

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ.
VIII. MARCHA DE ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES NA VARIEDADE
IAC-25 *

E. MALAVOLTA **
A. PENNA***, A. FLÓRIO ***,
A.A. FRENHANI***, A.T. SILVA ***,
B.N. RODRIGUES ***, E.M. PAULO***
N.A. COSTA ***, P.M. SANTOS ***,
P.S. KATAYAMA ***, R.V. NAVES***
R.A. AREVALO ***, W. AMARAL ***,
L.H.S. PAVAN****, L.A. DARIO****
F.C. ANTONIOLLI****
C.P. CABRAL*****

RESUMO

Foram estudadas, em condições controladas, a acumulação de matéria seca e a acumulação de macronutrientes pela variedade de arroz IAC 25.

Como regra verificou-se que a acumulação de

* Com ajuda da FAPESP e do CNPq. Recebido para publicação em 14/12/1981.

** Departamento de Química, E. S.A. "Luiz de Queiroz", USP

*** Estudantes de Pós Graduação.

**** Técnicos de Laboratório, Dep. de Química, ESALQ/USP.

***** Auxiliar de Laboratório, CENA/USP.

matéria seca e de macronutrientes obedeceu a sigmóides típicas, ambos os processos ocorrendo com maior velocidade no período aproximado de 50-90 dias após a germinação.

INTRODUÇÃO

O arroz é responsável pela alimentação de dois terços da população mundial, e seu cultivo ocupa uma área de 130 milhões de hectares, representando 9% da área cultivada no mundo. Os maiores produtores de arroz são os países asiáticos, e que respondem por 81%, aproximadamente, do total da produção mundial. Os dois principais países produtores são a China e a Índia. Cerca de 90% da produção mundial é reservada à alimentação humana. Os maiores consumidores de arroz são igualmente os principais países produtores. O volume comercializado no mercado mundial é de apenas 3% do total da produção. Três países, China, E.U.A. e Tailândia respondem por quase 65% das exportações mundiais.

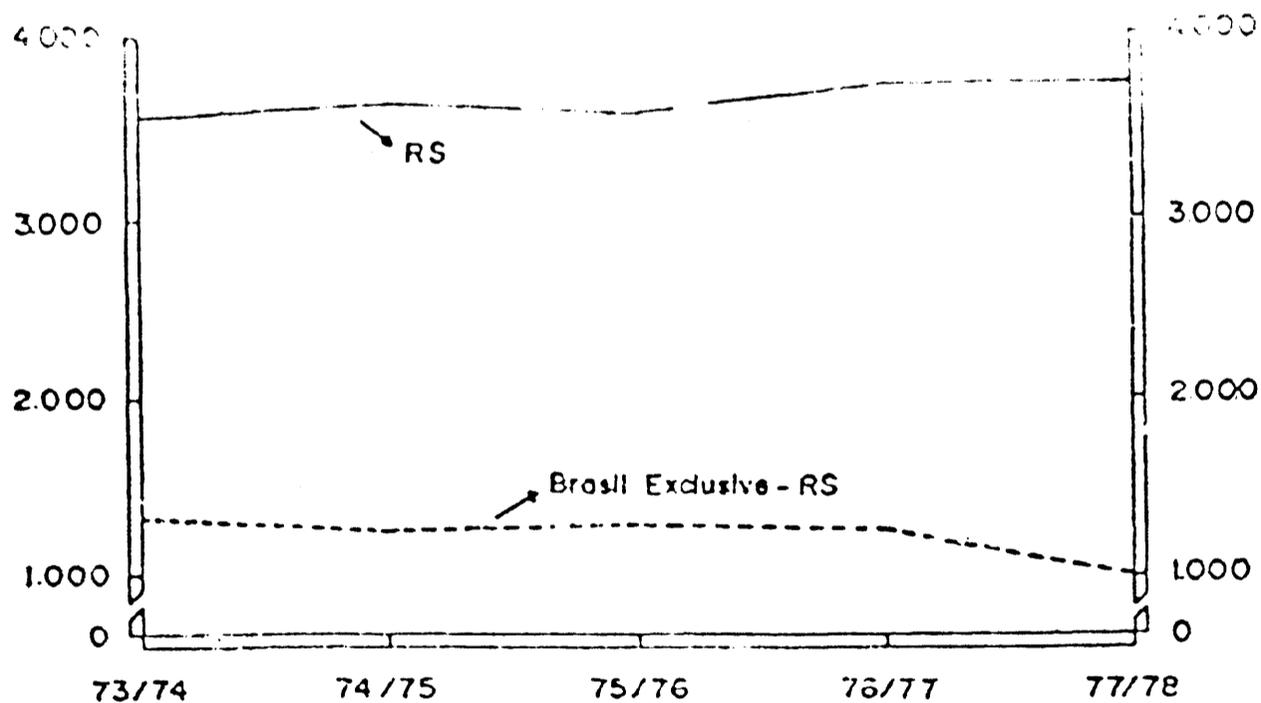


Figura 1 - Arroz: rendimento médio (kg/ha) FONTE: SIMÕES, 1979

O Brasil é o maior produtor do hemisfério ocidental, com uma produção aproximada de 8 milhões de toneladas de arroz em casca, sendo seu cultivo altamente difundido em todo o país e ocupando o 3º lugar em área plantada e valor de produção. Esta cultura visa o abastecimento no mercado interno, pois o país não é considerado grande exportador deste produto. O sistema de cultivo predominante é o de sequeiro e aproximadamente 70% desta produção é proveniente das regiões centrais, onde sofre, no entanto, grande oscilação de ano para ano, devido, principalmente, as condições climáticas. Nestas regiões, o arroz constitui uma cultura de abertura de novas fronteiras agrícolas. Cultivos irrigados de arroz ocorrem no Rio Grande do Sul, que nestas condições, sofre menos com as oscilações climáticas, e apresentam um nível tecnológico melhor. Este quadro, reflete na produtividade do arroz irrigado, onde o rendimento médio situa-se em torno de 3.700 kg/ha, contra a média de 1300 kg/ha na cultura de sequeiro, conforme Figura 1.

Deve-se observar que existe uma tendência de aumento na produção de arroz no Brasil, mas devido ao aumento da área cultivada e não a uma melhora na produtividade (Figura 2).

A elevação dos custos dos fertilizantes nos últimos anos é provavelmente irreversível, já que esta elevação é reflexo de preços mais elevados de energia, matérias primas e transportes. Os fertilizantes, passam, assim, a exigir um maior dispêndio nos investimentos das atividades agrícolas, merecendo, portanto, atenção especial com referência ao seu uso com vistas a um melhor aproveitamento pelas culturas. O conhecimento das quantidades e das épocas em que os nutrientes são absorvidos pelas culturas é de grande importância para a formulação de um plano de adubação, concorrendo desta forma para a economicidade da atividade agrícola.

O estudo da marcha de absorção dos nutrientes para a cultura do arroz, apresenta grande importância na determinação das quantidades de nutrientes requeridos por esta cultura e as respectivas épocas de aplicação dos mesmos.

A literatura brasileira sobre a absorção de nutrientes pela cultura do arroz é escassa, sendo que muitos dados sobre este fenômeno são obtidos do continente asiático.

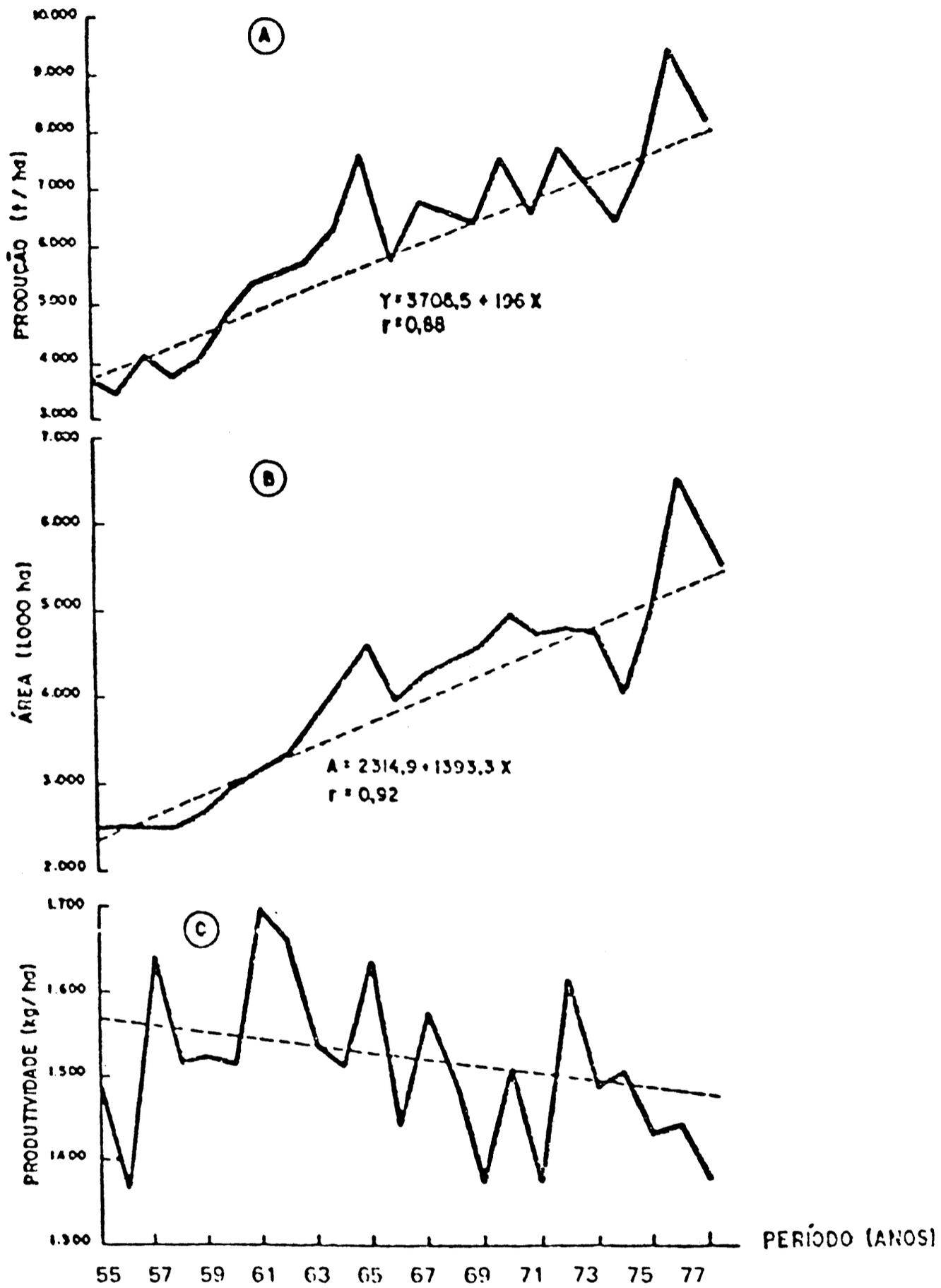


Figura 2 - Tendência da produção (A), área (B) e produtividade (C) do arroz no Brasil.
 FONTE: STEINMETZ e col., 1979.

GARGANTINI & BLANCO (1965), trabalhando com absorção de nutrientes pelo arroz, cultivar dourado precoce, em vasos com solo em casa de vegetação, encontraram que o nitrogênio e o potássio foram os nutrientes absorvidos em maiores quantidades, a seguir em ordem decrescente colocaram-se o cálcio, o magnésio e o fósforo.

Velasco *et alii*, citados por MEDEIROS (1960), afirmaram que aos trinta e três dias de idade, as plantas de arroz absorveram as seguintes quantidades dos macronutrientes em eq/dia: 0,37 NH₄; 0,24 K; 0,06 Ca; 0,18 Mg; 0,09 NO₃ e 0,05 P.

FAGERIA (1976) apresenta um gráfico onde mostra a absorção de nutrientes pelo arroz, em função da idade das plantas (Figura 3).

O nitrogênio é um elemento ligado diretamente ao crescimento da planta, desta forma, o seu consumo inicia-se lentamente com a germinação, atingindo intensidade máxima aos 110 dias, quando do início do "cacheamento", numa variedade de 140 dias de ciclo (GARGANTINI & BLANCO, 1977; GIUDICE *et alii*, 1979). A sua absorção cessa a partir deste estágio de desenvolvimento, sendo o nitrogênio acumulado na planta responsável pelo suprimento necessário no final do ciclo da cultura. (GIUDICE *et alii*, 1979).

SIMS & PLACE (1968), estudando a produção de matéria seca e absorção de N, P e K por três cultivares de arroz crescendo em condições de campo, encontraram que a produção de matéria seca foi diretamente proporcional às quantidades de N absorvidas e que estas quantidades aumentaram com a idade da planta, porém, a percentagem de N diminuiu com a idade. Ambos, percentagem e conteúdo total de N absorvido, aumentaram com maiores taxas de N aplicado ao solo.

Segundo BASAK (1962), a absorção de nitrogênio e de fósforo são fortemente correlacionadas com a produção de grãos; sendo que esta máxima produção é obtida quando a relação nitrogênio absorvido/fósforo absorvido foi igual a 5:1.

A absorção do fósforo, pelas plantas de arroz, apresenta-se de forma contínua do início ao fim do ciclo (GARGAN-

TINI & BLANCO, 1977 e GIUDICE, 1979). Porém SINGH (1980), estudando o efeito do zinco e a interação do fósforo sobre a produção de arroz e a concentração e absorção de zinco e fósforo, em casa de vegetação, encontraram que do plantio ao perfilhamento, a absorção de fósforo foi de apenas 7% e entre este e a fase reprodutiva, de 56%. Na colheita, cerca de 65% do P estava no grão, 27% na casca do arroz e 7% na palha. SIMS & PLACE (1968), também afirmam que a quantidade de fósforo absorvida pelas plantas de arroz, não diferem significativamente com a idade destas, taxas de N aplicadas ou com as diferentes variedades.

O K é o macronutriente mais absorvido pela planta do arroz. Apesar deste nutriente ser muito exigido, mais de 90% do total absorvido permanece nas partes vegetativas. Sua marcha de absorção muito se assemelha à do nitrogênio, ocorrendo, até os 110 dias de germinação, em variedades de 140 dias de ciclo (GARGANTINI & BLANCO, 1977; GIUDICE, 1979).

O cálcio é absorvido em quantidades relativamente pequenas, sendo que este nutriente é absorvido do início ao fim do ciclo (GARGANTINI & BLANCO, 1977; GIUDICE, 1979).

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção de mudas

Sementes foram desinfectadas com solução de "Q-Boa", a 10%, durante cinco minutos; depois foram lavadas em água destilada e colocadas para germinação, em bandejas de plástico contendo vermiculita. As bandejas foram colocadas à temperatura, umidade e luz ambiente. Periodicamente as bandejas eram irrigadas com uma solução de $\text{CaSO}_4 10^{-4}\text{M}$. Quando as plantas atingiram 5-10 cm, foram retiradas, lavadas as raízes com água destilada e transplantadas em 19/02/81 para as bandejas de 30 litros de capacidade, contendo solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1950), diluída 1+5, com arejamento contínuo. A partir de 24/02/81 as mudas foram transferidas para vasos individuais de 1 litro, com a mesma solução referida, e duas se-

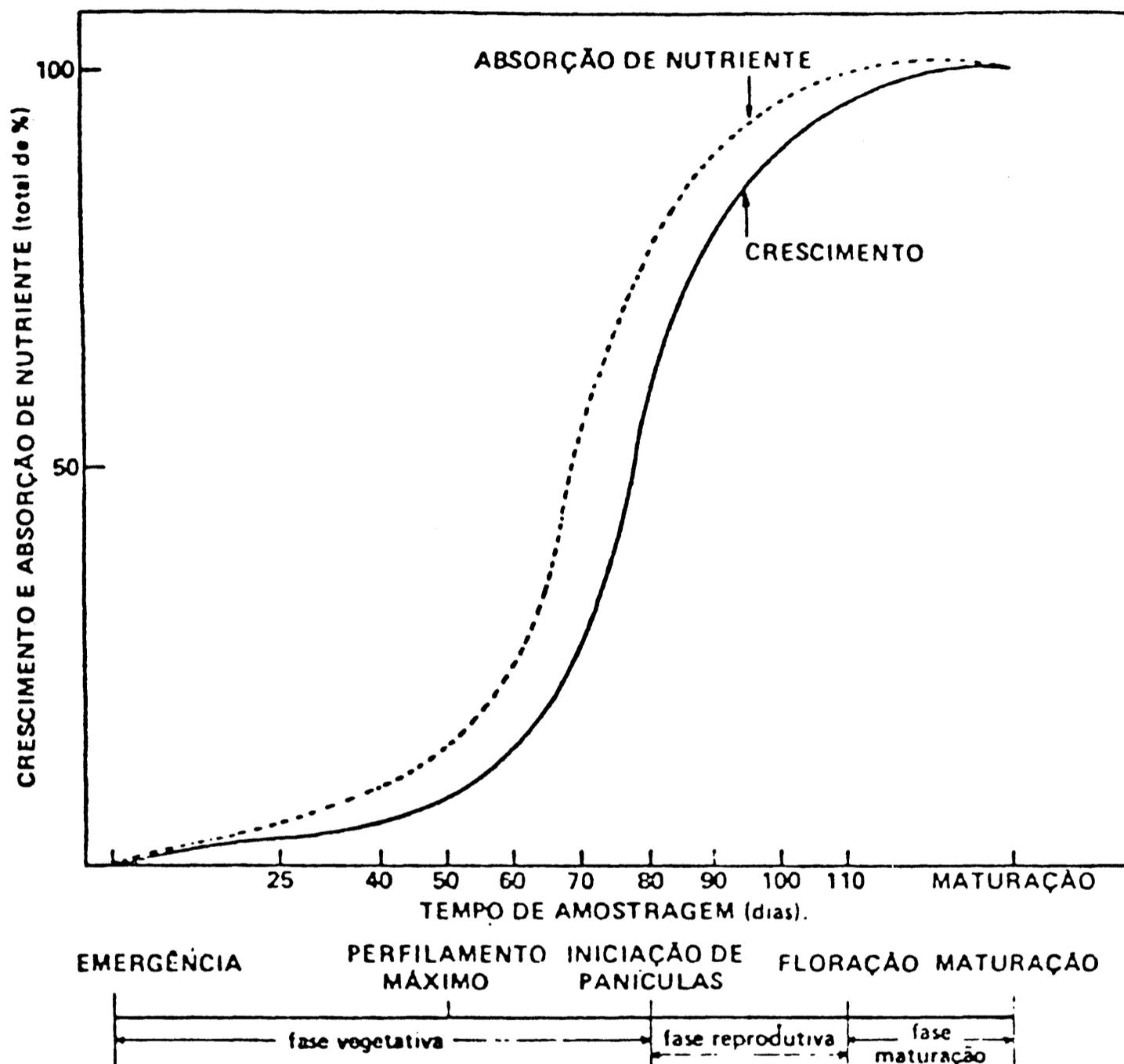


Figura 3 - Crescimento e forma de absorção de nutriente em relação a idade e desenvolvimento da planta de arroz. FONTE: FAGERIA, 1976.

manas após estavam prontas para o início do tratamento.

Instalação e condução

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do CENA - Piracicaba. Teve início em 09/03/81, quando foi substituída a solução dos vasos de 1 litro pela solução do tratamento, referida na Tabela 1. As plantas permaneceram nesses vasos durante quatro semanas, passando depois para vasos de 2 litros, com renovação da solução reajustada para o novo volume.

Tabela 1 - Composição da solução nutritiva

Solução aquosa	Completa
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ M (115 g/l)	1
KNO_3 M (101 g/l)	5
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ M (236 g/l)	4
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (246 g/l)	2
K_2SO_4 0,5 M (87 g/l)	0
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,05 M (12,6 g/l)	0
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M (1,7 g/l)	0
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ M (256 g/l)	0
NH_4NO_3 M (80 g/l)	0
Solução a (1)	1
Solução Fe-EDTA (2)	1

(1) Dissolver e completar a 1 l : 2,86 g H_3BO_3 ; 1,81 g MnCl_2 ; 0,22 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,08 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,02 g $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

(2) em 700 ml H_2O destilada dissolver: 26,1 g EDTA (ou quantidade correspondente do sal sódico do ácido etileno diamino-tetraacético), 268 ml NaOH N (40 g/l) e 24,9 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; arejar uma noite protegendo da luz; completar a 1 litro; frasco escuro e geladeira.

A cultura teve todo o seu ciclo, quando transplantada a solução nutritiva com arejamento artificial contínuo. Diariamente era restituída a água perdida em cada vaso; a cada duas semanas fazia-se renovação da solução nutritiva.

Cada vaso continha duas plantas, fixadas pelo colo com ajuda de espuma plástica.

Tratamento fitossanitário foi realizado no controle ao ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) com aplicações periódicas de Fendex-800 e Etrovon-200.

Solução utilizada

Foram utilizadas na composição da solução nutritiva as substâncias e respectivas dosagens contidas na Tabela 1. (Solução de HOAGLAND & ARNON, 1950).

Colheita e análise

A colheita foi executada por etapas; aos 21, 50, 70, 91, e 112 dias após a germinação. Cada repetição foi colhida separadamente.

As plantas colhidas, nas etapas iniciais, foram separadas em raiz e parte aérea e, posteriormente, em raiz, colmo, folhas e panículas. Estas, ainda, individualizada em raquis e grãos.

Cada parte destacada foi colocada em saco de papel e levadas para estufa a 70-80°C até atingir peso constante. As raízes antes de serem postas no saco eram lavadas em água destilada. Determinou-se o peso da matéria seca para cada parte da planta e se analisou N, P, K, Ca, Mg e S.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acumulação de matéria seca

Os dados sobre o crescimento das plantas, expressas pela acumulação de matéria seca acham-se na Tabela 2.

A produção de matéria seca foi diferente para todos os órgãos da planta.

Em termos percentuais o maior acúmulo de matéria seca, aconteceu no período de 50º ao 70º dia posterior à germinação.

Variação no teor de elementos

Os teores percentuais dos macronutrientes encontrados - nas diversas partes da planta, nos diversos estádios de desenvolvimento, acham-se assinaladas na Tabela 3.

Tabela 2 - Produção de matéria seca em g/planta em função da idade das plantas

Partes da planta	21	50	70	91	112
	g/pl	g/pl	g/pl	g/pl	g/pl
Raiz	0,07	0,15	1,63	1,86	1,74
Colmo				4,73	4,38
Folha				2,93	3,20
Raque					0,14
Grão					4,79
Panícula				2,68	4,93
P. aérea	0,25	0,68	6,33	10,34	12,51

Nitrogênio

Constatou-se no final do ciclo, a partir do 91º dia

Tabela 3 - Teor porcentual nos órgãos em função do estágio de desenvolvimento

Parte da planta	dias após a germinação	N	P	K	Ca	Mg	S
Raiz	21	2,45	0,37	3,21	0,20	0,94	0,17
	50	2,38	0,77	1,36	0,53	0,14	0,20
	70	2,44	0,35	2,34	0,34	0,15	0,08
	91	2,63	0,45	2,26	0,37	0,23	0,22
	112	1,79	0,49	2,32	0,29	0,24	0,19
P. aérea	21	3,78	0,58	4,44	0,54	0,68	0,31
	50	3,70	0,96	3,75	0,69	0,77	0,36
	70	3,09	0,40	3,47	0,80	0,60	0,12
Colmo	91	1,71	0,47	4,36	0,28	0,46	0,22
	112	1,86	0,36	5,13	0,27	0,52	0,24
Folha	91	3,41	0,37	1,76	0,52	1,02	0,24
	112	2,87	0,30	1,56	1,69	1,06	0,21
Panícula	91	1,96	0,27	0,58	0,21	0,21	0,13
Raque	112	-	0,28	1,53	0,51	0,67	0,23
Grão	112	2,05	0,41	0,64	0,15	0,25	0,14

após a germinação, redistribuição do nitrogênio das folhas para a panícula.

Devido ao grande aumento na produção de matéria seca, do 50º ao 70º dia após a germinação, verificou-se uma redução no teor de nitrogênio, sendo provavelmente explicado pelo efeito de diluição.

O teor de nitrogênio decresce na seguinte ordem:

folha > grão > colmo > raiz

Fósforo

Observa-se conforme os dados relativos a este nutriente na Tabela 3, o efeito de diluição no período de 50º ao 70º dia após a germinação.

O teor de fósforo apresentou a seguinte ordem decrescente:

raiz > grão > colmo > folha > raque

Potássio

Também constatou-se para este cátion o efeito da diluição na parte aérea principalmente no intervalo do 50º ao 70º dias após a germinação.

O teor de potássio decresce na seguinte ordem:

colmo > raiz > folhas > raque > grão

Cálcio

Não se observou o efeito de diluição na parte aérea.

O teor de cálcio decresce na seguinte ordem:

folha > raque > colmo > grão > raiz.

Magnésio

Constatou-se de uma maneira geral, o efeito de diluição, na parte aérea.

O teor de magnésio apresentou a seguinte ordem decrescente:

folha > raque > colmo > grão > raiz

Enxofre

Também foi constatado, conforme os teores encontrados, o efeito de diluição na parte aérea.

O teor de enxofre no cultivar decresce na seguinte ordem:

colmo > raque > folha > raiz > grão.

Acumulação de nutrientes em função do tempo

Os resultados de acumulação de nutrientes em função do tempo, aparecem nas Figuras 4 e 5.

Para o nitrogênio verifica-se que à partir do 60º dia após a germinação, há um acentuado aumento nas exigências totais deste nutriente. Ainda foi observado que, como para todos os outros elementos considerados, o conteúdo de órgão para órgão.

Quanto ao potássio, o cultivar IAC 25 demonstrou uma tendência a se utilizar de maiores quantidades deste nutriente no final do ciclo.

Para o cálcio, o cultivar IAC 25 apresentou, entre o 70º e o 90º dia após a germinação, uma variação em sua exigência. Entre o 90º e o 110º dia após a germinação, houve um aumento bem acentuado na exigência.

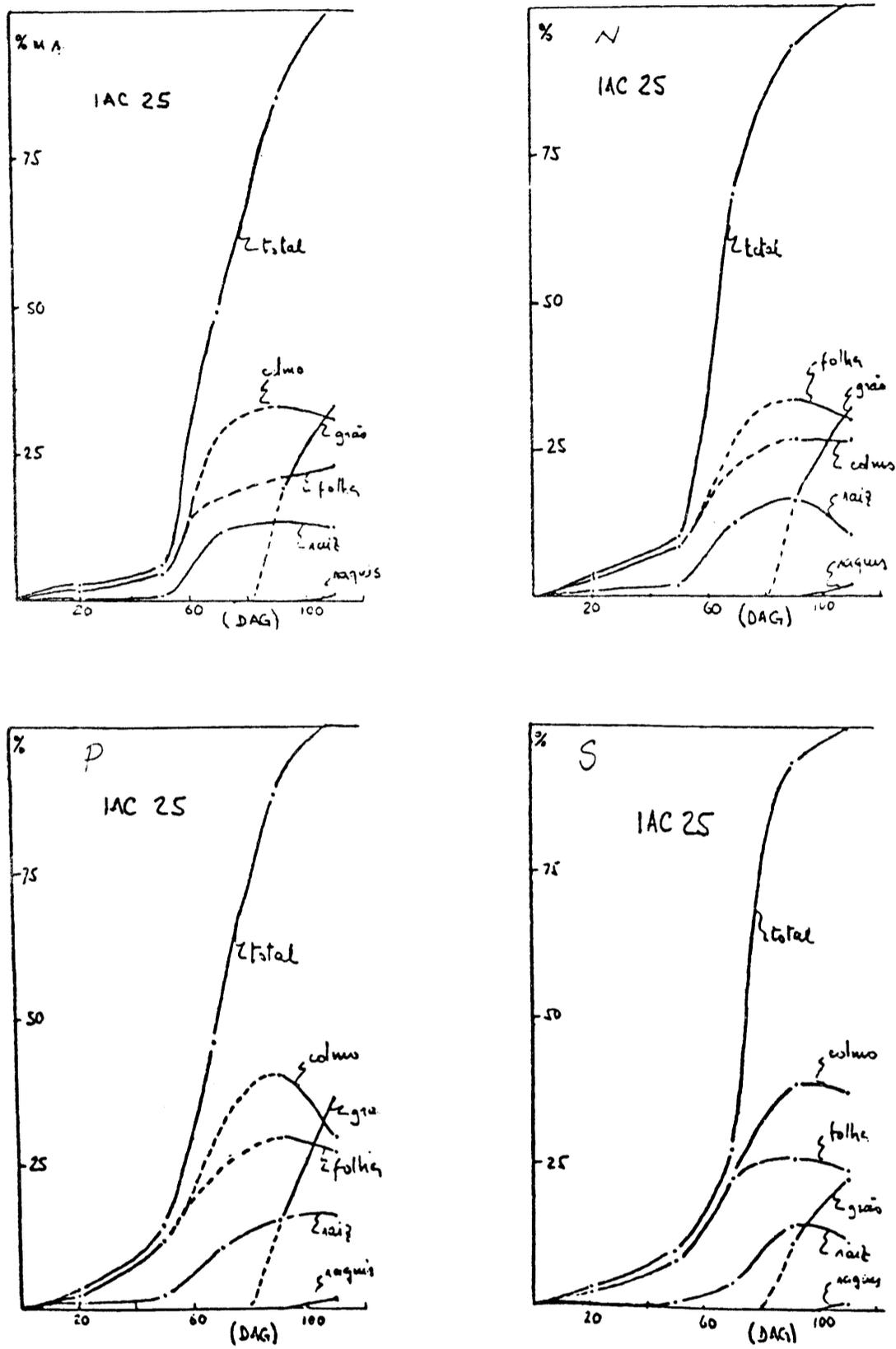


Figura 4 - Acúmulo relativo de matéria seca (M.S.) e de macro nutrientes aniônicos em função do tempo (DAG = dias após a germinação).

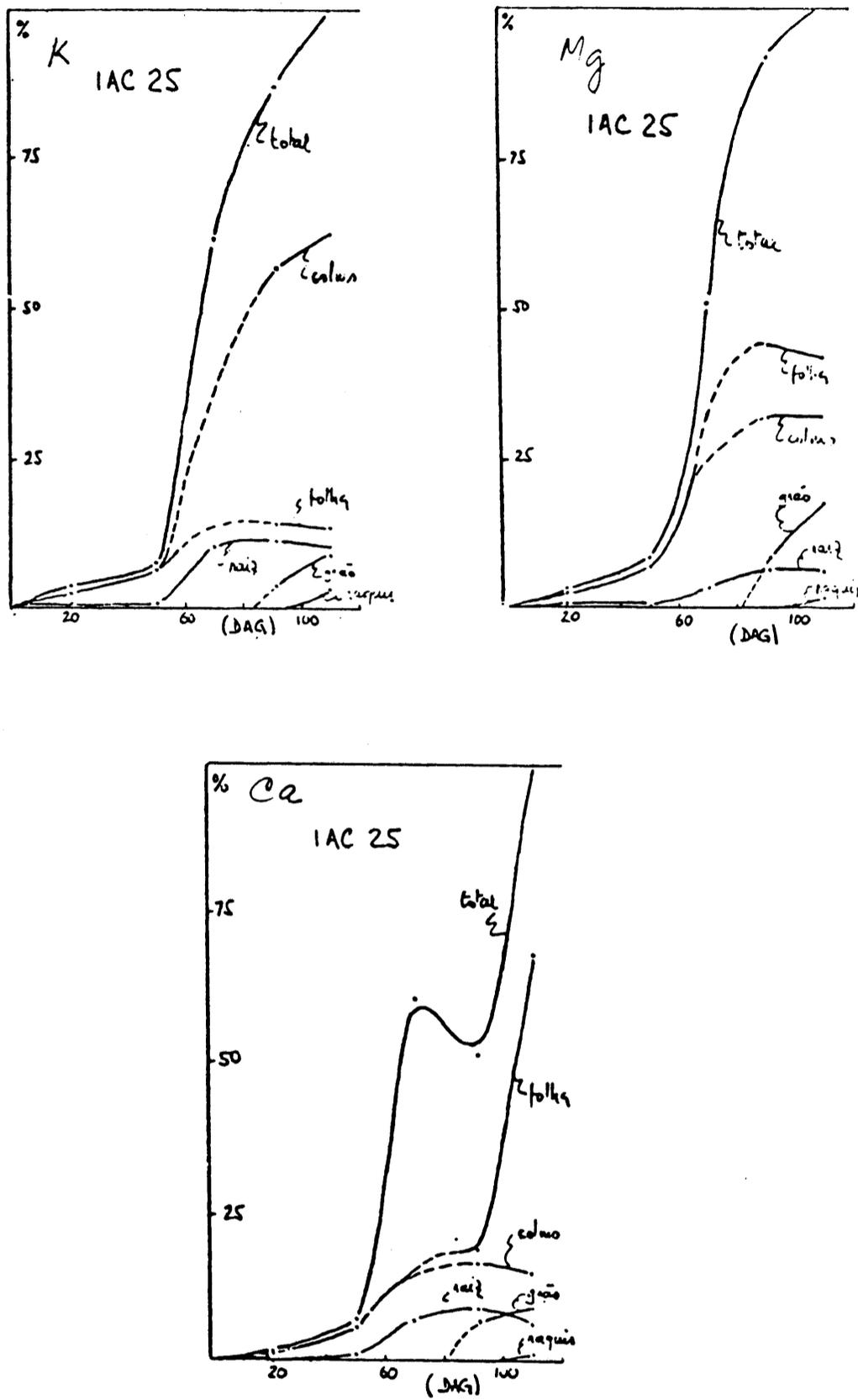


Figura 5 - Acúmulo relativo de macronutrientes catiônicos em função do tempo.

RESUMO E CONCLUSÕES

A variedade de arroz IAC 25 foi cultivada em solução nutritiva até o fim do ciclo. E 5 períodos diferentes (21, 50, 70, 91 e 112 dias após a germinação) foram colhidas amostras e analisadas.

As principais conclusões são as seguintes:

- (1) matéria seca e absorção de macronutrientes variam em função do tempo descrevendo as sigmóides esperadas;
- (2) no período que vai de 50 a 70 dias após a germinação (perfilhamento e aparecimento da panícula) são máximas as velocidades dos dois processos.
- (3) o efeito de diluição no teor dos macronutrientes foi observado em todos eles, exceto no caso do cálcio.
- (4) foi observada redistribuição dos macronutrientes (exceto Ca) das folhas para a panícula.

SUMMARY

STUDIES ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT.
VIII. ACCUMULATION OF MACRONUTRIENTS IN THE VARIETY
IAC-25.

Rice plants, IAC 25 variety, were grown in nutrient solution; samples were taken for analysis at different intervals, namely 21, 50, 79, 91 and 112 days after germination.

Main conclusions were the following:

- (1) both dry matter production and accumulation of macronutrients as a function of time were described by typical sigmoide curves;

- (2) in the period between the second and third sampling the rate for both processes reached maximum values;
- (3) dilution effects were observed in the content of all the elements except Ca;
- (4) Ca also was the only macronutrient which does not seem to be translocated from leaves for grain filling.

Co-autores: estudantes de Pós-Graduação J.C.A. Silva, T.E. Rodrigues, J.C. Sabino, I.A. Gomes, A.P. Cruz, F.A. Oliveira, D. Dachlian, I.A. Guerrini, J.A. Mazza, L.S. Corrêa, M.A. Schiavuzzo, M.P. Costa, C. Nóbrega, D.F. Azeredo, J.V. Ramos, J.C.D. Chaves, L.H.G. Chaves, L.A. Daniel, P.N.A. Berto, R.L. Rufini, J.S.T. Leite, S.R.C. Stipp.

LITERATURA CITADA

- BASAK, M.N., 1962. Nutrient uptake by rice plant and its effect on yield. *Agron. Jour.* **54**(5):
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G., 1965. Absorção de nutrientes pela cultura de arroz. *Bragantia* **24**(38): 515-527.
- GIUDICE, R.M.; FREIRE, F.M.; TANAKA, R.T., 1979. Nutrição mineral e adubação do arroz. *Informa Agropecuário* **5**(55): 40-50.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Exp. Sta. Circ.* **347**.
- SIMÕES, R.H.D., 1979. Aspectos gerais da economia de arroz. *In: Anais da I Reunião de Técnicos em Rizicultura do Estado de São Paulo*, 33-39-
- SIMS, J.L.; PLACE, G.A., 1968. Growth and nutrient uptake of rice different growth stages and nitrogen levels. *Agron. Journ.* **60**: 692-696.

SINGH, M.; SINGH, S.P., 1980. Zinc and phosphorus interaction in submerged paddy. *Soil Sci.* **129**(5): 282-289.

STEINMETZ, S.; STONE, L.F.; ARAUJO, A.R.L., 1979. O programa nacional de pesquisas com arroz e suas perspectivas. **In:** Anais da I Reunião de Técnicos em Rizicultura do Estado de São Paulo, 9-13.