

DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM ARROZ DE CERRADO E RESPOSTA AO FÓSFORO¹

NAND KUMAR FAGERIA²

RESUMO - Os resultados de três experimentos de campo mostram que a água é o fator mais limitante na produção de arroz de sequeiro, em solos de cerrados. Quando a água não é fator limitante, a deficiência de fósforo é o fator mais limitante. Em condições normais, a aplicação de fósforo até 150 kg/ha de P₂O₅ aumenta a produção significativamente. Quando a água é limitante, a aplicação de fósforo não aumenta a produção. O arroz consome a máxima quantidade de água, aproximadamente uma semana antes da floração. Em relação ao consumo total de água, o arroz consome 30% durante a fase vegetativa, 55% durante a fase reprodutiva e 15% durante a fase de maturação. Deficiência hídrica durante a fase reprodutiva aumenta a esterilidade, decresce o peso dos grãos e diminui a produção.

Termos de indexação: balanço hídrico, evapotranspiração, fase de desenvolvimento, deficiência de fósforo.

RICE IN "CERRADO" SOILS WITH WATER DEFICIENCY, AND ITS RESPONSE TO PHOSPHORUS

ABSTRACT - Results of three field experiments show that water is the main limiting factor in upland rice production in Cerrado soils. When water is not the limiting factor, deficiency of phosphorus is the most limiting factor. Under normal conditions, yield increases significantly up to application of 150 kg/ha P₂O₅. When water is limiting, application of phosphorus does not help in increasing yield. Maximum water requirement of upland rice is about one week before flowering. Upland rice consumes 30% of its total water requirement at vegetative growth period, 55% during reproductive growth period and 15% during ripening growth period. Water deficiency during reproductive growth stage causes high sterility and decrease in grain weight, thereby reducing grain yield.

Index terms: water balance, evapotranspiration, vegetative growth period, phosphorus deficiency.

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 70% do arroz de sequeiro produzido no Brasil é proveniente das regiões centrais, envolvendo grandes partes dos Estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso (Dall'Acqua et al. 1976). A produção de arroz nestas regiões sofre, no entanto, grandes oscilações de ano para ano, devido, principalmente, a condições climáticas. O baixo rendimento é atribuído a um número de fatores, como adubação inadequada, uso de variedades não adaptadas, doenças (principalmente *Pyricularia oryzae* Cav.) e insetos, dentre os quais, destaca-se o *Elasmopalpus lignosellus* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1975). O risco ocasionado pela ocorrência de períodos secos não permite que os produtores usem pesadas aplicações de fertilizantes para suprir as deficiências naturais do solo.

A redução do rendimento da cultura depende, sobretudo, do estágio de crescimento em que ocor-

rem a severidade e a duração da deficiência. Portanto, para se entender o problema da deficiência hídrica e da nutrição da planta, é necessário conhecer os estágios de desenvolvimento e modelo de crescimento da cultura de arroz. A Fig. 1 apresenta o modelo de crescimento da cultivar IAC 47, baseado em experiências sob condições de campo e literatura relacionada (Mikkelsen 1970). O ciclo da planta de arroz pode ser dividido em três estágios de crescimento: vegetativo, reprodutivo e de maturação (Tanaka et al. 1964).

O período vegetativo estende-se da germinação à iniciação do primórdio floral e é grandemente caracterizado pelo perfilhamento. O período reprodutivo estende-se da iniciação do primórdio floral ao florescimento, durante o qual, a panícula se desenvolve. Morfologicamente, a fase reprodutiva caracteriza-se pela evolução do internódio. Durante este estágio, determinam-se o número de espiguetas e o tamanho potencial do dreno da cultura de arroz (Matsushima 1957 e 1966). Muitos pesquisadores afirmam que a planta de arroz é muito sensível, neste estágio, a estresses ambientais, como baixa temperatura, baixa radiação solar e deficiência de água e nitrogênio (Ishizuka 1973,

¹ Aceito para publicação em 7 de outubro de 1979.

² Eng.º Agr.º Ph.D., Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, (CNPAF) - EMBRAPA, Caixa Postal 179, CEP 74.000 - Goiânia, GO.

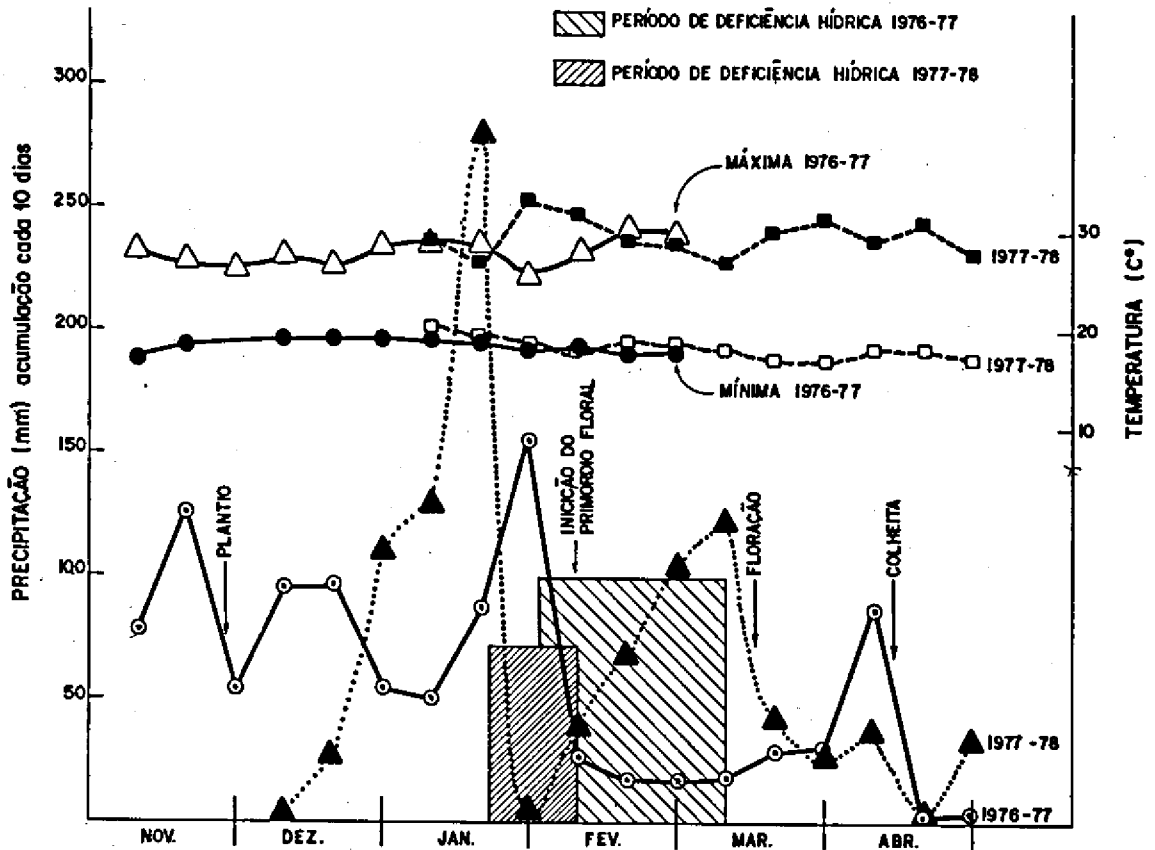


FIG. 1. Crescimento da planta de arroz — ciclo de cultivar, 135 a 140 dias (Mikkelsen 1970).

Kawahara 1944, Nagato 1949, Yoshida 1978). O amadurecimento ocorre do florescimento à maturação. A maior parte do carboidrato do grão é produzido pela fotossíntese durante o período de maturação, ainda que algum carboidrato acumulado nos colmos e bainhas, antes do florescimento, se translade para os grãos (Cock & Yoshida 1971, Ishizuka & Tanaka 1953, Yoshida & Aha 1968). Assim, o ciclo da planta de arroz tem desenvolvimento seqüencial nestes três estágios.

A variação na duração do crescimento se dá em razão da diferença no período de crescimento vegetativo (Vergara 1970). Há, contudo, uma correlação positiva entre a duração do crescimento e a extensão do período da iniciação da panícula à floração. Destê modo, uma cultura de arroz de maturação precoce tem um período de crescimento da panícula relativamente curto. A redução da duração do crescimento da panícula é frequen-

temente acompanhada por decréscimo no rendimento de grãos (Yoshida 1972). A questão, portanto, é saber se o período de crescimento da panícula pode ser dilatado independentemente da duração total do crescimento.

Em geral, o crescimento da panícula é o produto da taxa de crescimento pela duração de crescimento (Yoshida 1972). Portanto, o dilatamento do período de crescimento é um meio para se aumentar o tamanho da panícula.

Em cereais, as panículas e folhas crescem simultaneamente. Entretanto, a distribuição de assimilados entre as panículas e as folhas determinam o tamanho da panícula. Não é surpresa que muitas cultivares de arroz de alto rendimento tenham a folha bandeira pequena. Isto é porque a folha bandeira compete com a panícula em desenvolvimento, em assimilado.

Não existem dados de pesquisa com relação

à deficiência hídrica e à aplicação de fertilizantes em arroz de sequeiro. O objetivo do presente estudo, portanto, foi avaliar o efeito da deficiência hídrica e a aplicação de fosfato sobre o rendimento e componentes do rendimento de arroz de sequeiro, cultivado em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Em 1976/77, foi conduzido um experimento de campo na Fazenda Capivara, em Goiânia, Goiás, e, em 1977/78, dois outros foram conduzidos na Fazenda Capivara e na Sede do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF -, em Goiânia. A análise química dos solos das áreas experimentais está apresentada na Tabela 1.

Em 1976/77, houve 32 combinações de tratamentos num fatorial com quatro níveis de fósforo (0, 50, 100 e 150 kg/ha de P_2O_5), quatro níveis de zinco (0, 5, 10 e 15 kg/ha de Zn) e dois níveis de calcário (0 e 4 t/ha). Os tratamentos foram repetidos quatro vezes. Nos anos 1977/78, os níveis de fósforo e zinco foram os mesmos dos anos 1976/77, mas os de calcário foram: 0, 1,5 e 3 t/ha. Houve 48 combinações dos tratamentos, com três repetições. Os três experimentos receberam dose básica de 60 kg/ha de nitrogênio e 30 kg/ha de K_2O nas formas de sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente; 1/3 do N foi aplicado no plantio, e o restante, no início do primórdio floral. O calcário foi aplicado 48 dias antes do plantio, no primeiro ano, e 35 dias antes do plantio, no segundo ano.

A área total da parcela, no primeiro ano, foi de 16 m², e a área colhida foi de 6 m². O plantio foi feito em 26 de novembro de 1976, com a distância de 50 cm entre linhas e a densidade de 100 sementes/m². No segundo ano, o plantio, na sede do CNPAF, executou-se em 25 de novembro e, na Capivara, a 29 de novembro de 1977. A área total das parcelas das duas localidades foram, respectivamente, de 12 e de 18 m². A área colhida foi de 5 m², na sede, e 8 m², na Capivara. A distância entre as fileiras foi de 50 cm em ambos os experimentos, e a densidade do plantio, de 100 sementes/m². A colheita realizou-se entre 13 e 17 de abril de 1977 e 1978, respectivamente.

Os dados relacionados com o rendimento e com os componentes do rendimento foram registrados em cada

parcela, na colheita. Foi usada a análise de variância para testar a significância dos tratamentos, e o teste de Tukey foi aplicado para testar as diferenças entre medidas. Tomaram-se as diferenças significativas dos tratamentos com fósforo; portanto, os dados apresentados relacionam somente os tratamentos com este elemento.

Os dados climatológicos da Fazenda Capivara estão apresentados na Fig. 2, para os anos de 1976/77 e 1977/78. Os da sede foram muito semelhantes aos da Capivara, portanto, não são apresentados.

A evapotranspiração foi calculada pela fórmula de Hargreaves (1974).

$$ETP = MF \times TMF \times CH$$

onde

ETP → evapotranspiração potencial em mm/mês

MF → fator mensal dependente da latitude

TMF → temperatura média mensal em graus Fahrenheit

CH → correção para a umidade relativa média mensal em percentagem (UR)

CH = $0,158 \sqrt{100 - UR}$, se CH for maior que 1 considera-se igual a 1.

A evapotranspiração real calculou-se pela fórmula:

$$ETA = EPT \times KC$$

onde:

ETA → evapotranspiração real em mm/dia

KC → coeficiente de cultura (Hargreaves 1976)

A ETA foi calculada para uma cultura de arroz plantada em 20 de outubro.

Com os valores da ETA foi construída a curva da Fig. 3. O consumo de água foi obtido pela integração desta curva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Balanço hídrico

As temperaturas máxima e mínima e os dados de precipitação, no intervalo de dez dias durante o ciclo da cultura, para os dois anos, são apresentados na Fig. 2. Os valores da evapotranspiração, calculados pelo método de Hargreaves (1974), para todo o ciclo do arroz de sequeiro, cultivado no CNPAF, estão apresentados na Fig. 3. Para determinar o período de deficiência hídrica, os valores

TABELA 1. Propriedades químicas dos solos das áreas experimentais.

Local	pH	Ca+ Mg	Al	P	K	Saturação Al (%)
		mE/100 g solo		ppm		
Capivara (1976-77)	4,9	1,2	0,1	0,6	31	7,25
Capivara (1977-78)	5,6	2,6	0,1	0,8	43	3,56
Goiânia (1977-78)	5,4	1,5	0,3	1,5	20	16,20

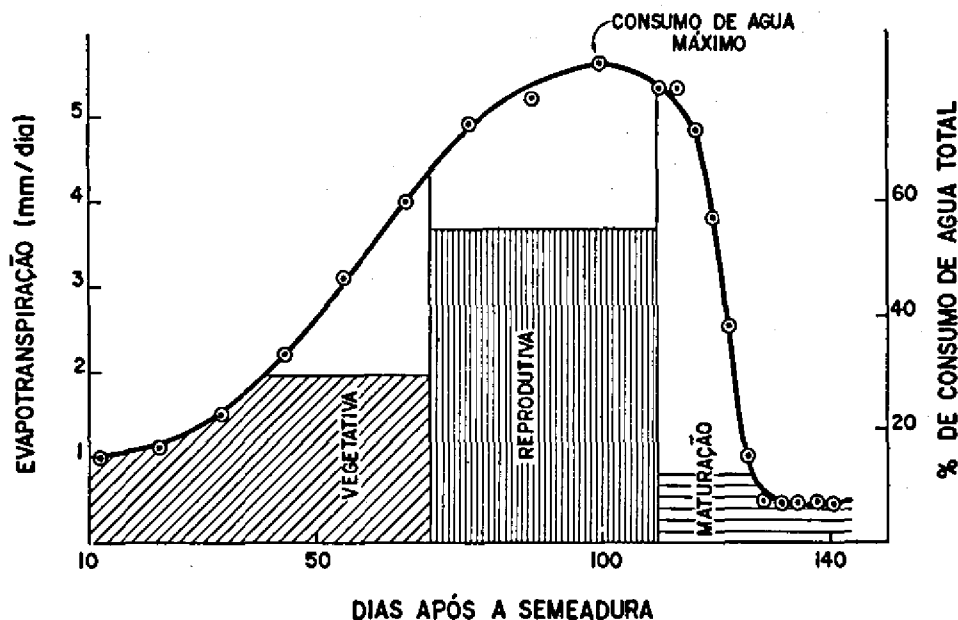


FIG. 2. Precipitação e temperatura durante o ciclo de cultivo de arroz.

da evapotranspiração foram subtraídos dos valores de precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura (Yoshida 1978). Os valores com sinal positivo indicam excesso de água, e os com sinal negativo indicam deficiência de água (Fig. 4).

De acordo com os resultados apresentados na Fig. 4, durante 1976/77 o último período de deficiência hídrica foi de cerca de 40 dias, começando em 1º de fevereiro e prolongando-se até 10 de março (Fig. 4). Este período corresponde a cerca de cinco dias antes da iniciação do primórdio floral e sete dias antes da floração. No ano 1977/78, ocorreram 20 dias de deficiência hídrica, durante a fase vegetativa.

Os resultados relacionados com diferentes níveis de fósforo e produção, sob três regimes de rendimento e componentes do rendimento, quando afetados pelos níveis de fósforo e deficiências hídricas água, estão apresentados na Fig. 5. Quando a água não foi um fator limitante, a produção aumentou significativamente com os níveis de fósforo até 150 kg/ha de P_2O_5 . Quando a água foi limitante por 40 dias, em 1976/77, do início do primórdio floral a sete dias antes do florescimento (Fig. 4), o rendimento foi consideravelmente re-

duzido, não havendo contribuição do fósforo. Quando a água foi deficiente por 20 dias, em 1977/78, justamente antes da iniciação do primór-

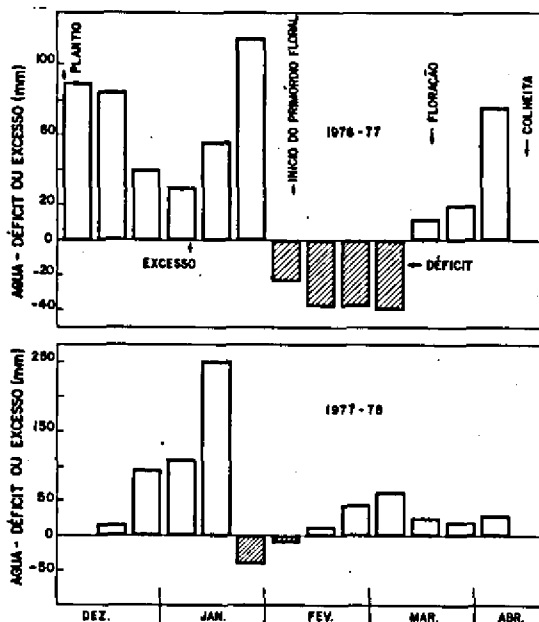


FIG. 3. Evapotranspiração e consumo de água, durante diferente fase de desenvolvimento do arroz de sequeiro.

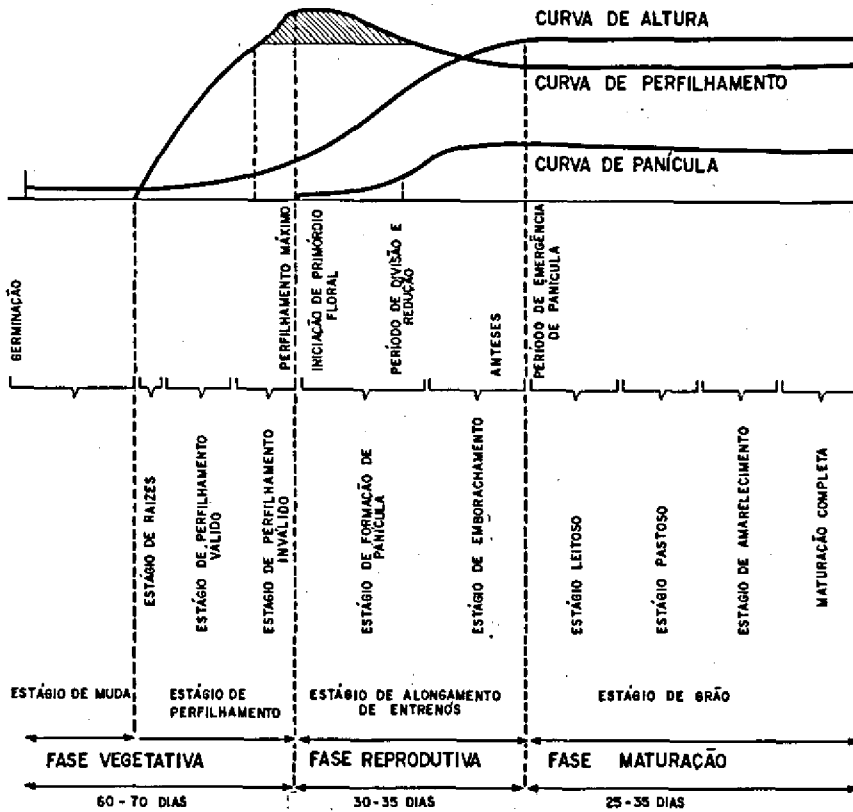


FIG. 4. Balanço de precipitação menos evapotranspiração, no campo experimental da EMBRAPA/CNPAF - Capivara (1976/77 e 1977/78)

dio floral (Fig. 4), houve redução, também, do rendimento, comparado com o rendimento normal.

Para interpretar os resultados do experimento, é importante observar como a deficiência de água e a aplicação de fósforo influenciaram os componentes do rendimento. As variações no rendimento do arroz foram bem explicadas pelas variações nos três componentes do rendimento:

- a. número total de grãos/m²;
- b. % grãos cheios; e
- c. peso/grão (Murata & Matsushima 1975).

O número total de grãos/m² é o produto de panículas/m² x grão por panícula, enquanto a percentagem de grãos cheios e o peso/grão foram observados diretamente. A análise da relação dos

componentes do rendimento para rendimento procedem do fato de que, teoricamente:

Rendimento = n^o de panículas x n^o de espiguetas/panículas x % de grãos cheios x peso de grãos.

A fim de saber como e quando é determinado o rendimento do arroz, é necessário esclarecer como os quatro componentes são determinados durante o ciclo da planta de arroz (Fig. 1). De acordo com as equações, quando ocorre a deficiência hídrica na fase vegetativa, como ocorreu em 1977/78 (Fig. 4), o rendimento é reduzido principalmente devido à redução do número de panículas. Quando ocorre deficiência hídrica no estágio reprodutivo, o rendimento é reduzido devido à redução do n^o de grãos e peso do grão (Matsushima 1968 e Yoshida 1972), como ocorreu em 1976/77 (Fig. 6). Esta

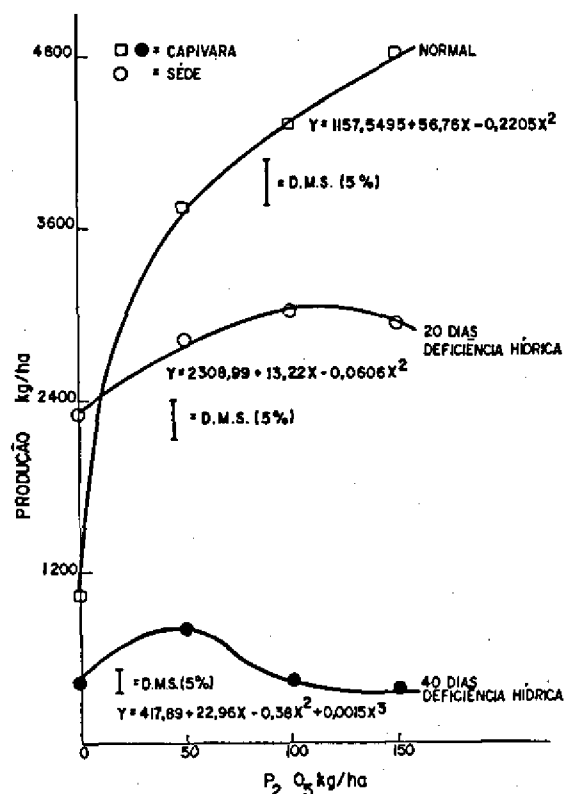


FIG. 5. Produção com diferentes doses de fósforo, em condição normal e de deficiência hídrica.

relação entre diferentes estágios de crescimento e componentes do rendimento é explicada na Fig. 1.

Quando a água foi limitante, o peso de 1.000 grãos decresceu significativamente com o incremento dos níveis de fósforo, mas, quando a água não foi limitante, o peso de 1.000 grãos aumentou com o incremento dos níveis de fósforo (Fig. 6). Do mesmo modo, a deficiência hídrica aumentou a esterilidade com o incremento dos níveis de fósforo e, sob condições normais de água, com o aumento dos níveis de fósforo decresceu a esterilidade (Fig. 6). Estes resultados demonstram que, quando há deficiência de água, a aplicação de fertilizantes não influencia, e o rendimento é reduzido devido ao decréscimo no peso dos grãos e ao aumento da esterilidade. Foi confirmado, por Matsushima (1962 e 1968), que três dias de seca, a partir do período crítico (onze dias a três dias antes da floração), reduziu a produção por causa de alta esterilidade.

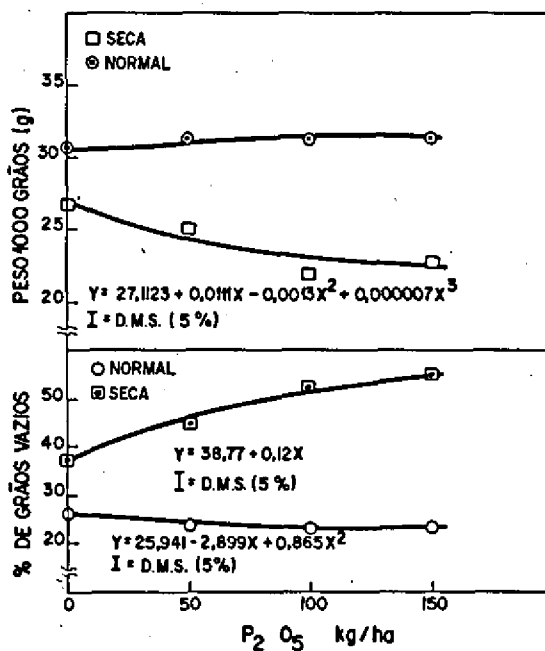


FIG. 6. Peso de 1.000 grãos e % de grãos vazios com diferentes doses de fósforo, em condição normal e de deficiência hídrica.

Os resultados relacionados com a evapotranspiração em todo o ciclo do arroz de sequeiro estão apresentados na Fig. 2. Do total de água, o arroz consome 30% durante a fase vegetativa, 55% durante a fase reprodutiva e 15% na maturação. Também foi relatado, por Yoshida (1978), que a evapotranspiração em arroz, na fase reprodutiva, chega ao máximo, vindo a diminuir na maturação.

CONCLUSÕES

Sob condições de sequeiro, a água é o fator mais limitante. Quando se faz irrigação, o crescimento e o rendimento do arroz em solos de cerrado são limitados pela deficiência de fósforo. O estágio mais crítico para o requerimento de água em arroz é a fase reprodutiva (Fig. 3). Deficiência hídrica intensa neste estágio causa alta percentagem de esterilidade, reduzindo, deste modo, o rendimento de grãos. A principal perturbação pela chuva é a variação imprevisível na quantidade de distribuição da chuva para um dado local, e de ano para ano. No momento, o melhor que se pode

fazer é estimar a probabilidade de ocorrência de seca, com base em dados de longo período.

A irrigação suplementar no período seco é a melhor maneira de se prevenir contra a falta de chuvas. O segundo modo de evitar o problema é plantar e colher o arroz no tempo certo, com base na probabilidade estatística de chuvas. Em terceiro lugar, é necessário melhorar as variedades de arroz para tolerância à seca. É impossível a um só pesquisador ou, uma só disciplina alcançar este propósito. Portanto, é indispensável a cooperação entre pesquisadores, em diferentes disciplinas.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos Drs. Luis Fernando Stone e Sílvia Steinmetz, pesquisadores do CNPAF, por fornecerem dados de evapotranspiração e climatológicos e, também, aos Drs. Francisco José Pfeilsticker Zimmermann e José Ruy Porto de Carvalho, pela realização das análises estatísticas deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- COCK, J. & YOSHIDA, S. Accumulation of ^{14}C -labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. *Proc. Crop. Sci., Japan*, 41:226-34, 1971.
- DALL'ACQUA, F.M.; KUSSOW, W.R.; MORAES, J.F.V.; JONES, C.A.; SANT'ANA, E.P. & FAGERIA, N.K. Arroz no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., Brasília, 1976. Anais.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Goiânia, GO. Diagnóstico da situação atual da lavoura arrozeira no Brasil. Goiânia, 1975.
- HARGREAVES, G.H. Manual de requerimento de água para culturas irrigadas e agricultura seca. Logan, Utah State University, 1976.
- _____. Potential evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast Brazil. Utah State University, February, 1974. (Contract. AID/CSD-2167). Report prepared under support of USAID.
- ISHIZUKA, Y. Physiology of the rice plant. Taiwan, Food and Fertilizer Technology Center, 1973. (Technical Bulletin, 13).
- _____. & TANAKA, A. Biochemical studies on the life history of rice plants. part 2. Synthesis and translocation of organic constituents. *J. Sci. Soil Manure Japan*, 23: 113-6, 1953.
- KAWAHARA, U. Studies on water economy of lowland rice. *Horticatures*, 19:756-8, 1944.
- MATSUSHIMA, S. Analysis of development factor determining yield and yield prediction in lowland rice. *Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Japan Ser. A*, 5: 1-271, 1957.
- _____. Crops science in rice. Tokyo, Fuji Publ. Co., 1966, 365 p.
- _____. Some experiments on soil water plant relationship in rice. Ministry of Agriculture and Cooperative Federation of Malaya, 1962. 35 p. (Div. Agri. Bull. 112).
- _____. Water and physiology of indica rice. *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan*, 102: 9, 1968. Special issue.
- MIKKELSEN, D.S. Recent advances in rice plant tissue analysis. *Rice J.*, 73: 2-5, 1970.
- MURATA, Y. & MATSUSHIMA, S. Crop physiology. London, Univ. Press, 1975. p. 73-99.
- NAGATO, K. On the effects of wilting upon the growth of upland rice plants. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 17: 11, 1949.
- TANAKA, A.; NAVASERO, S.A.; GARCIA, C.V.; PARAO, F.T. & RAMIREZ, E. Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. *s.l. IRRI*. p. 1-30, 1964. (IRRI. Technical Bulletin, 3).
- VERGARA, B.S. Plant growth and development; Rice production manual. IRRI, Univ. of Philippines, 1970. p. 17-37.
- YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 23: 437, 1972.
- _____. Tropical climate and its influence on rice. Los Baños, Philippines, IRRI, 1978. Paper presented at International Rice Research Conference.
- _____. & AHA, S.B. The accumulation process of carbohydrate in rice varieties in relation to their response to nitrogen in the tropics. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 14: 153-62, 1968.