

# BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo

Vol. 27

Campinas, abril de 1968

N.º 15

## A ANÁLISE FOLIAR NA NUTRIÇÃO DO MILHO

### I — CORRELAÇÃO ENTRE ANÁLISE DE FÓLHAS E PRODUÇÃO (1)

J. ROMANO GALLO, RÚTER HIROCE, *engenheiros-agrônomo*s, Laboratório de Análise Foliar, e LUIZ T. DE MIRANDA, *engenheiro-agrônomo*, Seção de Cereais, Instituto Agrônômico

#### SINOPSE

Análises de fôlhas de milho (híbrido H-6999B) foram correlacionadas com as produções em 31 ensaios de adubação em diferentes localidades e solos do Estado de São Paulo.

Num total de 24 ensaios para nitrogênio e 26 para o fósforo foram encontradas as correlações: nitrogênio,  $r = 0,51++$ ,  $y = -4,26 + 28,66 x$ ; e fósforo,  $r = 0,47++$ ,  $y = 43,21 + 160,83 x$ .

As correlações para nitrato não foram consistentes. A omissão de enxôfre na presença de NPK resultou em decréscimo variável na produção e no teor de  $S-SO_4$  nas fôlhas.

Com base nos resultados foram estabelecidos os seguintes níveis limiares nas fôlhas: nitrogênio (N) = 2,90%; fósforo (P) = 0,230%; potássio (K), latossolo roxo = 1,70%; solos podzolizados com cascalho = 2,80%; outros solos = 2,10 a 2,70%.

### 1 — INTRODUÇÃO

Os resultados da experimentação têm revelado ser mais comum nos solos do Estado de São Paulo a resposta, em milho, tanto ao nitrogênio quanto ao fósforo, e bem menos freqüente ao potássio. Mais recentemente, casos de reação ao enxôfre têm sido evidenciados, e os resultados confirmados pela análise foliar (5).

Num primeiro estudo sobre a nutrição nitrogenada do milho (2) estabeleceu-se a técnica de amostragem de fôlhas aqui utilizada, principalmente quanto a sua antecipação em relação à idade da planta. Assim, com base na análise das fôlhas tomadas 60 dias depois do plan-

(1) Trabalho apresentado ao XI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, realizado em Brasília, Distrito Federal, de 17 a 27 de julho de 1967. Executado com auxílio prestado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Recebido para publicação em 11 de dezembro de 1967.

tio foram obtidas correlações entre os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e a produção, numa série de experimentos de adubação mineral com cinco níveis de N, P e K conduzidos durante os anos agrícolas de 1962/63 e 1963/64 (4, 5). Este trabalho trata principalmente do estudo dessas correlações baseado nos resultados de três anos obtidos até 1964/65.

Nesses ensaios foi usado o híbrido H-6999B, que ocupa metade da área cultivada com milho no Estado, ou seja, aproximadamente 700.000 hectares.

Entre os vários fatores que influem no teor dos elementos na planta, destacam-se as diferenças entre genótipos (6). A influência do híbrido como fator de variação de concentração de elementos nas folhas foi relatada mais recentemente por Baker, Bradford e Thomas (1). Por essa razão os resultados do presente trabalho devem ser encarados como válidos para o híbrido estudado.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados ao todo 31 ensaios de adubação em milho (híbrido H-6999B) com delineamento central composto (Box), com cinco doses de N, P e K e mais um tratamento extra com enxôfre na testemunha (sem NPK) e na dose central, em duas repetições (4, 5). As localidades, reunidas por grupos de solo, e os anos em que os ensaios foram colhidos constam do quadro 1.

As amostras de folhas foram tomadas para análise 60 dias após o plantio, segundo técnica descrita nos trabalhos já citados. O têrço basal clorofilado da folha +4 foi utilizado para análise dos elementos N, P, K, Ca, Mg e S-SO<sub>4</sub> (7, 8), e o N-NO<sub>3</sub> determinado na nervura da mesma fração (3).

Nos estudos de correlação foram utilizadas como resultados individuais as médias dos teores dos elementos e de produção obtidas das duas repetições.

## 3 — RESULTADOS OBTIDOS

### 3.1 — ESTUDOS DE CORRELAÇÃO

A fim de serem comparadas as produções dos diferentes ensaios,

Quadro 1. — Coeficientes de correlação (r) entre teores dos elementos nas folhas de milho e porcentagem de produção de grãos (1)

Grandes grupos de solos e localidades	1962/63			1963/64			1964/65				
	N-NO <sub>3</sub>	N	P	K	N-NO <sub>2</sub>	N	P	K	N-NO <sub>2</sub>	N	P
TERRA ROXA ESTRUTURADA											
Botucatu .....	---	0,72**	0,79**	0,41**	---	---	0,82**	---	0,31	0,69**	0,57*
Tatuí .....	---	---	---	---	---	---	---	---	0,42	0,37	0,34
LATOSSOLO ROXO											
a) alta fertilidade											
Jatú .....	0,72**	0,90**	0,88**	0,01	---	---	0,38	0,07	0,28	0,10	0,72**
Ribeirão Preto .....	0,74**	0,79**	0,81**	0,56*	0,01	0,25	0,02	0,47**	0,82	0,52*	0,92**
São Joaquim .....	---	---	---	---	---	---	---	---	0,34	---	0,72**
b) baixa fertilidade											
São Simão I .....	---	---	---	---	---	---	---	---	0,16	0,79**	0,84**
São Simão II .....	---	---	---	---	---	---	---	---	0,46	0,58*	0,78**
LATOSSOLO VERMELHO ESCURO-ORTO											
Limreira .....	---	---	---	---	0,09	0,00	---	0,32	0,20	0,45	0,20
Piracicaba .....	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO — FASE TERRAÇO											
Pindamonhangaba .....	---	---	---	---	---	0,35	0,13	---	---	0,28	0,16
LATOSSOLO VERMELHO AMARELO — FASE ARENOSA											
Franca .....	---	---	---	---	---	---	---	---	0,19	0,30	0,03
Podzolizados de Lins e Marília											
Pindorama .....	0,17	0,85**	---	0,49*	---	---	---	---	0,78**	0,60*	0,77**
Podzolizados com cascalho											
Mococa .....	---	0,56**	0,83**	---	0,32	---	0,35	0,25	0,68**	0,70**	0,74**
Pinhal .....	---	0,78**	0,75**	---	---	---	0,63**	0,51**	0,04	0,40	0,68**
Itatiba .....	0,65**	---	---	---	---	---	---	---	---	0,61	0,68**
Podzólio VERMELHO AMARELO VARIAÇÃO LARAS											
Tietê .....	---	---	---	---	0,76**	0,03	---	0,02	0,76**	0,60**	0,79**

(1) Para o cálculo das porcentagens de produção considerou-se a produção máxima dentro de cada ensaio igual a 100.

\*\* = Significativo ao nível de 1%; \* = significativo ao nível de 5%.

utilizou-se o critério de porcentagem, para expressar êsses dados. Considerou-se, em cada ensaio, a produção máxima igual a 100, obtendo-se os demais dados em relação a êsse valor.

Para efeito de diagnose admitiu-se, como adequado, um teor nas fôlhas de cada elemento correspondente a 80% da produção máxima, encontrado através das equações de regressão.

### 3.1.1 — NITROGÊNIO NAS FÔLHAS E PRODUÇÃO

Foram determinados coeficientes de correlação entre o teor de nitrogênio nas fôlhas e a porcentagem de produção em cada um dos ensaios. Dêsses, 13 apresentaram coeficientes de correlação positivos e significativos (quadro 1). Baseado no total dêsse número de ensaios foi determinado o coeficiente de correlação  $r_1 = 0,67^{**}$  e calculada a equação de regressão:  $y = -33,11 + 38,99 x$ , onde  $y$  é a porcentagem de produção, e  $x$  o teor de N nas fôlhas. Quando  $y = 80\%$  chega-se ao nível de 2,90% de N nas fôlhas.

Incluindo-se mais 11 ensaios com coeficientes de correlação positivos e não significativos, obteve-se um coeficiente de correlação  $r_2 = 0,51^{++}$  para o total de 24 ensaios. Pela equação de regressão obtida,  $y = 4,26 + 28,66 x$ , a uma produção de 80% da máxima correspondeu um teor de 2,93% de N total nas fôlhas, em concordância com o resultado anterior.

### 3.1.2 — NITRATO NAS FÔLHAS E PRODUÇÃO

Os resultados obtidos (quadro 1) mostram algumas correlações positivas e significativas, por ensaio, em número menor do que para o nitrogênio total. A variação verificada entre localidades e dentro de uma localidade, de um ano para outro, no teor de nitrato nas fôlhas limita o valor de sua aplicação nos estudos de diagnose foliar, observação, aliás, já feita em trabalho anterior (4).

Para cada um dos 8 ensaios em que houve correlação foi calculado o teor de nitrato nas fôlhas associado a uma produção equivalente a 80% da máxima, tendo sido obtida grande variação nos respectivos teores. Reunidos por grandes grupos de solo, êsses valores foram os

seguintes: solos podzolizados de Lins e Marília, 736 ppm; podzóico vermelho amarelo variação Laras 250 — 2315 ppm; latossolo roxo, 119 — 900 ppm; solos podzolizados com cascalhos, 417 — 1500 ppm.

### 3.1.3 — FÓSFORO NAS FÔLHAS E PRODUÇÃO

Para o fósforo foram aproveitados 18 ensaios com coeficientes de correlação positivos e significativos (quadro 1), obtendo-se um coeficiente de correlação  $r_1 = 0,46^{++}$ , para êsse total, e a seguinte equação de regressão:  $y = 49,07 + 137,47 x$ , onde  $y$  representa a porcentagem de produção e  $x$  o teor de fósforo total nas fôlhas. Para  $y = 80\%$ , obtém-se um teor de 0,224% de P nas fôlhas.

Reunindo-se os 26 ensaios em que houve correlações positivas (quadro 1) foi encontrada uma correlação  $r_2 = 0,47^{**}$ ,  $y = 43,21 + 160,83 x$  e calculado um teor de 0,228% de P nas fôlhas, valores muito próximos dos conseguidos anteriormente.

### 3.1.4 — POTÁSSIO NAS FÔLHAS E PRODUÇÃO

Devido a grande dispersão dos teores de potássio nas fôlhas, nos ensaios entre diversas localidades, não é conveniente estabelecer um único nível correlacionado com altas produções para a diagnose da nutrição potássica. De acôrdo com os tipos de solo em que foram instalados os ensaios, pôde-se estabelecer alguma distinção peculiar a certos grupos quanto aos teores de potássio nas fôlhas: teores freqüentemente mais baixos nos ensaios de latossolo roxo e mais elevados nos solos podzolizados com cascalho. Embora dentro de uma faixa de teores elevados, os ensaios nos solos podzolizados com cascalho não se mostraram indiferentes à adubação potássica. Assim, a média de 7 ensaios no latossolo roxo foi de 1,97%, enquanto no podzolizado com cascalho se obteve em 8 ensaios um teor médio de 2,68% de K. Baseado nisso, para efeito de correlação, os dados foram estudados em três grupos, incluindo-se no terceiro os demais ensaios pertencentes a outros tipos de solo.

No latossolo roxo, o coeficiente de correlação achado foi  $r = 0,37^{**}$ , permitindo o cálculo da equação de regressão  $y = 53,81 + 15,20 x$ . Para  $y = 80\%$ ,  $x = 1,72\%$  de K nas fôlhas.

No podzolizado com cascalho obtiveram-se um coeficiente de correlação  $r = 0,45^{**}$  e a equação de regressão  $y = 22,48 + 20,27 x$ , o que dá para 80% da produção máxima um teor de 2,83% de K nas folhas.

Em vista do terceiro grupo de ensaios ser heterogêneo pela diversificação da influência do complexo solo-clima, deve-se estudá-lo separadamente. Algumas correlações positivas e significativas foram obtidas (quadro 1). Para uma produção de 80% da máxima, nos ensaios em que houve correlação, a faixa de variação do teor de K nas folhas foi de 2,08% — 2,74%.

### 3.2 — OUTROS ELEMENTOS: S, Ca E Mg

Para informações adicionais, as folhas foram analisadas nos elementos enxôfre, cálcio e magnésio.

O enxôfre foi determinado como S-SO<sub>4</sub> nas folhas dos tratamentos na dose central de NPK, com e sem enxôfre. A dose central inclui 60 kg/ha de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e 30 kg/ha de K<sub>2</sub>O aplicados nas formas de Nitrocálcio, superfosfato triplo e cloreto de potássio (2). Todos os tratamentos receberam uma dose de enxôfre de 40 kg/ha, na forma de sulfato de cálcio. A diferenciação foi feita omitindo-se o enxôfre em dois tratamentos extras, sem adubo e na dose central de NPK.

No quadro 2 figuram, por ano, as localidades em que houve resposta à adubação sulfatada na dose central. Os aumentos de produção verificados nos ensaios de Tatuí e Limeira, a julgar pelos teores de enxôfre encontrados nas folhas, não podem ser atribuídos somente à adubação com êsse elemento.

Com as adubações dos ensaios aplicaram-se indiretamente cálcio e magnésio no solo; êsses efeitos, porém, não serão aqui analisados.

Uma idéia dos teores de cálcio e magnésio nas folhas associados a produções elevadas é dada no quadro 3. Para comparação incluíram-se os dados relativos ao potássio.

É fato conhecido que os teores de cálcio e magnésio guardam uma relação inversa com o teor de potássio nas folhas, também em milho.

(2) Essa adubação foi feita no segundo e terceiro anos de execução dos ensaios, uma vez que no primeiro usaram-se sulfato de amônio e superfosfato simples, como fontes de N, P e S, e nos tratamentos sem enxôfre, salitre do Chile e superfosfato triplo.

QUADRO 2. — Produções de milho em grãos por hectare e teores de enxofre nas folhas nos tratamentos com e sem enxofre, na presença da dose central de NPK

Localidade	Produção em grãos		Aumento em porcentagem	Teor de enxofre S-SO <sub>4</sub> nas folhas	
	Com enxofre	Sem enxofre		Com enxofre	Sem enxofre
	kg/ha	kg/ha		ppm	ppm
1962/63					
Itatiba .....	6000	5200	15,3	210	99
Botucatu .....	5300	2900	82,7	273	111
1963/64					
Itatiba .....	3559	2879	23,6	162	105
Botucatu .....	3870	3309	16,9	164	129
Ribeirão Preto .....	3600	3560	1,1	294	221
Jaú .....	3783	3561	6,2	247	200
Pindorama .....	2266	2093	8,2	341	173
Pindamonhangaba .....	5333	4416	20,7	285	252
Piracicaba .....	4157	3277	26,8	122	38
Tatui .....	983	541	81,7	187	182
1964/65					
Itatiba .....	4082	2899	40,9	350	226
Botucatu .....	4839	4719	2,5	415	316
Ribeirão Preto .....	5992	5656	5,9	348	314
Jaú .....	5821	5458	6,6	342	293
S. Joaquim da Barra .....	5260	4413	4,7	306	283
Pinhal .....	4109	3924	4,7	301	204
Franca .....	890	500	78,0	279	225
Limeira .....	2346	955	145,6	583	566

Quadro 3. — Teores de potássio, cálcio e magnésio nas folhas, correspondentes a 80% ou mais da produção máxima

Grande grupo de solos	Teor dos elementos nas folhas					
	K		Ca		Mg	
	Dispersão	Média	Dispersão	Média	Dispersão	Média
	%	%	%	%	%	%
Terra roxa estruturada ..	1,69 — 2,86	2,28	0,30 — 0,85	0,58	0,12 — 0,48	0,27
Latossolo roxo alta fer-tilidade .....	1,31 — 2,48	2,01	0,42 — 0,89	0,64	0,21 — 0,59	0,37
Latossolo roxo baixa fer-tilidade .....	2,07 — 2,77	2,40	0,38 — 0,53	0,44	0,14 — 0,32	0,20
Latossolo vermelho es-curo-orto .....	1,04 — 2,62	1,71	0,36 — 0,97	0,70	0,14 — 0,68	0,43
Latossolo vermelho ama-relo — fase terraço ..	2,10 — 2,58	2,39	0,21 — 0,44	0,30	0,16 — 0,23	0,19
Podzoliczados de Lins e Marilá .....	1,94 — 2,90	2,43	0,28 — 0,47	0,35	0,15 — 0,25	0,19
Podzoliczados com casca-lhos .....	2,24 — 3,40	2,82	0,26 — 0,66	0,39	0,12 — 0,34	0,21



Loué (7), ao estudar a nutrição catiônica do milho fez uma revisão da literatura sobre esse assunto. Aqui, em dois terços dos ensaios foram obtidas correlações negativas entre cada um dos teores de cálcio ou magnésio e de potássio. Assim sendo, os dados do quadro 3 foram reunidos segundo o mesmo critério adotado no estudo de correlação entre o teor de potássio nas folhas e produção. Os teores mais elevados de cálcio e magnésio corresponderam a teores mais baixos de potássio e vice-versa.

#### 4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Para serem aplicados no controle das adubações, é necessário que os níveis dos elementos nas folhas correlacionados com boas produções, estabelecidos através de vários anos de experimentação, possam ser considerados limiares também nos anos sucessivos, pelo menos para localidades que apresentem idênticas condições. Por essa razão, se numa série de ensaios forem notadas influências definidas na composição das folhas, associadas aos fatores solo e clima, devem eles ser separadamente estudados em grupos, de acordo com a influência comum observada. É o caso do potássio no presente estudo. Os teores de nitrato nas folhas associados a boa produção escapam inclusive a essa situação, uma vez que variaram de um ano para outro e, num mesmo ano, em diferentes localidades. A influência das variações climáticas sobre o teor de nitrato nas folhas de ano para ano, torna pouco precisos os limites para esse índice associados a altas produções, no milho.

Correlações foram encontradas entre os teores dos nutrientes nas folhas e a porcentagem de produção para os elementos: nitrogênio total (N),  $r = 0,51^{**}$ ; fósforo total (P),  $r = 0,47^{**}$ , o que permitiu calcular, através da equação de regressão, níveis adequados para a diagnose da nutrição do milho nas diferentes condições de solo e clima estudadas. Considerando adequado um teor correspondente a 80% para cima da produção máxima, chega-se a um nível mínimo de 2,90% de N e de 0,230% de P nas folhas.

Apesar de terem sido obtidas correlações dos teores de potássio e nitrato com a produção, estas não podem ser generalizadas, pelos motivos já mencionados.

No caso do potássio estabeleceu-se a seguinte distinção de níveis nas folhas, de acordo com os grupos de solo: latossolo roxo, 1,70%; podzolizado com cascalho, 2,80%; outros solos, 2,10 — 2,70% de K.

Os resultados obtidos para o enxôfre servem para dar uma indicação de que a falta de enxôfre nas adubações no milho poderá resultar num decréscimo variável de produção nos solos do Estado de São Paulo.

Parece que os teores médios de cálcio e magnésio obtidos da faixa de valores revelados na análise das plantas que produziram no mínimo 80% da produção máxima, em cada caso citado (quadro 3), devem estar contidos nas folhas para uma nutrição provavelmente adequada.

#### LEAF ANALYSES IN CORN PLANT NUTRITION. III — CORRELATIONS OF LEAF ANALYSIS WITH YIELD

##### SUMMARY

A correlation between foliar analysis and yield of corn was established, based on 31 fertilizer experiments conducted during the period of 1962-64, at 16 different localities of the State of São Paulo. In these trials five levels each of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O were used; plots with and without sulfur were also included.

Arranging in groups all the trials showing positive coefficients of correlation for total nitrogen (24 trials) and phosphorus (26 trials), the following correlations for total nitrogen (24 trials) and phosphorus (26 trials), the following correlations were found in each case: nitrogen,  $r = 0.51^{**}$ ,  $y = -4.26 + 28.66 x$ ; phosphorus,  $r = 0.47^{**}$ ,  $y = 43.21 + 160.83 x$ .

As the K content of leaves was affected mainly by soil type, the correlations for leaf potassium were obtained separately special consideration being given to this circumstance.

The nitrate content of midribs, required for best yields, varies in the same year from locality to locality and in the same site, from year to year. This uncontrollable variability, of course, makes the interpretation of nitrate data difficult.

The plants not receiving sulfur averaged low yields and had lower sulfate-sulfur content in the leaves. [The normal ones had 40 kg S per hectare but all plots received a central dose of 60 kg per hectare of each N or P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, and 30 kg per hectare of K<sub>2</sub>O].

It seems that the mean values for calcium and magnesium in leaves, obtained from the range of levels which provides high yields, may be indicative of normal composition.

Limiting leaf nutrient values associated with 80 per cent maximum yields in the field are as follows: nitrogen (N), 2.90%; phosphorus (P), 0.230%; potassium (K) — latosolic B terra roxa type of soil, 1.70%; gravelly podzolized soils, 2.80%; other soil types, 2.10 — 2.70%.

## LITERATURA CITADA

1. BAKER, D. E.; BRADFORD, B. R. & THOMAS, W. I. Leaf analysis of corn. Tool for predicting soil fertility needs. *Better Crops with Plant Food* 50(2):36-40, 1966.
2. GALLO, J. R. & COELHO, F. A. S. Diagnose da nutrição nitrogenada do milho, pela análise química das folhas. *Bragantia* 22:[537]-548, 1963.
3. ——— & LOTT, W. L. Método simplificado para determinação de nitrato, nas folhas, com o ácido fenoldissulfônico. *Bragantia* 24:[III]-VII, 1965. Nota 2.
4. ———, COELHO, F. A. S. & MIRANDA, L. T. A análise foliar na nutrição do milho. I — Resultados preliminares. *Bragantia* 24:[XLVII]-LIII, 1965. Nota 9.
5. ———; HIROCE, R. & MIRANDA, L. T. A análise foliar na nutrição do milho. II — Resultados de ensaios de adubação com N-P-K-S e micronutrientes. *Bragantia* 24:[LXXI]-LXXVII, 1965. Nota 14.
6. GORSLINE, G. W.; THOMAS, W. I. & BAKER, D. E. Inheritance of P, K, Mg, Cu, B, Zn, Mn, Al and Fe concentrations by corn (*Zea mays* L.) leaves and grain. *Crop. Sci.* 4:207-210, 1964.
7. LOTT, W. L.; NERY, J. P.; GALLO, J. R. & MEDCALF, J. C. A técnica de análise foliar aplicada ao caféiro. Campinas, Instituto Agrônomo, 1956. 29p. (Boletim 79).
8. ———, McCLUNG, A. C.; VITA, R. & GALLO, J. R. Levantamento de cafézeais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1961. 69p. (Boletim 26).
9. LOUÉ, A. Contribuição para o estudo da nutrição catiônica do milho, principalmente a do potássio. III — A nutrição catiônica do milho e a diagnose foliar. *Fertilité* 20:33-50, 1963.