

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agronômico do Estado de S. Paulo

Vol. 29

Campinas, março de 1970

N.º 9

DIAGNOSE E TRATAMENTO PREVENTIVO, NO SOLO, DE DEFICIÊNCIA DE ZINCO EM CULTURA DE ARROZ DE SEQUEIRO EM SOLOS COM pH ABAIXO DE 7 ⁽¹⁾

DERLY MACHADO DE SOUZA, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cereais,*
e RÚTER HIROCE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Química, Instituto Agronômico*

SINOPSE

No ano agrícola de 1965/66, em plantas de arroz cultivadas em terras altas, sem irrigação e com pH que variava entre 5,75 e 6,90, localizadas nos municípios de Miguelópolis, Leme e Campinas, foram notadas anomalias que se caracterizavam por afetar as plantas desde duas semanas após a germinação, causando morte a algumas delas.

As folhas mais velhas apresentavam-se com coloração castanho-escura, exceto ao longo dos bordos e da nervura principal, que conservavam a cor verde normal. Algumas folhas, além desses sintomas, apresentavam o terço inferior com tonalidade verde-amarelada; outras mostravam-se partidas no sentido do seu comprimento.

Resultados obtidos com adubações qualitativas e quantitativas de zinco e pela análise química das plantas evidenciaram que os sintomas descritos eram provocados pela deficiência de zinco quando os teores desse elemento eram inferiores a 15 ppm na matéria seca.

Uma dose de 5 kg/ha de sulfato de zinco, aplicada no sulco de plantio, foi suficiente para evitar o aparecimento da deficiência de zinco na planta.

1 — INTRODUÇÃO

No ano agrícola de 1965/66, em propriedades agrícolas, nos municípios de Miguelópolis, Leme e Campinas, em áreas de 10% a 40% do total das glebas observadas, foram notadas anomalias, em culturas de arroz de sequeiro, que se caracterizavam por atingir as plantas nas primeiras semanas após a germinação, e em consequência muitas plantas vieram a morrer. As plantas

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 30 de outubro de 1969.

afetadas que sobreviveram ao mal mostravam desenvolvimento retardado em relação às sadias. As folhas mais velhas apresentavam-se com coloração castanho-escuro, exceto ao longo dos bordos e da nervura principal, que conservavam a cor verde normal. As folhas mais novas exibiam, por sua vez, coloração normal, o que significava que as causas do distúrbio haviam por si só sido superadas.

No ano agrícola 1966/67, no mesmo lugar em que o mal foi notado em arroz de sequeiro, surgiram sintomas foliares em tudo semelhantes aos do ano anterior e que, observados com maior detalhe no início, apareciam como pequenas manchas que se coalesciam cobrindo quase todo o limbo, com exceção da faixa ao longo da nervura principal e dos bordos. Outras folhas, ao mesmo tempo que apresentavam os sintomas atrás descritos, ficavam com o terço inferior de tonalidade verde-amarelada. Muitas dessas folhas apresentavam-se partidas no sentido do seu comprimento. Os sintomas observados foram semelhantes aos descritos por Yoshida (6).

O objetivo deste trabalho foi estabelecer a natureza dos distúrbios notados nas plantas de arroz, bem como os métodos para seu controle.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Ano agrícola 1966/67

Suspeitando tratar-se de deficiência nutricional a causadora do distúrbio, foram feitos, nas linhas que apresentaram os sintomas, os seguintes tratamentos:

- 1) Solução com 5 g/l dos sulfatos de cobre, zinco e manganês; 2,5 g/l de bórax e 0,15 g/l de molibdato de sódio
- 2) Solução com 5 g/l de sulfato de manganês e 2,5 g/l de bórax
- 3) Solução com 5 g/l de sulfato de manganês
- 4) Solução com 10 g/l de sulfato de magnésio
- 5) Solução com 10 g/l de fosfato de potássio monobásico

Os tratamentos foram feitos com quatro repetições, constando cada uma delas de 2 metros de linha plantada.

Usou-se um regador de crivo muito fino na aplicação das soluções, procurando molhar bem as plantas e o solo. A data do tratamento foi 18 de janeiro de 1967. Em virtude de fortes chuvas caídas nesse dia, repetiu-se o tratamento no dia 26 do mesmo mês.

A análise de solo do local revelou os seguintes teores:

N.º da amostra	pH	C%	PO_4^{-3} (1)	K^+ (2)	$\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ (2)	Al^{+3} (2)
2746	5,75	1,80	0,03	0,04	3,30	tr.
2804	5,90	1,92	0,04	0,06	4,10	tr.

Após 30 dias do tratamento, as plantas estavam igualmente recuperadas, não tendo sido notadas diferenças entre os tratamentos.

Ano agrícola 1967/68

Com a recente constatação de deficiência de zinco em outras culturas, tais como café (2), citros (5), milho (1) etc., e também por ligeira semelhança dos sintomas com os causados por deficiência de manganês (3), nesse ano agrícola foi instalado, em local bem próximo àquele onde foi notado o distúrbio nos anos anteriores, um experimento com os seguintes tratamentos:

- 1) NPK (30-60-30 kg/ha) e 10 kg/ha de sulfato de manganês
- 2) NPK (30-60-30 kg/ha)
- 3) NPK (30-60-30 kg/ha), 10 kg/ha de sulfato de manganês e 10 kg/ha de sulfato de zinco
- 4) NPK (30-60-30 kg/ha) e 10 kg/ha de sulfato de zinco

Tôdas essas adubações foram feitas no sulco de plantio.

Cada canteiro constou de 5 linhas de 2,5 m de comprimento espaçadas de 30 cm, semeadas com 2 gramas de sementes por metro linear de sulco do cultivar IAC-1246.

(1) e.mg/100 ml de solo Solúvel em H_2SO_4 0,05 N.

(2) e.mg/100 ml de solo. Teores trocáveis.

O plantio se deu em 16 de fevereiro de 1968, e a germinação em 24 do mesmo mês.

As colheitas das plantas para análises químicas foram feitas: no dia 27 de março de 1968, para as linhas de n.º 1 e 2 de cada tratamento; no dia 26 de abril, para as linhas de n.º 3; no dia 28 de abril, para as de n.º 4; e no dia 3 de junho, para as de n.º 5.

As análises de solo, feitas em dois pontos do ensaio e em diferentes profundidades, onde os sintomas nas plantas eram bem visíveis, apresentaram os seguintes teores:

N.º da amostra	Profundidade	pH	C%	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³
374	0-5 cm	6,20	1,69	0,05	0,05	4,70		tr.
376	5-10 cm	6,20	1,56	0,05	0,05	4,50		tr.
378	10-15 cm	6,05	1,56	0,03	0,05	3,70		tr.
380	15-20 cm	5,75	1,69	0,03	0,06	3,10		tr.
375	0-5 cm	6,20	1,56	0,06	0,07	4,80		tr.
377	5-10 cm	6,40	1,63	0,04	0,06	4,60		tr.
379	10-15 cm	5,90	1,10	0,03	0,06	3,50		tr.
381	15-20 cm	5,40	1,37	0,03	0,05	2,60		tr.

Ano agrícola 1968/69

Baseados nos resultados do ano anterior, foram instalados nesse ano agrícola dois experimentos:

a) Este ensaio foi uma repetição do experimento do ano anterior (1967/68), somente com 2 repetições.

O plantio se deu em 27 de dezembro de 1968, e a germinação em 3 de janeiro de 1969.

Para análises químicas, foi colhida amostra média das plantas de cada canteiro em 13 de fevereiro de 1969, isto é, aos 40 dias de idade das plantas.

As análises feitas — uma, de solo retirado a diferentes profundidades, no canteiro em que os sintomas nas folhas eram bem visíveis; outra, constituindo amostra média de todos os canteiros — apresentaram os seguintes resultados:

N.º da amostra	Profundidade	pH	C%	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³
3284	0-5 cm	6,90	1,50	0,03	0,12	4,40		tr.
3285	5-10 cm	6,15	1,40	0,10	0,12	3,70		tr.
3286	10-15 cm	5,90	1,40	0,20	0,13	3,30		tr.
3287	15-20 cm	5,70	1,40	0,23	0,09	2,90		tr.
3288	amostra média	5,90	1,40	0,08	0,07	3,90		tr.

b) Ao lado do ensaio anterior foi instalado outro, com diferentes doses de sulfato de zinco associadas a uma adubação completa de NPK.

O esquema experimental desenvolvido foi o de 5 tratamentos, em blocos ao acaso, repetidos 4 vezes.

Os tratamentos foram os seguintes:

- 1) NPK (30-60-30 kg/ha)
- 2) NPK (30-60-30 kg/ha) e 2,5 kg/ha de sulfato de zinco
- 3) NPK (30-60-30 kg/ha) e 5,0 kg/ha de sulfato de zinco
- 4) NPK (30-60-30 kg/ha) e 7,5 kg/ha de sulfato de zinco
- 5) NPK (30-60-30 kg/ha) e 10,0 kg/ha de sulfato de zinco

Cada canteiro era composto de 4 linhas de 2,5 metros, espaçadas de 30 cm.

A adubação toda foi feita no sulco de plantio, tanto para NPK como para sulfato de zinco.

O plantio foi realizado no dia 3 de janeiro de 1969, utilizando-se sementes do cultivar IAC-1246, na base de 1,5 grama por metro linear de sulco. A germinação ocorreu em 12 de janeiro de 1969.

As análises químicas do solo feitas — uma, em diferentes profundidades no canteiro n.º 6, correspondente ao tratamento n.º 1, e outras, de amostras médias de cada tratamento em separado de 1 a 5 — apresentaram os seguintes resultados:

N.º da amostra	Profundidade	pH	C%	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Al ⁺³
3274	0-5 cm	6,00	1,40	0,05	0,14	3,30	tr.
3275	5-10 cm	5,90	1,50	0,03	0,14	3,00	tr.
3276	10-15 cm	6,00	1,40	0,03	0,18	3,80	tr.
3277	15-20 cm	6,50	1,40	0,03	0,18	4,30	tr.

N.º da amostra	Tratamento	pH	C%	PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Al ⁺³
3278	1	6,20	1,40	0,03	0,18	3,60	tr.
3279	3	6,00	1,50	0,04	0,16	3,50	tr.
3280	2	6,20	1,50	0,03	0,16	4,50	tr.
3282	5	6,00	1,50	0,03	0,06	3,60	tr.
3283	4	5,85	1,50	0,03	0,04	2,80	tr.

As amostras das plantas para análises químicas foram colhidas em 13 de fevereiro de 1969, aos 32 dias de idade.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para maior clareza na apresentação dos dados, os resultados serão analisados na mesma seqüência, de acôrdo com o ano agrícola em que foram instalados os experimentos.

Ano agrícola 1966/67

Nos tratamentos de irrigação com soluções de diferentes elementos nutritivos, tais como manganês, cobre, zinco, boro, molibdênio, magnésio etc., não foi possível verificar nenhuma diferença visual entre os tratamentos, uma vez que, mesmo nos tratamentos sem a aplicação de sulfato de zinco, as plantas deficientes, com o decorrer do tempo, recuperaram-se pelo desaparecimento dos sintomas, pela morte das fôlhas mais velhas e pelo não aparecimento dos distúrbios nas mais novas. Contudo as plantas fortemente deficientes pereceram.

Ano agrícola 1967/68

Após 32, 54, 62 e 99 dias da germinação do arroz, foram colhidas e analisadas respectivamente as linhas de n.ºs 1 e 2, 4, 3 e 5 de cada canteiro, que correspondiam aos 4 tratamentos estudados. Os resultados das análises químicas das plantas de cada linha são apresentados no quadro 1.

QUADRO 1. -- Resultados das análises químicas das plantas de arroz do ensaio de adubação com micro-nutrientes (manganês e zinco), ano 1967/68

Idade da planta	Tratamento	Teor dos elementos na matéria seca										
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	B	Zn	
		%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
32 dias	1 NPK + Mn	2,53	0,130	1,87	0,61	0,42	688	640	18,4	12	12,5	
	2 NPK	2,67	0,133	1,92	0,67	0,50	585	261	13,7	23	8,4	
	3 NPK + Mn + Zn	2,44	0,134	2,15	0,50	0,43	688	418	13,7	21	107,9	
	4 NPK + Zn	2,88	0,147	1,80	0,67	0,52	805	148	15,7	20	67,6	
32 dias	1 NPK + Mn	3,24	0,167	2,02	0,78	0,49	611	261	18,7	23	11,7	
	2 NPK	3,07	0,106	2,15	0,61	0,29	585	340	17,0	39	11,0	
	3 NPK + Mn + Zn	3,03	0,118	1,99	0,55	0,31	508	418	14,0	32	51,1	
	4 NPK + Zn	3,29	0,125	1,68	0,61	0,39	601	276	16,6	23	63,8	
54 dias	1 NPK + Mn	3,03	0,118	2,00	0,72	0,33	1153	434	27,8	25	21,5	
	2 NPK	2,99	0,147	1,86	0,55	0,52	1566	272	24,7	23	15,0	
	3 NPK + Mn + Zn	2,67	0,127	1,99	0,61	0,35	856	228	18,3	18	53,8	
	4 NPK + Zn	2,89	0,112	1,80	0,55	0,44	1089	276	17,2	21	36,5	
62 dias	1 NPK + Mn	2,79	0,133	1,63	0,67	0,54	2056	244	27,7	19	24,9	
	2 NPK	2,61	0,111	1,69	0,55	0,47	1927	291	22,0	23	16,3	
	3 NPK + Mn + Zn	2,77	0,121	1,44	0,78	0,30	1463	254	21,3	18	39,8	
	4 NPK + Zn	3,22	0,124	1,56	0,83	0,39	1618	272	21,0	18	29,7	
99 dias	1 NPK + Mn	2,85	0,133	1,30	0,61	0,46	1669	651	29,4	30	28,7	
	2 NPK	2,66	0,114	1,37	0,43	0,47	1127	260	24,0	31	18,4	
	3 NPK + Mn + Zn	2,86	0,141	1,18	0,55	0,50	895	323	22,4	24	26,6	
	4 NPK + Zn	2,91	0,140	1,25	0,50	0,43	1127	387	15,9	16	27,2	

Na observação de campo pudemos notar, nos tratamentos 1 e 2, os sintomas nas folhas das plantas, já descritos anteriormente, desde a segunda semana após a germinação até aproximadamente 50 dias (estampa 1). Nos tratamentos 3 e 4, as plantas apresentavam coloração verde normal.

Pela observação dos dados da análise química das plantas, notou-se que os teores de zinco, nos tratamentos sem a aplicação do elemento, nas amostras em que eram visíveis os sintomas nas plantas, variaram de 8,4 a 12,4 ppm.

À medida que as plantas foram se desenvolvendo, os sintomas foram desaparecendo. A partir de 50 dias, não mais foram observados os sintomas visuais, e os teores de zinco, em ppm, verificados pelas análises das plantas, cresceram, atingindo a 15,0 e 21,5; 16,3 e 24,9; 18,4 e 28,7, respectivamente nos tratamentos 1 e 2 (sem a aplicação de zinco), correspondentes a 54, 62 e 99 dias de idade.

Na linha 1, correspondente aos tratamentos sem manganês, verificaram-se teores baixos do elemento, quando comparados com os demais.

Os demais elementos, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu e B, pouco variaram em função dos tratamentos.

Ano agrícola 1968/69

a) Em consequência das observações do ano anterior repetiu-se o ensaio, no qual foram observados os mesmos sintomas visuais nos tratamentos sem aplicação de zinco. Os resultados das análises químicas das plantas, efetuadas aos 41 dias de idade, acham-se no quadro 2.

Pela observação dos dados, verifica-se que os teores de zinco nas plantas com sintomas visuais, tratamentos 1 e 2, foram de, respectivamente, 14,0 e 10,7 ppm. Nota-se ainda que a aplicação de sulfato de manganês, na presença ou ausência do sulfato de zinco, tendeu a diminuir a absorção do zinco.

Os autores agradecem à desenhista, Sra. Zorah Mello, pela execução das aquarelas.



Fôlha normal de arroz ao lado de outras com sintomas de deficiência de zinco.

QUADRO 2. — Resultado das análises químicas das plantas de arroz do ensaio de adubação com micro-nutrientes (manganês e zinco), ano 1968/69, aos 41 dias de idade

Tratamento	Teor dos elementos na matéria seca									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	B	Zn
	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1 — NPK + Mn	2,88	0,168	2,25	0,39	0,47	817	135	21,3	30	10,7
2 — NPK	3,09	0,149	1,77	0,43	0,49	765	138	19,3	34	14,0
3 — NPK + Mn + Zn	2,61	0,171	2,17	0,46	0,40	663	184	16,8	32	17,5
4 — NPK + Zn	2,64	0,178	2,21	0,39	0,37	737	222	14,6	31	25,7

QUADRO 3. — Resultados das análises químicas das plantas de arroz do ensaio de adubação com doses crescentes de sulfato de zinco, ano 1968/69, aos 32 dias de idade

Tratamento de ZnSO ₄ kg/ha	Teor dos elementos na matéria seca									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	B	Zn (¹)
	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1 — 0,0	3,42	0,170	2,54	0,58	0,50	1274	230	17,8	23	15,1a
2 — 2,5	3,36	0,168	2,61	0,49	0,49	1090	195	19,1	21	18,7ab
3 — 5,0	3,68	0,174	2,39	0,53	0,42	1026	293	17,8	18	21,4b
4 — 7,5	3,55	0,179	2,43	0,48	0,43	1220	215	18,4	20	23,6bc
5 — 10,0	3,41	0,154	2,34	0,50	0,47	1167	238	16,6	20	28,3c
Média	3,48	0,169	2,46	0,52	0,46	1155	234	17,9	20	21,4
C. V. %	9,19	15,38	10,97	18,07	6,52	24,41	34,61	21,67	19,00	17,75
Valor de F.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**

(¹) Letras comuns entre as médias expressam diferenças não significativas, e as não comuns diferenças significativas, pelo teste Duncan ao nível de 5%.

A aplicação do sulfato de zinco tendeu a diminuir a absorção do cobre e o nitrogênio. Os demais elementos, P, K, Ca e Mg, Fe e Mn, foram pouco afetados pelos diferentes tratamentos.

b) Uma vez que os sintomas observados eram indícios de distúrbio nutricional provocado por deficiência de zinco, instalou-se, ao lado do ensaio anterior, um experimento com doses crescentes de sulfato de zinco.

Os sintomas foram visíveis até na dosagem de 2,5 quilos de sulfato de zinco por hectare. Os resultados das análises químicas das plantas acham-se no quadro 3. De todos os elementos analisados, só houve efeito dos tratamentos nos teores de zinco. A análise estatística dos dados mostrou diferenças significativas ao nível de 5% entre as doses 0, 5 e 10 kg/ha.

Os teores de zinco na planta cresceram em função das doses de sulfato de zinco aplicadas e foram de 15,1, 18,7, 21,4, 23,6 e 28,3 ppm, para as doses crescentes de 0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0 kg/ha de sulfato de zinco.

A característica comum notada em todos os ensaios, nos diferentes anos em que os sintomas se apresentaram visíveis, foi o pH desses solos, sempre inferior a 7, e, portanto, situado na faixa considerada ácida. O menor índice pH foi de 5,75, e o maior, de 6,9, e, ainda assim, na camada dos 5 primeiros centímetros da superfície do solo.

As condições de solo ácido ou levemente ácido, provocando o aparecimento de deficiência de zinco, diferem das constadas por Yoshida (6) e por Peterson e Sedberry (4), em que o pH foi sempre superior a 7, e os solos calcários.

4 — CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem tirar as seguintes conclusões:

1 — Os sintomas apresentados pelas plantas de arroz decorrem de distúrbios de ordem nutricional, causados pela carência de zinco.

2 — A ocorrência de deficiência de zinco foi constatada em solos cujo pH variava de 5,75 e 6,9.

3 — Os sintomas visuais de deficiência de zinco foram notados até o nível de 15,0 ppm do elemento existente na matéria seca da planta.

4 — Uma aplicação de 5 kg/ha de sulfato de zinco no sulco de plantio mostrou-se suficiente para evitar o aparecimento de sintomas de deficiência de zinco.

DIAGNOSIS AND PREVENTION TREATMENT, OF ZINC DEFFICIENCY
IN UPLAND RICE, CULTIVATED IN SOILS WITH pH BELOW 7,
IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL

SUMMARY

An abnormality in rice plants was recently noticed in Miguelopolis, Leme and Campinas counties (São Paulo State, Brazil) in soils with pH below 7. It affected the plants soon after germination, killing most of them. The surviving plants had their normal development delayed. Affected plants had their older leaves with brown color, except along the rim and the main vein which continued green. In some cases, leaves split along its length. Younger leaves, however, appeared normal.

The cause of these symptoms was attributed to zinc deficiency. Chemical analyses of the whole plant indicated that symptoms appear on rice plants when zinc content was below 15 ppm in dry matter.

Application of 5 kg/ha of zinc sulfate in the soil, at the planting time, was enough to avoid manifestation of deficiency signs.

LITERATURA CITADA

1. IGUE, K. & GALLO, J. R. Deficiência de zinco em milho no Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1959. 19p. (Boletim 20)
2. LOTT, W. L.; McCLUNG, A. C.; VITA, R. DE & GALLO, J. R. Levantamento de cafézais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1961. 69p. (Boletim 26)
3. PEREIRA, J. F. & VASQUEZ, A. C. Sintomas de las deficiencias de algunos minerales en planta de arroz cultivadas em solución nutritiva. Costa Rica, Ministério de Agricultura y Ganadería, 1964. 16p. (Boletim técnico 48)

4. PETERSON, F. J. & SEDBERRY JR., J. E. The effect of zinc, sulphur, iron, copper, and phosphorus on the yield of rice grown on Crowley silt loam. In: 58th Annual Progress Report, Rice Experiment Station, Crowley. Baton Rouge, Louisiana State University, 1966. p.57-58.
5. RODRIGUEZ, O. & GALLO, J. E. Levantamento do estado nutricional de pomares citricos de São Paulo pela análise foliar. *Bragantia* 20:1183-1203, 1961.
6. YOSHIDA, S. Occurrence, causes and cure of zinc deficiency of the rice plant in calcareous soils. In: Eleventh Session of FAO IRC Working Party on Rice Soils, Water and Fertilizer Practices, Kandy, Ceylon, 1968. 12fls + 11 quadros.