

Produção de forragem e eficiência no uso do nitrogênio em Capim-corrente

Maikom Bruno Gonçalves¹, Ingrid Souza Silva², Alessandro José da Silva³, André Felipe Ferreira dos Santos⁴, Henrique Junio Soares Santos⁵, Mário Henrique França Mourthé⁶, Thiago Gomes dos Santos Braz^{7*}

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2022.38750>

Resumo

Objetivou-se testar o efeito de doses de nitrogênio (N) sobre a produção, composição morfológica, estrutura e eficiência no uso do N (EUN) em capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*). Foi utilizado delineamento em blocos ao acaso com seis repetições e seis tratamentos referentes às doses de 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mg/dm³ de N. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e o N foi aplicado por solução nutritiva. Houve efeito significativo do N sobre as variáveis de produção, composição morfológica e características estruturais, exceto para porcentagem de folhas. As doses de N estimularam linearmente a massa seca total (MST), que aumentou 224,11% com a aplicação de 125 mg/dm³. Também houve efeito positivo sobre o número de perfilhos, que aumentou 82,60%. O uso de 125 mg/dm³ de N aumentou o número de inflorescências em 712,29%. Houve aumento significativo da proporção de colmos e inflorescência nas plantas adubadas com N. O Kd, valor estimado que corresponde a dose de N necessária para a obtenção da metade da produção máxima teórica de MST (13.157,8 mg/vaso), correspondeu a 27,72 mg/dm³ de N. Para essa dose, a eficiência aproximada no uso do N foi de 40,5 mg de MST para cada mg de N. O N aumenta linearmente a produção de massa seca total e de folhas, mas o aumento está associado a maior proporção de colmos e inflorescências na forragem. O aumento da dose de N reduz a EUN, sendo recomendadas doses de 27,72 mg/dm³ e 23,03 mg/dm³ para se otimizar a produção de massa seca total e de folhas do capim-corrente, respectivamente.

Palavras-chave: Composição morfológica. Constante de Michaelis-Menten. Massa seca de forragem. Parâmetros cinéticos. *Urochloa mosambicensis*.

Forage production and nitrogen use efficiency in afrincan liverseed grass

Abstract

The objective was to teste the effect of nitrogen (N) doses in the forage production, plant-part composition and structure of African liverseed grass (*Urochloa mosambicensis*) and to estimate the plant nitrogen use efficiency (NUE). The experimental design was in randomized block with six nitrogen doses 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mg/dm³ and six replicates. The experiment was carried in greenhouse and the nutrients were applied in nutrient solution. There was N effect in all productive, morphological and structural characteristics studied in exception to leaves percentage.

¹Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-2306-7614>

²Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-7769-5849>

³Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-3132-1248>

⁴Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-4164-7698>

⁵Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-9950-4871>

⁶Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-3043-358X>

⁷Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-1840-7901>

*Autor para correspondência: thiagogsbz@gmail.com

The N stimulated linearly the forage dry mass production (DMP), with an increase of 224.11% using 125 mg/dm³. There was also a positive effect of N in the number of tillers, which increased 82.60%. The number of inflorescences increased 712.29% with the maximum N application. Kd, estimated value that corresponds to the dose of N necessary to obtain half of the theoretical maximum production of MST (13,157.8 mg/vase) was 27.72 mg/dm³ of N. For this concentration, the NUE was of 40.5 mg of DMP for each mg of N Applied. The N increases linearly the total and leaves dry mass production, but it is associated to higher proportion of stems and inflorescences in the forage. The use of high nitrogen doses reduces the NUE and it is recommended to use 27.72 mg/dm³ and 23.03 mg/dm³ of N to optimize the total and leaves mass of African liverseed grass, respectively.

Keywords: Forage dry mass. Kinetic parameters. Michaelis-Menten constant. Plant-part composition. *Urochloa mosambicensis*.

Introdução

A produção animal a pasto na região semiárida enfrenta uma série de dificuldades devido a fatores como a baixa precipitação, o período seco prolongado e a irregularidade na distribuição de chuvas. Estas condições acentuam a estacionalidade produtiva e contribuem para a diminuição da capacidade de suporte das pastagens (Éder-Silva et al., 2009). Somando a isso, o baixo número de opções de plantas adaptadas compromete a oferta de forragem e tornam pouco sustentável a criação de animais a pasto nessa região.

O capim-corrente [*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Dandy], também conhecido como capim-urocloa, é uma opção para alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro. A espécie tolera pastejo intenso, possui bom valor nutritivo, alta aceitabilidade pelos animais, apresenta baixa exigência em fertilidade do solo e é capaz de produzir forragem em regiões cuja precipitação mínima varia entre 300 e 800 mm/ano (Cook et al., 2020). Apesar do seu potencial, essa planta é pouco estudada e seu uso e comercialização estão associados à informalidade. Nesse sentido, estudos sobre as exigências nutricionais e as doses mais indicadas para adubações podem contribuir para a melhoria do rendimento, manejo e difusão dessa variedade.

O nitrogênio (N), por sua vez, é um nutriente importante para as plantas forrageiras, pois está diretamente associado a fatores como o alongamento de folhas, perfilhamento e acúmulo de biomassa (Martuscello et al., 2018). Esse nutriente é extraído do solo em grandes quantidades por plantas forrageiras de metabolismo C₄, como o capim-corrente, e proporciona aumentos significativos na produção e capacidade de suporte do pasto, sobretudo no período chuvoso. No entanto, o manejo do N é muito complexo devido à sua alta volatilidade, fácil dissipação e rápida mobilidade, o que na maioria das vezes compromete a disponibilidade do elemento no solo (Zheng et al., 2015).

Dessa forma, o manejo da adubação nitrogenada no cultivo do capim-corrente deve considerar os impactos da adubação na produção e eficiência do uso do nutriente pela planta para otimizar a resposta produtiva e melhorar a eficiência da planta, dada a sua inserção em

sistemas de produção com baixo nível tecnológico que estão associados à poucos ou nenhum uso de insumos (Braz; Martuscello; Silva, 2022).

Portanto, para melhorar a resposta do capim-corrente, torna-se importante conhecer os efeitos da adubação sobre a produção de biomassa e de componentes morfológicos da forragem e, assim, analisar a eficiência do uso desse nutriente pela planta. A definição da dose pode melhorar a produção de forragem e a capacidade de suporte das pastagens cultivadas no semiárido.

Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de nitrogênio sobre a produção de massa seca total e de folhas e aspectos morfológicos do capim-corrente, bem como determinar a eficiência no uso desse nutriente pela forrageira.

Material e Métodos

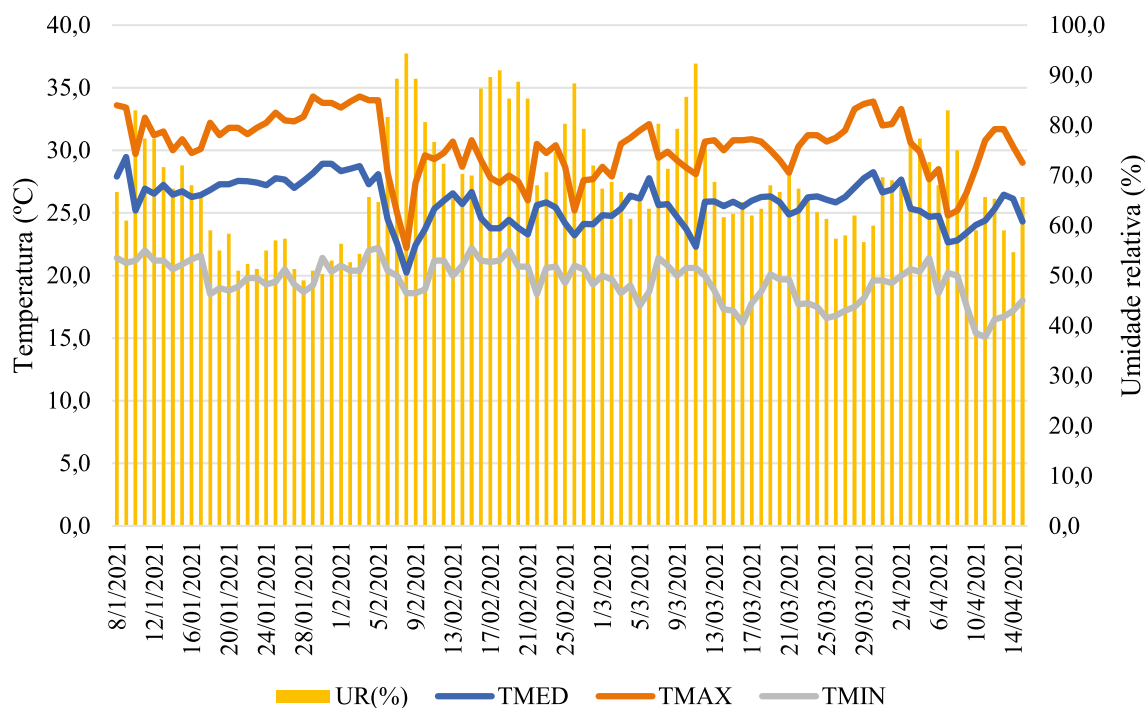
O experimento foi realizado em casa de vegetação no município de Montes Claros - MG, entre os meses de janeiro a abril de 2021. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical, megatérmico, com verão chuvoso e inverno seco. Os dados de temperatura e umidade foram registrados durante o período experimental, sendo que a temperatura média foi de 25,8 °C e a umidade relativa foi de 68,50% (Figura 1).

Foi utilizado delineamento em blocos ao acaso com seis repetições e seis tratamentos referentes às doses de 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mg/dm³ de N. Para a instalação, elaborou-se um substrato composto por oito partes de solo e três partes de areia para reduzir a proporção de argila e silte e elevar a proporção de areia, tornando a textura mais leve, conforme necessidade da espécie. Em seguida, o substrato foi caracterizado quanto a sua composição química e física, no qual foram encontrados os seguintes valores: pH (H₂O) 5,4; P Mehlich (mg/dm³) 2,77; P remanescente (mg/L) 29,46; K (mg/dm³) 48; Ca (cmol_c/dm³) 1,80; Mg (cmol_c/dm³) 0,67; Al (cmol_c/dm³) 0,42; H+Al (cmol_c/dm³) 1,96; SB (cmol_c/dm³) 2,59; t (cmol_c/dm³) 3,01; m (%) 14; T (cmol_c/dm³) 4,56; V (%) 56,90; M.O (dag/kg) 1,19; carbono orgânico (dag/

kg) 0,69; areia grossa (dag/kg) 45,30; areia fina (dag/kg) 2,70; silte (dag/kg) 8,00; e argila (dag/kg) 44,00. A recomendação para adubação fosfatada foi realizada considerando-se o nível mais alto de exigência em ferti-

lidade para forrageiras tropicais, que é de 240 kg/ha de P_2O_5 (Souza e Lobato, 2004), correspondendo a aplicação de 120 mg/dm³ de P_2O_5 , foi aplicado ainda o equivalente a 75 mg/dm³ de K_2O na forma de cloreto de potássio.

Figura 1 – Temperaturas máxima (TMAX), média (TMED) e mínima (TMIN) e umidade relativa do ar durante o período de condução do trabalho



As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com seis litros de substrato dotados de manta de drenagem para evitar perda de solo. Em seguida, os vasos foram colocados em capacidade de campo. A semeadura ocorreu diretamente nos vasos no dia 8 de janeiro de 2021. Após a germinação, procedeu-se o desbaste com o objetivo de manter quatro plântulas mais vigorosas em cada vaso. Depois do desbaste, foram realizados dois cortes de uniformização na altura de 10 cm acima do solo. O primeiro corte aconteceu no dia 5 de fevereiro, no qual também foi realizada a separação dos indivíduos em blocos mais vigorosos e menos vigorosos, seguido do transplante e substituição de mudas raquíticas por mudas de melhor qualidade. O segundo corte foi efetuado no dia 15 de fevereiro e teve como objetivo a uniformização do experimento para o início do período de avaliação.

A adubação fosfatada foi realizada com o superfosfato simples durante o preparo do substrato, e a aplicação do nitrogênio e do potássio ocorreu por meio de solução nutritiva. O nitrogênio foi aplicado em dose única de acordo com os tratamentos, nas concentrações de 0, 25, 50, 75, 100 e 125 mg/dm³ de substrato, utilizando-se ureia. Foram preparadas soluções nutritivas nas concentrações de 9 g/L de K_2O e 3 g/L de N, ambas aplicadas na superfície do substrato nas proporções descritas na Tabela 1. Durante a aplicação das soluções, foi acrescentada água destilada para padronizar o volume de solução aplicado. Portanto, a soma das soluções nutritivas com a quantidade de água atingiu volume total de 300 mL por vaso.

Tabela 1 – Volume aplicado de solução nutritiva a base de nitrogênio (N) e potássio (K) de acordo com os tratamentos

Solução	Tratamento					
	T0	T25	T50	T75	T100	T125
Solução de N (mL)	0	50	100	150	200	250
Solução de K (mL)	50	50	50	50	50	50
Água (mL)	250	200	150	100	50	0

Tratamentos: T0 = 0 mg/dm³ de N; T25 = 25 mg/dm³ de N; T50 = 50 mg/dm³ de N; T75 = 75 mg/dm³ de N; T100 = 100 mg/dm³ de N; T125 = 125 mg/dm³ de N.

Os vasos foram mantidos na capacidade de campo ao longo de todo período de avaliação por meio de pesagens realizadas duas vezes por semana para verificar a diferença do peso atual do vaso e o seu peso na capacidade de campo. Para determinação do peso na capacidade de campo, o solo do vaso foi saturado e passou por um período de repouso e drenagem de 24 horas.

O experimento foi avaliado por período de 60 dias, divididos em 2 cortes com intervalo de 30 dias cada. O primeiro corte de avaliação foi realizado no dia 17 de março de 2021, a 10 cm de altura do solo, e o segundo corte ocorreu no dia 17 de abril de 2021, no nível do solo. No dia anterior ao corte foram avaliados o número de perfilhos (NPERF) e o número de inflorescências por planta (NINFL) por meio da contagem desses componentes morfológicos. O material fresco foi colhido, acondicionado em sacos plásticos e direcionado para o laboratório. Em seguida, a forragem foi pesada e separada nos componentes morfológicos lâminas foliares, colmos + bainhas, material morto e inflorescências. Após isso, as amostras dos componentes morfológicos foram acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada a 65 °C durante 72 horas. Após pré-secagem em estufa, as amostras foram moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm e direcionadas para secagem definitiva em estufa a 105° C por 24 horas. No final desse procedimento foi possível estimar o peso seco de cada variável. A massa seca produzida no corte foi determinada pela soma dos valores de cada componente morfológico.

Para obter a massa seca total (MST), os dados do primeiro e segundo cortes foram somados. A massa seca de folhas também foi obtida pela soma da massa de folhas verdes obtida em cada corte. O peso médio dos perfilhos foi estimado dividindo-se a massa seca total de cada corte pelo número de perfilhos do vaso. Para definir as variáveis de composição morfológica, contagem de perfilhos e inflorescências, realizou-se a média das duas colheitas.

Na análise do experimento, foram consideradas as seguintes variáveis: massa seca total (MST g/vaso), número médio de perfilhos/planta (NPERF), número médio de inflorescências/planta (NINFL), massa seca de folhas (MSF g/vaso), porcentagem de lâminas foliares (%FOL), colmos + bainhas (%COL), material morto (%MOR), inflorescências (%INFL), relação folha:colmo (RFC) e peso médio dos perfilhos (PMPERF mg/perfilho).

Os resultados obtidos passaram pela análise de variância considerando-se 5% como nível crítico de significância. Em caso de efeito significativo de tratamento, os dados foram analisados por meio de regressão, em que a escolha do modelo se baseou na significância dos parâmetros, explicação biológica e coeficiente de determinação. Todas as análises foram realizadas por meio do pacote estatístico Genes, versão 1990.2019.89 (Cruz, 2016).

Os dados de massa seca total e massa seca de folhas também foram analisados conforme o princípio de Michaelis-Menten de cinética enzimática. Nesse modelo, o $V_{m\acute{a}x}$ (K_m) representa a velocidade máxima de reação nunca alcançada, mas para qual o sistema inclina-se quando o nível de nutriente tende a infinito. Neste estudo, o parâmetro K_m representou o máximo desempenho possível em termos de massa seca, esse ponto indica a saturação enzimática do sistema. Já o K_d , conhecido como constante de Michaelis-Menten, corresponde o nível de nitrogênio aplicado cuja resposta produtiva foi metade do K_m , ou a quantidade do nutriente que proporciona produção equivalente a metade da produção máxima teórica. Para a obtenção dos parâmetros acima, foi realizada a transformação de Lineweaver-Burk, em que os dados foram inicialmente transformados para a obtenção dos valores da sua inversa. Em seguida procedeu-se a análise de regressão linear da inversa dos valores da resposta produtiva ($1/Y$) em função da inversa dos valores das doses de nitrogênio ($1/X$), conforme a equação $(1/Y) = a + b*(1/X)$ descrita em Lana et al. (2005) e Fernandes et al. (2015).

Os parâmetros cinéticos foram estimados da seguinte forma:

$$K_m = 1 / a$$

$$K_d = b / a$$

No qual: K_m = Máximo desempenho teórico possível; K_d = Capacidade de aproveitamento do nitrogênio para o crescimento; e “a” e “b” = Parâmetros matemáticos da equação de dupla inversa de Lineweaver-Burk.

Uma vez estimados os parâmetros cinéticos, a curva de resposta marginal ao N (EFm_i) ou Eficiência no uso do N (EUN) foi estruturada a partir das eficiências marginais observadas a cada intervalo de 5 mg de N, utilizando-se dados de resposta produtiva estimados com o modelo. A resposta foi obtida em função da quantidade de nitrogênio adicionada ao substrato (concentração estudada em $mg/dm^3 \times 6 dm^3$).

$$EFm_i = \frac{(P_i - P_{(i-5)})}{5}$$

Em que,

EFm_i = Eficiência marginal no nível de adubação nitrogenada i ; P_i = produção de forragem projetada a partir da equação de Lineweaver-Burk para o nível de adubação i ; $P_{(i-5)}$ = produção de forragem projetada à partir da equação de Lineweaver-Burk para o nível de adubação $i - 5$ mg de N.

Resultados e Discussão

Houve efeito significativo do nitrogênio (N) sobre todas as variáveis de produção, composição morfológica

e estrutura analisadas, exceto sobre a porcentagem de folhas e relação folha:colmo (Tabela 2).

A adubação nitrogenada promoveu resposta linear positiva na massa seca total (MST) com incremento de 224,11% após a aplicação de 125 mg/dm³ em comparação com a dose zero de N (Tabela 2). Esse aumento se deve ao efeito positivo do N na produção de biomassa das plantas forrageiras. O N é o nutriente mais limitante para o crescimento de gramíneas de metabolismo C4 (Mathews et al., 2004) e desempenha papel importante na fotossíntese e acúmulo de biomassa por exercer função estrutural na constituição de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (Marschner, 1995). Esse nutriente também participa de processos como a síntese de clorofila, respiração e diferenciação celular. Todos esses compostos desempenham papel bioquímico e estrutural, portanto o N tem relação direta com o aumento da biomassa vegetal por meio da emissão e alongamento de folhas e de perfilhamento (Paciullo et al., 2011; Martuscello et al., 2015). De fato, ao desempenhar função estrutural importante no aparato bioquímico das células vegetais, haverá grande demanda desse nutriente em locais de divisão e expansão celular em razão da intensa atividade metabólica e da necessidade de síntese de novos compostos para a divisão das células.

Bezerra et al. (2019) observaram maior resposta do capim-corrente a adubação com N, uma vez que os autores reportaram incremento de 376% na produção de massa seca com a aplicação de 100 kg/ha de N (50 mg/dm³). A adubação na *Urochloa decumbens* cv. Basilisk com

doses de 0 a 400 kg/ha de N aumentou linearmente a área foliar das plantas (Vitor et al., 2014), o que tornou a variedade mais eficiente na captação de luz e produção de biomassa. A observação de resposta linear à adubação com N indica que é possível se obter maiores níveis de produção com doses mais altas.

A utilização do N também teve efeito linear positivo sobre o número de perfilhos (NPERF), que aumentou 82,60% entre as doses de 0 e 125 mg/dm³ (Tabela 3). O N estimula o perfilhamento em várias espécies de gramíneas, entre elas as principais plantas do gênero *Urochloa* (Silva et al., 2009). Esse incremento no número de perfilhos ocorre devido ao aumento na taxa de aparecimento de folhas e, conseqüentemente, no aumento do número de gemas axilares responsáveis pelo surgimento de novos perfilhos (Martuscello et al., 2015). Em termos percentuais, o NPERF apresentou menor incremento do que a MST, isso pode ter ocorrido em função do aumento da massa dos perfilhos individuais que encontraram melhores condições para o desenvolvimento diante de ambiente rico em nitrogênio.

Santos et al. (2009) obtiveram aumento de 145% no número de perfilhos da *Urochloa decumbens* cv. Basilisk adubada com doses entre 0 a 120 kg/ha de N, durante 73 dias de diferimento. Para os autores, o aumento do perfilhamento em gramíneas contribui para a plasticidade fenotípica das plantas. Esse processo é importante por auxiliar a adaptação das forrageiras à maior diversidade de ambientes.

Tabela 2 – Características produtivas e estruturais do capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) adubado com o nitrogênio

Variável	Dose de nitrogênio (mg/dm ³)						Equação de regressão	R ²
	0	25	50	75	100	125		
MST	5,6	13,6	14,7	20,4	21,8	24,3	$\hat{y} = 7,8827 + 0,1413^{**}x$	91,92
NPERF	5,6	9,5	8,8	10,7	11,5	12,0	$\hat{y} = 6,8476 + 0,0452^{**}x$	79,07
NINFL	0,4	0,9	1,2	2,1	2,4	2,9	$\hat{y} = 0,358 + 0,0204^{**}x$	98,28
MSF	1,5	3,7	4,1	5,3	5,9	6,1	$\hat{y} = 2,193 + 0,0354^{**}x$	95,95
%FOL	27,93	26,50	26,92	25,08	25,25	24,85	$\hat{y} = 26,09$	-
%COL	25,47	35,08	33,43	32,93	36,88	38,18	$\hat{y} = 0,0783 + 28,772^{**}x$	58,26
%MOR	44,40	32,70	33,97	33,90	29,47	27,57	$\hat{y} = 40,376 - 0,1074^{**}x$	67,06
%INFL	2,20	5,72	5,75	8,08	8,38	9,40	$\hat{y} = 0,053 + 3,2794^{**}x$	87,47
RFC	0,78	0,83	0,80	0,70	0,67	0,78	$\hat{y} = 0,87$	-
PMPERF	150,0	216,7	233,3	266,7	250,0	266,7	$\hat{y} = -1E-05 \cdot x^2 + 0,0022^{**}x + 0,1566$	89,81

MST: Massa seca total (g); NPERF: Número médio de perfilhos/planta; NINFL: Número médio de inflorescências/planta; MSF: Massa seca de folhas (g); %FOL: Porcentagem de folhas; %COL: Porcentagem de Colmo; %MOR: Porcentagem de material morto; %INFL: Porcentagem de inflorescências; RFC: Relação folhas-colmo; PMPERF: Peso médio dos perfilhos (mg); R²: coeficiente de determinação; *, **: significativo a 5 e 1%, respectivamente.

O N influenciou de forma linear o número de inflorescências (NINFL). A quantidade de inflorescências emitidas entre as doses 0 e 125 mg/dm³ de N foi

aumentada em 712,29% (Tabela 2). O N promove o perfilhamento em gramíneas e, quanto mais se eleva a produção de perfilhos, maior é a possibilidade de emissão

de inflorescências, sobretudo em plantas de *U. mosambicensis* que apresentam florescimento precoce (Cook et al., 2020). Na emissão das inflorescências o N atua em dois momentos distintos. Durante a pré-indução do florescimento, o nutriente maximiza a produção de perfilhos reprodutivos. Já no alongamento das inflorescências, o N auxilia na formação de estruturas vigorosas que suportam o preenchimento de sementes (Jornada et al., 2008; Loeppky e Couman, 2002).

Houve efeito do N na massa seca de folhas (MSF) do capim-corrente, com resposta linear positiva (Tabela 2). O aumento proporcionado com a aplicação de 125 mg/dm³ em relação à ausência de adubação foi de 201,78%. Nesse sentido, o aumento da adubação potencializa a produção de folhas do capim-corrente, o que melhora a qualidade da forragem, uma vez que a maior parte dos nutrientes das forrageiras se depositam nesse componente morfológico. Conforme Freitas et al. (2012), as folhas apresentam maior teor de proteína e digestibilidade e menor teor de fibras que os colmos.

A aplicação do N não alterou a porcentagem de folhas (%FOL) das plantas do capim-corrente (Tabela 2), que apresentaram valor médio de 26,09%. Isso pode ser explicado pelo estímulo do N ao desenvolvimento de perfilhos reprodutivos observados no presente estudo. Nesse sentido, o aumento no florescimento observado nas plantas com maiores doses de adubo elevou as proporções de colmos e inflorescências, que fizeram com que não fossem notados aumentos na participação das folhas na composição morfológica da forragem.

A aplicação de N incrementou a porcentagem de colmos (%COL) linearmente em 34,26% (Tabela 2). Da mesma forma que o N estimula a produção de folhas, também há estímulo no desenvolvimento de colmos, já que esse nutriente é o maior fator de aumento na biomassa das forrageiras. Conforme verificado em outras variáveis, o N promove o desenvolvimento de novos tecidos nas forrageiras. Segundo Iwamoto et al. (2014), o N possibilita o aumento na produção de colmos, principalmente nos períodos de verão e outono, onde se tem uma condição ambiental favorável. Nesse momento, as plantas emitem mais folhas e perfilhos e passam da fase vegetativa para a fase reprodutiva, o que resulta no maior alongamento de colmos. Contudo, é importante salientar que o aumento na proporção de colmos não é interessante para o manejo e eficiência de pastejo, uma vez que pode ocorrer a diminuição da RFC e a queda do valor nutricional da forrageira (Rodrigues et al., 2008).

A porcentagem de material morto (%MOR) foi reduzida de modo linear pela adubação nitrogenada, sendo que a dose 125 mg/dm³ levou à redução de 33,24% na %MOR em relação à ausência de adubação (Tabela 2). Em momentos anteriores ao período de entressafra, gramíneas forrageiras perenes remobilizam parte dos nutrientes presentes em folhas senescentes e em reservas energéticas para o desenvolvimento de perfilhos reprodu-

tivos e para o sistema radicular (Yang et al., 2009; Yang et al., 2014). Isso pode acarretar aumento da senescência diante do surgimento de perfilhos reprodutivos. Contudo, a adubação nitrogenada e o estímulo ao desenvolvimento tanto de partes vegetativas quanto reprodutivas fez com que a planta demandasse menos nutrientes via remobilização. Dessa forma, o processo de senescência foi minimizado, bem como a participação do material morto na forragem. Os relatos da literatura apontam para ausência de efeito da adubação nitrogenada sobre a %MOR de espécies do gênero *Urochloa* (Fagundes et al. 2005; Moreira et al., 2009). Por outro lado, Bezerra et al. (2019) relataram aumento no número de folhas senescentes em capim-corrente adubado com N, fator que pode elevar a %MOR na composição morfológica da forragem.

A adubação com o N elevou linearmente a porcentagem de inflorescências (%INFL) no capim-corrente, que apresentou valor 327,27% superior com a aplicação de 125 mg/dm³ em relação à ausência de adubação (Tabela 2). O aumento no perfilhamento observado nesse estudo e ocorrência de intenso florescimento resultou em maior participação de inflorescências na composição morfológica da forragem. O vigor vegetativo das plantas adubadas pode favorecer a produção de inflorescências. Nesse sentido, ao estimular o perfilhamento do capim-corrente, automaticamente haverá maior quantidade de perfilhos vegetativos com potencial para se diferenciarem em perfilhos reprodutivos. Simeão et al. (2016) observaram correlação positiva entre a produção de biomassa e o número de inflorescências em híbridos de *Urochloa ruziziensis*. Isso indica que o vigor vegetativo das plantas está positivamente associado a aspectos do florescimento.

Não houve efeito da adubação sobre a relação folha:colmo (RFC), que apresentou valor médio de 0,87 (Tabela 2). O ideal é que essa relação apresente valor superior a 1, pois indica maior proporção de folha na biomassa de forragem. A oferta de N em grandes quantidades pode acelerar o crescimento e desenvolvimento do dossel, fazendo com que haja aumento no tamanho e proporção de colmos das gramíneas (Braz et al., 2011; Freitas et al., 2012). Nesse caso, pode haver produção exagerada de colmos e aumento das inflorescências, principalmente em condições ruins de manejo, onde as plantas ultrapassam o ponto de colheita.

Rodrigues et al. (2008) avaliaram 3 cortes da *Urochloa brizantha* cv. Xaraés adubada com doses de N (0,75, 150 e 225 mg/dm³) e potássio (0, 50 e 100 mg/dm³). Segundo os autores, nas doses mais elevadas de N houve a diminuição da RFC, devido ao maior crescimento de plantas e alongamento de colmos. É importante ressaltar que a RFC é utilizada como indicativo de características nutricionais das forrageiras. Nesse sentido, a baixa RFC, além de representar maior proporção de tecidos mais fibrosos, ainda pode limitar o consumo de forragem por animais em pastejo. Fonseca et al. (2012) observaram aumento na participação de colmos com o aumento da

altura do dossel de plantas de sorgo em pastejo. Neste estudo, foi evidenciada redução no consumo de forragem em dosséis mais elevados e com maior participação de colmos.

A adubação nitrogenada elevou o peso médio dos perfilhos (PMPERF) de forma quadrática (Tabela 2). O ponto de máximo PMPERF foi estimado para a dose equivalente a 110 mg/dm³ de N, onde o PMPERF atingiu o valor de 277,6 mg, representando um incremento de 77,23% em comparação com dose zero. O N participa de processos metabólicos, como a síntese de clorofila e de rubisco, que são importantes para o aumento da fotossíntese e divisão celular das plantas. Esses fatores estimulam o alongamento de folhas e colmos, que, por sua vez, contribuem para o maior desenvolvimento dos perfilhos.

Nesse sentido, a disponibilidade de N interfere no incremento de produção de biomassa nas forrageiras, incluindo a massa dos perfilhos individuais (Santos et

al., 2009). Além disso, o peso dos perfilhos tende a ser aumentado devido o florescimento, estágio em que as plantas consomem as reservas energéticas na produção de estruturas morfológicas mais vigorosas. Os perfilhos reprodutivos são mais robustos, uma vez que são responsáveis pela sustentação das inflorescências, racemos e sementes (Santos et al., 2009).

Os parâmetros cinéticos da resposta do capim-corrente em termos de produção de massa seca total e massa seca de folhas foram estudados por meio do modelo de Michaelis-Menten (Tabela 3). Nesse modelo, foram estimados os parâmetros da resposta cinética com base na regressão da inversa dos dados de massa em função da inversa dos dados de quantidade de nitrogênio aplicado por vaso. Assim, os coeficientes “a” e “b” estimados permitiram o cálculo do Km, que é a resposta produtiva máxima teórica e o Kd, que corresponde a quantidade do nutriente que proporciona resposta equivalente à metade da resposta máxima teórica ou a capacidade de aproveitamento do nutriente.

Tabela 3 – Parâmetros cinéticos da resposta produtiva do capim-corrente a adubação nitrogenada

Variável	b	a	Km	Kd
MST (mg/vaso)	0,006322	0,000038	26315,8	166,4
MSF (mg/vaso)	0,021139	0,000153	6535,9	138,2

a e b: Parâmetros matemáticos da equação de dupla inversa de Lineweaver-Burk; Km: Máximo desempenho teórico; Kd: Capacidade de aproveitamento do nitrogênio para o crescimento.

Nota-se que a resposta máxima teórica para MST apresentou valor absoluto elevado e superior ao da MSF. Nesse sentido, o aumento de produção se manifestou principalmente por meio do aumento de massa total, independente do componente morfológico avaliado. Por outro lado, a produção de folhas teve aumento menos expressivo, indicando que maiores doses de N, no capim-corrente, aumentam a proporção de componentes menos desejáveis para a qualidade da forragem, como é o caso de colmos e inflorescências.

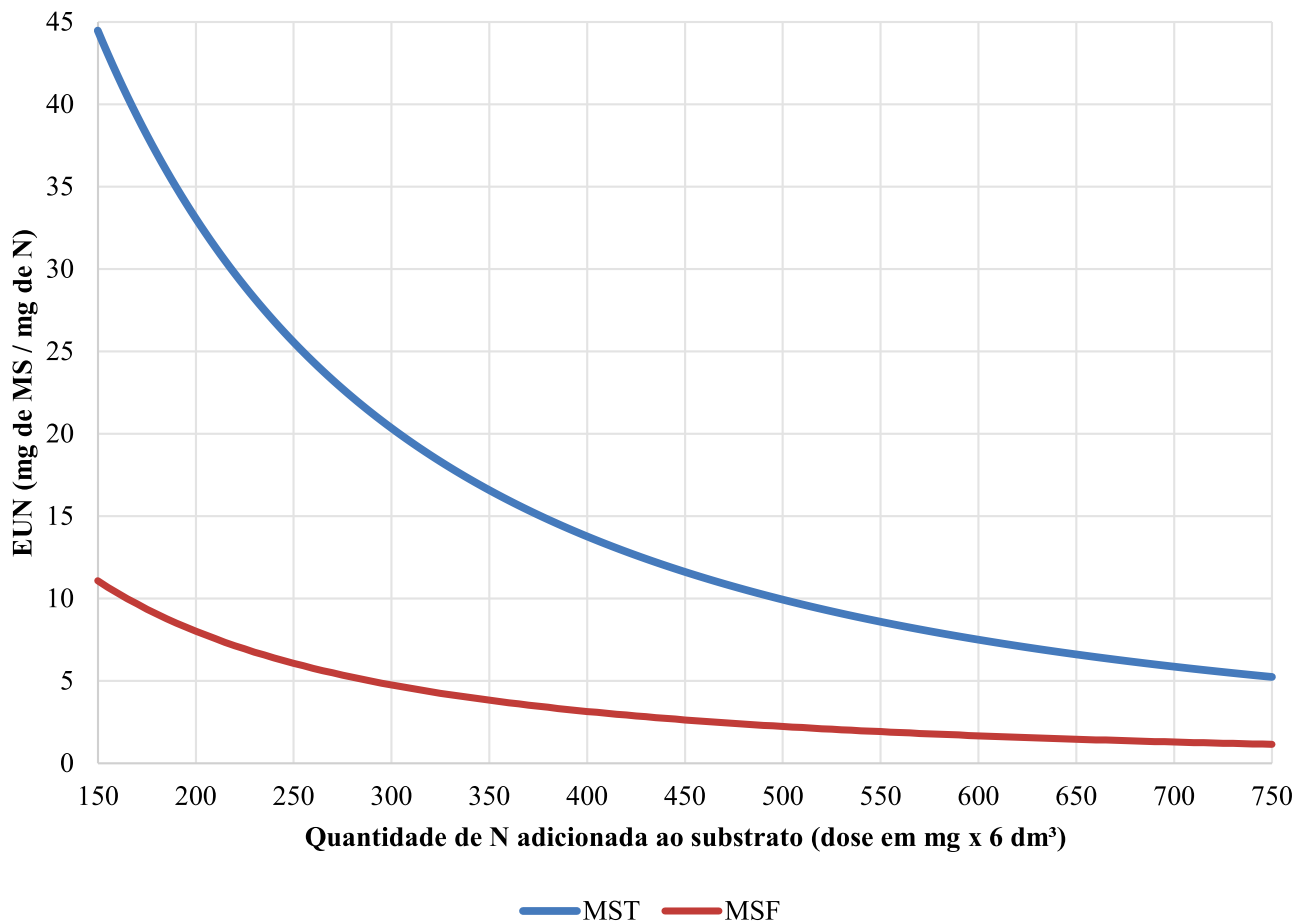
O valor de Kd estimado equivale à quantidade total de nitrogênio adicionado ao vaso (Tabela 3). Assim, para se obter a dose equivalente, divide-se o valor por 6 (quantidade de decímetros cúbicos de solo por vaso). Portanto, o Kd da MST foi de 27,72 mg/dm³ de N, valor equivalente à 55,46 kg/ha de N. Já para a MSF, o Kd foi de 23,03 mg/dm³ de N, que se equipara a 46,05 kg/ha de N. Percebe-se que o valor obtido para MSF é inferior ao da MST. Isso significa que a produção de folhas no capim-corrente pode ser maximizada em doses menores em relação a MST.

Foi possível verificar que a eficiência no uso do nitrogênio (EUN) diminuiu consideravelmente com o aumento das doses desse elemento (Figura 2). Assim, para a dose 166,4 mg/vaso (27,72 mg/dm³), a eficiência no uso do nitrogênio aproximada é de 40,5 mg de MST para cada mg de N adicionado, valor que, por extrapolação,

equivale à produção de 40,5 kg de MST para cada kg de N aplicado. Já para a MSF, a dose de 138,2 mg/vaso (23,03 mg/dm³) proporcionou EUN de aproximadamente 12 mg de MSF para cada mg de N. A diferença entre os valores evidencia que a biomassa do capim-corrente apresenta maior porcentagem de inflorescências, colmos e material morto, componentes morfológicos desfavoráveis para a qualidade das forrageiras. No presente estudo, o aumento da produção de biomassa obtido com doses elevadas de N foi associado a composição morfológica com maior porcentagem de como, material morto e inflorescências, componentes indesejáveis quando comparados às lâminas foliares.

Martuscello et al. (2018) observaram redução no índice de eficiência agrônômica do N com aumento da dose de adubo em *Megathyrus maximus* ‘BRS Quênia’. De acordo com os autores, o índice caiu de 22,67% para 14,72% com o aumento de 50 mg/dm³ para 200 mg/dm³ de N na dose de N aplicada. Segundo os autores alguns fatores podem influenciar a eficiência do uso do N, entre eles a lei dos incrementos decrescentes, no qual os aumentos na produção de biomassa podem ser mais expressivos em doses menores do que em doses elevadas de N.

Figura 2 – Eficiência no uso do nitrogênio (EUN) no capim-corrente para a produção de massa seca total (MST) e massa seca de folhas (MSF)



Conclusão

A adubação com N aumenta linearmente a produção total e produção de folhas do capim-corrente, mas o aumento está associado à maior proporção de colmos e inflorescências. No entanto, o aumento da dose de N reduz a eficiência do uso do nutriente para a produção de massa seca total e de folhas em capim-corrente.

A dose de N que proporciona produção equivalente a 50% da produção máxima teórica é de 27,72 mg/dm³ de N para massa seca total e de 23,03 mg/dm³ para massa de folhas. O uso destas doses resulta em eficiência de 40,5 mg de massa seca por mg de N e de 12 mg de massa seca de folhas por mg de N, sendo, portanto, valores recomendados para a adubação do capim-corrente.

Referências

Bezerra, R. C. A.; Leite, M. L. M. V.; Almeida, M. C. R.; Lucena, L. R. R.; Simões, V. J. L. P.; Bezerra, F. J. S. M. 2019. Características Agronômicas de *Urochloa mosambicensis* sob diferentes níveis de fósforo e nitrogênio. Revista Magistra, 30: 268-276.

Braz, T. G. S.; Fonseca, D. M.; Freitas, F. P.; Martuscello, J. A.; Santos, M. E. R.; Santos, M. V.; Pereira, V. V. 2011. Morphogenesis of Tanzania guinea grass under nitrogen doses and plant densities. Revista Brasileira de Zootecnia, 40: 1420-1427. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700004>.

Braz, T.G.S.; Martuscello, J.A.; Silva, R.C. 2022. Alternativas forrageiras tolerantes à seca: gêneros *Urochloa* e *Megathyrsus*. Informe Agropecuário, 43: 37-50.

Cook B. G.; Pengelly, B. C.; Schultze-Kraft, R.; Taylor, M.; Burkart, S.; Arango, C. J. A.; Guzmán, J. J. G.; Cox, K.; Jones, C.; Peters, M. 2020. Forrageiras Tropicais: Uma ferramenta de seleção interativa. 2ª e Revisada Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colômbia e Instituto Internacional de Pesquisa Pecuária (ILRI), Nairobi, Quênia. Disponível em: www.tropicalforages.info.

Cruz, C. D. 2016. Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. Acta Scientiarum. Agronomy, 38: 547-552. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.32629>.

Éder-Silva, E. 2009. Fitossociologia, regeneração da vegetação e qualidade de sementes em áreas de caatinga. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 219f. Tese de Doutorado. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=158639.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2004. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2ª Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, BR.
- Fagundes, J. L.; Fonseca, D. M.; Gomide, J. A.; Junior, D. N.; Vitor, C. M. T.; Morais, R. V.; Mistura, C.; Reis, G. C.; Martuscello, J. A. 2005. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40: 397-403. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000400012>.
- Fernandes, H. J.; Lana, R. P.; Baroni, C. E. S.; Paiva, L. M.; Souza, J. C. D. 2015. Transformação de Lineweaver-Burk para estimar os parâmetros de cinética de crescimento e avaliar a eficiência da resposta produtiva de forrageiras e de bovinos em condições tropicais. In: Rogério de Paula Lana. Respostas de Animais e Plantas aos Nutrientes. Ed. Viçosa: Editora UFV, BR.
- Fonseca, L.; Mezzalira, J. C.; Bremm, C.; Filho, R. S. A.; Gonda, H. L.; Carvalho, P. C. de F. 2012. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in Sorghum bicolor. Livestock Science, 145: 205-211. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.003>.
- Freitas, F. P.; Fonseca, D. M.; Braz, T. G. S.; Martuscello, J. A.; Santos, M. E. R. 2012. Forage yield and nutritive value of Tanzania grass under nitrogen supplies and plant densities. Revista Brasileira de Zootecnia, 41: 864-872. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000400006>.
- Iwamoto, B. S.; Cecato, U.; Ribeiro, O. L.; Mari, G. C.; Peluso, E. P.; Lins, T. O. J. D. A. 2014. Produção e composição morfológica do capim-Tanzânia fertilizado com nitrogênio nas estações do ano. Bioscience Journal, 30: 530-538. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18078>.
- Jornada, J. B. J.; Medeiros, R. B.; Pedroso, C. E. S.; Saibro, J. C.; Silva, M. A. 2008. Efeitos da irrigação, épocas de corte da forragem e doses de nitrogênio sobre a qualidade de sementes de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). Revista Brasileira de Sementes, 30: 10-15. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000300002>.
- Lana, R. P.; Goes, R. H. T. B.; Moreira, L. M.; Mâncio, A. B.; Fonseca, D. M.; Tedeschi, L. O. 2005. Application of Lineweaver-Burk data transformation to explain animal and plant performance as a function of nutrient supply. Livestock Production Science, 98: 219-224. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.03.008>.
- Loeppky, H. A.; Couman, B. E. 2002. Crop residue removal and nitrogen fertilization affects seed production in meadow bromegrass. Agronomy Journal, 94: 450-454. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2002.4500>.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. New York: Academic Press, USA.
- Martuscello, J. A.; Ribeiro, Y. N.; Braz, T. G. S.; Assis, J. A.; Jank, L.; Reis, G. A. 2018. Produção de forragem, morfogênese e eficiência agrônômica do adubo em BRS Quênia sob doses de nitrogênio. Boletim de Indústria Animal, 75: 1-12. Doi: <https://doi.org/10.17523/bia.2018.v75.e1411>.
- Martuscello, J. A.; Silva, L. P.; Cunha, D. N. F. V.; Batista, A. C. S.; Braz, T. G. S.; Ferreira, P. S. 2015. Adubação nitrogenada em capim-Massai: Morfogênese e produção. Ciência Animal Brasileira, 16: 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1590/1089-68916i118730>.
- Mathews, B. W.; Miyasaka, S. C.; Tritschler, J. P. 2004. Mineral nutrition of C₄ forage grasses. p. 217-265. In: Moser, L. E.; Burson, B. L.; Sollenberger, L. E., Ed. Warm-Season (C₄) Grasses. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of American, Inc., Soil Science Society of American, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Moreira, L. M.; Martuscello, J. A.; Fonseca, D. M.; Mistura, C.; Morais, R. V.; Ribeiro Júnior, J. I. 2009. Perfilhamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, 38: 1675-1684. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000900006>.
- Rodrigues, R. C.; Mourão, G. B.; Brennecke, K.; Luz, P. H. C.; Herling, V. R. 2008. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizanta* cv. Xaraés cultivado com combinação de doses de nitrogênio e potássio. Revista Brasileira de Zootecnia, 37: 394-400. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000300003>.
- Santos, M. E. R.; Fonseca, D. M.; Balbino, E. M.; Monnerat, J. P. I. S.; Silva, S. P. 2009. Caracterização dos perfilhos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, 38: 643-649. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000400008>.
- Silva, C. C. F.; Bonomo, P.; Pires, A. J. V.; Maranhão, C. M. A.; Patês, N. M. S.; Santos, L. C. 2009. Características morfológicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, 38: 657-661. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000400010>.
- Simeão, R. M.; Silva, A. S.; Valle, C. B. 2016. Flowering traits in tetraploid *Brachiaria ruziziensis* breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 16: 95-101. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n2a15>.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E. 2004. Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, BR.
- Vitor, C. M. T.; Costa, P. M.; Villela, S. D. J.; Leonel, F. P.; Fernandes, C. F.; Almeida, G. O. 2014. Características estruturais de uma pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk sob doses de nitrogênio. Boletim de Indústria Animal, 71: 176-182. Doi: <https://doi.org/10.17523/bia.v71n2p176>.
- Yang, J.; Worley, E.; Torres-Jerez, I.; Miller, R.; Wang, M.; Fu, C.; Wang, Z.-Y.; Tang, Y.; Udvardi, M. 2014. PvNAC1 and PvNAC2 are associated with leaf senescence and nitrogen use efficiency in switchgrass. BioEnergy Research, 8: 868-880. Doi: [10.1007/s12155-014-9566-x](https://doi.org/10.1007/s12155-014-9566-x).
- Yang, J.; Worley, E.; Wang, M.; Lahner, B.; Salt, D. E.; Saha, M.; Udvardi, M. 2009. Natural variation for nutrient use and remobilization efficiencies in switchgrass. BioEnergy Research, 2, 257-266. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12155-009-9055-9>.
- Zheng, H.; Liu, Y.; Qin, Y.; Chen, Y.; Fan, M. 2015. Establishing dynamic thresholds for potato nitrogen status diagnosis with the SPAD chlorophyll meter. Journal of Integrative Agriculture, 14: 190-195. Doi: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60925-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60925-4).