

EFICIÊNCIA DO USO DE NITROGÊNIO PARA PRODUÇÃO DE GRÃO E PROTEÍNA POR CULTIVARES DE ARROZ¹

ALTAMIRO SOUZA DE LIMA FERRAZ JUNIOR², SONIA REGINA DE SOUZA³,
MANLIO SILVESTRE FERNANDES e ROBERTO OSCAR PEREYRA ROSSIELLO⁴

RESUMO - Foi feito um experimento em casa de vegetação, para avaliar a eficiência do uso de nitrogênio (EUN) para produção de grão (PG) e de proteína bruta (PB), em dezenove cultivares de arroz. Quinze cultivares tradicionais do Estado do Maranhão, separadas por alto e baixo teor de PB, e quatro cultivares IAC melhoradas, foram cultivadas em vasos com solo, com dois níveis de N: sem suplementação (0,07 g N/planta, no plantio) e com suplementação foliar (0,035 g N/planta) aplicada 10 e 20 dias após a floração, na forma de URAN. A aplicação foliar aumentou o teor de PB mas não a PG, resultando em redução em EUNG e EUNP das cultivares. Houve diferenças genotípicas significativas quanto a EUN e seus componentes: eficiência de absorção, e eficiência de utilização. As cultivares melhoradas apresentaram maiores EUN, graças a sua maior eficiência de absorção. Quanto às tradicionais, as EUN resultaram mais associadas à eficiência de utilização. As cultivares Arroz de Revenda, Cana Roxa, e Ligeiro Vermelho entre as tradicionais e IAC-899 e IAC-1278 entre as melhoradas, apresentaram os maiores valores de EUN.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, eficiência de absorção, eficiência de utilização.

NITROGEN USE EFFICIENCY FOR GRAIN AND PROTEIN PRODUCTION BY RICE GENOTYPES

ABSTRACT - A greenhouse experiment was conducted to evaluate the nitrogen use efficiency (EUN) in relation to grain production (PG) and crude protein content (PB) of nineteen cultivars of rice. Fifteen of them are adapted to soils of low levels of nutrients from the state of Maranhão, Brazil. They were chosen according to their contrasting capacity to accumulate proteins. The other four cultivars were bred to give high yields under optimal agricultural conditions. They were grown in pots with and without addition of foliar N (0.035 g N/plant) applied 10 and 20 days after flowering as N-URAN. All plants received 0.07 g of N/plant after planting. Nitrogen increased the level of protein production but did not influence PG. These results induced a lower EUN for grain and protein production for all cultivars. There were genotypic significant differences for EUN and its components: uptake and utilisation efficiency. Cultivars bred for higher yield had higher EUN due to its greater N uptake efficiency. To the non-bred ones, EUN was more dependent on higher capacity for N remobilization. The non-bred cultivars Arroz de Revenda, Cana Roxa, Ligeiro Vermelho and the bred IAC-899 and IAC-1278 had the greatest EUN values.

Index terms: *Oryza sativa*, uptake efficiency, utilisation efficiency.

INTRODUÇÃO

O avanço da agricultura para áreas marginais com baixa disponibilidade de nutrientes é uma realidade

irreversível que necessita de estratégias capazes de adaptar as plantas a esses ambientes (Duncan & Baligar, 1990).

Na maior parte das áreas onde o arroz é cultivado, o nitrogênio (N) é o principal fator limitante à produtividade, e o custo do fertilizante nitrogenado constitui a maior fração do custo total da produção (Buresh & De Datta, 1991).

O aumento da produtividade do arroz e a melhoria da qualidade nutricional (teor de proteína no grão) a baixo custo depende do aumento da eficiência de uso do N por este cereal, quer seja pela aplicação

¹ Aceito para publicação em 11 de outubro de 1996.

² Eng. Agr., Universidade Estadual do Maranhão, CEP 65000-000 São Luiz, MA.

³ Eng. Agr., Prof. Assistente, Dep. de Bioquímica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), CEP 23852-970 Seropédica, RJ.

⁴ Eng. Agr., Prof. Adjunto, Dep. de Solos, UFRRJ. Bolsista do CNPq.

racional de fertilizantes, quer pelo uso de cultivares eficientes na absorção e utilização do N disponível no solo.

São abundantes as indicações na literatura de que o aumento do teor de proteína no grão correlaciona negativamente com o peso do grão. Entretanto, existem observações de que esta relação pode ser parcialmente revertida pela aplicação de N após a antese (Turley & Ching, 1986, em cevada; Tom et al., 1981 e Souza, 1990, em arroz).

Como demonstrado por Souza et al. (1993), aumentos no teor de proteína bruta do grão de arroz, em função da suplementação nitrogenada após a antese, melhoram a qualidade nutricional do arroz, porque são causados, principalmente, pela elevação dos teores de glutelina, principal proteína de reserva, acumulada nos corpos protéicos do endosperma (Nishizawa et al., 1977).

Diferenças genotípicas quanto à eficiência de uso do N têm sido observadas em cultivares de arroz (Furlani et al., 1986; Broadbent et al., 1987; Ancheng et al., 1993). Segundo Fonseca et al. (1982), as cultivares tradicionais plantadas por pequenos produtores no Estado do Maranhão são adaptadas a solos de baixa fertilidade natural. Plantas cultivadas nessas condições podem apresentar maior eficiência de uso do N, por não terem sido melhoradas com altos níveis de N (Clarkson, 1985; Vose, 1990).

Uma combinação de plantas com alta qualidade nutricional dos grãos e eficiência no uso de N é desejável para as cultivares de arroz usadas na agricultura de baixos insumos.

Este trabalho teve como objetivo estudar a variação genotípica da eficiência do uso de N para produzir grãos e proteína em quinze cultivares de arroz tradicionais, cultivadas no Estado do Maranhão, e quatro cultivares IAC, produto do melhoramento genético com e em suplementação nitrogenada após a antese.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de 23 de novembro de 1991 a 20 de maio de 1992. O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso, com 19 cultivares, sendo 15 cultivares tradicionais (Lageado, Dobradinho, Arroz de Revenda, Cutião

Branco, Agulha, Bico Preto, Pindaré, Nenenzinho Branco, Cana Roxa, Ligeiro Vermelho, Bico Ganga, Zebu Branco, Sagrimão, Goiano e Piauí) e quatro cultivares melhoradas (IAC-25, IAC-47, IAC-899 e IAC-1278). As cultivares foram submetidas a dois níveis de adubação nitrogenada: as testemunhas, com aplicação de 0,07 g de N/planta na forma de uréia; e os tratamentos, com 0,14 g de N/planta, sendo 0,07 g de N/planta no plantio, mais 0,07 g de N/planta aplicados 10 e 20 dias depois da antese (DDA) na forma de URAN (adubo líquido contendo uréia, amônio e nitrato com 32% de N), em três repetições.

Foram usados vasos de plástico contendo 7 kg de terra fina secada ao ar (TFSA), proveniente dos primeiros 0,2 m de um solo Brunizem avermelhado coletado no município do Rio de Janeiro. A adubação fosfatada foi omitida, em face do alto nível de P do substrato (30 mg P/kg de TFSA). A adubação potássica foi feita na dose de 0,03 g de K/planta, de acordo com a análise de solo e seguindo a recomendação de adubação para a cultura do arroz no Estado do Rio de Janeiro (Oliveira & Teixeira, 1988).

Foram utilizadas duas plantas por vaso. A irrigação foi feita de forma a manter os vasos em torno de 80% da capacidade de retenção de água, pelo método da pesagem.

Considerou-se antese quando 50% das paniculas estavam emitidas e abertas; a partir daí, foram contados dez dias para a primeira suplementação nitrogenada (0,07 g de N/planta), e 20 dias para a segunda (0,07 g de N/planta) na forma de URAN.

A aplicação do N suplementar foi feita de acordo com Souza (1990), sempre nas primeiras horas da manhã, com um microaspersor manual, na dose de 40 ml de solução com URAN (3,5 ml de URAN/1000 ml), com a adição do surfatante Triton X-100, na concentração de 0,05%, tomando-se o cuidado de evitar o escorrimento nas folhas e forrando-se os vasos com papel alumínio.

A colheita final do experimento foi feita entre 30 e 38 dias depois da antese, quando os grãos se encontravam maduros. As plantas foram cortadas rente ao solo e separadas em paniculas, folhas-bandeiras, segundas folhas, demais folhas e colmos+bainhas. Determinou-se a massa fresca das partes vegetativas, que, em seguida, foram secadas em estufa a 60°C até peso constante para a determinação da massa seca. Os grãos foram separados das paniculas, secados ao sol, e pesados. Amostras das partes vegetativas e dos grãos descascados a mão foram utilizadas para a determinação de N-total, segundo Tedesco (1982). O teor de PB no grão foi obtido multiplicando-se o teor de N-total pelo fator 5,95, específico para arroz (Juliano, 1985).

A análise da eficiência de uso de N para produzir grãos foi feita de acordo com Moll et al. (1982). Na conceituação

desses autores, EUNG é definida como produção de grão (PG) por unidade de N disponível no solo (N_s), que é substituído por N do fertilizante (NF), em face da dificuldade de se estimar a quantidade de N fornecida pelo solo (Moll et al., 1982). EUNP é dividido em dois componentes primários: (1) eficiência de absorção, e (2): eficiência de utilização do N absorvido para produção de grãos, definidos respectivamente pelos quocientes NT/NF e PG/NT, onde NT é N-total da planta madura (raízes excluídas). Todos os dados são expressos como g/planta. Portanto:

$$\frac{PG}{NF} = \left(\frac{NT}{NF}\right)\left(\frac{PG}{NT}\right) \quad (1)$$

Por aplicação de logaritmos, define-se

$$Y = \log \frac{PG}{NF};$$

$$X_1 = \log \frac{NF}{NT} \text{ e}$$

$$X_2 = \log \frac{PG}{NT},$$

de tal forma que a equação (1) pode ser escrita, de forma geral, como:

$$Y_k = X_{1k} + X_{2k} \quad (2)$$

em relação à unidade experimental k. A equação (2) pode ser expandida para i componentes aditivos, e a contribuição de componente i para a soma de quadrados de log EUNG é dada por:

$$\frac{\sum X_i Y}{\sum Y^2} = (rYX_i) \frac{SX_i}{SY} \quad (3)$$

onde rYX_i é o coeficiente de correlação, e SY e SX_i são o desvio-padrão de log EUNG e do componente i-ésimo, respectivamente.

De forma similar, sendo N um componente parcial da massa seca total, a análise da eficiência do uso de N para produção de proteína (EUNP) pode ser descrita pela seguinte expressão (May et al., 1991):

$$\frac{NG}{NF} = \left(\frac{NT}{NF}\right)\left(\frac{NG}{NT}\right) \quad (4)$$

onde NG, NF e NT representam N do grão, do fertilizante e do total da parte aérea da planta, respectivamente, expressas como g de N/planta. A análise da contribuição de cada componente à soma de quadrados de log NG/NF (EUNP) foi feita da mesma forma que a descrita acima em relação à EUNG.

Os parâmetros foram submetidos a análise de variância, e a significância entre médias foi estabelecida pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma grande variação entre cultivares quanto aos parâmetros EUNG (PG/NF), eficiência de absorção de N (NT/NF) e eficiência de utilização do N absorvido (PG/NT) nos dois níveis de N aplicados (Tabela 1). Resultados semelhantes foram observados por Moll et al. (1982, 1987) com híbridos de milho. Nas testemunhas, sem N suplementar, EUNG variou de 100,8, para a cultivar Sagrimão a 504,5 para a IAC-899. A suplementação foliar com URAN reduziu a eficiência de uso de N significativamente, com valores variando de 50,5 para a cultivar Sagrimão a 243,3 relativamente à cultivar IAC-899. Estes resultados são superiores aos obtidos por Broadbent et al. (1987) e por Castillo et al. (1992).

A redução da EUNG era esperada, porque a suplementação nitrogenada não promoveu aumento na produção de grãos (Fig. 1), embora tenha fornecido em dobro a quantidade do nutriente aplicado nas testemunhas. Segundo Bock (1984), aplicações tardias de N reduzem a eficiência de absorção, de utilização, e, conseqüentemente, a eficiência de uso de N. Resultados semelhantes foram observados por Castillo et al. (1992) e Huggins & Pan (1993).

As cultivares mais eficientes nos dois níveis de N, IAC-899 e IAC-1278 (cultivares de arroz irrigado), mostraram alta eficiência de absorção e de utilização do N, provavelmente graças à pressão de seleção para o aumento na produção de grãos em condições de solos férteis e água disponível a que foram submetidas essas cultivares. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Osaki et al. (1992) em cultivares modernas de arroz, e por Dhugga & Waines (1989) em cultivares de trigo melhoradas em condições de solos férteis e com irrigação. As cultivares tradicionais Lageado, Arroz de Revenda e Cana Roxa, embora adaptadas a solos de baixa fertilidade natural, apresentaram altos valores de eficiência de uso de N para produção de grãos, nas condições do experimento, demonstrando a capacidade de sua resposta à melhoria da fertilidade do solo.

TABELA 1. Eficiência de uso de N para produzir grãos (EUNG) e seus componentes, com e sem suplementação foliar com URAN, 10 e 20 dias depois da antese¹.

Cultivar	Sem suplementação ²			Com suplementação ³		
	PG ⁴ /NF ⁵	NT ⁶ /NF	PG/NT	PG/NF	NT/NF	PG/NT
Lageado	396,76ab	6,76abcd	58,68abc	201,55ab	3,86abc	52,25abc
Dobradinho	301,57bcde	6,19abcde	48,72bcde	142,00cde	3,33cd	42,60abc
Arroz de Reveda	376,33abc	6,09abcde	61,64ab	202,81ab	3,60abcd	56,41a
Cutião Branco	271,88bcde	5,90abcde	46,05bcde	129,05de	3,02de	42,68abc
Agulha	258,50cde	4,95de	52,19abcde	163,21bcde	3,21cde	50,78abc
Bico Preto	260,57cde	6,14abcde	42,42de	141,64cde	3,14cde	45,07abc
Pindaré	228,76ef	6,09abcde	37,53ef	117,46de	3,07de	38,24bc
Nenen. Branco	252,21cde	5,86abcde	43,06cde	121,26de	2,98de	40,74abc
Cana Roxa	360,79bcd	5,71cde	63,14ab	174,13bcd	3,24cd	53,78a
Ligeiro Vermelho	312,57bcde	5,76bcde	54,25abcd	162,90bcde	3,02cd	53,88ab
Bico Ganga	324,26bcde	6,52abcde	49,70abcde	135,87de	3,57abcd	38,04bc
Zebu Branco	234,48de	5,80abcde	40,36de	130,79de	3,07de	42,58abc
Sagrinhão	100,83f	4,71e	21,39f	50,53f	2,45e	20,60d
Goiano	234,14de	5,86abcde	39,98de	111,37e	3,12cde	35,70cd
Piauí	235,07de	5,81abcde	40,46de	117,00de	3,24cde	36,14cd
IAC-25	305,19bcde	5,52cde	55,25abcd	166,68bcde	3,43bcd	48,61abc
IAC-47	361,74bcd	6,90abc	52,39abcde	168,81bcde	3,60abcd	46,96abc
IAC-899	504,50a	7,62a	66,22a	243,31a	4,33a	56,15a
IAC-1278	503,83a	7,57ab	66,54a	194,09abc	4,19ab	46,32abc
Média	306,53	6,09	49,48	151,27	3,34	44,61

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

² Sem suplementação: 0,07 g de N/planta.

³ Com suplementação: 0,14 g de N/planta, sendo 0,07 g de N/planta no plantio e 0,035 + 0,035 g de N/planta, via foliar, 10 e 20 dias depois da antese.

⁴ Peso de grãos (g/planta).

⁵ N do fertilizante (g/planta).

⁶ N-total da planta exceto a raiz (g/planta).

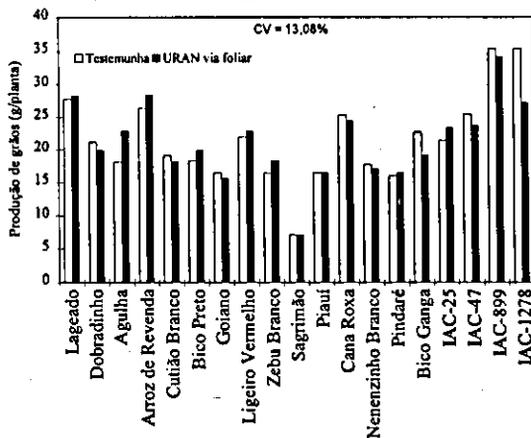


FIG. 1. Produção de grãos de 19 cultivares de arroz com e sem suplementação foliar com URAN, 10 e 20 dias depois da antese.

As baixas EUNGS das cultivares Sagrinão, Pindaré, Goiano e Piauí podem ser explicadas pelas

reduzidas capacidades de dreno reprodutivo dessas cultivares, uma vez que as condições de luminosidade, temperatura, água disponível e fertilidade do substrato, nas condições do experimento, não foram limitantes. Segundo Vose (1990), há determinados ecótipos que requerem pouca disponibilidade de nutrientes, mas apresentam uma inerente baixa capacidade fisiológica para resposta a produção.

A análise da contribuição relativa das cultivares tradicionais de alto e de baixo teor de PB e melhoradas (Tabela 2), feita separadamente, mostrou que nas cultivares tradicionais a eficiência de utilização (PG/NT) respondeu pela maior parte da variação na EUNG, tanto nas testemunhas como nas parcelas com suplementação nitrogenada. Nas cultivares melhoradas, 56,7% e 59,1% da variação da EUNG ocorreu em função da variação na eficiência de absorção (NT/NF), nas testemunhas e parcelas suplementadas, respectivamente. Estes resultados

TABELA 2. Contribuição relativa das componentes da eficiência de uso de N para produzir grãos (EUNG), para os três grupos de cultivares, com e sem suplementação foliar com URAN, 10 e 20 dias depois da antese¹.

Componente da eficiência			NF (g/planta)	$X_i, Y/Y^2$ (contribuição relativa)	rYX_i	SX_i/SY
Cultivares tradicionais de baixo teor de PB						
Efic. de absorção	PG/NF	Y				
	NT/NF	X1	0,07 ²	0,361	0,636	0,567
Efic. de utilização	PG/NT	X2	0,14 ³	0,441	0,894	0,493
			0,07	0,639	0,825	0,775
			0,14	0,559	0,946	0,591
Cultivares tradicionais de alto teor de PB						
Efic. de absorção	PG/NF	Y				
	NT/NF	X1	0,07	0,190	0,745	0,256
Efic. de utilização	PG/NT	X2	0,14	0,200	0,790	0,255
			0,07	0,810	0,979	0,825
			0,14	0,800	0,977	0,815
Cultivares melhoradas						
Efic. de absorção	PG/NF	Y				
	NT/NF	X1	0,07	0,567	0,935	0,606
Efic. de utilização	PG/NT	X2	0,14	0,591	0,924	0,640
			0,07	0,433	0,896	0,483
			0,14	0,409	0,829	0,493

¹ PG = Produção de grãos em g/planta; NF = N do fertilizante; NT = N total da parte aérea + grãos em g/planta; $(X_i/Y^2) = rYX_i (SX_i/SY)$, contribuição relativa de X_i para a variação de Y; rYX_i = coeficiente de correlação entre X_i e Y; SX_i = desvio-padrão de X_i ; SY = desvio-padrão de Y.

² Tratamento sem suplementação via foliar.

³ Tratamento com URAN via foliar.

indicam que nas cultivares tradicionais as maiores EUNGS foram obtidas graças a altas eficiências de utilização do N absorvido (PG/NT), enquanto nas cultivares melhoradas a influência da eficiência de absorção (NT/NF) na EUNG foi maior.

Essas diferenças podem ser explicadas por terem sido as cultivares do grupo IAC selecionadas para altas produtividades, com níveis elevados de N, com pouca ou mesmo nenhuma pressão de seleção para alta eficiência de utilização do N absorvido, e também pelo fato de as cultivares tradicionais do Maranhão terem sido selecionadas por agricultores em solos de baixa fertilidade natural. Segundo Jennings (1964), as cultivares tradicionais apresentam crescimento lento, e podem produzir em condições de menor disponibilidade de nutrientes, porque utilizam melhor o N disponível (Vose, 1990; Osaki et al., 1992).

Observou-se um aumento da contribuição relativa da eficiência de absorção com a suplementação

nitrogenada nos três grupos de cultivares (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados em milho (Moll et al., 1982) e em trigo por Dhugga & Waines (1989).

A suplementação foliar com N, depois da antese reduziu a EUNP em todas as cultivares (Tabela 3), em proporções inferiores à redução da EUNG, por causa do aumento significativo do teor de proteína bruta do grão na maioria das cultivares, promovido pela suplementação nitrogenada pós-antese (Fig. 2). A EUNP variou entre 1,19 na cultivar Sagrimão a 4,62 na IAC-899 no tratamento sem suplementação, e caiu aproximadamente 50% nas mesmas cultivares, quando receberam suplementação.

As cultivares melhoradas apresentaram valores de EUNP acima da média das 19 cultivares, nos dois níveis de N. Entre as cultivares tradicionais, Arroz de Revenda, Ligeiro Vermelho, Cana Roxa e Dobradinho foram superiores à média das 19 cultivares, - as três primeiras, por apresentarem uma com-

TABELA 3. Eficiência do uso de N para produzir proteína (EUNP) em suas componentes, com e sem suplementação foliar com URAN, 10 e 20 dias depois da antese¹.

Cultivar	Sem suplementação ²			Com suplementação ³		
	NG ⁴ /NF ⁵	NT ⁶ /NF	NG/NT	NG/NF	NT/NF	NG/NT
Lageado	2,95cd	6,76abcd	0,44de	1,57cde	3,86abc	0,41d
Dobradinho	3,33bcd	6,19abcde	0,54abcde	1,69bcde	3,33cd	0,51abcd
Arroz de Revenda	3,71abcd	6,09abcde	0,61ab	2,21ab	3,60abcd	0,62a
Cutião Branco	2,67d	5,9abcde	0,45cde	1,36de	3,02de	0,45bcd
Agulha	2,57d	4,95de	0,52abcde	1,79bcde	3,21cde	0,56abc
Bico Preto	2,90cd	6,14abcde	0,47bcde	1,67bcde	3,14cde	0,53abcd
Pindaré	2,52d	6,09abcde	0,41e	1,38de	3,07de	0,45bcd
Nenen Branco	2,76cd	5,86abcde	0,47bcde	1,43de	2,98de	0,48abcd
Cana Roxa	3,43abcd	5,71cde	0,60ab	1,88bcde	3,24cd	0,58ab
Ligeiro Vermelho	3,52abcd	5,76bcde	0,61ab	1,91bcd	3,02de	0,63a
Bico Ganga	3,33bcd	6,52abcde	0,51abcde	1,62cde	3,57abcd	0,45bcd
Zebu Branco	2,71d	5,80abcde	0,47bcde	1,55cde	3,07de	0,50abcd
Sagrão	1,19e	4,71e	0,25f	0,62f	2,45e	0,25e
Goiano	2,57d	5,86abcde	0,44de	1,33e	3,12cde	0,43cd
Piauí	2,67d	5,81abcde	0,46cde	1,43de	3,24cde	0,44bcd
IAC-25	3,24bcd	5,52cde	0,59abc	1,88bcde	3,43bcd	0,55abcd
IAC-47	4,00abc	6,90abc	0,58abcd	2,02abc	3,60abcd	0,56abcd
IAC-899	4,62a	7,62a	0,61ab	2,48a	4,33a	0,57a
IAC-1278	4,33ab	7,57ab	0,57abcd	2,07abc	4,19ab	0,49abcd
Média	3,11	6,09	0,50	1,68	3,34	0,50

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

² Sem suplementação: 0,07 g de N/planta.

³ Com suplementação: 0,14 g de N/planta, sendo 0,07 g de N/planta no plantio e 0,035 + 0,035 g de N/planta, via foliar aos 10 e 20 dias depois da antese.

⁴ N-total dos grãos (g/planta).

⁵ N do fertilizante (g/planta).

⁶ N-total da planta exceto a raiz (g/planta).

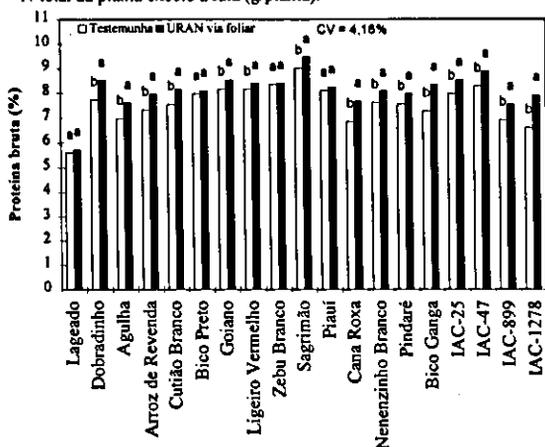


FIG. 2. Teor de proteína bruta dos grãos de 19 cultivares de arroz com e sem suplementação foliar com URAN, 10 e 20 dias depois da antese.

binação de produção de grãos e teor de proteína bruta acima da média (Figs. 1 e 2), e a cultivar Dobradinho, por apresentar produção de grãos relativamente bai-

xa, associada a teores de PB relativamente altos. A cultivar Lageado, que apresentou alta EUNG, ficou abaixo da média da EUNP, em decorrência de seu baixo teor de PB nos grãos (Fig. 2).

As maiores EUNPs das cultivares melhoradas de arroz irrigado IAC-1278 e IAC-899 são atribuídas às altas produções de grãos, já que a PG e o N-total acumulado nos grãos resultaram correlacionados ($r = 0,907^{**}$ e $r = 0,951^{**}$) nas testemunhas e parcelas suplementadas, respectivamente. A análise da contribuição relativa das componentes da EUNP mostrou comportamento semelhante à EUNG (Tabela 4).

Nas cultivares tradicionais, a maior parte da variação da EUNP ocorreu por causa da variação da eficiência de partição do N da palha para o grão (NG/NT), ao passo que nas cultivares melhoradas as altas EUNPs estiveram mais associadas às altas eficiências de absorção - 95,6% e 86,5% nas teste-

TABELA 4. Contribuição relativa das componentes da eficiência de uso de N para produzir proteína (EUNP), para os três grupos de cultivares, com e sem suplementação foliar com URAN, 10 e 20 dias depois da antese¹.

Componente da eficiência			NF (g/planta)	$X_i Y/Y^2$ (contribuição relativa)	rYX_i	SX_i/SY
Cultivares tradicionais de baixo teor de PB						
Efic. de absorção	NG/NF	Y				
	NT/NF	X1	0,07 ²	0,436	0,551	0,795
Efic. de utilização	PG/NT	X2	0,14 ³	0,272	0,454	0,599
			0,07	0,564	0,627	0,899
			0,14	0,728	0,800	0,910
Cultivares tradicionais de alto teor de PB						
Efic. de absorção	NG/NF	Y				
	NT/NF	X1	0,07	0,226	0,745	0,293
Efic. de utilização	PG/NT	X2	0,14	0,226	0,790	0,286
			0,07	0,774	0,970	0,798
			0,14	0,774	0,978	0,791
Cultivares melhoradas						
Efic. de absorção	NG/NF	Y				
	NT/NF	X1	0,07	0,956	0,989	0,967
Efic. de utilização	PG/NT	X2	0,14	0,856	0,883	0,970
			0,07	0,044	0,283	0,156
			0,14	0,144	0,289	0,500

¹ NG = N-total dos grãos em g/planta; NF = N do fertilizante; NT = N total da parte aérea + grãos em g/planta; $(X_i Y/Y^2) = rYX_i (SX_i/SY)$, contribuição relativa de X_i para a variação de Y; rYX_i = coeficiente de correlação entre X_i e Y; SX_i = desvio-padrão de X_i ; SY = desvio-padrão de Y.

² Tratamento sem suplementação via foliar.

³ Tratamento com URAN via foliar.

munhas e parcelas suplementares, respectivamente (Tabela 4). A cultivar Arroz de Revenda mostrou-se promissora entre as tradicionais quanto à eficiência do uso de N.

CONCLUSÕES

1. As cultivares melhoradas de arroz irrigado e a cultivar tradicional Arroz de Revenda são as mais eficientes no uso de N para produzir grãos e proteína.

2. A eficiência de uso de N pelas cultivares melhoradas decorre da eficiência destas cultivares em absorver N.

3. A eficiência de uso do N pelas cultivares tradicionais decorre da eficiência destas cultivares em utilizar o N absorvido.

4. A suplementação foliar com URAN reduz a eficiência do uso do N para produção de proteína.

REFERÊNCIAS

- ANCHENG, L.; JIANMING, X.; XIAOE, Y. Effect of nitrogen (NH_4NO_3) supply on absorption of ammonium and nitrate by conventional and hybrid rice during reproductive growth. In: BARROW, N.J. (Ed.). *Plant nutrition: from genetic engineering to field practice*. The Hague: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.537-540.
- BOCK, B.R. Efficient use of nitrogen in cropping systems. In: HAUCK, R.D. (Ed.). *Nitrogen in crop production*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1984. p.273-293.
- BROADBENT, F.E.; DE DATTA, S.K.; LAURELES, E.V. Measurement of nitrogen utilization efficiency in rice genotypes. *Agronomy Journal*, Madison, v.79. p.786-791, 1987.

- BURESH, R.J.; DE DATTA, S.K. Nitrogen dynamics and management in rice legume cropping systems. *Advances in Agronomy*, New York, v.45, p.1-58, 1991.
- CASTILLO, R.J.; BURESH, R.J.; INGRAN, K.T. Lowland rice yield as affected by timing of water deficit and nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, Madison, v.84, p.152-159, 1992.
- CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.36, p.77-115, 1985.
- DHUGGA, K.S.; WAINES, J.G. Analysis of nitrogen accumulation and use in bread and durum wheat. *Crop Science*, Madison, v.29, p.1232-1239, 1989.
- DUNCAN, R.R.; BALIGAR, V.C. Genetics breeding and physiological mechanisms of nutrient uptake and use efficiency: an overview. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R. (Eds.). *Crops as enhancers of nutrient use*. San Diego: Academic Press, 1990. p.3-35.
- FONSECA, J.R.; RANGEL, P.H.; BEDENDO, I.P.; SILVEIRA, P.M. da; GUIMARÃES, E.P.; CORANDIN, L. Características botânicas e agrônômicas de cultivares e raças regionais de arroz (*Oryza sativa* L.) coletadas no Estado do Maranhão. Goiânia: Embrapa-CNPAC-Cenargen, 1982. 42p. (Boletim de Pesquisa, 1).
- FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; AZZINI, L.E. Comportamento diferencial de linhagens de arroz na absorção e utilização de nitrogênio em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.51-59, 1986.
- HUGGINS, D.R.; PAN, W.L. Nitrogen efficiency component analysis: an evolution of cropping system differences in productivity. *Agronomy Journal*, Madison, v.85, p.898-905, 1993.
- JENNING, P.R. Plant type as a rice breeding objective. *Crop Science*, Madison, v.4, p.13-16, 1964.
- JULIANO, B.O. Polysaccharides, proteins and lipids of rice. In: JULIANO, B.O. (Ed.). *Rice: Chemistry and technology*. St. Paul, Minnesota: Am. Assoc. of Cereal Chem., 1985. p.59-174.
- MAY, L.; VAN SANFORD, D.A.; MACKOWN, C.T.; CORNELIUS, P.L. Genetic variation for nitrogen use in soft red x hard red winter wheat populations. *Crop Science*, Madison, v.31, p.626-630, 1991.
- MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J.; JACKSON, W.A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, Madison, v.74, p.562-564, 1982.
- MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J.; JACKSON, W.A. Development of nitrogen-efficient prolific hybrids of maize. *Crop Science*, Madison, v.27, p.181-186, 1987.
- NISHIZAWA, N.; KITAHARA, I.; NOGUCHI, T.; HAREYAMA, S.; HONJYO, K. Protein quality of high protein rice obtained by spraying urea on leaves before harvest. *Agricultural and Biological Chemistry*, Tokyo, v.41, p.477-485, 1977.
- OLIVEIRA, A.B. de; TEIXEIRA, M.G. Recomendação de adubação para a cultura do arroz no Estado do Rio de Janeiro. In: DE-POLLI, H. (Coord.). *Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro*. Itaguaí: Ed. Universidade Rural, 1988. p.93-94.
- OSAKI, M.; SHINANO, T.; TADANO, T. Carbon-nitrogen interaction in field crop production. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v.38, p.553-564, 1992.
- SOUZA, S.R. Teor e qualidade das proteínas do arroz com aplicação foliar e no solo de URAN. Itaguaí: UFRRJ, 1990. 98p. Tese de Mestrado.
- SOUZA, S.R.; STARK, E.M.L.M.; FERNANDES, M.S. Teores e qualidade das proteínas de reserva do arroz em função de aplicação suplementar de N. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.5, p.575-583, 1993.
- TEDESCO, M.J. Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de planta por digestão por H_2O_2 - H_2SO_4 . Porto Alegre: UFRGS, 1982. 23p. (Informativo Interno, 1).
- THOM, W.O.; MILLER, T.C.; BOWMAN, D.H. Foliar fertilization of rice after midseason. *Agronomy Journal*, Madison, v.73, p.411-414, 1981.
- TURLEY, R.H.; CHING, T.M. Storage protein accumulation in "Scio" barley seed as affected by late foliar applications of nitrogen. *Crop Science*, Madison, v.26, p.778-782, 1986.
- VOSE, P.B. Plant nutrition relationships at the whole-plant level. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R. (Eds.). *Crops as enhancers of nutrient use*. San Diego: Academic Press, 1990. p.65-80.