

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ.
XXV EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DA
VARIEDADE DOURADO PRECOCE*

E. MALAVOLTA**
C.L.F. DE ALMEIDA***
G.J.A. DARIO***
I.C. DE MARIA***
J. BRITO NETO***
J.R.M. BALDEON***
M. FARINAZZO Fº***
O.M. DE CASTRO***
R. LORANDI***

RESUMO

Em condições de solução nutritiva foi cultivado o arroz Dourado Precoce com a finalidade de se estudar a marcha de absorção de nutrientes e as exigências minerais. Verificou-se que as exigências minerais obedecem à seguinte ordem decrescente: macronutrientes -K, N, Ca, Mg e S; micronutrientes -Fe, Mn, Cu, Zn e B. A pro

* Entregue para publicação em 20/12/83.
Colaboração do CNPq, CNEN e FAPESP.

** Departamento de Química - ESALQ/USP e CENA/USP.

*** Estudantes de Pós-Graduação.

dução de matéria seca atingiu o pico aos 100 dias após a germinação (DAG). A acumulação de macro e micronutrientes na planta foi, entretanto, máxima no fim do ciclo (140 DAG).

INTRODUÇÃO

O arroz é responsável por cerca de 20% do suprimento calórico da população brasileira, sendo cultivado em todas as unidades da Federação, a produção alcançando a cifra de 9 milhões de t no ano de 1982.

Em torno de 70% da produção corresponde ao arroz de sequeiro que é responsável por 84% da área cultivada com esse cereal; o arroz irrigado participa com 11% da área e o de varzea com 5%.

Enquanto a produtividade do arroz irrigado apresenta tendência para crescer, a do arroz de sequeiro vem caindo nos últimos 25 anos na razão de uns 120 kg (= 2 sacas) cada 10 anos, sendo mais ou menos 1/3 da primeira

A produtividade menor e decrescente do arroz de sequeiro é explicada por uma série de fatores com destaque a falta d'água; as variações anuais, por sua vez, são em grande parte conseqüências dos "veranicos" na fase reprodutiva e de enchimento dos grãos. Entre outros fatores prejudiciais estão: manejo inadequado das características físicas do solo e das ervas más; incidência de pragas e de moléstias (brusone principalmente); uso muito baixo de adubos e de corretivos, combinado com eficiência relativamente pequena para a utilização dos nutrientes no processo de formação da colheita; perdas associadas com a própria operação da colheita, em particular a mecânica.

O assunto foi objeto de um simpósio recente onde detalhes poderão ser encontrados a respeito dos pontos mencionados (FERREIRA *et alii*, 1983).

Os diversos aspectos da nutrição mineral do arroz irrigado (além de muitos outros) são relativamente bem conhecidos, como se pode ver na revisão preparada por YOSHIDA (1981). O contrário, entretanto, acontece com o arroz de sequeiro onde a informação disponível é magra (veja-se a revisão do IRRI, 1975).

O presente trabalho é uma contribuição para tentar preencher os ôcos existentes na literatura brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Variedade

A cultivar Dourado Precoce, de boa produtividade, porte baixo e ciclo curto, foi muito cultivada em São Paulo entre 1955 e 1960. Por sua sensibilidade à brusone foi substituída por cultivares resistentes. Apresenta, entretanto, interesse em programas de melhoramento.

Cultivo

As plantas foram cultivadas em solução nutritiva de acordo com a técnica descrita por MALAVOLTA (1983).

Amostragem

No tratamento completo foram colhidas as plantas nos seguintes estádios: inicial, quando as plantas estavam sendo transplantadas (36 dias após germinação), no perfilhamento (65 dias); por ocasião da formação da panícula (85 dias); quando a panícula estava completamente formada (107 dias), que corresponde a colheita. Em cada época trabalhou-se com 2 repetições, com excessão da inicial, quando se usou 18 plantas.

As plantas eram separadas em raízes, caules, folhas, panículas, grãos secos, grãos verdes e raquis. As raízes eram levadas três vezes em água destilada, secas com folhas de papel. Depois o material era ensacado, e levado para secar em estufa a 70-80°C até peso constante. Tomou-se o peso de matéria seca e as partes foram moídas individualmente, guardando-se em saco plástico etiquetado.

Em cada parte da planta foi determinado: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Análises minerais

Foram usados os seguintes métodos: N-semi micro Kjeldahl; P-colorimetria do metavanadato no extrato nítrico-perclórico; K-fotometria de chama no mesmo extrato; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn - absorção atômica no extrato nítrico perclórico; S-turbidimetria do sulfato de bário, mesmo extrato; B-colorimetria da curcumina, extrato clorídrico das cinzas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Marcha de absorção

A produção de matéria seca em g/planta em função da idade das plantas no tratamento completo está na tabela 1. Na tabela 2 são encontrados os teores percentuais de macro e micronutrientes nos diversos órgãos durante o ciclo da cultura, enquanto a tabela 3 dá as quantidades absorvidas.

Tabela 1. Produção de matéria seca em g/planta em função da idade das plantas da variedade Dourado Precoce, para o tratamento completo.

| Órgão | Dias após germinação | | | | |
|-----------------------|----------------------|------|------|------|------|
| | 36 | 65 | 85 | 107 | 131 |
| Raiz | 0,09 | 0,70 | 0,89 | 1,08 | 1,78 |
| Parte aérea | 0,43 | - | - | - | - |
| Colmo + perfilho | - | 1,22 | 2,17 | 2,93 | 3,09 |
| Folhas | - | 1,09 | 1,42 | 1,53 | 1,68 |
| Panícula | - | 0,20 | - | - | - |
| Raquis | - | - | 0,12 | 0,13 | 0,04 |
| Grãos verdes | - | - | 0,33 | 0,12 | - |
| Grãos secos com casca | - | - | 1,00 | 1,82 | 0,21 |
| Planta inteira | 0,52 | 3,21 | 5,93 | 7,61 | 6,80 |

Tabela 2 Teores de macro e micronutrientes, nas diferentes partes da planta no tratamento completo, durante o ciclo da cultura.

| Partes da planta | DAG | (%) | | | | | | | | | | (ppm) | | | | | | |
|----------------------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn | | | | | | |
| P. aérea | 36 | 0,14 | 0,02 | 1,72 | 0,35 | 0,02 | 0,02 | 1,66 | 0,53 | 7,20 | 8,2 | 1,5 | | | | | | |
| | 36 | 0,09 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,53 | 1,44 | 54,30 | 3,1 | 4,2 | | | | | | |
| | 65 | 1,59 | 0,13 | 1,28 | 0,33 | 0,22 | 0,20 | 14,50 | 18,00 | 389,00 | 20,0 | 53,0 | | | | | | |
| Raiz | 85 | 2,05 | 0,14 | 2,29 | 0,26 | 0,13 | 0,25 | 20,00 | 73,00 | 424,50 | 32,0 | 80,5 | | | | | | |
| | 107 | 1,85 | 0,14 | 1,54 | 0,26 | 0,11 | 0,13 | 4,00 | 83,80 | 372,00 | 14,0 | 32,0 | | | | | | |
| | 131 | 2,56 | 0,46 | 2,52 | 0,31 | 0,16 | 0,28 | 6,50 | 78,70 | 691,00 | 60,5 | 74,5 | | | | | | |
| | 65 | 1,53 | 0,27 | 4,24 | 0,29 | 0,35 | 0,22 | 24,00 | 9,00 | 83,50 | 40,0 | 67,5 | | | | | | |
| Colmo + perfilhos | 85 | 1,73 | 0,20 | 6,28 | 0,29 | 0,39 | 0,28 | 27,50 | 16,00 | 126,50 | 50,5 | 77,0 | | | | | | |
| | 107 | 1,79 | 0,22 | 3,16 | 0,29 | 0,41 | 0,20 | 6,00 | 24,00 | 109,00 | 57,0 | 27,0 | | | | | | |
| | 131 | 2,06 | 0,33 | 4,45 | 0,45 | 0,47 | 0,24 | 10,00 | 24,50 | 78,00 | 71,0 | 43,5 | | | | | | |
| | 65 | 3,60 | 0,21 | 2,29 | 1,19 | 0,71 | 0,25 | 61,50 | 14,00 | 127,50 | 127,0 | 33,5 | | | | | | |
| | 85 | 3,53 | 0,11 | 2,09 | 1,41 | 0,85 | 0,34 | 32,00 | 20,50 | 172,00 | 145,0 | 36,0 | | | | | | |
| Folhas | 107 | 2,88 | 0,12 | 1,42 | 1,78 | 0,99 | 0,27 | 14,00 | 24,00 | 78,00 | 106,0 | 24,0 | | | | | | |
| | 131 | 3,11 | 0,22 | 1,72 | 2,10 | 1,02 | 0,24 | 29,50 | 59,10 | 85,40 | 252,0 | 24,5 | | | | | | |
| Panicula | 65 | 1,58 | 0,15 | 0,92 | 0,34 | 0,22 | 0,16 | 21,50 | 5,50 | 73,50 | 24,0 | 67,0 | | | | | | |
| Grãos verdes | 85 | 1,60 | 0,07 | 0,82 | 0,27 | 0,19 | 0,18 | 22,00 | 6,50 | 59,00 | 59,0 | 75,5 | | | | | | |
| | 85 | 2,21 | 0,16 | 0,52 | 0,08 | 0,16 | 0,19 | 7,00 | 7,00 | 79,00 | 21,0 | 45,0 | | | | | | |
| Grãos secos | 107 | 1,78 | 0,30 | 0,30 | 0,11 | 0,16 | 0,14 | 5,00 | 13,40 | 42,50 | 33,0 | 30,0 | | | | | | |

Tabela 3. Quantidades de macro e micronutrientes nas diferentes partes da planta durante o ciclo da cultura.

| Partes da planta | DMC | (mg/pl) | | | | | | | | | | (µg/pl) | | | | |
|----------------------|-----|---------|-------|--------|-------|-------|------|-------|--------|---------|--------|---------|--|--|--|--|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn | | | | |
| P. aérea | 36 | 0,60 | 0,09 | 7,39 | 1,50 | 0,09 | 0,09 | 0,71 | 0,23 | 3,09 | 3,53 | 0,64 | | | | |
| | 36 | 0,08 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,13 | 4,89 | 0,28 | 0,38 | | | | |
| | 65 | 11,13 | 0,91 | 8,96 | 2,31 | 1,54 | 1,40 | 10,15 | 12,60 | 272,30 | 14,00 | 37,10 | | | | |
| Raiz | 85 | 18,24 | 1,25 | 20,38 | 2,31 | 1,16 | 2,22 | 17,80 | 64,97 | 377,80 | 28,48 | 71,64 | | | | |
| | 107 | 19,98 | 1,51 | 16,63 | 2,81 | 1,19 | 1,94 | 4,32 | 90,50 | 401,80 | 15,12 | 34,56 | | | | |
| | 131 | 45,92 | 8,19 | 44,86 | 5,52 | 2,85 | 4,98 | 11,57 | 140,09 | 1229,90 | 107,69 | 132,61 | | | | |
| | 65 | 18,65 | 3,29 | 51,73 | 3,54 | 4,27 | 2,68 | 29,28 | 10,98 | 101,87 | 48,80 | 82,35 | | | | |
| Colmo + perfilhos | 85 | 37,54 | 4,34 | 136,28 | 6,25 | 8,46 | 6,08 | 59,67 | 34,72 | 274,50 | 109,58 | 167,09 | | | | |
| | 107 | 52,45 | 6,45 | 92,59 | 8,50 | 12,01 | 5,86 | 41,02 | 70,32 | 228,50 | 310,58 | 70,32 | | | | |
| | 131 | 63,65 | 10,20 | 137,51 | 13,90 | 14,52 | 7,42 | 30,90 | 75,70 | 241,00 | 219,39 | 134,41 | | | | |
| | 65 | 39,24 | 2,29 | 24,96 | 12,94 | 7,73 | 2,73 | 67,03 | 15,26 | 138,07 | 138,43 | 36,51 | | | | |
| Folhas | 85 | 58,13 | 1,56 | 41,18 | 20,02 | 12,07 | 4,83 | 45,44 | 29,11 | 244,20 | 205,90 | 51,12 | | | | |
| | 107 | 44,06 | 1,84 | 21,73 | 27,23 | 15,15 | 4,13 | 21,42 | 36,72 | 119,30 | 162,20 | 36,70 | | | | |
| | 131 | 52,25 | 3,70 | 28,90 | 35,28 | 17,14 | 4,03 | 49,56 | 99,28 | 143,50 | 423,40 | 41,16 | | | | |
| | 65 | 3,16 | 0,30 | 1,84 | 0,68 | 0,44 | 0,32 | 4,30 | 1,10 | 14,70 | 4,80 | 13,40 | | | | |
| Particula | 85 | 27,38 | 1,83 | 7,91 | 1,69 | 2,23 | 2,59 | 7,26 | 9,14 | 98,47 | 40,47 | 70,41 | | | | |
| | 107 | 34,53 | 5,82 | 5,82 | 2,13 | 3,10 | 2,72 | 9,70 | 25,99 | 82,45 | 64,02 | 58,20 | | | | |

Na figura 1 aparecem os dados de matéria seca em função do tempo. Para a planta inteira a quantidade de matéria seca é crescente até os 100 dias, e a partir daí sofre uma diminuição. Este fato não é esperado, pois a matéria seca deve ser sempre crescente, e pode ser explicado pela perda de grãos que ocorreu no final da cultura. Isto pode ser observado através do gráfico de matéria seca para as diferentes partes da planta, que mostra uma queda na quantidade de matéria seca apenas para a panícula.

Nas figuras 2 e 3 aparecem as quantidades de N nas diferentes partes da planta em função da idade. A curva para a planta inteira é uma sigmóide, que é em geral a curva que descreve a absorção dos elementos, segundo MALAVOLTA (1982). O nitrogênio foi praticamente todo absorvido até os 110 dias após a germinação, concordando com os resultados obtidos por GARGANTINI e BLANCO (1965) e MALAVOLTA et alii (1974), e o período de máxima absorção foi entre 40 e 65 dias coincidindo com a fase de formação da panícula. A equação que melhor explicou a variação nos teores de N em função do tempo foi:

$$SOR (Y) = 17.9550112 - 613290418/x,$$

com um coeficiente de correlação de 0,995.

A queda na quantidade de N absorvida nas folhas aos 100 dias, e que poderia ser atribuído à exportação desse elemento para os grãos.

A quantidade de P nas diferentes partes da planta em função da idade da cultura aparecem nas figuras 2 e 3. A curva de absorção de fósforo pela planta inteira foi praticamente linear e houve absorção até o final do ciclo. Esses resultados não são concordantes com os de FAGERIA (1980) em que o teor de P foi alto no estágio inicial, com um pequeno decréscimo até os 50 dias, e com um aumento gradual daí até o florescimento.

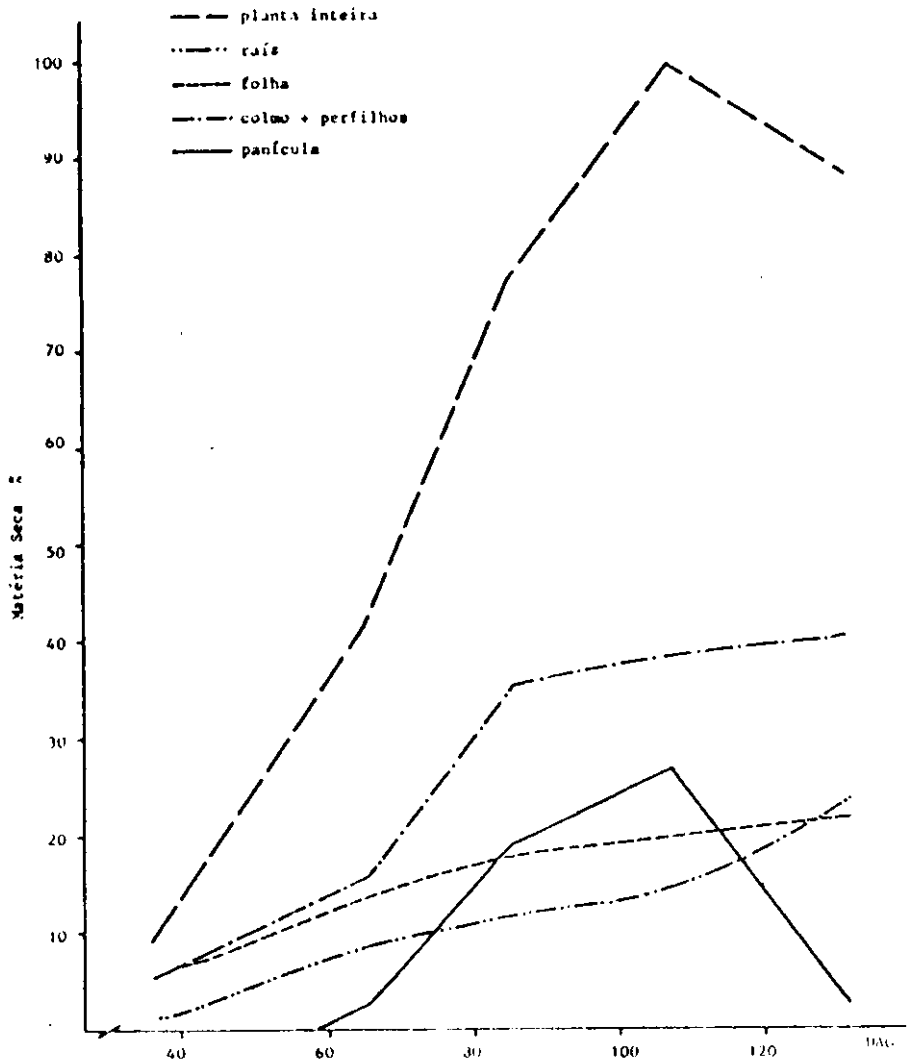


Figura 1. Produção de matéria seca, em porcentagem, nos diferentes órgãos da planta durante seu ciclo.

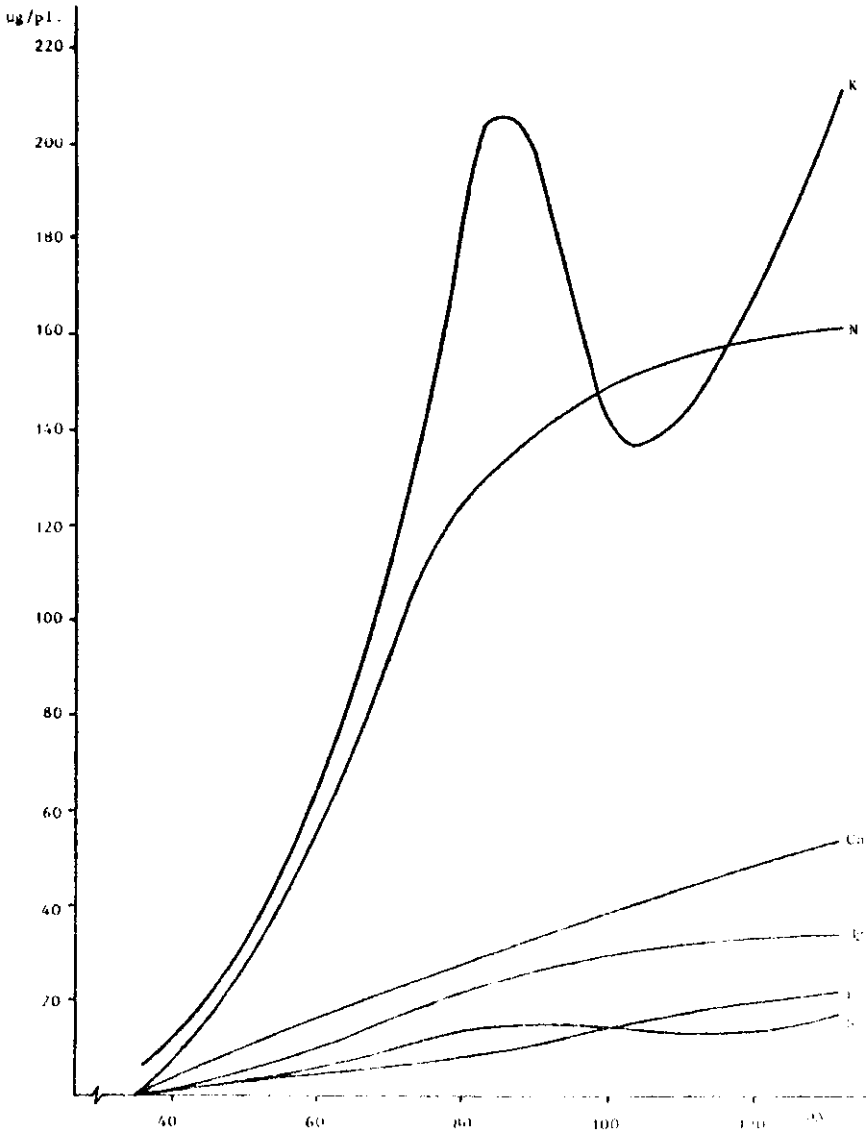


Figura 2. Quantidades de macronutrientes, em mg, na planta inteira durante seu ciclo de desenvolvimento.

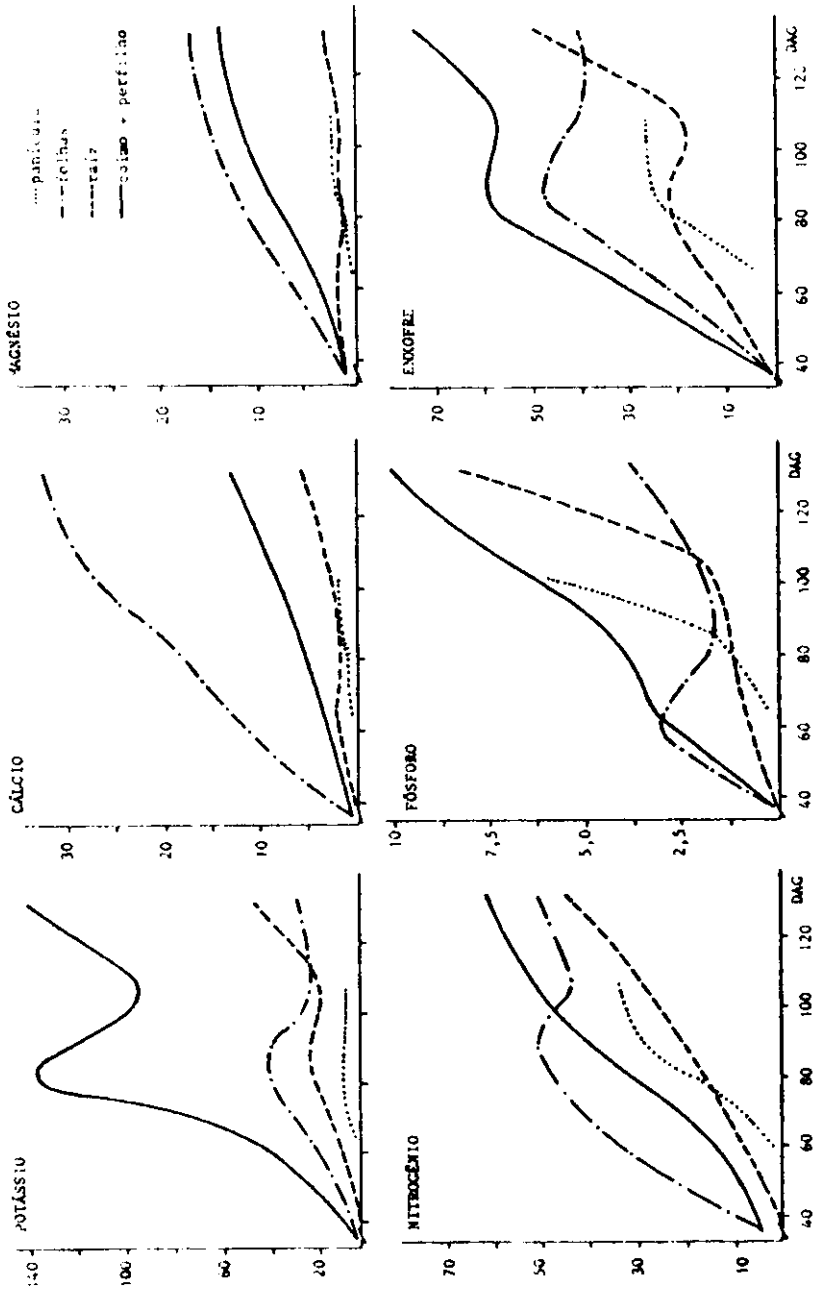


Figura 3. Quantidades de macronutrientes, em mg, nas diferentes partes da planta durante seu ciclo de desenvolvimento.

A equação que melhor representou o comportamento do P durante o ciclo da cultura foi:

$$\text{SQR } (Y) = -11,3991452 + 3,29134219 \ln X,$$

com um coeficiente de correlação de 0,994.

Aos 85 dias houve uma queda na quantidade de P presente na folha, que poderia ser devido à uma exportação desse elemento para os grãos.

Nas figuras 2 e 3 aparecem as quantidades de K nos diferentes órgãos e na planta inteira em função da temperatura. A curva para planta inteira foi bastante típica, com uma queda muito grande no teor de K absorvido aos 100 dias. Isso foi atribuído a erro experimental, e a um número pequeno de repetições. O valor encontrado aos 65 dias também é bastante alto. Os resultados não concordam com os encontrados na literatura (SIMS e PLACE, 1968; GARGANTINI e BLANCO, 1965; FAGERIA, 1980). A equação que melhor representou o comportamento do potássio foi:

$$\ln y = 6,83553964 - 168,290858/X,$$

com um coeficiente de correlação de 0,970.

As quantidades de Ca nos diversos órgãos em função do tempo aparecem nas figuras 2 e 3. A curva para as quantidades na planta inteira foi praticamente linear. A absorção de Ca foi baixa no início, mas aumentando durante o ciclo, e atingindo o máximo próximo à colheita. Esses resultados concordam com os obtidos por diversos autores: GARGANTINI e BLANCO (1965) e MALAVOLTA *et alii* (1982). A absorção continua do Ca é devida à não translocação desse elemento das folhas para os órgãos. A equação que melhor representou o teor de Ca na planta em função do tempo foi:

$$Y = -17,3994863 - 0,551102433X.$$

As quantidades de Mg em função do tempo nos diferentes órgãos da planta estão nas figuras 2 e 3. As quan

tidades na planta inteira foram crescentes até os 110 dias, quando ocorreu o máximo de absorção. Esse resultado com o obtido por FAGERIA (1980), em que o teor máximo de Mg encontrado no florescimento, permanecendo constante dessa etapa até o final do ciclo.

A equação que melhor descreve o comportamento do Mg em função do tempo foi:

$$SQR(Y) = 8,12579244 - 280,711233/X,$$

com um coeficiente de correlação de 0,999.

Nas figuras 2 e 3 aparecem os resultados para o enxofre, das quantidades absorvidas em função do tempo. A absorção pela planta inteira foi crescente até os 85 dias, havendo uma queda aos 110 dias. Essa queda na absorção pela planta inteira acompanhou a menor quantidade de nutrientes no colmo, perfilhos, folhas e raízes, e não pode ser explicado como uma translocação desse elemento para a panícula pois o S é móvel na planta. É provável que tenha ocorrido um erro experimental pelo baixo número de repetições. A equação que melhor explicou a curva da quantidade de S na planta inteira em função do tempo foi:

$$1/Y = -2,50414026 + 378,045522/X$$

com um coeficiente de correlação de 0,919.

As figuras 4 e 5 mostram as quantidades de micronutrientes nos diversos órgãos da planta em função do tempo. Os resultados de Fe, Zn e B para planta inteira apresentaram uma queda na quantidade total absorvida aos 110 dias, que pode ser atribuída a erro experimental, especialmente porque são elementos imóveis e não deveria ocorrer diminuição na quantidade presente nas folhas, colmo e raízes como ocorreu.

Os elementos Cu e Mn apresentaram curvas mais típicas para plantas inteiras, com quantidades sempre crescentes desses até a colheita, indicando absorção até o final do ciclo.

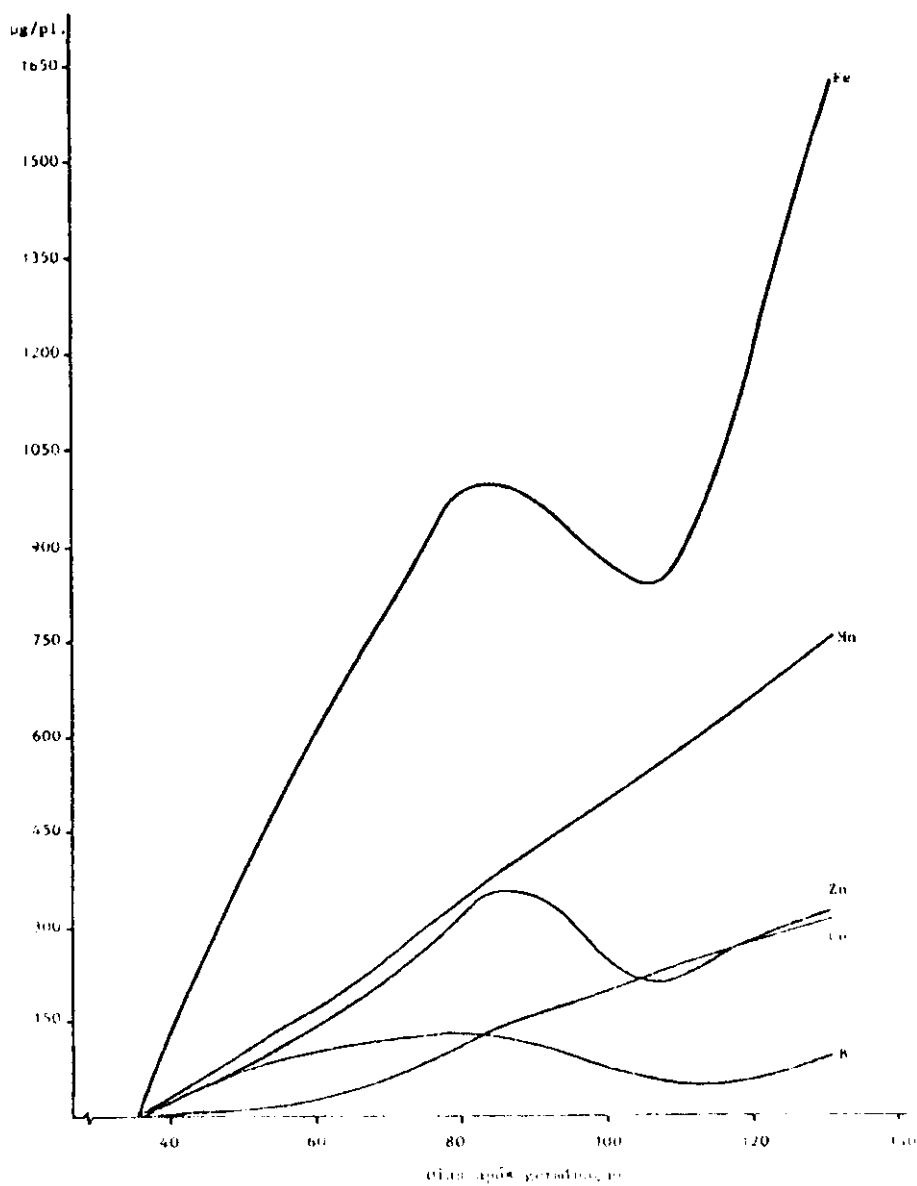


Figura 4. Quantidades de micronutrientes, em mg, na planta inteira durante seu ciclo de desenvolvimento.

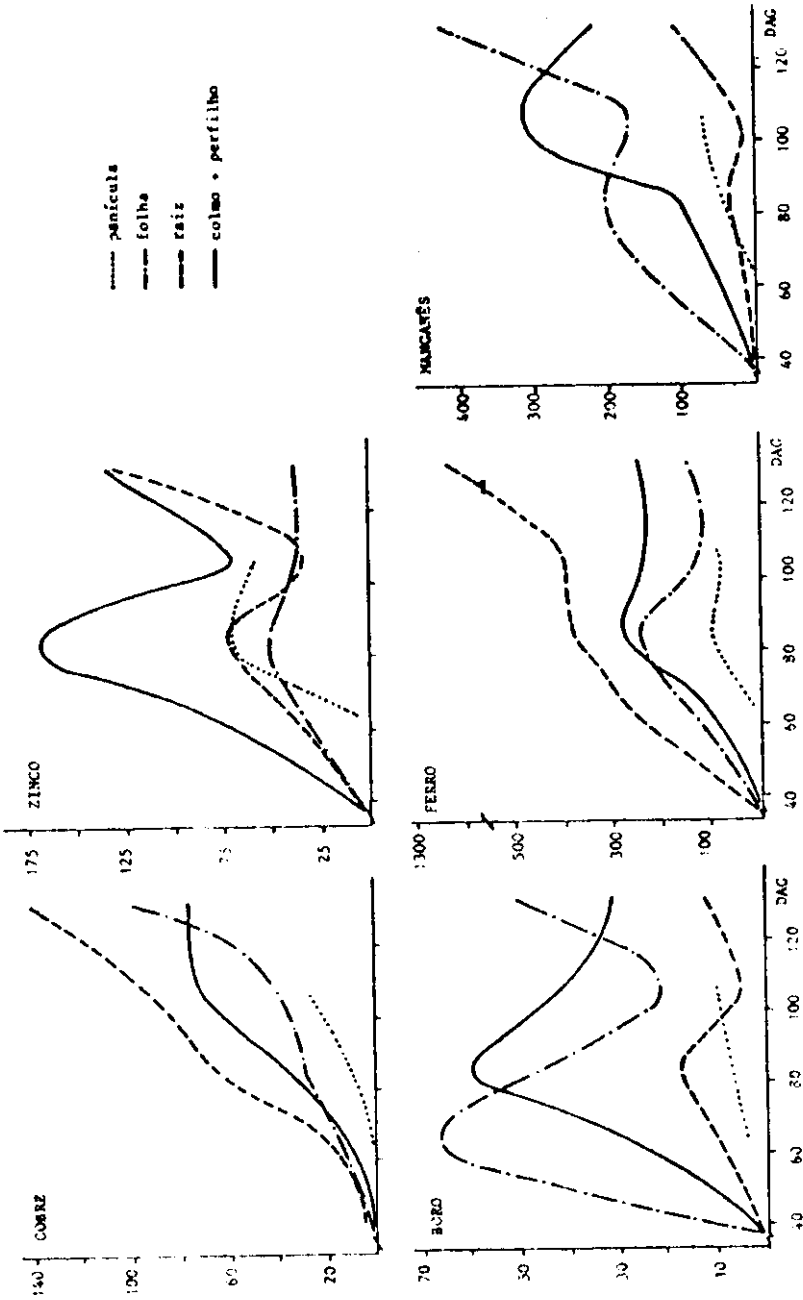


Figura 5. Quantidades de micronutrientes, em mg, nas diferentes partes da planta durante seu ciclo de desenvolvimento.

As equações que melhor representam o comportamento desses elementos em função do tempo foram:

$$B: 1/y = 0,702109214 + 67,6850127/X$$

$$Cu: SQR (Y) = -19,0502044 + 3,25298815 SQR (X)$$

$$Fe: \ln Y = 9,6396566 - 261,998954/X$$

$$Mn: 1/y = 0,0715241994 + 10,8995233/X$$

$$Zn: \ln Y = 8,60907522 - 291,751448/X.$$

Exigências minerais

A exigência nutricional da cultura do arroz variedade Dourado Precoce, está apresentado nas tabelas 2 e 3. Nota-se que entre os macronutrientes o mais exigido é o potássio, sendo a ordem decrescente de absorção a seguinte: K, N, Ca, Mg, P, S. Entre os micronutrientes o mais exigido foi o ferro, sendo a ordem decrescente de absorção a seguinte: Fe, Mn, Cu, Zn, B. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por diversos autores: GARGANTINI e BLANCO (1965), mas discordam de outros SIMS e PLACE (1968), MALAVOLTA (1980), FURLANI et alii (1977).

Na tabela 4 aparecem as quantidades totais de nutrientes extraídas pela cultura por hectare e quantidade exportada por grãos com casca. A quantidade exportada está baseada na determinação feita aos 107 dias devido à perda de grãos, ocorrida no fim do ciclo por problemas com ratos. Nota-se que a ordem decrescente de extração de macronutrientes foi P = K N Mg S Ca e para micronutrientes foi Fe Mn Zn Cu B. Esses dados estão representados nas figuras 6 e 7. Os resultados obtidos estão falsos, devido à perda de grãos, mas mostram que uma grande parte dos nutrientes extraídos pela cultura não são exportados pelos grãos a não ser para o caso do fósforo. Os teores obtidos por cada parte da planta de cada um dos nutrientes, em seqüência decrescente foram:

N: colmo + perfilhos, folhas, raiz, panícula
P: colmo + perfilho, raiz, panícula, folhas
K: colmo + perfilho, raiz, folhas, panícula
Ca: folhas, colmo + perfilhos, raiz, panícula
Mg: folhas, colmo + perfilhos, panícula, raiz
S: colmo + perfilhos, raiz, folhas, panícula
B: folhas, colmo + perfilhos, raiz, panícula
Cu: raiz, colmo + perfilhos, folhas, panícula
Fe: raiz, colmo + perfilhos, folhas, panícula
Mn: folhas, colmo + perfilhos, raiz, panícula
Zn: colmo + perfilhos, raiz, panícula, folhas.

SUMMARY

STUDIES ON THE NUTRITION OF RICE. XXV NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF THE VARIETY DOURADO PRECOCE

Rice plants, Dourado Precoce, were grown in nutrient solution in order to study its nutritional requirement as well as the accumulation of dry matter and macro and micronutrients (except Mo) during the life cycle. Demand for mineral elements followed the following decreasing order: macronutrients - K, N, Ca, Mg and S; micronutrients - Fe, Mn, Cu, Zn and B. Dry matter yield reached a maximum 100 days after germination (DAG), whereas accumulation of elements showed the highest values at largest (140 DAG).

Tabela 4. Quantidades totais de nutrientes extraídos pela cultura de arroz (*Oryza sativa* L.) e quantidade exportada pela colheita na forma de grãos com casca, considerando uma população de 250.000 plantas por hectare.

| | (kg/ha) | | | | | (g/ha) | | | | | |
|---------|---------|------|-------|-------|------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Fe | Mn | Fe |
| Total* | 40,5 | 5,50 | 52,75 | 13,75 | 8,75 | 4,00 | 23,00 | 78,75 | 371,50 | 187,75 | 77,00 |
| Grãos** | 8,1 | 1,36 | 1,36 | 0,50 | 0,73 | 0,64 | 1,25 | 3,42 | 10,62 | 8,25 | 7,50 |

*Determinação feita aos 131 DAG (colheita).

**Determinação feita aos 137 DAG.

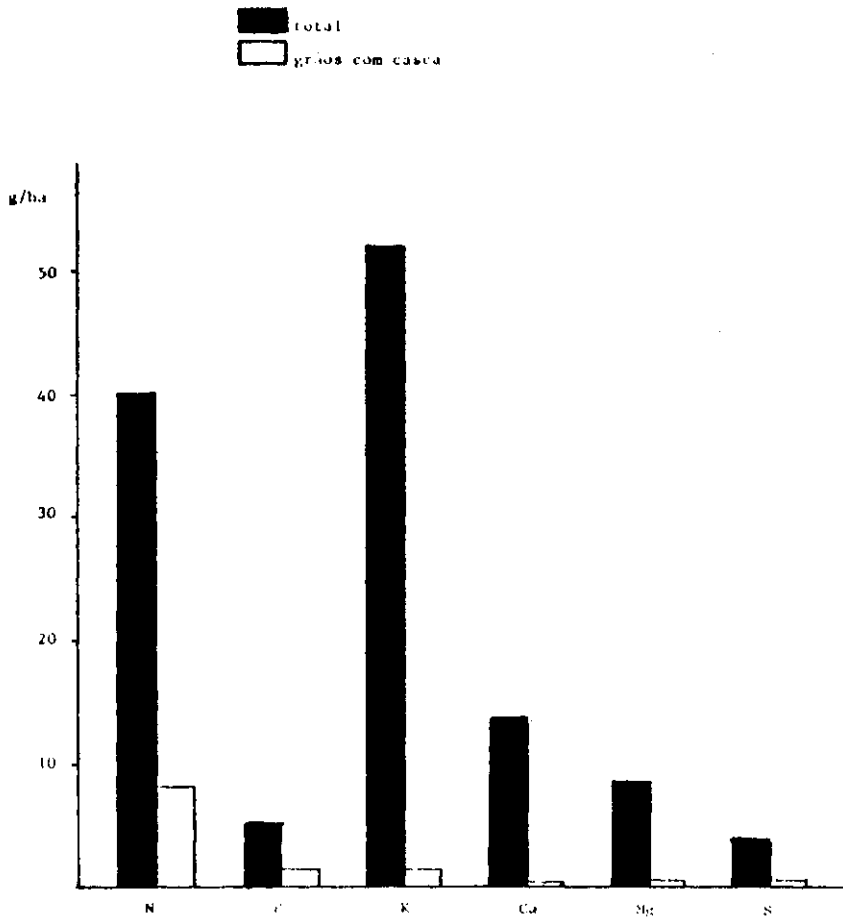


Figura 6. Quantidades totais de macronutrientes, em kg/ha, extraídos pela cultura e quantidade extraída pela colheita.

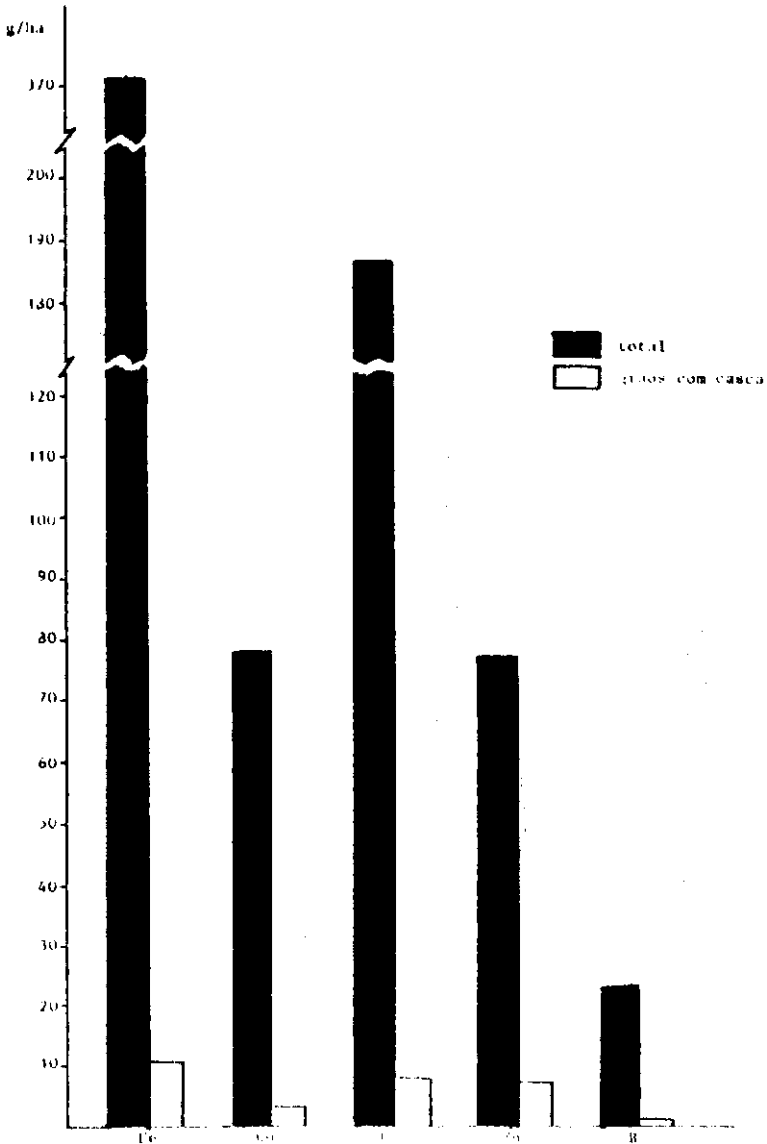


Figura 7. Quantidade de micronutrientes extraídos pela cultura de arroz e quantidade exportada pela colheita, em g/ha.

LITERATURA CITADA

- FAGERIA, N.K., 1980. Influência da aplicação do fósforo no crescimento, produção e absorção de nutrientes do arroz irrigado. **R. bras. Ci. Solo**, 4(1):26-31.
- FERREIRA, M.E.; YAMADA, T. & MALAVOLTA, E. (editores). 1983. Simpósio sobre a cultura do arroz de sequeiro. Jaboticabal.
- GARGANTINI, H. & BLANCO, H.G., 1975. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. **Bragantia**, 24(38): 515-528.
- IRRI, 1975. Major Research in Upland Rice. Los Baños.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. e BRASIL SOBRº, M.O.C., 1974. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. Arroz, Ed. Pioneira, SP. 752 p.
- MALAVOLTA, E. **et alii**, 1982. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XVIII. Efeitos das deficiências de macro e micronutrientes e da toxidez de alumínio, cloro e manganês na morfologia, crescimento e composição mineral das variedades IAC-164 e IAC-165 cultivadas em solução nutritiva. **An. E.S.A. "Luiz de Queiroz"** (no prelo).
- MALAVOLTA, E., 1983. Nutrição mineral comparada de três variedades de arroz. Apostila mimeo.
- SIMS, J.I. & PLACE, G.A., 1963. Growth and nutrient uptake of rice different growth stages and nitrogen levels. **Agronomy J.**, 60:392-396.
- YOSHIDA, S., 1981. **Fundamentals of Rice Crop Science**. Publ. pelo IRRI, los Baños.