

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 21

Campinas, julho de 1962

N.º 41

ESTUDO DE FERTILIDADE EM SOLOS DA SÉRIE PINHÃO (1)

KOZEN IGUE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Fertilidade do Solo*
e NÉLSON C. SCHMIDT, *engenheiro-agrônomo, Estação Experimental de Pindamonhangaba*

RESUMO

Pesquisas sobre fertilidade foram efetuadas em solos da série monotípica Pinhão, da Estação Experimental de Pindamonhangaba, com a finalidade de se estudar o problema dos gradientes existentes, ou seja, desnível de fertilidade num mesmo tipo de solo, provocado por diferenças na sua composição química. Tal fenômeno se evidencia por desenvolvimento e aspecto vegetativo irregulares da cultura, formando "manchas" ou "reboleiras".

Inicialmente os trabalhos foram conduzidos em casa de vegetação, utilizando-se o trigo como planta indicadora e procurando-se comparar o solo normal com os de "manchas".

O experimento de campo foi conduzido com milho. Os resultados mostraram que os gradientes de fertilidade observados, são devidos à acidez elevada e à pobreza em elementos químicos.

A influência da adubação com NPK foi altamente significativa, tanto nas áreas normais como nas manchas restritas. O efeito do calcário e de alguns elementos menores, no aumento da produção, também foi significativo.

1 — INTRODUÇÃO

Áreas de solo com acentuado gradiente de fertilidade têm sido constatadas no Vale do Paraíba e nas regiões algodoeiras do Estado, ocasionando sensível declínio na produção agrícola. Nas áreas de menor fertilidade as plantas não se desenvolvem normalmente, e podem mesmo perecer antes de completar o ciclo normal. Na maioria dos casos, adubações efetuadas em culturas comerciais não têm resultado em uniformização do desenvolvimento vegetativo e da produtividade da cultura.

A ocorrência de acentuado gradiente de fertilidade tem sido constante em diversos tipos de solos. No Vale do Paraíba é co-

num observar-se êste fato em culturas de milho, em solos da série Pinhão, classificado como latossolo amarelo-avermelhado, de formação terciária (1). No ano agrícola de 1959/60 a sua incidência nessa cultura era generalizada, o que resultou em considerável redução na produção. Nas áreas manchadas, além de irregularidade no desenvolvimento, as plantas se mostraram visivelmente cloróticas.

McClung (2) observou, em solos do arenito de Bauru cultivados com algodão, áreas onde o pH variava ao redor de 4,2 e 4,5 nas diversas camadas, até a profundidade de 0,80 m, mostrando-se sempre abaixo de 5,0. Amostras de fôlhas de algodoeiro colhidas nessas manchas, em Presidente Prudente e Birigui, mostraram alto teor de manganês em relação ao de áreas normais.

Gonçalves Araújo (3) verificou que o crestamento do trigo está associado ao baixo pH do solo. Verificou, também, que o teor de alumínio nas áreas afetadas pelo crestamento era maior do que naquelas sem crestamento.

As análises de amostras de solo colhidas nas áreas cultivadas com milho na Estação Experimental de Pindamonhangaba mostraram que existe uma certa relação entre o desenvolvimento das plantas e a acidez do solo. As manchas de solo onde o desenvolvimento das plantas foi irregular são mais ácidas, apresentando pH de 4,18 e 4,19.

A ocorrência de gradientes de fertilidade tem sido observada, também, em solos de alguns cerrados, cuja exploração vem se intensificando.

O presente trabalho foi realizado como contribuição para estudo dos fatores que concorrem para acentuar o gradiente de fertilidade e desenvolver tratamentos adequados, visando proporcionar às plantas condições propícias ao seu desenvolvimento normal.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

O assunto foi estudado em dois ensaios, um em vasos e outro no campo, utilizando-se, para ambos, solo da série monotípica Pinhão.

Para o primeiro foram colhidas amostras de áreas normais e de duas manchas. As análises químicas dessas amostras constam do quadro 1.

QUADRO 1. — Composição química do solo normal e de manchas da série Pinhão da Estação Experimental de Pindamonhangaba.

Item	Solo 1 Normal	Solo 2 Mancha	Solo 3 Mancha
pH	5,16	4,19	4,18
PO ₄ -3 e.mg. por 100 g de solo (1)	0,20	0,15	0,12
K+ e.mg por 100 g de solo	0,39	0,09	0,07
Ca+2 e.mg por 100 g de solo	2,78	0,51	0,46
Mg+2 e.mg por 100 g de solo	1,01	0,62	0,29
H+ + Al+3 e.mg por 100 g de solo	4,90	6,85	8,90
N total em g %	0,12	0,11	0,15
C total em g %	1,26	1,08	1,72
S %	4,18	1,22	0,82
T %	9,08	8,06	9,72
V %	46,00	15,00	8,40

Usaram-se vasos de alumínio com capacidade para 1,5 kg de solo, assentados sôbre coletores do mesmo material. Como planta indicadora adotou-se o trigo, variedade Frontana.

Os tratamentos estudados, com três repetições, foram os seguintes:

- 1) Testemunha, sem adubo
- 2) NPK
- 3) NPK + calcário
- 4) NPK + enxôfre
- 5) NPK + micronutrientes (Zn, Mn, Fe, Cu, B e Mo)
- 6) NPK + calcário + enxôfre + micronutrientes (completo)

Adubação de P e K e calagem foram efetuadas no ato do plantio. Nitrogênio foi aplicado em solução, após a germinação, em duas épocas. As fontes de calcário foram CaCO₃ e MgCO₃, na proporção de 1:1, e as quantidades, baseadas em calculos para elevar o pH a 6,5, foram: solo 1, 2.000 kg por hectare; solo 2, 5.000 kg por hectare; solo 3, 6.000 kg por hectare. O trigo foi semeado em 3 de junho de 1960, deixando-se 5 plantas por vaso, após o desbaste efetuado aos 30 dias de germinado.

(1) Solúvel em H₂SO₄ 0,05 N

No quadro 2 estão indicadas as fontes dos outros elementos empregados e as respectivas quantidades.

QUADRO 2. — Fonte dos elementos e dosagens empregadas no ensaio de vaso.

Nutrientes	Fontes	Dosagem	
		Elemento	Composto
		<i>kg/ha</i>	<i>kg/ha</i>
N	NaNO ₃	200	1.250
P ₂ O ₅	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O	200	3.000
K ₂ O	KCl	120	200
S	CaSO ₄	80	400
Cu	CuSO ₄	—	20
Zn	ZnSO ₄	—	20
Fe	FeSO ₄	—	20
Mn	MnSO ₄	—	20
B	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	—	20
Mo	(NH ₄) ₂ MoO ₇ · 24H ₂ O	—	2

Em novembro de 1960, instalou-se um experimento de campo na Estação Experimental de Pindamonhangaba, em local cultivado com milho no ano anterior e onde foram observadas as anormalidades citadas.

Nesse experimento, localizado em solo da série Pinhão, foram estudados os seguintes tratamentos:

TRATAMENTOS	Descrição
1	NPK + calcário + enxôfre + micronutrientes (completo)
2	NPK + calcário + enxôfre
3	NPK + calcário + micronutrientes
4	NPK + enxôfre + micronutrientes
5	NPK
6	P + calcário
7	Torta de mamona
8	Testemunha, sem adubo

O experimento constou de 3 repetições, segundo o esquema de blocos ao acaso.

Como fontes de nitrogênio, fósforo e potássio foram empregados Nitrocálcio da Petrobrás (20,5% de N), Superfosfato triplo

(46,0% de P_2O_5) e Cloreto de potássio (60,0% de K_2O), respectivamente. Foram empregadas as seguintes dosagens: 100, 100 e 60 kg por hectare de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. No tratamento N.º 6 o fósforo na forma de Superfosfato simples na dosagem de 100 kg por hectare de P_2O_5 . A torta de mamona foi utilizada na base de 1 500 kg por hectare e aplicada na ocasião do plantio, nos sulcos. A calagem foi efetuada a lanço na ocasião do plantio com calcário dolomítico, na base de 3 000 kg por hectare. Essa quantidade de calcário foi calculada segundo dados experimentais sobre o estudo de parcelamento de calcário conduzido nessa mesma série. O enxôfre foi fornecido pelo $CaSO_4$ (com 18,0% de S), ao redor de 170 kg por hectare. Os micronutrientes, bem como o S, foram aplicados em mistura com adubação NPK por ocasião do plantio, nas seguintes dosagens: $ZnSO_4$ — 7,0 kg/ha; $MnSO_4$ — 10,0 kg/ha; $CuSO_4$ — 10,0 kg/ha; $FeSO_4$ — 7,0 kg/ha; bórax 10,0 kg/ha; molibdato de amônio — 1,0 kg/ha.

O nitrogênio foi aplicado 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura aos 35 dias.

Os resultados analíticos das amostras de solo colhidas no local da experiência são apresentados no quadro 3.

QUADRO 3. -- Composição química das amostras de solo do local do experimento de campo

Item	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
pH	4,20	4,45	4,25
PO_4^{3-} e mg por 100 g de solo (1)	0,11	0,10	0,09
K ⁺ e mg por 100 g de solo	0,05	0,05	0,14
Ca ⁺² e mg por 100 g de solo	1,09	0,93	0,85
Mg ⁺² e mg por 100 g de solo	0,37	0,32	0,19
H ⁺ + Al ⁺³ e mg por 100 g de solo	9,30	9,90	9,50
N total em g %	0,13	0,13	0,12
C total em g %	1,54	1,53	1,49
V %	14,00	11,50	11,00

Os canteiros compunham-se de 5 linhas de 10 m de comprimento, espaçadas de 1 m. A distância entre as plantas na linha foi de 0,40 m, conservando-se duas plantas por cova, quando do desbaste, efetuado aos 35 dias após a germinação, ocasião em que

(1) Solúvel em H_2SO_4 0,05 N

foi aplicado o nitrogênio em cobertura. Para efeito de cálculo foi considerada apenas a produção das três linhas centrais de cada canteiro.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

ENSAIO EM VASOS — Foi colhido em 24 de setembro de 1960 e os resultados obtidos, acham-se expressos nos quadros 4 (solo N.º 1 — normal), 5 (solo N.º 2 — mancha) e 6 (solo N.º 3 — mancha).

QUADRO 4. — Resultados médios do ensaio com trigo, em vasos contendo solo normal

Tratamento	Altura das plantas	Pêso das plantas	Produção dos grãos
	<i>cm</i>	<i>g/vaso</i>	<i>g/vaso</i>
2. NPK	61,0	13,3	3,55
4. NPK + S	65,0	14,8	3,53
5. NPK + micronutrs	70,0	14,3	3,41
6. Completo	61,0	13,0	3,00
3. NPK + Ca e Mg	65,0	12,6	2,68
1. Testemunha	41,0	8,0	1,44
d.m.s. (Tuckey)			
1%			1,62
5%			1,23

C. V. = 12,0%

QUADRO 5. — Resultados médios do ensaio com trigo, em vasos contendo solo N.º 2 (mancha)

Tratamento	Altura das plantas	Pêso das plantas	Produção de grãos
	<i>cm</i>	<i>g/vaso</i>	<i>g/vaso</i>
5. NPK + micronutrs	56,6	13,2	3,62
2. NPK	55,0	13,0	3,42
6. Completo	58,3	11,8	3,24
3. NPK + Ca e Mg	55,6	11,0	3,16
4. NPK + S	62,5	14,2	3,01
1. Testemunha	23,0	3,8	0,00
d.m.s. (Tuckey)			
1%			1,46
5%			1,06

C. V. = 3,06%

QUADRO 6. — Resultados médios do ensaio com trigo, em vasos contendo solo N.º 3 (mancha)

Tratamento	Altura das plantas	Pêso das plantas	Produção de grãos
	<i>cm</i>	<i>g/vaso</i>	<i>g/vaso</i>
6. Completo	65,0	14,8	4,75
3. NPK + Ca e Mg	60,0	14,5	4,50
4. NPK + S	55,0	13,5	3,85
2. NPK	50,0	11,6	2,92
5. NPK + micronutrs	38,3	6,8	0,78
1. Testemunha	22,6	2,0	0,00
d.m.s. (Tuckey)			
1%			0,68
5%			0,50

C. V. = 4,35%

Pela aplicação do teste de significância verificou-se que no solo normal N.º 1, a influência do NPK foi altamente significativa. No solo N.º 2, área manchada, todos os tratamentos foram altamente significativos em relação à testemunha. A adição de micronutrientes mostrou efeito benéfico, sem alcançar o nível de 5%, constituindo o melhor tratamento. No solo N.º 3, área manchada, todos os tratamentos foram significativos em relação à testemunha, ao nível de 1%. Observou-se, neste caso, um efeito altamente significativo do $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ e de CaSO_4 em relação ao NPK, e efeito prejudicial dos micronutrientes na ausência dos corretivos.

Os resultados mostram o grau de fertilidade e produtividade de cada uma dessas áreas e a reação para os diferentes fertilizantes. Pode-se observar que a fertilidade nas manchas é baixíssima, de acordo, aliás, com a sua composição química e com a produção obtida. Nos vasos sem adubo, testemunha, as plantas tiveram um desenvolvimento muito fraco e não produziram. O ensaio de vaso mostrou que no solo N.º 1, a adição de NPK, somente, foi suficiente para aumentar a produção, enquanto que a inclusão de outros elementos não a influenciou significativamente. Reação idêntica foi observada no solo N.º 2 (mancha). Não houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos, todos superiores ao testemunha. Com a adição de NPK, somente, a produção não diferiu do tratamento completo. No solo N.º 3 (mancha) os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos contendo calcário, ao passo que a ação dos micronutrientes se mostrou pre

judicial. Provavelmente, devido ao alto teor em acidez total, o uso de micronutrientes na ausência de corretivos, teve efeito tóxico. No solo N.º 2, dada a porcentagem de saturação em bases ser pouco mais elevada, a ação dos micronutrientes parece mostrar-se benéfica.

EXPERIMENTO DE CAMPO — Foi o experimento colhido em 16 de abril de 1961. Os resultados constam do quadro 7.

QUADRO 7. — Resultados do experimento de campo, com milho, na série Pinhão, Estação Experimental de Pindamonhangaba

Tratamento	Pêso das espigas	Pêso dos grãos	Pêso dos grãos	Índice %
	<i>kg/cant.</i>	<i>kg/cant.</i>	<i>kg/ha</i>	
Completo	7,27	5,80	1.930	512
NPK + calc. + S ...	6,67	5,30	1.760	468
NPK + calc. + micronutrs	8,27	6,57	2.200	580
NPK + S + micronutrs	6,20	4,90	1.630	432
NPK	5,23	4,20	1.400	370
P + calc.	3,77	2,97	970	262
Torta mamona	3,10	2,43	800	215
Testemunha	1,53	1,13	370	100
d m s. (Tuckey)				
1%		2,35		
5%		1,87		

C. V. = 12,7%

Com exceção dos tratamentos N.ºs 6 e 7, adubação de fósforo + calcário e torta de mamona, respectivamente, os demais se revelaram altamente significativos em relação à testemunha, ao nível de 1%, sobressaindo-se a ação do calcário e de micronutrientes. Este fato confirma o efeito do calcário constado no ensaio em vaso com o solo N.º 3. No presente ensaio, o zinco poderia ser apontado como um dos micronutrientes limitantes da produção, pois aos 35 dias notou-se em algumas plantas sintomas de carência desse elemento. O enxofre mostrou ação prejudicial, apesar de não ser significativa.

Pelas análises desses solos, pode-se observar que o pH se acha ao redor de 4,3 com teor de acidez trocável ($H^+ + Al^{+3}$), de 9,5 e.mg. por 100 g de solo, o que mostra sua baixa fertilidade, prin-

cialmente nas encostas, onde é maior a influência da erosão. Pelos dados do quadro 3 pode-se observar a baixa capacidade de produção dessa série do Terciário. A adubação com NPK isolada quadruplicou a produção, e juntando-se-lhe calcário com micronutrientes, o aumento foi 6 vezes, praticamente.

Anormalidades observadas em culturas de milho, nessa série têm como fator principal, o baixo teor em bases e acidez elevada. O quadro 1, mostra que um solo normal apresentou uma porcentagem de saturação em bases de 46,0% e acidez trocável de 4,9 e.mg. por 100 g de solo, enquanto que naqueles, em que plantas de milho apresentaram anomalias, a porcentagem de saturação em bases não passou de 15,0%, com acidez trocável entre 6,85 a 9,90 e.mg.

Pierre (4) verificou existir correlação entre a concentração de alumínio na solução do solo e o crescimento das plantas de milho em solos ácidos. Na presença de grandes quantidades de alumínio na solução do solo, foram observadas injúrias em plantas de milho, quando era alto o grau de saturação em bases, acontecendo o inverso em solos com baixo teor desse elemento. Magistad (5), relacionando o teor de alumínio solúvel e acidez do solo, constatou que para o milho, num intervalo de pH de 5,0 a 7,0, o efeito benéfico da calagem resulta do decréscimo na acidez e no alumínio solúvel.

No presente estudo, a amostra N.º 3 foi a que apresentou acidez trocável mais elevada, acontecendo o inverso com relação à saturação em bases. O teste de vaso mostra claramente a reação do calcário, mais acentuada na amostra N.º 3 e menos na de N.º 2, não havendo praticamente efeito na amostra N.º 1.

Para verificação da influência da matéria orgânica sobre a produção nas áreas manchadas, incluiu-se no ensaio o tratamento N.º 7, torta de mamona, que foi aplicada em quantidade correspondente a 80 kg de N por hectare, adubação essa considerável. No entanto, a produção resultante de milho foi muito pequena. De modo geral, pode-se concluir que o emprêgo da torta pouco afetou a produção em comparação aos outros tratamentos. O mesmo pode-se dizer do tratamento N.º 6, fósforo com calcário, incluído no plano para estabelecer correlação entre as séries monotípicas: Pinhão e Pinda. Nesta, a calagem e o fósforo aumentam consideravelmente a produção de milho.

De acôrdo com os dados de produção do experimento de campo, a solução do problema da adubação e aproveitamento desses solos, está baseado no tratamento N.º 3. Resta, todavia, saber as dosagens adequadas de fertilizantes N, P e K, que possibilitem aplicação em bases econômicas.

Nos solos onde se verifica o desnível de fertilidade, a amostra composta pode, em muitos casos, não representar a realidade. Em consequência, o cálculo de calagem baseado em sua análise, pode subestimar as necessidades de material corretivo desses solos.

4 — CONCLUSÕES

O presente estudo leva às conclusões:

a) Os gradientes de fertilidade (manchas), notados em solos da série Pinhão são devidos, principalmente, à acidez elevada e à pobreza dos diversos elementos químicos.

b) Os solos que apresentam tais características devem ser amostrados detalhadamente, pois, do contrário, a análise efetuada não poderá representar a realidade, dando um quadro não real e levando a empregar quantidades não exatas de corretivos e de fertilizantes.

c) Os efeitos do calcário e de alguns elementos menores, foram significativos no aumento da produção das áreas manchadas.

d) A influência da adubação NPK foi, também, altamente significativa. Não se notou efeito significativo do sulfato de cálcio no aumento da produção.

FERTILITY STUDIES ON SOILS OF THE PINHÃO SERIES

SUMMARY

Fertility studies were carried out on soils belonging to the "Serie Pinhão" — "Monotípica" from the Pindamonhangaba Experiment Station, Paraíba Valley. The purpose of these studies was to investigate the problem of fertility spots shown by crops grown on these soils and which are attributed to differences in chemical composition between the areas where the plants are normal and those where they are stunted.

Soil samples were taken from field areas where corn plants were normal and from spots where the plants were stunted. The influence of adding NPK fertilizers, lime, and micronutrients to both types of soils was studied comparatively in a greenhouse pot test, using wheat as a test plant. Also, a nearly similar fertilizer field trial was carried out including areas of the two types.

The results obtained in the experiments indicated that the stunting shown by corn plants growing in certain areas of the planting was due principally to high soil acidity and low percentage base saturation. The use of lime and some micronutrients was effective in increasing the yield. NPK fertilizers induced highly significant responses both normal and in areas where the plants were stunted.

LITERATURA CITADA

1. KUPPER, A., VERDADE, F. C., HUNGRIA, L. S. [e outros]. Levantamento pedológico da Estação Experimental de Pindamonhangaba. *Bragantia* 19: [829]-849. 1960.
2. McCLUNG, A. C. Projeto de adubação de algodão no Estado de São Paulo. São Paulo, IBEC Research Institute, 1959. (Não publicado).
3. GONÇALVES, J. R. ARAÚJO. Alumínio trocável, possível causa de crestamento do trigo. Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 2ª. Campinas, 1949. *Anais. Soc. Bras. Ciên. Solo*, 1953, p. 329-337.
4. PIERRE, W. H. Hydrogen-ion concentration, aluminum concentration in the soil solution, and percentage base saturation as factor affecting plant growth on acid soils. *Soil Science* 31:183-207. 1931.
5. MAGISTAD, O. C. The aluminum content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. *Soil Science* 20: 181-213, 1925.