



## Características fisiológicas e acúmulo de nutrientes em plantas de sorgo e cunhã submetidas a fertilização mineral nitrogenada e fosfatada.

**André Pereira Freire Ferraz<sup>(1)</sup>; Paulo Sérgio Ferreira da Silva<sup>(2)</sup>; Renann Afonso de Oliveira<sup>(3)</sup>; Márcio Vieira da Cunha<sup>(4)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Eng. Agrônomo, doutorando em Zootecnia (forragicultura); Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE; Recife, PE; Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900; andrepfferraz@gmail.com;

<sup>(2)</sup> Zootecnista, doutorando em Zootecnia (forragicultura); UFRPE; Recife – PE; sergio\_paulo@outlook.com;

<sup>(3)</sup> Zootecnista, mestrando em Zootecnia (forragicultura); UFRPE; Recife – PE; renann\_afonso@zootecnista.com.br;

<sup>(4)</sup> Professor do Departamento de Zootecnia da UFRPE; Recife, PE; Bolsista CNPq; marcio.vieira.cunha@gmail.com.

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar caracteres fisiológicos e o teor de N e P em plantas de sorgo BRS ponta negra e cunhã submetidas a adubação nitrogenada e fosfatada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Zootecnia da UFRPE. As plantas foram avaliadas quanto a três níveis de N (0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) e três níveis de P (0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>). Foram avaliadas as variáveis fotossíntese líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) e o teor relativo de clorofila, além do teor de N e P na parte aérea das plantas. Verificou-se que a adubação nitrogenada influenciou mais as taxas de fotossíntese líquida que a adubação fosfatada; a adubação fosfatada pouco influenciou os teores de N na parte aérea das plantas; e a utilização de P e N nas doses de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, proporcionaram maior acúmulo de P na parte aérea do sorgo e da cunhã.

**Termos de indexação:** fotossíntese, leguminosa forrageira, adubação.

### INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e a cunhã (*Clitoria ternatea* L.) são plantas forrageiras com elevado potencial para produção no Nordeste brasileiro. O sorgo BRS ponta negra é uma variedade de autopolinização, de porte médio. É destinada à produção de silagem e para corte. Atinge o ponto de colheita (silagem) em torno de 90 dias após o plantio, o que a torna conveniente para utilização em regiões de baixa disponibilidade hídrica, além de apresentar resistência ao acamamento e à antracnose, ferrugem e cercosporiose (Santos et al., 2007). A cunhã é uma leguminosa perene, rústica e que produz uma cobertura densa. Adaptada à região tropical, cresce em diversos tipos de solo e é tolerante à seca. Pode ser utilizada para pastejo, corte e adubo verde (Alcântara & Bufarah, 1999).

No manejo de pastagens, a reposição de nutrientes é de suma importância para a manutenção da produtividade das plantas, principalmente pelo elevado potencial de extração dos minerais do solo devido as sucessivas colheitas de forragem, seja pelo corte ou pastejo.

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) estão entre os nutrientes mais exigidos pelas plantas. Nos solos tropicais, de maneira geral, é comum a existência de teores baixos de P disponível no solo (Monteiro, 2013). O P é requerido nos processos de transformação de energia nas plantas, pois faz parte, dentre outros, da adenosina trifosfato (ATP), a qual atua como doador de energia. O N é essencial na formação de aminoácidos, ácidos nucléicos e na síntese de proteínas. É parte integrante da molécula de clorofila e também importante ao processo fotossintético (Snyder & Leep, 2007).

A concentração de nutrientes nas plantas forrageiras é variável, porém característico, de acordo com a espécie e/ou grupo de plantas. Mathews et al. (2004) compilaram, a partir de diversos trabalhos, as concentrações de nutrientes requeridas por gramíneas forrageiras, como também a faixa de nutrientes adequada para os ruminantes. Os autores constataram que, para alguns nutrientes, como o P, estes estiveram fora da faixa requerida pelos animais, o que reforça a necessidade de reposição dos nutrientes extraídos pelas plantas forrageiras.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar caracteres fisiológicos e o teor de N e P em plantas de sorgo BRS ponta negra e cunhã submetidas a adubação nitrogenada e fosfatada.

### MATERIAL E MÉTODOS

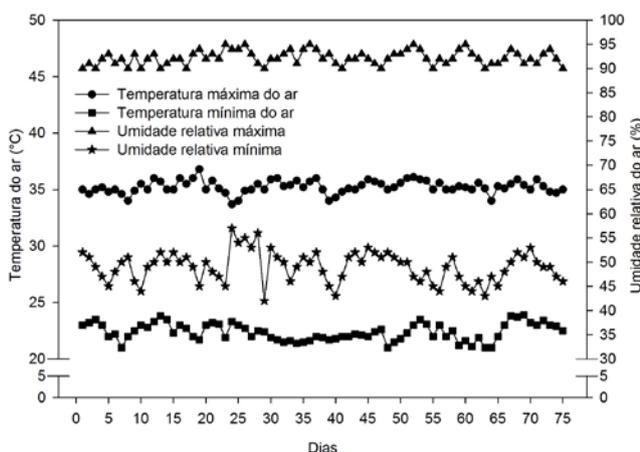
O experimento foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2014 em casa de vegetação no Departamento de Zootecnia da UFRPE, em Recife, PE. A cidade está localizada na microrregião do Litoral e Zona da Mata do estado. O tipo climático é AMs, quente e úmido, e apresenta temperatura média anual de 25,2°C (FIDEPE, 1982).



As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com volume de 2 L. Nos vasos, foram adicionados primeiramente 0,3 kg de pedra brita e, sobre esta, 1,0 kg de solo. A brita foi adicionada para evitar o entupimento de drenos (furos) na parte inferior dos vasos, os quais permaneceram sobre recipientes plásticos para que, após cada irrigação, e se houvesse drenagem, a solução drenada fosse retornada aos vasos para minimizar as perdas de nutrientes via lixiviação. Os vasos ficaram dispostos sobre uma bancada, a um metro de altura. O solo utilizado como substrato foi coletado no município de Arcoverde – PE na camada de 0-20 cm de profundidade em um Neossolo regolítico eutrófico (EMBRAPA, 2013) (**Tabela 1**).

Foram semeadas seis sementes por vaso. 25 dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se três plantas por vaso. A irrigação foi realizada dia sim e dia não, de acordo com a capacidade de pote, conforme Souza et al. (2000).

Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 2 x 3 x 3: duas espécies, três níveis de N (0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) e três níveis de P (0, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>), com três repetições e 54 parcelas experimentais (vasos). Como fonte de N foi utilizada a uréia, e para o P, o superfosfato simples. Ao longo do período experimental foram monitoradas a temperatura e umidade relativa do ar por meio de um termohigrômetro digital instalado no interior da casa de vegetação (**Figura 1**).



**Figura 1** – Variação da temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.

Foram avaliadas as variáveis fotossíntese líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ) utilizando-se um analisador de gás infravermelho, modelo LI-6400 XT. Foi utilizada a luz artificial da câmara do analisador de gás infravermelho, de modo que este fornecesse uma irradiância de 200

$\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , valor médio para o horário em que foram realizadas as avaliações. Foi avaliado ainda o teor relativo de clorofila (índice SPAD), com auxílio de um clorofilômetro portátil (modelo SPAD-502 Plus). As avaliações foram iniciadas às 8 horas da manhã e finalizadas ao meio dia. Todas as avaliações foram realizadas aos 75 dias após a semeadura. Em seguida, fez-se a colheita das plantas, cortando-as a cerca de 1 cm a partir da superfície do solo. O material coletado foi colocado em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 72 horas. Foram, em seguida, avaliados os teores de N e P acumulados nas plantas de sorgo e cunhã, conforme Bezerra Neto & Barreto (2011).

Os dados foram verificados quanto à premissa de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ( $P \leq 0,05$ ). Foi realizada análise de variância e teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) para comparação das médias. Todas as análises foram realizadas através do programa GENES (Cruz, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre as características fisiológicas e os tratamentos estudados, porém, houve efeito para alguns fatores isolados (**Tabela 2**).

As espécies diferiram quanto às taxas líquidas de fotossíntese, em que o sorgo superou a cunhã em  $1,26 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (**Tabela 2**). Isso deve-se possivelmente ao fato de que plantas com metabolismo fotossintético C4, como o sorgo, são mais eficientes quanto à fotossíntese, pois possuem um mecanismo concentrador de  $\text{CO}_2$  nas células da bainha do feixe vascular, o que praticamente elimina a atividade oxigenásica da Rubisco (Ehleringer & Monson, 1993). Já em plantas C3, como a cunhã, ocorre mais proeminentemente um processo conhecido como fotorrespiração, o qual reduz a eficiência da fotossíntese líquida (Taiz & Zeiger, 2013). Em contrapartida, a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  foi menor no sorgo ( $193,59 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ ). Esse resultado pode estar ligado à redução na abertura dos estômatos, pois a condutância estomática também foi menor na gramínea ( $0,05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Esses resultados contribuíram, conseqüentemente, para uma menor transpiração das plantas de sorgo ( $1,27 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Tais resultados podem ainda estar ligados ao mecanismo concentrador de  $\text{CO}_2$  nas plantas C4. Dessa forma, enquanto a cunhã permaneceu com os estômatos mais abertos para captura de  $\text{CO}_2$ , o sorgo os manteve com uma abertura menor enquanto utilizava o  $\text{CO}_2$  armazenado anteriormente (Zabaleta et al., 2012).

O teor relativo de clorofila não foi influenciado significativamente pelos tratamentos. O índice SPAD



é uma medida prática indireta do teor de clorofila, porém apresenta muita variação, podendo ser influenciado, por exemplo, pela radiação solar (Fontes, 2011).

Para os demais fatores (P e N), não houve efeito sobre as variáveis, exceto a adubação nitrogenada sobre a fotossíntese líquida (**Tabela 2**). Foi observado incremento nas taxas fotossintéticas com o aumento da dose de N. Esse nutriente está presente na Rubisco, enzima que catalisa as reações de redução do carbono na fase bioquímica da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2013).

Quanto ao acúmulo de N e P na parte aérea da cunhã e do sorgo, houve interação ( $P \leq 0,05$ ) entre os três fatores estudados (**Tabelas 3 e 4**). Na cultura do sorgo, a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem a adição de P, proporcionou maior acúmulo de N na parte aérea das plantas, enquanto que na cunhã, a dose de 80 kg ha<sup>-1</sup> sem P proporcionou maior teor de N. A adubação fosfatada, de maneira geral, não influenciou no teor de N das plantas. O N é o nutriente requerido em maior quantidade pelas plantas (Taiz & Zeiger, 2013), e por esse motivo pode ter sido mais importante quanto à expressão do seu teor no tecido vegetal estudado (**Tabela 3**).

Quanto ao teor de P (**Tabela 4**), a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P proporcionou maior acúmulo do nutriente no sorgo (13,19 g kg<sup>-1</sup>) quando adicionado juntamente com 80 kg ha<sup>-1</sup> de N. Na cunhã observou-se comportamento semelhante, em que foi verificado maior teor de P (18,98 g kg<sup>-1</sup>) para 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de P e N, respectivamente.

## CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada influencia mais as taxas de fotossíntese líquida do que a adubação fosfatada;

O índice SPAD não reflete as alterações que ocorrem com a fotossíntese líquida;

A adubação fosfatada pouco influencia os teores de N na parte aérea das plantas de sorgo BRS ponta negra e cunhã;

A adubação combinada de P e N nas doses de 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, proporcionam maior acúmulo de P na parte aérea do sorgo BRS ponta negra e da cunhã.

## AGRADECIMENTOS

À FACEPE e ao CNPq.

## REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas. São Paulo: Nobel, 1999. 162p. Reimpresso em 2009.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. Recife. UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267p.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Acta Scientiarum. 35:271-276, 2013.

EHLERINGER, J. R.; MONSON, R. K. Evolutionary and ecological aspects of photosynthetic pathway variation. Annual Review of Ecology and Systematics, 24:411-439, 1993.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FIDEPE. Informações municipais - Recife: FIDEM, 1982.

FONTES, P. C. R. Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa, MG: O autor, 2011. 296p.

MATHEWS, B. W.; MIYASAKA, S. C.; TRITSCHLER, J. P. Mineral nutrition of C4 forage grasses. In: AL-AMOODI, L.; BARBARICK, K. A.; ROBERTS, C. A.; DICK, W. A., eds., MOSER, L. E.; BURSON, B.; SOLLENBERGER, L. E., Co-eds. Warm-season (C4) grasses. ASA - CSSA - SSSA, Madison, WI, USA. 2004. p.217-266.

MONTEIRO, F. A. Uso de corretivos agrícolas e fertilizantes. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R., ed. Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. 1.ed. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, 2013. p.275-290.

SANTOS, F. G.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; LIMA, J. M. P.; PITTA, G. V. E.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. BRS Ponta Negra variedade de sorgo forrageiro. EMBRAPA Milho e Sorgo, Comunicado Técnico 145, 2007. 6p.

SNYDER, C. S.; LEEP, R. H. Fertilization. In: BARNES, R. F.; NELSON, C. J.; MOORE, K. J.; COLLINS, M., ed. Forages: the science of grassland agriculture. v.2, 6.ed. Blackwell Publish, 2007. p.355-377.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 4:338-342, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. - 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

ZABALETA, E.; MARTIN, M. V.; BRAUN, H. P. A basal carbon concentrating mechanism in plants? Plant Science 187:97-104, 2012.

**Tabela 1** – Características físico-químicas do Neossolo regolítico eutrófico coletado da camada de 0 – 20 cm de profundidade utilizado no experimento

pH (H <sub>2</sub> O)	P	Ca	Mg	Na	K	Al	H	S	CTC	V	m
-	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					----- % -----				
6,20	11	2,65	0,90	0,06	0,28	0,00	1,73	3,9	5,6	69	0
Ds	Dp	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Grau de floculação		Classe textural			
----- g cm <sup>-3</sup> -----	----- % -----							-			
1,68	2,63	47	29	12	12	83		Franco-arenosa			

P extraído com Mehlich-1; S: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions potencial; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Ds: densidade do solo; Dp: densidade da partícula.

**Tabela 2** – Características fisiológicas e teor relativo de clorofila (índice SPAD) de plantas de sorgo e cunhã submetidas à adubação nitrogenada e fosfatada

Tratamentos	Variáveis				
	FL*	CI <sup>#</sup>	Cond. Estom. <sup>§</sup>	Transpiração	SPAD
Espécie	μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	μmol CO <sub>2</sub> mol <sup>-1</sup>	mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	-
Sorgo	6,19 a	193,59 b	0,05 b	1,27 b	29,23 a
Cunhã	4,93 b	329,91 a	0,17 a	2,97 a	31,98 a
Dose de P (kg ha <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-
0	5,44 a	261,11 a	0,11 a	2,34 a	30,75 a
40	5,51 a	256,67 a	0,12 a	2,17 a	29,02 a
80	5,73 a	267,47 a	0,10 a	1,85 a	32,05 a
Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-
0	4,77 c	251,19 a	0,12 a	2,26 a	29,46 a
40	5,42 b	279,08 a	0,10 a	2,25 a	29,95 a
80	6,49 a	254,97 a	0,10 a	1,84 a	32,72 a
CV (%)	14,19	13,26	67,62	31,36	23,51

Médias seguidas pela mesma letra em cada variável não diferem entre si teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). \*Fotossíntese líquida; <sup>#</sup>Concentração intercelular de CO<sub>2</sub>; <sup>§</sup>Condutância estomática.

**Tabela 3** – Teor de nitrogênio (g kg<sup>-1</sup>) na parte aérea do sorgo e cunhã submetidos a adubação nitrogenada e fosfatada

Espécie	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de P (kg ha <sup>-1</sup> )		
		0	40	80
Sorgo	0	15,00 Ae	14,00 Ab	14,33 Ac
Sorgo	40	29,67 Ac	16,00 Bb	14,33 Bc
Sorgo	80	25,67 Ad	16,67 Bb	12,33 Cc
Cunhã	0	25,67 Bd	31,67 Aa	25,00 Bb
Cunhã	40	35,00 Ab	32,00 Ba	28,00 Cb
Cunhã	80	39,33 Aa	29,67 Ca	33,67 Ba
CV (%)		5,94		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 4** – Teor de fósforo (g kg<sup>-1</sup>) na parte aérea do sorgo e cunhã submetidos a adubação nitrogenada e fosfatada

Espécie	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Dose de P (kg ha <sup>-1</sup> )		
		0	40	80
Sorgo	0	6,37 Ab	5,22 Ad	5,80 Ac
Sorgo	40	8,84 ABab	10,14 Ac	7,25 Bbc
Sorgo	80	6,52 Bb	13,19 Ab	5,80 Bc
Cunhã	0	7,25 Bb	13,04 Ab	13,62 Aa
Cunhã	40	11,30 Ba	14,49 Ab	9,56 Bb
Cunhã	80	10,14 Ca	18,98 Aa	14,06 Ba
CV (%)		10,47		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).