

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ.
XIX - MARCHA DE ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELAS
VARIEDADES IAC-164 e IAC-165 (*)

E. MALAVOLTA**, A. PARADA **,
G. MARTINS***, J.C. GONÇALVES***,
J.F. CENTURION***,
L.A.B.C. VASCONCELLOS***,
M. ALMEIDA***, M.E. MARCHETTI***,
O.A.P. PEREIRA***, P.F.S. MARTINS***
S. BUZETTI***, C.P. CABRAL****

RESUMO

Foi estudada a marcha de absorção de macronutrientes nas variedades de arroz IAC-164 e IAC-164 cultivadas em solução nutritiva, chegando-se às seguintes conclusões: as curvas que descrevem a acumulação de matéria seca e de nutrientes apresentam tendência sigmoide; o período de maior absorção vai do perfilhamento pleno à

* Entregue para publicação em 23/12/1982.
Com ajuda da FAPESP, CNEN, CNQq e BNDE.

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

*** Estudantes de Pós-Graduação.

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

formação da panícula (2 meses aproximadamente); os teores foliares de N, P e K apresentaram tendência para diminuir do começo para o fim do ciclo o inverno ocorrendo com os dos outros elementos.

INTRODUÇÃO

Generalidades

Uma das condições para se ter êxito nos programas de adubação em geral está na aplicação do fertilizante no momento certo, ou seja, no período ou períodos de maior exigência. Com isso é possível evitar-se perdas do adubo e o risco provocado por concentrações salinas exageradas na zona das sementes ou perto das raízes.

Por outro lado, sabendo-se os períodos de maior exigência de um dado elemento será possível decidir sobre a viabilidade da correção de uma deficiência que possa aparecer nas condições de campo, antes ou depois daquelas.

REVISÃO DE LITERATURA

São pertinentes aos trabalhos de: BASAK (1962), FAGERIA (1976), GARGANTINI & BLANCO (1965), GILMOUR (1977), MALAVOLTA (1979) e SIMS & PLACE (1968).

Objetivo

No presente trabalho procura-se obter informações a respeito de marcha de acumulação de nutrientes em duas variedades de arroz de sequeiro, há poucos anos obtidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, IAC-164 e IAC-165.

MATERIAIS E MÉTODOS

As mudas foram obtidas colocando-se as sementes para germinar em vermiculita molhada com $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 10^{-4}M .

O cultivo se fez em vasos de plástico contendo 2 l da solução de HOAGLAND & ARNON (1950) nº 2 arejados continuamente e renovada cada 2-3 semanas. Cada vaso recebeu 2 plantas e o ensaio se fez com 2 repetições.

Em estádios definidos do ciclo se fez a colheita das amostras sendo as plantas separadas nos seus diversos órgãos que, depois de secos, foram analisados por métodos de rotina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Matéria seca

A Tabela 1, além de identificar os períodos de amostragem, dá a produção de matéria seca pelas duas variedades durante todo o seu ciclo vital. A Figura 1 mostra a acumulação da matéria seca nos diferentes órgãos, devendo observar-se o seguinte:

- (1) as curvas, como era de se esperar, mostram semelhança com a proposta por FAGERIA (1976);
- (2) em todos os órgãos individualizados a quantidade de matéria seca cresceu do começo até o fim do ciclo, embora no caso das folhas e colmos (+ perfilhos) haja uma tendência assintótica, notada nas duas variedades a partir, aproximadamente, do estágio de formação da panícula.

Teores e acumulação de macronutrientes

Na Tabela 2 são dados os teores de macronutrientes

Tabela 1 - Matéria seca produzida por plantas de arroz das variedades IAC-164 e IAC-165, em diferentes estádios de desenvolvimento.

Estádio	Variedade	DAG	Matéria seca (g/planta)										Total		
			Raiz	Colmo + Perf.	Inf.	Med.	Sup.	Total	Panícula	Casca	Grãos limpos	Parte aérea			
4 semanas após germinação	IAC-164	29	0,04	*	*	*	*	*	*	0,10	-	-	-	0,10	0,14
	IAC-165	29	0,04	*	*	*	*	*	*	0,12	-	-	-	0,12	0,16
Perfilhamento pleno	IAC-164	71	1,19	0,75	0,59	1,20	1,96	3,75	-	-	-	-	-	4,50	5,69
	IAC-165	71	0,77	0,34	0,25	0,98	1,78	2,91	-	-	-	-	-	3,25	4,02
Formação da panícula (emborrachamento)	IAC-164	91	2,06	3,54	*	*	*	4,69	1,10	-	-	-	-	9,33	11,39
	IAC-165	91	1,17	2,43	*	*	*	4,07	1,27	-	-	-	-	7,77	8,94
Panícula formada (espigamento)	IAC-164	113	2,57	3,48	*	*	*	4,28	4,94	-	-	-	-	12,70	15,27
	IAC-165	113	2,24	2,14	*	*	*	3,95	4,26	-	-	-	-	10,35	12,59
Final de ciclo (colheita)	IAC-164	134	3,59	4,32	*	*	*	5,44	6,20	1,50	4,70	15,96	19,55		
	IAC-165	134	2,45	3,41	*	*	*	4,08	5,75	1,15	4,60	13,24	15,69		

DAG = dias após a germinação

* = não discriminado

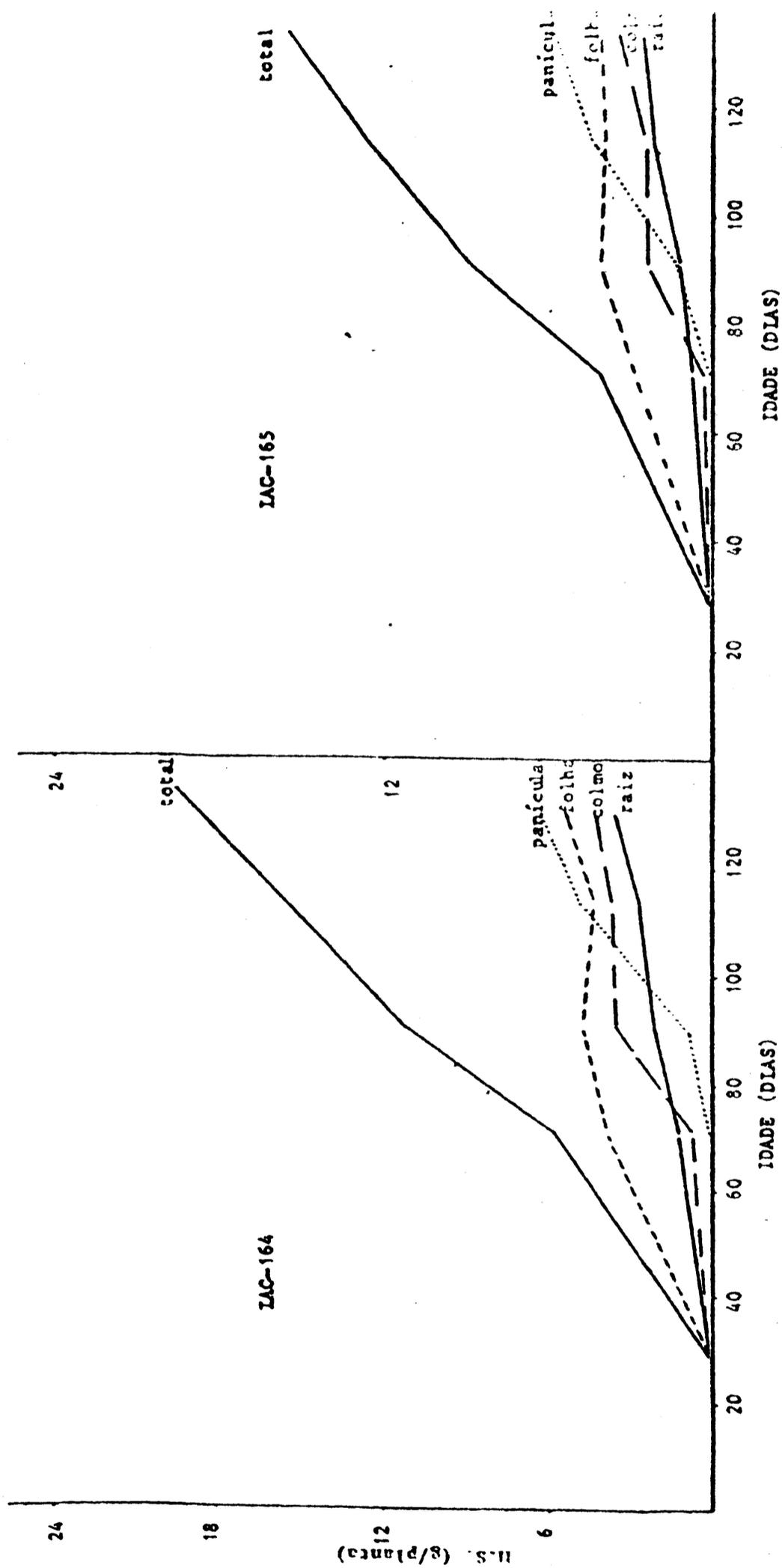


Figura 1 - Acumulação de matéria seca pelo arroz de sequeiro em função da idade, por cultivar e por parte da planta.

Tabela 2 - Teores de macronutrientes em % e mg/planta, de diferentes partes de plantas de arroz, cultivares IAC-164 e IAC-165, em função do estágio de desenvolvimento, cultivadas em solução nutritiva.

Dias após emergência	Cultivar	Parte da planta	N		P		K		Ca		Mg		S	
			%	mg/pl*										
29	IAC-164	Raiz	2,38	0,95	0,38	0,15	3,31	1,32	0,17	0,07	0,59	0,24	0,15	0,06
		Parte aérea	3,95	3,95	0,47	0,47	4,07	4,07	0,50	0,50	0,51	0,51	0,10	0,12
		Planta inteira	3,50	4,90	0,44	0,62	3,85	5,39	0,41	0,57	0,54	0,75	0,13	0,18
29	IAC-165	Raiz	2,37	0,95	0,37	0,15	3,39	1,36	0,14	0,06	0,49	0,20	0,16	0,06
		Parte aérea	4,05	4,86	0,50	0,60	4,04	4,85	0,58	0,70	0,49	0,59	0,10	0,12
		Planta inteira	3,63	5,81	0,47	0,75	3,88	6,21	0,48	0,76	0,49	0,79	0,11	0,18
71	IAC-164	Raiz	1,68	19,99	0,19	2,26	1,28	15,23	0,36	4,26	0,24	2,86	0,23	2,74
		Colmo+perfilho	1,03	7,73	0,30	2,25	2,42	18,15	0,18	1,35	0,29	2,18	0,25	1,88
		Folhas infer.	1,81	10,68	0,41	2,42	2,56	15,10	1,48	8,73	0,98	5,78	0,13	0,77
		Folhas med.	2,32	27,84	0,28	3,36	2,83	33,96	0,94	11,28	0,73	8,76	0,13	1,56
		Folhas sup.	1,91	37,44	0,25	4,90	2,58	50,57	0,49	9,60	0,39	7,64	0,17	3,33
		Planta inteira	1,82	103,68	0,27	15,19	2,34	133,01	0,62	35,24	0,48	27,22	0,18	10,28
71	IAC-165	Raiz	2,11	16,25	0,27	2,08	2,12	16,32	0,37	2,85	0,28	2,16	0,28	2,16
		Colmo+perfilho	1,83	6,22	0,44	1,50	3,97	13,50	0,17	0,58	0,38	1,29	0,26	0,88
		Folhas infer.	2,20	5,50	0,62	1,55	2,81	7,03	1,30	3,25	1,01	2,53	0,17	0,43
		Folhas med.	2,70	23,76	0,49	4,31	4,21	37,05	0,94	8,27	0,88	7,74	0,16	1,41
		Folhas sup.	3,02	53,76	0,35	5,87	3,38	60,16	0,60	10,68	0,61	10,86	0,15	2,67
		Planta inteira	2,62	105,49	0,38	15,31	3,33	134,06	0,64	25,63	0,61	24,58	0,19	7,55
92	IAC-164	Raiz	1,63	33,58	0,18	3,71	1,45	29,87	0,39	8,03	0,24	4,94	0,23	4,74
		Colmo+perfilho	0,98	34,69	0,28	9,91	2,96	104,78	0,12	4,25	0,25	8,85	0,23	8,14
		Folhas	2,22	104,12	0,20	9,38	2,32	108,81	1,08	50,65	0,76	35,64	0,06	2,81
		Panícula	1,38	15,18	0,22	2,42	0,95	10,45	0,17	1,87	0,20	2,20	0,09	0,99
		Planta inteira	1,65	187,57	0,22	25,42	2,23	253,91	0,57	64,80	0,46	51,03	0,15	16,68
92	IAC-165	Raiz	1,82	21,29	0,20	3,98	1,64	19,19	0,23	2,69	0,18	2,11	0,21	2,46
		Colmo+perfilho	1,07	26,00	0,34	8,26	3,14	76,30	0,10	2,43	0,26	6,32	0,09	2,19
		Folhas	1,91	77,74	0,30	12,21	2,80	113,96	1,02	41,51	0,76	30,93	0,11	4,48
		Panícula	1,54	19,56	0,25	3,18	0,99	12,57	1,87	1,91	0,21	2,67	0,12	1,52
		Planta inteira	1,33	144,59	0,31	27,63	2,48	222,02	0,54	48,54	0,47	42,03	0,12	10,65

Cont.

Tabela 2 - Continuação

Dias após emergência	Cultivar	Parte da planta	N		P		K		Ca		Mg		S	
			%	mg/pl*										
113	IAC-164	Raiz	1,66	42,66	0,29	7,45	2,14	55,00	0,48	12,34	0,18	4,63	0,27	6,94
		Colmo+perfilhos	1,39	48,37	0,22	7,66	4,34	151,03	0,17	5,92	0,27	9,40	0,14	4,87
		Folha	1,75	74,90	0,17	7,28	2,65	113,42	1,18	50,50	0,90	38,52	0,13	5,56
		Panicula	1,89	93,37	0,32	15,81	0,43	21,24	0,14	6,92	0,22	10,87	0,13	6,42
		Planta inteira	1,70	259,30	0,25	38,20	2,23	340,69	0,50	75,68	0,42	63,42	0,16	23,79
113	IAC-165	Raiz	1,69	37,86	0,24	5,38	2,07	46,37	0,25	5,60	0,14	3,14	0,26	5,82
		Colmo+perfilho	1,23	26,32	0,31	6,63	5,59	119,63	0,13	2,78	0,25	5,35	0,22	4,71
		Folhas	2,34	92,43	0,20	7,90	2,74	108,23	1,19	47,01	0,93	36,74	0,13	5,14
		Panicula	1,96	83,50	0,33	14,06	0,44	18,74	0,13	5,54	0,24	10,22	0,16	6,82
		Planta inteira	1,91	240,11	0,27	33,97	2,33	292,97	0,48	60,93	0,44	55,45	0,18	22,49
134	IAC-164	Raiz	2,05	73,60	0,48	17,23	1,84	66,06	0,74	26,57	0,12	4,31	0,19	6,82
		Colmo+perfilho	1,72	74,30	0,27	11,66	4,55	196,56	0,18	7,78	0,20	8,64	0,10	4,32
		Folhas	2,33	126,68	0,20	10,88	2,34	127,30	1,35	73,44	0,76	41,34	0,17	9,25
		Casca	0,97	14,55	0,16	2,40	1,07	16,10	0,56	8,40	0,38	5,70	0,05	0,75
		Grãos	2,29	107,63	0,38	17,96	0,32	15,04	0,03	1,41	0,19	8,93	0,13	6,11
		Planta inteira	2,03	396,76	0,31	60,03	2,15	421,06	0,60	117,60	0,35	68,92	0,14	27,25
134	IAC-165	Raiz	2,33	57,08	0,29	7,11	2,38	58,30	0,25	6,13	0,13	3,19	0,17	4,17
		Colmo+perfilho	1,69	57,63	0,27	9,21	4,98	120,02	0,14	4,77	0,27	9,21	0,10	3,41
		Folhas	2,24	91,39	0,30	12,23	2,06	84,05	1,32	53,86	0,81	33,05	0,08	3,26
		Casca	0,32	9,43	0,17	1,96	1,15	13,23	0,64	7,36	0,43	4,95	0,04	0,46
		Grãos	2,39	109,94	0,44	20,24	0,34	15,64	0,02	0,92	0,20	9,20	0,12	5,52
Planta inteira	2,07	325,47	0,32	50,76	1,86	291,24	0,46	73,04	0,38	59,60	0,11	16,82		

encontrados nos diversos órgãos em função das épocas de amostragem, bem como o conteúdo dos mesmos elementos.

Esses dados permitiram construir a Figura 2a e a Figura 2b as quais descrevem a acumulação dos elementos analisados. A comparação dessas duas figuras com a Figura 1 mostra paralelismo entre produção global de matéria seca e acúmulo de N e K apenas; os demais elementos, portanto, foram acumulados mais lentamente que a matéria seca.

Distribuição da matéria seca e dos macronutrientes

As Figuras 3 e 4 apresentam a repartição, em termos percentuais, da matéria seca e dos nutrientes nos diversos órgãos, em função das épocas de amostragem.

Os seguintes pontos chamam atenção:

- (1) os padrões de repartição são praticamente os mesmos nas duas variedades;
- (2) os macronutrientes aniônicos mostram uma tendência para se acumular em grãos, enquanto os catiônicos fazem-no nas partes vegetativas.

Teores foliares

- (1) os teores dos elementos mostram tendências diferentes na sua variação em função da idade da planta;
- (2) as porcentagens de N, P e K, particularmente a dos dois primeiros, caem à medida que a planta envelhece o que reflete a mobilidade desses elementos no floema e sugere transporte para outros órgãos, colmos+perfilhos e grãos (ver Figuras 3 e 4);

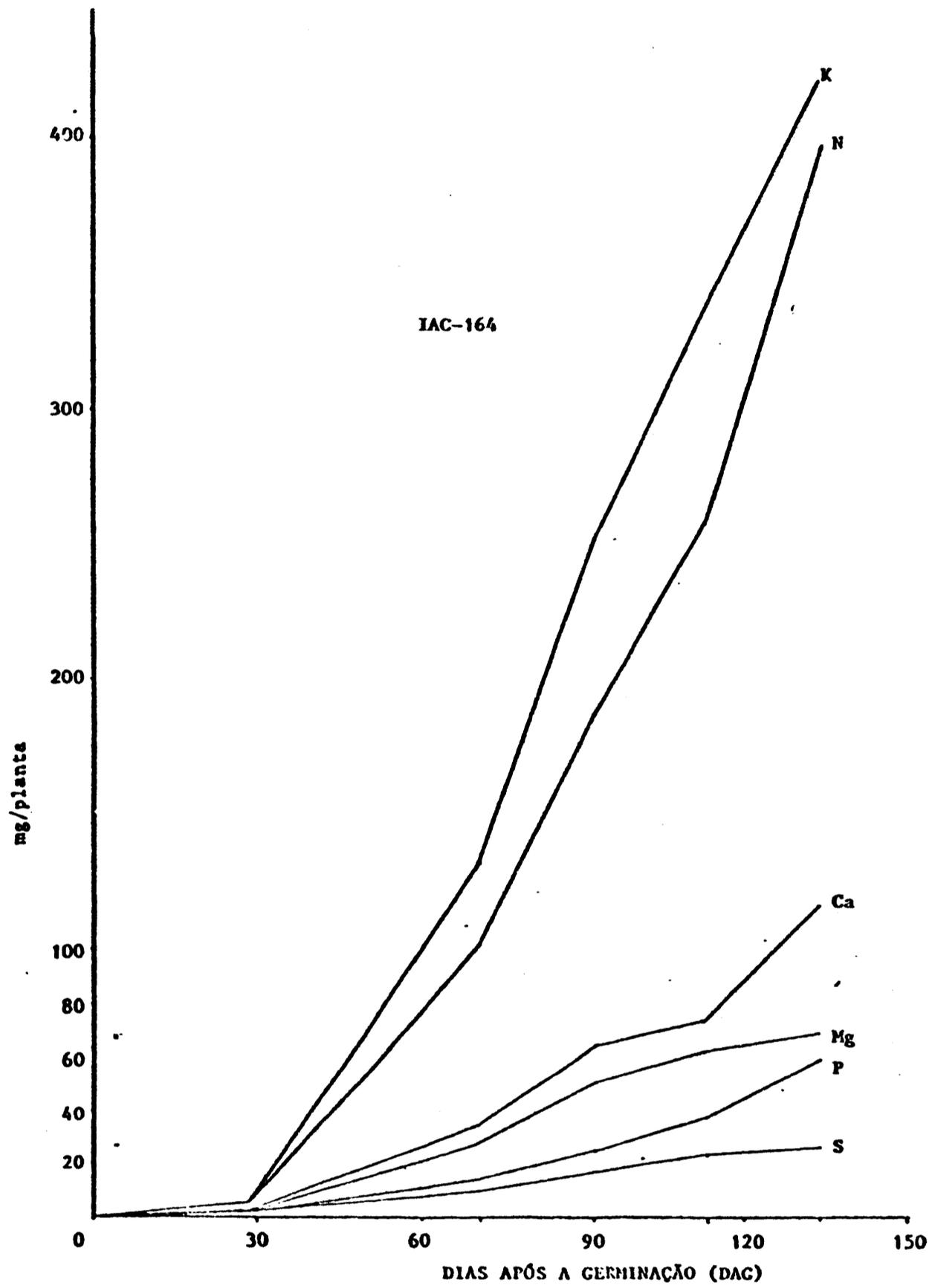


Figura 2a - Acúmulo de macronutrientes pelo arroz de sequeiro.

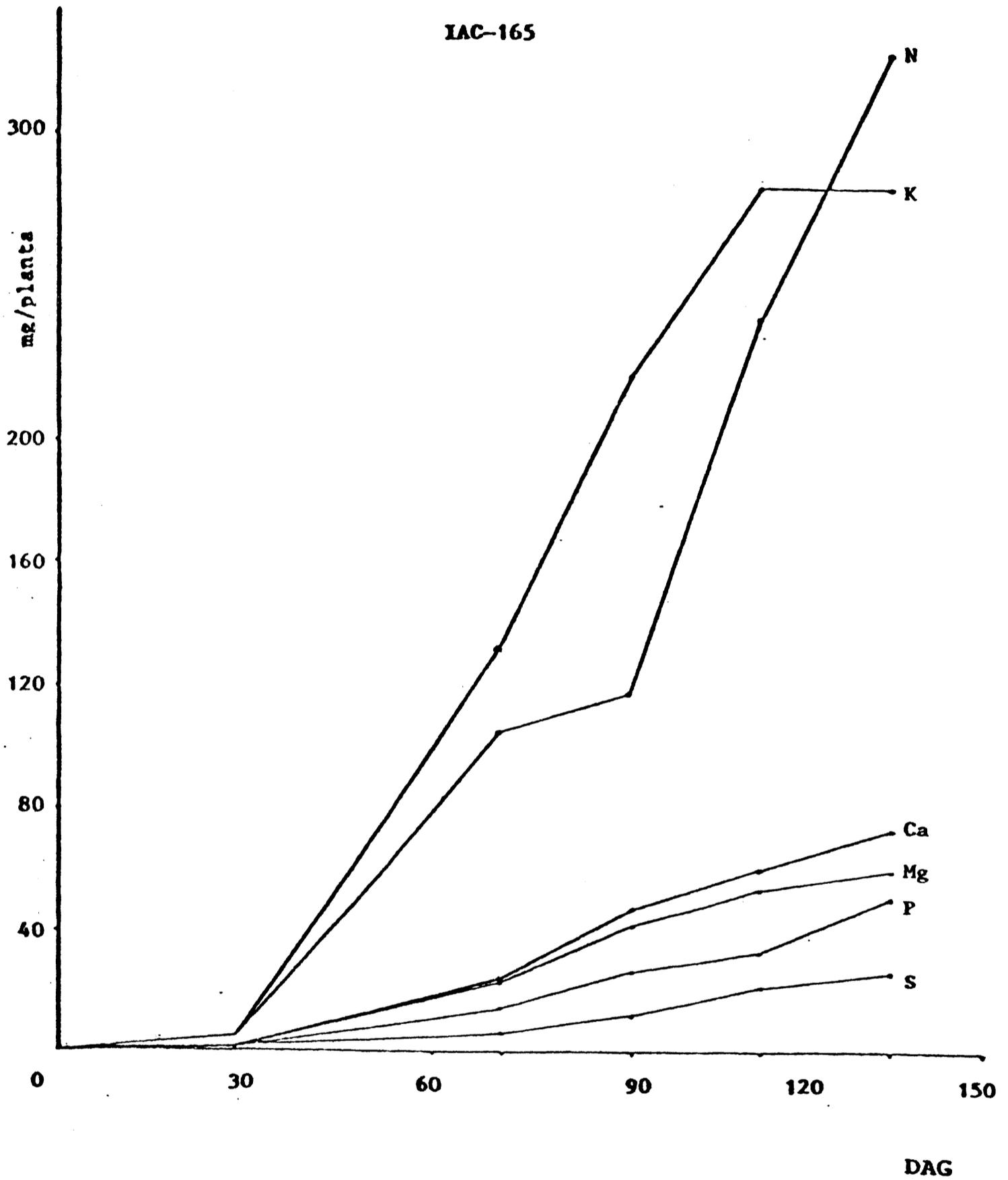


Figura 2b - Acúmulo de macronutrientes pelo arroz de sequeiro.

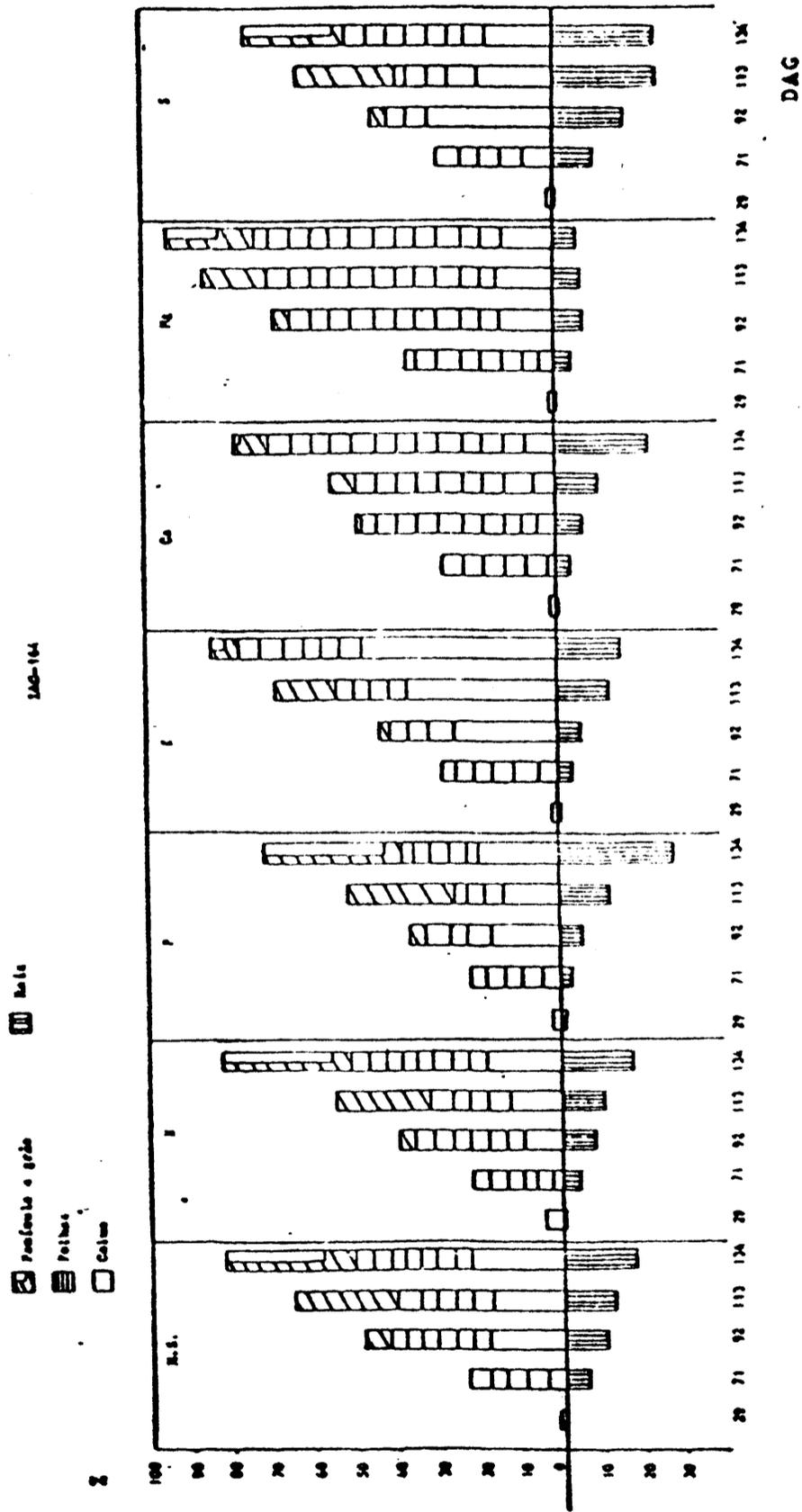


Figura 3 - Distribuição de matéria seca e macronutrientes nas partes vegetais de arroz de sequeiro durante o ciclo.

- (3) os teores de Ca, Mg e S, elementos tidos, respectivamente como Imóvel e de mobilidade intermediária (Mg e S) crescem na folha com a idade da planta o que sugere a necessidade de fornecimento constante para a formação da colheita, já que não há evidência de redistribuição do local de residência (folhas) para os grãos;
- (4) na diagnose foliar do arroz tem-se que padronizar rigorosamente a época de amostragem das folhas.

Velocidade de acumulação

No período de aproximadamente 2 meses que vai do perfilhamento pleno até a formação da panícula, parece que a absorção de nutrientes e a produção da matéria seca crescem de modo linear. Admitindo-se uma população de 250.000 plantas/ha obtem-se as velocidades de acumulação que constam da Tabela 3.

Tabela 3 - Velocidade de acumulação de macronutrientes entre 71 e 113 dias após a germinação.

Elemento	IAC-164	IAC-165
	kg.ha ⁻¹ . dia ⁻¹	
N	0,90	0,78
P	0,13	0,11
K	1,20	0,92
Ca	0,23	0,20
Mg	0,21	0,18
S	0,08	0,08

Tais quantidades (ou números correspondentes, dependendo do tamanho da colheita) tem que ser forne-

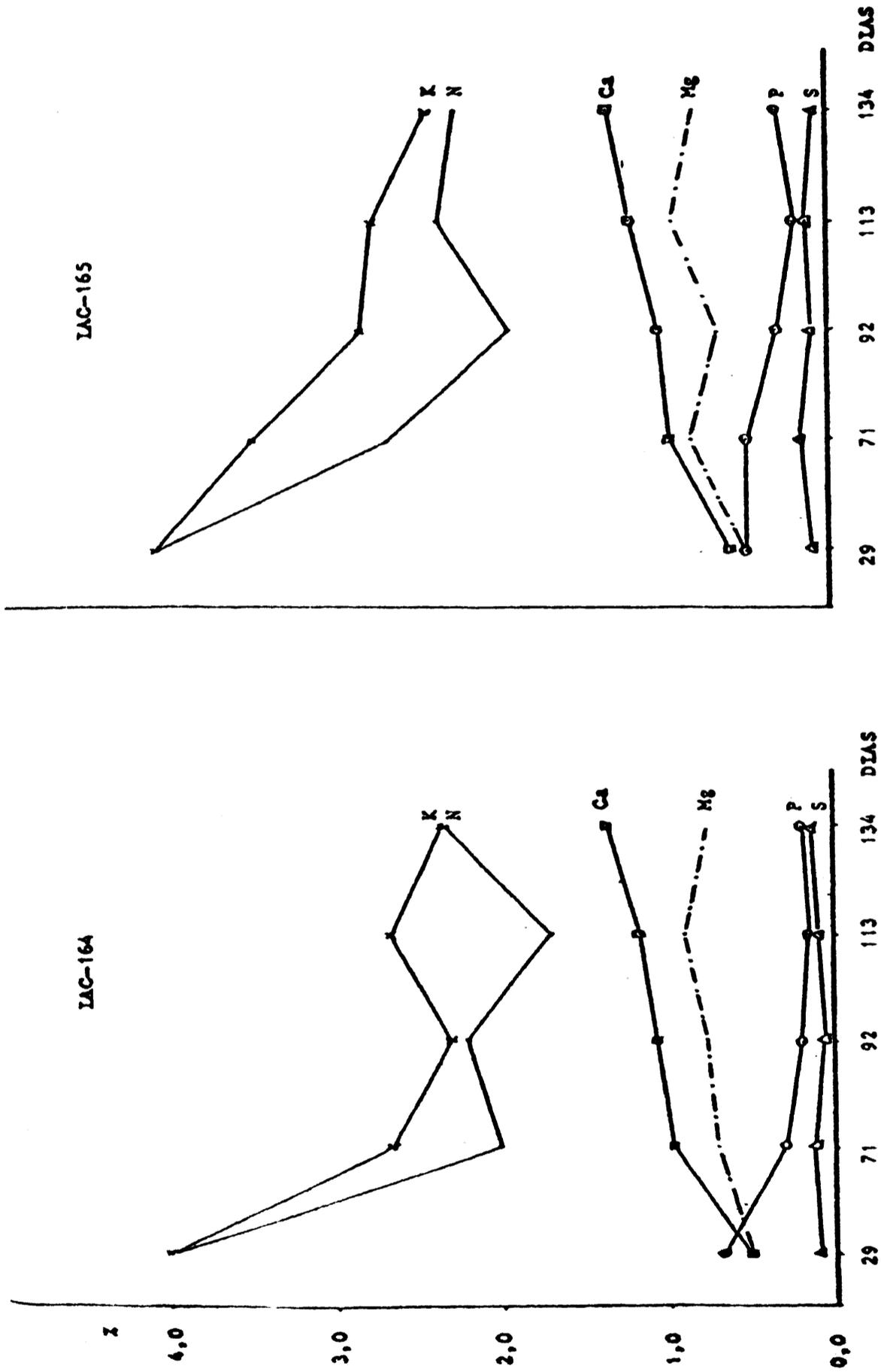


Figura 5 - Variação dos teores foliares de macronutrientes nas folhas de arroz, durante o ciclo.

cidas pelo solo e, quando necessário, complementadas pelo adubo.

Por outro lado, as Figuras 2a e 2b deixam perceber a conveniência das aplicações em cobertura do N e, possivelmente, do K para se evitar perdas por lavagem e eventuais danos pela concentração exagerada de sais na zona das raízes e na proximidade das sementes, o que ocorreria se todo o fertilizante fosse aplicado no sulco de plantio. Os dados sugerem que essa cobertura deve ser feita aos 60 dias após a germinação, no perfilhamento, o que concorda com o que se faz na prática.

SUMMARY

STUDIES ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT. XIX. UPTAKE OF MACRONUTRIENTS BY VARIETIES IAC-164 AND IAC-165 DURING THE LIFE CYCLE

Dry matter production and accumulation of macronutrients were studied by growing plants in nutrient solution and taking samples at given physiological intervals. It was found that curves describing dry matter production and uptake were sigmoidal in tendency. Maximum rate of uptake was observed within a 2-month period starting at full tillering and ending at the stage of panicle formation. Leaf levels of N, P, and K decrease as the plant grows older; the opposite is true in the case of the other elements.

CO-AUTORES

Estudantes de pós-graduação: E.A. Pauletto, J.H. Campelo Jr., F.R. Freitas, L.F. Cavalcante, M.L. Liva, M.F. Fiore, O. Primavesi, S.M. Fonse, A.B. Vecchiato, A. C.S. Medeiros, H.W. Takahasji, H.J. Kliemann, J.A. Azevedo, M.D. Thomazo, P.J.C. Genú, S.R.F. Leão.

LITERATURA CITADA

- BASAK, M.N., 1962. Nutrient uptake by the rice plant and its effect on yield. *Agron. J.* **54**(5): 373-376.
- FAGERIA, N.K., 1976. Identificação de distúrbios nutricionais do arroz e sua correção. EMBRAPA, Bol. Téc. **2**.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, G., 1965. Absorção de nutrientes pela cultura do arroz. *Bragantia* **24**(38): 515-
- GILMOUR, J.J., 1977. Micronutrient status of the rice plant. II. Micronutrient uptake rate as function of time. *Plant & Soil* **46**: 559-564.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Exp. Sta. Circ.* **347**.
- MALAVOLTA, E., 1979. **Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro**, Publ. pela Ultrafertil S.A., São Paulo.
- SIMS, J.L.; PLAGE, G.A., 1968. Growth and nutrient uptake of rice at different growth stages and nitrogen levels. *Agron. J.* **60**: 392-396.