

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ.
XII. EFEITOS DAS DEFICIÊNCIAS DE MACRONUTRIENTES
NAS VARIEDADES IAC-25 E IAC-47 (*)

E. MALAVOLTA **,
C. NOBREGA ***, D.F. AZEREDO***,
H.H.G. PEREIRA ***, I. F. CAR-
NEIRO ***, J.S.T. LEITE ***,
J.C.D. CHAVES ***, L.A. DA-
NIEL ***, P.N.A. BERTO ***,
R.L. RUFINO ***, S.R.C. STIPP ***,
J.V. RAMOS ***, C.P. CABRAL ****,
L.H.S. PAVAN *****,
L.A. DÁRIO *****,
F.C. ANTONIOLLI *****

RESUMO

Plantas de arroz, variedades IAC-25 e IAC-47, foram cultivadas em solução nutritiva completa e com deficiência de macronutrientes. Foram obtidos dados sobre a influência dos tratamentos na área foliar, produção de matéria

-
- * Entregue para publicação em 23/12/1981.
Com ajuda do CNPq e da FAPESP.
- ** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.
- *** Estudantes de Pós-Graduação.
- **** Auxiliar de laboratório, CENA - USP.
- ***** Técnicos de laboratório, Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

seca e na composição mineral e observados os sintomas de carência. O estado nutricional das plantas deficientes em N foi também avaliado pela determinação da atividade da redutase de nitrato na folha.

INTRODUÇÃO

O arroz é uma das mais importantes fontes de carboidratos para a população brasileira.

Seu cultivo se verifica com maior intensidade nos Estados das regiões Centro-Sul, Sul e Sudeste que são responsáveis por cerca de 80% da produção nacional.

A produtividade da cultura é bastante pequena, principalmente quando comparado com outras regiões produtoras do mundo, sendo em torno de 1 t/ha para o arroz de sequeiro e, de 3 t/ha para o irrigado que representa aproximadamente 20% do total.

Sem dúvidas, a falta de adubação deve ser uma das causas da baixa produtividade, além da deficiência hídrica no caso das lavouras de sequeiro.

No Brasil, os dados do projeto BNDE/ANDA tem evidenciado respostas da cultura do arroz à aplicação de adubos nitrogenados e fosfatados (ANDA, 1975). Resultados semelhantes foram verificados em diferentes trabalhos (LEITE *et alii*, 1970; COQUEIRO *et alii*, 1972; MIRANDA & FREIRE, 1962; DINIZ, 1975; FAGERIA, 1980).

Deficiências e/ou excessos de nutrientes, efeitos e sintomas no arroz, tem disso relatados por diversos pesquisadores (MALAVOLTA, 1978; PEREIRA & VALQUEZ, 1964; ISHIZUKA & TANAKA, 1960; KARIM & VLAMIS, 1962; TANAKA & YOSHIDA, 1970).

A falta ou o excesso de um dado elemento provoca sempre a mesma manifestação visível de anormalidade, qualquer que se

ja a espécie considerada, visto que as funções exercidas na vida da planta são sempre as mesmas (MALAVOLTA, 1980). Assim sendo, o conhecimento dos efeitos da falta ou excesso do nutriente na planta é imperativo quando se objetiva a avaliação do estado nutricional do vegetal, que por sua vez pode fornecer uma idéia semi-quantitativa da necessidade do nutriente.

Dentro desse enfoque, a determinação da redutase de nitrato (RNO_3) na avaliação do estado nutricional da planta também se reveste de grande importância pelo que se segue:

O enzima redutase de nitrato (RNO_3), universalmente presente nas plantas superiores, é uma metaloflavoproteína que catalisa a redução de NO_3^- a NO_2^- , contém molibdênio e ferro (MALAVOLTA, 1981 b).

É induzida por NO_3^- e por Mo deve por isso haver uma relação direta, dentro de limites, entre nível de nitrato no tecido e atividade da RNO_3 ; se, por outro lado, existir, como existe, uma relação entre nível de nitrato no substrato (solo ou solução nutritiva) e teor do mesmo no tecido, deverá haver também uma relação direta entre atividade da RNO_3 e nível de NO_3^- no meio. Segue-se daí que, verificadas as premissas será possível avaliar o estado nutricional da planta com respeito ao nitrogênio e a disponibilidade do elemento no meio através da determinação da atividade da RNO_3 .

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa-de-vegetação no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) USP, utilizando-se utilizando-se as variedades IAC 25 e IAC 47.

As sementes foram previamente desinfetadas (5 minutos em água sanitária diluída a 1 + 10, lavagem 3 vezes com água destilada) e postas a germinar, em bandejas rasas, contendo uma camada de vermiculita umedecida com solução de $\text{CaSO}_4 \cdot 10^{-4}$ M. (dia 09/02/81).

A germinação ocorreu no dia 15/02/81. O transplante para bandeja contendo 30 l da solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1950) nº 2, diluída 1 + 5, se deu quando as platinhas tinham ao redor de 5 a 10 cm de altura (19/02/81), permanecendo aí por duas semanas, fixadas pelo colo com espuma de plástico e com arejamento constante da solução, de acordo com MALVOLTA (1981a).

As proporções em que as diferentes soluções entram na composição das soluções nutritivas de cada tratamento estão na Tabela 1.

Em 30/03/81 renovaram-se as soluções nutritivas com alterações. Foram omitidos dos tratamentos: - N 0,6 ml de KNO_3 ; - P 0,1 ml de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; - K 0,6 ml KNO_3 ; - Ca 0,4 ml de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; - Mg 0,1 ml MgSO_4 ; - B 0,1 ml sol. ac. bórico. Vale ressaltar que nos demais tratamentos usaram-se as dosagens indicadas anteriormente.

Em 06/04/81 foram trocados os vasos para dois litros de capacidade.

Em 27/04/81 e em 18/05/81 foram renovadas as soluções nutritivas.

O sistema de arejamento (tubo de vidro de 0,5 cm de diâmetro com um capilar central de 0,5 mm de diâmetro enfiado em tubo de plástico ligado à tubulação de ar comprimido através de kitassato para acumular o óleo), foi purgado duas vezes por semana.

A reposição da água consumida por evapotranspiração foi feita sempre que necessário.

Foi realizado combate fitossanitário a pragas, quando necessário.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com o mínimo de 2 repetições.

Os resultados foram avaliados, utilizando-se as observações e medições seguintes:

Tabela 1 - Composição das soluções nutritivas (ml/l) - deficiências de macronutrientes

Solução aquosa	Completa	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
NH ₄ H ₂ PO ₄ M (115 g/l)	1	0,1	0,1	1	1	1	1
KNO ₃ M (101 g/l)	6	0,6	6	0,6	6	6	5
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O M (236 g/l)	4	0,4	3	4	0,4	4	3
MgSO ₄ ·7H ₂ O M (246 g/l)	2	2	2	2	2	0,1	0
K ₂ SO ₄ 0,5 M (87 g/l)	0	3	0	0	0	1	0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O 0,05 M (12,6 g/l)	0	10	0	0	0	0	0
CaSO ₄ ·2H ₂ O 0,01M (1,7 g/l)	0	200	0	0	0	0	0
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O M (256 g/l)	0	0	0	0	0	0	2
NH ₄ NO ₃ M (80 g/l)	0	0	1	3	4	0	0
Solução a (1)	1	1	1	1	1	1	1
Solução Fe-EDTA (2)	1	1	1	1	1	1	1

(1) Dissolver e completar a 1 l : 2,86 g H₃BO₃; 1,81 g MnCl₂; 0,22 g ZnSO₄·7H₂O; 0,08 g CuSO₄·5H₂O; 0,02 g H₂MoO₄·H₂O.

(2) em 700 ml H₂O destilada dissolver: 26,1 g EDTA (ou quantidade correspondente do sal sódico do ácido etileno diaminotetraacético; 268 ml NaOH N (40 g/l) e 24,9g FeSO₄·7H₂O; arejar uma noite protegendo da luz; completar a 1 litro; frasco escuro; e geladeira.

- (1) sintomatologia (aspectos de deficiência e excesso);
- (2) peso da matéria seca: radicular, parte aérea e grãos (Efeito na produção);
- (3) área foliar; altura média; número de folhas, perfilhos e panículas por planta em função dos tratamentos completo, - N, - P e - K, considerando-se 3 repetições.

A área foliar foi determinada empregando-se o método não destrutivo que consistiu em medir o comprimento e maior largura das lâminas foliares das plantas amostradas por ocasião do estágio de gramação de cada variedade.

A área foliar real foi determinada através da equação $Y = C.L.Fc.$, onde:

$$\begin{aligned} Y &= \text{área foliar real} \\ C &= \text{comprimento da lâmina foliar} \\ L &= \text{maior largura da lâmina foliar} \\ Fc &= 0,74 \end{aligned}$$

O fator de correção (Fc) empregado na equação, é um valor médio daqueles sugeridos por PALANISWAMY & GOMES (1974).

- (4) Avaliação do estado nutricional por diagnose foliar e bioquímico (atividade da redutase de nitrato);
- (5) Análise dos teores de macro e micronutrientes (variação na composição mineral, provocada pela deficiência e excessos).

O material foi colhido nas épocas adequadas aos diferentes fins, sendo as plantas separadas em raízes, colmos, folhas e panículas e colocadas para secar em estufa a 70-80° C até peso constante.

No perfilhamento (dia 27/04/81) do arroz foi realizada colheita com a finalidade de diagnose. Foram colhidas plantas e ambas variedades (IAC 25 e IAC 47) dos tratamentos completo, - N, - P e - K.

Na 11ª semana (25/05/81) após transplante foram colhidas plantas das duas variedades, dos tratamentos - N e completo, com a finalidade de se determinar a atividade da redutase de nitrato (R-NO₃), seguindo-se as técnicas descritas em MALAVOLTA (1981b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas carenciais

Deficiências de nitrogênio: folhas velhas, amarelecimento, seguido por um secamento que se iniciou nas pontas, caminhando pelas margens até tomar conta de toda folha.

Folhas novas: amarelecimento uniforme, com o passar do tempo, houve secamento do ápice da folha, ficando a mesma com forma de V invertido.

Perfilhamento: algumas folhas basais e perfilhos emitidos nas primeiras semanas, secaram logo em seguida. No final do ciclo, perfilhamento insignificante.

Tamanho das folhas: curtas e estreitas em relação ao tratamento completo.

Altura das plantas: menores que as do tratamento completo.

Sintomas visuais: idênticos em ambas variedades, porém mais acentuado na IAC 25 num mesmo dia.

Colmo: mais fino que no tratamento completo.

Deficiências de fósforo

Notou-se o início de sintomas de deficiência de P, nas variedades IAC 25 e IAC 47, trinta dias após tratamento em solução nutritiva.

A deficiência de P provocou um menor desenvolvimento aéreo e radicular das plantas. As folhas se apresentaram ericadas. Clorose inicial e necrose posterior generalizada na ponta das folhas que avançou até à base.

Os dois cultivares terminaram o ciclo com altura média de 60 cm., número reduzido de folhas e baixo perfilhamento (2 para cada vaso).

Deficiência de potássio

A variedade IAC 25, após sete dias de tratamento em solução nutritiva com ausência de K, apresentou amarelecimento e necrose no ápice das folhas mais velhas. Os mesmos sintomas apareceram 15 dias mais tarde na variedade IAC 47.

Com o desenvolvimento das plantas, as folhas mais novas adquiriram coloração verde mais intensa.

Em ambas variedades, houve redução do desenvolvimento vegetativo das plantas, com média de 30 cm. de altura no fim do ciclo. Também notou-se redução no número de perfilhos, em média 3 e 2 para as variedades IAC 25 e IAC 47, respectivamente.

Deficiência de cálcio

Devido à pouca mobilidade do cálcio na planta, a deficiência deste elemento se manifestou inicialmente nas folhas mais novas, ocorreu uma necrose transversal na zona central. As folhas tornaram-se esbranquiçadas. A altura e peso das partes aérea e radicular foram afetadas.

Deficiência de magnésio

Houve pouco perfilhamento nas plantas deficientes deste elemento. Constatou-se amarelecimento das pontas das folhas velhas, a área contígua à nervura central se manteve verde. As manchas evoluíram e se ampliaram sempre no sentido longitudinal.

Nas folhas novas, a deficiência de Mg se manifestou através de um amarelecimento que avançou longitudinalmente pelas mesmas.

Deficiência de enxofre

As plantas deficientes em enxofre mostraram pouco perfilhamento. Ocorreu redução no crescimento. Os sintomas de -S foram evidenciados nas folhas mais novas, através de amarelecimento generalizado.

Crescimento

O exame da Tabela 2 mostra que a falta de N foi a que mais influenciou a produção de matéria, enquanto a de K foi a que mais afetou a colheita (grãos), considerando-se os macro primários.

Pelos dados de produção de grãos, observa-se que a variedade IAC 25 suportou melhor as condições de baixa disponibilidade de nutrientes, apresentando uma amplitude de variação, quanto a produção de grãos, menor do que a verificada para a variedade IAC 47.

Nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5 são apresentados os resultados observados para área foliar ($\text{cm}^2/\text{planta}$), altura média / planta (cm); número de folhas, perfilhos e panículas / planta em função dos tratamentos completo, -N, -P e -K por ocasião da granação. A observação das referidas figuras, permite aferir que de um modo geral a variedade IAC 25 apresentou menor desempenho do que a IAC 47.

Os resultados de produção verificados nas condições do ensaio mostram que em condições de campo, o nitrogênio é o nutriente mais limitante à produção, fato esse já comprovado por diferentes autores (LEITE *et alii*, 1970; COQUEIRO *et alii*, 1972; DINIZ, 1975).

Diagnose foliar

A diagnose foliar se baseia nas premissas de que o teor foliar do nutriente está relacionado, dentro de limites, com

Tabela 2 - Efeito dos tratamentos na produção de matéria seca (g/planta)

Tratamento	Raiz			P. aérea			Grãos		
	IAC-25	IAC-47	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-47	IAC-25	IAC-47	
Completo	1,47	3,90	7,73	15,98	4,79	12,12			
- N	0,66	1,06	2,12	2,56	1,42	1,18			
- P	1,20	2,55	3,18	4,79	1,52	1,15			
- K	0,78	2,23	3,60	2,91	0,61	0,07			
- Ca	1,68	1,19	7,60	5,34	-	-			
- Mg	1,33	1,40	6,05	4,57	-	-			
- S	1,47	2,19	6,90	7,54	-	3,52			
F	17,7**	23,4**	24,9**	23,8**	97,3**	540,2**			
d.m.s. (5%)	0,70	1,12	2,9	3,9	1,3	1,1			
CV %	15	18	15,5	17,9	10,4	7,7			

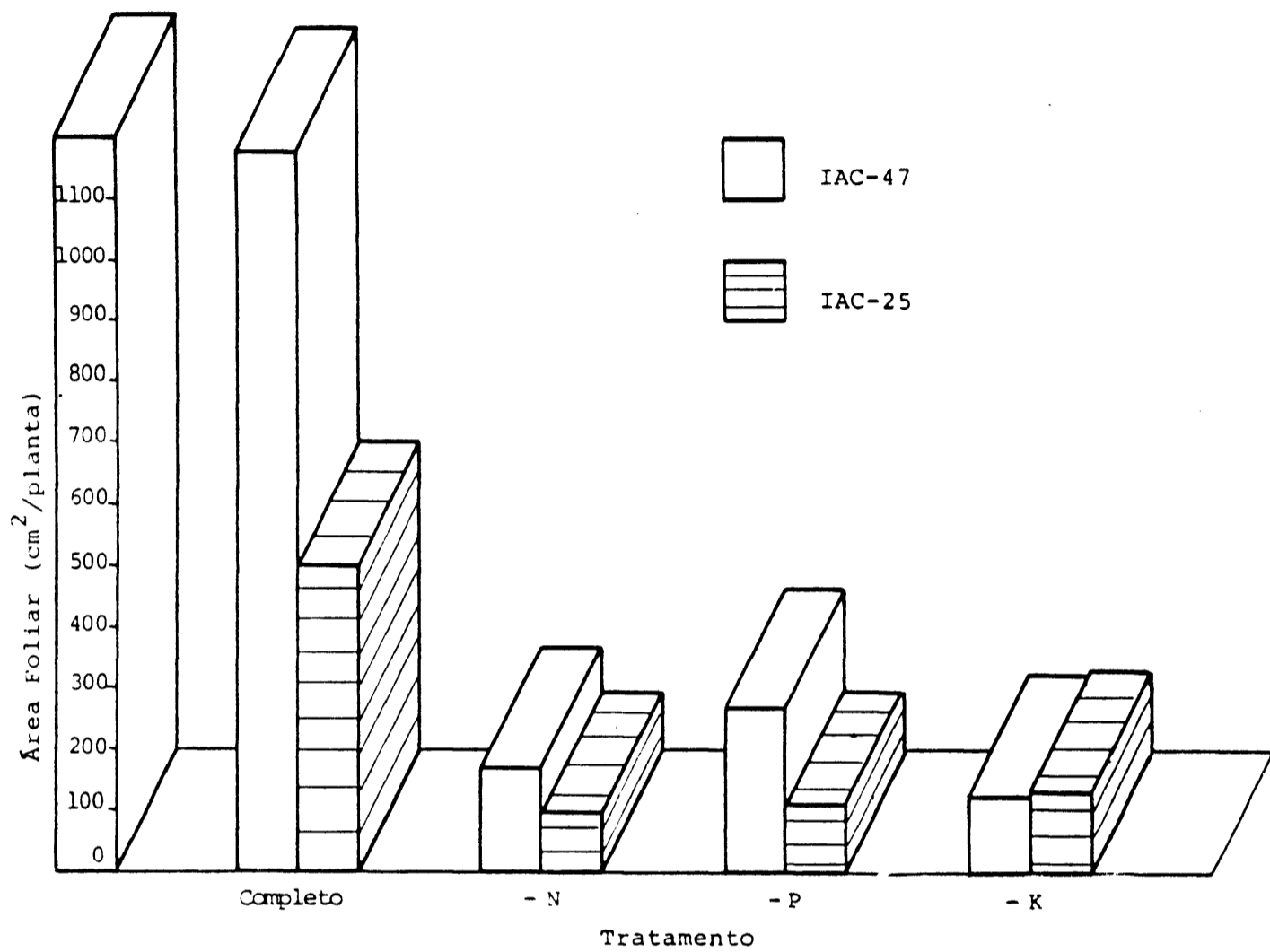


Figura 1 - Área foliar (cm²/planta) de duas variedades de arroz, IAC-47 e IAC-25, em função dos tratamentos Completo, -N, -P e -K, por ocasião da granação.

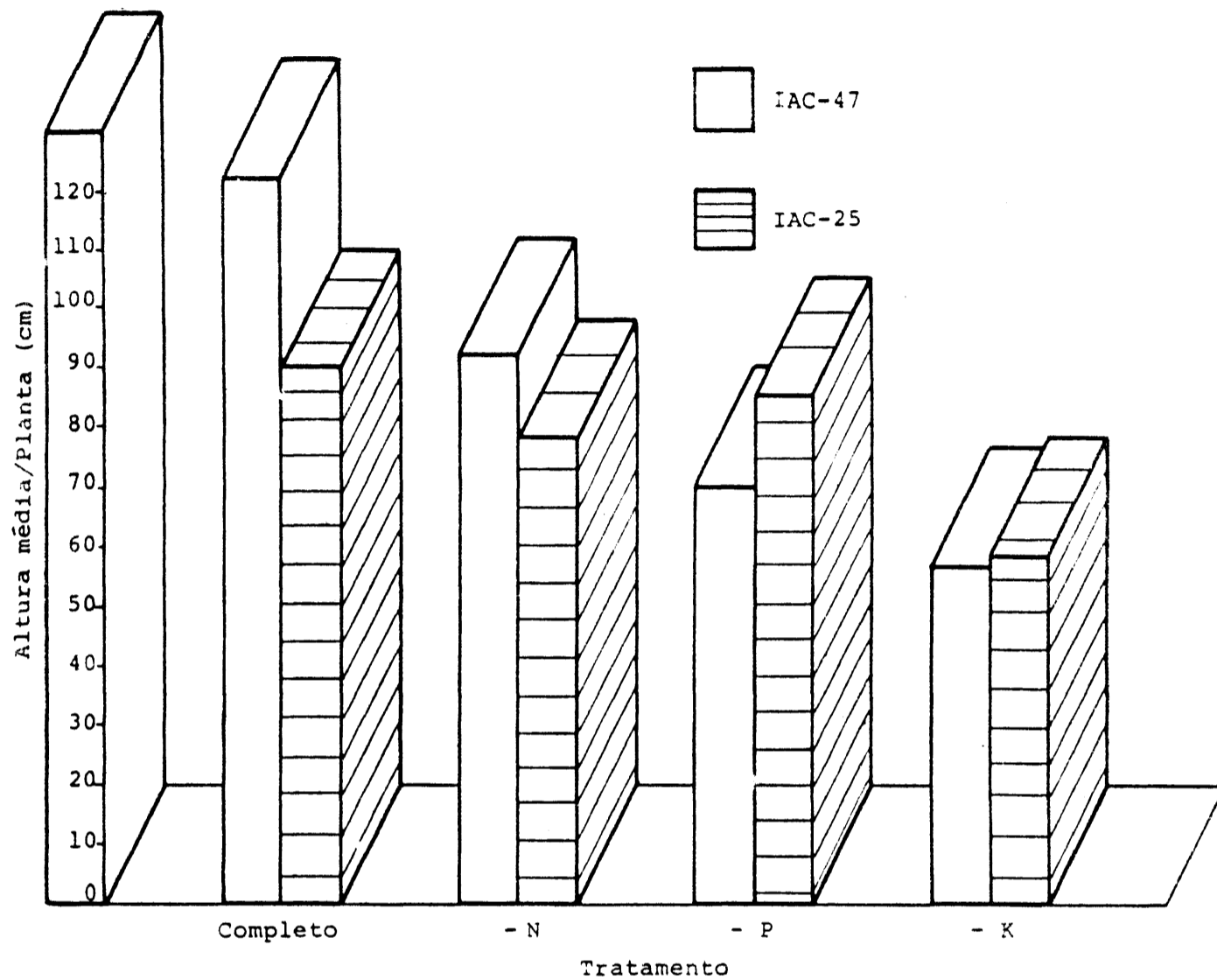


Figura 2 - Altura média/planta em cm, de duas variedades de arroz IAC-47 e IAC-25, em função dos tratamentos Completo, -N, -P e -K por ocasião da granação

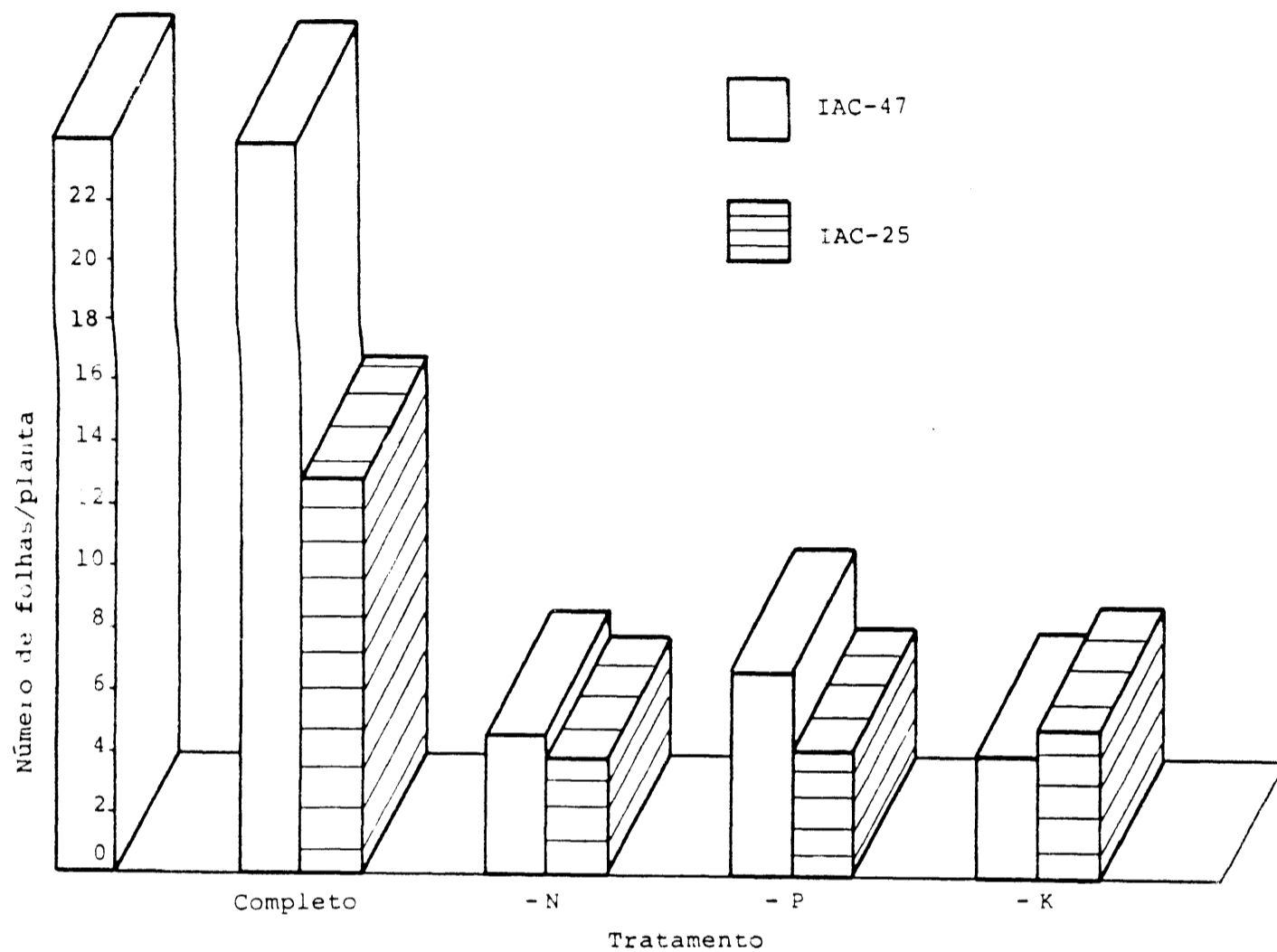


Figura 3 - Número de folhas/planta de duas variedades de arroz IAC-47 e IAC-25, em função dos tratamentos Completo, -N, -P e -K, por ocasião da granação.

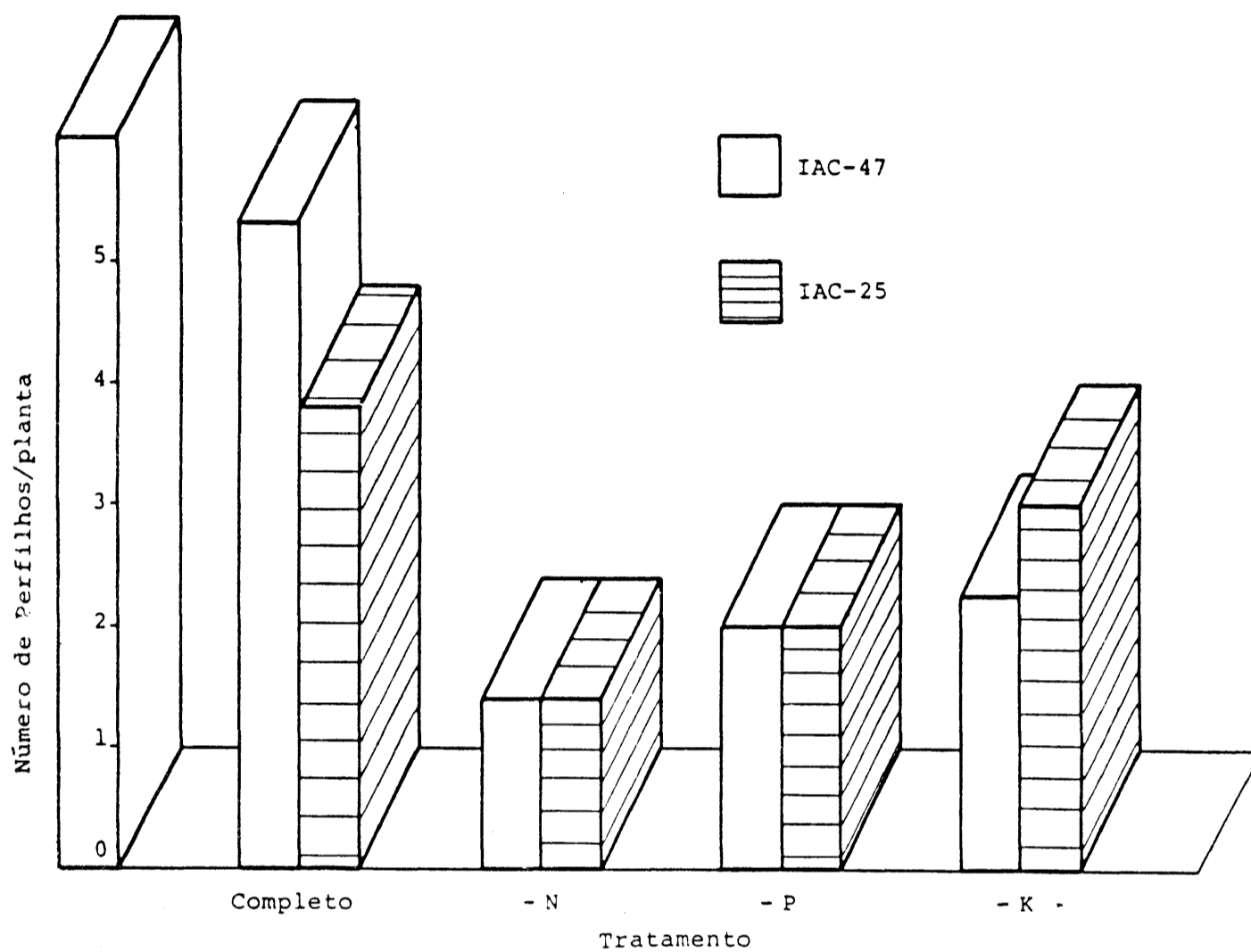


Figura 4 - Número de perfilhos/planta, de duas variedades de arroz IAC-47 e IAC-25 em função dos tratamentos Completo, -N, -P e -K por ocasião da granação.

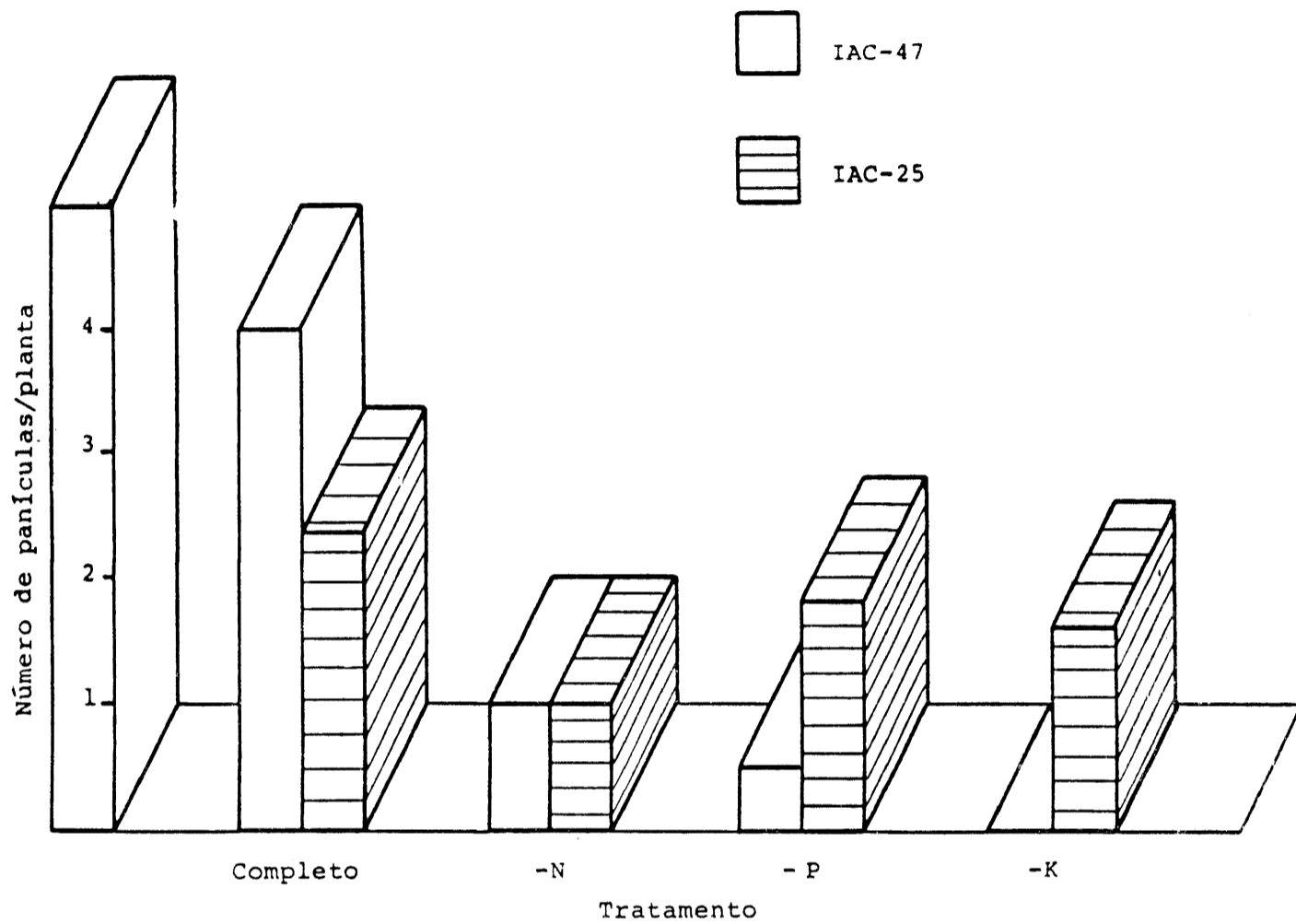


Figura 5 - Número de panículas/planta, de duas variedades de arroz IAC-47 e IAC-25, em função dos tratamentos completo, -N, -P e -K por ocasião da granação.

a quantidade de nutriente disponível no substrato e com a produção da planta (MALAVOLTA, 1980).

A Tabela 3 mostra os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg verificados em função dos tratamentos completo e com deficiência em N, P e K por ocasião do espigamento.

Pelos resultados obtidos (Tabela 3), observa-se que os teores dos nutrientes analisados, para o tratamento de IAC 47 são inferiores aos verificados na variedade IAC-25. Observa-se, também, que a amplitude de variação entre os teores dos nutrientes do tratamento completo para os deficientes em nitrogênio, fósforo e potássio é menor na variedade IAC 47.

A comparação entre os teores foliares, expressos na Tabela 3, com os dados de produção de matéria seca (Tabela 4) de raiz e parte aérea das duas variedades de arroz, para os mesmos tratamentos utilizados, mostra uma boa relação entre teor foliar, produção e disponibilidade de nutrientes, facultando dessa forma o uso da análise foliar em arroz para avaliação da necessidade de adubação.

Composição mineral

A Tabela 5 dá os teores de macronutrientes nos tratamentos que foram conduzidos até o final do ciclo sendo possível observar que:

- (1) há diferenças na composição mineral das duas variedades, tanto no tratamento completo quanto nos demais;
- (2) a deficiência de um dado elemento causou diminuição no seu teor em todos os órgãos, inclusive nos grãos; nestes o teor de K, entretanto, influenciado em menor grau pela deficiência correspondente;
- (3) a carência de K, como se esperava, fez aumentar o teor de Mg na planta enquanto a de S teve efeito semelhante no teor foliar de N.

As plantas dos tratamentos -Ca e -Mg não completaram o

Tabela 3 - Teores foliares de macronutrientes (%) na matéria seca de folhas recém matura
duras de arroz no início de espigamento (27/04/81)

Teores	N%		P%		K%		Ca%		Mg%	
tratamento	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47
Completo*	4,18	3,54	0,36	0,27	2,30	1,22	1,00	0,80	0,77	-
Menos N **	1,95	2,06	-	-	-	-	-	-	-	-
Menos P **	-	-	0,07	0,06	-	-	-	-	-	-
Menos K **	-	-	-	-	0,46	0,38	0,82	0,82	0,86	-

* Média de 2 repetições

** 1 repetição.

Tabela 4 - Peso de matéria seca (g/planta) de raiz e parte aérea de duas variedades de arroz, na fase de emborrachamento para início do espigamento, cultivadas em solução nutritiva e com subtração de nutrientes. (27/04/81)

Tratamento	Raiz		Parte aérea	
	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47
Completo *	1,22	1,37	5,75	6,72
- N **	0,58	0,91	2,28	1,73
- P **	1,12	1,72	3,51	3,31
- K **	0,92	0,66	3,26	2,99

* Média de 2 repetições

** 1 repetição

Tabela 5 - Teores percentuais de N, P, K, Ca, Mg e S em várias partes das plantas, no final do ciclo dos dois cultivares

Tratamentos e Partes da Planta	N		P		K		Ca		Mg		S	
	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47	IAC-25	IAC-47
Completo												
Raiz	1,79	1,27	0,49	0,23	2,32	0,89	0,29	0,43	0,23	0,19	0,20	0,27
Colmo	1,86	1,81	0,36	0,23	5,13	2,03	0,27	0,44	0,52	0,50	0,24	0,21
Folhas	2,87	1,89	0,33	0,19	1,56	1,23	1,86	1,87	0,89	1,23	0,21	0,27
Raquis	-	1,30	0,28	0,13	1,53	1,07	0,51	0,22	0,67	0,23	0,23	0,25
Grãos	2,05	1,95	0,41	0,38	0,64	0,54	0,15	0,11	0,25	0,22	0,14	0,17
- N												
Raiz	1,28	0,86	0,31	0,29	-	-	-	-	-	-	0,24	0,21
Colmo	0,72	0,46	0,42	0,79	-	-	-	-	-	-	0,18	0,36
Folhas	1,45	1,01	0,44	1,10	-	-	-	-	-	-	0,09	0,46
Grãos	2,00	0,44	0,36	1,43	-	-	-	-	-	-	0,07	0,17
- P												
Raiz	1,53	1,65	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	0,16	0,18
Colmo	1,62	1,56	0,02	0,03	-	-	-	-	-	-	0,24	0,32
Folhas	2,00	1,16	0,03	0,04	-	-	-	-	-	-	0,28	0,33
Grãos	1,77	1,73	0,08	0,10	-	-	-	-	-	-	0,10	0,14
- K												
Raiz	-	-	-	-	0,18	0,25	0,15	0,18	1,26	1,14	-	-
Colmo	-	-	-	-	0,44	0,66	0,37	1,18	0,38	0,82	-	-
Folhas	-	-	-	-	0,05	0,43	0,38	1,41	0,49	1,50	-	-
Grãos	-	-	-	-	0,45	0,64	0,04	0,15	0,16	0,25	-	-
- S												
Raiz	4,95	1,92	0,27	0,23	-	-	-	-	-	-	0,10	0,08
Colmo	1,54	1,74	0,25	0,32	-	-	-	-	-	-	0,05	0,06
Folhas	5,18	4,87	0,98	0,47	-	-	-	-	-	-	0,13	0,23
Grãos	2,74	1,85	0,33	0,26	-	-	-	-	-	-	0,09	0,13

ciclo, sendo colhidas antes da gramação. As Tabelas 6 e 7 dão a composição mineral das mesmas comparada com a das plantas do tratamento "completo" analisadas em época próxima. Verifica-se aqui também que a deficiência se refletiu negativamente no teor do elemento em todos os órgãos do arroz.

A carência de Ca afetou mais a composição da raiz, do colmo e da panícula que a das folhas no que tange ao nível do mesmo no tecido. O efeito da carência desse macronutriente não aumentou consistentemente os teores de K e de Mg. A deficiência de Mg provocou aumento nos teores de K e Ca nas folhas.

Redutase do nitrato

Os resultados expressos na Tabela 8 mostram uma relação bem expressiva entre o estado nutricional das variedades de arroz IAC 25 e IAC 47 e a atividade da redutase do nitrato, como explicam BANDURSKI (1965) e BEEJERS & RAGEMAN (1969), pois quantitativamente a atividade da redutase do nitrato é maior nas plantas com maiores concentrações de N.

Outro aspecto interessante e que evidencia a validade do estado nutricional do arroz, através da redutase do nitrato, é a relação entre a atividade enzimática (Tabela 8) e produção de grãos (Tabela 2).

Ainda pela Tabela 8, considerando-se como 100% a atividade do enzima no tratamento completo, observa-se que a variedade IAC-25 teve a atividade da RNO_3 decrescida em 46% quando em ausência de nitrogênio, enquanto que a variedade IAC 47 apresentou um decréscimo da atividade da enzima na ordem de 93% mostrando, assim, maior sensibilidade da variedade IAC 47 em responder à aplicação de nitrogênio do que a variedade IAC 25, fato este também revelado pela produção (Tabela 2).

Tabela 6 - Efeitos do tratamento "menos cálcio" nos teores de K, Ca, Mg e B em diferentes partes do arroz, IAC-25 e IAC-47, comparado com o tratamento "completo"

Tratamento	Parte	Nutriente				Teor relativo			
		K (%)	Ca (%)	Mg (%)	B (ppm)	K	Ca	Mg	B
Completo (18/05/81)	IAC-25								
	Raiz	2,26	0,37	0,23	30	25,25	27,20	11,97	26,56
	Colmo	4,36	0,28	0,46	13	48,73	20,58	23,96	11,50
	Folhas	1,76	0,51	1,02	57	19,66	37,52	51,13	50,44
	Paníc.	0,57	0,20	0,21	13	6,36	14,70	10,94	11,50
- Ca (04/05/81)	Raiz	1,61	0,06	0,17	22	17,46	5,76	6,67	19,64
	Colmo	3,40	0,07	0,34	17	36,89	5,88	13,33	15,18
	(1) Folhas	1,38	0,63	1,16	84	14,96	52,29	45,49	30,36
	(2) Folhas	2,06	0,34	0,67	21	22,34	28,57	26,27	18,75
	Paníc.	0,77	0,09	0,21	18	8,35	7,50	8,24	16,07
Completo	IAC-47								
	Raiz	1,23	0,71	0,32	15	19,13	25,82	17,58	16,48
	Colmo	2,64	0,26	0,36	12	41,06	9,45	19,78	13,19
	Folhas	1,64	1,43	0,84	42	25,51	52,00	46,16	46,15
	Paníc.	0,92	0,35	0,30	22	14,30	12,73	16,48	24,18
-Ca	Raiz	1,92	0,07	0,20	17	18,12	10,14	10,20	20,00
	Colmo	4,22	0,06	0,33	18	40,11	8,70	16,84	21,17
	(1) Folhas	1,99	0,39	0,93	32	18,61	56,52	47,45	37,65
	(2) Folhas	2,45	0,17	0,50	18	23,16	24,64	25,51	21,18

(1) Folhas inferiores - (2) Folhas superiores

Tabela 7 - Efeitos do tratamento "menos magnésio" nos teores de K, Ca e Mg em diferentes partes do arroz, IAC-25 e IAC-47, comparado com o tratamento "completo"

Tratamento	Parte	% Nutriente			Teor relativo		
		K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
Completo (18/ 5/81)	IAC-25						
	Raiz	2,26	0,37	0,23	25,25	27,20	11,98
	Colmo	4,36	0,28	0,46	48,72	20,59	23,95
	Folhas	1,76	0,51	1,02	19,66	37,50	53,13
	Paníc.	0,57	0,20	0,21	6,37	14,71	10,94
- Mg (04/05/81)	Raiz	1,91	0,40	0,08	16,51	9,30	15,69
	Colmo	4,01	0,34	0,04	34,66	7,91	7,84
	(1) Folhas	2,29	1,90	0,18	19,79	44,19	35,29
	(2) Folhas	2,29	1,22	0,08	19,79	28,37	15,69
	Paníc.	1,07	0,44	0,13	9,25	10,23	25,49
Completo	IAC-47						
	Raiz	1,23	0,71	0,32	19,13	25,82	17,58
	Colmo	2,64	0,26	0,36	41,06	9,45	19,78
	Folhas	1,64	1,43	0,84	25,50	52,00	46,16
	Paníc.	0,92	0,35	0,30	14,31	12,73	16,48
	Folhas	2,37	1,20	0,23	19,02	38,58	47,92
- Mg	Raiz	2,37	0,50	0,10	19,02	16,08	20,83
	Colmo	4,78	0,37	0,06	38,36	11,90	12,50
	(1) Folhas	2,37	1,20	0,23	19,02	38,58	47,92
	(2) Folhas	2,94	1,04	0,09	23,60	33,44	18,75
(1) Folhas inferiores	-						
	(2) Folhas superiores						

Tabela 8 - Avaliação da atividade da redutase do nitrato em folhas de arroz cultivada em solução nutritiva

Variedade	Tratamentos	ug N-NO ₂ -/g.h ⁻¹	Atividade relativa
IAC-25	Completo	48	100%
	- N	26	54%
IAC-47	Completo	41	100%
	- N	3	7%

*SUMMARY*STUDIES ON THE MINERAL NUTRITION OF THE RICE PLANT.
XII. EFFECTS OF THE DEFICIENCIES OF MACRONUTRIENTS ON
THE VARIETIES IAC-25 AND IAC-47

Rice plants, varieties IAC-25 and IAC-47, were grown in nutrient solution both in the presence and in the absence of macronutrients. Symptoms of deficiency were observed in general agreement with description found in the literature. The deficiency of N affected most dry matter yield among the three major macronutrients, although the effect on grain production was greater when K was omitted. The following levels could be taken as indication of adequate nutrition when leaf samples are analysed at the boot stage (respectively) for var. IAC-25 and IAC-47): N - 4.18% and 3.54%; P - 0.36 and 0.27; K - 2.30 and 2.09; Ca - 1.22 and 1.00; Mg - 0.80 and 0.77; S - 0.24 and 0.18. Leaf nitrate reductase activity at the same physiological period correlated well both with N supply and dry matter production.

Co-autores: estudantes de pós-graduação: A. Flório, A. P. Orellana, A.P. Cruz, A.A. Frenhani, A.T.S. Silva, B.N. Rodrigues, E.M. Paulo, F.A. Oliveira, I.A. Gomes, I.A. Guerrini, J.A. Mazza, J.C.A. Silva, J.C. Sabino, L.S. Corrêa, M.A. Schiavuzzo, N.A. Costa, P.S. Katayama, P.M. Santos, R.A. Arevalo, R.V. Naves, C. Daghljan, W. Amaral.

LITERATURA CITADA

ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos), 1975. In: MALAVOLTA, E. e J.P. ROMERO, *Manual de Adubação*, São Paulo, 279-338.

COQUEIRO, E.P.; CORREA, H.; PEREIRA, J.; FREIRE, A.B., 1972. Adubação N-P-K na cultura do arroz de sequeiro em solos sob vegetação de cerrado. IIa. Reunião Brasileira de Carrados, Sete Lagoras, MG, 0-79-89.

- DINIZ, J.A., 1975. **Comportamento de cultivares de arroz em terras altas, sob regime de irrigação por aspersão, diferentes níveis de adubação nitrogenada - Viçosa, U.F.V. (Tese de Mestrado).**
- FAGERIA, N.K., 1980. Influência da aplicação de fósforo no crescimento, produção e absorção de nutrientes do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 1(4): 26-31.
- ISHIZUKA, Y.; TANAKA, A., 1963. **Studies on the nutriophysiology of the rice plant**, Tokyo yokendo Ltda, 307p.
- KARIM, A.Q.M.B.; VLAMIS, J., 1962. Micronutrient deficiency symptoms of rice grows in nutrient culture solutions. **Plant and soil** 3: 340-360.
- LEITE, N.; GARGANTINI, H.; HUNGRIA, L.S.; IGUE, T., 1970. Efeitos do nitrogênio, fósforo, calcário e micronutrientes em cultura de arroz irrigado no vale do Paraíba. **Bragantia** 25(29): 273-276.
- MALAVOLTA, E., 1978. **Nutrição mineral e adubação do arroz de sequeiro**, Ultrafertil, São Paulo, 36p.
- MALAVOLTA, E., 1980. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 251p.
- MALAVOLTA, E., 1981a. Deficiências de macro e micronutrientes e toxidez de Cl, Mn e Al no arroz (*Oryza sativa* L.). Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Disciplina de Nutrição Mineral de Plantas, E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 14p. (mimeografado).
- MALAVOLTA, E., 1981b. **Determinação da atividade da redutase e nitrato (RNO₃) na função do fornecimento de N-NO₃ para o arroz**, Curso de Pós-Graduação de Solos e Nutrição Mineral de Plantas, Disciplina de Nutrição Mineral de Plantas, E. S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 6p. (mimeografado).
- MIRANDA, H.S.; FREIRE, E.S., 1962. Experiências de adubação do arroz com diversos fertilizantes fosfatados e potássicos. **Bragantia** 33(24): 73-81.

PALANISWAMY, K.M.; GOMEZ, K.A., 1974. Length - width method for estimating leaf area of rice. *Agronomy Journal* **66** (3): 430-433.

PEREIRA, F.E.; VAZQUEZ, A.C., 1964. Sintomas de las deficiências de alguns nutrientes em plantas de arroz cultivadas em solución nutritiva. Ministério de Agricultura Y Ganadería. Costa Rica. *Boletim Técnico* nº 48, 16p.

TANAKA, A; YOSHIDA, 1970. **Nutritional disorders of the rice plant in Asia**, IRRI, Los Baños.