

SOBRE A POSSIBILIDADE DE CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS
NO ARROZ (*Oryza sativa* L. CV. IAC 47 E IAC 435) *

A.A. MEDEIROS **

E. MALAVOLTA ***

RESUMO

Plantas de arroz dos cultivares IAC 47 (sequeiro) e IAC 435 (de irrigação) foram cultivadas em solução nutritiva deficiente em N, P, K, S, B, Cu ou Zn até o estágio de perfilhamento. O elemento em falta foi, então, fornecido por via radicular ou foliar na tentativa de correção da deficiência. Foram notadas, em termos de produção de grãos, respostas diferentes em função de: cultivar, elemento aplicado e modo de aplicação.

INTRODUÇÃO

O sintoma visual de deficiência de um elemento essencial pode ser considerado como a etapa terminal de uma sequência de eventos:

* Parte da Dissertação de mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em 17/10/1980.

** EMBRAPA.

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

lesão molecular → alteração sub celular → modificação celular → alteração no tecido → modificação morfológica.

Dependendo da severidade do sintoma, é válido pensar-se, como hipótese de trabalho, que o fornecimento do elemento em falta poderá inverter a sequência do processo promovendo então a volta à normalidade nutricional, devolvendo à planta a possibilidade de realizar o seu potencial de produção.

No País, os sintomas de carência mais frequentes encontrados na cultura do arroz são os de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e zinco. Como os de B e Cu tem aparecido em outras gramíneas (cana-de-açúcar, por exemplo), decidiu-se incluí-los também no estado.

O trabalho teve a finalidade de explorar a viabilidade de se corrigir deficiências minerais de N, P, K, S, B e Zn através de aplicação foliar ou radicular em condições controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivares - foram empregados dois cultivares obtidos no Instituto Agrônomo de Campinas, SP: IAC 47, de sequeiro e IAC 435, irrigado.

Condução - o ensaio foi conduzido em casa de vegetação. Consistiu de oitenta e oito vasos de plástico de 2l pintados externamente com aluminol. Para cada vaso, foi fornecida a solução de HOAGLAND & ARNON nº 2 (1950) diluída na proporção de 1 + 3. Cada vaso continha uma planta. As plantas permaneceram dez (10) dias na solução com essa concentração; posteriormente em duas repetições de cada cultivar, as plantas foram cultivadas na solução com a concentração original. Em seis repetições por cultivar, o nitrogênio foi fornecido em 1/10 da concentração existente na solução original. O mesmo procedimento foi seguido com o fósforo, potássio e enxofre. Os micronutrientes boro, cobre e zinco, também com seis repetições por elemento e por cultivar, foram omitidos individualmente da solução nutritiva. Durante trinta e cinco dias, as plantas foram cultivadas nas soluções deficientes atingin

do o estágio de perfilhamento. Após esse período, as seis repetições de cada elemento foram divididas em três grupos, cada um com duas (2) repetições da seguinte maneira: duas repetições permaneceram na solução deficiente em macronutriente ou com omissão de micronutriente; em duas repetições fez-se a correção radicular substituindo-se a solução deficiente pela de concentração original; em duas repetições a solução continuou deficiente e aplicou-se o elemento via foliar.

A correção foliar foi feita em duas épocas, com intervalo de trinta dias. As aplicações foram feitas com pulverizador manual, aplicando-se um volume aproximado de vinte e cinco (25) mililitros por repetição dos seguintes produtos e concentração.

Nitrogênio - uréia $(\text{NH}_2)_2 \text{CO}$ 1%
Fósforo - fosfato diamônico $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$ 1%
Potássio - sulfato de potássio K_2SO_4 1%
Sulfato - sulfato de potássio K_2SO_4 1%
Boro - ácido bórico H_3BO_3 0,5%
Cobre - sulfato de cobre CuSO_4 0,5%
Zinco - sulfato de zinco ZnSO_4 0,5%

Quando se procedeu a aplicação, tomou-se precauções para evitar contaminação da solução nutritiva existente nos vasos, cobrindo-os com plástico; na base do colmo colocou-se espuma de plástico. As soluções nutritivas foram renovadas quinzenalmente, exceção feita para a solução deficiente em potássio que, devido ao pH atingir valor inferior a 5,0, era renovada semanalmente e as raízes lavadas com água destilada.

Não foi utilizado arejamento. Durante o ensaio foram feitas pulverizações contra pulgão e ácaros usando Malatol 50E, sendo observadas as recomendações do rótulo do produto.

Colheita e análise - a colheita ocorreu após a completa maturação dos grãos. Cada repetição foi colhida separadamente e as plantas divididas em: parte aérea, raiz e grãos com casca. As folhas foram separadas do colmo e lavadas com água destilada, postas em sacos de papel, secas em estufa a 70°C até atingir peso constante, moídas para passar por pe-

neira nº 20 e analisadas. No tratamento completo fez-se análise de N, P, K, Cu e Zn, enquanto nos outros determinou-se apenas o elemento em estudo. As análises estatísticas foram feitas seguindo o modelo de análise não paramétrica aplicando-se o teste de Kruska-Wallis, descrito por CAMPOS (1979).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nitrogênio

Na Tabela 1 e Figura 1 observa-se que a aplicação de nitrogênio aumentou a produção de matéria seca na parte aérea e nos grãos que, entretanto, foi inferior à obtida no tratamento "completo".

Comparando-se os dois tipos de correção, percebe-se que a radicular mostrou-se mais eficiente na produção de grãos em ambos os cultivares, enquanto a produção de matéria seca na parte aérea variou em função do cultivar e método de correção, conforme se vê na mesma Tabela e Figura.

O nitrogênio está implicado no desenvolvimento vegetativo das plantas e sua aplicação tem efeito no aumento da matéria seca (Chandrata, citado por DATTA *et alii*, 1969). Para KOYAMA *et alii* (1973), o parcelamento da dose de nitrogênio no perfilhamento, provoca diferentes repostas na produção de matéria seca. Segundo TANAKA (1969), o fornecimento de nitrogênio em arroz pode aumentar a massa vegetativa sem correspondente aumento na produção de grãos, o que explica o observado no cultivar IAC 435.

A análise estatística, segundo o teste de Kruskal-Wallis, revela diferenças significativas ao nível de 5 a 10% entre tratamentos, exceção feita para o caso do teor de N nas folhas. A comparação múltipla entre as médias mostra que apenas os tratamentos completo e deficientes são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, o que não acontece, porém, quanto ao teor de nitrogênio, conforme se vê na Tabela 2.

Tabela 1 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de N nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativas ao nitrogênio

Parte da planta	Cômpleto	Deficien- te	Correção	
			Radicu- lar	Foliar
CULTIVAR IAC 47				
Raiz	6,19	2,30	4,27	1,04
	6,26	2,44	3,03	1,90
	\bar{X} 6,22	2,37	3,65	1,47
Parte aérea	16,74	2,55	6,34	3,99
	16,08	3,34	6,08	4,25
	\bar{X} 16,41	2,94	6,21	4,12
Grãos	8,50	3,03	5,74	3,60
	8,30	3,00	3,80	3,70
	\bar{X} 8,40	3,01	4,77	3,65
Nº de folha	2,58	1,09	2,54	2,11
	2,63	1,00	2,44	2,56
	\bar{X} 2,60	1,04	2,49	2,33
CULTIVAR IAC 435				
Raiz	6,66	1,95	2,90	4,12
	6,60	2,19	3,17	3,90
	\bar{X} 6,63	2,07	3,03	4,01
Parte aérea	17,14	3,87	8,53	9,08
	17,32	3,54	7,58	8,95
	\bar{X} 17,23	3,70	8,05	9,01
Grãos	13,91	3,66	6,36	5,13
	13,70	3,65	6,60	4,80
	\bar{X} 13,80	3,65	6,48	4,96
Nº na folha	2,98	1,48	2,30	1,86
	3,00	1,16	2,50	1,36
	\bar{X} 2,99	1,32	2,40	1,62

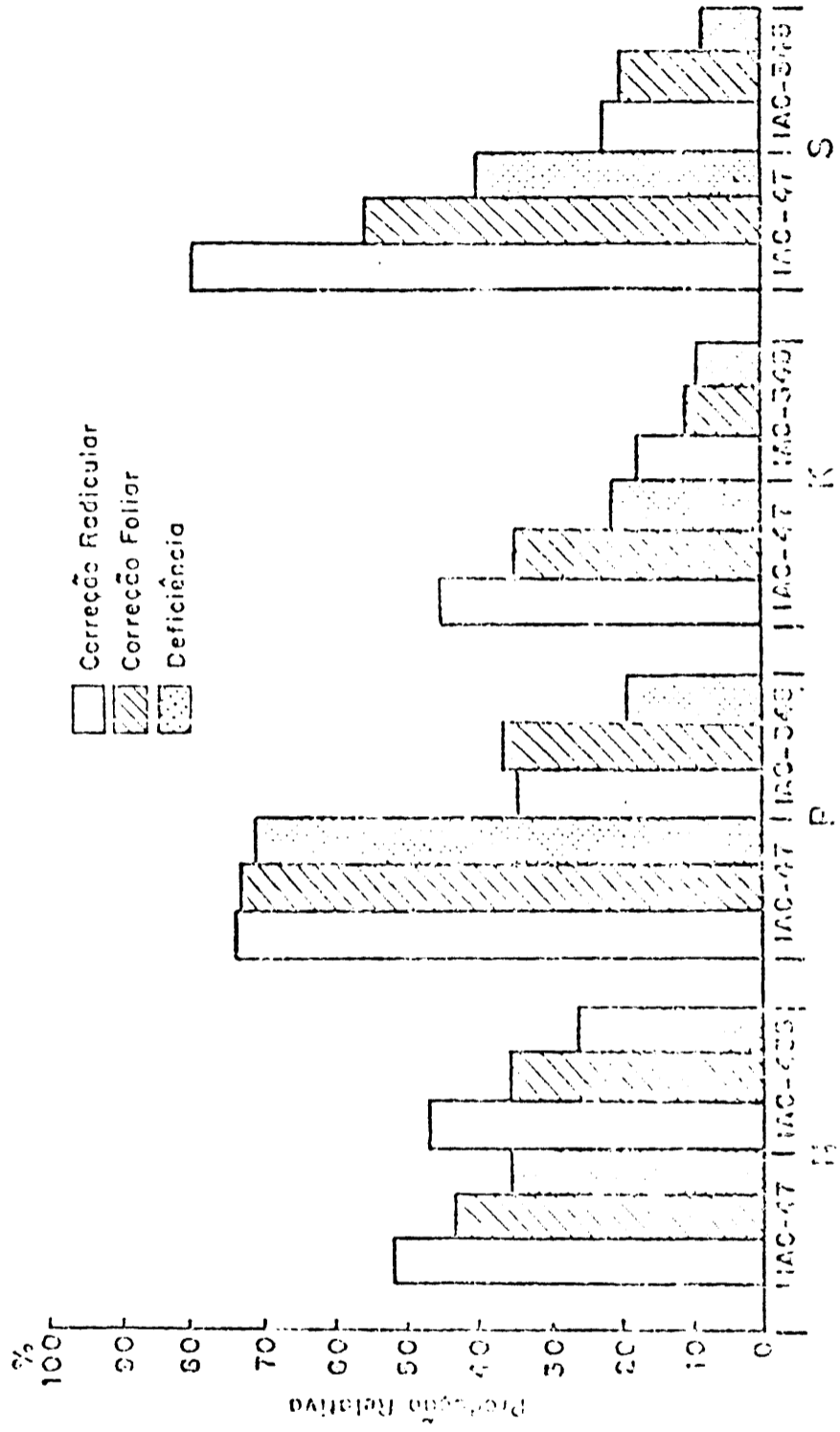


Figura 1 - Efeito relativo ao "completo", dos tratamentos "deficiente" e "de correção", casos de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre (produção de grãos).

Tabela 2 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de N nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao nitrogênio

a) CULTIVAR IAC 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %N na folha
Completo	7,5a	7,5a	7,5a	7,5
Deficiente	3,5ab	1,5 b	1,5 b	1,5
Correção radicular	5,5ab	5,5ab	5,5ab	4,5
Correção foliar	1,5 b	3,5ab	3,5ab	4,5
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,67	6,0(N.S.)
d.m.s. (5%)	5,76	5,76	5,76	-

b) CULTIVAR IAC 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %N na folha
Completo	7,5a	7,5a	7,5a	7,5
Deficiente	1,5 b	1,5 b	1,5 b	2,0
Correção radicular	3,5ab	3,5ab	3,5ab	5,5
Correção foliar	5,5ab	5,5ab	5,5ab	3,0
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,67	6,17(N.S.)
d.m.s. (5%)	5,76	5,76	5,76	-

- Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

VAHL & GOMES (1977), em trabalho conduzido no campo, não encontraram diferença estatística na produção de grãos entre a aplicação radicular e foliar de nitrogênio, o que concorda com os dados apresentados.

Fósforo

A absorção de fósforo em arroz é contínua (GARGANTINI & BLANCO, 1965) e aumenta com a idade da planta (SIMS & PLACE, 1968).

Conforme se vê na Tabela 3, a aplicação de fósforo via raiz ou folha, aumentou a produção de matéria seca, sendo que nos dois cultivares a aplicação foliar foi superior à radicular na produção de matéria de parte aérea. O cultivar IAC 435, nos dois tratamentos mostrou-se superior ao completo na produção de matéria seca na parte aérea.

Segundo FAO/IAEA (1970), a aplicação de fósforo próximo ao perfilhamento resulta no melhor aproveitamento do elemento pelo arroz. BASAK (1962) informa que a assimilação de fósforo em arroz, aumenta com a aplicação de nitrogênio. A superioridade da correção foliar na produção de matéria seca na parte aérea e na raiz sobre os demais tratamentos no cultivar IAC 435 e sobre os tratamentos correção radicular e deficiente na IAC 47 pode ser decorrente, em parte, do efeito do ion $(NH_4)_2$ acompanhante do fósforo.

A produção obtida nos dois tratamentos de correção nos dois cultivares foi inferior ao tratamento completo, como se observa na Tabela 3. Comparando as produções de grãos nos tratamentos de correção e deficiente, conclui-se que são iguais na IAC 47; no cultivar IAC 435, a foliar foi superior aos outros dois (Figura 1).

A análise estatística, segundo o teste de Kruskal-Wallis, revela que há diferenças entre os tratamentos ao nível de 5 a 10% de significância entre tratamentos, exceto na produção de raiz de grãos. A comparação múltipla entre médias, mostra que apenas os tratamentos completo e deficiente diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância, exceção feita para os dados de produção de grãos e matéria seca da raiz, conforme se vê na Tabela 4.

Tabela 3 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de P nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao fósforo

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicular	Foliar
CULTIVAR IAC 47				
Raiz	6,19	3,51	4,02	3,36
	6,26	4,20	4,06	3,18
	\bar{X} 6,22	3,85	4,04	3,27
Parte aérea	16,74	7,45	9,57	12,77
	16,08	8,95	9,54	12,70
	\bar{X} 16,41	8,20	9,55	12,73
Grãos	8,50	6,65	6,28	6,40
	8,30	5,43	6,16	6,00
	\bar{X} 8,40	6,04	6,22	6,20
P% na folha	0,19	0,05	0,12	0,14
	0,20	0,06	0,11	0,16
	\bar{X} 0,19	0,05	0,11	0,15
CULTIVAR IAC 435				
Raiz	6,66	6,65	6,69	6,80
	6,60	5,02	6,38	7,80
	\bar{X} 6,63	5,83	6,53	7,30
Parte aérea	17,14	12,64	18,25	23,55
	17,32	11,73	18,45	26,40
	\bar{X} 17,23	12,18	18,40	24,97
Grãos	13,91	2,60	4,80	5,50
	13,70	2,74	4,47	4,60
	\bar{X} 13,60	2,67	4,63	5,05
P% na folha	0,21	0,06	0,13	0,11
	0,22	0,05	0,12	0,10
	\bar{X} 0,21	0,05	0,13	0,10

Tabela 4 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes a produção de matéria seca e teor de P nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao fósforo

a) CULTIVAR IAC 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %P na folha
Completo	7,5	7,5a	7,5	7,5a
Deficiente	4,5	1,5 b	3,5	1,5 b
Correção radicular	4,5	3,5ab	3,5	3,5ab
Correção foliar	1,5	5,5ab	3,5	5,5ab
H (5 a 10%)	6,00(N.S.)	6,67	4,0(N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,76	-	5,76

b) CULTIVAR IAC 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %P na folha
Completo	5,5	5,5ab	7,5	7,5a
Deficiente	2,0	1,5 b	1,5	1,5 b
Correção radicular	3,0	3,5ab	4,5	5,5ab
Correção foliar	7,5	7,5a	4,5	3,5ab
H (5 a 10%)	6,17(N.S.)	6,67	6,17(N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,76	-	5,76

- Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Potássio

Segundo SIMS & PLACE (1968), a absorção de potássio pelo arroz é contínua até aos 47 dias; a partir deste período há uma curta fase de redução na absorção, que coincide com a redução do crescimento da planta e posteriormente, volta a aumentar a retomada do crescimento.

Como se vê na Tabela 5, o tratamento "completo" foi superior aos demais no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Na mesma Tabela, observa-se que não há diferença entre os tratamentos "correção foliar" e "deficiente" na cultivar IAC 435. Contudo, no tratamento "correção radicular", no qual houve substituição da solução deficiente em potássio pela completa, obteve-se melhor desenvolvimento da planta.

A análise estatística (Tabela 6), segundo o teste de Kruskal-Wallis, revela que no cultivar IAC 47 os tratamentos se comportam diferentemente na produção de matéria seca na raiz, parte aérea e teor do elemento, ao nível de 5 a 10% de significância. A comparação múltipla entre médias, mostra diferença estatística ao nível de 5% entre os tratamentos completo e deficiente. No IAC 435 não há diferença significativa ao nível de 5 a 10% entre tratamentos. Este cultivar neste tratamento teve seu desenvolvimento retardado; a frutificação ocorreu mais tarde que no cultivar IAC 47.

Enxofre

O enxofre não é móvel no floema, por conseguinte se redistribui pouco na planta (MALAVOLTA, 1975); quando se cultivava plantas em solução deficiente em enxofre, este elemento transloca-se da raiz e pecíolo para as folhas jovens (MENGEL & KIRKBY, 1978). Comparando os teores de enxofre nos tratamentos "deficiente" e "de correção", percebe-se que são iguais conforme se vê na Tabela 7 e são superiores ao nível crítico relatado por SUZUKI (1978).

O tratamento "completo" foi superior na produção de grãos em ambos cultivares; na produção de matéria seca da parte aérea do cultivar IAC 47 e na raiz no cultivar IAC 435, a correção foliar foi superior. Segundo WALLIHAN & SHARPLESS

(1974), o enxofre controla a assimilação de nitrogênio no arroz. Admite-se que o parcelamento de enxofre na aplicação foliar, tem coincidido com o período de absorção máxima de nitrogênio e induziu maior desenvolvimento vegetativo em detrimento da produção de grãos, como se observa na Tabela 7. No cultivar IAC 47, a correção foliar não teve a mesma eficiência na produção de matéria seca da parte aérea, os tratamentos de correção radicular e foliar produziram mais grãos que no IAC 435.

Quanto à produção de grãos, a correção radicular foi superior à foliar nos dois cultivares e esta superior ao deficiente (Figura 1).

A análise estatística, segundo o teste de Kruskal-Wallis, revela comportamentos distintos entre tratamentos no cultivar IAC 47, exceção feita para o teor de enxofre ao nível de 5 a 10% de significância; no IAC 435, os tratamentos diferem no mesmo nível na produção de raiz, grãos e teor de enxofre. A comparação múltipla entre médias revela que apenas os tratamentos "completo" e "deficiente" são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, exceto quanto ao teor de enxofre e produção de matéria seca na parte aérea, conforme se vê na Tabela 8.

Boro

Na Tabela 9, observa-se que no cultivar IAC 47 os tratamentos para correção aumentaram o peso da matéria seca da raiz; não foi superior, porém ao tratamento deficiente na produção de matéria seca na parte aérea. A produção de grãos nos tratamentos "correção foliar" e "deficiente" foi a mesma sendo, porém, inferior à obtida com a correção radicular.

O movimento do boro na planta segue a corrente transpiratória no xilema e sua redistribuição depende do gradiente de concentração do elemento nos tecidos condutores (OERTLI & RICHARDSON, 1970). O teor de boro nas folhas aumentou com a aplicação, mas atingiu nível inferior verificado ao tratamento completo; entre os tratamentos "deficiente" e "correção foliar", há diferença no teor de boro na folha; parte do elemento aplicado nas folhas não é metabolizado; permanece na porção que corresponde ao espaço livre aparente (CAMARGO & SILVA, 1975).

Tabela 5 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de K nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao potássio

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicular	Foliar
CULTIVAR IAC 47				
Raiz	6,19	2,90	5,65	3,63
	6,26	2,65	4,95	3,44
	\bar{X} 6,22	2,77	5,30	3,53
Parte aérea	16,74	9,05	14,12	11,78
	16,08	8,35	13,94	9,09
	\bar{X} 16,41	8,70	14,03	10,43
Grãos	8,50	2,36	3,35	2,46
	8,30	1,29	4,31	3,45
	\bar{X} 8,40	1,82	3,83	2,96
K% na folha	1,98	0,65	1,30	1,21
	1,94	0,48	1,32	1,15
	\bar{X} 1,96	0,56	1,31	1,18
CULTIVAR IAC 435				
Raiz	6,66	2,90	4,76	2,91
	6,60	2,66	4,00	2,65
	\bar{X} 6,63	2,77	4,38	2,78
Parte aérea	17,14	8,34	13,09	8,36
	17,32	9,05	13,39	9,06
	\bar{X} 17,23	8,69	13,24	8,71
Grãos	13,91	1,31	2,24	1,30
	13,70	1,29	2,66	1,28
	\bar{X} 13,60	1,30	2,45	1,29
K% na folha	1,98	0,63	1,90	0,64
	1,70	0,71	1,75	0,70
	\bar{X} 1,84	0,67	1,82	0,67

Tabela 6 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes a produção de matéria seca e teor de K nos tratamentos "completos", "deficientes" e "de correção", relativos ao potássio

a) CULTIVAR IAC 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %K na folha
Completo	7,5a	7,5a	7,5	7,5a
Deficiente	1,5 b	1,5 b	1,5	1,5 b
Correção Radicular	5,5ab	5,5ab	4,5	5,5ab
Correção foliar	3,5ab	3,5ab	4,5	3,5ab
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,00 (N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	5,67	5,67	-	5,67

b) CULTIVAR IAC 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %K na folha
Completo	7,5	7,5	7,5	6,5
Deficiente	2,5	2,0	3,0	2,5
Correção radicular	5,5	5,5	5,5	6,5
Correção foliar	2,5	3,0	2,0	2,5
H (5 a 10%)	6,00 (N.S.)	6,17 (N.S.)	6,17 (N.S.)	5,33 (N.S.)
d.m.s. (5%)	-	-	-	-

- Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 7 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de S nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao enxofre

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu lar	Foliar
CULTIVAR IAC 47				
Raiz	6,19	5,10	4,13	3,20
	6,26	5,69	3,68	2,95
	\bar{X} 6,22	5,39	3,90	3,07
Parte aérea	16,74	10,75	11,57	10,52
	16,08	11,39	12,15	10,12
	\bar{X} 16,41	11,07	11,86	10,34
Grãos	8,50	4,00	6,40	5,00
	8,30	3,50	7,00	5,02
	\bar{X} 8,40	3,75	6,70	5,01
S% na folha	0,61	0,29	0,36	0,30
	0,51	0,31	0,39	0,33
	\bar{X} 0,56	0,30	0,37	0,31
CULTIVAR IAC 435				
Raiz	6,66	5,71	5,24	7,30
	6,60	5,65	5,66	7,00
	\bar{X} 6,63	5,68	5,45	7,15
Parte aérea	17,14	14,19	16,74	20,00
	17,32	13,20	16,19	20,42
	\bar{X} 17,23	13,69	16,46	20,22
Grãos	13,91	1,03	3,13	2,80
	13,70	1,30	3,14	2,70
	\bar{X} 13,60	1,16	3,13	2,75
S% na folha	0,45	0,30	0,39	0,49
	0,46	0,29	0,40	0,48
	\bar{X} 0,45	0,29	0,39	0,48

Tabela 8 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes a produção de matéria seca e teor de S nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao enxofre

a) CULTIVAR IAC 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %S na folha
Completo	7,5a	7,5a	7,5a	7,5
Deficiente	5,5ab	3,5ab	1,5 b	2,0
Correção radicular	3,5ab	5,5ab	5,5ab	5,5
Correção foliar	1,5 b	1,5 b	3,5 b	3,0
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,67	6,17(N.S.)
d.m.s. (5%)	5,67	5,67	5,67	-

b) CULTIVAR IAC 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor %S na folha
Completo	7,5a	7,5	7,5a	5,5a
Deficiente	1,5 b	2,0	1,5 b	1,5 b
Correção radicular	5,5ab	5,5	5,5ab	3,5ab
Correção foliar	3,5ab	3,0	3,5ab	7,5ab
H (5 a 10%)	6,67	6,17(N.S.)	6,67	6,67
d.m.s. (5%)	5,67	-	5,67	5,67

- Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 9 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de B nos tratamentos "completos", "deficiente" e "de correção", relativos ao boro

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu lar	Foliar
CULTIVAR IAC 47				
Raiz	6,19	2,94	3,67	2,80
	6,26	1,95	4,23	3,69
	\bar{X} 6,72	2,44	3,95	3,24
Parte aérea	16,74	10,75	10,76	10,12
	16,08	11,40	11,39	10,52
	\bar{X} 16,41	11,07	11,07	10,34
Grãos	8,50	3,49	5,69	4,30
	8,30	4,69	6,50	3,87
	\bar{X} 8,40	4,09	6,09	4,08
B ppm na folha	80,00	32,00	55,00	64,80
	79,00	34,00	53,20	62,40
	\bar{X} 79,50	33,00	54,10	63,60

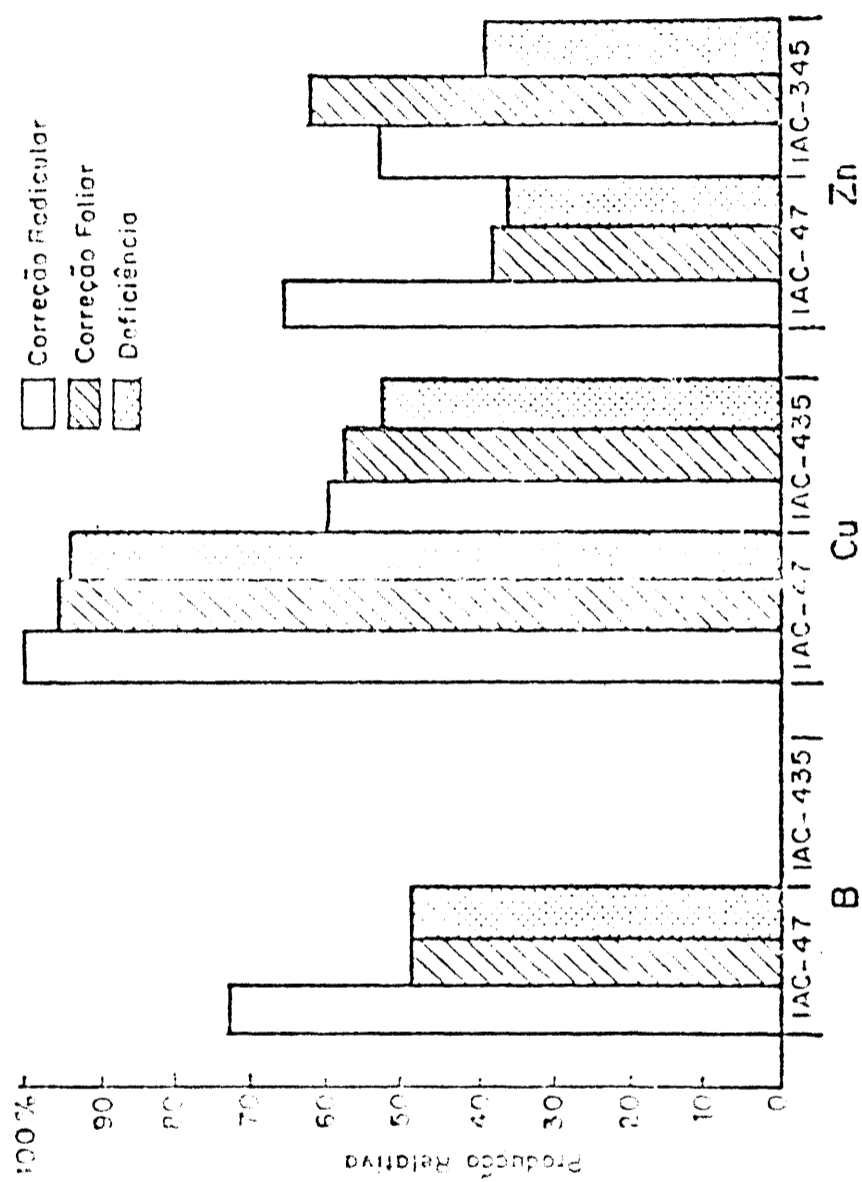


Figura 2 - Efeito relativo ao "completo", dos tratamentos "deficiente" e "de correção", casos de boro, cobre e zinco (produção de grãos).

No tratamento "completo" obteve-se a maior produção de grãos; o tratamento "correção radicular" vem em seguida, o que é justificado pelo fornecimento contínuo do elemento na solução (Tabela 9 e Figura 2).

No IAC 435, quando se fez os tratamentos para correção, as plantas encontravam-se no estágio agudo da deficiência e não se recuperaram (Tabela 10).

Tabela 10 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de B nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao boro.

a) Cultivar IAC 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor p.p.m.
Completo	7,5	7,5	7,5	7,5 a
Deficiente	2,0	4,5	2,5	1,5 b
Correção radicular	5,0	4,5	5,5	3,5 ab
Correção foliar	3,5	1,5	2,5	5,5 ab
H (5 a 10% d.m.s. (5%))	5,50(N.S.)	6,0(N.S.)	6,0(N.S.)	6,67
	-	-	-	5,67

- Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Cobre

Na Tabela 11 e Figura 2, os tratamentos "correção" e "deficiente" garantiram produções de grãos bem próximas. No cultivar IAC 47, os três tratamentos aproximaram-se em produção ao "completo" o que indica a pouca influência de omissão de cobre na colheita; na produção de matéria seca da parte aérea e da raiz há proximidade entre os tratamentos "correção" e "deficiente"; estes, porém, são inferiores ao "completo".

Tabela 11 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de Cu nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao cobre

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicu lar	Foliar
CULTIVAR IAC 47				
Raiz	6,19	4,21	4,84	4,69
	6,26	4,51	4,20	4,50
	\bar{X} 6,22	4,36	4,52	4,59
Parte aérea	16,74	9,20	9,22	8,45
	16,08	8,40	9,30	9,00
	\bar{X} 16,41	8,80	9,26	8,72
Grãos	8,50	8,00	8,74	8,50
	8,30	7,90	8,96	8,00
	\bar{X} 8,40	7,95	8,85	8,25
Cu ppm na folha	19,30	9,50	12,00	75,00
	20,40	10,00	11,00	60,00
	\bar{X} 19,85	9,70	11,50	67,00
CULTIVAR IAC 435				
Raiz	6,66	3,00	3,25	3,40
	6,60	2,90	3,40	3,30
	\bar{X} 6,63	2,95	3,32	3,35
Parte aérea	17,14	8,37	8,88	8,04
	17,32	8,20	8,53	7,50
	\bar{X} 17,23	8,28	8,70	7,77
Grãos	13,91	6,87	7,58	8,04
	13,70	7,60	8,19	7,50
	\bar{X} 13,60	7,23	7,88	7,77
Cu ppm na folha	17,23	8,00	11,50	75,00
	17,22	9,00	10,00	76,00
	\bar{X} 17,22	8,50	10,75	70,50

Para o cultivar IAC 35, pode-se tirar a mesma conclusão, a produção de grãos dos três tratamentos iguais entre si, e, entretanto, bem inferior à obtida no tratamento "completo". O teor de cobre encontrado nas plantas submetidas à correção foliar, apresenta-se superior ao observado nos demais tratamentos; o elemento pode, talvez, não ter entrado no metabolismo.

Entre os elementos essenciais, a exigência de cobre em arroz é superior apenas à de molibdênio (FURLANI *et alii*, 1977). A pequena diferença entre os tratamentos "correção" e "deficiente" na produção de grãos e "deficiente" na produção de grãos e parte aérea indica a pouca reação dos cultivares à aplicação de cobre.

A análise estatística, segundo o teste de Kruskal-Wallis, revela que os tratamentos se comportam diferentemente em relação à produção de grãos e ao teor de cobre no cultivar IAC 47; na produção de matéria seca na raiz, parte aérea e teor de cobre do cultivar 435, a diferença se situa ao nível de 5 a 10% de significância. A comparação múltipla entre médias revela que os tratamentos "completo" e "deficiente" diferem estatisticamente na produção de grãos, ao nível de 5% de significância no cultivar IAC 47. No IAC 435, os tratamentos "completo" e "deficiente" diferem estatisticamente no mesmo nível com respeito à produção de matéria seca da raiz e teor de cobre; entre os tratamentos "completo" e "correção foliar" há diferença estatística no mesmo nível na produção de matéria seca na parte aérea, conforme se vê na Tabela 12.

Zinco

O zinco se redistribui para as partes mais novas quando aplicado na folha (SHAFI, 1969).

Os cultivares se comportam diferentemente quanto ao tratamento de "correção".

Na Tabela 13, observa-se que no IAC 47 a correção radicular foi superior à foliar na produção de matéria seca na raiz, parte aérea e grãos. Na IAC 435 ocorre o contrário.

Tabela 12 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca, teor de Cu nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao cobre

a) CULTIVAR IAC 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor de Cu ppm
Completo	7,5	7,5	7,5a	5,5ab
Deficiente	3,0	2,5	1,5 b	1,5 b
Correção radicular	3,5	5,5	5,5ab	3,5ab
Correção foliar	4,0	2,5	3,5ab	7,5a
H (5 a 10%)	4,17(N.S.)	6,0(N.S.)	6,67	6,67
d.m.s. (5%)	-	-	-	-

b) CULTIVAR IAC 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor de Cu ppm
Completo	7,5a	7,5a	7,5	5,5ab
Deficiente	1,5 b	3,5ab	2,0	1,5 b
Correção radicular	3,5ab	5,5ab	5,5	3,5ab
Correção foliar	5,5ab	1,5 b	3,0	7,5a
H (5 a 10%)	6,67	6,67	6,17(N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	5,67	5,67	-	5,67

- Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Tabela 13 - Produção de matéria seca em g/planta e teor de Zn nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao zinco

Parte da planta	Completo	Deficiente	Correção	
			Radicular	Foliar
CULTIVAR IAC 47				
Raiz	6,19	4,29	5,50	4,80
	6,26	4,28	4,70	4,30
	\bar{X} 6,22	4,28	5,10	4,55
Parte aérea	16,74	7,36	15,46	11,78
	16,08	8,29	15,48	11,82
	\bar{X} 16,41	7,82	15,47	11,80
Grãos	8,50	3,50	5,70	3,20
	8,30	2,70	5,40	3,40
	\bar{X} 8,40	3,10	5,55	3,30
Zn ppm na folha	30,77	18,00	23,00	90,00
	28,62	18,50	22,00	92,00
	\bar{X} 29,69	18,75	22,50	90,50
CULTIVAR IAC 435				
Raiz	6,66	3,50	4,24	5,40
	6,60	4,63	4,69	5,60
	\bar{X} 6,63	4,06	4,46	5,50
Parte aérea	17,14	6,85	10,27	16,00
	17,32	9,00	9,27	15,00
	\bar{X} 17,23	7,92	9,77	15,50
Grãos	13,91	4,92	8,47	8,20
	13,70	3,00	7,57	9,30
	\bar{X} 13,60	5,46	8,02	8,75
Zn ppm na folha	26,46	11,00	18,50	70,00
	26,50	10,00	19,00	80,00
	\bar{X} 26,48	10,50	18,75	75,00

Tabela 14 - Valor do teste de Kruskal-Wallis e a significância dos contrastes entre as médias múltiplas referentes à produção de matéria seca e teor de Zn nos tratamentos "completo", "deficiente" e "de correção", relativos ao zinco

a) CULTIVAR IAC 47

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor p.p.m.
Completo	7,5	7,5a	7,5	5,5a
Deficiente	1,5	1,5 b	2,5	1,5 b
Correção radicular	5,0	5,5ab	5,5	3,5ab
Correção foliar	4,0	3,5ab	2,5	7,5ab
H (5 a 10%)	6,17(N.S.)	6,67	6,00(N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,67	-	5,67

b) CULTIVAR IAC 435

Tratamentos	Raiz	Parte aérea	Grãos	Teor p.p.m.
Completo	7,5	7,5a	7,5	5,5ab
Deficiente	2,5	1,5 b	1,5	1,5 b
Correção radicular	2,5	3,5ab	4,0	3,5ab
Correção foliar	5,5	5,5ab	5,0	7,5a
H (5 a 10%)	6,00(N.S.)	6,67	6,17(N.S.)	6,67
d.m.s. (5%)	-	5,67	-	5,67

- Médias com letras seguidas não diferem entre si estatisticamente.

Segundo IRRI (1969), não há nenhum processo seletivo na absorção da deficiência de zinco tendo em vista a produção de grãos, depende de fatores como período vegetativo e a capacidade de perfilhamento da variedade (IRRI, 1970).

Com respeito à produção de grãos, observa-se o seguinte: IAC 47 mesmos valores nos tratamentos "correção foliar" e "deficiente"; IAC 435 a deficiência diminui a colheita (ver Figura 2).

A análise estatística, segundo o teste de Kruskal-Wallis, revela que nos dois cultivares, os tratamentos diferem de 5 a 10% de significância na produção de matéria seca da parte aérea e grãos. A comparação múltipla das médias mostra diferença significativa no nível de 5% entre os tratamentos "completo" e "deficiente" (ver Tabela 14). SHAFI (1969) relata que não há diferença estatística na produção de grãos entre as aplicações de zinco no solo ou via foliar, em condições de campo.

RESUMO E CONCLUSÕES

Plantas de arroz dos cultivares IAC 47 (sequeiro) e IAC 435 (irrigado) foram cultivadas em solução nutritiva deficiente em N, P, K, S, B, Cu ou Zn até o perfilhamento. O elemento em falta no substrato foi então fornecido por via foliar ou radicular. A análise dos dados de produção permitiu concluir que a aplicação foliar ou radicular de nutrientes para corrigir deficiência induzida até o estágio de perfilhamento mostrou eficiência diferente em função do elemento, do cultivar e do método de aplicação.

SUMMARY

ON THE VIABILITY OF CORRECTING MINERAL DEFICIENCIES INDUCED IN THE RICE PLANT.

Plants were grown in nutrient solution under conditions of deficiency of N, P, K, S, B, Cu or Zn till the stage of tillering. An attempt was then made to ascertain the extent of correction of the deficiencies by supplying the element

lacking in the substrate either in the nutrient solution or through foliar application, The results of the corrective treatments are presented in Table 15 in which yield data are given as percentage of those obtained with the non deficient plants.

Table 15 - Comparative efficiency of treatments to control mineral deficiency induced and carried to full tillering stage (grain production as % of control)

Element	Treatments					
	--- Deficient --		--- Foliar ----		---- Root ----	
	IAC 47	IAC 435	IAC 47	IAC 435	IAC 47	IAC 435
N	36	26	43	36	57	47
P	72	19	74	37	74	34
K	22	9	35	9	45	18
S	45	8	60	22	79	20
B	49	-	48	-	72	-
Cu	95	53	98	57	105	58
Zn	37	40	39	64	66	59

LITERATURA CITADA

- BASAK, M.N., 1963. Nutrient uptake by rice plant and its effect on yield. *Agronomy Jour.* 54(5): 373-376.
- CAMARGO, P.N.; SILVA, O., 1975. **Manual de adubação foliar**, São Paulo, Herba Edit. e Distr. Ltda., 255p.
- CAMPOS, H., 1979. **Estatística experimental não-paramétrica**, 3.a edição, Piracicaba, Departamento de Matemática e Estatística, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- DATA, S.K.; MAGNAYE, C.P.; MAGBANNA, J.T., 1969. Response of rice varieties to time of nitrogen application in the

- tropics. In: **Symposium on Optimization of Fertilizer Effect in Rice Cultivation**, Proceeding of a Symposium on Tropical Agriculture Research, Tokyo, 73-87.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G., 1965. Absorção de nutrientes pela cultura do Arroz. *Bragantia* 24(38): 515-19.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1969. Annual Report.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1970. Annual Report.
- KOYAMA, T.; CHAMMEK, C.; NIAMS RICHARD, N., 1973. Nitrogen application technology for tropical rice as determined by field experiments using ^{15}N tracer technique. **Tropical Agriculture Research Center, Japão**, 79p.
- MENGEL, K; KIRKBY, E.A., 1978. **Principles of plant nutrition**, International Potash Institute, Berna, 59lp.
- OERTLI, J.J.; RICHARDSON, W.F., 1970. The mechanism of boron immobility in plants. *Physiologia Plantarum* 23: 108-116.
- SHAFI, M.T.K., 1969. Zinc deficiency of rice plant in West Pakistan and its improvement. In **Symposium on Optimization of Fertilizer Effect in Rice Cultivation**, Tokyo, 249-263.
- SIMS, J.C.; PLACE, 1968. Growth and nutrient uptake of rice and different growth stages and nitrogen Levels. *Agronomy Jour.* 60: 392-396.
- TANAKA, A., 1969. Physiological basis for fertilizer response of rice varieties. In: **Symposium on optimization of Fertilizer effect in Rice Cultivation**, Proceeding of a Symposium on Tropical Agriculture, Tokyo, 37-43.
- VAHL, L.C.; GOMES, A.S., 1977. Composição entre adubação tradicional e adubação foliar em arroz irrigado. In: **Anais da VII Reunião da Cultura do Arroz**.
- WALLIHAN, E.F., SHARPLESS, R.G., 1974. Effect of sulfur supply on the optimum concentration of nitrogen in leaves of rice plant. *Soil Science* 118(5): 304-307.

