

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE SEQUEIRO.

II. MANIFESTAÇÃO ATRAVÉS DOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO¹

BEATRIZ DA SILVEIRA PINHEIRO², JOSÉ FRANCISCO DA SILVA MARTINS³
e FRANCISCO JOSÉ P. ZIMMERMANN⁴

RESUMO - A relação entre o índice de área foliar (IAF) e a produtividade, manifesta através dos componentes, foi estudada na cultivar de arroz de sequeiro IAC 47, em dois experimentos de campo, com distintas épocas de plantio. As chuvas foram abundantes e bem distribuídas durante o período reprodutivo da 1ª época, enquanto escassas para a 2ª, ocasionando deficiência hídrica. Variação no IAF foi obtida através de cinco níveis de desfolhamento (0, 25, 50, 75 e 100%) praticados no estágio de diferenciação das espiguetas, a partir de IAF em torno de 6,5 e 5,5 para a 1ª e 2ª épocas, respectivamente. Foi testado um tratamento adicional na 2ª época, em que 50% de desfolhamento foi obtido pela eliminação de perfilhos. A análise de covariância indicou que o efeito do IAF se deu através do número de espiguetas na 1ª época, e da fertilidade de espiguetas, na 2ª. A comparação do tratamento adicional com o padrão para 50% de desfolhamento, indicou que o número de perfilhos pode ser aumentado sem decréscimo da resistência à seca, desde que a área foliar por perfilho seja reduzida.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, resistência à seca, arroz.

LEAF AREA INDEX AND YIELD OF UPLAND RICE.

II. MANIFESTATION THROUGH YIELD COMPONENTS

ABSTRACT - The relationship between leaf area index (LAI) and yield, through its components, was studied in the upland rice cultivar, IAC 47, in two field experiments with different planting dates. Rains were abundant and well distributed during the reproductive stage of the first experiment (EXP I), whereas were scarce for the second one (EXP II), resulting in water stress to the plants. In order to achieve variation in LAI, five defoliation levels (0, 25, 50, 75 and 100%) were performed at the stage of spikelet differentiation. Before cutting, LAI was 6,5 for EXP I, and 5,5 for EXP II. An additional treatment was tested in EXP II, in which 50% of the leaf area was removed through detillering. Covariance analysis showed that LAI effect on yield was exerted through spikelet number in EXP I, and through spikelet fertility in EXP II. Comparison of the detillering treatment with the standard 50% defoliation showed that the number of tillers can be increased without decrease in drought resistance if leaf area per tiller is reduced.

Index terms: *Oryza sativa*, drought resistance, rice.

INTRODUÇÃO

A cultivar IAC 47 é capaz de apresentar grande variação no índice de área foliar (IAF)

em função de variação na época de semeadura (Pinheiro & Guimarães 1990). Contudo, esta variação está relacionada à variação nos fatores ambientais, o que não permite o estudo do efeito isolado do parâmetro em questão.

O IAF pode ser manipulado experimentalmente, através de variação da população de plantas, do espaçamento entre fileiras, ou da adubação nitrogenada, tendo também essas práticas a limitação acima referida. Dado este problema, Watson (1952), comentou que o estudo da dependência da taxa de assimilação líquida sobre o IAF envolve também a busca

¹ Aceito para publicação em 26 de dezembro de 1989.

² Eng.^a Agr.^a Dr.^a, EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

³ Eng.-Agr., Dr., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária Terras Baixas de Clima Temperado (CPATB), Caixa Postal 553, CEP 96001 Pelotas, RS.

⁴ Eng.-Agr., Ph.D. EMBRAPA/CNPAP.

de uma metodologia para variá-lo experimentalmente.

O presente estudo foi realizado para identificar os componentes da produção, através dos quais o índice de área foliar exerce efeito sobre a produtividade do arroz de sequeiro – em duas situações distintas – quanto à disponibilidade de água, variando o IAF no período reprodutivo através da redução artificial da área foliar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em “Latosolo Vermelho Escuro”. O primeiro, instalado à 20 de novembro (1ª época), e o segundo, um mês depois (2ª época). O solo foi adubado com 100 kg de P_2O_5 e 40 kg de K_2O por hectare, no sulco de plantio. O nitrogênio, na dose de 45 kg por hectare, foi todo aplicado na semeadura, na 1ª época, ou na dose de 15 kg por hectare na semeadura, mais 30 kg por hectare em cobertura, 50 dias depois, na 2ª época. A cultivar usada foi a IAC 47, na densidade de 50 sementes aptas por metro linear, no espaçamento de 0,50 m entre fileiras. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, sendo as parcelas constituídas por seis fileiras de 6 m de comprimento. Os tratamentos consistiram do estabelecimento de diferentes índices de área foliar (IAF), através de corte das folhas no período reprodutivo. Os cortes foram realizados com tesoura de podar e compreenderam a eliminação de aproximadamente 25% (T_2), 50% (T_3), 75% (T_4) ou 100% (T_5) da área foliar existente. Foi também mantido um tratamento sem cortes das folhas (T_1), e apenas para a 2ª época, incluído um tratamento adicional (T_6) que compreendeu a eliminação de 50% da área foliar através da eliminação de metade dos perfilhos, para comparação com T_3 .

Na 1ª época os cortes das folhas foram realizados aos 79 dias após a semeadura, quando as parcelas tinham um IAF em torno de 6,4, e na 2ª época, aos 77 dias, com IAF em torno de 5,5 (Tabela 1). Nessas condições as plantas estavam na mesma fase de desenvolvimento: o primórdio floral tinha cerca de 2 cm, o que de acordo com Matsushima (1975), corresponde à fase média de diferenciação das espiguetas. Os cortes foram feitos mantendo-se as folhas eretas e cortando-as a diferentes alturas da copa da planta. Dessa forma, o tratamento T_5 não eliminou inteiramente as folhas inferiores, mas apenas as pontas das folhas que ainda não haviam completado

TABELA 1. Índice de área foliar (IAF) obtido imediatamente (1) e 5 dias após os cortes (2) em função dos diferentes níveis de redução de área foliar nos dois experimentos.

Tratamento	1		2	
	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época
T_1	6,39	5,52	6,55	5,79
T_2	4,88	4,35	5,75	4,92
T_3	3,25	2,83	3,97	3,70
T_4	1,74	1,54	3,92	2,27
T_5	0,28	0,09	1,05	1,21
T_6	-	2,70	-	3,65

expansão por ocasião dos cortes. O tratamento T_2 eliminou apenas as pontas das folhas superiores, por serem as mais longas. O IAF foi determinado por meio de medidor automático de área foliar, modelo LI 300, da “Lambda Instruments Corporation”. Foram feitas medições dessa variável no dia dos cortes, cinco dias depois e por ocasião do florescimento.

Pela ocorrência de estiagem no período reprodutivo da 2ª época, este experimento recebeu irrigação suplementar a partir do florescimento. Dessa forma, evitou-se que a deficiência hídrica se tornasse severa a ponto de impedir a manifestação dos tratamentos. Antes da 1ª irrigação foi realizada uma amostragem de solo para caracterizar a máxima tensão de água a que estiveram submetidas as plantas nesse experimento. A amostragem foi realizada até aos 45 cm de profundidade, abrangendo os seis tratamentos e duas repetições.

Na avaliação do efeito dos tratamentos nos dois experimentos, foi utilizado somente o valor do IAF atingido na fase de floração. As demais variáveis medidas nos experimentos foram produtividade, número de perfilhos/m², número de panículas/m², número de espiguetas por panícula, percentual de esterilidade, peso de 100 grãos e altura das plantas. Para a 2ª época foi determinado, adicionalmente, o índice de colheita.

Para melhor interpretação dos dados, especialmente no que se refere à natureza do efeito dos tratamentos, foi aplicada a análise de covariância (Steel

& Torrie 1960). Dessa forma, foram determinados os coeficientes de correlação linear simples entre IAF, produtividade e seus componentes, usando-a como variável dependente, identificados os parâmetros que mais influenciaram a produtividade, estabelecida a regressão múltipla e feito o desdobramento dos parâmetros em seus efeitos diretos e indiretos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1 ilustra a diferença entre os regimes pluviiais a que estiveram submetidas as plantas nos dois experimentos, no período entre 35 dias antes, e dez dias após o início do florescimento. Verifica-se que nesse período, considerado o de maior suscetibilidade à deficiência hídrica (Matsushima, 1968), as chuvas foram abundantes e bem distribuídas para a 1ª época, enquanto foram escassas e irregulares para a 2ª época. De acordo com a determinação gravimétrica da umidade do solo, realizada ante-

riormente à irrigação na 2ª época, foram atingidos os teores de 15,76; 16,50 e 17,03% nas camadas de 0 a 15, 15 a 30 e 30 a 45 cm de profundidade do solo, respectivamente. Tais teores correspondem a tensões de água no solo de -3,6; -2,3 e -1,6 atm, respectivamente. Nessa ocasião as plantas apresentavam as folhas enroladas e com pontas secas ou amarelecidas. O nível da deficiência hídrica na planta não foi, no entanto, severo o suficiente para retardar a emissão das panículas. Esse processo teve início aos 91 dias e atingiu 50% aos 95 dias, o que é considerado normal para a cultivar IAC 47.

Em decorrência da predominância de dias encobertos durante a 1ª época, e de períodos de estiagens ao longo da 2ª época, houve também diferentes disponibilidades de radiação solar durante o período reprodutivo. As medidas de insolação (Fig. 2) indicaram 165,5 horas de luz para a 1ª época, em contraste com 237,4 horas para a 2ª, do que resultaram médias diárias de 4,6 e 6,6 horas de luz para a 1ª e a 2ª época, respectivamente.

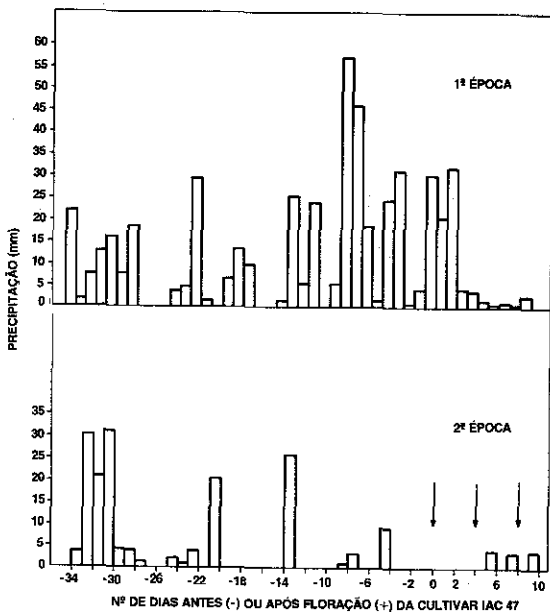


FIG. 1. Caracterização do regime pluviométrico na 1ª e 2ª épocas de plantio, dos 35 dias antes até 10 dias após emergência de 50% das panículas da cultivar IAC 47. (↓: suplementação de água através de irrigação superficial).

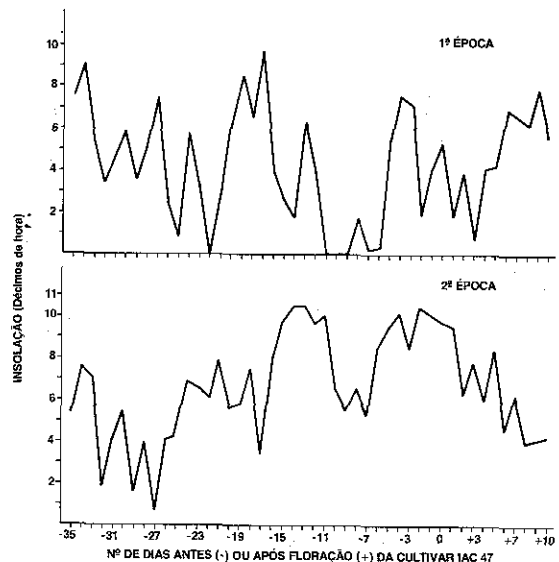


FIG. 2. Caracterização da insolação na 1ª e 2ª épocas de semeadura, dos 35 dias antes até 10 dias após emergência de 50% das panículas da cultivar IAC 47.

A Fig. 3 indica que os valores do IAF na floração foram inferiores para a 2ª época, especialmente nos menores níveis de redução da área foliar, apesar dos valores similares obtidos nas duas épocas logo após os cortes (Tabela 1). Sabe-se que a expansão da área da folha é um processo extremamente suscetível à deficiência hídrica, e que pequenas quedas do potencial da água nas folhas afetam seu tamanho final (Azevedo et al. 1971). Além disso, a deficiência hídrica acelera o processo de senescência das folhas (Ludlow 1975). Daí a diferença mais acentuada no IAF das duas épocas nos menores níveis de redução: adicionado à menor expansão de área das folhas jovens, na 2ª época houve também amarelecimento e secamento das folhas maduras, especialmente nos menores níveis de redução, onde havia maior proporção de folhas inferiores remanescentes.

A Fig. 4 mostra que a produtividade foi afetada de maneira análoga pelos tratamentos nas duas épocas: em ambas, a relação entre a produtividade e os níveis de redução da área

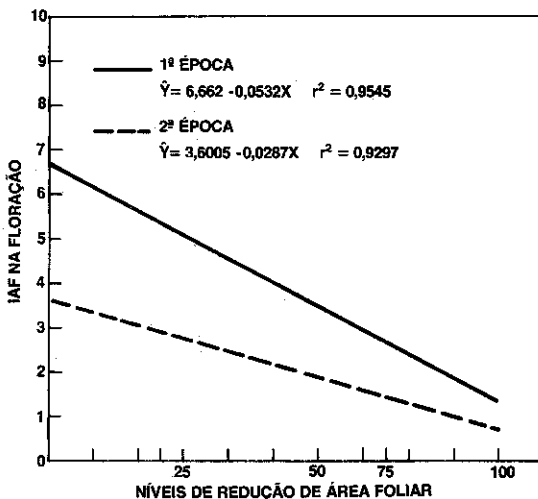


FIG. 3. Valores de IAF na floração resultantes dos diferentes níveis de redução de área foliar, praticados na fase de diferenciação das espiguetas, nos dois experimentos.

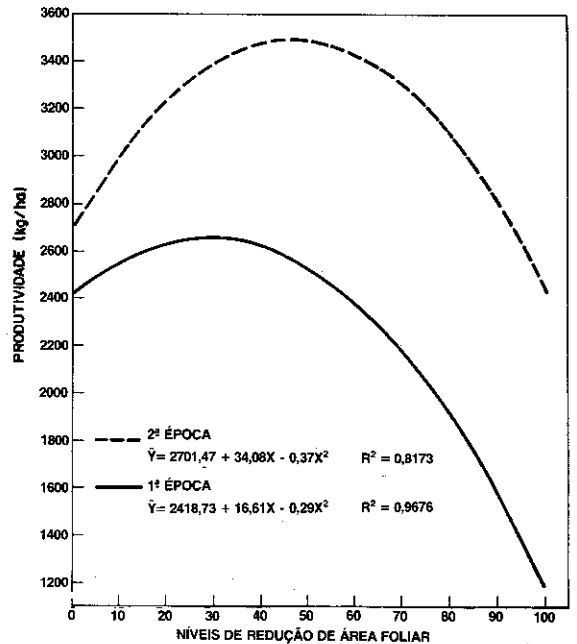


FIG. 4. Produtividade resultante de diferentes níveis de redução de área foliar, praticados na fase de diferenciação das espiguetas, nos dois experimentos.

foliar foi expressa por uma equação quadrática. No entanto, os incrementos de produtividade por unidade de variação da área foliar foram maiores na 2ª época. Nesta, a produtividade máxima e os decréscimos de produtividade em relação à testemunha ocorreram em maiores percentuais de redução de área foliar do que na 1ª época.

Ainda na Fig. 4 observa-se que, apesar da deficiência hídrica, as produtividades atingidas na 2ª época foram superiores às da 1ª. A comparação dos componentes da produção nas testemunhas (Tabela 2, Tratamento T₁) indica menor número de espiguetas, de grãos cheios e do peso de 100 grãos para a 1ª época. Os demais componentes foram similares. Em função do intenso crescimento vegetativo e da elevada altura atingida pelas plantas da 1ª época (Tabela 2) ocorreu acamamento após a floração, independentemente dos tratamentos. O fato de o acamamento não ocorrer ao mes-

mo tempo ou na mesma proporção para todas as parcelas, além da dificuldade de realizar a amostragem em plantas acamadas, explica os maiores coeficientes de variação da 1ª época (Tabela 2).

Os coeficientes de correlação simples (Tabela 3), mostram que a produtividade associou-se ao número de espiguetas e de grãos cheios na 1ª época e ao percentual de fertilidade na 2ª época.

O IAF não se associou significativamente à produtividade em nenhuma das épocas. No entanto, a análise de covariância indicou um efeito indireto desse parâmetro sobre a produtividade, via número de espiguetas na 1ª época e via fertilidade das espiguetas na 2ª época. O desdobramento dos coeficientes de correlação parcial dessas variáveis, em seus efeitos diretos e indiretos, sobre a produtividade, é apresentado na Tabela 4.

O aumento do número de espiguetas, bem como o de grãos cheios com a redução do IAF indica uma maior disponibilidade de assimilados para a formação da estrutura floral e enchimento dos grãos. O alto IAF atingido pelo tratamento testemunha (Fig. 2) aliado ao tipo de planta da cultivar IAC 47, caracterizam uma situação de auto-sombreamento (Pinheiro & Guimarães 1990), acentuada pelo baixo nível de radiação solar durante o período reprodutivo. Efetivamente, a radiação solar, nesse estágio exerce grande influência sobre a produtividade, devido ao efeito sobre o número

de espiguetas (International Rice Research Institute 1975). Em condições de suplementação de água durante estiagem, o que subentende alta disponibilidade de radiação solar, a cultivar IAC 47 é capaz de apresentar até 175 espiguetas por panícula (Pinheiro, dados não publicados).

Os resultados de Takeda (1961) indicam que, mesmo para arroz irrigado, o IAF ótimo é proporcional ao nível de radiação solar disponível. As quedas no rendimento devem-se ao aumento do coeficiente de extinção de luz e alteração na relação fotossíntese/respiração. Pode-se, portanto, especular que a resposta observada no presente estudo, em condições de alta pluviosidade e de baixa disponibilidade de radiação solar, explique-se com base nas alterações da fotossíntese líquida do dossel foliar.

A observação da relação múltipla entre IAF, produtividade e fertilidade de espiguetas (2ª época), quando a água foi o fator limitante, pressupõe um aumento da resistência à seca com a redução da área foliar. Conforme o observado em estudos anteriores no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAP (Pinheiro et al. 1985), o percentual de fertilidade das espiguetas é o componente que melhor se associa à produtividade, quando a deficiência hídrica ocorre no período reprodutivo. Considerando que os cortes foram realizados num estágio avançado do ciclo, as diferenças no balanço hídrico das plantas, que re-

TABELA 2. Componente de rendimento, altura das plantas e índice de colheita em função dos diferentes níveis de redução de área foliar, nos dois experimentos.

Tratamentos	Perfilhos m ² (n ²)		Panículas m ² (n ²)		Espiguetas/panícula (n ²)		Grãos cheios/panícula (n ²)		Fertilidade das espiguetas (%)		Peso de 100 grãos (g)		Altura das plantas (m)		Índice de colheita (%)
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	
T ₁	238,0	200,7	180,7	191,5	78,6	124,4	51,3	76,3	65,0	62,7	2,54	2,77	1,37	0,98	34,1
T ₂	245,0	197,0	199,7	192,0	75,4	135,3	53,4	96,6	70,6	71,6	2,72	2,79	1,25	0,99	35,0
T ₃	241,7	208,2	187,3	199,0	90,2	120,6	59,2	90,6	66,6	74,9	2,56	2,86	1,26	0,98	43,8
T ₄	241,3	199,0	179,7	193,7	81,4	99,8	53,4	76,8	67,5	76,8	2,65	2,80	1,15	0,91	45,9
T ₅	232,7	191,0	129,3	185,0	48,9	77,3	28,4	66,6	58,9	79,8	2,08	2,64	0,98	0,87	44,3
T ₆	-	121,5	-	117,0	-	147,4	-	101,2	-	68,8	-	2,88	-	0,97	38,0
CV %	8,4	9,1	18,3	9,0	26,8	8,5	19,6	11,1	11,2	6,1	7,4	1,6	7,4	2,7	6,6

TABELA 3. Coeficientes de correlação simples entre as variáveis relacionadas à produtividade, nos dois experimentos.

Combinação de variáveis	Coeficientes de correlação linear simples (r^2) ^a	
	1ª época	2ª época
Produtividade x número de espiguetas	0,769*	0,122 ns
Produtividade x grãos cheios	0,847**	0,430 ns
Produtividade x % de fertilidade	0,350 ns	0,715**

a = Os coeficientes foram obtidos pela combinação de 15 e 24 pares de variáveis para a 1ª e 2ª épocas, respectivamente.

* = Significativo a 5% de probabilidade.

** = Significativo a 1% de probabilidade.

ns = Não significativo.

TABELA 4. Desdobramento dos coeficientes de correlação linear em seus efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade, nos dois experimentos.

Experimento	Variável	Coeficiente de correlação linear simples com produtividade	Coeficientes de correlação parcial		Regressão múltipla
			Efeito direto	Efeito indireto	
1ª época	IAF	-0,0042	-0,5387	VIA ESP = 0,5345	PROD = 849,4 + 22,5 ESP - 634,4 IAF $r^2 = 0,80$
	ESP	0,7692	1,0447	VIA IAF = 0,2756	
2ª época	IAF	-0,5408	-0,3393	VIA PFERT = 0,1137	PROD = 1329,6 + 53,7 IAF - 7,35 PFERT $r^2 = 0,61$
	PFERT	0,7151	0,6014	VIA IAF = 0,2015	

IAF = índice de área foliar.

ESP = número de espiguetas/panícula.

PFERT = percentual de fertilidade das espiguetas.

sultaram na resposta diferencial à seca (T_1 a T_3), devem estar mais relacionadas à quantidade de água consumida por evapotranspiração, do que a eventuais diferenças no sistema radicular.

O mesmo nível de redução da área foliar (50%) foi obtido com cortes de folhas (T_3) ou eliminação de perfilhos (T_6). A Tabela 5 apresenta os valores de F para comparação destes tratamentos. Apesar de ambos terem resultado num mesmo IAF na floração (2,3), a produtividade de T_6 foi 38% inferior à de T_3 . O aumento do número de espiguetas em T_6 não foi suficiente para compensar a redução do número

de perfilhos/panículas, desde que não houve um aumento concomitante do percentual de fertilidade e conseqüentemente do número de grãos cheios (Tabelas 2 e 4). Tomando-se o percentual de fertilidade das espiguetas como parâmetro indicador, conclui-se que a resistência de T_6 à seca, ao invés de ser aumentada, em função da menor competição por água no perfil do solo se manteve ao mesmo nível de T_3 , devido à maior área foliar por perfilho. Parece portanto possível, no melhoramento da cultivar IAC 47, buscar um aumento no número de perfilhos, desde que a área foliar por perfilho seja reduzida. É evidente que essa

TABELA 5. Valores de F para comparação do efeito dos dois tratamentos que resultaram em 50% de redução da área foliar, por corte das folhas (T₃) ou eliminação dos perfilhos (T₆).

Produtividade	IAF	Perfilhos/m ²	Panículas/m ²	Espiguetas/panículas	Grãos cheios/panícula	% de fertilidade	Peso de 100 grãos	Índice de colheita	
F	73,60**	1,31 ns	52,75**	14,36**	2,49 ns	2,90 ns	0,77 ns	0,77 ns	9,23**

consideração é válida se o sistema radicular não for reduzido.

CONCLUSÕES

1. Em condições de deficiência hídrica durante o período reprodutivo do arroz de sequeiro, o índice de área foliar afeta a produtividade mediante uma relação negativa com a fertilidade das espiguetas.

2. Na ausência de deficiência hídrica, um alto índice de área foliar não é garantia de alta produtividade. Quando associada a condições de alta pluviosidade e dias encobertos no período reprodutivo, a depressão da produtividade potencial se dá via redução do número de espiguetas.

3. No melhoramento das cultivares tradicionais de arroz de sequeiro, é possível buscar aumento do número de perfilhos, sem redução da resistência à seca, desde que a área foliar por perfilho seja reduzida.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, E.; HSIAO, T.C.; HENDERSON, D.W. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol.*, 48:631-6, 1971.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Los Baños, Filipinas. **Annual Report for 1974**. Los Baños, 1975. 384p.
- LUDLOW, M.M. Effect of water stress on the decline of leaf net photosynthesis with age. In: MARCELE, R. ed. **Environmental and biological control of photosynthesis**. The Hague, Junk, 1975. p.123-34.
- MATSUSHIMA, S. **Crop science in rice, theory of yield determination and its application**. Tokyo, Fuji, 1975. 379p.
- MATSUSHIMA, S. Water and physiology of Indica rice. *Proc. Crop. Sci. Soc.*, Japan, 102:9, 1968.
- PINHEIRO, B. da S. & GUIMARÃES, E.P. Índice de área foliar e produtividade do arroz de sequeiro. I. Níveis limitantes. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 25(6):863-72, jun. 1990.
- PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L.F.; GUIMARÃES, E.P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 20(1):87-95, 1985.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York, McGraw-Hill, 1960. p.305-31.
- TAKEDA, T. Studies of the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. *Jap. J. Botany*, 17(3):403-7, 1961.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, 4:101-45, 1952.