

DEFICIÊNCIA HÍDRICA E RESPOSTA DE CULTIVARES DE ARROZ DE SEQUEIRO, AO NITROGÊNIO¹

LUIS FERNANDO STONE², ALDO BEZERRA DE OLIVEIRA³ e SILVIO STEINMETZ²

RESUMO - Foram conduzidos dois experimentos visando a determinar a influência da deficiência hídrica na resposta de cultivares de arroz à adubação nitrogenada. No primeiro experimento, foram usados tratamentos de suspensão da irrigação nos intervalos de: a. 45 aos 60 dias, b. 75 aos 90 dias e c. 45 aos 60 dias e 75 aos 90 dias após a emergência. Incluiu-se um tratamento com irrigação contínua, como testemunha. Os níveis de nitrogênio estudados foram 0, 30, 60 e 90 kg/ha de N, e as cultivares usadas foram IAC 1246, IAC 47 e IET 1444. No segundo experimento, o tratamento de suspensão da irrigação foi dado aos 90 dias. Os níveis de nitrogênio e as cultivares foram os mesmos do primeiro experimento, com exceção da cultivar IET 1444, que foi substituída pela CICA 4. No primeiro experimento, os tratamentos de suspensão da irrigação não tiveram influência significativa sobre a produção, devido à ocorrência de chuvas. Quando o conteúdo de água no solo não foi limitante, houve resposta da produção de grãos à adubação nitrogenada até 60 kg/ha de N. Não houve diferença significativa entre as cultivares, com relação à produção de grãos, tendo, as cultivares IAC 1246 e IAC 47, apresentado uma correlação linear e positiva entre o índice de área foliar (IAF) na floração e a produção de grãos. Em condições de pouca disponibilidade de água, não houve resposta à adubação nitrogenada. A produção de grãos da cultivar CICA 4 foi menor do que a das cultivares IAC 1246 e IAC 47, apresentando uma correlação linear e negativa com a duração da área foliar (DAF). Houve uma correlação linear e positiva entre a DAF e a evapotranspiração real, comprovando a influência da área foliar no consumo de água. A equação quadrática parece ser a que melhor se aplica na relação entre a DAF e produção de grãos, explicando as quedas de produção, em condições de deficiência hídrica, pela aplicação de qualquer insumo que aumente a área foliar acima de um ponto crítico.

Termos para indexação: deficiência hídrica, nitrogênio, índice de área foliar, duração da área foliar, consumo de água, arroz de sequeiro.

RESPONSE OF UPLAND RICE CULTIVARS TO NITROGEN AS AFFECTED BY WATER DEFICIENCY

ABSTRACT - Two field experiments were carried out (in an attempt) to determine the influence of water deficiency on the response of rice cultivars to nitrogen. In the first experiment, the treatments inducing water deficiency were suppression of the irrigation after the seedling emergence from: a. 45 to 60 days, b. 75 to 90 days and c. 45 to 60 and 75 to 90 days. Also, included a control with continuous irrigation. Four levels of nitrogen (0, 30, 60 and 90 kg/ha of N and three cultivars (IAC 1246, IAC 47 and IET 1444) were used. In the second experiment, water deficiency was induced by the suppression of irrigation 90 days after the emergence of the plants. The nitrogen levels and cultivars were the same as those in the first experiment, excepting cultivar IET 1444 which was substituted by CICA 4. In the first experiment, there was no significant influence of the water suppression treatments on grain yield, due to rain occurrence. When the soil water content was not a limiting factor, grain yield increased in response to nitrogen fertilization up to 60 kg/ha of N. There was no significant difference among the cultivars with regard to grain yield. The cultivars IAC 1246 and IAC 47 showed a linear and positive correlation between the leaf area index (LAI) at flowering, and grain yield. When the soil water content was low, there was no response to nitrogen fertilization. The grain yield of cultivar CICA 4 was lower than those of IAC 1246 and IAC 47, exhibiting a linear and negative correlation with the leaf area duration (LAD). There was a linear and positive correlation between the LAD and actual evapotranspiration, proving thereby the influence of leaf area on the water consumption. The relationship between LAD and grain yield is better explained by the quadratic equation. It is evident that the application of any input that increases the leaf area over a critical point is responsible for the decrease in grain yield when water is the limiting factor.

Index terms: water deficiency, nitrogen, leaf area index, leaf area duration, water consumption, upland rice.

INTRODUÇÃO

As mudanças nas características morfológicas e fisiológicas do arroz, provenientes da aplicação de nitrogênio, nem sempre influem de maneira positiva na sua produtividade. A aplicação de uma dosa-

¹ Aceito para publicação em 31 de julho de 1979.

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

³ Eng.º Agr.º M.Sc. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), Alameda São Boaventura, 770 Fonseca, CEP 24.000 - Niterói, RJ.

gem relativamente alta de nitrogênio, por plantio, geralmente aumenta o crescimento vegetativo e o índice de área foliar, ocasionando aumento no uso da água (Viets Júnior 1966, Fagade & De Datta 1971). Pode ocorrer redução na produtividade do arroz devido ao acamamento e/ou à acentuação dos efeitos da deficiência hídrica na fase reprodutiva da cultura (Bloch 1966, Ward et al. 1973). Por outro lado, esta mesma aplicação poderá, devido à influência do nitrogênio no sistema radicular, minimizar, em parte, os efeitos da deficiência hídrica na fase vegetativa da cultura (International Rice Research Institute 1973). À mesma conclusão chegaram Bond et al. (1971), ao afirmarem que, sob conteúdo limitado de água, a cultura de trigo com boa adubação nitrogenada desenvolve um extenso sistema radicular e extrai água do solo a mais altas tensões e maiores profundidades do que a cultura não adubada. Wu (1966), em experimento conduzido no "International Rice Research Institute", observou que, sob conteúdo adequado de água no solo, a produção foi extremamente baixa, e o arroz não respondeu a incrementos nas aplicações de nitrogênio.

A influência do nitrogênio na "resistência de difusão estomatal"⁴ pode influir positiva ou negativamente na produtividade do arroz, devido a que incrementos na quantidade desse elemento reduzem a resistência estomatal, aumentando a atividade fotossintética e, conseqüentemente, a transpiração da planta (International Rice Research Institute 1974). Portanto, em condição de deficiência hídrica, altas dosagens de nitrogênio podem acentuar reduções na produtividade do arroz e, em condição de boa disponibilidade de água, podem aumentá-la.

Os produtores de arroz de sequeiro da região Centro Oeste geralmente aplicam baixas dosagens de fertilizante nitrogenado na cultura do arroz, pois a instabilidade da precipitação pluviométrica, durante a estação de cultivo, não os incentiva a altos investimentos com este insumo.

Com o objetivo de se determinar a influência da deficiência hídrica na resposta de cultivares de arroz à adubação nitrogenada, foram conduzidos dois experimentos, no Centro Nacional de Pesquisa

de Arroz e Feijão (CNPAP).

MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro experimento foi instalado em 8.7.76, em um Latossolo⁵ Vermelho-Amarelo distrófico, que recebeu uma adubação básica de 190 kg/ha de P₂O₅, 80 kg/ha de K₂O e 5 kg/ha de Zn, na forma de superfosfato triplo, cloreto de potássio e sulfato de zinco respectivamente. O delineamento usado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. Nas parcelas foram distribuídos quatro tratamentos de suspensão de irrigação e, nas subparcelas, quatro níveis de nitrogênio e três cultivares, em arranjo fatorial. Foi suspensa a irrigação nos intervalos de: a. 45 aos 60 dias, b. 75 aos 90 dias e c. 45 aos 60 dias e 75 aos 90 dias após a emergência. Foi incluído um tratamento com irrigação contínua, como testemunha. Os níveis de nitrogênio estudados foram 0, 30, 60 e 90 kg/ha de N, e as cultivares foram IAC 1246, IAC 47 e IET 1444. A irrigação foi feita por aspersão, sendo ligado o sistema sempre que ocorressem três dias consecutivos sem chuva. O nitrogênio foi aplicado, na forma de nitrato de amônio, 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura, por ocasião da diferenciação do primórdio floral. Foi usado o espaçamento de 0,30 m, e a densidade de semeadura de 100 sementes/m².

O segundo experimento foi instalado em 11.8.77, no mesmo tipo de solo e com a mesma adubação básica do anterior. Foi utilizado um esquema fatorial 3 x 4, em blocos ao acaso, com cinco repetições. O primeiro fator refere-se às mesmas cultivares do experimento anterior, com exceção da IET 1444, que foi substituída pela CICA 4. O segundo fator refere-se aos níveis de nitrogênio, que também foram os mesmos. O experimento foi irrigado por aspersão, até 90 dias após a emergência. Após este período suspendeu-se a irrigação, provocando-se deficiência hídrica.

O IAF foi determinado na época da floração, para o primeiro experimento e, de duas em duas semanas, para o segundo, usando-se a seguinte fórmula: IAF = AF x NP onde:

AF - área foliar de um perfilho em m²,

⁵ A análise química do solo apresentou o seguinte resultado: pH = 5,3, P = 1 ppm, Al = 0,2 me/100ml, Ca + Mg = 0,5 me/100 ml e K = 43 ppm.

⁴ Resistência da folha em perder umidade através do estômato.

NP - número de perfilhos por m².

A área foliar foi determinada, no primeiro experimento, pela multiplicação do comprimento da folha pela maior largura e por um fator de correção igual a 0,75 (EMBRAPA 1977). No segundo experimento, a área foliar foi medida com o aparelho denominado "Portable Area Metter", modelo LI-3000, da "Lambda Instruments Corporation".

A evapotranspiração real foi calculada, no segundo experimento, por balanço hídrico da cultura; através do modelo⁶ determinado por J.T. Ritchie, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

Em ambos os experimentos, foram determinados o número de panículas por m², o número de grãos cheios por panícula, o peso de 100 grãos e a produção de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos de suspensão da irrigação, no primeiro experimento, não tiveram influência significativa sobre os componentes da produção devido à ocorrência de chuvas. Além disso, houve uma boa distribuição pluviométrica durante o período mais crítico⁷ da cultura com relação ao suprimento de água (Fig. 1). O nitrogênio também não teve efeito significativo sobre os componentes da produção, conforme mostrou a análise de variância, apesar de ter sido observado que, em geral, incrementos nas doses desse elemento aumentaram o número de panículas por m². Entretanto, entre as cultivares ocorreram diferenças significativas, tendo a IET 1444 apresentado maior número de panículas por m² do que as IAC 1246 e IAC 47. O contrário ocorreu com o número de grãos cheios por panícula e peso de 100 grãos, que foram maiores nas cultivares IAC 1246 e IAC 47 (Tabela 1).

No segundo experimento, também foram verificadas diferenças significativas entre as cultivares, com relação aos componentes da produção, tendo a CICA 4 apresentado maior número de panículas por m², menor número de grãos cheios por panícula e menor peso de 100 grãos do que as IAC

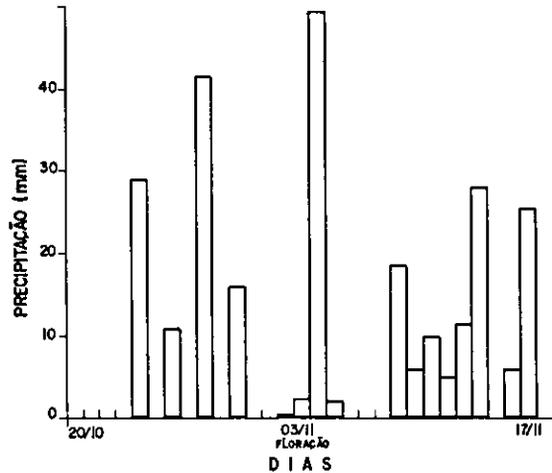


Fig. 1. Distribuição diária da precipitação pluviométrica, durante o período crítico da cultura do arroz com relação ao suprimento de água, no primeiro experimento (1976).

1246 e IAC 47 (Tabela 2). Neste experimento, de maneira geral, o nitrogênio não teve efeito sobre os componentes da produtividade.

A distribuição pluviométrica, durante o período crítico da cultura, foi bem melhor no primeiro experimento do que no segundo (Fig. 2). Comparando-se os componentes da produção nos dois experimentos, foi observado que o número de grãos cheios por panícula não foi afetado pela má distribuição pluviométrica ocorrida no segundo experimento. Por outro lado, o número de panículas por m² e o peso de 100 grãos foram menores no segundo experimento, mostrando terem sido afetados pela distribuição pluviométrica. O menor número de panículas por m², verificado no segundo experimento, foi devido também ao menor "stand" inicial, causado por ataque de formiga e de broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus*).

No primeiro experimento, houve uma resposta positiva da produção de grãos a aplicações crescentes de nitrogênio até 60 kg/ha de N (Tabela 3) o que pode ser explicado pela boa distribuição pluviométrica ocorrida durante o período crítico da cultura. Foi feita a correlação da produção de grãos com o IAF na floração, para cada cultivar. A correlação não foi significativa para a cultivar IET 1444; entretanto, foi significativa, linear e positiva para a IAC 1246 e IAC 47 (Fig. 3). O incremento no IAF significa aumento de folhas fotossintética-

⁶ Este modelo encontra-se arquivado em disco, no Centro de Processamento de Dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Setor de Áreas Isoladas Norte (Parte Rural, Caixa Postal 10.2372, CEP 70.000 - Brasília, DF.

⁷ Duas semanas antes a duas semanas após a floração.

TABELA 1. Médias^a do número de panículas por m², do número de grãos cheios por panícula e do peso de 100 grãos das cultivares IAC 1246, IAC 47 e IET 1444, no primeiro experimento (1976).

Cultivares	Panículas/m ² Nº	Grãos cheios/panícula Nº	Peso de 100 grãos g
IAC 1246	352 b	88 a	3,54 a
IAC 47	319 b	96 a	3,42 b
IET 1444	636 a	63 b	2,11 c

^aMédias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 2. Médias^a do número de panículas por m², do número de grãos cheios por panícula e do peso de 100 grãos das cultivares IAC 1246, IAC 47 e CICA 4, no segundo experimento (1977).

Cultivares	Panículas/m ² Nº	Grãos cheios/panícula Nº	Peso de 100 grãos g
IAC 1246	160 b	87 b	2,55 a
IAC 47	143 b	94 a	2,72 a
CICA 4	373 a	67 b	1,79 b

^aMédias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 3. Média^a da produção de grãos das cultivares IAC 1246, IAC 47 e IET 1444, em quatro níveis de nitrogênio, no primeiro experimento (1976).

Nitrogênio kg/ha	Produção (kg/ha)			
	IAC 1246	IAC 47	IET 1444	Média
0	5160	5128	5229	5172 c
30	5525	5553	5216	5431 b
60	5574	5663	5548	5595 a
90	5696	5611	5511	5606 a

^aMédias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

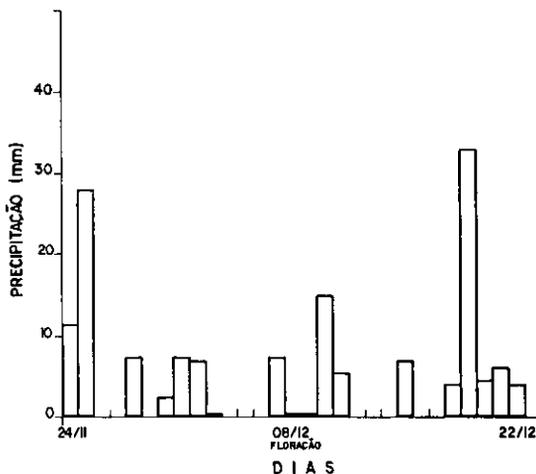


Fig. 2. Distribuição diária da precipitação pluviométrica, durante o período crítico da cultura do arroz com relação ao suprimento de água, no segundo experimento (1977).

mente ativas, o que reflete positivamente na produção de grãos, quando o conteúdo de água no solo não é limitante. No segundo experimento, devido à deficiente distribuição pluviométrica, não houve resposta ao nitrogênio (Tabela 4), o que está de acordo com Wu (1966). Qualquer insumo que aumente a área foliar aumenta o consumo de água e, em condições de pouca disponibilidade de água, implica na redução da produção. Houve uma correlação linear e positiva entre a DAF⁸ e a evapotranspiração real (Fig. 4), o que comprova a influência da área foliar no consumo de água, concordando com Viets Júnior (1966) e Fagade & De Datta (1971).

As maiores produções, verificadas no primeiro experimento em relação ao segundo, foram causa-

⁸ Integral da curva de índice de área foliar.

TABELA 4. Média^a da produção de grãos das cultivares IAC 1246, IAC 47 e CICA 4, em quatro níveis de nitrogênio, no segundo experimento (1977).

Nitrogênio kg/ha	Produção (kg/ha)		
	IAC 1246	IAC 47	CICA 4
0	1368	1487	1504
30	1229	1852	1106
60	1646	1764	1373
90	1414	1694	1049
Média	1414 ab	1699 a	1258 b

^aMédias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

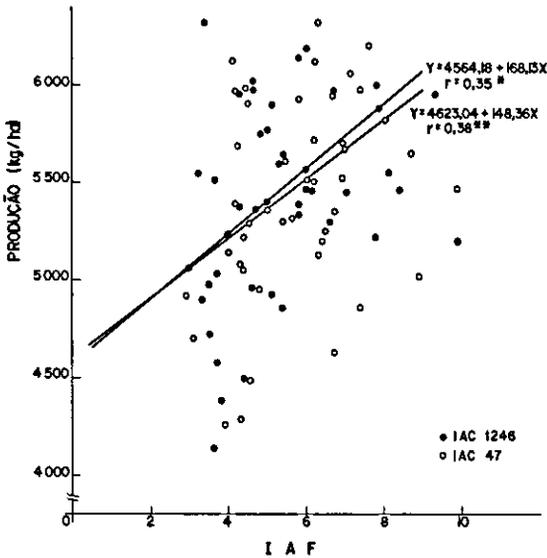


Fig. 3. Relação entre o índice de área foliar na floração e a produção de grãos das cultivares IAC 1246 e IAC 47, no primeiro experimento (1976).

dos pelo maior número de panículas por m², e maior peso de 100 grãos verificados neste experimento. Não houve diferença significativa entre as cultivares no primeiro experimento; entretanto, no segundo, a cultivar CICA 4 apresentou menor produção do que as IAC 1246 e IAC 47.

Foi feita a correlação da produção de grãos com a DAF até a floração (Tabela 5), para cada cultivar. A DAF está correlacionada linear e positivamente com a produção na cultivar IAC 1246, e linear e negativamente na CICA 4 (Fig. 5), o que explica a menor produção desta comparada com as outras duas. Esta cultivar desenvolveu uma área foliar muito grande para as condições de pouca disponibilidade de água, o que, de acordo com Bloch

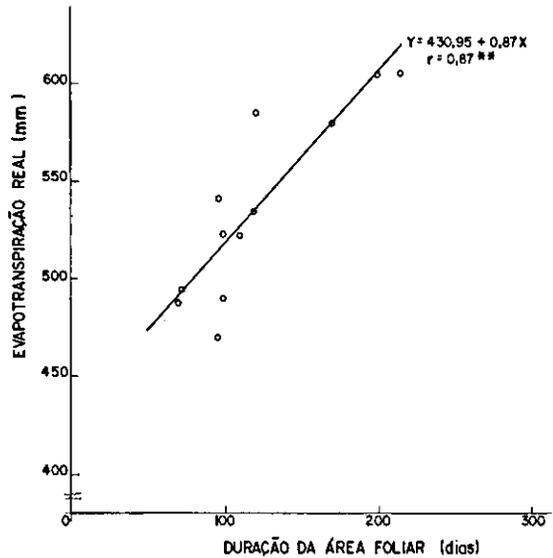


Fig. 4. Relação entre a duração da área foliar e a evapotranspiração real, até a floração, das cultivares estudadas no segundo experimento (1977).

(1966) e Ward et al (1973), agrava o problema da seca. A DAF da cultivar IAC 47 apresentou uma correlação com a produção, explicada por uma equação quadrática, atingindo o máximo de produção com uma DAF igual a 91 dias. Em condições de boa disponibilidade de água, este valor deve ser maior.

A equação quadrática parece ser a que melhor explica a relação entre a produção e a DAF. À medida que a área foliar cresce, aumenta o número e a superfície de folhas fotossinteticamente ativas, resultando em aumento na produção, até chegar a um ponto crítico em que começa a haver sombreamento mútuo, e a produção começa a decrescer. Em condições de pouca disponibilidade de

TABELA 5. Duração da área foliar, até a floração, das cultivares IAC 1246, IAC 47 e CICA 4, em quatro níveis de nitrogênio, no segundo experimento (1977).

Nitrogênio kg/ha	Duração da área foliar (dias)		
	IAC 1246	IAC 47	CICA 4
0	99,0	69,1	120,2
30	94,5	96,5	200,4
60	118,9	73,4	169,4
90	98,1	108,5	215,2

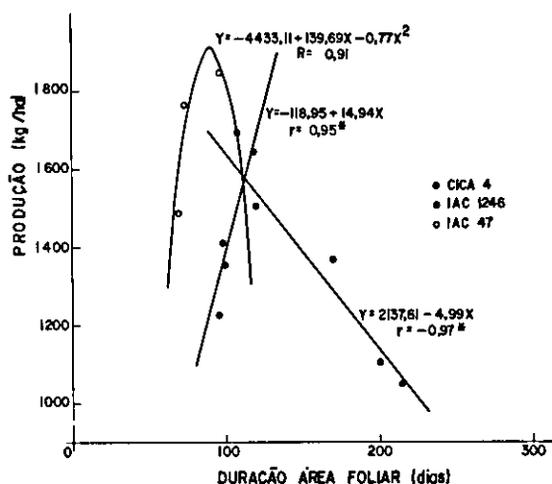


Fig. 5. Relação entre a duração da área foliar até a floração e a produção de grãos das cultivares IAC 1246, IAC 47 e CICA 4, no segundo experimento (1977).

água, atinge-se um ponto crítico de DAF, a partir do qual, a produção começa a decrescer, antes de atingir uma área foliar que cause sombreamento mútuo.

As correlações lineares positiva e negativa para as cultivares IAC 1246 e CICA 4, respectivamente, possivelmente devem-se ao fato de a primeira ter apresentando somente valores de DAF abaixo do ponto crítico, e, a segunda, somente valores acima deste.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos dois experimentos permitem concluir que:

1. Não houve influência significativa da adubação nitrogenada sobre o número de panículas por m^2 , número de grãos cheios por panícula e peso de 100 grãos;

2. O número de grãos cheios por panícula não foi afetado pelo baixo conteúdo de água no solo; entretanto, houve um decréscimo no número de panículas por m^2 e no peso de 100 grãos;

3. Houve respostas significativa e positiva da produção de grãos à adubação nitrogenada até 60 kg/ha de N, quando o conteúdo de água no solo não foi limitante. Em condições de baixo conteúdo, não houve resposta à adubação nitrogenada;

4. Em condições de boa disponibilidade de água, não houve diferença significativa entre as cultivares, com relação à produção de grãos, tendo as cultivares IAC 1246 e IAC 47 apresentado uma correlação linear e positiva entre o IAF na floração e a produção de grãos;

5. Em condições de pouca disponibilidade de água, a produção de grãos da cultivar CICA 4 foi menor do que as das IAC 1246 e IAC 47, apresentando uma correlação linear e negativa com a DAF. A cultivar IAC 1246 apresentou uma correlação linear e positiva, e a IAC 47, uma correlação explicada por uma equação do segundo grau, entre a DAF e a produção de grãos;

6. Houve uma correlação linear e positiva entre a DAF e a evapotranspiração real, comprovando a influência da área foliar no consumo de água;

7. A equação quadrática parece ser a que melhor se aplica na relação entre a DAF e produção de grãos, explicando as quedas de produção, em condições de deficiência hídrica, pela aplicação de qualquer insumo que aumente a área foliar acima de um ponto crítico. Esse ponto corresponde ao ponto de máximo da equação;

8. Quando o conteúdo de água no solo não é limitante, o ponto crítico é determinado pelo valor de DAF, a partir do qual começa a haver sombreamento mútuo. Em condições de deficiência hídrica,

ca, o ponto crítico ocorre antes disso e tanto mais cedo quanto mais severa for a deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS

- BLOCH, C.A. Crop yields in relation to water supply and soil fertility. In: _____ . Plant environment and efficient water use. s.l., Am. Soc. Of. Agronomy, 1966. p. 177-206.
- BOND, J.J. POWER, I.F.; WILLIS, W.O. Soil water extractions by N-fertilized spring wheat. *Agron. J.*, Madison, 63(2):1280-3, Mar./Apr. 1971.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão, Goiânia. Manual de métodos de pesquisa em arroz. Goiânia. 1977. 106 p.
- FAGADE, S.O. & DE DATTA, S.K. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. *Agron. J.*, Madison, 63(3):503-6, May/June, 1971.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Annual report for 1972. Los Baños, Philippines 1973.
- _____. Annual report. Los Baños, Philippines, 1974.
- VIETS JUNIOR, F.F. Increasing water use efficiency by soil management. In: _____ . Plant environment and efficient water use. s.l., American Society of Agronomy, 1966. p. 259-74.
- WARD, R.C.; WHITNEY, D.A.; WESTFALL, D.G. Plant analysis as an aid in fertilizing small grains. In: _____ , Soil testing and plant analysis. s.l., American Society of Agronomy, 1973. p. 329-48.
- WU, B.F. Studies on some physiological characteres of rice plants grown under upland and lowland conditions. Los Baños, Philippines, University of the Philippines College of Agriculture, 1966. M.S. Thesis.