



EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE PLANTAS DE MILHO SAFRINHA SOLTEIRO E CONSORCIADO COM *Brachiaria ruziziensis*

Anísio da Silva Nunes⁽¹⁾ & Gessi Ceccon⁽²⁾

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta de ciclo anual, pertencente à família Poaceae, que apresenta baixo ponto de compensação de CO₂, alta taxa fotossintética e baixo consumo de água para a formação de matéria fresca (Azevedo Neto & Tabosa, 2000). Pode ser cultivado em diversos tipos de solos e épocas de ano, com níveis de riscos climáticos e potencial de rendimento variáveis.

Dentre as tecnologias de produção para a cultura do milho, o consórcio milho safrinha/pastagem é uma alternativa que favorece a produção de palha para o Sistema Plantio Direto (SPD), bem como a produção de forragem para a atividade pecuária no Sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Atualmente, na região Centro-Oeste o SPD é realizado de forma deficitária, com pouca palha, praticamente sem rotação de culturas (Brüggemann, 2011), ocasionando problemas como: erosão laminar, compactação de solo, doenças radiculares e surgimento de pragas de difícil controle.

No sistema de integração lavoura-pecuária, por meio da consorciação de duas gramíneas, a forrageira tem a função de fornecer alimento para a exploração pecuária, a partir do final do verão até início da primavera e, posteriormente, de formação de palhada, para o cultivo da cultura produtora de grãos, em Sistema Plantio Direto. Esse sistema torna-se, portanto, interessante para o agricultor ou agropecuarista, visto que em muitas regiões do Brasil o cultivo de safrinha tem apresentado insucesso, face à baixa disponibilidade hídrica e irregularidade na precipitação pluvial no período outono/inverno (Zanine et al., 2011).

Trabalhos com o cultivo consorciado de milho e *B. ruziziensis* demonstram a viabilidade deste sistema de produção. Cobucci et al.

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Grande

Dourados – UFGD, E-mail: anisionunes@yahoo.com.br

²Pesquisador *Embrapa Agropecuária Oeste*, BR 163, km 253, caixa postal 661, CEP 79804-970, Dourados, MS. E-mail: gessi@cpao.embrapa.br

(2001) relatam que a presença da forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho. Porém, em alguns casos, houve necessidade da aplicação de nicossulfuron, em subdoses, para reduzir o crescimento da forrageira e garantir pleno desenvolvimento do milho. No caso do cultivo consorciado, esta competitividade pode ser amenizada com adoção de práticas culturais, como o arranjo espacial de plantas (Oliveira et al., 1996), que retarda sobremaneira o acúmulo de biomassa por parte da forrageira, durante o período de competição interespecífica.

Além do cultivo consorciado com forrageiras, os diferentes arranjos espaciais, resultantes da combinação do espaçamento entre linhas de semeadura e o número de plantas por metro, têm sido discutidos com maior frequência pela maior ou menor adaptação da cultura ao ambiente decorrente das variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos atuais, como forma de maximizar a produtividade de grãos pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes, disponíveis em um determinado agrossistema.

Em relação aos espaçamentos utilizados na cultura do milho, a redução do espaçamento de 0,80 a 0,90 m para 0,45 a 0,50 m tem sido avaliada nos últimos anos, sendo atualmente recomendada para plantio na safra de verão e principalmente na safrinha. O aumento do rendimento de grãos é decorrente de uma melhor distribuição de plantas com redução do espaçamento entre linhas, verificado principalmente em cultivares de ciclos superprecoce e de estatura baixa.

Argenta et al. (2001), ao analisarem dois híbridos simples de milho semeados em quatro espaçamentos entre linhas (0,40; 0,60; 0,80 e 1,00 m) e duas populações (50.000 e 60.000 plantas ha⁻¹), concluíram que o rendimento de grãos é influenciado pela redução do espaçamento entre linhas e pela densidade de plantas.

Embora se espere que um melhor arranjo espacial entre plantas favoreça a captação de luz solar e, conseqüentemente, favoreça o aumento na taxa fotossintética da planta, poucos são os estudos que relacionam os espaçamentos e as populações com a fotossíntese líquida da planta.

A taxa fotossintética está diretamente relacionada à radiação fotossinteticamente ativa, ou seja, ao comprimento de onda de luz de 400 a 700 nanômetros, espectro de radiação que está envolvido na fotossíntese, e indiretamente aos fatores relacionados, às trocas gasosas e disponibilidade hídrica (Naves-Barbiero et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar os efeitos do consórcio de milho com *B. ruziziensis* e diferentes espaçamentos entrelinhas



sobre as características ligadas ao processo fotossintético de híbridos de milho.

2.MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, em Latossolo Vermelho distroférico textura argilosa nas coordenadas de 22°13' sul e 54°48' oeste, a 400 m de altitude, com semeadura em 09 de março de 2011, em área de plantio direto.

O clima da região sul de Mato Grosso do Sul, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, com verões quentes e invernos secos, temperaturas máximas observadas nos meses de dezembro e janeiro e as temperaturas mínimas entre maio e agosto, coincidindo com chuva excedente na primavera-verão e déficit hídrico no outono-inverno (Fietz & Fisch, 2008).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x3, sendo três manejos da cultura do milho safrinha (milho solteiro a 0,45 e 0,90 m e a 0,90 m entre linhas, com linha intercalar de *B. ruziziensis*) e três híbridos de milho (BRS 3035, AG 9010 e BRS 1010)

As parcelas foram constituídas de 4 linhas para o sistema de consórcio e solteiro com 0,90 m de espaçamento, e 7 linhas para o solteiro com espaçamento de 0,45 m, todas com 50 m de comprimento.

A implantação foi realizada com semeadora marca Semeato modelo SHM1517, com regulagem para 300 kg ha⁻¹ da fórmula 08-20-20 para a adubação de semeadura; população de 50.000 plantas ha⁻¹ nas parcelas com espaçamento de 0,9 m e 60.000 plantas ha⁻¹ nas parcelas com espaçamento de 0,45 m entrelinhas. As sementes de milho foram tratadas com inseticida thiodicarbe, na dose de 20 mL kg⁻¹ de semente. No sistema de consórcio, a *B. ruziziensis* foi semeada em linha intercalar às de milho, com população de 20 plantas m⁻¹ linear.

O controle de plantas daninhas foi realizado com uma aplicação de atrazine na dose de 1,5 L ha⁻¹, em pós-emergência do milho e das plantas daninhas. As pragas foram controladas mediante uma aplicação de inseticida deltamethrin aos 10 dias após a emergência do milho, na dose de 0,005 L ha⁻¹.

Aos 64 dias após a semeadura foram realizadas as avaliações de trocas gasosas e eficiência fotossintética das folhas de milho, utilizando-se um analisador de gases no infra-vermelho (IRGA), marca

ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), em campo.

As avaliações foram realizadas no período da manhã, entre 9h e 11h, amostrando-se a primeira folha oposta e abaixo da espiga, sendo considerados apenas os dados medidos quando o fluxo fotossintético de fótons (FFF) era maior que $700 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, isto é, quando em níveis saturantes para a fotossíntese. Foram avaliadas a transpiração (E), a temperatura foliar (tl), a concentração interna de CO_2 na folha (C_i), o consumo de CO_2 (ΔC), a condutância estomática (gs) e a taxa fotossintética (A).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando o F foi significativo, aplicou-se o teste de Tukey para avaliar tanto o efeito dos tratamentos como as diferenças de sensibilidade entre híbridos aos referidos manejos. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os híbridos de milho analisados apresentaram respostas semelhantes em todas as variáveis estudadas, não apresentando diferença estatística significativa entre si (Tabelas 1 e 2). Da mesma forma, também não foram observadas diferenças significativas entre a presença ou ausência de cultivo intercalar de *B. ruziziensis* no espaçamento de 0,9 m entrelinhas, evidenciando que a *B. ruziziensis* não teve influência sobre as trocas gasosas e a eficiência fotossintética nas folhas de milho neste espaçamento.

A redução da transpiração observada no espaçamento de 0,45 m (Tabela 1) está relacionada à menor condutância estomática observada nas plantas deste tratamento (Tabela 2). A transpiração está relacionada à capacidade de reposição de água às folhas pelo sistema radicular e, conseqüentemente, à abertura estomática. Desta forma, a maior população de plantas por hectare no espaçamento de 0,45 provavelmente favoreceu uma maior competição intraespecífica por água entre as plantas de milho.

Tabela 1. Valores de transpiração (E), temperatura foliar (tl) e concentração interna de CO₂ (Ci) em folhas de híbridos de milho safrinha cultivados sob manejos diferentes. Dourados-MS, 2011.

Tratamentos	E mol m ⁻² s ⁻¹	tl °C	Ci µmol mol ⁻¹
Manejo			
0,90 m c/ <i>B. ruziziensis</i>	9,63 a	27,56 b	190,42
0,90 m s/ <i>B. ruziziensis</i>	9,02 ab	27,72 ab	190,00
0,45 m s/ <i>B. ruziziensis</i>	7,41 b	28,14 a	181,67
Média	8,69	27,71	187,36
Híbridos			
BRS 3035	8,58	27,82	201,78
AG 9010	9,50	27,60	182,22
BRS 1010	8,33	27,91	194,89
Média	8,80	27,78	192,96
C.V. (%)	18,8	0,9	25,0

Tratamentos com médias seguidas de letras diferentes em uma mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A temperatura foliar é influenciada pela transpiração, visto que ao perder água na forma de vapor, ocorre uma diminuição da temperatura da camada limitrofe da folha, ajudando desta forma a regular a temperatura foliar. Assim, a maior temperatura foliar observada no espaçamento de 0,45 (Tabela 1) é explicada pela menor transpiração das folhas das plantas sob este tratamento.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados em relação à concentração interna de CO₂ na folha (Tabela 1). A Ci é considerada uma variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, luz e energia, entre outros (Ometto et al., 2003). Como o milho safrinha é realizado em uma época do ano com menor disponibilidade hídrica, que representa um fator limitante ao metabolismo das plantas de milho, acredita-se que as condições climáticas influenciaram na resposta à Ci.

Observou-se menor consumo de CO₂ nas folhas das plantas de milho cultivadas com o espaçamento de 0,45 m sem o cultivo intercalar de *B. ruziziensis* (Tabela 2). O CO₂ consumido está diretamente relacionado à intensidade fotossintética da planta no momento da avaliação, ou seja, de modo geral, quanto mais acelerado for o metabolismo da planta, maior o consumo de CO₂ por unidade de tempo.

Já a condutância estomática é uma característica que normalmente é alterada somente quando a planta está sob estresse de déficit hídrico, quando ocorre acentuado aumento da resistência estomática, associado à menor abertura do poro dos estômatos que permanecem abertos (Messinger et al., 2006). Desta forma, como não havia consórcio com *B. ruziziensis*, pode-se atribuir a menor condutância estomática nas folhas das plantas cultivadas com o espaçamento de 0,45 m (Tabela 2) à maior população de plantas por hectare.

Tabela 2. Valores de consumo de CO₂ (ΔC), condutância estomática (gs) e taxa fotossintética (A) em folhas de híbridos de milho safrinha cultivados sob manejos diferentes. Dourados-MS, 2011.

Tratamentos	ΔC $\mu\text{mol mol}^{-1}$	gs $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	A $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
Manejo			
0,90 m c/ <i>B. ruziziensis</i>	55,75 a	0,34 a	18,32 a
0,90 m s/ <i>B. ruziziensis</i>	52,58 a	0,28 ab	17,28 a
0,45 m s/ <i>B. ruziziensis</i>	35,67 b	0,20 b	11,73 b
Média	48,00	0,27	15,78
Híbridos			
BRS 3035	46,11	0,25	15,11
AG 9010	57,22	0,31	18,87
BRS 1010	41,78	0,28	13,71
Média	48,37	0,28	15,90
C.V. (%)	27,5	26,7	27,6

Tratamentos com médias seguidas de letras diferentes em uma mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As plantas de milho cultivadas com o espaçamento de 0,90 m entrelinhas apresentaram maior taxa fotossintética (Tabela 2), independentemente do cultivo intercalar com *B. ruziziensis*. Observa-se, portanto, que embora o espaçamento de 0,45 m teoricamente proporcione uma maior distribuição espacial das plantas de milho, a fotossíntese das plantas neste tratamento foi influenciada pela maior população de plantas por hectare.



4.CONCLUSÕES

As trocas gasosas e a taxa fotossintética das plantas de milho safrinha não são influenciadas pela *B. ruziziensis* em linha intercalar.

O milho safrinha em espaçamento reduzido apresenta menor eficiência fotossintética por planta que o maior espaçamento.

Os híbridos apresentam taxas fotossintéticas semelhantes, bem como as respostas aos espaçamentos estudados.

5.REFERÊNCIAS

ARGENTA, G. S. et al. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 01, p. 71-78, 2001.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.159-164, 2000.

BRÜGGEMANN, G. Estado da arte e divulgação do plantio direto no Brasil. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 20, n. 122, p. 16-23, mar./abr. 2011.

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entressafra. In: WORKSHOP INTERNACIONAL PROGRAMA DE INTEGRAÇÃO AGRICULTURA E PECUÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS SAVANAS SULAMERICANAS, 2001, Santo Antonio de Goiás. **Anais...** Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. p.125-135. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 123).

FIETZ, R. C.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 92).

MESSINGER, S. M. et al. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO₂. **Plant Physiol.**, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006.

NAVES-BARBIERO, C. C. et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 2, p. 119-134, 2000.

NISHIO, J. N.; SUN, J.; VOGELMANN, T. C. Photoinhibition and the light environment within leaves. In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R.



(Eds.) **Photoinhibition of photosynthesis**. Oxford: BIOS Scientific Publishers, 1994. p. 1-24.

OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P.; DUTRA, L.G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A.E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E. da M. de. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1996. 87p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 64).

OMETTO, J. P. H. B. et al. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003. CD-ROM.

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D. de J.; CARVALHO, G.G.P. de. Potencialidade da integração Lavoura-Pecuária: relação planta-animal. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, 2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010106/010601.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2011.