

Uso da adubação foliar na cultura do Amendoim

Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Depto. de Solos e Adubos, UNESP/FCAV Campus Jaboticabal

1. Introdução

A vida vegetal teve seu início na água, sendo neste *habitat*, ainda hoje vive a maioria dos vegetais, as plantas tinham à sua disposição todos os fatores necessários. Com a adaptação das plantas fora da água, por meio da evolução, as partes da planta se especializaram e passaram a executar determinadas funções. As raízes se especializaram em fixação e absorção de nutrientes, as folhas em fotossíntese e respiração e o caule em transporte de solutos, ligando as raízes às folhas. Entretanto, as partes aéreas não perderam a capacidade de absorver nutrientes.

O uso da adubação foliar em plantas teve início em 1844, com aplicação de ferro em videira, e trinta anos mais tarde tem-se relatos da aplicação de chorume diluído em plantas de jardim na Alemanha. Na época da segunda guerra mundial (1940-45), houve grande impulso nos estudos de absorção iônica devido às sobras de radioisótopos. Nesta época, no Brasil houve início das primeiras pesquisas com adubação foliar realizadas no IAC com o cafeeiro e também na ESALQ. E a partir da década de 80, surgiram várias empresas do ramo de nutrição vegetal, tendo disponíveis fertilizantes foliares em diferentes fontes.

Assim, atualmente a adubação foliar tem sido utilizada em diferentes culturas, como no amendoim, entretanto, para atingir o sucesso desejado com aumento na produtividade é importante conhecer os fatores que interferem na sua eficiência agrônômica e as pesquisas que fundamenta o uso otimizado desta prática agrícola.

Assim, objetivou-se apresentar as informações básicas que interferem na absorção de nutrientes visando aumentar eficiência agrônômica e também alguns resultados de pesquisa com a cultura do amendoim.

2. Aspectos anatômicos da folha e os processos de absorção

Na adubação foliar, aplicam-se os nutrientes em solução aquosa tendo alta solubilidade, e os mesmos entram na célula vegetal para exercer suas funções biológicas. Para isso, há duas barreiras a serem vencidas, a primeira é a cutícula/epiderme; a segunda são as membranas: plasmalema e tonoplasto (Prado, 2008).

A epiderme e a cutícula revestem a página superior e inferior das folhas, sendo a cutícula, que é a sua parte mais externa, de natureza química complexa, formada por ceras, cutina, pectina e celulose. É permeável à água. É a epiderme que confere as propriedades de molhamento e hidrofília.

A absorção foliar, compreende uma fase passiva (penetração cuticular) e uma ativa (absorção celular).

a) **Passiva** – consiste num processo não-metabólico, em que o nutriente aplicado à superfície foliar atravessa a cutícula superior ou inferior ocupando o ELA (Espaço Livre Aparente), formado pela parede celular, espaços intercelulares e superfície externa do plasmalema.

Seria a entrada do nutriente no apoplasto foliar. A ordem decrescente de hidrofília é: pectina > cutina > ceras cuticulares. Nota-se que, devido à sua estrutura na forma de “escamas” imbricadas, e não-contínua como antes se pensava, existe algum espaço por onde é possível a passagem de soluções.

É oportuno salientar, ainda, que algumas substâncias, quando aplicadas à superfície da folha, são capazes de desfazer algumas ligações químicas existentes entre as unidades da estrutura cerosa da cutícula. O rompimento dessas ligações resulta em algumas aberturas na cutícula o que facilita a penetração de soluções. Esse fenômeno é conhecido como **Difusão Facilitada** e um exemplo de substância capaz de promover essas alterações é a uréia e por essa razão, esta é frequentemente empregada em pulverização foliar. Assim, a uréia tem se destacado como aditivo por aumentar a velocidade de absorção de cátions e ânions (Freire et al., 1981).

b) **Ativa** – Depois de vencida a cutícula, o nutriente é efetivamente absorvido, passando pelas membranas (plasmalema e/ou tonoplasto) das células da epiderme e do mesófilo. Assim é atingido o simplasto, podendo ser metabolizado ou transportado entre células por meio de projeções citoplasmáticas “plasmodesmos”, atingindo o floema e assim tem-se o transporte à longa distância, da mesma forma que na raiz, embora nas folhas não têm as estrias de caspari. Entretanto, diferentemente da raiz, na folha existe a possibilidade do carregamento do floema a partir do apoplasto. Ressalta-se que esta fase constitui-se num processo metabólico lento, dá-se contra um gradiente de concentração e exige o fornecimento de energia (ATP). Seria a ocupação do simplasto foliar. A absorção ativa dos nutrientes é moderada por um carregador específico.

No floema os nutrientes são transportados em formas diferentes das absorvidas, a exemplo do P (hexosefosfato), N (amidas), S (S elementar ou orgânico) e os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn (orgânica como quelatos) (Malavolta, 2006).

3. Fatores que afetam a absorção foliar de nutrientes

A absorção foliar é influenciada por diversos fatores sejam externos (ambiente), sejam internos (planta).

a) Fatores externos

Entre os fatores externos que influenciam a absorção foliar, são considerados: o ângulo de contato da solução e a folha, a temperatura e umidade, concentração e composição da solução e a luz.

O **ângulo de contato** entre a solução e a superfície foliar diz respeito ao maior ou menor molhamento da folha pela solução. Assim, quanto mais espalhada for a gota da solução, maior será o contato dessa com a superfície foliar e, portanto, maior será a possibilidade de absorção da mesma.

A **temperatura e umidade** do ambiente determinam a velocidade de secamento da solução aplicada à superfície foliar. Dessa forma, quando se têm altas temperaturas ou baixa umidade relativa do ar, a evaporação da solução é facilitada, o que concorre para uma menor permanência da mesma na superfície foliar e, conseqüentemente, diminuindo a possibilidade de absorção.

A **concentração da solução** a ser aplicada deve levar em conta a possibilidade de sua evaporação, podendo, portanto, a mesma se tornar muito concentrada a ponto de causar danos à folha. Assim, ao preparar-se uma solução, é necessário que antes da sua aplicação sejam consideradas as reais condições de evaporação da mesma.

A **composição da solução** é outro aspecto que deve ser considerado, pois cada elemento químico nela contido apresenta uma velocidade de absorção (Tabela 1) e que, portanto, têm-se nutrientes com absorção (50% do nutriente aplicado na folha) relativamente rápida como o N (0,5 a 36 h) e outros muito lentos como Fe e Mo (até 20 dias). Observa-se, uma variação do tempo de absorção em cada nutriente, tendo em vista ser dados obtidos em diferentes condições experimentais. Pesquisas recentes, a exemplo do S está de acordo com os dados apresentados na Tabela 1, ou seja, cerca de 33% do enxofre aplicado ao primeiro trifólio de feijoeiro foi absorvido no período de sete dias (Oliveira et al., 1995).

Há diferenças na absorção foliar em função da natureza química do íon (cátions ou ânions) e mesmo pelo íon acompanhante. Com relação a natureza química do íon, observa-se que os poros da cutícula contém cargas negativas (ácidos poligalacturônicos), e isto implica em maior absorção de cátions em relação aos ânions que sofre uma repulsão. Assim, a taxa de absorção de NH_4^+ é maior do que a de NO_3^- . Com relação ao íon acompanhante, estudos indicam que o Mg aplicado em folhas de macieira, tem maior absorção quando o íon acompanhante está na forma de cloreto comparado a nitrato ou sulfato, devido à variação na solubilidade e na higroscopicidade destes tipos de sais (Allen, 1960).

Tabela 1. Velocidade de absorção de nutrientes aplicados as folhas (Malavolta, 1980).

Nutriente	Tempo para 50% da absorção total
N - Uréia (CO-NH_2) ₂	0,5 a 36 h.
P - H_2PO_4^-	1 a 15 dias
K - K^+	1 a 4 dias
Ca - Ca^{2+}	10 a 96 h.
Mg - Mg^{2+}	10 a 24 h.
S - SO_4^{2-}	5 a 10 dias
Cl - Cl^-	1 a 4 dias
Fe - Fe-EDTA	10 a 20 dias
Mn - Mn^{2+}	1 a 2 dias
Mo - MoO_4^{2-}	10 a 20 dias
Zn - Zn^{2+}	1 a 2 dias

Portanto, cada nutriente apresenta características específicas durante o processo de absorção, caracterizando diferentes velocidades de entrada na planta e também após a sua absorção, diferenciam na mobilidade (transporte dos nutrientes das folhas para outros órgãos pelo floema), que, varia de elemento para elemento.

Quanto aos nutrientes ditos parcialmente móveis, estudos recentes com citrus, utilizando a técnica isotópica, indicam a baixa eficiência destes nutrientes na nutrição da planta. Neste sentido, Boaretto et al. (2003), a partir dos resultados obtidos, concluíram que a adubação foliar com micronutrientes tem sido um meio eficiente de fornecimento de Zn, Mn e B às folhas que recebem a pulverização, mas é insuficiente para alterar o teor destes micronutrientes nas folhas novas das laranjeiras que nascem após a pulverização foliar. Salienta-se que estudos dessa natureza seriam importantes para a

cultura do amendoim para conhecer o potencial da efetividade da aplicação foliar dos nutrientes em alterar o teor foliar em folhas emergidas após a pulverização, caracterizando possível efeito residual com reflexos na produtividade da cultura.

pH da solução: a solução pode modificar o pH da superfície foliar, alterando a permeabilidade da cutícula, aumentando a velocidade de absorção logo no início do processo e também a disponibilidade dos nutrientes na solução.

Swanson & Whitney (1953) ao trabalharem com fontes de fosfato de pH variável, observaram maior absorção de fósforo por folhas de feijoeiro a partir de soluções que apresentaram menor valor de pH. Isto ocorreu provavelmente pela maior facilidade de absorção do íon H_2PO_4 , presente em pH ácido. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (1995), que observaram maior absorção de S pelo feijoeiro a partir de fontes com menor valor pH. A maior rapidez de absorção do K foi em pH 3, quando a aplicação foi efetuada na forma de fosfatos ou citratos; para a uréia maior intensidade de absorção ocorre em pH 5 a 8 e a menor entre 6 e 9 (Castro et al., 2005).

A **luz** é outro fator a ser considerado tendo em vista a sua participação no processo fotossintético e produção de energia indispensável para a fase ativa da absorção. Assim, no escuro, inexistente esta fonte de energia e ocorre menor velocidade de absorção.

b) Fatores internos

Entre os fatores internos, ou seja, aqueles ligados à planta, são considerados a umidade da cutícula, a superfície da folha, a idade e o estado iônico interno.

A **umidade da cutícula** apresenta-se como fator importante para o caminhamento do elemento químico na fase passiva da absorção. Considerando que o processo de difusão dos elementos faz parte dessa dinâmica, um nível mínimo de umidade é indispensável para a sua ocorrência. Assim, as cutículas desidratadas, em folhas murchas, são consideradas praticamente impermeáveis.

A **superfície da folha** é considerada um fator interno importante à medida que a página superior e inferior da folha apresentam-se com alguns aspectos anatômicos distintos.

Na literatura, tem sido indicado que a absorção foliar de nutrientes ocorre preferencialmente na face da folha, onde a cutícula é mais fina (a exemplo da face inferior ou folha sombreada) e também a região que predomina maior quantidade de

estômatos. Nesta face com maior quantidade de estômatos, tem muitas células guardas, que por sua vez, tem alta quantidade de poros. E associado a isto, a composição da cera cuticular das células-guarda oferece menor resistência a passagem de solutos (Karabourniotis et al., 2001). Ao passo que a entrada de íons pela cavidade estomatal é pouco provável, pois a entrada de líquidos é insignificante devido a sua arquitetura (Ziegler, 1987) e a presença do revestimento da cutícula, embora de espessura fina, e de gases CO₂, O₂ ou vapor de água (pressão positiva) que também impedem a passagem da solução.

A **idade da folha** é considerada importante na medida em que, com o amadurecimento e envelhecimento da folha, há um maior desenvolvimento da cutícula o que aumenta a resistência da solução à penetração e, conseqüentemente, o processo de absorção ficaria mais difícil.

A **idade da planta**, afetará a taxa de crescimento e absorção de nutrientes que normalmente segue uma curva sigmoideal, onde na parte linear da curva, espera-se maior resposta da planta a aplicação do nutriente.

O **estado iônico interno (estado nutricional)**, em determinados limites, regula a quantidade de elementos a serem absorvidos. Nesse sentido, quanto maior a concentração de elementos químicos nas células da folha, maior será a dificuldade na absorção de novos elementos.

4. Aspectos gerais da pulverização foliar

A aplicação foliar com formulações como N-P-K não tem atingido o sucesso desejado, com exceção do N-Uréia, pelos seguintes motivos:

- grande quantidade de nutrientes exigidos pelas plantas no início de seu desenvolvimento;
- pouca área foliar, no início da cultura;
- problemas de queima de folhas;
- As fontes de P e K estudadas, poucas se adaptam à aplicação foliar;
- custo da operação.

Além de problemas estritamente de compatibilidade, a presença de um nutriente na solução pode diminuir a absorção de outro, principalmente nas soluções multinutrientes.

A adubação foliar, têm algumas vantagens, como:

- o alto índice de utilização, pelas plantas, dos nutrientes aplicados nas folhas;

- correção de algumas deficiências de micronutrientes em curto prazo de tempo;
- possibilidade da aplicação de micronutrientes juntamente com os defensivos agrícolas;

Cabe salientar que a aplicação foliar de nutrientes exige uma série de cuidados fundamentais para sua máxima eficiência, tais como:

- A aplicação foliar de nutrientes não pode ser utilizada como regra de substituição da adubação via solo e, sim, como complemento.

- A aplicação foliar para macronutrientes não introduz o incremento suficiente no tecido foliar pois as plantas apresentam alta exigência e, conseqüentemente, não apresenta reflexos significativos na produção; portanto, para estes nutrientes, não seria vantajoso o uso desta técnica.

- A aplicação foliar para micronutrientes tem como ponto positivo a baixa exigência das plantas e portanto, exige pequena quantidade aplicada e como ponto negativo seria baixa mobilidade na planta ou seja ele permanecerá nas folhas que receberam a aplicação. Assim, com o surgimento de novas folhas deverá repetir eventual sintoma de deficiência. Assim, a frequência de aplicação dos micronutrientes poderá melhorar a sua eficiência.

- A água utilizada deve ser limpa, pois a presença de impurezas como argila, pode causar reações com nutrientes, reduzindo sua ação.

- O valor pH da solução deve ser controlado.

- O uso de tecnologia de aplicação apropriado, como equipamentos bem regulados (bicos específicos, pressão, altura da barra) para que garanta maior homogeneidade e com reduzida deriva.

O uso de espalhante adesivo mostra-se importante para aumentar a superfície de contato da calda-folha e, conseqüentemente, o incremento da absorção.

5. Resultados de pesquisa com cultura do amendoim

Os resultados de pesquisa com uso da adubação foliar na cultura do amendoim são restritos na literatura, especialmente no Brasil.

Halevy et al. (1987), estudaram aplicação foliar em amendoim na fase de formação de vagens, de P (1 kg ha⁻¹), N (10 kg ha⁻¹), K (3 kg ha⁻¹) e S (0,5 kg ha⁻¹), em

solo arenoso em Israel, durante dois anos. Observaram que não houve efeito na produção nos anos avaliados.

Walker et al. (1982), estudaram aplicação foliar em amendoim em diferentes fases de desenvolvimento e doses de N, P, K e S. Não houve efeito na produção da cultura nos quatro anos avaliados.

Sistani e Morrill (1992), estudaram aplicação foliar de P ($3,5\text{mg L}^{-1}$), na forma de KH_2PO_4 , na cultura do amendoim cultivado em Oklahoma. Observaram-se que não houve efeito do fósforo aplicado via foliar na produção no primeiro ano, entretanto, houve efeito no segundo ano de cultivo do amendoim.

A aplicação de fósforo via foliar (20 a 25 e 30 a 35 dias) em dez aplicações aumentaram o rendimento do amendoim em cultivo hidropônico (Malakondaiah e Rajeswararao, 1979).

Um estudo avaliou a aplicação de cobalto e de molibdênio, via apenas foliar, semente e na semente associado com a foliar, em Amendoim (cv. Runner IAC 886), cultivado em vasos preenchidos com dois solos (Moatans et al. 2008). Pelos resultados, os autores observaram que os tratamentos não afetaram o número e a massa de nódulos e a matéria seca da parte aérea da planta.

Singh et al. (1987) estudaram aplicação de altas doses de calcário associado com a aplicação ferro via foliar e solo na cultura do amendoim. A adubação via foliar (0,5% Fe-EDTA) foram aplicadas aos 20, 35, 50, 65 dias após a emergência. Houve efeito na produção, destacando a aplicação via foliar, reduzindo a diminuição na produção de 30% para 17% em relação ao controle.

Powell et al. (1996), estudaram aplicação foliar de Mn em amendoim cultivado em solo arenoso da Virginia. Houve efeito na produção nos dois anos avaliados. A dose de manganês indicada foi de $3\text{-}6\text{ kg ha}^{-1}$ por aplicação, na forma de Mn-EDTA, iniciando 4 a 6 semanas após o plantio, com pelo menos três aplicações em intervalos de duas semanas.

Nota-se que os estudos com adubação foliar na cultura do amendoim, além de restritos são contraditórios, tendo resultados que indicam efeitos benéficos na produção da cultura, especialmente com uso de micronutrientes e outros trabalhos sem efeito.

Na cultura do amendoim, não é relatado a indicação de adubação foliar pelos órgãos oficiais de recomendação de adubação, entretanto, conforme relatado anteriormente pela pesquisa existem resultados benéficos do uso desta prática no aumento da produção da cultura. Assim, a alta resposta da cultura submetida a adubação

foliar, normalmente ocorre quando: a) Solo – teores baixo de nutrientes; b) Planta – estado nutricional deficiente; c) Nutriente (Se “nutriente problema” é macro ou micronutriente); d) Ambiente (T e UR do Ar adequadas; déficit hídrico momentâneo); e) Épocas ideais (estratégia de aplicação)

Ressalta-se para a cultura do amendoim, o estado nutricional com deficiência estaria associado com teores foliares inferiores aos indicados como adequados por Ambrosano et al. (1997) (N: 30-45; P: 2-5; K: 17-30; Ca: 12-20; Mg: 3-8; S: 2-3,5 g kg⁻¹ e B: 25-60; Cu: 5-20; Fe: 50-300; Mn: 20-350; Mo: 0,1-5,0; Zn: 20-60 mg kg⁻¹), em folhas coletadas do tufo apical do ramo principal, na época do florescimento da cultura. Um diagnóstico indicando deficiência nutricional na cultura do amendoim, espera-se que maior efeito da adubação foliar, entretanto, é importante realizar novos estudos para estabelecer os teores foliares adequados na fase de desenvolvimento vegetativo da planta para haver tempo de uma eventual adubação foliar seja efetiva para corrigir a deficiência a tempo e garantir maior produtividade.

6. Considerações finais

A alta eficiência da adubação foliar depende das condições favoráveis no momento da aplicação.

A adubação foliar na cultura do amendoim é importante para fornecimento dos micronutrientes, entretanto, existem poucas pesquisas para consolidar seu uso com alta eficiência agronômica.

A adubação foliar não deve ser utilizada como regra de substituição da via solo e sim um complemento.

7. Referências

ALLEN, M. The uptake of metallic ions by leaves of apples trees. II. The influence of certain anions on uptake from magnesium salts. **Journal of Horticultural Science**, v.35,p.127-135,1960.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; **Leguminosas e oleaginosas**. In: **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. RAIJ, B.van.;

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC. 1997. p.189-191. (Boletim Técnico, 100).

BOARETTO, A. E. ; MURAOKA, T.; BOARETTO, R.M. Absorção e translocação de micronutrientes (^{65}Zn , ^{54}Mn , ^{10}B), aplicados via foliar, pelos citros. **Laranja**, v.24, p.177-198, 2003.

CASTRO, P.R.C. KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal**: teoria e prática. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres. 650p.2005.

FREIRE, M.F.; MONNERAT, P.H.; NOVÁIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição foliar: princípios e recomendações. **Informe Agropecuário**, v.7, p.54-62, 1981.

HALEVY, J.; HARTZOOK, A.; MARKOVITZ, T. Foliar fertilization of high-yielding peanuts during the pod-filling period. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.14, p.153-160,1987.

KARABOURNIOTIS, G.; TZOBANOGLOU, D.; NIKOLOPOULOS, D.; LIAKOPOULOS, G. Epicuticular phenolics over guard cells: exploitation for in situ stomatal counting by fluorescence microscopy and combined image analysis. **Annals of Botany**, v.87,p.631-639,2001.

MALAKONDAIAH, N.; RAJESWARARAO, G. Effect of foliar application of phosphorus on growth and mineral composition in peanut plants (*Arachis hypogaea* L.) under salt-stress. **Plant and Soil**, v.52, p.41-48,1979.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.638p.

MONTANS, F.M.; COSTA, A.F.; GUIMARÃES, A.M.; OLIVEIRA, P.S.R. Aplicação de inoculante, cobalto e molibdênio em amendoim cultivados em solos de diferentes texturas. **Unimar Ciências**, v.17,p.29-33,2009.

OLIVEIRA JR., J.A. de, REGO, I.C., SCIVITTARO, W.B. *et al.* Sources and additive effects on ^{35}S foliar uptake by bean plants. **Scientia agricola**, v.52,p.452-457,1995.

POWELL, N.L.; SWANN, C.W.; MARTENS, D.C. Foliar fertilization of virginia-type peanut with Mn EDTA - crop grade, pod yield, and value. **Peanut Science**, v.23, p.98-103,1996.

- PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora da UNESP, 407p. 2008.
- SINGH, A.L.; JOSHI, Y.C.; CHAUDHARI, V.; ZALA, P.V. Effect of different sources of iron and sulphur on leaf chlorosis, nutrient uptake and yield of groundnut. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**,v.24,p.85-96,1990.
- SISTANI, K.R.; MORRIL, L.G. Foliar application of phosphorus and residual effect of gypsum on peanuts. **Journal of Environmental Science and Health**, v.27,p.317-327,1992
- SWANSON, G.A.; WHITNEY, J.B. Studies on the translocation of foliar applied P^{32} and other radioisotopes in bean plants. **American Journal of Botany**, v.40, p.816-23, 1953.
- WALKER, M.E.; GAINES, T.P.; HENNING, R.J. Foliar fertilization effects on yield, quality, nutrient uptake, and vegetative characteristics of florunner peanuts. **Peanut Science**, v.9, p.53-57,1982.
- ZIEGLER, H. **The evolution of stomata**. In: ZEIGER, E.; FARQUHAR, G.D.; COWAN, I. (Eds.). Stomatal function. Stanford: Stanford University Press, 1987.