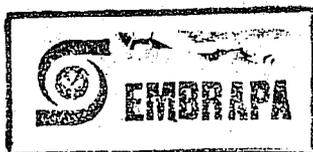




EMBRAPA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA – ARROZ, FEIJÃO



IDENTIFICAÇÃO DE DISTÚRBIOS NUTRICIONAIS DO ARROZ E SUA CORREÇÃO



EMBRAPA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA – ARROZ, FEIJÃO



IDENTIFICAÇÃO DE DISTÚRBIOS NUTRICIONAIS DO ARROZ E SUA CORREÇÃO

IVAND KUMAR FAGÉRIA

VINCULADO AO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA

ÍNDICE

<i>Título</i>	<i>Página</i>
1. <i>Apresentação</i>	5
2. <i>Introdução</i>	7
3. <i>Métodos Experimentais</i>	7
4. <i>Descrição dos Sintomas</i>	9
5. <i>Análise das Plantas para Identificação do Estado Nutricional</i>	12
6. <i>Prevenção e Correção de Deficiências Nutricionais</i>	17
7. <i>Sumário</i>	18
8. <i>Legenda das Figuras</i>	19
9. <i>Referências</i>	20
10. <i>Summary</i>	21
11. <i>Índice das Figuras</i>	22

IDENTIFICAÇÃO DE DISTÚRBIOS NUTRICIONAIS DO ARROZ E SUA CORREÇÃO¹ Nand Kumar Fageria²

APRESENTAÇÃO

A utilidade prática deste boletim está no seu uso como instrumento de controle da nutrição da cultura do arroz. Apresentam-se informações visuais e descritivas, que podem ser usadas como meio para identificação ou verificação de sintomas de deficiências nutricionais da cultura de arroz, de forma que a deficiência ou desequilíbrio na cultura atual ou futura possam ser corrigidos.

Além disso, pretende-se explicar o procedimento a ser adotado na análise das plantas para identificação do estado nutricional (incluindo apresentação de uma escala de concentração dos nutrientes em quatro níveis: deficiência, crítica, suficiente e excesso), cujos resultados poderão:

- servir de guia na locação dos experimentos, para estudar respostas a fertilizantes;
- auxiliar a avaliação da efetividade de diferentes tratamentos de fertilizantes; e
- ser utilizados como um auxiliar na manutenção de fertilizantes do solo e como instrumento para o diagnóstico das deficiências e excesso de nutrientes na cultura do arroz.

¹ Trabalho realizado no ano agrícola 75/76.

² Pesquisador Ph. D, do Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão - BR-153, km 4 - Goiânia, Goiás

INTRODUÇÃO

Além do carbono, hidrogênio e oxigênio, os elementos da planta podem ser divididos em macro e micro nutrientes. Os macro elementos, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são necessários em maior quantidade que os micro elementos (ou traços) tais como cobre, zinco, boro, cloro, molibdênio, manganês e ferro. Por definição, todos os elementos são igualmente essenciais e a falta de um deles causa deficiência desse elemento nas células da planta e provoca distúrbios em seu metabolismo. Eventualmente, essas perturbações metabólicas manifestam-se no desenvolvimento de sintomas visíveis tais como crescimento atrofiado, amarelecimento ou avermelhamento das folhas, ou outras anormalidades. Tais anormalidades causadas pela deficiência de um dos elementos essenciais ou toxidês causada por alto índice de um dos ions ou elemento, no crescimento médio, são conhecidas como distúrbios nutricionais.

O uso de sintomas foliares por área de conhecimento em agricultura tem provado ser um auxílio valioso no diagnóstico de distúrbios nutricionais em muitas culturas (Wallace 1951, Sprague 1964). Entretanto, a descrição e fotografias a cores dos sintomas visuais de distúrbios nutricionais em arroz são limitadas (Tanaka e Yoshida 1975).

Assim sendo, descrição e fotografias a cores são fornecidas nesse boletim com o objetivo de auxiliar os pesquisadores e extensionistas a identificarem esses problemas.

É fornecida também a descrição da análise da planta como auxílio no diagnóstico tanto das deficiências quanto dos excessos nutricionais.

MÉTODOS EXPERIMENTAIS

A variedade de arroz (*Oryza sativa* L.) IAC 1246 foi usada na presente pesquisa como planta teste. As sementes foram germinadas em areia pura, usando-se bandejas plásticas de 30x45x8 cm. Quando as plantas atingiram a idade de 8 a 10 dias, as plântulas foram colocadas nos buracos de um disco e mantidas na posição com algodão. Estes discos foram, então, colocados em vasos plásticos contendo 7,5 litros de solução nutriente. A composição da solução nutriente é dada no Quadro 1.

QUADRO 1. Composição da solução nutriente

Reagente (Grau AR)	Elemento	Concentração dos elementos na solução nutriente	
		ppm	μM = micromole
NH ₄ NO ₃	N	40	2840,0
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	P	4	128,0
K ₂ SO ₄	K	40	1.024,0
CaCl ₂	Ca	40	1.000,0
MgSO ₄ .7H ₂ O	Mg	40	1.640,0
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	Mo	0,05	0,5
MnCl ₂ .2.4H ₂ O	Mn	0,5	9,0
H ₃ BO ₃	B	0,2	18,5
ZnSO ₄ .7H ₂ O	Zn	0,01	0,15
CuSO ₄ .5H ₂ O	Cu	0,01	0,16
FeCl ₃ .6H ₂ O	Fe	2	36,0

Tratamentos

Os tratamentos compõem-se de grupos deficientes, controle de N, P, K, Ca, Mg (Grupo A, macro nutrientes da planta), Zn, Fe, Mn (Grupo B, micro nutriente da planta) e grupo toxidês, controle de Al.

Para todos os nutrientes mais importantes (Grupo A), as plantas cresceram em solução nutriente completa, por duas semanas. Depois de duas semanas, o suprimento do nutriente em estudo de deficiência foi cortado. No caso de micro nutrientes (Grupo B), as plantas foram transferidas diretamente da areia para o grupo deficiente. O pH da solução foi ajustado a $5,5 \pm 0,2$ com NHCL 0,1 N ou NaOH 0,1 N a cada dois dias. A solução nutriente foi preparada em água destilada e trocada uma vez por semana.

Foram montados dois experimentos em épocas distintas, tendo cada experimento duas repetições. Os tratamentos que mostravam sintomas mais representativos de um distúrbio nutricional particular foram fotografados, conforme mostram as Fig. 1 a 26.

DESCRIÇÃO DOS SINTOMAS

Deficiência de Nitrogênio

Plantas com deficiência de nitrogênio geralmente têm uma aparência amarelada, com crescimento atrofiado e brotos pequenos.

Como o nitrogênio é um elemento móvel, as folhas mais baixas apresentam efeito mais intenso da deficiência. As folhas mais velhas tornam-se de um verde relativamente mais claro que progride para um amarelo intenso, enquanto toda a planta se torna verde clara. A lâmina da folha mais baixa então morre da ponta para a base, ficando o tecido morto com coloração marron chocolate (Fig. 1 a 3).

Em nutricultura, a deficiência de nitrogênio resulta em maior crescimento da raiz do que da parte aérea, causado pela mudança em competição posicional para os carboidratos disponíveis.

Deficiência de Fósforo

Um suprimento inadequado de fósforo causa um atrofiamento severo nas plantas novas, estágio em que é requerido um alto índice de fósforo. A deficiência de fósforo reduz o perfilhamento. Os sintomas da deficiência aparecem nas folhas mais velhas, como uma coloração bronze nas pontas, como mostram as Fig. 4 a 6. As pontas das folhas tornam-se amarelo alaranjadas, depois amarelo claras e, eventualmente, cor de palha claro e, então, murcham e morrem. Há pouco ou nenhum padrão internervular, já que o sintoma de deficiência progride da ponta para a base e sucessivamente para as folhas superiores da planta. As folhas mais velhas secam completamente até o caule. Na medida em que o sintoma progride na folha, um tecido marron se desenvolve das pontas para a base das folhas mais velhas e é geralmente mais severo de um lado da folha. As folhas mais novas são verdes mais escuras do que nas plantas normais (Fig. 4 a 6).

Em cultura em solução nutriente, a deficiência de fósforo resulta num maior crescimento relativo da raiz que da parte aérea.

Deficiência de Potássio

A deficiência de potássio resulta no atrofiamento das plantas durante o estágio de crescimento vegetativo. Os sintomas aparecem primeiro como clorose branca nas pontas das folhas mais velhas e progride através das margens à pequena

distância da ponta. Na medida em que o estágio de deficiência avança, o tecido torna-se marron e necrótico na ponta e progride pela margem da folha, desenvolvendo-se mais na metade da folha. O tecido morre e as margens enrolam-se para cima. O tecido não afetado é verde escuro e as folhas são mais eretas. As folhas mais novas têm tecido internervural clorótico branco nas pontas, com bases verde escuras (Fig. 7 e 8).

Deficiência de Cálcio

A planta desenvolve margens gelatinosas próximo da base das folhas emergentes. O tecido tem uma aparência branca transparente. As folhas terminais morrem na medida em que a deficiência continua, causando severo atrofiamento das plantas por causa do terminal morto. Na medida em que a deficiência persiste, as folhas mais velhas desenvolvem uma necrose marrom avermelhada nas nervuras. As folhas mais novas têm uma necrose marron próximo das pontas (Fig. 9 a 11).

O crescimento da raiz é muito restrito.

Deficiência de Magnésio

As folhas mais velhas desenvolvem uma necrose internervural com aparência de ferrugem. A necrose internervural marron avermelhada aparece nas pontas e margens das folhas mais velhas. Os sintomas progridem pela planta acima, nas folhas mais novas. Em estágios posteriores, as folhas se enrolam fortemente, fazendo com que a planta pareça fortemente afetada pela seca (Fig. 12 e 13).

Deficiência de Ferro

O primeiro sintoma de deficiência de ferro notado é uma forte clorose internervural das lâminas das folhas mais novas (Fig. 14 a 16).

As nervuras das folhas estendem-se da ponta à base. Na medida em que a deficiência continua, as nervuras se reduzem a uma linha fina e, finalmente, desaparecem na medida em que as folhas se tornam totalmente amareladas.

Deficiência de Manganês

As lâminas das folhas mais novas desenvolvem clorose internervural.

Foram observadas linhas interneurais amareladas, mais ou menos da mesma largura. Na medida em que a deficiência progride, o tecido internervural torna-se necrótico com coloração transparente e marrom (Fig. 17 a 20).

Deficiência de Zinco

O primeiro sintoma observado é uma coloração verde esbranquiçada que se desenvolve no tecido, na base da folha, de cada lado da nervura central e estende-se até a metade em direção à ponta. A lâmina da folha tem um alargamento proeminente na zona de clorose. Na medida em que a folha se torna mais velha, o tecido clorótico adquire coloração ferruginosa que se estende da base até a metade da lâmina, ficando a metade superior normal. As margens da folha são geralmente verdes na área da coloração ferruginosa (Fig. 21 e 22).

Estágios posteriores da expressão de deficiência de zinco são de marcante coloração marrom-ferrugem do tecido de cada lado da nervura das folhas adultas. As folhas mais altas em desenvolvimento têm tecido clorótico branco que se torna marrom-ferrugem. O crescimento da planta é atrofiado pela deficiência e as folhas de cor ferrugem são proeminentes em estágios posteriores.

Toxidês de Alumínio

As folhas adultas desenvolvem necrose internervural branca na metade superior que logo muda para tecido necrótico marrom-ferrugem. Na medida em que a toxidês se intensifica, o tecido afetado morre (Fig. 23 a 25).

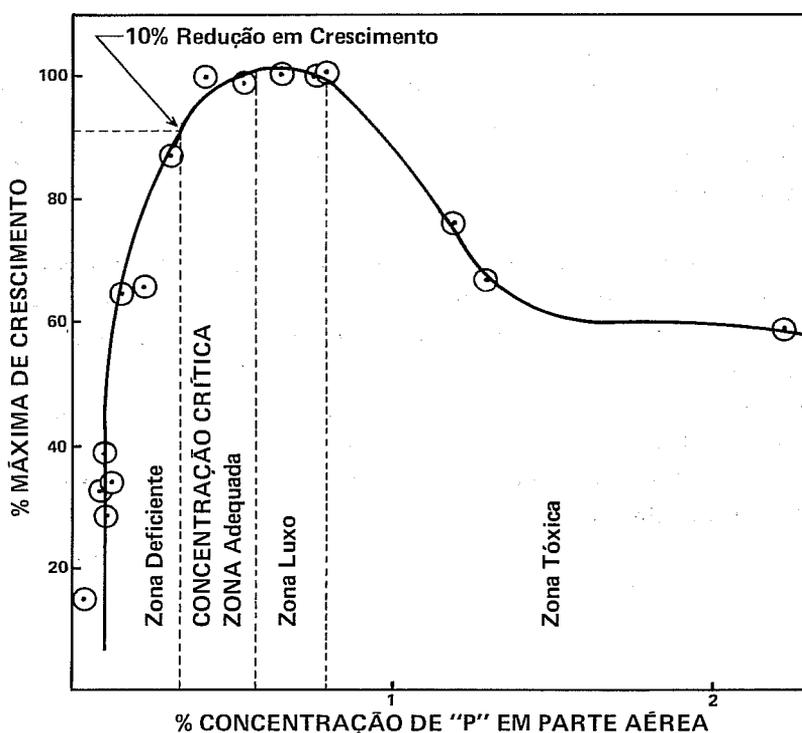
O desenvolvimento da planta é atrofiado tanto na parte aérea quanto na raiz. A planta apresenta influência maior nas folhas mais velhas que geralmente morrem a partir da ponta (Fig. 23 a 25).

ANÁLISE DAS PLANTAS PARA IDENTIFICAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

O diagnóstico de distúrbios nutricionais nas plantas é melhor realizado usando-se uma combinação de análise da planta e determinação visual. Assim sendo, valores para concentrações deficientes, críticas, adequadas, excessivas ou tóxicas dos vários elementos da planta do arroz são dados no Quadro 2.

A relação entre concentração nutriente e crescimento está ilustra na Fig. 27.

Fig. 27. Relação entre percentagem de fósforo na parte aérea do arroz e crescimento, aos 75 dias de idade (Fagéria 1976)



As escalas de concentração estão divididas em categorias relacionadas com respostas específicas do crescimento da planta. A zona deficiente corresponde à concentração que, nas plantas, resultará no desenvolvimento de sintomas de deficiência. A escala crítica corresponde àquela em que se esperam aumentos na produção pe-

lo aumento do suprimento de nutrientes sem observar sintomas visuais de deficiência. A zona adequada é a escala de concentração de nutrientes que resulta num crescimento ótimo da planta. A zona de magnificiência é aquela em que os nutrientes são excessivos, mas que não interferem nos processos metabólicos normais. A zona tóxica é a escala de concentração em que os nutrientes são excessivos e interferem no processo metabólico, causando redução do crescimento ou sintomas de toxidês.

O número de amostras, a serem coletadas, durante o período de crescimento, dependerá grandemente da razão de amostragem.

Amostragem

Problemas Nutricionais. Fazer amostragem das plantas assim que o problema aparecer ou for observado.

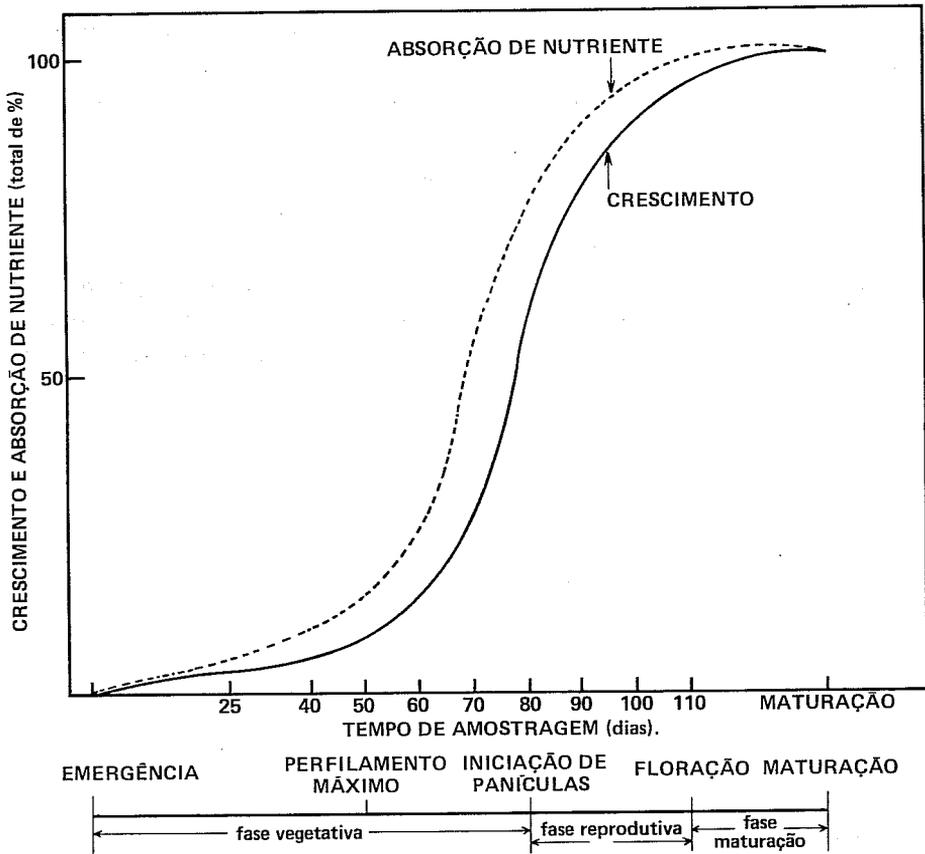
Se a amostragem é para identificação do problema, é necessária uma única amostragem. Nos estágios iniciais do crescimento (menos de 30 cm de altura), toda a parte acima do solo pode ser amostrada para análise. Nos estágios posteriores do crescimento, as quatro folhas superiores mais adultas devem ser selecionadas. Não se recomenda amostragem após o espigamento.

Estudo de Absorção de Nutrientes. A amostragem para a elaboração de curvas de absorção de nutrientes requer, frequentemente, que toda a planta seja tomada como amostra. Da emergência ao perfilhamento máximo, as amostras podem ser retiradas com intervalo de, aproximadamente, duas semanas. Entre o perfilhamento máximo e o espigamento, a amostragem deve ser feita com intervalos de uma semana a 10 dias, devido ao rápido crescimento e absorção de nutriente.

Após o espigamento, uma amostragem final na maturidade fornecerá os dados totais de absorção.

O padrão de amostragem relacionado com o desenvolvimento da planta está ilustrado na Fig. 28

Fig. 28. Crescimento e forma de absorção de nutriente em relação a idade e desenvolvimento da planta de arroz



Pesquisa de Nutriente. Fazer a amostragem no estágio de desenvolvimento imediatamente anterior ao espigamento.

A amostra deve ser tirada das quatro folhas superiores mais desenvolvidas. Combinar as folhas de 30 a 50 plantas como uma amostra composta representativa da área.

Preparação de Amostra de Plantas para Análise

A amostra de plantas coletadas no campo pode ser colocada em sacos de papel comuns de tamanho conveniente e levada ao laboratório para ser processada a análise logo que possível. Não colocar as amostras em sacos de plástico.

As amostras recebidas no laboratório devem ser colocadas diretamente num forno de ventilação forçada, mantido a 70 - 80°C. Normalmente, 48 a 72 horas são suficientes para a secagem. O material empoeirado deve ser lavado em água ou em solução ácida diluída (H Cl 0,2 N), antes da secagem no forno.

Após a secagem do material, a amostra completa é moída num moedor Wiley e passada numa peneira de malha 20. Depois de moído, o material pode ser guardado em pequenos vidros. Com esse procedimento, a amostra pode ser guardada por quatro ou cinco anos, sem mudança significativa em sua composição mineral.

QUADRO 2. Conteúdo deficientes, críticos, adequados e tóxicos dos vários elementos da planta do arroz

Elementos	Parte da Planta	Estágio de crescimento	Escala Nutricional ^a			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Excesso/Tóxico
N	Folha	Diferenciação da panícula	< 1,8%	1,8 – 2,6%	2,6 – 4,2%	—
P	Toda parte superior	75 dias de idade	< 0,15%	0,15 – 0,25%	0,25 – 0,48%	> 0,8 – 1%
K	Toda parte superior	75 dias de idade	< 1%	1,0 – 1,5%	1,5 – 4%	> 5%
Ca	Toda parte superior	100 dias de idade	< 0,2%	0,2 – 0,25%	0,25 – 0,4%	> 0,65%
Mg	Toda parte superior	100 dias de idade	< 0,12%	0,12 – 0,17%	0,17 – 0,3%	> 0,3%
S	Folha	Perfilhamento	< 0,1%	0,1 – 0,2%	0,2 – 0,6%	> 0,6%
Fe	Toda parte superior	Perfilhamento	< 50 ppm	50 – 70 ppm	70 – 300 ppm	> 300 ppm
Zn	Toda parte superior	Perfilhamento	< 10 ppm	10 – 20 ppm	20 – 150 ppm	> 500 ppm
Mn	Toda parte superior	Perfilhamento	< 20 ppm	20 – 30 ppm	30 – 600 ppm	> 1000 ppm
B	Folha adulta superior	Perfilhamento	< 15 ppm	15 – 20 ppm	20 – 100 ppm	> 200 ppm
Cu	Folha adulta	Perfilhamento	< 4 ppm	4 – 5 ppm	5 – 20 ppm	> 20 ppm
Mo	Folha adulta	Perfilhamento	< 0,1 ppm	0,1 – 0,5 ppm	0,5 – 2 ppm	—
Al	Toda parte superior	Perfilhamento	—	—	—	> 300 ppm

^a Para escalas mais específicas e valores de concentração, veja Chapman (1964), Fagerlin (1976), Jones (1967) e Mikkelsen e Hunziker (1971)

PREVENÇÃO E CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

Nutrientes Fundamentais

A análise do solo é um instrumento útil na prevenção de deficiências nutricionais.

Testes de solo fornecem informações sobre o nível de nutrientes do solo e sobre o calcário e fertilizantes necessários para o objetivo de produção do fazendeiro. Assim, com essa informação, podem ser feitas recomendações específicas para os níveis de fósforo, potássio e calcário para o campo representado pela amostra.

Se não for feita a análise de solo, as recomendações gerais sobre fertilizantes são dadas no Quadro 3.

QUADRO 3. Recomendações de nitrogênio, fósforo e potássio para arroz disequeiro e irrigado

Cultura	N	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O
Sequeiro	60	50	30
Irrigado	80	100	60

Micro-Nutriente

A disponibilidade de micro-nutrientes no solo é influenciada pela reação e tipo de solo. Aplicações foliares são um meio de correção de deficiência evidente, enquanto a planta está crescendo. Aplicar o número necessário de litros por hectare para molhar completamente as folhas. Acrescentar um adesivo espalhante à solução para assegurar uniformidade no molhar.

QUADRO 4. Aplicação foliar e no solo, de micro-nutrientes

Nutriente	Material e análise aproximada	Aplicação no solo kg/ha	Aplicação foliar kg/500 lts. de água
Boro	Borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – 10,6%B)	10–15	1–2
Cobre	Sulfato de Cobre $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 25,5%Cu)	20–25	1 – 2
Ferro	Sulfato Ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 20% Fe)	–	8–10
	Quelato de ferro (9 – 12% Fe)	20–25	5
Manganês	Sulfato de Manganês $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) – 26,6%Mn)	15	1–2
Molibdênio	Molibdato de amônio ($\text{NH}_4\text{O}_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 54% Mo)	0,5 – 1	0,25 – 0,5
Zinco	Sulfato de Zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 23% Zn)	20 – 40	1 – 2

SUMÁRIO

Os sintomas foliares da deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e toxidês de alumínio na variedade de arroz IAC 1246 são descritos e ilustrados. Os sintomas descritos são aqueles desenvolvidos em solução nutriente em casa de vegetação. São discutidas análises das plantas para identificação da situação nutricional, assim como prevenção e correção de deficiências nutricionais.

IDENTIFICAÇÃO DE DISTÚRBIOS NUTRICIONAIS DO ARROZ E SUA CORREÇÃO

LEGENDA DAS FIGURAS

- Fig. 27. Relação entre percentagem de fósforo na parte aérea do arroz e crescimento, aos 75 dias de idade (Fagéria 1976)
- Fig. 28. Crescimento e forma de absorção de nutrientes em relação a idade e desenvolvimento da planta de arroz.

REFERÊNCIAS

- Chapman, H. D. 1964. Foliar Sampling for determining the nutrient status of crops. *Word crops* 16:35–36.
- Fagéria, N. K. 1976. Critical P K Ca, and Mg contents in the tops of rice and peanut plants. *Plant and Soil* 45 (In Press).
- Jones, J. B. Jr. 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. P. 49–508. M. G. W. Hardy (ed.) *Soil testing and plant analysis, part II*. SSSA Spec. Pub. no.2, Madison, Wisconsin.
- Mikkelsen, D. S. & Hunziker, R. R. 1971. A plant analysis survey of California rice. *Agrichem.* 14:18–22.
- Sprague, H. B. 1964. *Hunger signs in crops*. 3rd ed. David McKay Company, New York.
- Tanaka, A. & Yoshida, S. 1975. Nutricional disorders of the rice plant in Asia. The Inter. Rice Research Inst. (IRRI). Tech Bull 10.
- Wallace. T. 1961. *The diagnosis of mineral deficiencies in plants. (A color atlas and guides)*. 3rd ed. H. M. Stationary office, London.

SUMMARY

Foliar symptoms of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium magnesium, iron, manganese and zinc deficiency and aluminium toxicity in rice variety IAC 1246 are described and illustrated. The symptoms described are those developed in nutrient solution in green house.

Plant analysis to identifying the nutrient status, plants and prevention and correction of nutrient deficiencies are discussed.

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figs. 1 e 2	– Deficiência de Nitrogênio
Fig. 3	– Plantas normais e deficientes de Nitrogênio
Figs. 4 – 6	– Deficiência de Fósforo
Figs. 7 e 8	– Deficiência de Potássio
Figs. 9 a 11	– Deficiência de Cálcio
Figs. 12 e 13	– Deficiência de Magnésio
Figs. 14 – 16	– Deficiência de Ferro
Figs. 17 – 20	– Deficiência de Manganês
Figs. 21 e 22	– Deficiência de Zinco
Figs. 23 a 25	– Toxicidade de Alumínio
Fig. 26	– Diferenciação varietal de tolerância à toxicidade do Alumínio.
Fig. 27	– Relação entre percentagem de fósforo na parte aérea do arroz e crescimento, aos 75 dias de idade (Fagéria 1976).
Fig. 28	– Crescimento e forma de absorção de nutriente em relação a idade e desenvolvimento da planta de arroz.



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 4

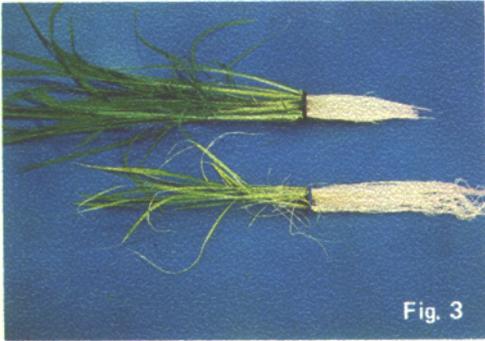


Fig. 3



Fig. 5

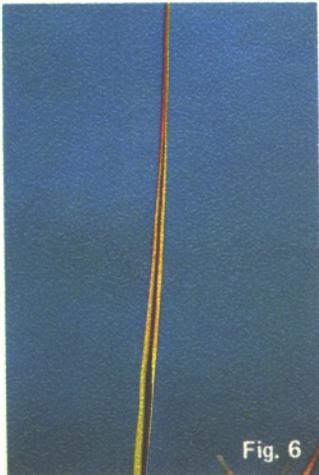


Fig. 6



Fig. 7

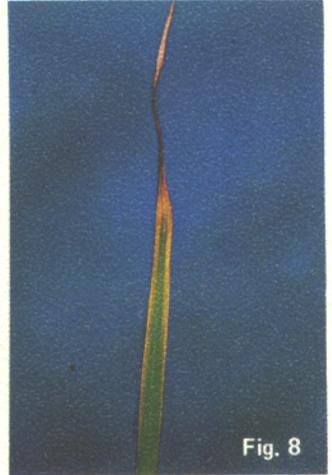


Fig. 8



Fig. 9



Fig. 12



Fig. 13



Fig. 14



Fig. 10

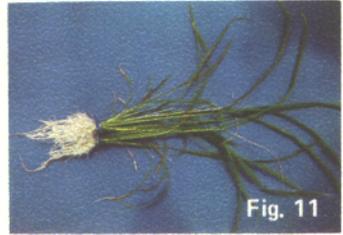


Fig. 11



Fig. 15

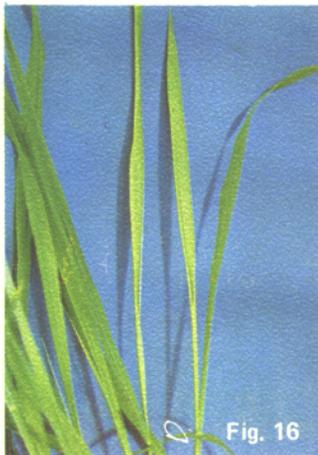


Fig. 16

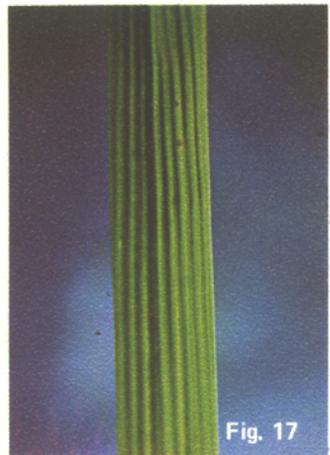


Fig. 17

