

NUTRIÇÃO MINERAL ATRAVÉS DA ADUBAÇÃO
FOLIAR *

LUIZ GONZAGA DA PAZ
Prof. Assistente do Dep.
de Zootecnia da UFRPE.

INTRODUÇÃO

Hã milhares de anos o homem sentiu a necessidade de emprego de fertilizantes para elevar a produtividade das culturas, entretanto, somente hã um sêculo generalizou-se o uso da adubação. Poder-se-ia mesmo afirmar, que tal prática teve início com Liebig, a partir de 1840.

Com relação à adubação por via foliar, admitem vários autores (MENINATO¹⁷, 1960; WITTWER²⁶ et alii, 1963), que em 1803 foi reconhecida a absorção de nutrientes por diferentes partes aéreas das plantas, mas as primeiras referências ao uso de adubos pulverizados às folhas teria ocorrido em 1844, com a cura da "clorose" em tomateiro através da aplicação de sais de ferro (MALVOLTA¹⁶ et alii, 1974). Seguiram-se relatos feitos por diferentes autores na Alemanha e União Soviética principalmente. A importância dessa técnica assume papel relevante, quando se sabe, que antibióticos, ácidos orgânicos, fungicidas e extratos de plantas, poderão ser associados aos fertilizantes e empregados com absoluto êxito (MISHRA & KANAUIA¹⁸, 1972).

* Seminário apresentado no Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Solos e Nutrição de Plantas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

MECANISMOS DE ABSORÇÃO

A penetração dos nutrientes aplicados às folhas compreende duas fases; a primeira de natureza não metabólica, é rápida e corresponde ao trajeto seguido entre a superfície externa da folha, revestida pela cutícula, e o citoplasma, de natureza semi-impermeável; a segunda, de natureza metabólica, ocorre quando o nutriente atravessa a membrana citoplasmática e é descarregado no vacúolo. Esta última etapa é irreversível, se dá contra um gradiente de concentração e exige energia oriunda da respiração e da fosforilação fotossintética (MALAVOLTA¹³, 1961; WITTWER²⁴, 1970).

Admitem alguns pesquisadores, que o número de estômatos é o aspecto mais importante no estudo da absorção foliar, todavia, outros fatores ligados aos demais componentes da cutícula (cutina, ceras, pectinas e celulose), estariam também relacionados. Pesquisas conduzidas por GUSTAFSON⁹ (1957), utilizando ⁶⁰Co, trouxeram evidências de que os estômatos, isoladamente, não representam a única barreira a afetar a absorção, mas também, variações no espessamento da cutícula, além de outros fatores, interagem nos resultados.

Tabela 1 - Número de estômatos por cm² encontrados na epiderme superior e inferior de diferentes plantas.

Plantas	Estômatos/cm ²	
	Epiderme superior	Epiderme inferior
<i>Trepacolum majus</i>	2.000	12.140
<i>Phaseolus vulgaris</i>	4.413	24.960
<i>Brassica oleracea</i>	21.668	33.494
<i>Glycine max</i>	5.397	19.207
<i>Clivia miniata</i>	-	3.654

Segundo o referido autor, diferenças significativas nos valores médios para absorção e translocação de ^{60}Co , ocorreram somente em *Phaseolus vulgaris* e *Glycine max* ($t = 2,05$ e $5,39$), não obstante todas as plantas estudadas apresentarem número bastante superior de estômatos na face abaxial.

FATORES QUE AFETAM A ABSORÇÃO DE NUTRIENTES

Vários fatores afetam a absorção de nutrientes quando aplicados à folhagem, e diferentes pesquisadores (BOYNTON⁴, 1954; OLAND & OPLAND¹⁹, 1956; JUNIPER¹¹, 1959; WITTWER & TEUBNER²⁵, 1959; WITTWER²⁶ *et alii*, 1963), após sucessivos estudos, atribuíram maior influência aos seguintes:

- a) Físicos e químicos de nutrição
 - a)i - natureza do sal empregado
 - a)ii- concentração do nutriente
- b) Puramente biológicos
 - b)i - espécie vegetal
 - b)ii- estadio vegetativo
 - b)iii - ritmo de crescimento anual
- c) Condições ambientais
 - c)i - umidade e formação de orvalho
 - c)ii - temperatura
 - c)iii- hora de aplicação
 - c)iv - natureza do solo e fertilidade
- d) Interação entre nutriente e planta
 - d)i - quantidade aplicada
 - d)ii - mobilidade e tempo de ação
 - d)iii- local de aplicação.

As aplicações quando efetuadas à tarde, permitem melhor absorção e metabolização mais intensa na manhã seguinte, devido, principalmente, às temperaturas mais baixas e ação do orvalho. Por outro lado, a idade da folha é fator decisivo no grau

de absorção dos nutrientes, uma vez que as flutuações no metabolismo dos ácidos orgânicos são mais pronunciadas em folhas mais velhas (OLAND & OPLAND¹⁹, 1956).

Todos os fatores que afetam a abertura dos estômatos, influenciam em maior ou menor grau a absorção e a translocação dos nutrientes aplicados por via foliar.

Segundo alguns autores (BOYTON⁴, 1954; ADAM¹, 1958), o ângulo de contacto entre o líquido aplicado e a superfície foliar afeta a hidrorrepelência, cuja intensidade varia em função da composição química das microprojeções de cera desenvolvidas na cutícula.

A mobilidade dos nutrientes vem sendo amplamente estudada pelos pesquisadores através de isótopos radioativos, o que permitiu estabelecer a seguinte classificação relatada por BUKOVAC & WITWER⁵ (1957):

Altamente móveis	Móveis	Parcialmente móveis	Imóveis
Nitrogênio	Fósforo	Zinco	Boro
Rubidio	Cloro	Cobre	Magnésio
Potássio	Enxofre	Manganês	Cálcio
Sódio		Ferro	Estrôncio
Césio		Molibdênio	

A absorção, segundo os referidos autores, é bastante variável, sendo o N (1/2 a 2 horas), o K, Ca e Mg (10 a 24 horas) os nutrientes cuja velocidade alcançada foi mais rápida. Os outros dois, P e S, alcançaram 5 a 10 dias para atingir 50% da absorção. No mesmo estudo, os pesquisadores relataram que o Mn e o Zn exigiram 1 a 2 dias; o Cl, 1 a 4 dias; o Fe e o Mo, 10 a 20 dias.

EMPREGO DA URÉIA

Entre os adubos nitrogenados, a uréia vem tendo

largo emprego por via foliar, devido principalmente, ao elevado teor de N, fácil disponibilidade, alto grau de solubilidade, ausência de ação corrosiva, e translocação e metabolização rápida (MALAVOLTA¹⁴, 1967). A possibilidade de aspersão da uréia juntamente com todos os inseticidas, fungicidas e herbicidas conhecidos, elegem-na, colocando-a em primeiro plano (RIVERA²¹, 1965).

Vários pesquisadores relataram aumentos na produção de grãos de trigo (BEZDĚK & FLASAROVÁ³ 1973) e elevação do teor de proteína da silagem de milho (KHRISTOZOV & DOBREVA¹², 1972), após a aplicação de uréia por via foliar.

Sua utilização em pastagens vem alcançando absoluto sucesso na Colômbia, Venezuela, Cuba e Estados Unidos, particularmente em gramíneas estoloníferas, tais como, *Digitaria decumbens*, *Digitaria pentzii*, *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* e *Festuca arundinacea*, conforme inúmeros registros encontrados na literatura (BELASCO² et alii, 1958; GRISALES & URIBE⁸, 1966; CRESPO & PEREZ⁷, 1974; RODRIGUEZ-CARRASQUEL²² et alii, 1974).

Deficiências nutricionais em cafeeiro e plantas cítricas tem sido controladas em várias partes do mundo através da fertilização por via foliar (MALAVOLTA¹⁵ et alii, 1959; HALLIDAY¹⁰, 1961). As hortaliças têm recebido atenção especial dos pesquisadores, uma vez que a rápida absorção da uréia confere aos legumes e verduras uma exuberante e agradável aparência, estimulando a comercialização.

As aplicações de uréia feitas por via foliar têm proporcionado em inúmeros casos, resultados superiores em relação às aplicações de adubo no solo (THORNE²³, 1955; GRISALES & URIBE⁸, 1966). Segundo HALLIDAY¹⁰ (1961), concentrações muito elevadas de uréia, superiores a 1%, não são recomendadas, mas diferentes pesquisadores (RIVERA²¹, 1965; CRESPO⁶, 1972; GRISALES & URIBE⁸, 1966) obtiveram bons resultados com concentrações de uréia entre 5 e 10% e doses de N oscilando entre 25 a 300 kg/ha.

Segundo WITWER²⁴ (1970) podem ser consideradas toleráveis, doses de uréia que se situem entre 0,5 e 2,4% para hor-

taliças; 0,5 e 2,4% para árvores frutíferas; 0,6 a 6,0% para cereais e pastagens; 0,6 a 6,0% para culturas industriais e tropicais (fumo, café, cacau, algodão, banana, etc.).

APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES

As exigências das culturas em micronutrientes, geralmente são satisfeitas com uma única aplicação, muito embora o Fe e o Mn, necessitem repetidas aplicações para atender a rebrota (REUTER²⁰, 1975). O Boro apresenta baixo efeito residual, exigindo muitas vezes repetições anuais de nutrientes por via foliar. O mesmo autor adverte, que não obstante ser possível corrigir deficiências de Cu, Zn, Mo e Co através de pulverização foliar, as aplicações no solo em muitos casos são preferidas, devido principalmente ao baixo efeito residual, e ainda, às exigências relacionadas com aparelhagem e operações adicionais.

Os limites de tolerância das culturas à aplicação de micronutrientes à folhagem foram também fixados por WITTWER²⁴ (1970), situando-os entre 2,3 e 13,4 kg/ha para o sulfato ferroso; 1,1 a 2,2 kg/ha para o sulfato ou óxido de manganês finamente moído; 0,3 a 0,8 kg/ha para o sulfato de zinco; 0,6 a 1,1 kg/ha para o sulfato ou óxido de cobre; 0,1 a 0,3 kg/ha para o borato solúvel e entre 0,06 a 0,1 kg/ha para o molibdato sódico.

CONCLUSÕES

A apreciação e análise dos trabalhos aqui relatados, permite-nos tirar as seguintes conclusões:

- a) a fertilização de culturas através da via foliar, apesar dos inúmeros fatores que a influenciam, não é inescrutável, e merece melhor atenção dos pesquisadores, por representar em muitos casos, a alternativa de melhor viabilidade prática e econômica

- b) as pesquisas nesta área devem ser conduzidas sempre integradas à fertilização no solo e à economia operacional comparativa;
- c) a orientação para o seu uso deve sempre ser precedida de uma avaliação do estado nutricional da planta;
- d) a fabricação dos adubos deve ser estimulada, devendo os técnicos orientar os agricultores no preparo de misturas que atendam aos requerimentos nutricionais da cultura, a fim de que não ocorram interações prejudiciais que proporcionem, inclusive, rendimentos decrescentes.

BIBLIOGRAFIA

1. ADAM, N. K. Las superficies hidrofobicas. *Endeavour*, London, 17(65):37-41, 1958.
2. BELASCO, I. J.; GRIBBINS, M. F.; KOLTERMAN, D.W. The response of rumen microorganisms to pasture grasses and prickly pear cactus following foliar application of urea. *Journal of Animal Science*, Illinois, 17(1):209-17, 1958.
3. BEZDĚK, V. & FLASAROVÁ, M. Effect of urea sprays on yields of winter wheat and apring barley. *Rostlinná Výroba*, Slezská, Prague, 19(6):619-26, 1973. Cereal Crops Research Institute, Kromeriz, Czechoslovakia. Apud *Soils and Fertilizers*, London, 37(4):103-4, Apr. 1974. Abstracts.
4. BOYNTON, D. Nutrition by foliar application. *Annual Review of Plant Physiology*, Califórnia, 5:31-54, 1954.
5. BUKOVAC, M. T. & WITWER, S. H. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Plant Physiology*, Bethesda, 32(5): 428-34, 1957.

6. CRESPO, G. Influence of foliar spraying of urea on the composition yield of Pangola during dry season. *Revista Cubana de Ciência Agrícola*, Nuevo Vedado, Havana, 6(2):245-9, 1972.
7. — & PEREZ, J. Effect of urea foliar sprays applied at different stages of regrowth of Pangolagrass (*Digitaria decumbens*, Stent.). *Cuban J. Agric. Sci.*, 8(1):95-8, 1974.
8. GRISALES, A. G. & URIBE, A. H. Efecto del nitrógeno aplicado al suelo y al follaje sobre la producción y el contenido de proteína del pasto Pangola (*Digitaria decumbens*, Stent.). *Cenicafé*, Colombia, 17(4):132-40, 1966.
9. GUSTAFSON, F. G. Comparative absorption of cobalt⁶⁰ by upper and lower epiderms of leaves. *Plant Physiology*, Bethesda, 32(2):141-2, 1957.
10. HALLIDAY, D. J. Foliar application of major nutrients to fruit and plantation crops. *Outlook on Agriculture*, Berks, Eng., 3(3):111-5, 1961.
11. JUNIPER, B. E. La superficie de las plantas. *Enceavour*, London, 18(69):20-5, 1959.
12. KHRISTOZOV, A. & DOBREVA, I. Leaf spraying of maize grow for silage with urea. *Pochvoznamie i Agrokhimia*, Sofía, Bulgaria, 7(3):101-9, 1972.
13. MALÁVOLTA, E. Adubação pelas folhas. *São Paulo Agrícola*, São Paulo, 3(25/36):14-6; 28-30, 1961.
14. —. *Manual de adubação química; adubos e adubação*. 2. ed.rev. e aum. São Paulo, Biblioteca Agronômica Ceres, 1967. 606 p.
15. —; MENARD, L. Neptune; LOTT, W. L. *Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. II. Absorção do superfosfato radioativo pelo cafeeiro (Coffea arabica L. var Bourbon Amarelo), em condições de campo*. São Paulo, IBGE Research Institute, 1959. (Nota Técnica, 4).
16. —; HAAG, H. P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. *Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas*. São Paulo, Pioneira, 1974. 727 p.

17. MENINATO, Ruben O. Estudio preliminar sobre los factores influyentes en la absorcion aerea y transporte de elementos nutritivos. *Bonplandia*, Corrientes, Argentina, 1(1):21-37, ago. 1960.
18. MISHRA, R.R. & KANAUIA, R.S. Investigation in to rhizosphere mycoflora. XIII. Effect of foliar application of certain plant extracts on *Pennisetum typhoides* F. Burm. Stapf. & Hubb. *Israel J. Agric. Res.*, 22(1):3-9, 1972.
19. OLAND, K. & OPLAND, T.B. Uptake of magnesium by apple leaves. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 9(3):401-11, 1956.
20. REUTER, D.J. The recognition and correction of trace element deficiencies. In: —. *Trace elements in soil-plant-animal systems*. New York, Academic Press, 1975. p.291-324.
21. RIVERA, E. C. Efects de la aplicación de urea en el suelo por aspersion foliar en el pasto Bermuda de 4a Costa. (*Cynodon dactylon* L. Pers). *Acta Agronomica*, Palmira, 15(1/4):153-73, 1965.
22. RODRIGUEZ-CARRASQUEL, S.; CHICCO, C.F.; CHACÓN, E. Efecto de la aspersion de urea sobre el rendimiento, composición química y digestibilidad del pasto Pangola y A-24. *Agronomia Tropical*, Maracay, Venezuela 24(3):183-92, 1974.
23. THORNE, G. N. Interactions of nitrogen, phosphorus and potassium from nutrient sprays by leaves. *Journal of Experimental Botany*, London, 6(16):20-42, 1955.
24. WITWER, S.H. Alimentación foliar de las cosechas. *La Hacienda*, Florida, 65(8):26-9, 1970.
25. — & TEÜBNER, F. G. Foliar absorption of mineral nutrientes. *Annual Review of Plant Physiology*, California, 10:13-32, 1959.
26. —; BUKOVAC, M.J.; TUKEY, H.B. Advances in foliar feeding of plants nutrients. In: —. *Fertilizer technology and usage*. Wisconsin, Soil Science Society of America, 1963. p.429-55.