

A ANÁLISE FOLIAR NA NUTRIÇÃO DO MILHO. II — RESULTADOS DE ENSAIOS DE ADUBAÇÃO COM N-P-K-S E MICRONUTRIENTES (1). J. ROMANO GALLO, RÚTER HIROCE e LUIZ T. DE MIRANDA. Este relato trata de fases de desenvolvimento do método de análise foliar do milho e de sua aplicação nos problemas de campo, em continuação a um programa de trabalho. A utilidade do método depende da relação obtida entre a composição do tecido analisado, a quantidade de adubo fornecida e a produção. A existência dessa relação no milho tem sido evidenciada por resultados experimentais, em solos do Estado de São Paulo. A análise foliar, como é aplicada, tem por objetivo principal determinar os níveis dos elementos nas folhas, acima dos quais as respostas à adubação seriam duvidosas ou fracas.

Método de amostragem — A técnica de amostragem de folhas foi estudada em um ensaio fatorial NPK 3x3x3, onde nitrogênio e fósforo determinaram aumento de produção (2). Pelos resultados desse trabalho, ficou demonstrado que a análise foliar pode ser usada como método de diagnóstico da nutrição nitrogenada do milho, quando efetuada aos 60 dias depois do plantio (época em que aparece a flecha floral ou pouco antes). Nesta idade, em que tem início uma absorção ativa de nitrogênio pela planta, ainda há tempo para correção da deficiência.

A posição da folha na planta é definida pelo sistema de Kuijper como folha de posição +4. Uma comparação entre partes das folhas em que foram divididas — base, meio e ponta — indicou o terço basal como mais adequado ao estudo, sendo o nitrato dosado na nervura e o nitrogênio total na porção remanescente da amostra. A diagnose da deficiência de fósforo, potássio, enxôfre e micronutrientes é baseada na composição da porção clorofilada da base da folha.

Diagnose da nutrição NPK — As pesquisas até agora conduzidas permitem estabelecer índices aproximados de composição das folhas de milho, colhidas segundo a técnica descrita, indicativos de produções elevadas.

Resultados da análise foliar de amostras tomadas durante os anos agrícolas de 1962/63 e 1963/64, numa série de experimentos de aduba-

(1) Trabalho apresentado à VI Reunião Brasileira de Milho, realizada em Campinas e Piracicaba, São Paulo, de 10 a 13 de maio de 1965. Executado com auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Recebida para publicação em 23 de maio de 1965.

(2) GALLO, J. R. & COELHO, F. A. S. Diagnose da nutrição nitrogenada do milho, pela análise química das folhas. *Bragantia* 22:[537]-548, 1963.

ção mineral com delineamento central composto (Box), localizados em diferentes solos, mostraram estreita relação entre a composição da folha e a produção. Nesses experimentos, o nitrogênio e o fósforo foram empregados à razão de 0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha de N e P_2O_5 , respectivamente, e o potássio, nas doses de 0, 15, 30, 45 e 60 kg/ha de K_2O . A sexta parte de N foi distribuída com os demais adubos, nos sulcos de plantio, e o restante, em cobertura, 40-50 dias mais tarde.

As correlações positivas encontradas entre cada um dos teores de N e P nas folhas (x) e a produção de grãos (y) permitiram calcular as seguintes equações de regressão: nitrogênio, $y = 2,58 + 26,94 x$; fósforo, $y = 53,35 + 121,11 x$. A produção é expressa em porcentagem da produção máxima, dentro de cada experimento. Para cada variação de 0,1% de N ou P na folha foi calculada uma variação média de 135 e 600 kg/ha, respectivamente, nas condições dos diversos ensaios. As equações estão baseadas nos resultados de 12 ensaios para o nitrogênio e 11 para o fósforo, e em cada caso obtiveram-se os coeficientes de correlação $r_1 = 0,50^{**}$ e $r_2 = 0,40^{**}$, respectivamente. Não foi obtida correlação para o potássio; porém o teste de frequência em 5 ensaios revelou uma tendência de aumento de produção com o aumento do teor de K nas folhas, significativa ao nível de 1%. Com a inclusão de novos ensaios e outras condições de solos no segundo ano, a dispersão para o potássio passou a ser bastante grande, razão pela qual o estudo ficou limitado a 5 ensaios, conduzidos no primeiro ano (3). (quadro 1).

QUADRO 1. — Distribuição percentual das amostras de acordo com o teor de potássio nas folhas

Teor de K na folha	Dispersão percentual	
	5 ensaios - 62/63	10 ensaios - 63/64
Abaixo de 2,00	13	18
Entre 2,00 e 3,00	87	59
Acima de 3,00	0	23

Quando $y = 80\%$, chega-se aos seguintes níveis nas folhas: 2,90% de nitrogênio (N) e 0,220% de fósforo (P), índices mais elevados, prin-

(*) GALLO, J. R., COELHO, F. A. S. & MIRANDA, L. T. A análise foliar na nutrição do milho. I — Resultados preliminares. *Bragantia* 24:[] . 1965.

principalmente o fósforo, do que os obtidos para um menor número de ensaios (8). Em relação ao potássio, observou-se que a produção cai para menos de 80%, quando os níveis nas fôlhas estão abaixo de 2,10% de K. Esses níveis, na prática, com as ressalvas feitas ao potássio, podem ser propostos como limiares — valores na faixa de limites entre suficiência e deficiência de nutrição, no milho.

Reação ao enxôfre — O efeito do enxôfre foi estudado na presença da dose central de 60 kg/ha de cada um dos elementos fertilizantes N ou P_2O_5 , e 30 kg/ha de K_2O , aplicados como nitrocálcio, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O tratamento com enxôfre inclui 40 kg de S por hectare, fornecidos na forma de sulfato de cálcio. Nos solos de seis experimentos em que houve reação ao enxôfre, verificaram-se aumentos de produção variáveis de 6,2% a 26,8% dos tratamentos adubados sôbre os não adubados com êsse elemento.

Os teores médios de $S-SO_4$ nas fôlhas variaram entre 122 a 341 ppm, nas plantas tratadas, e entre 38 e 252 ppm, nas não tratadas com enxôfre. Dois dêstes ensaios (Botucatu e Itatiba) mostraram respostas ao enxôfre na produção e composição das fôlhas, nos dois anos estudados. Somados, por enquanto, aos resultados de 1962/63, e exceto os de um experimento, localizado em solo terciário do Vale do Paraíba, nos demais solos um teor de, aproximadamente, até 200 ppm de $S-SO_4$, na matéria sêca das fôlhas constitui um ponto de referência para adubação com enxôfre.

Nitrato nas fôlhas — Uma grande faixa de variação no teor de nitrato das fôlhas foi encontrada de acôrdo com os solos, nos diversos experimentos conduzidos. Para a dose central de 60 kg/ha de N e uma produção de 80% da máxima, os teores médios de $N-NO_3$ nas fôlhas foram agrupados como segue: terra-roxa-legítima, 400-650 ppm; arenito Bauru, 850 ppm; massapé-salmourão, 1800-2200 ppm; Corumbataí-roxa misturada, 1400-2200 ppm. Na interpretação dos resultados da análise foliar com base no teor de nitrato é preciso levar em conta a maior dependência dessa forma de nitrogênio em relação às condições ambientes, além da idade da planta. Dados obtidos aos 60 dias, comparados com amostras colhidas em outros estágios fisiológicos (embonecamento: 11 semanas depois do plantio; estado de «milho verde»: 13 semanas; máximo de pêso dos grãos: 15 semanas), revelaram que os níveis de nitrato nas nervuras sofrem importantes alterações

com a idade da planta (²). Alto nas plantas novas, o teor de nitrato decresce rapidamente com o crescimento e maturação, chegando a um mínimo ou quase zero nas plantas maduras. Para reduzir os erros de amostragem, é necessário um contrôlo exato da idade da planta.

Estudos sobre micronutrientes — Exceto para alguns casos de deficiência de zinco no milho, conhecida como «white bud», e de respostas na produção determinadas por micronutrientes em solos de cerrados, parece não haver, atualmente, grande probabilidade de incidência de distúrbios nutricionais provocados por microelementos nas melhores terras de culturas do Estado de São Paulo (^{4 5}). A fim de conhecer, preliminarmente, os efeitos principais da adubação com microelementos e suas interações, em milho, a técnica de análise de fôlhas foi aplicada, em 1964, em um ensaio fatorial 2⁵, instalado em solo argiloso do Glacial. Estudou-se a presença e ausência, nas adubações, de boro, manganês, cobre (25 kg/ha de bórax e dos sulfatos de manganês e cobre), zinco (5 kg/ha de sulfato de zinco) e molibdênio (0,5 kg/ha de molibdato de amônio).

A aplicação de microelementos no solo não provocou respostas significativas na produção, com exceção do cobre e da interação Zn x B (quadro 2). Não se notaram diferenças nos teores de cobre nas fôlhas devidas à adubação, em geral, altos, mesmo nas plantas não tratadas com cobre. Entretanto, verificou-se influência positiva da interação Mn x Zn no teor de cobre, que não chegou a ser significativa.

Os teores de ferro nas fôlhas — elemento não incluído nos tratamentos — indicaram uma quantidade elevada desse micronutriente no solo do experimento, disponível às plantas. A aplicação de Mn mostrou tendência para reduzir a absorção de Fe, revelada pela análise das fôlhas. Houve um efeito positivo e significativo da adubação com Mn no teor desse elemento nas fôlhas. Um aumento de produção, porém não significativo, foi obtido pela adubação com manganês. Observou-se uma relação entre manganês e molibdênio. A aplicação de Mo resultou numa concentração mais baixa de Mn nas fôlhas. Não houve respostas ao zinco. O alto coeficiente de variação obtido para o Mo não

(⁴) IGUE, K. & GALLO, J. R. Deficiência de zinco em milho no Estado de São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1959. 10p. (Bol. n.º 20)

(⁵) MIKKELSEN, D. S., FREITAS, L. M. M. DE & McCLUNG, A. C. Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 1963. 48p. (Bol. n.º 29)

QUADRO 2. — Efeitos das aplicações de borax, molibdato de amônio e dos sulfatos de zinco, manganês e cobre no teor de micronutrientes nas fôlhas e na produção de milho

Aplicação e dose	Teor médio nas fôlhas						Produção média
	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Fe	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	kg/ha
Mn ₀	61	20,5	13,8	84	0,10	955	4781
Mn ₁	69	21,5	14,0	95	0,09	817	5080
Valor F	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Zn ₀	67	20,6	14,1	93	0,07	871	5030
Zn ₁	63	21,6	13,7	87	0,11	901	4831
Valor F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cu ₀	66	21,0	14,1	94	0,11	885	4661
Cu ₁	64	21,1	13,6	86	0,07	887	5199
Valor F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
B ₀	67	20,6	13,9	90	0,09	953	4955
B ₁	63	21,5	13,9	90	0,10	819	4905
Valor F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mo ₀	72	20,2	13,9	93	0,07	836	4841
Mo ₁	58	21,9	13,8	86	0,12	936	5020
Valor F	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
INTERAÇÕES							
Mn x B	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
Zn x B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
Cu x B	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Coef. var. %	12,2	14,9	14,1	31,0	78,9	26,7	12,9

* = Valor de F significativo ao nível de 5%; NS = não significativo. Os efeitos significativos obtidos para as interações foram positivos.

permitiu estabelecer diferenças entre os teores nas fôlhas, em função da adubação. Outros efeitos na composição das fôlhas foram revelados por interações da adubação.

Em face dos resultados, o milho não se mostrou muito sensível à adubação com microelementos, dependendo seus efeitos, na planta, do nível de fertilidade do solo, da relação recíproca dos elementos, além da diferença de tratamento ocasionada pela própria adubação.

Conclusões — Experimentos de adubação mineral com milho, em diferentes solos, mostraram que a composição das fôlhas colhidas 60 dias depois do plantio pode ser usada para contrôlo de sua nutrição. Para N e P foram obtidas correlações positivas e significativas entre os respectivos teores nas fôlhas (x) e porcentagem de produção (y), tendo sido calculadas as seguintes equações de regressão: nitrogênio, $y = 2,58 + 26,94 x$; fósforo, $y = 53,35 + 121,11 x$.

A dispersão encontrada nos teores de K em dez ensaios sugere uma associação dos níveis foliares com os diferentes solos em que foram realizados.

Tentativas para se estabelecer níveis críticos nas fôlhas permitiram revelar os seguintes teores, nas condições estudadas:

Nitrogênio	2,90%
Fósforo	0,220%
Potássio	2,10%

Os dados para o enxôfre não são conclusivos. Todavia, um teor até 200 ppm de S-SO₄ nas fôlhas pode ser indicado, em geral, como um ponto de referência para adubação com enxôfre.

O teor de nitrato nas fôlhas, associado com altas produções, variou, de acôrdo com o tipo de solo, de 400 a 2200 ppm de N-NO₃. A maior dependência dessa forma de nitrogênio das condições regionais de solo e clima agravou a avaliação da nutrição nítrica no milho pelo uso de um nível médio normal ou uma faixa estreita de valores. Isso limitaria a interpretação a áreas de cultivo situadas na mesma região.

O milho não se revelou muito sensível à adubação com micronutrientes. Seus teores nas fôlhas dependem da fertilidade do solo, do antagonismo e de outras relações de micronutrientes, além da diferenciação provocada pela própria adubação, o que dá ênfase à necessidade de conhecimento desses problemas na utilização dos dados da análise foliar. LABORATÓRIO DE ANÁLISE FOLIAR E SEÇÃO DE CEREAIS, INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DE SÃO PAULO.

LEAF ANALYSIS IN CORN PLANT NUTRITION. II — PROGRESS REPORT ON N-P-K AND MINOR ELEMENTS STUDIES

SUMMARY

Several field trials of a NPK central composite design (Box) carried out in different corn growing areas of the State of São Paulo, showed that the composition of leaves collected 60 days after planting gave valuable indication of the nutrient status of the plant. In these experiments five levels of treatment of each $N, P_2O_5,$ and K_2O were used.

High positive correlations were found between leaf N or P and yield. A regression equation for per cent grain yield (y) on the mineral concentrations on dry basis in the leaves (x) were calculated being: nitrogen, $y = 2.58 + 26.94 x$; and phosphorus, $y = 53.35 + 121.11 x$. The wider range in values found in the leaf content of potassium for ten experiments (table 1) suggests possible effects of the soil type where they were grown.

Under the conditions of these studies, the following critical indices of composition on dry basis in corn leaves were established: Nitrogen, 2.90 per cent; phosphorus, 0.220 per cent; and potassium, 2.10 per cent. These values refer to the basal third of the leaf +4, the midrib being discarded (2).

The effect of sulfur was studied in plots receiving a central dose of 60 kg per hectare of each N or $P_2O_5,$ and 30 kg per hectare of K_2O but with no sulfur compared with those receiving 40 kg S per hectare. The diagnosis of sulfur nutrition requires further investigation. However, a value of approximately 200 ppm SO_4-S in leaves or less should be indicated as a reference point for sulfur fertilization.

Nitrate nitrogen content in the midribs of leaves associated with high yields varied according to the soil type from 400 to 2200 ppm NO_3-N . The great dependence of the nitrate content on soil-climatic conditions aggravated the evaluation of nitrate nitrogen nutrition for corn, using an average normal level or a narrow range of values. This would limit nitrate interpretation to areas of corn sited on the same region.

The data presented in table 2 show the effects of soil applications of manganese, zinc, copper, boron and molybdenum in a 2^5 factorial combination on the micronutrient composition of leaves and corn yield.

The contents of micronutrients in plant leaves depend on the level of soil fertility, antagonism and other interrelationships of micronutrient elements, besides the fertilizers supply of the element itself. This emphasizes that a knowledge of these questions is needed in the utilization of tissue analyses data.