sob níveis entre 60 e 80 kg de K_2O ha^{-1} . Na Venezuela, Tejos (1984) reportou acréscimos de 56,4% (9.263 kg de MS ha^{-1}) e 64,4% (9.739 kg de MS ha^{-1}) na disponibilidade de forragem de gramíneas nativas com a aplicação de 50 e 100 kg de K_2O ha^{-1} , comparativamente ao tratamento controle (5.922 kg de MS ha^{-1}). Os rendimentos de MSV registrados foram superiores aos relatados por Costa et al. (2012) para pastagens de *T. plumosus*, não fertilizadas e submetidas a diferentes frequências de desfolhação (751, 837 e 1.135 kg de MSV ha^{-1} , respectivamente para cortes a cada 21, 35 e 42 dias).

Os teores de K foram ajustados ao modelo quadrático de regressão e o máximo valor obtido com a aplicação de 63,92 kg de K_2O ha^{-1} (18,86 g kg^{-1}). O NCI de K, relacionado com 80% da produção máxima de MSV, foi estimado em 17,91 g kg^{-1} e obtido com a aplicação de 27,2 kg de K_2O ha^{-1} , sendo inferior aos reportados por Costa (2004) para *Paspalum atratum* cv. Pojuca (18,5 g kg^{-1}) e Costa et al. (2015) para *A. aureus* (19,7 g kg^{-1}), evidenciando elevada eficiência de utilização de K pela gramínea para produção de forragem, pois o NCI representa a concentração do nutriente abaixo da qual o rendimento é reduzido e acima não apresenta retorno econômico (Nabinger & Carvalho, 2009).

Tabela 1. Rendimento de matéria seca verde (MSV - $kg\ ha^{-1}$), eficiência de utilização do potássio (EUK - kg de MSV/ kg de K_2O ha^{-1}), teor de potássio ($g\ kg^{-1}$), número de perfilhos m^{-2} (NP), número de folhas perfilho $^{-1}$ (NFP), tamanho médio de folhas (TMF - cm), índice de área foliar (IAF), taxa de aparecimento de folhas (TAF - folhas perfilho $^{-1}\ dia^{-1}$), taxa de expansão foliar (TEF - cm perfilho $^{-1}\ dia^{-1}$) e taxa de senescência foliar (TSF - cm perfilho $^{-1}\ dia^{-1}$) de *Trachypogon plumosus*, em função da adubação potássica. Médias de oito cortes.

Variáveis	Doses de K_2O ha^{-1}					Equação de Regressão
	0	30	60	90	120	
MSV	1.987	2.399	2.622	2.771	2.707	$Y = 1.988 + 15,811 X - 0,0814 X^2$ ($R^2 = 0,98$)
EUK	---	79,97	43,70	30,79	22,56	$Y = 90,54 - 0,6171 X$ ($r^2 = 0,89$)
Teor de K	15,87	18,29	19,33	17,51	16,88	$Y = 16,05 + 0,0895 X - 0,00071 X^2$ ($R^2 = 0,84$)
NP	641	784	856	872	901	$Y = 648,63 + 4,7314 X - 0,0225 X^2$ ($R^2 = 0,96$)
NFP	3,92	4,21	4,79	5,04	4,88	$Y = 3,84 + 0,0209 X - 0,000098 X^2$ ($R^2 = 0,94$)
IAF	1,08	1,52	1,78	1,95	1,87	$Y = 1,07 + 0,011746 X - 0,000091 X^2$ ($R^2 = 0,98$)
TMF	15,21	17,08	19,33	19,87	18,77	$Y = 14,97 + 0,1059 X - 0,00061 X^2$ ($R^2 = 0,95$)
TAF	0,087	0,094	0,106	0,112	0,108	$Y = 0,085 + 0,000464 X - 0,000002 X^2$ ($R^2 = 0,94$)
TEF	1,32	1,59	2,06	2,22	2,01	$Y = 1,264 + 0,018425 X - 0,000097 X^2$ ($R^2 = 0,92$)
TSF	0,085	0,117	0,135	0,142	0,149	$Y = 0,095 + 0,00521 X$ ($r^2 = 0,87$)

Para o NP, NFP, IAF e TMF as relações foram ajustadas ao modelo quadrático de regressão e os máximos valores obtidos com a

aplicação de 105,1; 106,5; 97,4 e 88,2 kg de K_2O ha^{-1} , respectivamente (Tabela 1). As correlações entre o rendimento de MSV e o NPP ($r = 0,9412$;

$P=0,0021$) e o NFP ($r = 0,9137$; $P=0,0027$) foram positivas e significativas, as quais explicaram em 88,6 e 83,5%, respectivamente, os incrementos verificados nos rendimentos de forragem da gramínea, em função da adubação potássica. Os valores registrados, neste trabalho, para o NP, NFP, TMF e IAF foram superiores aos reportados por [Costa et al. \(2012\)](#) para *T. plumosus*, que estimaram 488 perfilhos m^{-2} ; 4,15 folhas perfilho $^{-1}$; 16,71 cm folha $^{-1}$ e IAF de 1,49. O perfilhamento da gramínea depende da velocidade de emissão de folhas, as quais produzem gemas aptas a originar novos perfilhos, dependendo das condições ambientais e práticas de manejo adotadas ([Lemaire et al., 2011](#)). Em relvados densos e com elevada disponibilidade de forragem, o ambiente luminoso interfere na competição entre plantas, por meio da quantidade e qualidade de luz incidente e da relação vermelho/vermelho extremo. Quando a luz penetra no dossel, atenua-se a luz vermelha e a que alcança os estratos inferiores da planta torna-se predominantemente vermelho extremo, caracterizada como fotossinteticamente ineficiente, promovendo redução na produção de perfilhos, notadamente os de ordem mais elevada ([Ballaré et al., 1987](#)). Como o IAF representa a síntese das características morfológicas e estruturais da gramínea, ele reflete o balanço dos processos que determinam a oferta (fotossíntese) e a demanda (respiração, acúmulo de reservas, síntese e senescência de tecidos) de foto assimilado que estabelecem o ritmo de crescimento da pastagem ([Nabinger & Carvalho, 2009](#)).

Os efeitos da adubação potássica sobre a TAF e TEF foram ajustados ao modelo quadrático de regressão e os máximos valores obtidos com a aplicação de 116,0 e 94,8 kg de K_2O ha^{-1} ([Tabela 1](#)). A TAF e a TEF apresentam uma correlação negativa, indicando que quanto maior a TAF, menor será o tempo disponível para o alongamento das folhas ([Costa et al., 2012](#)).

Neste trabalho, a correlação entre estas duas variáveis foi positiva e significativa ($r = 0,9417$; $P = 0,0038$), possivelmente como consequência da maior fertilidade do solo, a qual contribuiu positivamente para a maximização das características morfológicas da gramínea. [Lemaire et al. \(2011\)](#) observaram uma correlação positiva entre a TEF e a quantidade de folhas verdes remanescentes no perfilho após a desfolhação, sendo o tamanho do perfilho o responsável pela longa duração da TEF. Neste

trabalho, a correlação foi positiva e significativa ($r = 0,9578$; $P=0,0019$), evidenciando a sincronia entre as variáveis. A TEF, em decorrência de sua alta correlação com a produção de MS, tem sido utilizada como critério para a seleção de gramíneas em trabalhos de melhoramento genético ([Nabinger & Carvalho, 2009](#)), enquanto que a TAF é a característica morfológica de maior destaque, uma vez que afeta diretamente as três características estruturais do relvado: tamanho da folha, densidade de perfilhos e número de folhas perfilho $^{-1}$ ([Santos et al., 2012](#)).

As TSF foram diretamente proporcionais às doses de potássio, refletindo a aceleração do processo de renovação de tecidos como consequência da maior produtividade de forragem ([Tabela 1](#)). Os valores registrados foram inferiores aos reportados por [Costa et al. \(2012\)](#) para *T. plumosus* que estimaram TSF de 0,219 e 0,231 cm perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$, para plantas avaliadas aos 42 e 56 dias de rebrota, respectivamente. [Costa \(2004\)](#), avaliando genótipos de *Paspalum*, reportou maiores TSF com a aplicação de 60 (0,126 cm perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$) ou 120 kg de K_2O ha^{-1} (0,134 cm perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$), comparativamente a 30 kg de K_2O ha^{-1} (0,072 cm perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$). A senescência é um processo natural que caracteriza a última fase de desenvolvimento de uma folha, o qual é iniciado após a completa expansão das primeiras folhas, cuja intensidade se acentua progressivamente com o aumento da área foliar, a qual implica no sombreamento das folhas inseridas na porção inferior do colmo ([Lemaire et al., 2011](#)). A senescência apesar do efeito negativo sobre a qualidade da forragem representa importante processo fisiológico no fluxo de tecidos da gramínea, pois em torno de 35; 68; 86 e 42% do nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, respectivamente, podem ser reciclados das folhas senescentes e utilizados para a produção de novos tecidos foliares ([Sarmiento et al., 2006](#), [Costa et al., 2013](#)).

Conclusões

A adubação potássica afeta positivamente o rendimento de forragem e as características morfológicas e estruturais da gramínea. A eficiência de utilização de potássio é inversamente proporcional às doses aplicadas. Os processos de renovação e senescência foliar da gramínea são acelerados com o aumento das doses de potássio.

Referências Bibliográficas

- Ballaré, C. L., Sánchez, R. A., Scopel, A. L., Casal, J. J. & Ghera, C. (1987). Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. *Plant, Cell & Environment*, 10, 551-557.
- Barger, N. N., D'Antonio, C. M., Ghneim, T., Brink, K. & Cuevas, E. (2002). Nutrient limitation to primary productivity in a secondary savanna in Venezuela. *Biotropica*, 34, 493-501.
- Costa, N. L. (2004). *Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia. 215p.
- Costa, N. L., Gianluppi, V., Braga, R. M. & Bendahan, A. B. (2009). *Alternativas tecnológicas para a pecuária de Roraima*. Boa Vista: Embrapa Roraima. 35p. (Documentos 19).
- Costa, N. L., Magalhães, J. A., Rodrigues, B. H. N. & Fogaça, F. H. S. (2015). Acúmulo de forragem e morfogênese de *Axonopus aureus* sob níveis de potássio. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 25., 2015, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ABZ. 3p.
- Costa, N. L., Moraes, A., Gianluppi, V., Bendahan, A. B. & Magalhães, J. A. (2012). Acúmulo de forragem e características morfogênicas e estruturais de *Trachypogon plumosus*, durante o período seco, nos cerrados de Roraima. *Bioscience Journal*, 28, 515-526.
- Costa, N. L., Moraes, A., Monteiro, A. L. G., Motta, A. C. V., Oliveira, R. A. & Rodrigues, A. N. A. (2013). Forage productivity and morphogenesis of *Axonopus aureus* under different nitrogen fertilization rates. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42, 541-548.
- Lemaire, G., Hodgson, J. & Chabbi, A. (2011). *Grassland productivity and ecosystem services*. Cabi, Wallingford.
- Nabinger, C. & Carvalho, P. C. F. (2009). Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia*, 13, 18-27.
- Santos, M. R., Fonseca, D. M., Gomes, V. M., Silva, S. P., Silva, G. P. & Reis, M. (2012). Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária. *Ciência Animal Brasileira*, 13, 49-56.
- Sarmiento, G., Silva, M. P., Naranjo, M. E. & Pinillos, M. (2006). Nitrogen and phosphorus as limiting factors for growth and primary production in a flooded savanna in the Venezuelan Llanos. *Journal of Tropical Ecology*, 22, 203-212.
- Tejos, R. 1984. Efecto del fósforo, potasio y azufre sobre el pastizal nativo de una sabana. I. Producción. *Zootecnia Tropical*, 2, 74-89.

Recebido em Fevereiro 6, 2016

Aceito em Março 7, 2016

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited