

TEORES E QUALIDADE DAS PROTEÍNAS DE RESERVA DO ARROZ EM FUNÇÃO DE APLICAÇÃO SUPLEMENTAR DE N¹

SONIA REGINA DE SOUZA², ELVIA MARIAM LIS MARTINEZ STARK³
e MANLIO SILVESTRE FERNANDES⁴

RESUMO - Em experimento conduzido em casa de vegetação, estudou-se o efeito da aplicação de URAN (uréia-amônio-nitrato), por via foliar e no solo, sobre o peso de grãos, o teor de proteína bruta e a variação das principais frações protéicas dos grãos, em arroz (*Oryza sativa* L.). Aplicações de URAN (20 kg de N/ha) antes, durante e após a antese aumentaram a percentagem de proteína bruta dos grãos. Os maiores aumentos de proteína ocorreram com aplicações mais tardias de N. Não houve diferença entre aplicação foliar e aplicação no solo, quanto à percentagem de proteína bruta. A percentagem de proteína bruta correlacionou-se negativamente com o peso de grãos. Os teores de albumina+globulina não foram alterados pela suplementação nitrogenada. A glutelina foi a fração que mais contribuiu para o aumento da proteína do grãos. Os teores de prolamina e glutelina se correlacionaram negativamente, o que indica que o aumento em quantidade da proteína dos grãos de arroz em função da aplicação suplementar de N é acompanhado por aumento na qualidade da proteína.

Termos para indexação: URAN, aplicação foliar, grãos, prolamina, glutelina.

EFFECTS OF SUPPLEMENTARY N ON THE QUALITY AND LEVELS OF GRAIN PROTEINS IN RICE

ABSTRACT - The effects of supplementary URAN-N (urea-ammonium-nitrate), applied either to the soil or as a foliar spray, on dry weight, crude protein level and main protein fractions of rice (*Oryza sativa* L.) grain were studied under greenhouse conditions. URAN (20 kg of N/ha) applied at different times before, during and after anthesis, increased crude protein levels in grains. Later URAN applications caused larger protein increases. No difference in crude protein level were observed between foliar spray and soil applied URAN. A negative correlation was found between crude protein level and grain weights. The levels of albumin+globulin were not affected by N applications. Glutelin was the fraction that contributed most to the protein increase in grains. A negative correlation was found between the levels of prolamin and glutelin, showing that increases in protein levels due to supplementary N results in increase in the protein quality of rice grains.

Index terms: URAN, foliar spray-N, grain, prolamins, glutelins.

INTRODUÇÃO

Os gastos crescentes com fertilizantes nitrogenados para a produção de proteína vegetal podem significar a completa exaustão, nos próximos

anos, das reservas de combustíveis fósseis conhecidas (Lewis 1986), havendo, portanto, necessidade urgente de produzir alimentos com menor gasto de energia.

Pesquisas estão sendo feitas para melhorar a eficiência do uso de fertilizante nitrogenado, com maior produção de proteína ou menores perdas do N aplicado (Wells & Turner 1984).

A racionalização da aplicação de N se faz necessária, em face dos custos econômicos e da poluição ambiental (Harper 1984).

A suplementação nitrogenada via foliar é uma prática conveniente e rápida para melhorar o crescimento da planta e para modificar a quanti-

¹ Aceito para publicação em 9 de novembro de 1992.

Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pela primeira autora do curso de Ciências do Solo - UFRRJ.

² Enga. - Agr., M.Sc., Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro - Dep. de Solos - Rod. Rio-São Paulo, Km 47 - CEP 23851-970 Seropédica-Itaguaí, RJ.

³ Enga. - Flor., Seropédica-Itaguaí, RJ. Bolsista do CNPq.

⁴ Eng. - Agr., M.Sc., Ph.D., Prof. - Adjunto. Seropédica-Itaguaí, RJ.

dade e qualidade das proteínas das sementes e corrigir deficiências nutricionais em fases da cultura onde a aplicação no solo torna-se inviável (Finney et al. 1957, Patrick & Hoskins 1974, Nishizawa et al. 1977, Harper 1984).

O melhor uso da fertilização foliar com N é como suplemento à fertilização nitrogenada no solo, dada a rápida e eficiente absorção e translocação na planta (a percentagem de recuperação do N aplicado é superior a 80%) (Alexander & Schroeder 1987).

Entre os cereais, o trigo contém a mais alta percentagem de proteína no grão (média de 14%), enquanto o arroz apresenta a mais baixa (média de 8%). Entretanto, apesar de seu baixo teor em comparação com os outros cereais, o arroz apresenta uma proteína relativamente de melhor qualidade (Bressani et al. 1971, Nalivko et al. 1975, Patrick & Hoskins 1974, Lásztity 1986). Isto porque o grão de arroz apresenta a glutelina como principal proteína de reserva, enquanto que nos outros cereais predomina a prolamina (Cagampang et al. 1966, Del Rosário et al. 1968, Palmiano et al. 1968, Houston & Mohammad 1970 e Yamagata et al. 1982).

Nos países onde o arroz é a base da dieta humana, é de grande importância a obtenção de arroz com maiores teores de proteína de boa qualidade.

Nishizawa et al. (1977) conseguiram aumentar o teor de proteína mantendo a qualidade protéica mediante a aplicação foliar de uréia na época da antese.

A aplicação de N no período da antese aproveita a capacidade da planta de direcionar os nutrientes para os pontos de maior demanda de metabólitos, que neste período são as inflorescências.

O aumento, ou não, do teor protéico dos grãos, em função da adubação nitrogenada depende da época de aplicação. Segundo Finney et al. (1957), a aplicação de uréia em trigo em fase anterior ao florescimento resultou em maior produção de grãos, ao passo que quando a aplicação foi realizada durante a frutificação, aumentou o seu teor de proteína.

A síntese de proteína e de amido são processos metabólicos com requerimentos diferenciados quanto à energia fotossintética (Sttodard & Marshall 1990). Segundo Penning de Vries et al.

(1974), a síntese de proteína utiliza aproximadamente o dobro da energia necessária para a síntese de amido. Da mesma forma, os custos energéticos para a síntese de glutelina, proteína de reserva de boa qualidade nutricional, são muito maiores do que para a síntese de prolamina, que contém menor teor de aminoácidos essenciais (Mitra et al. 1979). As proteínas armazenadas nas sementes contribuem para o processo de germinação, garantindo a propagação das espécies. Desta maneira, cereais que têm na prolamina sua principal proteína de reserva, como o trigo, o milho e a cevada, quando submetidos a suplementação nitrogenada, utilizariam menos fotossintatos para aumentar seu teor de proteína, sem prejuízo para a síntese do amido.

Como no arroz a principal proteína de reserva é a glutelina, o armazenamento de N neste componente requer maior dispêndio de energia. Com uma mesma quantidade de N aplicado, o trigo, por exemplo, apresenta melhores condições de armazenar o N extra com menor gasto energético, refletindo-se positivamente na produção de grãos. O arroz, para armazenar a mesma quantidade de N, gasta mais energia, talvez às custas da redução de matéria seca.

Este trabalho tem por objetivo estudar os efeitos da aplicação de URAN, via foliar e no solo, sobre o peso de grãos, o teor e a qualidade da proteína do arroz. Comparou-se a aplicação foliar com a aplicação de N no solo, antes, durante e após a antese.

MATERIAL E MÉTODOS

Semeadura e aplicação dos tratamentos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação. Foram usados vasos de plástico pintados com tinta alumínio, com 6 kg de terra fina, secada ao ar, proveniente do horizonte A de um solo Brunizem (0 - 20 cm). As características do solo estão na Tabela 1.

A umidade do solo foi mantida entre 80 e 100% da capacidade de campo, e em cada vaso foram plantadas dez sementes de arroz de sequeiro, da variedade IAC-47, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. As sementes foram pré-germinadas por 24 horas em água.

O desbaste foi feito de maneira que na época do perfilhamento restaram duas plantas por vaso.

Cada vaso recebeu no plantio uma adubação básica

TABELA 1. Resultados das análises de algumas características físicas e químicas do solo.

pH	K	P	Ca	Mg	K	Valor S	Valor T	Al	C.ORG.	C.C.	P.M.
(água)	(ppm)					(meq/100g de solo)			(%)	(g/100g de solo)	
5,7	31	28	11,7	1,8	31	13,78	17,73	zero	1,1	26,2	18,5

de 120 mg de N (na forma de uréia) e 124 mg de K (como sulfato de potássio), equivalentes a 40 kg de N/ha e 50 kg de K/ha, respectivamente.

No intuito de identificar a melhor época de aplicação suplementar de N, em termos de maior acúmulo de proteína no grão, foram feitos seis tratamentos com aplicação foliar ou no solo de URAN (fertilizante líquido com 32% de N, na forma de uréia-amônio-nitrato), na dose de 20 kg/ha, aos cinco dias antes da antese (DAA), na antese, e aos 5, 10, 15, 20 dias depois da antese (DDA). A data da antese foi determinada quando 50% das flores estavam abertas. Com exceção da testemunha, foram aplicados 40 ml de solução de URAN (3,5 ml de URAN/1000 ml) por vaso.

Para a aplicação foliar foi utilizado o surfatante Triton X-100, na concentração de 0,05%, e a superfície dos vasos foi protegida com papel-alumínio, para prevenir a contaminação do solo com o fertilizante nitrogenado. A solução de URAN foi aplicada utilizando-se um aspersor manual, de maneira uniforme, por toda a planta, entre as 7 e as 9 h da manhã.

As plantas foram colhidas aos 35 dias após a antese, e lavadas em água corrente a fim de evitar contaminação com resíduos do fertilizante.

Determinações de laboratório

As panículas foram pesadas, espiguetas vazias e cheias foram separadas, e determinou-se o peso de grãos por vaso.

Os grãos foram descascados a mão e moídos, sendo ainda triturados em almofariz, até que todo material passasse por peneira de 60 mesh. A farinha assim obtida foi considerada farinha integral, e utilizada nas análises subsequentes. A unidade dos grãos e da farinha foi determinada pelo método da estufa a 105°C (Brasil 1976), obtendo-se o valor médio de 11,5%.

Amostras de 100 mg de farinha de arroz foram digeridas em ácido sulfúrico e água oxigenada. Após a destilação e titulação, obteve-se o N-Kjeldahl (Tedesco 1983). Para o cálculo do conteúdo de proteína bruta, o N-Kjeldahl foi multiplicado pelo fator 5,95. Este fator é baseado no conteúdo de N (16,8%) da principal proteína do arroz, a glutelina (Juliano 1985).

A extração seqüencial de proteínas foi feita segundo Doll & Andersen (1981) e Turley & Ching (1986), com modificações.

Amostras de 120 mg de farinha foram colocadas em tubos de centrífuga. Quatro ml de solução salina (2,9% NaCl+0.002% Na-EDTA) foram adicionados às amostras. Durante um período de 30 minutos, os tubos foram agitados em intervalos de dez minutos em agitador horizontal de movimento orbital, à temperatura ambiente. Após este tempo, as amostras foram centrifugadas a 12.000 g/10 minutos a 10°C, em centrífuga de refrigeração automática (Sorval Superspeed. RC2-B, rotor SS-34).

O sobrenadante foi separado, e repetiu-se a operação mais uma vez, acrescentando-se mais 4 ml de solução salina ao resíduo. Os sobrenadantes foram armazenados para análise de albumina+globulina.

Ao resíduo da extração salina, foram adicionados 4 ml de solução alcoólica (50% de isopropanol, 41 mM de Tris, 40 mM de ácido bórico, 0,6% mercaptoetanol). Durante um período de 45 minutos, os tubos foram agitados, a cada dez minutos, no agitador horizontal, à temperatura ambiente. As amostras foram centrifugadas a 12.000 g/10 minutos a 10°C. O sobrenadante foi separado, e a operação repetida mais uma vez. Os sobrenadantes foram armazenados para análise de prolamina.

Ao resíduo da extração alcoólica adicionou-se 4 ml de solução alcalina (0,48% de ácido bórico + 0,4% de NaOH). Durante um período de 30 minutos, os tubos foram agitados a cada dez minutos, à temperatura ambiente, como citado acima. As amostras foram então centrifugadas a 12.000 g/10 minutos a 10°C. O sobrenadante foi separado, e no resíduo repetiu-se toda a operação, com novos acréscimos de solução alcalina, por mais três vezes, com tempos de permanência à temperatura ambiente de 60 minutos, 60 minutos e 30 minutos, respectivamente. As quatro frações assim obtidas foram misturadas e armazenadas para determinação da glutelina. O resíduo final foi descartado.

Em cada sobrenadante armazenado (albumina+globulina, prolamina, glutelina) determinou-se o teor de proteína pelo método de Bradford (1976).

Análises estatísticas foram feitas, e utilizou-se o teste de Tukey para comparação entre médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independentemente do modo de aplicação (via foliar ou no solo), a suplementação nitrogenada

com URAN nas diferentes épocas – antes, durante e após a antese –, resultou em aumento do teor de proteína bruta dos grãos (Fig. 1 e 2).

Nos tratamentos que resultaram em maior acúmulo de proteína, os teores passaram de 7,27% (testemunha) para 8,40 e 8,39%, respectivamente aos dez e quinze DDA. Os menores aumentos ocorreram nas aplicações feitas na antese e aos cinco DAA. Nas aplicações de N aos cinco e vinte DDA, os aumentos foram intermediários. Nas Fig. 1 e 2, observa-se que os maiores aumentos na proteína ocorreram com aplicações tardias de N (dez e quinze DDA) enquanto que nas aplicações em períodos mais próximos da antese (cinco DAA e na antese), os aumentos foram menores.

Observou-se uma correlação negativa entre o teor de proteína bruta e o peso dos grãos, tanto nas

aplicações foliares ($r = -0,67^{**}$) quanto nas aplicações de N no solo ($r = -0,55^{**}$) (Fig. 3 e 4). Resultados semelhantes foram observados por Patrick & Hoskins (1974), ao estudar o efeito da aplicação de N no solo antes da antese, em algumas variedades de arroz. Entretanto, em uma das variedades estudadas houve correlação positiva entre estes parâmetros. Da mesma forma, Penny et al. (1978) encontraram correlação positiva trabalhando com aplicação foliar em trigo. Aplicações foliares de N durante a antese aumentaram a percentagem de proteína dos grãos de cevada (Jenkins et al. 1979) e trigo (Finney et al. 1957, Pushman & Bingham 1976, Powlson et al. 1989), sem que a produção de grãos fosse afetada.

Esse comportamento diferencial da produção de grãos e acúmulo de proteína em relação à época

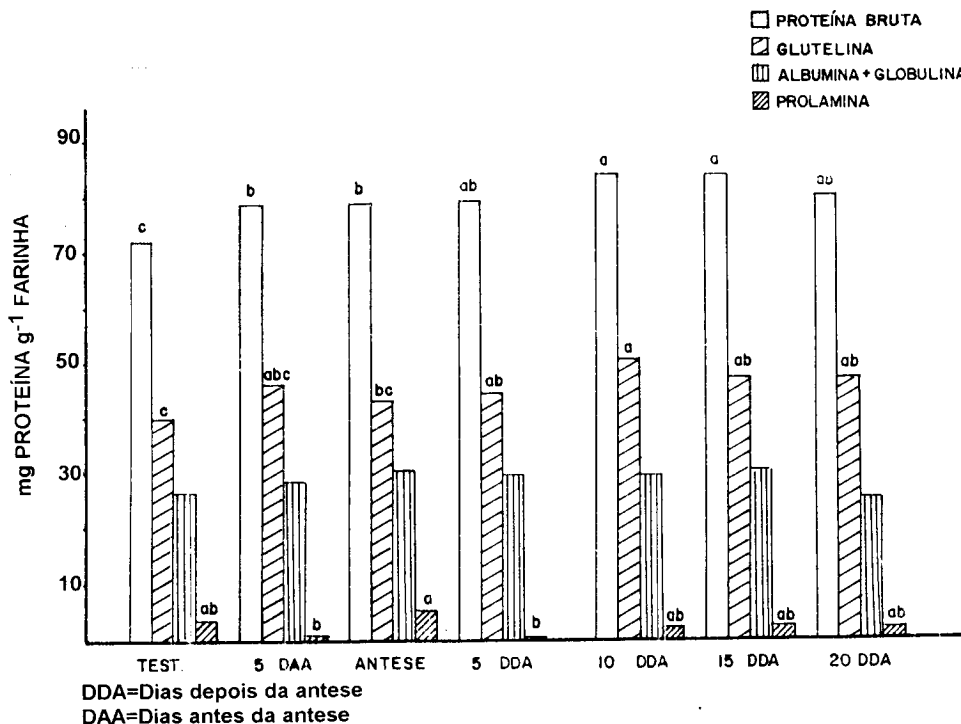


FIG. 1. Teores de proteína bruta, de albumina+globulina, de prolamina e de glutelina (mg de proteína/g de farinha) dos grãos de arroz, em função da aplicação foliar de URAN, antes, durante e após a antese. (Experimento I)

Mesmas colunas com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

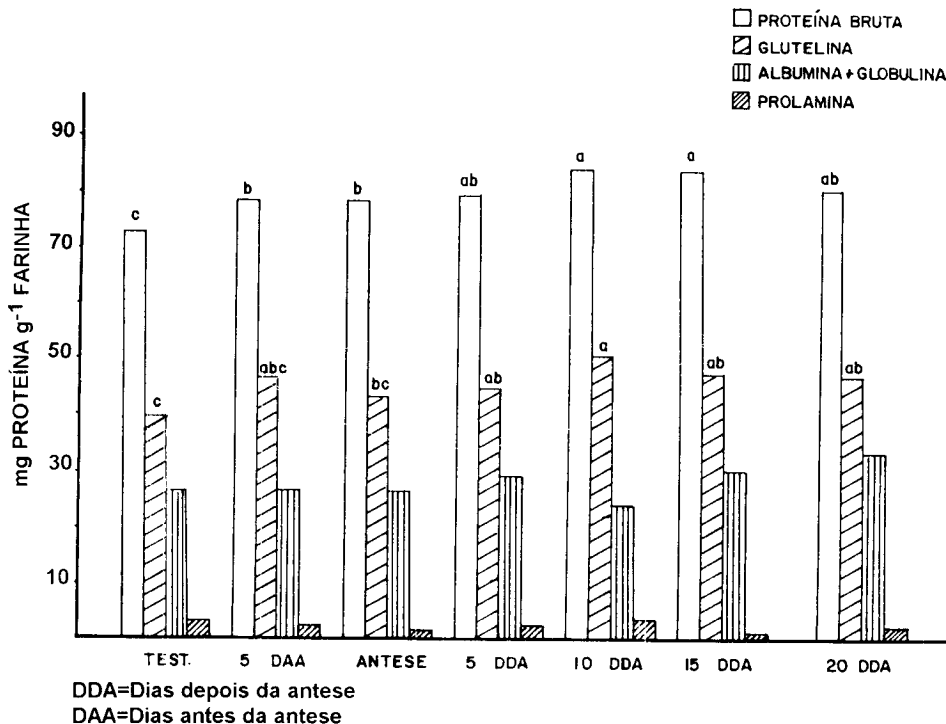


FIG. 2. Teores de proteína bruta, de albumina+globulina, de prolamina e de glutelina (mg de proteína/g de farinha) dos grãos de arroz, em função da aplicação de URAN no solo, antes, durante e após a antese. (Experimento I)

Mesmas colunas com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

de aplicação de N pode ser atribuído a que durante o desenvolvimento do grão a síntese de amido precede a dos corpos protéicos (Del Rosário et al. 1968, Jennings & Morton 1963), e desta maneira, aplicações de N em período próximo mas anterior à antese favorecem o aumento da produção de grãos, incentivando a síntese de amido. Isto pode ser comprovado pelo aumento da produção de grãos conseguido com a aplicação de N antes da antese em milho (Stevenson & Baldwin 1969, Pearson & Jacobs 1987), arroz (Patrick & Hoskins 1974, Thom et al. 1981) e trigo (Finney et al. 1957, Eilrich & Hageman 1973, Smith et al. 1989). Nas aplicações tardias de N, ou seja, depois da floração, a síntese protéica atuará como principal dreno para o N extra aplicado, por ocorrer,

nesta ocasião a fase de maior acúmulo de proteína nos grãos (Yamagata et al. 1982). Tal constatação foi também feita em milho (Deckard et al. 1984, Pearson & Jacobs 1987), arroz (Nishizawa et al. 1977, Thom et al. 1981), cevada (Turley & Ching 1986), trigo (Finney et al. 1957), ervilha (Pate & Flinn 1973) e soja (Parker & Boswell 1980).

Os teores de albumina+globulina não sofreram alterações com a suplementação nitrogenada por via foliar ou no solo (Fig. 1 e 2), mantendo-se em torno de 35% da proteína bruta. O N-extra parece ter sido direcionado com maior intensidade para as proteínas de reserva do que para as proteínas enzimáticas. Este resultado concorda com o obtido por Cagampang et al. (1966), onde o aumento de proteínas no grão deveu-se ao acúmulo de protei-

tar de N, tanto por via foliar quanto no solo ($r=-0,62^{**}$ e $r=-0,73^{**}$, respectivamente). Em contraste, observou-se uma correlação negativa entre os teores de glutelina e de prolamina (Fig. 7 e 8).

Como a prolamina apresenta teor mais baixo de

aminoácidos essenciais, sua diminuição em relação à glutelina em função da aplicação suplementar de N causa um incremento na qualidade protéica do grão de arroz.

Nas aplicações foliares de N, a relação negativa entre glutelina e prolamina foi mais acentuada do que nas aplicações no solo (Fig. 7 e 8), o que parece indicar uma incorporação mais rápida, na proteína, do N aplicado por via foliar do que do aplicado ao solo. Segundo Alexander & Schroeder (1987) e Harper (1984), este fato é esperado numa fase de atividade fisiológica em que o deslocamento das reservas de N das folhas para os grãos é predominante em relação à absorção e translocação do N do solo.

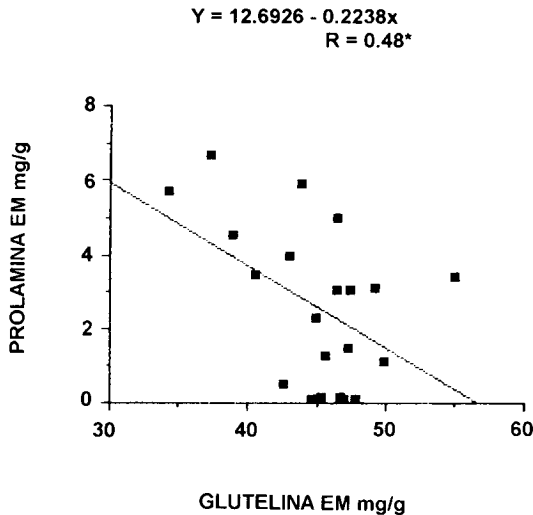


FIG. 7. Relação entre teor de glutelina e prolamina (mg/g de farinha) dos grãos de arroz, em função da aplicação foliar de URAN.

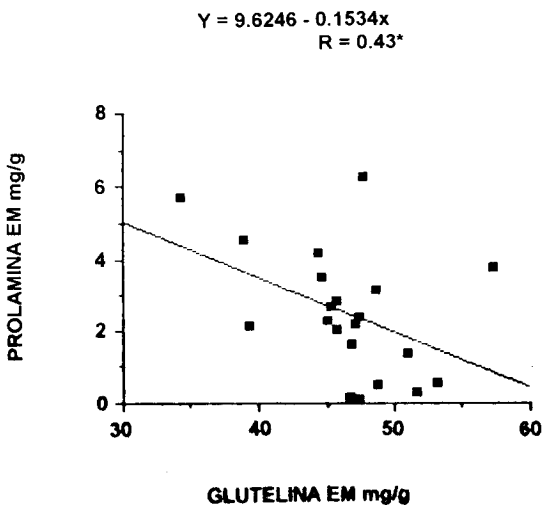


FIG. 8. Relação entre teor de glutelina e prolamina (mg/g de farinha) dos grãos de arroz, em função da aplicação de URAN no solo.

CONCLUSÕES

1. Independentemente do modo de aplicação (via foliar ou no solo), a suplementação nitrogenada com URAN nas diferentes épocas - antes, durante e após a antese - resulta em aumento do teor de proteína bruta dos grãos.

2. Os maiores aumentos de proteína bruta são conseguidos quando o N é aplicado aos dez e aos quinze dias depois da antese (DDA), ao passo que os menores aumentos ocorrem com aplicações feitas na antese ou cinco dias antes da antese (DAA). Aplicações aos cinco ou vinte DDA mostram aumentos intermediários no teor de proteína bruta dos grãos.

3. Existe uma correlação negativa entre os teores de proteína bruta e o peso de grãos, para o N aplicado tanto por via foliar como no solo.

4. Os teores de albumina-globulina não são alterados com a suplementação nitrogenada, quer por via foliar, quer no solo.

5. A glutelina é a proteína que mais contribui para o aumento da proteína do grão.

6. Como o aumento da proteína bruta é acompanhado por um aumento na fração glutelina, e esta, por sua vez, apresenta relação negativa com o teor de prolamina no grão, pode-se afirmar, em vista dos resultados obtidos, que o aumento em proteína bruta do grão de arroz, decorrente da aplicação suplementar de N, é acompanhado por aumento na qualidade protéica.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, A.; SCHROEDER, M. Modern trends in foliar fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, v.10, n.9/16, p.1391-1399, 1987.
- BRADFORD, M. M. Rapid and sensitive method for quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. *Analytical Biochemistry*, v.72, p.248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Depart. Produção Vegetal. Divisão de Sementes e Mudas. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 1976.
- BRESSANI, R.; ELIAS, L. G.; JULIANO, B. O. Evaluation of the protein quality and milled rices differing in protein content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.19, n.5, p.1028-1034, 1971.
- CAGAMPANG, G. B.; CRUZ, L. J.; ESPIRITO, S. G.; SANTIAGO, R. G.; JULIANO, B. O. Studies on the extraction and composition of rice protein. *Cereal Chemistry*, v.43, n.2, p.145-155, 1966.
- DECKARD, E. L.; TSAI, C. Y.; TUCKER, T. C. Effect of nitrogen nutrition on quality of agronomic crops. In: HAUCK, R. D. (Ed.) **Nitrogen in crop production**. Wisconsin: Am. Soc. of Agron., 1984. p.601-615.
- DEL ROSARIO, A. R.; BRIONES, U. P.; VIDAL, A. J.; JULIANO, B. O. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. *Cereal Chemistry*, v.45, p.225-235, 1968.
- DOLL, H.; ANDERSEN, B. Preparation of barley storage protein, hordein for analytical sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis. *Analytical Biochemistry*, v.115, p.61-66, 1981.
- EILRICH, G. L.; HAGEMAN, R. H. Nitrate reductase activity and its relationships to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science*, v.13, p.59-66, 1973.
- FINNEY, K. F.; MEYER, J. W.; SMITH, F. W.; FRYER, H. C. Effect of foliar spraying of pawnee wheat with urea solutions on yield-protein content and protein quality. *Agronomy Journal*, v.49, p.341-347, 1957.
- HARPER, J. E. Uptake of organic nitrogen forms by roots and leaves. In: HAUCK, R. D. (Ed.) **Nitrogen in crop production**. Wisconsin: Am. Soc. of Agron., 1984. p.165-170.
- HOUSTON, D. F.; MOHAMMAD, A. Purification and partial characterization of a major globulin from rice endosperm. *Cereal Chemistry*, v.47, p.5-12, 1970.
- JENKINS, G.; RHODES, A. P.; GILL, A. A.; HANSON, P. R. The effect of irrigation and nitrogen supply on the yield and quality of protein in a high-lysine barleys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v.30, p.647-652, 1979.
- JENNINGS, A. C.; MORTON, R. K. Amino acids and protein synthesis in developing wheat endosperm. *Australian Journal of Biological Science*, v.16, n.2, p.384-394, 1963.
- JULIANO, B. O. Polysaccharides, protein and lipids. In: JULIANO, B. O. (Ed.) **Rice chemistry and technology**. Minnesota: Am. Assoc. of Cereal Chem., 1985.
- LÁSZTITY, R. **The chemistry of cereal proteins**. Florida: Boca Raton. CRC. Press, 1986. 203p.
- LEWIS, O. A. M. **Plant and nitrogen**. London: The Institute of Biology's, 1986. (Studies in Biology, n°.166).
- MITRA, R. K.; BHATIA, C. R.; ROBSON, R. Bioenergetic cost of altering the amino acid composition of cereal grains. *Cereal Chemistry*, v.56, p.249-252, 1979.
- NALIVKO, G. Y.; PETIOSKAYA, V. S.; DZYUBA, O. M. Variability of protein and amino acid content in rice grain. *Applied Biochemistry and Microbiology*, v.11, n.4, p.506-510, 1975.
- 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*, v.41, n.3, p.477-485, 1977.
- PALMIANO, E. P.; ALMAZAN, A. M.; JULIANO, B. O. Physicochemical properties of protein of developing and mature rice grain. *Cereal Chemistry*, v.45, n.1, p.1-12, 1968.
- PARKER, M. B.; BOSWELL, F. C. Foliage injury, nutrient intake, and yield of soybeans as influenced by foliar fertilization. *Agronomy Journal*, v.72, p.110-113, 1980.
- PATE, J. S.; FLINN, A. M. Carbon and nitrogen transfer from vegetative organs to ripening seeds

- of field Pea (*Pisum arvense* L.). **Journal Experimental Botany**, v.24, p.1090-1099, 1973.
- PATRICK, R. M.; HOSKINS, F. H. Protein and amino acid content of rice as affected by application of nitrogen fertilizer. **Cereal Chemistry**, v.51, p.84-95, 1974.
- PEARSON, C. J.; JACOBS, B. C. Yield components and nitrogen partitioning of maize in response to nitrogen before and after anthesis. **Australian Journal of Agricultural Research**, Nedlands, v.38, n.6, p.1001-1009, 1987.
- PENNING DE VRIES, F. W. T.; BRUSTING, A. H. M.; Van LAAR, H. H. Products requirements and efficiency of biosynthesis: a qualitative approach. **Journal of Theoretical Biology**, v.45, p.339-377, 1974.
- PENNY, A.; WIDDOWSON, F. V.; JENKYN, J. F. Spring top-dressings of "NITRO-CHALK" and late sprays of a liquid N-fertilizer and a broad spectrum fungicide for consecutive crops of winter wheat at Sascmundham, Suffolk. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v.90, p.509-516, 1978.
- POWLSON, D. S.; POULTON, T. R.; MOLLER, N. E.; HEWITT, M. V.; PENNY, A.; JENKISON, D. S. Uptake of foliar-applied urea by winter wheat (*Triticum aestivum* L.): the influence of application time and the use of a new ^{15}N technique. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.48, p.429-440, 1989.
- PUSHMAN, F. M.; BINGHAM, J. The effect of a granular nitrogen fertilizer and a foliar spray of urea on the yield and bread-making quality of ten winter wheats. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**, v.87, p.281-293, 1976.
- SMITH, C. J.; FRENEY, J. R.; CHAPMAN, S. L.; GALBALLY, I. E. Fate of urea nitrogen applied to irrigated wheat at heading. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.40, p.951-963, 1989.
- STEVENSON, C. K.; BALDWIN, C. S. Effect of time and method of nitrogen application and source of nitrogen on the yield and nitrogen content of corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, v.61, p.381-384, 1969.
- STODDARD, F. L.; MARSHALL, R. Variability in grain protein in australian hexaploid wheats. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.41, p.277-288, 1990.
- TEDESCO, M. J. **Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão com $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$** . [S.l.]: UFRGS, 1983. 23p. Apostila.
- THOM, W. O.; MILLER, T. C.; BOWMAN, D. H. Foliar fertilization of rice after midseason. **Agronomy Journal**, v.73, p.411-412, 1981.
- TURLEY, R. H.; CHING, T. M. Storage protein accumulation in Scio Barley seed as affected by late foliar application of nitrogen. **Crop Science**, v.26, p.987-993, 1986.
- WELLS, B. R.; TURNER, F. T. Nitrogen use in flooded rice soils. In: HAUCK, R. D. (Ed.). **Nitrogen in crop production**. Wisconsin: Am. Soc. of Agron., 1984. p.349-362.
- YAMAGATA, H.; SUGIMOTO, T.; TANAKA, K.; KSAI, Z. Biosynthesis of storage proteins in developing rice seeds. **Plant Physiology**, v.70, p.1094-1100, 1982.