

ESTUDOS SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL DO ARROZ
XXIII AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL
DA VARIEDADE L-45*

E. MALAVOLTA**
A.V. RIERA ACOSTA***
B.A.A. CARNAÚBA***
D.M. CIARELLI***
D.A.C. FRAZÃO***
H. DO PRADO***
H. BERGAMASCHI***
J. MORTATTI***
O.L. DOS SANTOS***
R.R. ROSETTO***

RESUMO

O arroz de sequeiro, cv. L-45, foi cultivado em solução nutritiva contendo todos os macro e micronutrientes e com omissão dos primeiros, um de cada vez. A falta dos elementos no substrato afetou o crescimento na seguinte ordem crescente: nitrogênio,

* 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.

fósforo e magnésio. Não se notou influência da omissão dos demais na produção de matéria seca, embora tivesse havido diminuição no teor do elemento na planta quando o mesmo foi fornecido em concentração menor na solução. Verificou-se através da diagnose foliar redução no teor de N, P e K quando os mesmos se achavam deficientes. Resultado análogo foi obtido ao se fazer teste rápido (spot teste) para nitrato, fosfato e potássio solúvel no tecido foliar. A atividade da redutase de nitrato foliar diminuiu como consequência de todos os tratamentos, exceto o menos Ca, caso em que aumentou significativamente.

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 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, parti-

cularmente 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 entre 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 implicadas como cofatores, ativadores ou inibidores de reações enzimáticas ou não, sem as quais a planta não vive ou, no último caso, que devem ser controladas 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 L-45.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivar

A cv L-45 foi obtida pelo Dr.A.Ando do Departamento de Genética da E.S.A "Luiz de Queiroz", USP e do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba, São Paulo, Brasil, por meio de mutação induzida, a partir da variedade Dourado Precoce.

Apresenta as características de pequeno porte, boa produtividade e ciclo curto.

Cultivo

As plantas foram cultivadas em solução nutritiva em presença de todos os macro e micronutrientes (= tratamento completo) ou com omissão de um macronutriente de cada vez (= tratamentos deficientes), de acordo com MALAVOLTA (1983a).

Diagnose foliar

Foram analisadas as folhas medianas por ocasião do perfilhamento.

Testes rápidos

Os testes rápidos, de acordo com a técnica descrita por MALAVOLTA (1983b) foram feitos quando eram visíveis os sintomas de carência de N, P e K, usando-se a porção basal das folhas.

Redutase do nitrato

A técnica simplificada de MALAVOLTA (1983a) foi

empregada na determinação da atividade da enzima.

Métodos analíticos

Foram usados os seguintes métodos convencionais: N - semimicro Kjeldahl; P - colorimetria do matavanadato; K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn - absorção atômica; S - turbidimetria do sulfato de bário; B-colorimetria da curcuminina. Empregou-se o extrato nítrico-perclórico para a determinação de todos os elementos exceto N e B; para o último usa-se a incineração para obtenção de extrato clorídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de deficiência

Deficiência de Nitrogênio

As plantas com deficiência de nitrogênio, mostraram-se amareladas, com redução no crescimento, tanto na parte aérea como nas raízes.

O início do aparecimento dos sintomas foi aos 41 dias, a partir da data da germinação, quando as folhas mais velhas aparentavam sofrer um efeito mais severo da deficiência, fato este explicado por ser o nitrogênio um elemento bastante móvel na planta.

À medida que a deficiência progredia, as folhas mais velhas passavam de uma coloração verde clara a um amarelo intenso, acompanhada da morte paulatina das fo-

lhas (a partir das mais velhas), quando então praticamente toda a planta mostrava-se como que "queimada".

Deficiência de fósforo

Praticamente as plantas não mostraram sintomas de deficiência de fósforo, durante todo o período do experimento.

Apenas tardiamente, em algumas folhas das plantas, um início de sintoma de carência foi visualizado, caracterizado pelo amarelecimento dos ápices e bordos das mesmas.

Deficiência de potássio

Esta deficiência foi verificada aos 50 dias da germinação, quando as folhas mais velhas apresentaram-se cloróticas nos espaços internervais, a partir do ápice. Posteriormente, verificou-se a necrose nos ápices, bordos e depois em todo o limbo da folha.

As raízes no tratamento deficiente mostravam-se mais grossas e com menor volume, em comparação ao tratamento completo. Ainda um menor desenvolvimento das plantas deficientes ficou bastante evidenciado.

Deficiência de cálcio

Este sintoma foi observado aos 64 dias da germinação. Algumas panículas apresentaram-se "chochas" e esbranquiçadas.

Foram vistas pontuações brancas transversais no

limbo de folhas novas e enrolamento do tecido nesta região.

Deficiência de magnésio

A deficiência de magnésio foi caracterizada aos 64 dias da emergência pelo menor desenvolvimento das raízes e parte aérea. Sintomas evidentes nas folhas não foram verificados.

Deficiência de enxofre

Os sintomas de carência de enxofre ficaram pouco evidenciados. Contudo, as plantas para as quais este elemento foi omitido se mostraram um pouco menos desenvolvidos, em relação ao tratamento completo.

Crescimento

O crescimento das plantas foi avaliado por três parâmetros: acumulação de matéria seca, número de folhas e altura média das plantas ao longo do ciclo.

Produção de matéria seca

Os dados de acumulação da matéria seca (g/planta), ao longo do ciclo são fornecidos pela tabela 1 e mostram que o nitrogênio foi o nutriente que mais desfavoravelmente influenciou a produção, da matéria seca, considerando-se a planta toda, ou suas partes separadamente.

Tabela 1. Produção acumulada de matéria seca (g/planta), em função dos tratamentos, para o arroz (*Oryza sativa*, L.), cultivar L-45, cultivado em solução nutritiva (média de 2 repetições).

| Tratamentos | Matéria seca (g/planta) | | | | | |
|-------------|-------------------------|--------------------|--------|----------------|----------|-------------------|
| | Raiz | Colmo+ perfilho | Folhas | Folha média | Panícula | Planta inteira |
| Completo | 0,44 | 0,75 | 0,70 | 0,13 | 0,25 | 2,27 |
| - N | 0,18 | 0,32 | 0,34 | 0,13 | 0,03 | 1,00 |
| - P | 0,55 | 0,75 | 0,45 | 0,13 | 0,16 | 2,04 |
| - K | 0,50 | 0,81 | 0,70 | 0,15 | 0,13 | 2,29 |
| - Ca | 0,41 | 0,89 | 0,68 | 0,14 | 0,15 | 2,27 |
| - Mg | 0,50 | 0,78 | 0,62 | 0,14 | 1,17 | 2,21 |
| - S | 0,55 | 0,82 | 0,73 | 0,16 | 0,16 | 2,42 |

Os resultados obtidos nas condições do experimento são plenamente concordantes com os de diversos autores (MALAVOLTA *et alii*, 1981; LEITE *et alii*, 1970; COQUEIRO *et alii*, 1972; DINIZ, 1975), pois demonstraram ser o nitrogênio, o nutriente mais limitante de produção.

Número de folhas por planta

A figura 1 mostra o número de folhas por planta

em função dos tratamentos, ao longo de todo o ciclo. Observe-se aí que o tratamento em ausência de nitrogênio foi o mais limitante no que diz respeito à produção de folhas. O mesmo efeito (provocado pela escassez de N), se verifica através da figura 2, onde se pode observar o número de folhas por ocasião da antese.

Altura média por planta

A figura 3 apresenta resultados de altura média/planta (cm), o que permite aferir, mais uma vez, que o nitrogênio foi o elemento mais limitante da produção, dentre todos os macronutrientes.

Composição mineral

A tabela 2 apresenta os teores dos macronutrientes nos tratamentos com deficiência de nitrogênio, fósforo e potássio, comparados com o tratamento completo.

Nota-se que na deficiência de um elemento, os teores do mesmo, em todas as partes analisadas da planta, sofreram um decréscimo. Esta observação é concordante com os resultados experimentais de MALAVOLTA et alii (1981).

Percebe-se, entretanto, que na deficiência induzida de nitrogênio, os dados não parecem mostrar o mesmo grau de redução no teor nutriente para as diferentes partes das plantas; como o mostrado em experimentos de MALAVOLTA et alii (1981). Este fato talvez seja devido à pequena quantidade de nitrogênio que se fez necessário adicionar, no início do experimento, de modo a garantir a sobrevivência da planta até o final do ciclo.

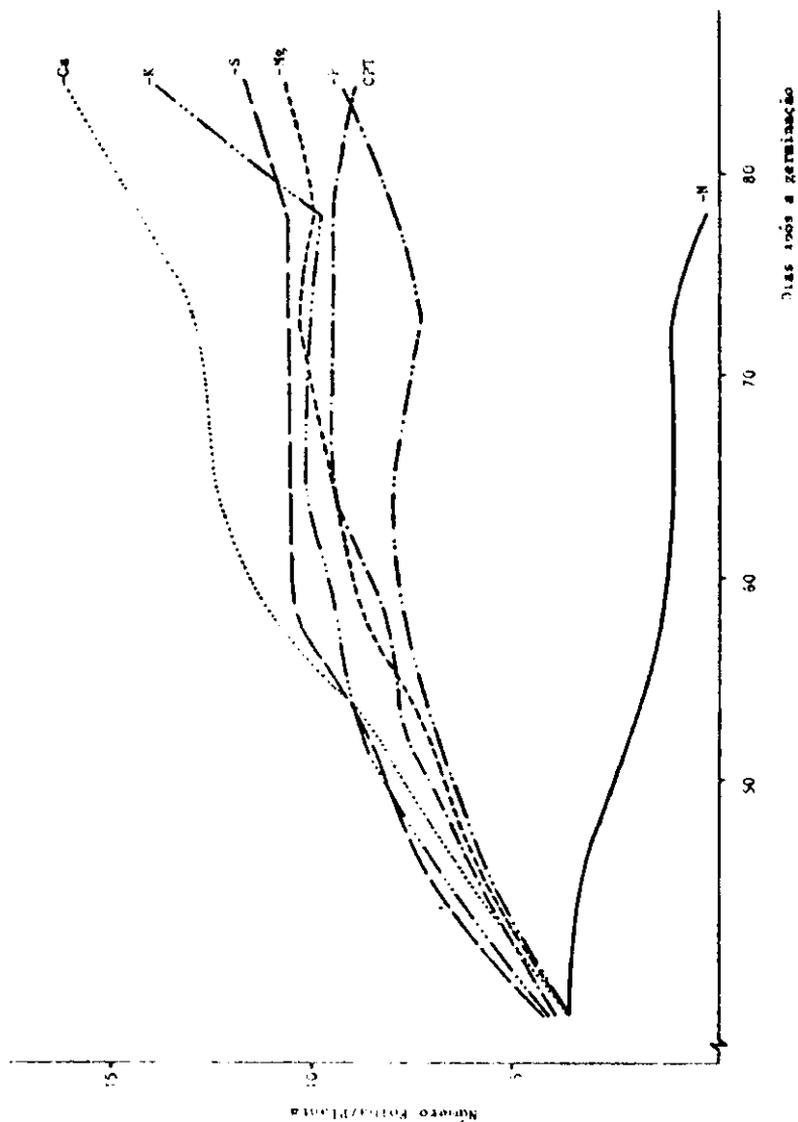


Figura 1. Número de folhas por planta de arroz, cultivar L-45, ao longo do ciclo, em função dos tratamentos empregados.

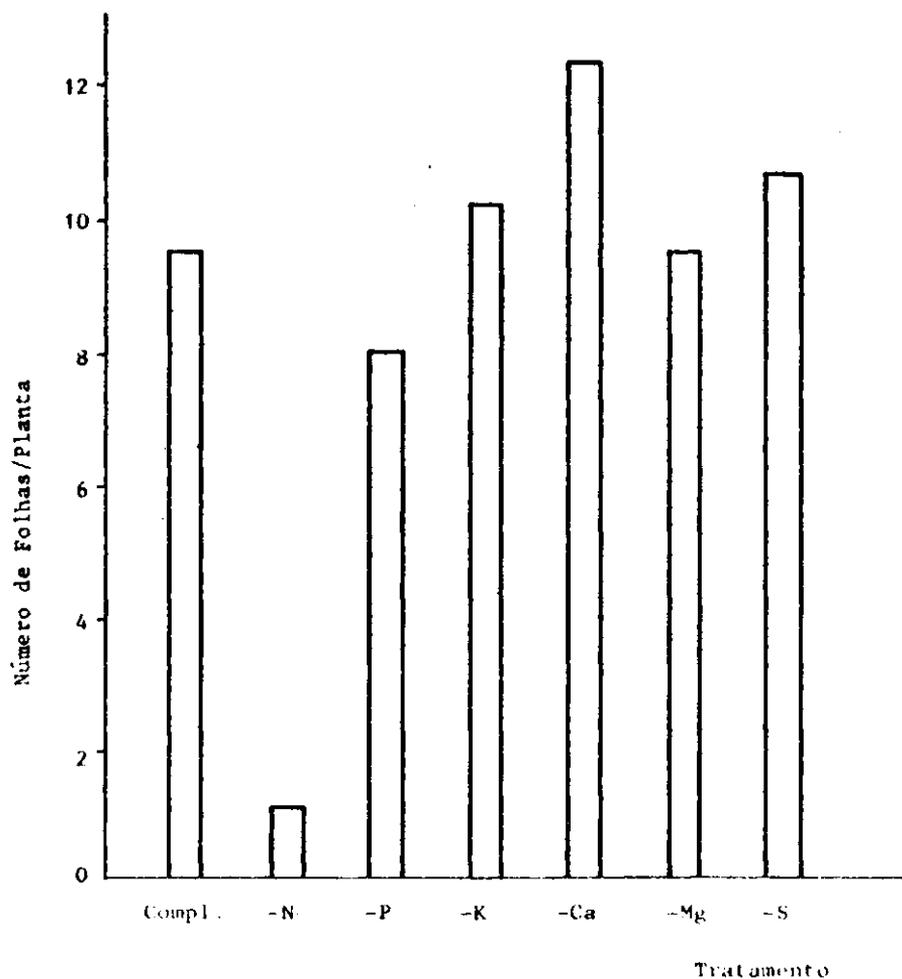


Figura 2. Número de folhas de arroz, cultivar L-45, em função dos tratamentos empregados, por ocasião da antese.

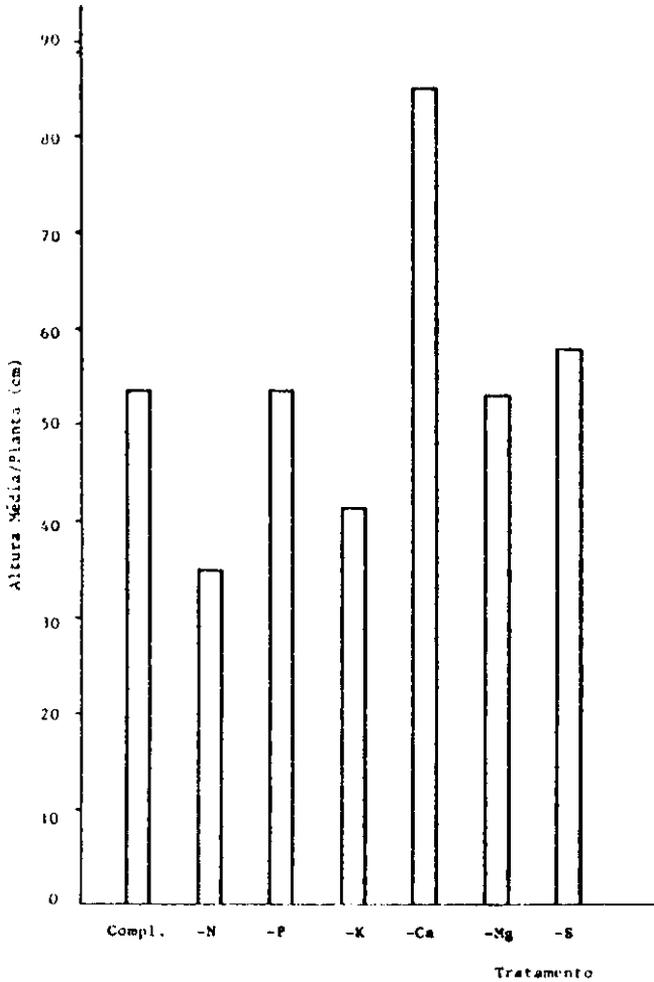


Figura 3. Altura média/planta (cm) para o arroz, cultivar L-45, em função dos tratamentos, por ocasião da antese.

Tabela 2. Teores percentuais de macronutrientes, em várias partes de plantas de arroz, cultivar L-45, por ocasião da maturação.

| Tratamento | Parte da planta | % | | | | | | |
|------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|--|
| | | N | P | K | Ca | Mg | S | |
| Completo | raiz | 1,06 | 0,14 | 0,82 | 0,12 | 0,06 | 0,13 | |
| | colmo+perfilhos | 0,72 | 0,31 | 1,84 | 0,14 | 0,25 | 0,17 | |
| | folhas | 1,51 | 0,18 | 0,82 | 0,85 | 0,40 | 0,15 | |
| - N | raiz | 0,58 | 0,21 | 1,07 | 0,10 | 0,09 | 0,15 | |
| | colmo+perfilhos | 0,54 | 0,54 | 2,07 | 0,10 | 0,17 | 0,15 | |
| | folhas | 1,14 | 1,12 | 1,49 | 0,43 | 0,43 | 0,16 | |
| - P | raiz | 0,86 | 0,05 | 0,92 | 0,07 | 0,04 | 0,12 | |
| | colmo+perfilhos | 0,66 | 0,02 | 2,07 | 0,18 | 0,19 | 0,14 | |
| | folhas | 1,45 | 0,02 | 0,92 | 0,63 | 0,23 | 0,14 | |
| - K | raiz | 0,99 | 0,04 | 0,16 | 0,07 | 0,04 | 0,11 | |
| | colmo+perfilhos | 1,33 | 0,25 | 0,54 | 0,16 | 0,20 | 0,15 | |
| | folhas | 1,80 | 0,19 | 0,17 | 0,62 | 0,55 | 0,19 | |

A carência de potássio provocou um acréscimo no teor de magnésio na planta, como já fora relatado por MALAVOLTA et alii (1981).

Um "ganho" no teor de nitrogênio foi verificado nas folhas, colmos e perfilhos. Este efeito também foi relatado em trabalhos com bananeiras.

Diagnose foliar

Os teores de macronutrientes, encontram-se na tabela 3, e os teores de micronutrientes na tabela 4. Através da tabela 5, visualiza-se mais facilmente a porcentagem de cada elemento quando se considerou o teor no tratamento completo como 100. Observou-se que os teores de macronutrientes decresceram em cada tratamento onde se omitiu o próprio elemento, como era esperado. Com relação ao tratamento completo, observa-se que o nitrogênio, o magnésio e o cálcio estiveram em porcentagens altas nas folhas medianas nos tratamentos em que foram omitidos, respectivamente, esses elementos.

Ainda com relação ao tratamento completo, o tratamento -S, não apresentou variação no teor desse elemento, fato que, possivelmente, indicaria a existência de um nível adequado desse elemento na solução nutritiva. Observa-se, ainda, que os tratamentos com deficiências apresentavam teores dos micronutrientes Cu, Fe e Mn, mais altos que o tratamento completo. Segundo MALAVOLTA (1980), possivelmente ocorre compensação nos tratamentos com omissão de elementos, sendo que a compensação visa garantir uma neutralidade do meio através de teores de cátions e ânions iguais no tecido foliar.

Tabela 3. Teores de macronutrientes (em % da matéria seca) para folhas medianas de plantas de arroz, cultivar L-45, durante o perfilhamento (média de 2 repetições).

| Tratamentos | % | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Completo | 1,85 | 0,21 | 1,50 | 0,53 | 0,43 | 0,14 |
| - N | 1,12 | 0,30 | 1,54 | 0,49 | 0,51 | 0,19 |
| - P | 1,57 | 0,06 | 1,06 | 0,61 | 0,34 | 0,24 |
| - K | 1,81 | 0,26 | 0,17 | 0,54 | 0,41 | 0,16 |
| - Ca | 1,91 | 0,24 | 1,20 | 0,31 | 0,38 | 0,29 |
| - Mg | 1,57 | 0,14 | 0,90 | 0,63 | 0,30 | 0,14 |
| - S | 1,64 | 0,19 | 1,63 | 0,72 | 0,40 | 0,14 |

Tabela 4. Teores de micronutrientes (em % da matéria seca) para folhas medianas de plantas de arroz, cultivar L-45, durante o perfilhamento (média de 2 repetições).

| Tratamentos | % | | | |
|-------------|------|-------|-------|------|
| | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Completo | 7,0 | 57,5 | 38,5 | 18,0 |
| - N | 7,5 | 66,5 | 114,8 | 19,0 |
| - P | 6,8 | 98,8 | 160,0 | 14,5 |
| - K | 8,3 | 7,1 | 55,5 | 14,0 |
| - Ca | 8,8 | 154,0 | 46,0 | 26,8 |
| - Mg | 8,5 | 66,0 | 88,0 | 15,5 |
| - S | 11,8 | 85,0 | 112,0 | 31,3 |

Tabela 5 Porcentagens dos macro e micronutrientes foliares nos tratamentos com omissão de cada macronutriente, em relação ao tratamento completo.

%

| Tratamentos | 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 | 60,5 | 142,8 | 102,6 | 92,4 | 118,6 | 135,7 | 107,1 | 115,6 | 298,2 | 105,5 |
| - P | 84,9 | 28,6 | 70,6 | 115,1 | 79,1 | 171,4 | 97,1 | 102,3 | 415,6 | 80,5 |
| - K | 97,8 | 123,8 | 11,3 | 101,9 | 95,3 | 114,3 | 118,6 | 123,5 | 144,1 | 77,8 |
| - Ca | 103,2 | 114,3 | 80,0 | 58,5 | 88,4 | 207,1 | 125,7 | 267,8 | 119,5 | 148,8 |
| - Mg | 84,9 | 66,6 | 60,0 | 118,9 | 69,8 | 100,0 | 121,4 | 114,8 | 228,6 | 86,1 |
| - S | 88,6 | 90,5 | 108,6 | 135,8 | 93,0 | 100,0 | 168,6 | 147,8 | 290,9 | 173,8 |

Algumas interações entre elementos podem ser observadas. No tratamento -K (tabela 3) o teor de cálcio foi 0,54% e o teor de K foi 0,17%. Observa-se uma relação Ca/K próxima a 3:1. O tratamento -Ca apresentou aproximadamente a mesma relação. Os teores de cálcio absorvidos são maiores quando existem baixas concentrações de K e Mg no meio (MALAVOLTA, 1980). A tabela 5 mostra que o teor de cálcio foi bastante alto nos tratamentos onde se omitiu o K e o Mg, respectivamente.

Teores de fósforo apresentam também relação direta com teores de magnésio. O magnésio seria "carregador" do fósforo e a presença dele aumentaria absorção do fósforo (MALAVOLTA, 1980). Observa-se que o tratamento -Mg apresentou o mais baixo teor de fósforo (à exceção do tratamento -P, obviamente).

Para as variedades de arroz IAC-25 e IAC-47, MALAVOLTA *et alii* (1981) encontraram que o tratamento -N provoca aumento no teor de P, o mesmo ocorrendo para o cultivar L-45. A deficiência de Mg também provocou aumento nos teores de K e Ca nas folhas dessas duas variedades.

A tabela 6 apresenta os teores de macronutrientes foliares na literatura para o arroz, em comparação com os teores encontrados nas folhas para o cultivar L-45, nota-se que o tratamento completo e o tratamento -N apresentavam teores foliares de nitrogênio abaixo do indicado como nível crítico. Os tratamentos onde se omitiu o cálcio, o manganês e o enxofre tiveram teores maiores que o nível crítico indicado por Tanaka e Yoshida (1970), citados por MALAVOLTA *et alii* (1974), na época da amostragem. Segundo o nível crítico indicado por esses autores, a diagnose foliar nos tratamentos -N, -P e -K indica baixos teores desses elementos, sendo que poderia ser recomendada uma absorção de correção. Salienta-se, entretanto, que alguns dados da literatura foram obtidos para colmo + folhas e em épocas diferentes de amostragem do ciclo da planta, sendo estes fatores um tanto limitantes para comparação com os dados obtidos.

Tabela 6. Teores percentuais foliares considerados como nível crítico para macronutrientes encontrados na literatura e teores obtidos na diagnose foliar do arroz (*Oryza sativa* L.), cultivar L-45, em 7 tratamentos (Completo, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S).

| | Elementos (%) | | | | | |
|---|---------------|------|------|------|------|------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Nível crítico | 2,50 | 0,10 | 1,00 | 0,15 | 0,10 | 0,10 |
| Trat. completo | 1,85 | 0,21 | 1,50 | 0,53 | 0,43 | 0,14 |
| Trat. com omissão dos respectivos elementos | 1,12 | 0,06 | 0,17 | 0,31 | 0,30 | 0,14 |

Segundo Tanaka e Yoshida (1970), citados por MALAVOLTA et alii (1974).

A tabela 7 apresenta os teores foliares encontrados na literatura para o Cu, Fe, Mn e Zn, comparando com os teores encontrados no tratamento completo. Observou-se, também pela tabela 7, que todos os tratamentos apresentavam níveis intermediários desses nutrientes, sendo que a diagnose foliar na época em que foi amostrada, não indicam deficiência desses micronutrientes.

Tabela 7. Teores foliares, em ppm, considerados como mínimos e tóxicos para Cu, Fe, Mn e Zn em folhas de arroz, encontrados na literatura, e teores obtidos na diagnose foliar do arroz (*Oryza sativa* L.), cultivar L-45, no tratamento completo.

| | Elementos (ppm) | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------|--------|--------|
| | Cu | Fe | Mn | Zn |
| Nível mínimo. (deficiência) | < 6 | < 70 | < 20 | < 10 |
| Nível máximo (toxidez) | > 30 | > 300 | > 2500 | > 1500 |
| Completo | 7 | 57,5 | 38,5 | 18 |

Fontes: Nível mínimo - Cu, Karim e Vlamir (1962) citados por MALAVOLTA **et alii** (1974).

Nível máximo - Cu, Ishizuca (1961), citado por MALAVOLTA **et alii** (1974).

Nível mínimo e máximo - Fe, Mn e Zn, Tanaka e Yoshida (1970) citados por MALAVOLTA **et alii** (1974).

Testes rápidos

Os dados obtidos para teste rápido em tecido vegetal, encontram-se na tabela 8. Observa-se que os métodos permitiram uma avaliação do estado nutricional muito próxima da esperada, provando que estes tipos de testes podem ser aplicados em condições de campo à sua simplicidade de aplicação e sua boa correlação com o verdadeiro estado nutricional da planta.

Tabela 8 . Teores dos elementos N, P, e K obtidos através de testes rápidos em tecido vegetal.

| Tratamentos | Teores | | |
|-------------|---------|--------|-------|
| | N(ppm) | P(ppm) | K (%) |
| Completo | 100-200 | 100 | 0,50 |
| - N | <<-100 | - | - |
| - P | - | 15 | - |
| - K | - | - | 0,15 |

Redutase do nitrato

A tabela 9 contém os dados relativos à atividade da redutase do nitrato em folhas maduras de arroz do cultivar L-45. Observa-se que o tratamento onde se excluiu o cálcio foi a que apresentou a maior atividade da enzi-

ma. A média desse tratamento foi a maior e diferiu estatisticamente de todas as médias dos outros tratamentos, inclusive daquela do completo. Os tratamentos -N, -P e -K, foram os que mais prejudicaram a atividade enzimática. De acordo com MALAVOLTA (1980), a síntese da enzima é induzida na presença de Mo e NO_3 no meio. Menores níveis de N- NO_3 no tratamento -N explicam a baixa atividade da redutase do nitrato. Baixas concentrações de N, P, K, Cl e S influem no teor de nitrato na planta, diminuindo portanto a atividade da redutase do nitrato (SORENSEN, 1971). As médias dos tratamentos -Mg e -S não diferiram estatisticamente do tratamento completo. Um bom balanço nutricional é condição importante para ótima atividade da enzima.

Tabela 9. Resultados obtidos com relação à atividade da redutase do nitrato ($\mu\text{g N-NO}_2/\text{g.h}$) em folhas de arroz da variedade L-45 (34 dias após a germinação).

| Tratamentos | $\mu\text{g N-NO}_2/\text{g.h}$. |
|-------------|-----------------------------------|
| Completo | 2,26b |
| - N | 0,18d |
| - P | 0,42d |
| - K | 0,89cd |
| - Ca | 5,36a |
| - Mg | 2,20b |
| - S | 1,72bc |
| F | 60,31** |
| c.v. | 20,96% |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% (d.m.s. = $1,08\mu\text{g N-NO}_2/\text{g.h}$).

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

SUMMARY

STUDIES ON THE MINERAL NUTRITION OF RICE. XXIII
EVALUATION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF CV. L-45

Rice plants were grown in complete and deficient nutrient solutions, with respect to macronutrients. Growth was affected by lack of N, P and Mg only. The concentration of the elements in dry matter, however, was affected by the treatments. Both leaf analyses and quick tissue tests showed to be adequate to show variations in mineral composition in response to the omission of either N, P or K from the substrate. Foliar nitrate reductase activity decreased when any element, except Ca (increase) was lacking.

LITERATURA CITADA

- COQUEIRO, E.P. *et alii*, 1972. Adubação N-P-K na cultura do arroz de sequeiro em solos sob vegetação de cerrado. II Rev. Bras. Cerrados (Sete Lagoas): 79:89.
- DINIZ, J.A., 1975. Comportamento de cultivares de arroz em terras altas, sob regime de irrigação por aspersão e diferentes níveis de adubação nitrogenada. Diss.de Mestrado, Viçosa.
- LEITE, N. *et alii*, 1970. Efeitos do nitrogênio, fósforo, calcário e micronutrientes em cultura de arroz irrigado no Vale do Paraíba. *Bragantia* 25(29):273-276.
- MALAVOLTA, E. *et alii*, 1974. Nutrição mineral e adubação de plantas. Livraria Pioneira Editora, S.Paulo.
- MALAVOLTA, E., 1980. Elementos de nutrição mineral de

plantas. Edit. Agronômica Ceres Ltda., São Paulo.

MALAVOLTA, E. **et alii**, 1981. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XII. Efeitos das deficiências de macronutrientes nas variedades IAC-25 e IAC-47. **An. E.S.A. "Luiz de Queiroz"**. **38(2):643-668.**

MALAVOLTA, E., 1981. **Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação.** 3ª edição. Edit. Agronômica Ceres Ltda, S.Paulo.

MALAVOLTA, E. & FORNASIERI Fº, 1983. Nutrição mineral da cultura do arroz de sequeiro - Aspectos relacionados com a produtividade. Jaboticabal.

MALAVOLTA, E., 1983a. Nutrição mineral comparada de três variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). Mimeo. Piracicaba.

MALAVOLTA, E., 1983b. Testes rápidos em tecidos vegetais. Mimeo. Piracicaba.

MALAVOLTA, E., 1983c. Determinação da atividade da redutase de nitrato no arroz. Mimeo. Piracicaba.

SORENSEN, C., 1971. Influence of various factors on nitrate concentration in plants in relation to nitrogen metabolism. **In: Recent advances in Plant Nutrition**, pp. 229-240. Edit. por R.H. Samish, Londres.