

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ. XXVI
AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL 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

A variedade Dourado Precoce foi cultivada em solução nutritiva completa e com deficiência de macronutrientes. A produção de matéria seca total, avaliada antes do fim do ciclo, não foi diminuída pela carência de Ca, Mg e S. De um modo geral os teores encontrados na matéria seca foram maiores

* 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.

no tratamento completo. Através de diagnose foliar feita no perfilhamento estabeleceram-se níveis adequados e deficientes de macronutrientes. Foi verificado que os testes rápidos no tecido foliar para $N-NO_3^-$, $P-H_2PO_4^-$ e K^+ solúvel dão indicações do estado nutricional. A atividade da redutase de nitrato foliar foi reduzida significativamente pela deficiência de todos os elementos.

INTRODUÇÃO

Avaliar o estado nutricional significa comparar uma amostra da população com plantas tidas como padrão. Consideram-se como "padrão" as plantas que foram cultivadas em condições controladas, sem falta, sem excesso e sem desequilíbrio entre os diferentes macro e micronutrientes. É igualmente válido considerar-se como padrão plantas altamente produtivas cultivadas em condições de campo.

A comparação entre a amostra em estudo ou problema e o padrão pode ser feita de diversos modos detalhados em muitos livros e publicações como, por exemplo, MALAVOLTA (1980, 1981):

1. Diagnose visual - plantas com falta ou excesso de um ou mais elementos mostram anormalidades, particularmente nas folhas as quais são típicas do nutriente considerado, o que permite a identificação;

2. Diagnose foliar - o padrão deve ter todos os elementos na folha em concentração adequada ao crescimento e à produção, o mesmo acontecendo com as relações en-

tre eles; plantas deficientes num dado elemento ou com excesso deverão apresentar teores e relações que se afastam das encontradas nas folhas das plantas tidas como padrão;

3. Testes bioquímicos - os nutrientes da planta fazem parte de compostos essenciais ou estão implicados como cofatores, ativadores ou inibidores de reações enzimáticas ou não, sem as quais a planta não vive ou, no último caso, que devem ser controlados para que a vida vegetal seja possível.

A literatura disponível a respeito da avaliação do estado nutricional do arroz de sequeiro foi revista recentemente (MALAVOLTA & FORNASIERI, 1983, pp. 15-62). Os sintomas provocados por deficiências ou excessos nutricionais não apresentam variação maior de uma variedade para outra. Podem ocorrer, porém, diferenças entre os teores foliares correspondentes a plantas normais ou a plantas com deficiências ou excessos. A informação a respeito dos testes bioquímicos é muito pouca. O presente trabalho representa, pois, uma contribuição à aplicação dos métodos destinados à avaliação do estado nutricional do arroz de sequeiro usando-se a variedade Dourado Precoce.

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 insistentes. Apresenta, entretanto, interesse em programas de melhoramento.

Cultivo

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

Diagnose foliar

Aos 64 dias após germinação foram colhidas 2 repetições de cada tratamento para diagnose foliar. Da planta colhida foram separados a raiz, folhas medianas, demais folhas, colmo + perfilho e panícula, procedendo-se à diagnose foliar de cada órgão separadamente. Foram postos em saco de papel, sendo as raízes lavadas anteriormente com água destilada.

Estes foram secos em estufa a 70-80°C, até peso constante, para determinação do peso da matéria seca. Posteriormente, foram moídos e preparados para análise química, determinando-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn.

Testes rápidos

Quando as plantas já estavam no final do ciclo (113 DAG) procedeu-se os testes rápidos para determinação de $N-NO_3^-$, $P-H_2PO_4^-$ e K^+ presentes na folha mediana, a fim de se avaliar o estado nutricional da planta. U-sou-se a técnica descrita por MALAVOLTA (1983b).

Atividade de redutase do nitrato

Aos 68 dias após a germinação, determinou-se a atividade da redutase de nitrato (RNO_3), trabalhando-se

com um vaso de cada tratamento (MALAVOLTA, 1983c).

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

Sintomas

Nos tratamentos deficientes apresentaram-se sintomas externos típicos que refletiam a situação de falta do elemento nas plantas.

Deficiência de nitrogênio

As plantas -N foram as primeiras a apresentarem sintomas de deficiência, com clorose nas folhas mais velhas. As folhas secaram rapidamente, o perfilhamento foi pequeno e houve morte prematura das plantas.

Deficiência de fósforo

As plantas -P não apresentaram sintomas externos visíveis. Na literatura, os sintomas encontrados para deficiência de fósforo em arroz são: coloração verde escura, postura ereta e reduzido brotamento (TANAKA e YOSHIDA, 1976).

Deficiência de potássio

Os sintomas de deficiência de K encontrados nas plantas -K foram menor desenvolvimento das plantas e secamento das pontas e margens das folhas mais velhas. Esses sintomas aparecem citados por diversos autores: EPSSTEIN (1975), MALAVOLTA (1978), MALAVOLTA & FORNASIERI Fº (1983) e outros.

Deficiência de cálcio

Os sintomas de deficiência de Ca aparecem nas folhas mais novas, que apresentaram manchas cloróticas e secamento das pontas. Esses sintomas estão citados na literatura por TANAKA e YOSHIDA (1976) e MALAVOLTA e FORNASIERI Fº (1983).

Deficiência de magnésio

As plantas -Mg não apresentaram sintomas visíveis. Na literatura os sintomas citados são folhas cerosas e curvadas, e clorose internerval nas folhas mais velhas (TANAKA e YOSHIDA, 1976); (MALAVOLTA E FORNASIERI Fº, 1983).

Deficiência de enxofre

Os sintomas de deficiência apareceram nas folhas mais novas que apresentaram o limbo foliar com coloração amarelada. MALAVOLTA & FORNASIERI F^o (1983) citam que os sintomas de deficiência de S foram: clorose das folhas mais novas e depois em todas.

Crescimento

De maneira geral o crescimento das plantas deficientes foi menor que as plantas do tratamento completo como se pode ver na figura 1. No final do ciclo todos os tratamentos deficientes tinham uma média de altura de plantas mais baixo que a média de altura do tratamento completo, sendo o tratamento mais afetado o tratamento -K, o que pode ser observado também nas fotografias.

Na figura 2 está representado o número de folhas por planta em todos os tratamentos.

A produção de matéria seca dos tratamentos deficientes nos macronutrientes primários também foi afetada, como pode-se ver na tabela 1.

Composição mineral

Na tabela 2 aparecem os teores de macronutrientes, nas diferentes partes das plantas em função dos tratamentos, aos 107 dias após a germinação (DAG). Nota-se que os teores de N, P e K são menores nos tratamentos deficientes correspondentes em relação ao tratamento completo. A tabela 3 sintetiza esse fato. O teor de N no tratamento -N foi próximo ao tratamento completo, apesar dos sintomas de deficiência terem sido visíveis, enquanto que

o -P que não apresentou sintomas visíveis mostrou grande diferença no teor do P em relação ao tratamento completo.

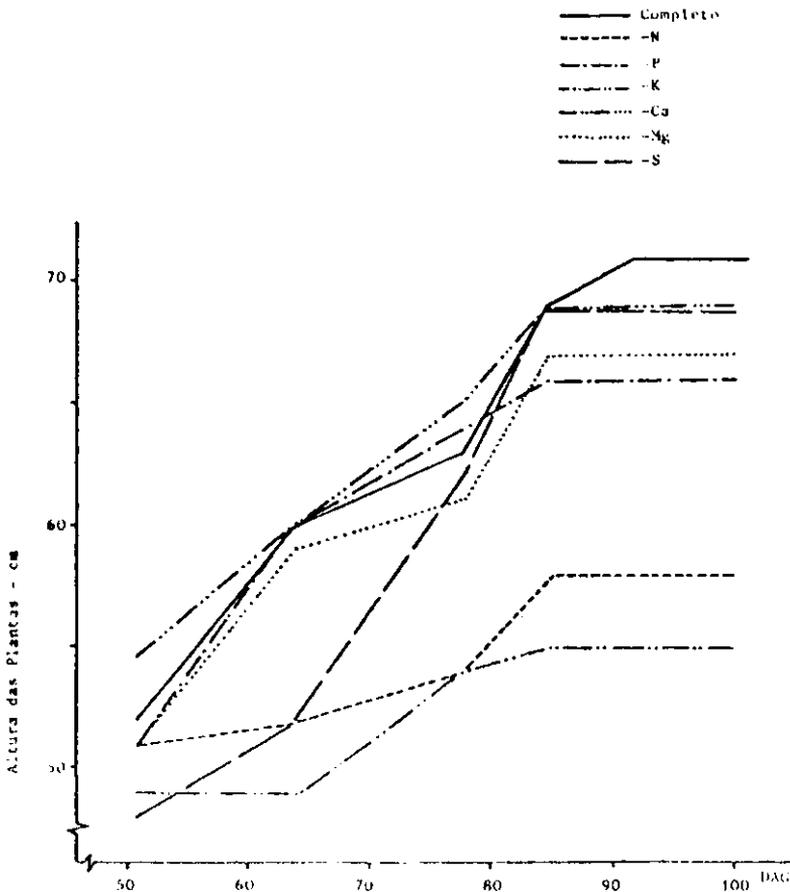


Figura 1. Altura das plantas, nos diferentes tratamentos, durante o ciclo do arroz (*Oriza sativa* L.).

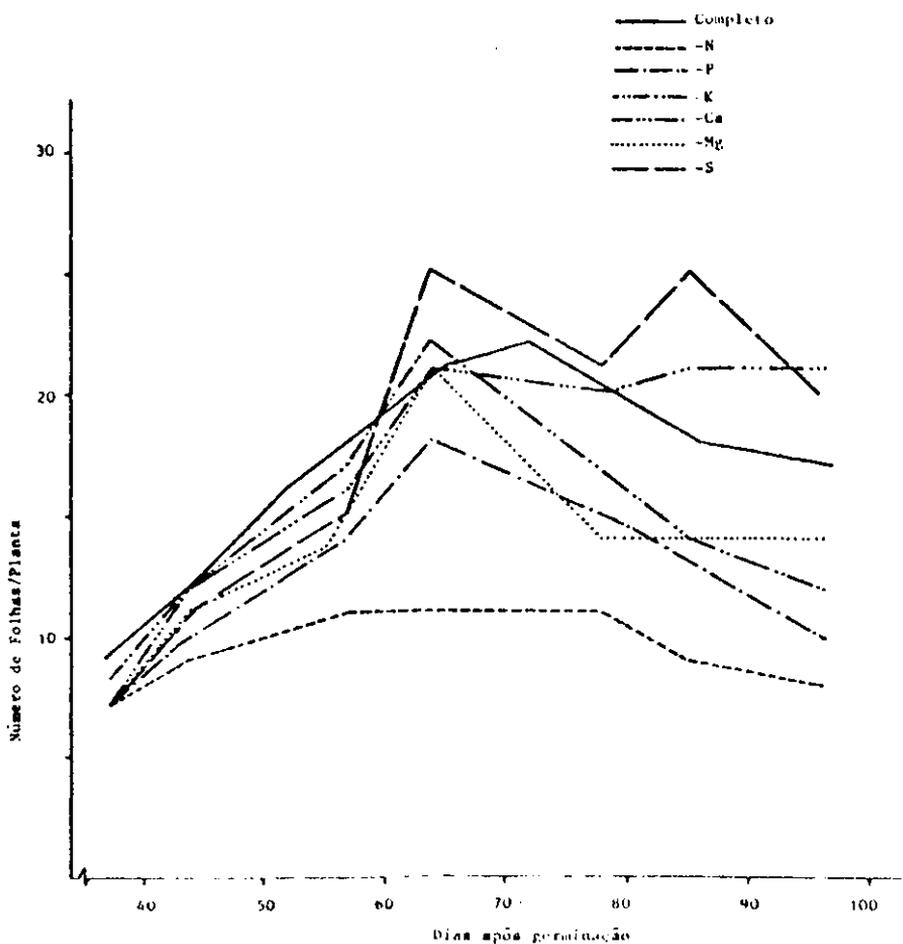


Figura 2. Número de folhas por planta, nos diferentes tratamentos, durante o ciclo do arroz (*Oryza sativa* L.).

Tabela 1. Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca em relação ao tratamento completo, aos 100 DAG.

Tratamento	Teor relativo de matéria seca (completo = 100)					
	Raiz	Colmos	Folhas	Raquis	Grãos	Pl. inteira
- N*	39,0	20,2	41,8	66,6	13,8	27,8
- P	95,1	37,1	78,7	116,6	106,9	69,6
- K	63,4	31,5	108,5	83,3	39,6	57,7
- Ca	135,3	92,7	141,4	233,3	102,9	108,0
- Mg	135,3	87,9	79,4	116,6	134,6	101,7
- S	115,8	93,1	104,2	200,0	123,7	124,1

*Coletado com 107 DAG.

Tabela 2. Teores de macronutrientes, nas diferentes partes da planta, em função dos tratamentos, aos 107 DAG.

Tratamento	Partes da planta	(%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Completo	Raiz	1,85	0,14	1,54	0,26	0,11	0,18
	Colmo+perf.	1,79	0,22	3,16	0,29	0,41	0,20
	Folhas	3,88	0,12	1,42	1,78	0,99	0,27
	Grãos secos	1,78	0,30	0,30	0,11	0,16	0,14
- N	Raiz	1,81	0,05	1,84	0,23	0,07	0,19
	Colmo+perf.	1,46	-	5,51	0,38	0,30	0,24
	Folhas	2,56	2,32	2,75	0,85	0,84	0,28
- P	Raiz	1,55	0,06	1,45	0,12	0,09	0,22
	Colmo+perf.	1,35	0,02	4,82	0,20	0,28	0,25
	Folhas	1,31	0,03	2,07	1,70	0,72	0,27
- K	Raiz	1,58	0,08	0,61	0,12	0,06	0,12
	Colmo+perf.	3,62	0,90	1,07	0,22	0,42	0,24
	Folhas	2,95	0,74	0,61	1,23	1,12	0,31

Tabela 3. Teores relativos de N, P e K no tratamento deficiente correspondente aos 170 DAG.

Partes da planta	(completo = 100)		
	N	P	K
Raiz	97,8	42,8	39,6
Colmo + perfilho	81,6	9,1	33,8
	88,8	25,0	42,9

Esse fato mostra a importância da análise dos tecidos para determinar o estado nutricional da planta.

Na tabela 4 aparece a acumulação de matéria seca nos diversos tratamentos, também aos 107 DAG.

Tabela 4. Efeito dos tratamentos na acumulação de matéria seca nas diferentes partes da planta, aos 107 DAG.

Tratamentos	matéria seca (g)					
	raiz	colmo + perfilhos	folhas	raques	grãos	planta inteira
Completo	1,08	2,93	1,53	0,14	0,94	6,62
- N	0,64	0,95	1,18	0,08	0,28	3,13
- P	1,37	1,68	2,03	0,07	0,25	5,40
- K	1,20	1,08	1,55	-	-	3,83

Diagnose foliar

Para a diagnose foliar colhidos os diversos órgãos da planta de arroz de todos os tratamentos, aos 64 DAG, isto é, na época do perfilhamento, que é indicado na literatura como a mais favorável para esse fim.

O material colhido, porém, foi acidentalmente perdido antes que pudessem ser feitas as análises dos elementos e temos apenas os dados de matéria seca que aparecem nas tabelas 5 e 6. Pode-se notar nos resultados obtidos, que de maneira geral, para todas as partes da planta a quantidade de matéria seca nos tratamentos com deficiência foi menor que no tratamento completo.

Apenas para a folha mediana tem-se a análise dos elementos de amostras obtidos na época do perfilhamento. Os resultados estão nas tabelas 7 e 8. Em todos os tratamentos deficientes, o elemento correspondente aparece com um teor mais baixo do que no tratamento completo, sendo que para o nitrogênio e enxofre essa diferença não foi muito acentuada.

O teor de nitrogênio encontrado para a folha mediana está de acordo com os dados relatados na literatura, em que o teor ideal de nitrogênio nas folhas deve estar por volta de 3,5 - 4,0% (ISHIKUZA e TANAKA, 1962; MALAVOLTA, 1978). Além do tratamento -N, os tratamentos -P e -Mg também apresentaram menor teor de nitrogênio.

Na literatura os níveis críticos para fósforo variam de 0,1 a 0,25% de P nas folhas (HONYA, 1961; TANAKA e YOSHIDA, 1976; SMITH e SANCHES, 1980). Os resultados encontrados portanto estão concordantes com os obtidos por outros autores. O teor de fósforo no tratamento -P está bem abaixo do teor no tratamento completo, podendo-se dizer que a folha mediana é um bom órgão indicador de deficiência de fósforo.

Tabela 5. Produção de matéria seca (g) das diferentes partes da planta por ocasião da diagnose foliar (64 DAG).

Tratamento	Matéria seca (g)					
	Raiz	Colmos	Folhas	folha mediana	Panícula	Planta inteira
Completo	0,51	1,09	0,67	0,36	0,15	2,78
- N	0,30	0,41	0,45	0,20	-	1,57
- P	0,67	0,93	0,50	0,33	0,16	2,60
- K	0,31	0,54	0,64	0,16	0,06	1,70
- Ca	0,34	1,02	0,69	0,23	0,14	2,43
- Mg	0,54	0,88	0,51	0,28	0,17	2,39
- S	0,49	0,56	0,31	0,32	0,03	1,71

Tabela 6. Matéria seca em porcentagem, em relação ao tratamento completo, por ocasião da diagnose foliar (64 DAG).

Tratamento	% matéria seca					
	Raiz	Colmos	Folhas	Folha mediana	Panícula	Planta inteira
Completo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
- N	58,9	37,6	68,2	56,1	-	56,6
- P	130,8	85,1	75,3	93,1	112,2	93,6
- K	61,5	49,0	95,5	43,6	38,8	61,3
- Ca	66,4	93,6	103,4	64,4	98,6	87,4
- Mg	105,8	80,8	76,8	78,3	113,6	85,9
- S	96,7	50,9	46,5	88,1	20,4	61,5

Tabela 7. Teores de macro e micronutrientes, em % e ppm respectivamente, nos diferentes tratamentos, na folha mediana.

Tratamento	%											(ppm)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn						
Completo	3,20	0,30	2,66	1,09	0,75	0,27	22,5	156,0	219,0	36,0						
- N	2,60	0,31	3,57	0,60	0,99	0,38	16,5	156,0	238,0	38,0						
- P	1,36	0,09	2,14	1,32	0,68	0,33	22,5	201,5	315,0	27,0						
- K	3,26	0,49	0,34	1,15	1,00	0,39	24,0	215,0	204,5	34,0						
- Ca	3,23	0,52	1,89	0,71	0,86	0,53	22,5	319,0	222,0	22,0						
- Mg	3,09	0,32	2,49	1,58	0,23	0,27	21,5	140,5	284,0	28,5						
- S	3,25	0,29	2,44	1,38	0,88	0,24	24,0	135,0	247,0	57,5						

Tabela 8. Porcentagem dos macro e micronutrientes nos tratamentos com deficiências em relação ao tratamento completo, na folha mediana.

Tratamento	%							(ppm)			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
Completo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
- N	81,2	103,2	134,2	55,0	132,0	140,7	73,3	100,0	108,7	105,5	
- P	42,5	30,0	80,4	121,1	90,6	122,2	100,0	129,2	143,8	75,5	
- K	101,9	163,3	12,8	105,5	133,3	144,4	106,6	137,8	93,4	94,4	
- Ca	100,9	173,3	71,0	65,1	146,6	196,3	100,0	204,5	101,3	61,1	
- Mg	96,5	106,6	93,6	1,4	30,6	100,0	95,5	89,7	129,6	79,2	
- S	101,5	96,6	91,7	1,2	117,3	88,8	106,6	86,5	112,7	159,7	

Quanto ao potássio, TRANI *et alii* (1983) estabeleceram um nível crítico de 2% de K para o arroz. Os resultados encontrados nesse trabalho mostraram para o tratamento completo um teor de K acima deste e para o tratamento -K um teor bem abaixo. A folha mediana se mostrou eficaz para identificar deficiência desse elemento.

O teor de cálcio, no tratamento -Ca, foi maior do que o nível crítico encontrado por MALAVOLTA *et alii* (1982) que consideraram o nível crítico para folha mediana, em condições de solução nutritiva 0,15%. De qualquer forma houve diferença notável no teor de Ca entre os tratamentos completos e -Ca, e mesmo com sintomas visíveis nas folhas, as plantas deficientes completaram o ciclo. O teor de Ca foi baixo no tratamento -N.

O teor de Mg no tratamento -Mg esteve próximo no nível crítico de Mg nas folhas encontrado na literatura (TANAKA e YOSHIDA, 1976 e TRANI *et alii*, 1983). O teor de Mg também foi baixo no tratamento -P.

O teor de S obtido no tratamento -S, foi maior que o teor relatado na literatura como deficiente (BLAIR *et alii*, 1978). E não houve diferença acentuada entre o tratamento completo e o tratamento deficiente como apareceram sintomas visuais de deficiência, é provável que a folha mediana não seja o órgão mais indicado para detectar a deficiência de S.

Comparando-se os teores encontrados com os citados na literatura não se constatou deficiência de Cu, Fe, Zn e Mn.

O menor ou maior teor de alguns elementos em tratamentos deficientes não correspondentes ao elemento pode ser devido à interação entre os elementos na absorção ou metabolismo da planta.

Teste rápido

Para o teste rápido foi utilizado o limbo foliar, que é o órgão geralmente usado nesses testes. As concentrações adquiridas para o arroz, segundo MALAVOLTA (1980) são de 125 ppm para nitrogênio, 50 ppm para fósforo e 0,50% para potássio. Os resultados obtidos no presente trabalho estão na tabela 9.

Tabela 9. Teores de N, P e K, obtidos no teste rápido nos tratamentos completo, -P e -K.

Tratamentos	N (ppm)	P (ppm)	K (%)
Completo	30 a 100	200	0,25
- P	-	15	-
- K	-	-	0,25

O teste rápido para o tratamento -N não foi realizado porque as plantas já tinham sido colhidas.

Em relação aos tratamentos -P e -K nota-se que esse teste dá uma idéia grosseira do estado nutricional da cultura. No caso do fósforo houve diferença entre os teores do tratamento completo e do tratamento deficiente; para o potássio porém, não houve diferença entre plantas deficientes e não deficientes. Esse fato pode ser devido ao teste ter sido realizado no final do ciclo da cultura.

Teste bioquímico

A atividade da redutase de nitrato foi diminuída nas plantas com deficiência mineral, como mostra a tabela 10.

Tabela 10. Atividade da redutase de nitrato na folha mediana da variedade Dourado Precoce, no final da cultura, em todos os tratamentos.

Tratamento	ug N-NO ₂ /g.h
Completo	9,04a
- N	4,29bc
- P	6,19b
- K	4,29bc
- Ca	2,62c
- Mg	4,58bc
- S	4,76bc

F = 21,66**

C.V. = 25,75%

D.M.S. = 2,67

Em todos os tratamentos deficientes houve uma redução na atividade da enzima redutase de nitrato em comparação com o tratamento completo. Esses resultados concordam com os citados na literatura (JONES *et alii*, 1977).

O tratamento -Ca provocou a maior redução na atividade da enzima enquanto que o tratamento -P provocou a menor redução.

A redutase de nitrato está diretamente relacionada com o metabolismo do N, e também com a presença do molibdênio. A redução de sua atividade em todos os tratamentos deficientes mostra um desequilíbrio nutricional geral mesmo na falta de apenas um elemento, provavelmente devido à interações que existem entre eles.

SUMMARY

STUDIES ON THE MINERAL NUTRITION OF RICE. XXVI. EVALUATION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF VARIETY DOURADO PRECOCE

Rice plants were grown in nutrient solution complete and with deficiency of macronutrients. Total dry matter production weighed in the end of the cycle was not affected by the deficiencies of Ca, Mg, and S. As a rule plants grown in complete nutrient solution had higher concentration of the macronutrients in their dry matter. Leaf analysis conducted at tillering allowed the establishment of both adequate and deficient levels of all macronutrients. Quick tissue tests provide a rough estimate of the nutritional status. Foliar nitrate reductase activity was significantly lowered by the deficiencies.

LITERATURA CITADA

- BLAIR, G.I.; MAMARIL, C.P. & MAMUAT, P.E., 1978. Sulfur nutrition of wetland rice. IRRI. Res. Serie (21):1-29.
- EPSTEIN, E., 1975. Nutrição mineral das plantas. Princípios e perspectivas. Tradução e notas de E. MALAVOLTA. Livro técnico e Científico. Rio de Janeiro. 341 p.
- HONYA, K., 1961. Studies on the improvement of rice plant cultivations in volcanic ash paddy field in Tokokn district. Tokokn Agric. Exp. Sta. Bull., 21: 1-143.
- ISHIZUKA, Y. & TANAKA, A., 1962. Studies on the nutrition physiology of the rice plant. Tokyo Yokendo Ltda., 307 p.
- JONES, R.W. & SHEARD, R.W., 1977. Differential effect of irradiance and nutrient on relationship of in vivo and in vitro nitrate reductase assay in chlorophyllous tissues. Plant Physiology 59(4)535-539.
- 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. & FORNASIERI Fº, E., 1983. Nutrição mineral da cultura do arroz. Simpósio sobre a cultura do arroz de sequeiro. maio, 15-62, Jaboticabal.
- MALAVOLTA, E., 1983a. Nutrição mineral comparada de três variedades de arroz. Mimeo. Piracicaba.

- MALAVOLTA, E., 1983b. Testes rápidos em tecido vegetal. Mimeo. Piracicaba.
- MALAVOLTA, E., 1983c. Determinação da atividade da redutase de nitrato. Mimeo. Piracicaba.
- SMITH, T.J. & SANCHEZ, P.A., 1980. Níveis críticos de fósforo para arroz de sequeiro em um latossolo dos cerrados. **R. bras. Ci. Solo**, 4(2):88-92.
- TANAKA, A. & YOSHIDA, S., 1976. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. The Internacional Rice Research Institute. Second Printing, Manila, 51 p.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C., 1983. Análise foliar; amostragem e interpretação. Campinas. Fundação Cargill, 18 p.