

ÍNDICE DE COLHEITA E EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO PELO FEIJOEIRO EM VÁRZEA TROPICAL

ALBERTO BAÊTA DOS SANTOS¹, NAND KUMAR FAGERIA²

INTRODUÇÃO: No ecossistema várzeas, o cultivo do feijoeiro no sistema de subirrigação tem-se mostrado como uma alternativa viável para aumentar a produtividade de grãos, na entressafra do arroz irrigado. O feijoeiro é uma planta bastante exigente em nutrientes e, devido ao ciclo curto, necessita que eles estejam prontamente disponíveis nos momentos de demanda, para não limitar a produtividade de grãos. A demanda por nitrogênio (N) pelo feijoeiro em várzeas é maior que nos sistemas tradicionais de cultivo em terras altas (SANTOS et al., 2003). Possivelmente isso se deve à quantidade de resíduos deixados na superfície do solo pela cultura do arroz irrigado, os quais propiciam maior imobilização e menor disponibilidade do nutriente para a cultura. O N é absorvido em quantidades mais elevadas pelo feijoeiro, em relação aos demais nutrientes. Entre as técnicas de manejo necessárias para atingir alto potencial produtivo nos sistemas agrícolas, está a adubação nitrogenada. Por ser um elemento que se perde facilmente por vários processos, o manejo adequado de N com o propósito de maximizar a eficiência de seu uso é tido como um dos mais difíceis. A eficiência de uso das fontes de N pelas culturas anuais, como o feijoeiro, é baixa, ao redor de 50%, e uma das causas para esse baixo valor está relacionada com a dose e a época de aplicação inadequadas. A melhoria da eficiência de uso de N é desejável para aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção e manter a qualidade ambiental. A maioria dos estudos sobre métodos e épocas de adubação nitrogenada para o feijoeiro refere-se ao cultivo em terras altas, onde se recomenda uma ou duas aplicações parceladas a lanço. Santos e Silva (2002) relatam que, devido ao rápido crescimento do feijoeiro em várzeas tropicais, a incorporação de N deve ser feita antes do fechamento das entre linhas. Santos et al. (2003) verificaram que o feijoeiro apresentou melhor resposta à aplicação de parte do N incorporada ao solo que a aplicação a lanço na superfície. A eficiência de recuperação de N pelo feijoeiro pode ser aumentada com a adoção de seu manejo apropriado, como o uso de dose e época de aplicação adequadas às necessidades da cultura. Com isso, a estratégia de adubação de N deve ter como objetivo melhorar a sincronia entre a época de aplicação e a época de maior demanda pela planta, de forma a maximizar a absorção do nutriente e a produtividade de grãos. Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos do manejo de N nos índices de colheita de grãos e de N, no teor de proteína bruta nos grãos e na eficiência de uso do nutriente em genótipos do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na Fazenda Xavante, no município de Dueré, TO, na entressafra do arroz irrigado, em solo de várzea classificado como Gleissolo Háptico Ta distrófico, textura franco argilo arenosa. As análises químicas e granulométricas das amostras de solo coletadas no início do estudo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente, revelaram 6,5-6,2 de pH em água (1:2,5); 4,3-2,9 cmol_c kg⁻¹ de Ca²⁺; 2,2-1,0 cmol_c kg⁻¹ de Mg²⁺; 38,7-22,6 mg kg⁻¹ de P; 92-41 mg kg⁻¹ de K⁺; 1,2-0,7 mg kg⁻¹ de Cu; 3,4-2,0 mg kg⁻¹ de Zn; 55-49 mg kg⁻¹ de Fe; 11-6 mg kg⁻¹ de Mn; 32-29 g kg⁻¹ de MO; 267-247 g kg⁻¹ de argila; 200-160 g kg⁻¹ de silte; 533-593 g kg⁻¹ de areia. Avaliaram-se sete manejos de N: MN 1 - sem N; MN 2 - todo N incorporado ao solo nas entre linhas aos 15 dias após a emergência (DAE); MN 3 - todo N a lanço em cobertura aos 15 DAE; MN 4 - todo N incorporado ao solo no sentido transversal às linhas de semeadura; MN 5 - todo N incorporado com grade antes da semeadura; MN 6 - metade do N incorporado no sulco de semeadura e o restante incorporado ao solo nas entre linhas aos 15 DAE; MN 7 - todo N incorporado ao solo nas entre linhas, por ocasião de semeadura, combinados com quatro cultivares de feijoeiro, com as seguintes características de grupo comercial e hábito de crescimento: BRS Grafite - Preto, ereto (II), ciclo médio; BRS Pontal - Carioca, semi-ereto (II/III), ciclo médio; BRS Radiante e Jalo

¹Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, baeta@cnpaf.embrapa.br

²Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, fageria@cnpaf.embrapa.br

Precoce - Manteigão/Rajado, ereto (I), ciclo curto. A adubação nitrogenada consistiu da aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, e as adubações fosfatada e potássica foram de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O, empregando-se o formulado 00-20-20. Após a semeadura, passou-se rolo compactador em toda área, visando favorecer a redistribuição da água até a superfície do solo, durante a subirrigação, método no qual a água é aplicada diretamente sob a superfície do solo, por meio da manutenção e controle do lençol freático a uma profundidade pré-estabelecida. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis repetições, no esquema de parcelas divididas, sendo as parcelas constituídas pelos manejos de N e as subparcelas pelas cultivares, com seis linhas de 50 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m. Por ocasião da colheita, determinaram-se a massa da matéria seca da parte aérea, a produtividade de grãos, a qual foi ajustada em 13% de umidade e expressa em kg ha⁻¹, a produtividade biológica e o N na parte aérea e nos grãos pelo método micro kjeldahl e o teor de proteína bruta (PB%). A eficiência de uso de N (EUN) e os índices de colheita de grãos (ICG) e de N (ICN) foram calculados pelas fórmulas: EUN = Massa da matéria seca da palha ou grãos/acumulação de N na palha ou grãos; ICG = Produtividade de grãos/produtividade de grãos + palha; ICN = Acumulação de N nos grãos/acumulação de N nos grãos + palha. O teor de proteína bruta (PB%) foi determinado pela fórmula PB = N total x 6,25, em que N total é o teor de N nos grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A EUN e o teor de proteína bruta nos grãos diferiram apenas entre as cultivares, ao passo que houve interação entre cultivar e manejo de N no ICG, ICN e EUN na palha. Eficiência de uso de N nos grãos é a relação entre o produto colhido e o insumo aplicado. As cultivares BRS Radiante e Jalo Precoce apresentaram os maiores valores de EUN, a BRS Pontal teve valor intermediário e a BRS Grafite a menor eficiência de N nos grãos (Tabela 1). Os teores de proteína bruta nos grãos das cultivares tiveram respostas inversas às EUN nos grãos, ou seja, a cultivar do grupo comercial preto apresentou o maior valor porcentual, a do grupo carioca intermediária e as do grupo Manteigão/Rajado as menores porcentagens de proteína (Tabela 1). Os teores protéicos dos grãos foram semelhantes aos obtidos por Lemos et al. (2004). O local de cultivo, os fatores ambientais e os genótipos variam o conteúdo protéico, na composição centesimal do feijão.

Tabela 1. Eficiência de uso de N (EUN) e teor de proteína bruta (PB) nos grãos em cultivares de feijoeiro em várzea¹.

Cultivar	EUN nos grãos (kg kg ⁻¹)	PB nos grãos (%)
BRS Radiante	34,7a	18,1c
Jalo Precoce	33,8a	18,7c
BRS Pontal	32,2b	19,6b
BRS Grafite	30,4c	20,7a
Média	32,8	19,3
CV (%)	7,6	8,3

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, na significância de 0,05.

Em média, as cultivares precoces, Jalo Precoce e BRS Radiante, apresentaram os maiores valores de ICG, ICN e EUN na palha, a BRS Pontal valores intermediários, e a BRS Grafite os menores índices (Tabela 2). Apenas as cultivares BRS Grafite e BRS Radiante apresentaram diferenças no ICG, no ICN e na EUN na palha devido ao manejo do fertilizante nitrogenado. Fageria et al. (2006) relatam que o ICG é um componente importante na determinação da produtividade de grãos. Maior ICG significa maior eficiência na translocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta e, conseqüentemente, incremento na produtividade de grãos. Plantas mais competitivas investem mais na produção de colmos e folhas e menos em grãos; portanto apresentam menor IC. Segundo Sinclair (1998), há evidências de que o ICG das culturas aumentou com a maior produtividade obtida nas últimas décadas. Com isso, a seleção para maiores ICG pode ser uma forma eficiente de aumentar a produtividade de grãos. Em comparação à testemunha sem N (MN 1), a adubação nitrogenada aumentou o ICG da cultivar BRS Grafite, independente das épocas e modos de aplicação do fertilizante nitrogenado. Na cultivar BRS Radiante, a aplicação total do N incorporado ao

solo por ocasião da semeadura (MN 5 e MN 7) propiciou maiores ICG, exceto o N incorporado ao solo no sentido transversal às linhas de semeadura (MN 2). A aplicação de todo N a lanço em cobertura aos 15 DAE (MN 3) apresentou o menor ICG e não diferiu da testemunha sem N (MN 1). Na aplicação a lanço em cobertura, pode ter ocorrido maior perda de N por volatilização, pois no cultivo de espécies de sequeiro em várzeas, na entressafra do arroz irrigado, o fornecimento de água às plantas se dá por subirrigação, a qual propicia a formação de uma fina camada seca na superfície do solo, o que pode impossibilitar ou retardar a absorção de N pelo feijoeiro. Atraso no fornecimento de N ao feijoeiro reduz a produtividade de grãos, provavelmente decorrente da imobilização biológica do N do solo. A acumulação de alto nível de N é essencial para alta produtividade e, conseqüentemente, alto ICG (Sinclair, 1998).

Tabela 2. Efeitos do manejo do nitrogênio nos índices de colheita de grãos (ICG) e de N (ICN) e na eficiência de uso de N (EUN) na palha em cultivares de feijoeiro em várzea¹.

Manejo do N ²	Cultivar			
	BRS Grafite	Jalo Precoce	BRS Pontal	BRS Radiante
ICG				
MN 1	0,31b	0,49a	0,47a	0,44c
MN 2	0,47a	0,56a	0,46a	0,59a
MN 3	0,44a	0,49a	0,48a	0,44c
MN 4	0,42a	0,53a	0,53a	0,50b
MN 5	0,42a	0,53a	0,54a	0,54a
MN 6	0,40a	0,49a	0,45a	0,51b
MN 7	0,43a	0,54a	0,52a	0,59a
Média	0,41C	0,52A	0,49B	0,52A
CV (%)	9,5			
ICN				
MN 1	0,52c	0,79a	0,73a	0,79b
MN 2	0,73a	0,85a	0,70a	0,85a
MN 3	0,69a	0,78a	0,70a	0,75b
MN 4	0,64b	0,82a	0,77a	0,74b
MN 5	0,67a	0,82a	0,74a	0,85a
MN 6	0,62b	0,81a	0,70a	0,82a
MN 7	0,63b	0,82a	0,71a	0,81a
Média	0,64C	0,81A	0,72B	0,80A
CV (%)	7,2			
EUN na palha (kg kg ⁻¹)				
MN 1	77,5a	131,5a	102,0a	170,5a
MN 2	94,0a	149,3a	83,3a	139,3b
MN 3	79,3a	132,0a	78,3a	131,8b
MN 4	72,5a	121,3a	99,0a	107,0c
MN 5	90,8a	139,5a	90,0a	165,5a
MN 6	77,8a	146,8a	93,3a	156,0a
MN 7	72,5a	149,3a	84,0a	107,3c
Média	80,6B	137,0A	90,0B	139,6A
CV (%)	16,0			

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, ou maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, na significância de 0,05. ²MN 1 - sem N; MN 2 - todo N incorporado ao solo nas entre linhas aos 15 dias após a emergência (DAE); MN 3 - todo N a lanço em cobertura aos 15 DAE; MN 4 - todo N incorporado ao solo no sentido transversal às linhas de semeadura; MN 5 - todo N incorporado com grade antes da semeadura; MN 6 - metade do N incorporado no sulco de semeadura e o restante incorporado ao solo nas entre linhas aos 15 DAE; MN 7 - todo N incorporado ao solo nas entre linhas, por ocasião de semeadura.

O índice de colheita de nutrientes expressa a proporção de nutrientes acumulada nos grãos e está associada à eficiência vegetal de utilização de nutrientes. Segundo Fageria (2008), alto ICN nas culturas ou genótipos é desejável, pois é positivamente associado com a produtividade de grãos. Os maiores ICN da cultivar BRS Grafite foram obtidos quando o N foi aplicado aos 15 DAE, incorporado (MN 2) ou a lanço (MN 3), e antes da semeadura incorporado ao solo com grade (MN 5) e o menor

valor na testemunha sem N (MN 1) (Tabela 2). Na cultivar BRS Radiante, os ICN foram separados em dois grupos: no de menores valores encontram-se a aplicação do N a lanço aos 15 DAE (MN 3) e incorporado ao solo no sentido transversal às linhas de semeadura (MN 4), os quais não diferiram da testemunha sem N (MN 1). Fageria & Santos (2008) relataram correlação significativa e positiva de ICG e ICN com a produtividade de grãos de feijão. Sant'Ana et al. (2011) verificaram que o ICG e o ICN no feijoeiro irrigado são influenciados pelas doses de N e se ajustam a modelos quadráticos. A EUN na palha foi influenciada pelos manejos do N apenas na cultivar BRS Radiante. Os maiores valores foram verificados na testemunha sem N (MN 1) e quando todo o N foi incorporado com grade antes da semeadura (MN 5) e metade do N incorporado no sulco de semeadura e o restante incorporado ao solo nas entre linhas aos 15 DAE (MN 6). As menores EUN na palha foram obtidas na aplicação total do N incorporado ao solo em sulcos distintos das linhas de semeadura, por ocasião dessa (MN 4 e MN 7). Isso indica que a translocação do N para os grãos nesses manejos foi maior.

CONCLUSÕES: Há diferença entre cultivares de feijoeiro no uso de N, nos índices de colheita de grãos e de N e no teor de proteína bruta. As cultivares precoces, Jalo Precoce e BRS Radiante, apresentam os maiores índice de colheita de grãos, índice de colheita de N e eficiência de uso de N na palha. Na cultivar BRS Radiante, o menor ICG é obtido na aplicação de N a lanço aos 15 DAE e a menor EUN na palha na aplicação de N incorporada ao solo na semeadura. As menores eficiências de N na palha apresentadas pelas cultivares de ciclo médio, BRS Grafite e BRS Pontal, indicam maiores translocação do N para os grãos.

REFERÊNCIAS

- FAGERIA, N. K. Nitrogen. In: FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton: CRC Press, 2008, p. 31-90.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. **Physiology of crop production**. New York: The Haworth Press, 2006. 345 p.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos. Yield physiology of dry bean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, p. 983-1004, 2008.
- LEMOS, L. B.; OLIVEIRA, R. S. de; PALOMINO, E. C.; SILVA, T. R. B. da. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.
- SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B. dos; SILVEIRA, P. M. da. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 458-462, 2011.
- SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da; MELO, M. L. B. de. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1265-1271, 2003.
- SANTOS, A. B. dos; SILVA, O. F. da. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 207-216.
- SINCLAIR, T. R. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation. **Crop Science**, Madison, v. 38, p. 638-643, 1998.