

# EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELO ARROZ DE TERRAS ALTAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO E DE ADUBAÇÃO<sup>1</sup>

MACRONUTRIENTS UPTAKE BY UPLAND RICE UNDER SPRINKLER IRRIGATION AND FERTILIZER LEVELS

CRUSCIOL, Carlos A. C.<sup>1</sup>; ARF, Orivaldo<sup>2</sup>; SORATTO, Rogério P.<sup>3</sup>; MACHADO, José R.<sup>4</sup>

## RESUMO

O conhecimento das exigências nutricionais do arroz, nas diversas condições de cultivo, é importante para recomendações de adubação mais adequadas. Com o objetivo de estudar a nutrição e exportação de nutrientes pelo arroz de terras altas, cultivar Carajás, sob diferentes lâminas de água e adubação foram instalados experimentos em um Latossolo Vermelho distrófico, em Selvíria (MS), nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96. O delineamento foi blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da precipitação natural e por quatro lâminas de água fornecidas por aspersão. A lâmina  $L_2$  foi baseada no coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do arroz de terras altas. As lâminas  $L_1$  e  $L_3$  foram definidas como 0,5 e 1,5 vezes os  $K_c$ s utilizados em  $L_2$ , respectivamente, e na lâmina  $L_4$  foi adotado  $K_c=1,95$  durante todo o ciclo da cultura. Em 1995/96 utilizaram-se os mesmos tratamentos em parcelas subdivididas, sendo as subparcelas constituídas por dois níveis de adubação NPK (300 e 600 kg  $ha^{-1}$  da fórmula 04-30-10). A menor disponibilidade hídrica durante as fases vegetativa e reprodutiva proporciona redução na produção de matéria seca, teores e extração de nutrientes até o florescimento. O sistema irrigado por aspersão proporciona maior exportação de nutrientes, em consequência do aumento da produtividade de grãos, nos dois níveis de adubação utilizados. O manejo da água no sistema irrigado por aspersão deve ser realizado utilizando os valores de  $K_c$  recomendados para o sistema de sequeiro ( $L_2$ ).

Palavras-chave: *Oryza sativa*, lâminas de água, exportação de nutrientes.

## INTRODUÇÃO

A produtividade da cultura do arroz no sistema de sequeiro, no Brasil, é baixa e inconstante de ano para ano, devido, principalmente, a ocorrência de veranicos, caracterizados por períodos de estiagem de duas a três semanas. Além da produtividade, a deficiência hídrica reduz a produção de matéria seca total (STONE et al., 1984a; CAMPELO JÚNIOR, 1985; STONE, 1985; STONE et al., 1986; CARVALHO JÚNIOR, 1987; TANGUILIG et al., 1987; DABNEY & HOFF, 1989; PRASERTSAK & FUKAI, 1997), a absorção de nutrientes (PONNAMPERUMA, 1975; STONE, 1985; CARVALHO JÚNIOR, 1987), tais como nitrogênio (STONE et al., 1984b; TANGUILIG et al., 1987; PRASERTSAK & FUKAI, 1997), fósforo (STONE, 1985; TANGUILIG et al., 1987) e potássio (STONE, 1985; TANGUILIG et al., 1987), além da exportação de macro e micronutrientes (CARVALHO JÚNIOR, 1987).

A irrigação por aspersão é uma alternativa para solucionar o problema da deficiência hídrica e da distribuição irregular de chuvas, proporcionando uma melhor nutrição e conseqüentemente maior produtividade do arroz (ARF et al., 2000; CRUSCIOL et al., 2000). Com o aumento da produtividade de grãos, há também uma maior exportação de nutrientes da área. No entanto, existem poucas informações sobre as exigências nutricionais do arroz de terras altas no sistema irrigado por aspersão, já que a maioria dos estudos se refere aos sistemas irrigado por inundação e sequeiro. É importante ressaltar que, quando outros fatores não são limitantes, uma adubação adequada pode aumentar a produtividade do arroz de terras altas em solo de cerrado (SANTOS et al., 1982). Assim, com a eliminação do risco de deficiência hídrica, através da irrigação por aspersão, torna-se viável utilizar um nível mais elevado de adubação em relação ao usado no sistema de sequeiro.

Vários trabalhos de pesquisa mostram que em condições de adequada disponibilidade hídrica, a aplicação de fósforo corresponde a expressivos aumentos na produtividade de grãos, quando comparados com uma situação de deficiência hídrica (BARBOSA FILHO, 1987). Já com relação ao potássio, apesar de juntamente com o nitrogênio, serem os nutrientes mais absorvidos pela planta, não se tem verificado resposta à aplicação deste nutriente com tanta freqüência como para o fósforo, em termos de aumento de produtividade de grãos de arroz. Porém, uma adubação potássica adequada pode minimizar o efeito negativo de uma deficiência hídrica, através do papel que o potássio exerce sobre a abertura e fechamento dos estômatos das folhas, reduzindo, assim a perda de água (CRUSCIOL et al., 1999).

Com relação à adubação nitrogenada, apesar de várias pesquisas mostrarem aumento na produtividade pelo seu uso, nem sempre se tem obtido resposta (ARF, 1993). E essa variação nos resultados é provavelmente, em decorrência, entre outros, das características genéticas dos cultivares e das condições climáticas (FORNASIERI FILHO & FORNASIERI, 1993). No entanto, o trabalho de SANTOS et al. (1982) mostrou que uma adubação adequada pode contribuir com aproximadamente 40% de aumento na produtividade do arroz no sistema de sequeiro em solo de cerrado, se outros fatores não forem limitantes. Porém, as recomendações de adubação da cultura do arroz para o Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1996), são referentes ao sistema de sequeiro e irrigado por inundação, não havendo recomendações de

<sup>1</sup> Eng. Agr. Dr. Dep. de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias -, Fazenda Experimental Lageado, C.P.237, CEP: 18.603-970, Botucatu-SP, Brasil. E-mail: crusciol@fca.unesp.br. Bolsista CNPq

<sup>2</sup> Eng. Agr. Dr. Dep. de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, FE - UNESP, Ilha Solteira - SP. Bolsista CNPq

<sup>3</sup> Eng. Agr. Doutorando em Agronomia (Agricultura), Faculdade de Ciências Agrárias - UNESP - Campus Botucatu, Botucatu-SP. Bolsista FAPESP. E-mail: soratto@fca.unesp.br.

<sup>4</sup> Eng. Agr. Dr. Dep. de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias -, Fazenda Experimental Lageado, C.P.237, CEP: 18.603-970, Botucatu-SP, Brasil.

(Recebido para publicação em 03/12/2002)

calagem e adubação para cultivares melhorados, sob irrigação por aspersão.

Desta forma, o conhecimento das exigências nutricionais da cultura, nas diversas situações de cultivo, é de extrema importância para que se possam estabelecer fórmulas e recomendações de adubação mais adequadas (GIUDICE et al., 1983; BARBOSA FILHO, 1987). Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de lâminas de água aplicadas por aspersão sobre a produção de matéria seca, absorção e exportação de nutrientes pelo arroz de terras altas, cultivar Carajás, cultivado sob dois níveis de adubação mineral.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96, em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no Município de Selvíria, MS, situado a 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 1999). As características químicas foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por RAIJ & QUAGGIO (1983), cujos

resultados estão contidos na Tabela 1. A precipitação média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5° C e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%.

O delineamento utilizado, em cada experimento, foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O experimento conduzido no ano agrícola de 1994/95 foi constituído de cinco lâminas de água, uma das quais, foi a precipitação pluvial natural, ou seja, cultivo sob condições de sequeiro, e as demais, fornecidas através de irrigação por aspersão e definidas com base no coeficiente de cultura (Kc) (Tabela 2). Os Kcs apresentados por REICHARDT (1987) para a cultura do arroz de terras altas, com algumas adaptações, resultaram na lâmina 2 (L<sub>2</sub>). A lâmina 1 (L<sub>1</sub>) foi definida com base em 50% dos Kcs utilizados na lâmina 2, enquanto a lâmina 3 (L<sub>3</sub>) foi 1,5 vezes. Já na lâmina 4 (L<sub>4</sub>) foi utilizado o maior Kc da lâmina 3 (1,95), durante todo o período de irrigação. O experimento conduzido no ano 1995/96 foi instalado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelas cinco lâminas de água estudadas no ano agrícola anterior (Tabela 2), e as subparcelas por dois níveis de adubação NPK: AD1 (300 kg ha<sup>-1</sup> da formula 04-30-10) - quantidade determinada de acordo com a análise química do solo (Tabela 1) e a recomendação de RAIJ et al. (1985) e AD2 (600 kg ha<sup>-1</sup> da formula 04-30-10) - dobro da adubação recomendada.

Tabela 1 - Características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm.

| Ano     | M.O.<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | pH<br>(CaCl <sub>2</sub> ) | P resina<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | K   | Ca   | Mg   | H+Al<br>mmolc dm <sup>-3</sup> | SB   | CTC  | V<br>(%) |
|---------|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----|------|------|--------------------------------|------|------|----------|
| 1994/95 | 26                            | 5,4                        | 24                                 | 1,3 | 24,0 | 15,2 | 29,2                           | 40,5 | 69,7 | 58       |
| 1995/96 | 23                            | 5,1                        | 26                                 | 1,9 | 28,0 | 8,0  | 28,0                           | 37,9 | 65,9 | 58       |

Tabela 2 - Lâminas de água e respectivos Kc (Coeficiente de cultura) utilizados.

| Lâminas                    | E               |      | DF               |      |      |      | F                 |  |
|----------------------------|-----------------|------|------------------|------|------|------|-------------------|--|
|                            | Fase vegetativa |      | Fase reprodutiva |      |      |      | Fase de maturação |  |
|                            | P1**            | P2   | P3               | P4   | P5   | P6   |                   |  |
|                            |                 | -30  | -19              | -11  | -3   | +5   | +12***            |  |
| Sequeiro*                  | -               | -    | -                | -    | -    | -    | -                 |  |
| Lâmina 1 (L <sub>1</sub> ) | 0,20            | 0,35 | 0,50             | 0,65 | 0,50 | 0,35 |                   |  |
| Lâmina 2 (L <sub>2</sub> ) | 0,40            | 0,70 | 1,00             | 1,30 | 1,00 | 0,70 |                   |  |
| Lâmina 3 (L <sub>3</sub> ) | 0,60            | 1,05 | 1,50             | 1,95 | 1,50 | 1,05 |                   |  |
| Lâmina 4 (L <sub>4</sub> ) | 1,95            | 1,95 | 1,95             | 1,95 | 1,95 | 1,95 |                   |  |

E- Emergência; DF- Diferenciação floral; F- Florescimento. \*Precipitação pluvial natural. \*\* Período (em dias) de utilização dos coeficientes de cultura em relação ao florescimento. \*\*\*Dias antes do florescimento (-) e após o florescimento(+); P1: período compreendido entre a emergência e 30 dias antes do florescimento; P2: compreendido entre 30 e 19 dias antes do florescimento; P3: período entre 19 e 11 dias antes do florescimento; P4: período entre 11 e 3 dias do florescimento; P5: período entre 3 dias antes e 5 dias após o florescimento; P6: período entre 5 e 12 dias após o florescimento.

Cada unidade experimental continha seis linhas de 6 m de comprimento espaçadas em 0,40 m. Foi considerada como área útil as quatro fileiras centrais, sendo que 0,50m da extremidade de cada fileira de plantas e as duas fileiras externas consideradas como bordadura.

A capacidade de água disponível (CAD), em mm, foi calculada segundo a expressão: CAD=[(CC-PMP)/100].d.h, onde CC é a capacidade de campo (%); PMP é o ponto de murcha permanente (%), d é a densidade do solo; h é a profundidade efetiva do sistema radicular (0,20 m). Assim, a CAD do solo utilizada ficou estabelecida em 14,80 mm.

As irrigações foram realizadas quando a evapotranspiração máxima (ETm) da cultura atingiu 8,25 mm, ou seja, 45% da CAD. A ETm foi determinada pela expressão: ETm = Kc.ETo; onde ETm = evapotranspiração máxima da cultura (mm dia<sup>-1</sup>), ETo = evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>) e Kc = coeficiente de cultura. A evapotranspiração de referência foi determinada pela expressão ETo = Kp.ECA, em

que ETo = evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); ECA = evaporação do tanque classe A (mm dia<sup>-1</sup>) e Kp = coeficiente do tanque classe A.

A evaporação de água (mm) foi obtida diariamente de um Tanque Classe A. O coeficiente do Tanque Classe A (Kp) utilizado, foi o proposto por DOORENBOS & PRUITT (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar. As irrigações foram realizadas por um sistema de aspersão convencional fixo, com precipitação de 3,3 mm hora<sup>-1</sup>. As quantidades de água aplicada em cada tratamento com irrigação estão apresentadas na Tabela 3.

A precipitação pluvial foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris instalado na área experimental (Figura 1).

O solo foi preparado através de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem levada a efeito logo após a aração e a segunda, às vésperas da semeadura. No ano agrícola de 1994/95, adubação constou da aplicação nos sulcos de semeadura, 12 kg de N, 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg de K<sub>2</sub>O

ha<sup>-1</sup>. No ano agrícola de 1995/96, a adubação NPK tornou-se parte dos tratamentos conforme descrito acima. Também foram aplicados, nos dois anos, 40 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR-12 como fonte de micronutrientes (B = 1,3%; Cu = 0,30%; Fe = 3,0%; Mn = 2,0%; Mo = 0,1%; Zn = 9,0%).

As sementeiras foram realizadas em 24/11/94 e 13/11/95, utilizando-se a densidade de 100 sementes viáveis por metro quadrado do cultivar Carajás. Junto com as sementes aplicou-se 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de carbofuran 5G (i.a.) visando principalmente o controle de cupins (*Syntermes molestus*, *Procorniterms striatus* e *Cornitermes lespesii*) e lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*). As emergências das plântulas ocorreram em 02/12/94 e 21/11/95, respectivamente.

Tabela 3. Número de dias após a emergência para o florescimento, ciclo e distribuição das lâminas de água nos diferentes tratamentos durante o desenvolvimento da cultura.

|                     | Tratamentos |                   |                |                |                |
|---------------------|-------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
|                     | Sequeiro    | L <sub>1</sub> ** | L <sub>2</sub> | L <sub>3</sub> | L <sub>4</sub> |
|                     | 1994/95     |                   |                |                |                |
| Florescimento(DAE)* | 77          | 75                | 69             | 69             | 67             |
| Ciclo (dias)        | 98          | 96                | 93             | 92             | 88             |
| Irrigação (mm)      | -           | 37,4              | 73,9           | 133,2          | 318,3          |
| Totais de água (mm) | 842,5       | 813,0             | 849,5          | 908,8          | 1093,9         |
|                     | 1995/96     |                   |                |                |                |
| Florescimento(DAE)  | 76          | 74                | 70             | 69             | 65             |
| Ciclo (dias)        | 98          | 95                | 92             | 89             | 85             |
| Irrigação (mm)      | -           | 28,9              | 100,0          | 183,9          | 381,7          |
| Totais de água (mm) | 598,8       | 626,7             | 687,8          | 760,5          | 951,5          |

\* DAE = Dias Após Emergência. \*\*A lâmina L<sub>2</sub> foi baseada no coeficiente de cultura (Kc) do arroz de terras altas (Tabela 2). As lâminas L<sub>1</sub> e L<sub>3</sub> foram definidas como 0,5 e 1,5 vez os Kcs utilizados em L<sub>2</sub>, respectivamente, e na lâmina L<sub>4</sub> foi adotado Kc=1,95 durante todo o ciclo da cultura.

O controle de plantas daninhas foi realizado através da utilização do herbicida oxadiazon (1 kg ha<sup>-1</sup> de i.a.) em pré-emergência, um dia após a sementeira e, 2,4D (670 g ha<sup>-1</sup> de i.a.) em pós-emergência. A adubação de cobertura foi realizada na época de perfilhamento das plantas, com aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia.

Foi realizada uma coleta de plantas, em 2,0 m de fileira, no momento em que 50% das panículas de cada unidade experimental haviam atingido o florescimento. O material foi secado em estufa a 60°C; em seguida, foi realizada a pesagem e a transformação dos dados em kg ha<sup>-1</sup>. Posteriormente realizou-se a moagem do material colhido no qual foi determinado os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, segundo metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades absorvidas desses nutrientes por área.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente e individualmente por unidade experimental quando os grãos de 2/3 superiores de 50% das panículas apresentaram-se duros e os do terço inferior, semiduros. A seguir, foi realizada a trilha manual, secagem à sombra e a limpeza do material, separando-se a palha e os grãos chochos com auxílio de uma peneira, através de abanação manual. Em seguida, determinou-se o peso dos grãos colhidos e foi calculada a produtividade de grãos por hectare (kg ha<sup>-1</sup>) (13% base úmida). Dos grãos colhidos para determinar a produtividade, coletou-se amostras de 100 gramas de grãos com casca que foram secadas em estufa a 60°C. Posteriormente realizou-se a

moagem desses materiais nos quais foram determinados, através de análise química, os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades exportadas desses nutrientes por área, pelos grãos em casca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca foi influenciada significativamente pelas lâminas de água apenas no segundo ano de cultivo (Tabela 4), sendo que a lâmina L<sub>2</sub> proporcionou a maior produção, diferindo apenas do cultivo de sequeiro em 2178 kg ha<sup>-1</sup>. Provavelmente, a menor disponibilidade de água ocorrida durante o desenvolvimento da planta até o florescimento, no ano agrícola de 1995/96 (Figura 1), é que levou à menor produção de matéria seca no tratamento de sequeiro. Fato este, não constatado no ano anterior, em que os tratamentos não influenciaram a produção de matéria seca. Os veranicos ocorridos até as plantas atingirem 50 % do florescimento não foram suficientemente intensos para afetar o metabolismo do cultivar Carajás, de forma a diminuir a produção de matéria seca. Porém, deficiências hídricas severas reduzem a produção de matéria seca da cultura do arroz (STONE et al., 1984a; CAMPELO JÚNIOR, 1985; CARVALHO JÚNIOR, 1987).

Os níveis de adubação não afetaram a produção de matéria seca, provavelmente, porque os níveis de fósforo e potássio no solo (Tabela 1) se encontravam na faixa mediana (RAIJ et al., 1996) e, pela elevada precipitação pluvial que ocorreu durante o ciclo da cultura, no ano agrícola de 1995/96 (Figura 1 e Tabela 3), que pode ter acarretado lixiviação de nutrientes.

Os teores de nutrientes na matéria seca, com exceção do cálcio, não foram afetados pelos tratamentos, no primeiro ano de cultivo (Tabela 4). A lâmina L<sub>2</sub> proporcionou acúmulo significativamente maior de Ca na matéria seca, porém diferindo significativamente apenas da lâmina L<sub>3</sub>. Já em 1995/96, houve efeito das lâminas de água sobre o N, P, Ca, Mg, que apresentaram menores teores nas lâminas L<sub>1</sub> e sequeiro. Ou seja, menor disponibilidade hídrica nessas lâminas de água, ou a deficiência hídrica ocorrida até o florescimento (Figura 1), afetou a absorção desses nutrientes, reduzindo-a, o que explicaria também, a menor produção de matéria seca no cultivo de sequeiro. A redução na absorção de nutrientes provocada pela deficiência hídrica, também foi constatada por VIETS JÚNIOR (1972), PONNAMPERUMA (1975), STONE (1985) e CARVALHO JÚNIOR (1987).

As quantidades de nutrientes extraídas não foram afetadas pelos tratamentos no primeiro ano, o que era de se esperar, já que, tanto a produção de matéria seca da parte aérea quanto os teores de nutrientes, com exceção do cálcio, também, não foram influenciados pelos tratamentos. Porém, no segundo ano, a extração de todos os macronutrientes foi influenciada pelas lâminas de água aplicadas, sendo que as lâminas L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>, proporcionaram maior extração, devido a maior produção de matéria seca e aos teores de nutrientes obtidos nessas lâminas.

A exigência de nutrientes até o florescimento do cultivar Carajás, nos dois anos de cultivo, obedeceu a seguinte ordem decrescente: N>K>Ca>Mg>P>S, na média dos tratamentos. Essa seqüência é bastante semelhante à observada por

GARGANTINI & BLANCO (1965) para vários cultivares (N>K>Ca>Mg>P).

A produtividade de grãos (Tabela 5) foi afetada de forma significativa pelos tratamentos. No primeiro ano a lâmina L<sub>2</sub> proporcionou a maior produtividade diferindo estatisticamente do tratamento de sequeiro. O aumento proporcionado pela lâmina L<sub>2</sub> em relação ao tratamento de sequeiro foi de 42%. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa, todos os demais tratamentos (L<sub>1</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>) proporcionaram produtividades superiores ao tratamento de sequeiro. No segundo ano, a produtividade de grãos foi

significativamente superior nas lâminas L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub> que diferiram das demais em 30,9 %. OLIVEIRA (1994) trabalhando, também, com o cultivar Carajás, verificou aumento na produtividade de grãos de 38 %. Os níveis de adubação não influenciaram a produtividade de grãos. Contudo, tem-se constatado aumento na produtividade de grãos do arroz de terras altas mediante do fornecimento, principalmente, de fósforo (FAGERIA, 1991), de potássio (CARVALHO JÚNIOR, 1987; FAGERIA et al., 1997) assim como de nitrogênio (CAMPELO JÚNIOR, 1985).

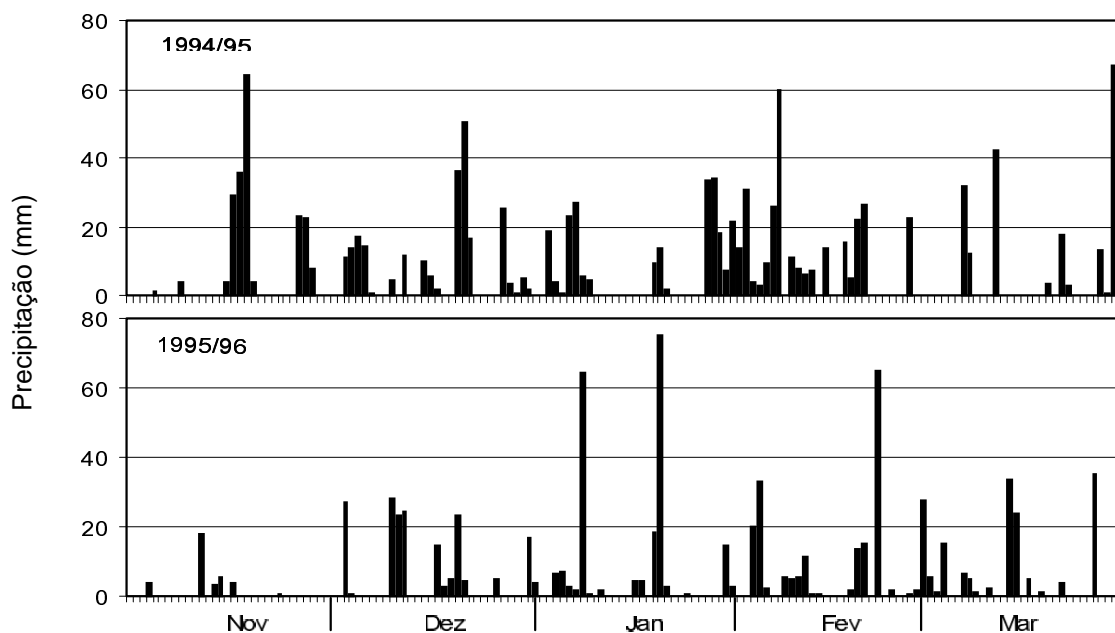


Figura 1 - Valores diários de precipitação pluvial (mm dia<sup>-1</sup>), obtidos na área do experimento, durante o período de novembro a março, nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96. Selvíria-MS.

Tabela 4 - Produção de matéria seca, teores e quantidades de macronutrientes extraídas pelo arroz, cv. Carajás, em função de diferentes lâminas de água, sob dois níveis de adubação mineral. Selvíria, MS.

| Tratamento        | Matéria Seca (kg ha <sup>-1</sup> ) | Teores de nutrientes na parte aérea (g kg <sup>-1</sup> ) |          |       |         |         |      | Quantidades extraídas de nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) |        |       |       |         |        |
|-------------------|-------------------------------------|---|----------|-------|---------|---------|------|--|--------|-------|-------|---------|--------|
|                   |                                     | N   | P        | K     | Ca      | Mg      | S    | N  | P      | K     | Ca    | Mg      | S      |
| -----1994/95----- |                                     |   |          |       |         |         |      |  |        |       |       |         |        |
| Sequeiro          | 8432                                | 16,4  | 2,24     | 11,4  | 3,80 ab | 2,28    | 1,32 | 137  | 19     | 94    | 32    | 19      | 11,1   |
| L <sub>1</sub>    | 7581                                | 15,0  | 2,33     | 14,08 | 3,50 ab | 3,00    | 1,30 | 110  | 17     | 105   | 26    | 22      | 9,6    |
| L <sub>2</sub>    | 7081                                | 15,2  | 2,37     | 10,38 | 3,90 a  | 2,64    | 1,28 | 105  | 17     | 73    | 27    | 18      | 8,9    |
| L <sub>3</sub>    | 7146                                | 14,7  | 2,06     | 13,40 | 2,90 b  | 2,82    | 1,25 | 101  | 14     | 88    | 20    | 20      | 8,7    |
| L <sub>4</sub>    | 8418                                | 14,8  | 2,29     | 15,22 | 3,60 ab | 2,04    | 1,26 | 121  | 19     | 120   | 29    | 17      | 10,3   |
| CV (%)            | 29,13                               | 12,78   | 15,42    | 25,51 | 11,81   | 22,74   | 8,10 | 12,74  | 17,28  | 17,28 | 11,98 | 19,44   | 14,50  |
| -----1995/96----- |                                     |   |          |       |         |         |      |  |        |       |       |         |        |
| Sequeiro          | 5104 b                              | 12,4 bc   | 1,37 c   | 10,5  | 3,84 b  | 1,64 c  | 1,11 | 63 b   | 6,9 b  | 54 b  | 20 c  | 8,3 c   | 5,6 b  |
| L <sub>1</sub>    | 5969 ab                             | 12,0 c  | 1,51 bc  | 10,5  | 4,15 b  | 1,84 bc | 1,12 | 71 ab  | 8,9 ab | 62 ab | 25 c  | 10,9 c  | 6,6 ab |
| L <sub>2</sub>    | 7282 a                              | 13,7 abc  | 1,56 abc | 11,8  | 14,57 a | 5,16 a  | 1,19 | 96 a   | 11,3 a | 83 a  | 106 a | 35,8 a  | 8,3 a  |
| L <sub>3</sub>    | 6131 ab                             | 14,1 ab   | 1,77 a   | 12,0  | 9,03 a  | 3,34 ab | 1,10 | 88 ab  | 11,0 a | 76 a  | 63 b  | 20,6 b  | 6,9 ab |
| L <sub>4</sub>    | 5652 ab                             | 14,3 a  | 1,65 ab  | 11,8  | 4,30 b  | 2,06 bc | 1,16 | 79 ab  | 8,8 ab | 64 ab | 25 c  | 11,4 bc | 6,4 ab |
| CV(%)             | 11,22                               | 4,31  | 4,18     | 2,44  | 16,56   | 11,44   | 2,58 | 7,79   | 7,21   | 5,77  | 18,61 | 11,44   | 6,86   |
| AD1               | 5712                                | 13,4  | 1,61     | 11,4  | 7,15    | 2,79    | 1,13 | 76   | 8,9    | 65    | 43    | 16,0    | 6,4    |
| AD2               | 6343                                | 13,2  | 1,53     | 11,2  | 6,22    | 2,60    | 1,14 | 82   | 9,7    | 70    | 42    | 16,3    | 7,1    |
| CV (%)            | 19,31                               | 4,46  | 3,95     | 4,43  | 20,25   | 17,00   | 3,57 | 16,67  | 9,22   | 10,65 | 16,98 | 18,61   | 10,92  |

A lâmina L<sub>2</sub> foi baseada no coeficiente de cultura (Kc) do arroz de terras altas (Tabela 2). As lâminas L<sub>1</sub> e L<sub>3</sub> foram definidas como 0,5 e 1,5 vez os Kcs utilizados em L<sub>2</sub>, respectivamente, e na lâmina L<sub>4</sub> foi adotado Kc=1,95 durante todo o ciclo da cultura. AD1 - 300 kg ha<sup>-1</sup> e AD2 - 600 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-10 de NPK. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

No experimento conduzido no ano agrícola de 1994/95, os teores de nutrientes no grão, com exceção ao N, não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 5). O teor de N foi significativamente maior nos grãos oriundos do tratamento de sequeiro, provavelmente devido efeito diluição nos tratamentos irrigados, já que este tratamento resultou na menor produtividade de grãos. Já no ano agrícola de 1995/96 os teores de P, K, Ca e Mg nos grãos em casca foram afetados significativamente pelas lâminas de água. As lâminas L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub> proporcionaram teores maiores de P, Ca e Mg nos grãos, em relação às lâminas L<sub>1</sub> e sequeiro. Os teores de K foram menores nos grãos oriundos das lâminas L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>. Essas lâminas foram as que proporcionaram as maiores produtividades de grãos, podendo ter ocorrido um efeito diluição com relação ao K, já que os teores desse elemento, na matéria seca da parte aérea, não variou entre os tratamentos.

A exportação de nutrientes foi sensivelmente mais afetada pela produtividade de grãos e menos pelo teor de nutrientes. Neste contexto, a deficiência hídrica na cultura do arroz reduz a exportação de nutrientes, principalmente, quando a produtividade de grãos, também, é reduzida (CARVALHO JÚNIOR, 1987). Assim, pode-se inferir que

devido a obtenção de maior produtividade de grãos com a utilização de irrigação por aspersão, há uma maior exportação de nutrientes e, conseqüentemente, maior necessidade de reposição mediante adubações.

Os nutrientes exportados pelos grãos em casca do cultivar Carajás obedeceram a seguinte ordem decrescente: N>Ca>K>P>Mg>S. Esses resultados diferem dos apresentados por BARBOSA FILHO (1987) e FORNASIERI FILHO & FORNASIERI (1993). Uma hipótese que explicaria a divergência de resultados seria as diferenças de manejo da cultura, níveis de nutrientes no solo, quantidades de nutrientes aplicadas via adubação e as diferenças varietais.

Analisando as Tabelas 4 e 5 e fazendo uma relação entre as quantidades de nutrientes extraídos até o florescimento e exportadas pelos grãos, verifica-se que, proporcionalmente a exportação obedece à seguinte ordem decrescente, na média dos dois anos: P>N>S=Ca>Mg>K, ou seja, 31 % do fósforo absorvido até então é retido pelas palhas (parte aérea, menos os grãos) do arroz e, provavelmente, retornado para o solo, 47 % do nitrogênio, 64 % do enxofre, 64 % do cálcio, 79 % do magnésio e 88 % do potássio. Constatação semelhante foi relatada por BARBOSA FILHO (1987) e FAGERIA et al. (1997).

Tabela 5 - Produtividade de grãos, teores e quantidades de macronutrientes exportadas pelo arroz, cv. Carajás, em função de diferentes lâminas de água sob dois níveis de adubação mineral. Selvíria, MS.

| Tratamento        | Produtividade<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teores de nutrientes nos grãos (g kg <sup>-1</sup> ) |         |         |         |         |       | Quantidades exportadas de nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) |         |       |        |        |        |
|-------------------|---|--|---------|---------|---------|---------|-------|---|---------|-------|--------|--------|--------|
|                   |   | N  | P       | K       | Ca      | Mg      | S     | N   | P       | K     | Ca     | Mg     | S      |
| -----1994/95----- |   |  |         |         |         |         |       |   |         |       |        |        |        |
| Sequeiro          | 3184 b                                  | 15,3 a   | 2,49    | 3,20    | 2,30    | 1,08    | 0,92  | 48  | 7,9     | 10 b  | 7,2    | 3,0    | 2,9    |
| L <sub>1</sub>    | 3806 ab                                 | 13,8 ab  | 2,50    | 3,22    | 2,30    | 0,72    | 0,83  | 53  | 9,5     | 12 ab | 8,5    | 2,6    | 3,1    |
| L <sub>2</sub>    | 4524 a                                  | 13,2 b   | 2,36    | 3,15    | 2,10    | 1,02    | 0,84  | 59  | 10,8    | 14 a  | 9,3    | 4,4    | 3,8    |
| L <sub>3</sub>    | 4138 ab                                 | 13,2 b   | 2,71    | 3,45    | 1,80    | 0,84    | 0,86  | 55  | 10,8    | 14 a  | 7,2    | 3,2    | 3,5    |
| L <sub>4</sub>    | 4291 ab                                 | 13,3 b   | 2,40    | 2,82    | 2,10    | 0,78    | 0,86  | 57  | 10,2    | 12 ab | 8,9    | 3,3    | 3,6    |
| CV (%)            | 13,65                                   | 5,82   | 25,56   | 10,42   | 32,77   | 56,32   | 15,02 | 7,90  | 13,61   | 5,80  | 17,56  | 23,62  | 9,09   |
| -----1995/96----- |   |  |         |         |         |         |       |   |         |       |        |        |        |
| Sequeiro          | 3079 b                                  | 12,8   | 1,82 b  | 2,48 a  | 2,35 c  | 0,86 b  | 0,83  | 39 b  | 5,5 c   | 7,6   | 7,2 b  | 2,6 c  | 2,5 ab |
| L <sub>1</sub>    | 3298 b                                  | 12,4   | 1,95 ab | 2,56 a  | 3,06 c  | 0,92 b  | 0,50  | 40 b  | 6,4 bc  | 8,4   | 10,1 b | 3,0 c  | 1,6 b  |
| L <sub>2</sub>    | 4080 a                                  | 12,9   | 2,24 ab | 2,07 ab | 7,41 ab | 1,33 ab | 0,77  | 53 a  | 9,1 a   | 8,4   | 30,0 a | 5,4 ab | 3,2 a  |
| L <sub>3</sub>    | 4186 a                                  | 13,5   | 2,07 ab | 1,47 b  | 9,28 a  | 1,47 a  | 0,78  | 56 a  | 8,6 ab  | 6,1   | 38,7 a | 6,1 a  | 3,2 a  |
| L <sub>4</sub>    | 3098 b                                  | 13,1   | 2,30 a  | 2,40 a  | 3,98 bc | 1,14 ab | 0,79  | 40 b  | 7,1 abc | 7,4   | 12,0 b | 3,5 bc | 2,4 ab |
| CV(%)             | 10,29                                   | 2,28   | 5,00    | 9,73    | 15,14   | 6,86    | 12,36 | 5,59  | 7,60    | 11,82 | 15,56  | 9,38   | 17,87  |
| AD1               | 3508                                    | 13,0   | 2,08    | 2,11    | 4,40    | 1,06    | 0,68  | 45  | 7,3     | 7,3   | 15,7   | 3,7    | 2,4    |
| AD2               | 3589                                    | 12,9   | 2,06    | 2,25    | 5,45    | 1,21    | 0,79  | 46  | 7,3     | 7,9   | 19,9   | 4,3    | 2,8    |
| CV (%)            | 13,59                                   | 3,76   | 5,50    | 8,12    | 21,23   | 9,42    | 9,20  | 8,44  | 9,63    | 14,14 | 26,52  | 15,27  | 14,43  |

A lâmina L<sub>2</sub> foi baseada no coeficiente de cultura (Kc) do arroz de terras altas (Tabela 2). As lâminas L<sub>1</sub> e L<sub>3</sub> foram definidas como 0,5 e 1,5 vez os Kcs utilizados em L<sub>2</sub>, respectivamente, e na lâmina L<sub>4</sub> foi adotado Kc=1,95 durante todo o ciclo da cultura. AD1 - 300 kg ha<sup>-1</sup> e AD2 - 600 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 04-30-10 de NPK. Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

A menor disponibilidade hídrica durante as fases vegetativa e reprodutiva proporciona redução na produção de matéria seca, nos teores de nutrientes da parte aérea e na extração de nutrientes até o florescimento.

O sistema irrigado por aspersão proporciona maior produtividade de grãos, o que conseqüentemente aumenta a exportação de nutrientes pelo arroz de terras altas.

Em solos com teores adequados de nutrientes para o sistema de sequeiro, o arroz no sistema irrigado por aspersão não responde ao aumento da adubação mineral, apesar da maior extração de nutrientes.

O manejo da água no sistema irrigado por aspersão deve ser realizado utilizando os valores de Kc recomendados para o sistema de sequeiro (L<sub>2</sub>).

## ABSTRACT

*The knowledge of rice nutrient requirements, in different growing conditions is important in order to achieve appropriate fertilizer recommendations. The objective of this study was to evaluate upland rice nutrition and nutrient exportation under different levels of water and mineral fertilizer. Experiments were set in 1994/95 and 1995/96 with cultivar Carajás, on a Typic Haplustox, in Selvíria, MS, Brazil. The experimental design was randomized blocks and treatments consisted of five water levels: natural rain and four water levels supplied by sprinkler irrigation. Irrigation levels were based on crop coefficient (Kc) for dryland rice that resulted in water level 2 (L<sub>2</sub>). Water levels L<sub>1</sub> and L<sub>3</sub> were then defined as 0.5 and 1.5 Kcs used in L<sub>2</sub>, respectively, and on water level 4 (L<sub>4</sub>) was used Kc=1.95, during the whole plant cycle. In 1995/96 the same treatments were applied in a split-plot scheme, where subplots consisted of two NPK-fertilization levels (300 e 600 kg.ha<sup>-1</sup> of formula 04-30-10). Low water availability during vegetative*

and reproductive phases decreased dry matter yield and nutrient content. Sprinkler irrigation system increased grain yield, affecting the nutrient exportation, in both fertilization levels. For better water management, in sprinkler irrigation systems, the Kcs recommended for dryland rice (*L<sub>2</sub>*) must be used.

**Key words:** *Oryza sativa*, water levels, nutrient exportation.

## REFERÊNCIAS

- ARF, O. **Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão.** Ilha Solteira, 1993. 63p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. et al. Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1967-1976, out. 2000.
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado).** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9).
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F. et al. **Métodos de análises químicas de plantas.** Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim, 78)
- CAMPELO JÚNIOR, J.O. **Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) sob diferentes doses de nitrogênio.** Piracicaba, 1985. 127p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CARVALHO JÚNIOR, A.G. **Efeito da adubação potássica em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro sob déficit hídrico, em solos sob cerrados.** Lavras, 1987. 165p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O. et al. Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1093-1100, jun. 2000.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O. et al. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terra alta, **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.63-70, 1999.
- DABNEY, S.M.; HOFF, B.J. Influence of water management on growth and yield of no-till planted rice. **Crop Science**, Madison, v.29, p.746-752, 1989.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos.** Roma, FAO, 194 p., 1976 (Estudios FAO : Riego e Drenaje, 24).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 41p.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops.** 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 624p.
- FAGERIA, N.K. Resposta de cultivares de arroz a fertilizante fosfatado em Latossolo Vermelho-Escuro do Brasil Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.1, p.63-7, 1991.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da Cultura do arroz.** Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutriente pela cultura do arroz. **Bragantia**, Campinas, v.24, n.38, p.515-528, 1965.
- GIUDICE, R.M.; HAAG, H.P.; THIÉBAUT, J.T.L. et al. **Absorção cumulativa de nutrientes minerais em duas variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), cultivadas em três diferentes níveis de disponibilidade d'água.** Campinas: Fundação Cargill, 1983. 78p.
- OLIVEIRA, G.S. **Efeito de densidades de semeadura no desenvolvimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições de sequeiro e irrigado por aspersão.** Ilha Solteira, 1994. 41p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.
- PONNAMPERUMA, F.N. **Growth-limiting factors of aerobic soils.** In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Los Baños, 1975. p.40-43.
- PRASERTSAK, A.; FUKAI, S. Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.52, p.249-260, 1997.
- RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- RAIJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agronômico / SAAESP, 1985. 107p. (Boletim técnico, 100).
- REICHARDT, K. Relações solo-água-plantas para algumas culturas. In: REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1987, p.157-71.
- SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; FAGERIA, N.K. et al. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, p. 835-845, 1982.
- STONE, L.F. Absorção de P, K, Mg, Ca e S por arroz, influenciada pela deficiência hídrica, vermiculita e cultivar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.11, p.1251-1258, nov. 1985.
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.6, p.695-707, jun. 1984a.
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.11, p.1403-1416, nov. 1984b.
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Produtividade do arroz e absorção de nitrogênio afetadas pelo veranico e pela adição de vermiculita ao solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.117-25, fev. 1986.
- TANGUILIG, V.C.; YAMBAO, E.B.; O' TOOLE, J.C. et al. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. **Plant Soil**, Dordrecht, v.103, p.155-168, 1987.
- VIETS JUNIOR, F.G. Water deficits and nutrient availability. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) **Water deficits and plant growth.** New York: Academic Press, 1972. v.3, p.217-239.