

Tabela 16: Lavagem de Fe, Mn e Zn de folhas tratadas com os nutrientes na forma de SO₄ ou EDTA.

Nutriente	EDTA	SO ₄ ⁻
	----- % do aplicado -----	
Ferro	56	8
Manganês	87	1
Zinco	49	25

Segundo Ferrandon e Chamel (1989) o Zn do sulfato é mais absorvido que o dos quelados Zn-EDTA, Zn-DTPA e Zn-EDDHA (Tabela 17), e a translocação relativa destas fontes é semelhante. Este efeito observado pode ser devido ao tamanho das moléculas, grandes no caso do quelado, que resulta em menor penetração cuticular e nos tecidos adjacentes. Portanto, considerando-se o processo de absorção, a eficiência do Zn-EDTA é 1,4 vezes menos eficiente que a do sulfato. Na translocação, o quelado parece ser 1,5 vezes mais eficiente, o que resulta numa eficiência global do quelado em relação ao sulfato igual a 1,0. Recentemente Katkat et al. (2000) demonstraram que o sulfato e o cloreto de zinco proporcionaram os maiores teores de Zn nas folhas de milho, mas o Zn-EDTA é que proporcionou a maior produção de matéria seca. Uma possível explicação para este resultado seria a taxa diferencial de translocação dos produtos, o que foi observado por Sacramento e Rosolem (2000), como pode ser visto na figura 21.

Tabela 17: Influência de agentes quelatizantes na absorção foliar e translocação de zinco.

Forma aplicada	Absorvido	Translocado	
	% do aplicado	% do absorvido	% do aplicado
Sulfato	74,4a	7,7a	5,71
EDTA	24,5 b	10,0a	2,45
EDDHA	3,7 c	10,0a	0,37
DTPA	5,7 c	7,5a	0,43

Existem poucos trabalhos considerando estes aspectos quando se aplica soluções multinutrientes. Entretanto, Chamel e Ganbonnet (1982) mostraram que o Cu é mais retido na cutícula que o Zn, que é mais retido que o Mn (Figura 7). Este fato pode ter importância prática, pois a aplicação de Cu reduziu drasticamente a retenção cuticular do Zn, mostrando que existe alta afinidade da cutícula pelo Cu. Isso, embora possa tornar o Zn mais lavável, pode também melhorar a absorção do nutriente pelas folhas. Por outro lado, Chamel et al. (1982), em experimentos com cutículas isoladas, demonstraram claramente que o zinco contido em diversos fungicidas foi retido na barreira cuticular.

- Composição da solução

Na formulação da solução fertilizante, diversos aspectos devem se considerados. Assim, o primeiro ponto seria o objetivo da adubação foliar e a compatibilidade com defensivos, se a aplicação for feita em misturas. Além disso, é muito importante a interação dos nutrientes, já discutida.

A respeito da composição da solução, algumas observações realizadas ermitem deduzir o seguinte:

- a) Além da uréia, $\text{NH}_4 - \text{N}$ e $\text{NO}_3 - \text{N}$ podem também ser absorvidos e metabolizados pela planta (Weinbaum e Neumann, 1977), sendo que a aplicação simultânea destas três fontes de N pode aumentar a absorção de cátions (Alexander e Shroeder, 1987). Bons resultados foram obtidos com a aplicação de uréia- NH_4NO_3 na relação 1:1. As gotas desta solução equimolar não secam tão rápido quanto as da uréia ou do nitrato de amônio, por causa de sua higroscopicidade muito alta.
- b) Os sais de magnésio, principalmente o sulfato, podem agir como protetores contra injúrias foliares nas concentrações mais altas (Pompei, 1981).
- c) fósforo (H_2PO_4-1), em presença de radical amônio, precipita vários metais (Mg, Zn, Cu) (Pompei, 1981).
- d) magnésio, em presença de fósforo, acelera consideravelmente a translocação, favorecendo a absorção (Crócomo, et al., 1965).
- e) A presença de açúcar na solução de uréia tem a virtude de fornecer esqueletos carbônicos que, aceitando a amônia, diminuem sua concentração no tecido, evitando a toxidez (Malavolta, 1980).
- f) Entre os agentes protetores, encontram-se ainda o $\text{Ca}(\text{OH})_2$, cal sodada ($\text{CaO} + \text{NaOH}$) e cal sulfurada, que permitem maiores concentrações de Zn ou Cu na solução, sem causar injúrias (Camargo e Silva, 1975).
- g) MgSO_4 , o ácido bórico e boratos são incompatíveis com sais de cobre, ao passo que sais de Zn não devem ser misturados a substâncias oleosas (Camargo e Silva, 1975).
- h) A uréia, cloreto de potássio e sulfato de potássio, quando presentes na solução, aumentam a absorção do Zn do Sulfato de Zinco, com vantagens para o KCl. A aplicação de MAP ou de NPK-Mg na mesma solução com Zn prejudica um pouco a absorção do último (Garcia et al, 1980).

- Concentração da solução

Dependendo de uma série de fatores, as plantas podem suportar diferentes concentrações de solução. O algodoeiro, por exemplo, pode suportar até 15 % de uréia (Ferraz et al., 1969), ao passo que alguns trabalhos relatam efeitos de toxidez em concentrações da ordem de 3 a 5 %. No caso específico da uréia, a fitotoxidez pode não ser um efeito salino, mas sim um efeito da amônia liberada através da ação

da urease, pois a uréia é absorvida na forma molecular (Wittwer et al., 1963), sofrendo hidrólise, com a conseqüente volatilização da amônia. Este fato pode explicar as grandes variações que tem sido observadas entre os diferentes experimentos. Schönherr (2000) demonstrou que a quantidade absoluta de um sal que penetra na cutícula é proporcional à concentração da solução.

Almeida et al. (1998) mostrou que concentrações de uréia de até 10 % não causavam injúrias sérias a folhas de feijoeiro. Entretanto, com o aumento da concentração a partir de 10 % a área lesionada aumenta muito rapidamente, com pequenos incrementos nas concentrações de uréia na solução (Figura 30).

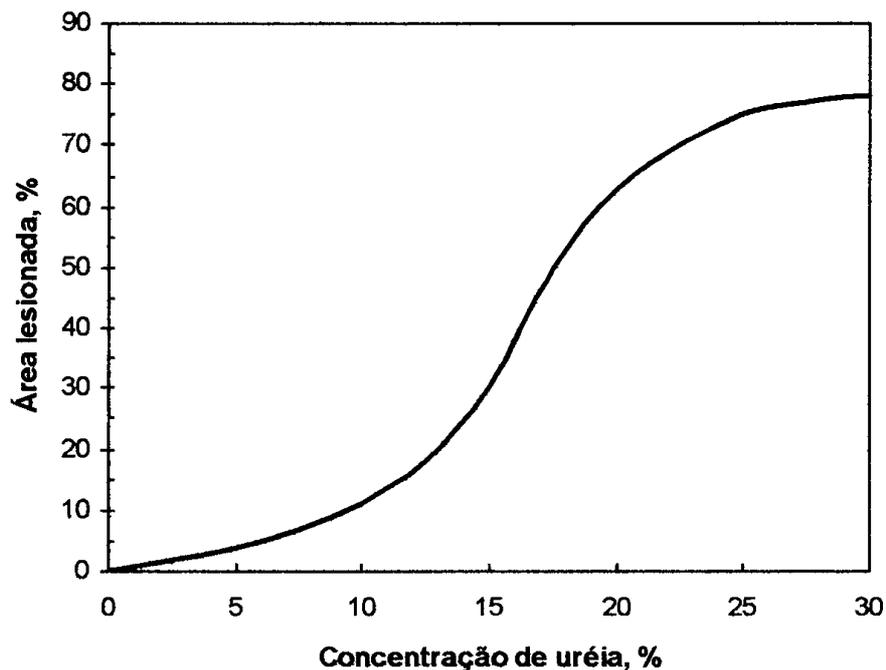


Figura 30: Área lesionada de folhas de feijoeiro que receberam soluções de uréia em diversas concentrações.

De qualquer modo, manejando-se corretamente a composição da solução e adequando-se o equipamento de aplicação, é possível efetuar-se pulverizações a concentrações relativamente altas. Quando se usa equipamento adequado, reduzindo-se o volume de solução aplicado, é possível aumentar significativamente a concentração da mesma, sem causar danos à folhagem (Rosolem et al., 1983a).

- pH da solução

O pH da solução tem um efeito variável sobre a absorção dos nutrientes, dependendo não só do nutriente em si como do íon acompanhante. Com base neste fato tem-se desenvolvido certa polêmica com relação ao pH da água a ser utilizada nas soluções fertilizantes. Acontece que o pH da água tem pouco efeito no pH da solução a ser aplicada, como pode ser visto na tabela 18.

Tabela 18: pH das soluções em função de produtos e do pH original da água.

Tratamento	Pederneiras	São Manoel	Botucatu	Tabatinga
Água	7.7	6.4	6.3	6.5
Sal	5.6	4.2	4.2	4.2
Ligno1 ¹	5.0	4.6	4.5	4.3
Ligno 2	5.4	4.8	4.7	4.4
Ligno3	5.8	5.4	5.4	4.8
EDTA 1	6.0	5.9	5.8	6.0
EDTA 2	6.2	6.2	6.1	6.1
EDTA 3	6.3	6.3	6.3	6.4

1. 1, 2 e 3 indicam, respectivamente, 1/3, 2/3 e 1/1 da dose do sal ZnSO₄.

Para a absorção de uréia o melhor pH encontra-se na faixa de 5 a 8 (Camargo e Silva, 1975), embora em pH acima de 7,0 possam ocorrer maiores perdas por volatilização. Kannan (1991) cita trabalhos em que a melhor absorção de uréia por folhas de macieira ocorre entre pH 5,4 e 6,6. Entretanto, Rosolem et al. (1990) encontraram absorção mais rápida por folhas de algodoeiro com pH de solução de 4,0 ou menor (Figura 31). É interessante notar na figura que a recuperação final do N aplicado (em torno de 80 %), após 24 horas não variou. Mas, do ponto de vista prático, a maior velocidade de absorção, evidente já a partir de 9 horas da aplicação, é muito importante, pois, a aplicação de soluções com pH mais baixo evitaria maiores perdas no caso de ocorrência de chuvas.

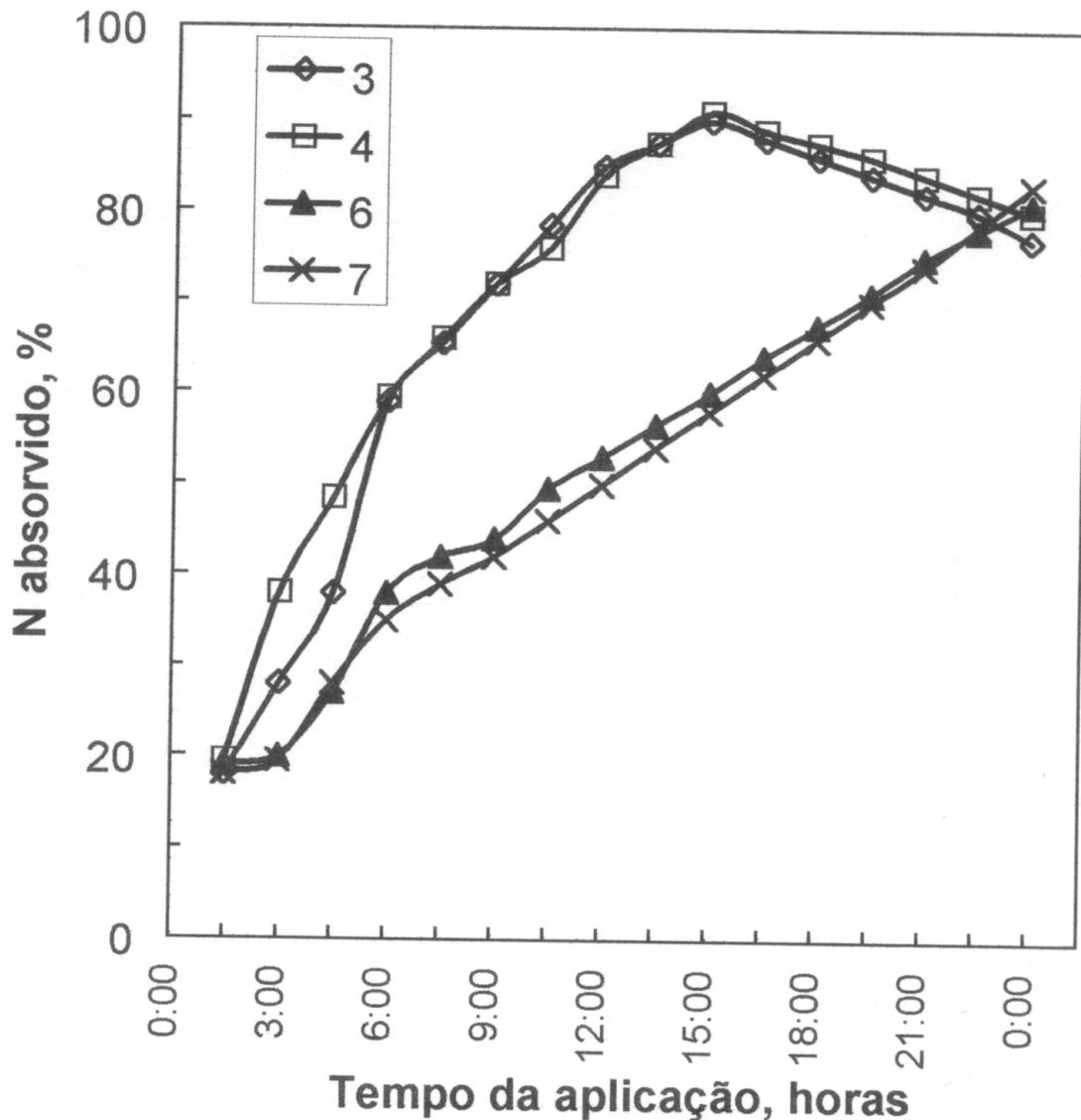


Figura 31: Absorção de nitrogênio via foliar pelo algodoeiro em função do pH da solução e do tempo pós a aplicação.

O melhor pH para que ocorra a absorção de fósforo difere com a fonte empregada (Reed e Tukey, 1978), pois a absorção por crisântemo foi máxima com pH de 3,0 a 6,0 para fosfato de sódio e pH 7,0 a 10,0 para o fosfato de potássio.

No caso do potássio, o pH da solução corrigido para 4,0 ou 7,0 melhorou o desempenho de algumas fontes do nutriente, aplicado na dose de 4 kg ha⁻¹ de K₂O em 100 l de água, como pode ser visualizado na tabela 19, adaptada de Chang e Oosterhuis (1995). No pH original, K₂SO₄ não causou queima das folhas, o KNO₃ causou menos de 0,5 % de sintomas e o KCl 3,5 %. Em contraste, queima substancial foi causada por KOH (39,2 %), K₂CO₃ (36,3 %), K₂S₂O₃ (32,5 %), KHCO₃ (28,3 %) e CH₃COOK (22,1 %). Quando o pH das soluções foi corrigido os sintomas

de fitotoxidez praticamente desapareceram para todas as fontes, com exceção de $K_2S_2O_3$, que ainda apresentou 26,5 % de queima. Os sintomas de queima nas folhas podem causar menor fotossíntese e prejuízo na produtividade. Os tratamentos com maior queima de folhas também diminuíram o tamanho das folhas. É interessante notar que o abaixamento do pH melhorou a translocação do K para as maçãs, no caso de algumas fontes de K. Neste experimento, a produtividade foi aumentada em relação à testemunha nos tratamentos com KNO_3 , KCl e K_2SO_4 , com melhores resultados quanto o pH foi corrigido para 4,0. No caso do KCl não houve efeito do pH na produtividade.

Tabela 19: Concentração de potássio (como porcentagem acima do controle sem tratamento) em folhas de algodão, pecíolos e maçãs, 48 horas após a aplicação foliar de vários compostos, em função do pH original da solução ou corrigido.

Composto	Concentração de K, % acima do controle					
	Folhas		Pecíolos		Maçãs	
	pH da solução					
	Original	Ajustado	Original	Ajustado	Original	Ajustado
KNO_3	38,8	31,7	28,2	18,4	10,1	3,9
KCl	69,4	75,5	46,6	59,8	11,8	11,2
K_2SO_4	19,5	23,4	16,7	22,5	3,2	0,0
$K_2S_2O_3$	86,2	92,3	62,8	53,4	11,3	13,4
$K_2CO_3^1$	143,0	121,7	68,0	64,0	12,0	35,8
KOH^1	182,9	134,0	115,0	82,4	21,1	52,8
$KHCO_3$	178,6	- ²	82,3	-	18,9	-
CH_3COOK	91,8	-	50,7	-	10,0	-

1. PH ajustado para 7,0, e não para 4,0 como os demais.

2. pH não ajustado em função da necessidade de volume muito grande de solução tampão.

O Ca aplicado como $CaCl_2$ é retido facilmente na cutícula de frutos de maçã, seja adsorvido, seja na forma trocável (Chamel, 1983). O abaixamento do pH da solução diminui bastante a retenção cuticular (Figuras 5 e 6), melhorando a absorção.

O boro, segundo Shu et al. (1991) tem máxima absorção em pH de 7,0 a 8,0. Este pH é próximo ao melhor pH para absorção de Zn, mas em soluções multinutrientes podem ocorrer problemas, pois a uréia, fósforo, potássio e cálcio são melhor absorvidos em pH mais baixo.

Na figura 32, adaptada de Blanco et al. (1972a), encontra-se ilustrado o efeito do pH sobre a absorção de zinco por folhas de cafeeiro.

No caso de formulações multinutrientes, segundo Primavesi (1981) é interessante que o pH esteja em torno de 5,5, uma vez que formulações muito ácidas ou alcalinas podem levar à ocorrência de fitotoxidez.

Assim, fica claro que não só cada nutriente, como também o mesmo nutriente, dependendo do íon aconpanhante, tem um pH ótimo para penetração cuticular e absorção. Assim, no caso de aplicação de misturas de nutrientes, é praticamente impossível otimizar a absorção de todos os elementos.

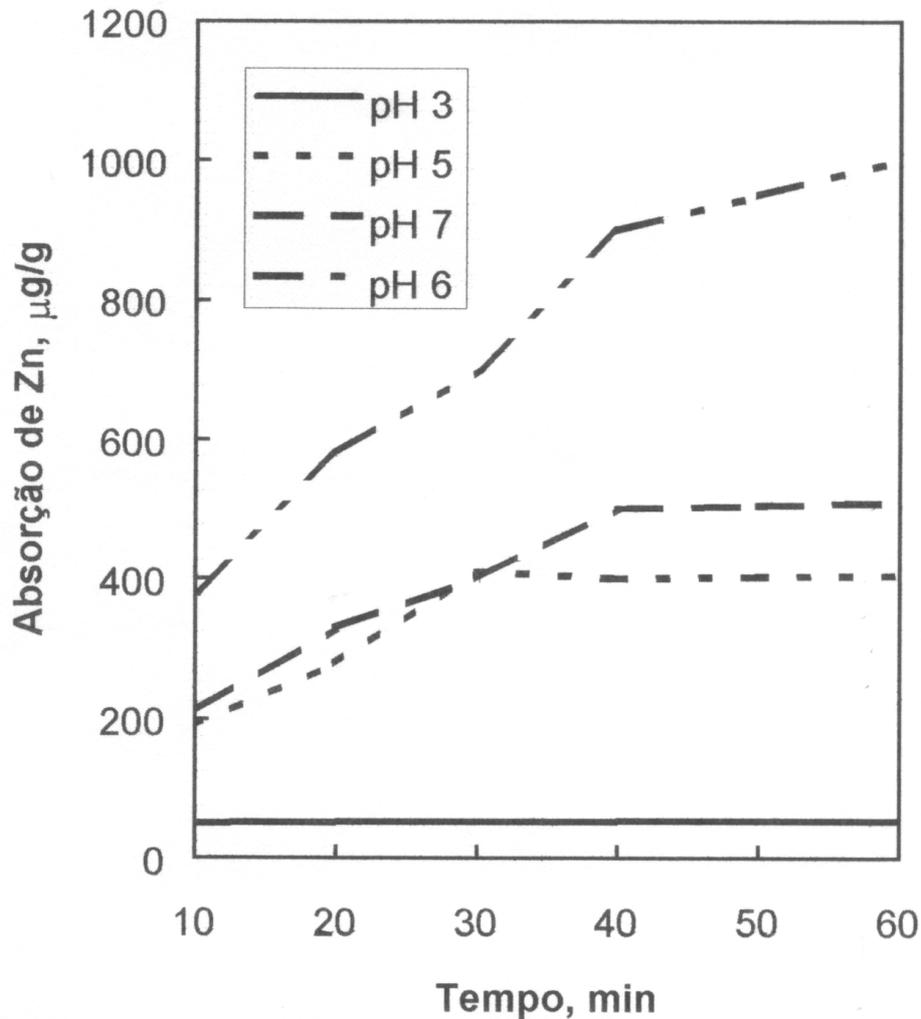


Figura 32: Efeito do PH da solução na absorção de zinco pelo cafeeiro.

- Ângulo de contato

Para que ocorra absorção foliar, é necessário que a superfície da folha esteja molhada. Por sua vez a eficiência de molhamento da superfície foliar depende da tensão superficial do líquido e da composição das ceras presentes. As superfícies foliares podem ser divididas em três classes, de acordo com sua molhabilidade:

- Superfícies de forte hidropelência** – cera rica em parafinas, cetonas e, principalmente, triterpenóides. As gotículas permanecem esféricas. Ex: repolho, ervilha.

- b) **Superfícies de forte hidroafinidade** – geralmente com pouca cera, exceto as folhas de macieira. As gotículas tomam imediatamente a forma hemisférica. Ex: macieira.
- c) **Superfícies difíceis de molhar**, embora as gotículas se espalhem imediatamente – A cutícula contém pouca cera, mas é difícil de molhar. Ex: cafeeiro.

Assim, em função do tipo de superfície que a planta apresenta, provavelmente deverá ser adicionado mais ou menos surfactante ou espalhante adesivo. Ou ainda, deverá ser utilizado surfactante com características específicas, visando diminuir a tensão superficial da solução, permitindo melhor molhamento, mas evitando-se o escorrimento da solução.

O uso de adjuvantes faz com que o ângulo de contato diminua até determinada concentração do produto na solução (Figura 33) e, com a diminuição correspondente na tensão superficial, a área molhada aumenta (Figura 34), podendo assim, além de expor maior área da epiderme à absorção, atingir maior número de estômatos, melhorando a penetração do elemento (Almeida et al., 1998).

- **Adjuvantes**

O termo adjuvante é um coletivo que inclui todos os aditivos químicos que intensificam a absorção ou modificam as soluções ou sistemas pulverizados. Deve-se considerar que todos os surfactantes podem incluídos como adjuvantes. Surfactantes são agentes ativos em superfícies, com a função primária de reduzir a tensão superficial de um líquido (solução pulverizada) ou a tensão interfacial entre dois líquidos. Adjuvantes são produtos que facilitam a ação de substâncias pulverizadas, modificando as características da formulação aplicada ou alterando as propriedades do composto empregado.

Os adjuvantes podem ser agrupados de acordo com o tipo de ação em três grandes grupos:

- a) ativadores, agentes molhantes, penetrantes e óleos;
 - b) modificadores da pulverização, adesivos, espalhantes, depositadores, formadores de filmes, espumantes e agentes espessantes;
 - c) modificadores de utilidade, emulsificantes, dispersantes, agentes estabilizadores, agentes acopladores, co-solventes, agentes compatibilizantes, agentes tampão e agentes anti-espumantes.
-

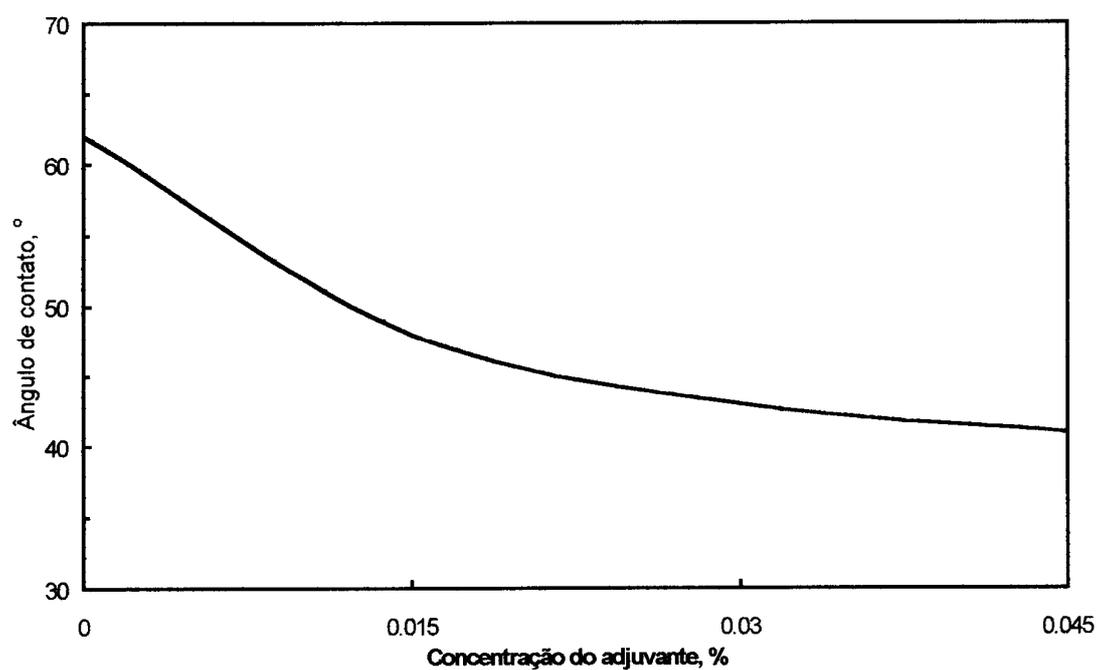


Figura 33: Ângulo de contato da gota com a epiderme de folhas de feijoeiro em função da concentração de adjuvante na solução.

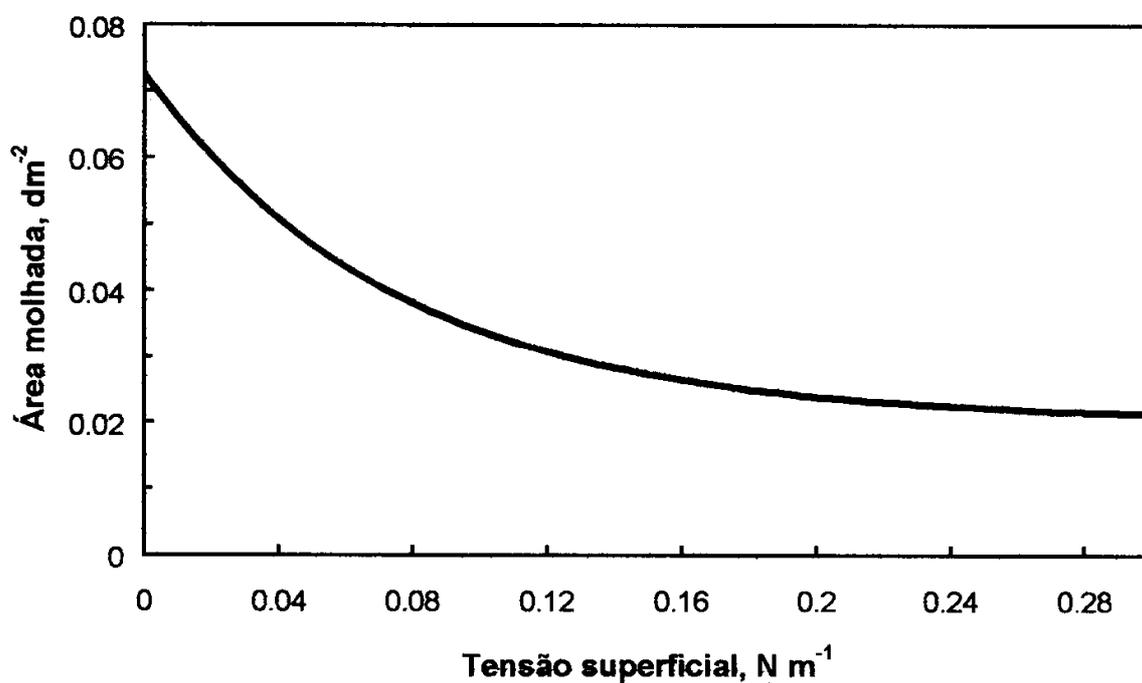


Figura 34: Área de folhas de feijoeiro molhada em função da tensão superficial da solução de uréia.

Dependendo de sua ionização em água, os surfactantes podem ser classificados em não iônicos e iônicos.

Os surfactantes não iônicos não se ionizam em água ou apresentam ionização muito baixa, e ainda, não possuem partículas carregadas. Normalmente são éteres e álcoois complexos.

Os surfactantes iônicos ionizam-se em água e a porção ativa da molécula pode apresentar carga positiva (catiônica) ou negativa (aniônica). São compostos de misturas de espécies químicas ou isômeros.

De maneira geral os surfactantes não iônicos tem proporcionado melhores resultados em adubação foliar e, entre os surfactantes não iônicos, existem evidências de que os compostos de organossilicone permitem melhor absorção e talvez melhor metabolização do adubo foliar que os compostos de carboidratos, como por exemplo o mono-oleato polyxyethyeno sorbitan e o isoctil-fenoxi-polioxi-etilenoglicol, que são dos mais utilizados (Neumann e Giskin, 1979). Recentemente, Almeida et al. (1998) demonstrou que, de alguns produtos do mercado brasileiro, apenas um surfactante siliconado foi capaz de baixar a tensão superficial da solução abaixo de 30 mN m^{-1} , permitindo assim maior taxa de absorção via estomatal (Figura 35).

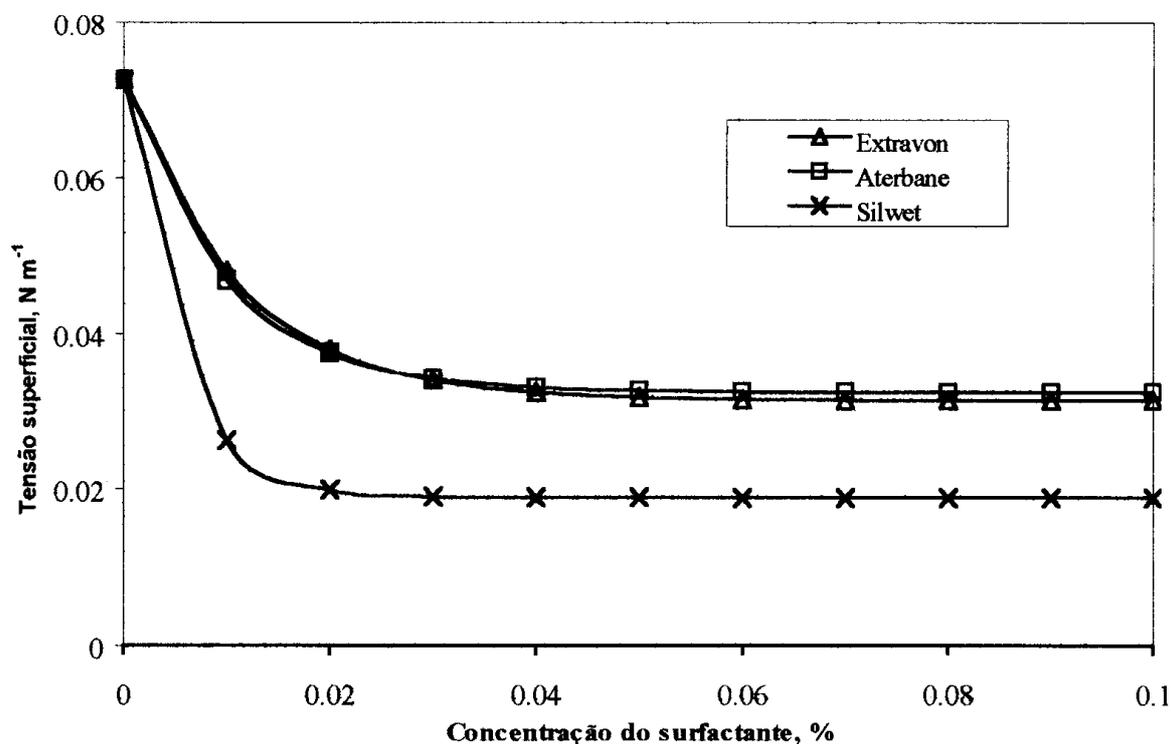


Figura 35: Tensão superficial da solução em função do tipo e concentração do surfactante.

Num sentido amplo, a própria utilização de uréia ou KCl na solução com intuito de modificar a absorção de outro nutriente, seria entendida como uso de adjuvantes. Um exemplo seria a utilização de soluções equimolares de Uréia-NH₄NO₃. Outro exemplo seria a interferência do KCl na interação negativa Zn x Cu. Cordeiro et al. (1990) demonstraram que a interação negativa é importante em mudas de café, mas é minorada quando se utiliza KCl na solução aplicada (figura 36).

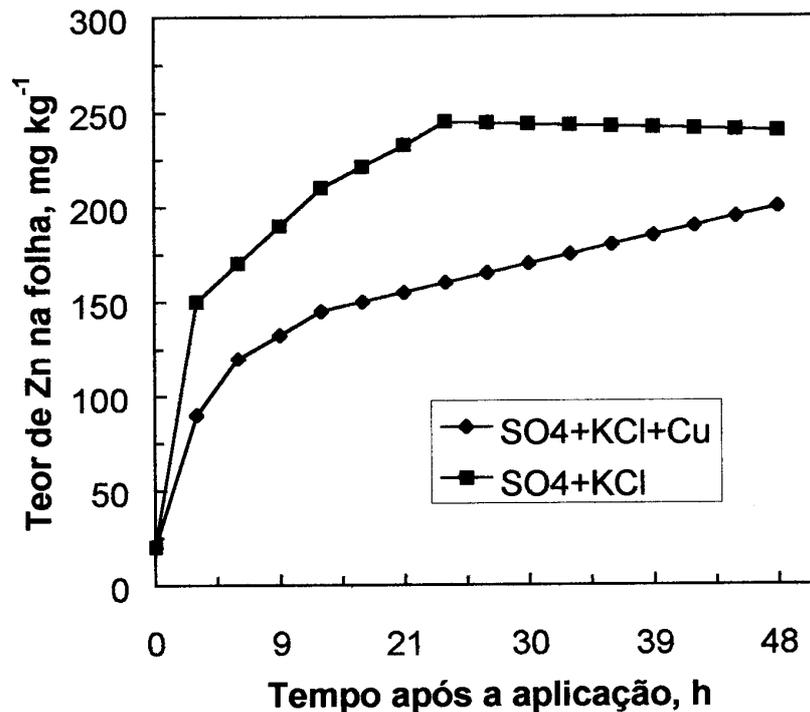


Figura 36: Teores de Zn em folhas de café em função de misturas de sulfato de zinco com cloreto de potássio e oxiclreto de cobre. O sulfato foi aplicado na concentração 0,4%, o KCl a 0,7% e o oxiclreto de cobre a 0,8%.

De acordo com Chamel (1988), a adição de um agente molhante é necessária para assegurar a aderência das gotas em superfícies de difícil molhamento. Entretanto, nenhum dos produtos testados – monolaureato polioxietileno sorbitam (tween 20), octilfenoxi polietoxi etanol (Triton X100), lauril sulfato de sódio (Empicol LM), dialquil sulfosuccinato de sódio modificado (Montaline 1304) ou sal sódico do ácido dioctil sulfosuccinico (Super Montaline SLT), melhorou significativamente a absorção de potássio.

O dimetil sulfóxido (DMSO) tem gerado interesse por causa de sua capacidade em aumentar a penetração de substâncias nas folhas. Experimentos relatados por Chamel (1988) revelaram que o DMSO pode aumentar a absorção de potássio ou ferro (Tabela 20), dependendo do sal utilizado. Entretanto, a absorção de fósforo não foi modificada, possivelmente por causa da baixa solubilidade de fosfatos em DMSO.

As interações observadas com adjuvantes são complexas, pois o próprio DMSO, em altas concentrações, pode inibir a absorção de K. Este adjuvante não tem efeito na translocação dos nutrientes, e seu efeito na absorção pode, pelo menos em parte, ser atribuído a sua alta higroscopicidade.

Tabela 20: Efeito do DMSO (Dimetilsulfóxido) a absorção de potássio, ferro e fosfatos.

Fertilizante	DMSO	Aumento
	----- % -----	
Nitrato de Potássio	0,2	84
	1,0	167
Cloreto de Potássio	0,5	166
	1,0	151
Sulfato de Potássio	0,5	0
	1,0	0
Sulfato de Ferro	0,5	53
	1,0	54
Nitrato de Ferro	0,5	0
	1,0	0
Fosfatos	0,5	0
	1,0	0

O efeito do adjuvante depende de sua concentração (Figura 35) e o próprio produto pode ser tóxico. Stein e Storey (1986) testaram diversos adjuvantes na cultura da soja. De todos os produtos testados, gliclerol, lecitina e pluronic L-121 mostraram mais promissores quanto à melhoria do teor de clorofila, absorção de N ou P (Tabela 21), quando aplicados na dose de 0,43 µ l por vaso. Quando Stein e Storey (1986) aplicaram o produto até haver escorrimento, diversos produtos promoveram melhor absorção de N e P (Tabela 22), mas ocorreram sérios problemas de fitotoxidez. De maneira geral, quanto maior foi a absorção, maior foi a severidade dos sintomas de toxidez.

Tabela 21: Efeito de adjuvantes na absorção de N e P pela soja. Aplicação de gotas de 0,43 ml.

Tratamento	Tipo	Clorofila	Nitrogênio	Fósforo
Sem foliar	-	100	100	100
Foliar sem adjuvante	-	102	103	100
Foliar + Glicerol	Álcool	109	105	125
Foliar + Lecitina	Fosfato	109	105	120
Foliar + Pluronic L-121	Hidrocarbono etoxilado	113	105	108

Tabela 22: Efeito de adjuvantes na absorção de N e P pela soja, com aplicação até escorrimento, na concentração de 0,5 % (i.a.)..

Tratamento	Tipo	N	P	Fitotoxidez
Sem foliar	-	100	100	0
Foliar sem adjuvante	-	118	198	80
Glicerol	Álcool	118	145	80
Sorbitol	Álcool	122	133	80
Aerosol AT 75	Sulfonado	129	186	100
L 77	Siliconado	131	224	100
Lecitina	Fosfato	149	281	100
Pectina	Carboidrato	140	210	80
Amido	Carboidrato	142	213	80
Complex	Sulfato	144	265	90
First prize	B. thuringiensis pyertrina	151	327	100
Uran 75	Amina	142	259	80

Schönherr (2001) testaram o efeito de diversos adjuvantes na penetração de CaCl_2 em cutículas de frutos de maçã (Figura 37). Os agentes molhantes alkyl polyglucosídeos mostram-se muito efetivos em melhorar a penetração do CaCl_2 . Estes surfactantes penetram na cutícula vagarosamente e não são fitotóxicos. A tensão superficial estática de uma solução de CaCl_2 (10 g l^{-1}) contendo $0,2 \text{ g l}^{-1}$ de Glucopon 215CSUP foi de 30 mN m^{-1} e a 1 g l^{-1} ou maior foi de $28,4 \text{ mN m}^{-1}$. Estas baixas tensões superficiais são atingidas, de qualquer modo, durante a secagem das gotas, permitindo também a penetração através de estômatos e lenticelas.

Os álcoois etoxilados são também bons agentes molhantes, mas muitos deles são fitotóxicos (Uhlig e Wissmeier, 2000). Além disso, as cadeias de polioxietileno adsorvem fortemente o Ca e estes surfactantes iônicos complexos não penetram nas cutículas. Muitos destes álcoois aumentam a penetração cuticular de substâncias não iônicas porque tornam as ceras cuticulares mais plásticas (Shreiber et al, 1996), mas com íons esta propriedade não é interessante, uma vez que íons hidratados não penetram a fase lipofílica da cutícula. Íons se difundem através de poros aquosos e por esta razão, plastificantes não melhoram a penetração de íons e sais (Schönherr, 2000).

Os surfactantes proteinados diminuiram a penetração do Ca (Figura 38). Estes surfactantes apresentam cargas negativas e é provável a formação de sais. Pelo menos a maior parte da redução pode ser devida aos Ca-polipeptídeos que são excluídos dos poros. É também o que pode acontecer no caso do EDTA (Schönherr, 2001). Assim os melhores resultados para o Ca foram observados com CaCl_2 , com adição de um agente molhante como o Glucopon.

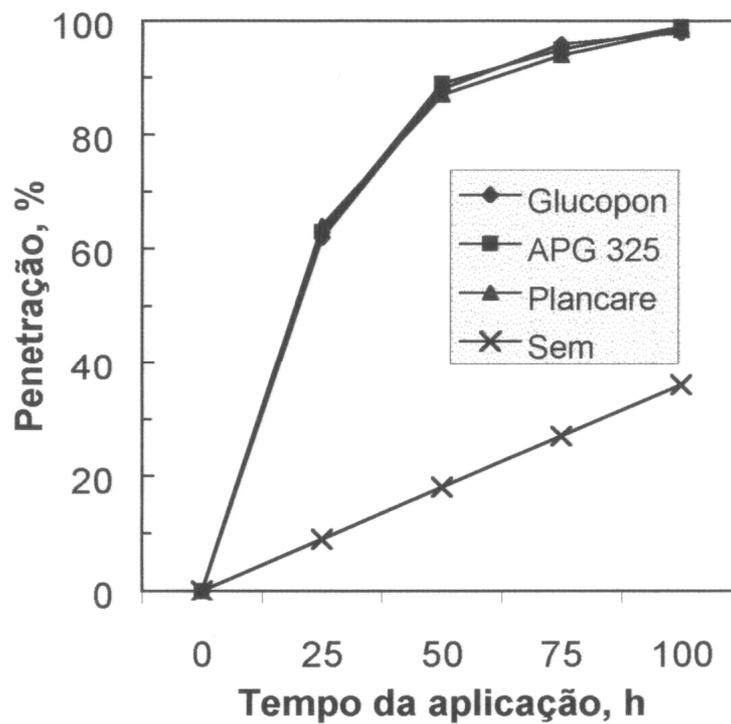


Figura 37: Efeito de agentes molhantes na penetração cuticular de CaCl_2 .

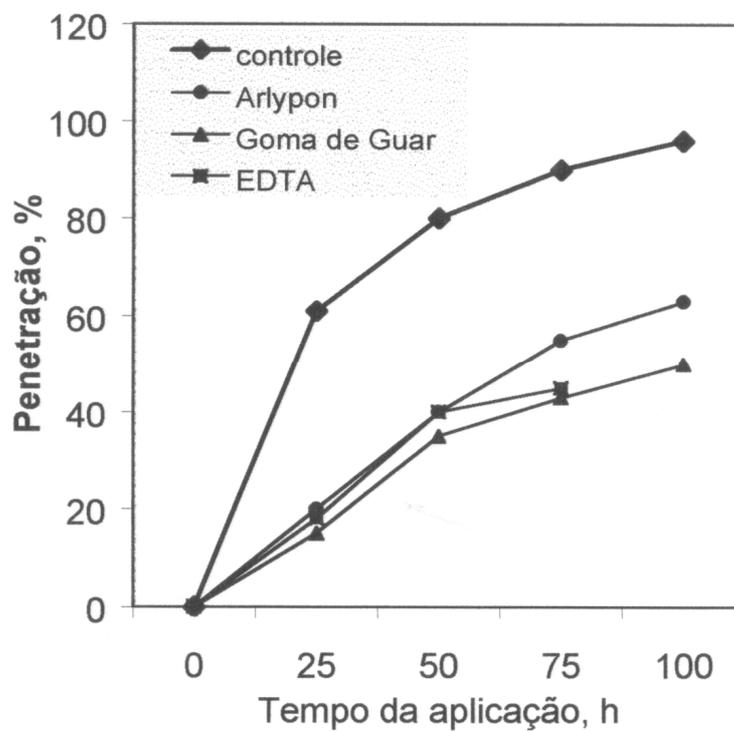


Figura 38: Efeito de surfactantes proteínados e EDTA na penetração cuticular de CaCl_2 .

Palladini (2000) demonstrou que cada produto defensivo ou herbicida adicionado à solução modifica a tensão superficial da mesma, devendo então isso ser levado em conta quando se trabalha com misturas de produtos. A pulverização com tensão superficial da calda de $36,5 \text{ mN m}^{-1}$, apesar de não ser suficiente para permitir a penetração estomatal, proporciona maior deposição média nas folhas de laranjeira, maior uniformidade dos depósitos entre ambas as superfícies da folha, mas também, maior perda por escorrimento. Os maiores incrementos no depósito em função do uso de espalhante ocorrem em posições da planta e em folhas menos propensas à intercepção da calda de pulverização, justificando-se o uso do produto.

- Reguladores de crescimento

Diversos reguladores de crescimento tem efeito sobre a absorção ou translocação dos nutrientes nas plantas, podendo ter influência na eficiência da adubação foliar. Kannan e Mathew (1970) relataram que GA (ácido giberélico) e CCC (Cloreto de Cloroetilcolina) melhoraram a absorção de sulfato de ferro. Por outro lado, substâncias como ABA (ácido abscísico), ethrel, GA, IAA (ácido indolacético), 2,4 D, NAA(ácido naftalenoacético) e cinetina podem aumentar a taxa de transporte do nutriente e, às vezes, modificar sua direção). Entretanto, Newman e Giskin (1979), quando aplicaram uma citocinina (benzil adenina) ao feijoeiro, notaram que era aumentado o transporte de nutrientes para as sementes, mas era apressada a senescência das folhas, não melhorando o aproveitamento da adubação foliar. Em condições de campo, Rosolem et al. (1983) não observaram vantagens quando aplicaram CCC ao algodoeiro, juntamente com adubos foliares. Boaretto et al. (1981) chegaram a resultados comparáveis, na cultura do tomateiro.

- Luz

A absorção foliar tem uma fase ativa, com consumo de energia. Por sua vez, o transporte no floema também é um processo que demanda energia. Desta forma a absorção do nutriente está condicionada à fosforilação oxidativa, que fornece ATP que, por sua vez, fornece energia ao processo de absorção (Kholdebarin e Oertli, 1972; Kannan, 1980). Além disso, os estômatos somente estarão abertos na presença de luz, o que deve aumentar, em determinadas situações, a penetração do soluto.

Na figura 39 encontra-se ilustrado o efeito da luz sobre a absorção de Zn por folhas de cafeeiro (Blanco, 1972b).

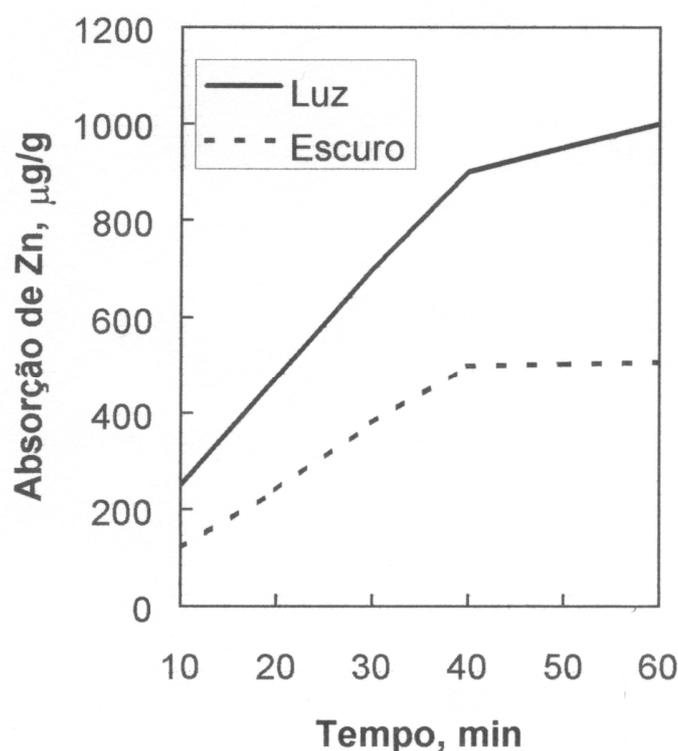


Figura 39: Efeito da luz na absorção de zinco pelo cafeeiro.

- Umidade

O efeito da umidade sobre a absorção foliar de nutrientes deve ser considerado de duas maneiras: a umidade atmosférica e a umidade do solo. Se a umidade relativa do ar for muito baixa, haverá grande transpiração (desde que o solo esteja úmido), e a solução aplicada secará muito depressa, o que pode prejudicar a absorção, causando queima das folhas, uma vez que este sintoma está relacionado à taxa de transpiração. Este problema pode ser minimizado até certo ponto, através da utilização de umectantes na formulação do adubo foliar e do manejo da hora de aplicação. Por outro lado, existem indicações de que películas de umidade formadas na superfície foliar às custas da transpiração parecem ser mais importantes para a absorção do que propriamente a água aplicada (Malavolta, 1980; Burkhardt e Eiden, 1994).

A hidratação da cutícula não só melhora a penetração cuticular de compostos hidrofílicos (Kirkwood, 1999), mas também reduz as propriedades hidrofóbicas da superfície, como já é conhecido da química de superfície de outros polímeros. Shönherr (2001) demonstrou que a penetração de CaCl_2 em cutículas foi significativamente aumentada com o aumento na umidade relativa (Figura 40).

Se a umidade relativa do ar for muito alta, com presença de neblina ou garoa, pode inclusive ocorrer desorção de nutrientes.

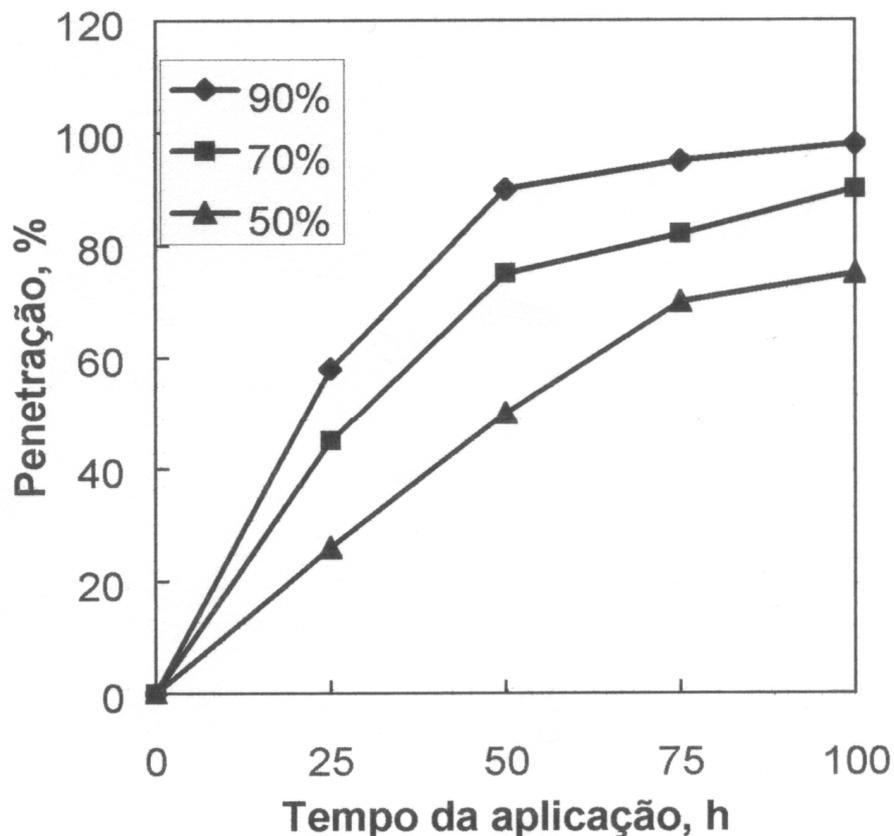


Figura 40: Efeito da umidade relativa do ar na penetração cuticular de CaCl_2 mais surfactante em frutos de macieira.

Com relação à umidade do solo, esta determinará o grau de hidratação da planta, e portanto da cutícula. Como a permeabilidade da cutícula depende de seu grau de hidratação, conclui-se que somente haverá absorção eficiente de nutrientes pelas folhas se o solo apresentar boas condições de umidade (Gray, 1977; Newmann e Giskin, 1979).

- Temperatura

Os dados sobre o efeito da temperatura sobre a absorção foliar são escassos. Os efeitos da temperatura, principalmente se muito alta, ocorrem em conjunção com os efeitos da umidade, acentuando-os. Entretanto, sendo a absorção um processo ativo, é de se esperar que a máxima absorção ocorra quando as condições de temperatura para o crescimento da planta são ótimas, em termos de taxas fotossintéticas e respiratória. Na figura 41 encontra-se um exemplo do efeito da temperatura na absorção de Zn pelo cafeeiro (Blanco et al., 1972b).

Embora Schönherr (2000) não tenha encontrado efeito de temperaturas variando de 15 a 30 °C na penetração cuticular do Ca, na faixa de 20-40 °C, a permeabilidade de folhas de citros à água teve um coeficiente de temperatura (Q_{10})

de 2, isto é, a permeabilidade dobrou quando houve um aumento de 10 °C na temperatura (Schönherr et al., 1979). Os coeficientes de temperatura para *Citrus* e *Pyrus* para difusão de compostos orgânicos é ainda maior, variando de 4 a 10, dependendo do volume molar da solução e da espécie (Baur e Schönherr, 1995). O efeito da temperatura na permeabilidade pode ter várias causas. A intensidade de adsorção na cutícula (Schönherr e Riederer, 1989) e o coeficiente de difusão (Baur e Schönherr, 1995) são dependentes da temperatura. Baur et al., (1997) demonstrou que temperaturas entre 20 e 70 °C não causaram mudança de fase nas ceras cuticulares, mas houve significativo aumento na permeabilidade, um efeito perfeitamente reversível. A seletividade para tamanho da molécula e também a variabilidade entre diferentes cutículas diminuiu com o aumento na temperatura.

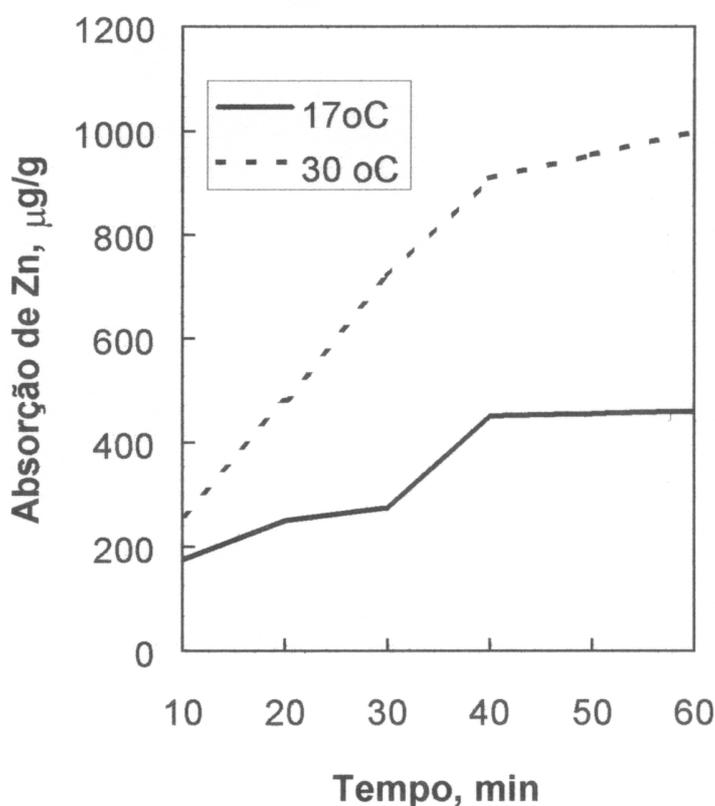


Figura 41: Absorção de zinco pelo cafeeiro em função da temperatura.

- Horário de aplicação

Existe um consenso de que as aplicações feitas pela manhã ou à tarde, nas horas mais frescas do dia, podem proporcionar o fornecimento de adubos foliares sem o perigo de ocorrer queima das folhas (Malavolta, 1980). Na tabela 23, adaptada de Rosolem e Machado (1983) encontra-se um exemplo do efeito do horário de aplicação. Entretanto, dependendo da temperatura, da umidade relativa do ar e da concentração da solução, a aplicação poderá ser feita em qualquer hora do dia com bons resultados (Boaretto et al. 1983b; Rosolem e Machado, 1983).

Tabela 23: Influência da hora de aplicação no efeito da adubação foliar em soja.

Hora	Produção (kg ha ⁻¹)
8:00	2350
11:00	2180
14:00	2060
18:00	2550

Recentemente Almeida et al. (2000) estudaram a relação entre concentração da solução e horário de aplicação de uréia em feijoeiro, cujos resultados se encontram na figura 42. Foram observados sintomas de fitotoxidez apenas na primeira aplicação, realizada no estágio de crescimento V₄, ou seja, por ocasião da emissão da terceira folha.

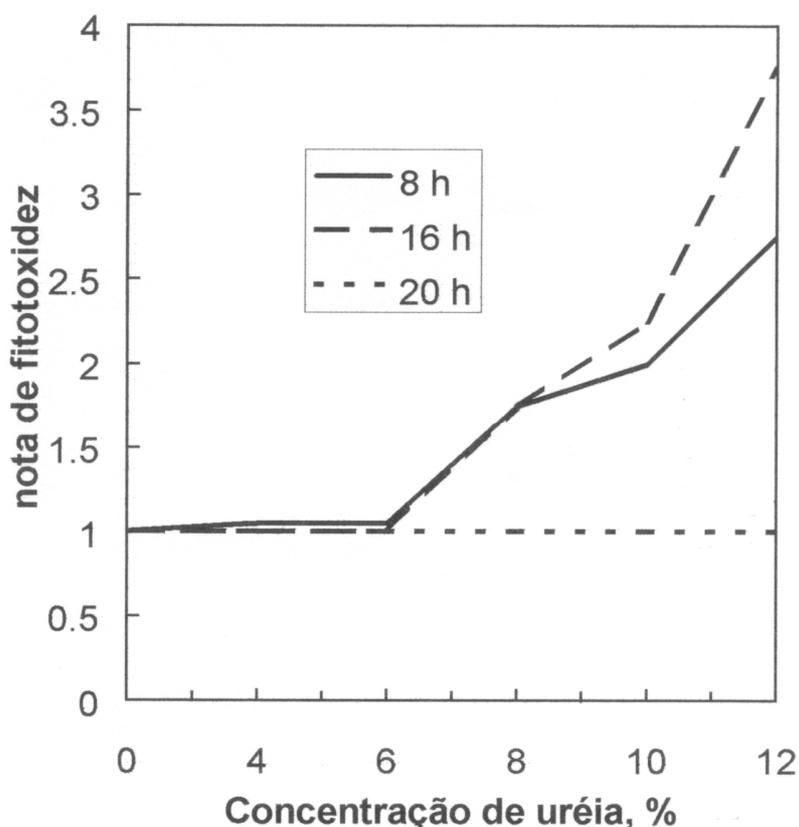


Figura 42: Fitotoxidez causada pela uréia aplicada a folhas de feijoeiro em função da hora de aplicação e da concentração de uréia. (1 – sem sintomas; 5 – sintomas muito severos).

Em aplicações mais tardias não houve fitotoxidez. Nota-se que, em aplicações realizadas às 20h não foram notados sintomas de fitotoxidez. Nas aplicações realizadas às 8 h foram notados sintomas leves a moderados, com concentrações de uréia de até 12 %. Nas aplicações realizadas às 16 h, a concentração de 12 % de

uréia chegou a causar sintomas acentuados de fitotoxidez. A temperatura variou de 21 °C às 8 h a 30 °C às 15 h, e a umidade relativa do ar de 67 % às 8 h a 31 % às 18 h, e na segunda e terceira aplicações a temperatura era mais alta, com umidades relativas do ar semelhantes. Assim, é interessante notar que os sintomas observados não estiveram correlacionados à umidade relativa do ar ou à temperatura, tratando-se portanto, provavelmente, simplesmente de maior sensibilidade das folhas mais novas. Boaretto et al. (1985) observaram que a uréia pode ser empregada em feijoeiro até concentrações de 100 g kg⁻¹ independente das condições ambientais e de até 200 g kg⁻¹ em aplicações feitas no início da manhã.

- Equipamento

A aplicação de adubos foliares tem como objetivo colocar uma quantidade suficiente de nutriente no lugar certo, no momento preciso, com garantia de que ele aí permaneça o tempo necessário e suficiente para ser absorvido, sem ocorrência de fitotoxidez. Uma das armas de que se pode utilizar para tanto é a utilização do equipamento correto. Isso normalmente é mais facilmente conseguido através da aplicação em forma de gotas pequenas, bem distribuídas, dando um perfeito recobrimento.

Normalmente as aplicações tem sido feitas a alto volume, utilizando-se de bicos que apresentam um amplo espectro de gotas, desde muito pequenas, até muito grandes. Desta forma as muito pequenas evaporam antes de atingir o alvo ou sofrem deriva, ao passo que as maiores, ao entrarem em contato com a folhagem escorrem, sendo perdidas, ou acumulando-se nos bordos e secando, o que proporciona condições para a queima das folhas nos bordos.

Por outro lado, a aplicação de soluções mais concentradas, a baixo volume, utilizando-se bicos com menor espectro de gotas, pode ser mais eficiente. Neste sentido, a adubação foliar pode ser comparada à aplicação de herbicidas sistêmicos, e os progressos que vem sendo aí obtidos podem ser transferidos à adubação foliar com muita probabilidade de êxito.

1.11. FILOSOFIAS DE APLICAÇÃO

Assim como a adubação tradicional, via solo e sistema radicular, tem um objetivo definido, específico, ou seja, complementar a nutrição da planta em quantidade e qualidade em relação ao que o solo pode fornecer, também a adubação foliar precisa ser definida, estudada e utilizada com objetivos específicos. De outra forma corre-se o risco de resvalar para a panacéia, para o remédio de todos os males e até para a charlatanice.

Pode-se dividir a adubação foliar nos seguintes tipos, de acordo com o objetivo e ou filosofia de aplicação: preventiva, corretiva, substitutiva, complementar e suplementar no estágio reprodutivo.

1.12. ADUBAÇÃO FOLIAR PREVENTIVA

Tem sido a mais utilizada e a de resultados menos comprovados. É a situação em que se aplica determinado nutriente ou, na maioria das vezes, um coquetel de nutrientes, sem certeza de resposta. Principalmente nas regiões de cerrado, onde foram comprovadas respostas de alguns micronutrientes, este tipo de adubação foliar tem sido largamente empregada, com a justificativa de que "cerrado responde a micronutrientes", sem ter em conta a contribuição do solo e o histórico da gleba, ou seja, o residual de fertilizantes que tenham sido aplicados anteriormente.

Numa situação de solos pobres, sem maiores conhecimentos da área, pode ter a vantagem de realmente corrigir a deficiência de um ou mais nutrientes que realmente estejam abaixo dos níveis mínimos requeridos para boa produtividade. Pode ser admitida em glebas onde se emprega tecnologia relativamente baixa e não se espera altas produtividades.

Por outro lado corre-se o perigo de se aplicar um ou mais nutrientes que já estejam em níveis altos e/ou não se mostrem deficientes. É bom lembrar que, para a maioria dos micronutrientes a faixa de teores ótimos não é larga, podendo-se induzir, por vezes sem sintomas aparentes, fitotoxicidade, com perda de produção. Deste modo, em glebas onde o investimento é alto, onde a tecnologia é adequada, onde os custos são determinantes do sucesso do empreendimento, não se pode admitir esta filosofia de recomendação de aplicação de nutrientes.

Uma situação particular em que a adubação foliar preventiva pode ser recomendada com relativa segurança é na prevenção de danos por geadas, com a aplicação de KCl. Esta prática se fundamenta no fato que quanto mais alta a concentração de sais na seiva, mais baixo seu ponto de congelamento.

Por outro lado, segundo Boaretto e Muraoka (1995) existem algumas recomendações de adubação foliar preventiva para hortaliças que já são consagradas, como por exemplo:

- a) repolho – boro (borax ou ácido bórico) na dose de 1 g l^{-1} , com 3 a 4 aplicações a cada 15 dias, começando 15 dias após o transplante;
- b) Couve-flor, brócolis – boro (idem ao repolho) e molibdênio (molibdato de sódio ou amônio), $0,5$ a $1,0 \text{ g l}^{-1}$ de água, 2 aplicações.
- c) Aipo ou salsão – boro (idem ao repolho), na dose de $0,5 \text{ g l}^{-1}$, 3 aplicações;
- d) Alho – boro (ácido bórico ou borax), na dose de $2,0 \text{ g l}^{-1}$ de água, 3 a 6 aplicações.

1.13. ADUBAÇÃO FOLIAR CORRETIVA

A fertilização foliar iniciou-se com o objetivo de corrigir deficiências de micronutrientes. Assim a adubação foliar corretiva é usada quando se constata a deficiência nutricional e aplica-se o nutriente específico. Portanto, a adubação foliar

corretiva deve ser efetuada num determinado momento e seu efeito, geralmente, é de curta duração, pois caso as causas da deficiência não sejam superadas, é muito provável que a mesma deficiência se faça sentir novamente, à medida que a planta retome seu crescimento normal. Este tipo de adubação foliar é muito efetivo, permitindo a correção rápida da deficiência, constituindo-se em ferramenta fundamental. Por exigir a correta identificação do problema, o que por vezes demanda tempo, sua aplicação é mais comum em plantas perenes.

Uma situação particular de uso de adubação foliar corretiva caracteriza-se pelo emprego da técnica como fator auxiliar na recuperação de plantas que foram submetidas a alguma forma de stress, como é o caso da adubação foliar com uréia em cafeeiros que sofreram geada, algodoeiros que sofreram granizo ou mostrem injúria por 2,4 D.

Alguns exemplos são tomados de Boynton (1954), uma das primeiras revisões de literatura sobre o assunto:

- Boro: A deficiência de boro em salsão cultivado em solo orgânico pode ser corrigida através da aplicação de borax, na concentração de 1 a 1,5 kg/380 l de água.
 - Cobre: A mistura de aproximadamente 4 kg de $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ mais aproximadamente 4 kg de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ em 380 l de água, aplicada 30 dias antes do florescimento de citros corrigiu os sintomas característicos e aumentou o tamanho dos frutos e a produção. No Brasil a partir de 1973, foram constatadas deficiências de cobre em cafezais. A aplicação de Cu nestes casos demonstrou em "efeito tônico" do nutriente (Aduay, 1973, Cruz F^o e Chaves, 1985). Assim foi desenvolvida a "Calda Viçosa", um produto contendo Cu, Zn, Mg, B, N e Ca, que foi utilizada com resultados muito promissores (Cruz F^o e Chaves, 1985).
 - Ferro: O primeiro uso comercial de pulverização de sulfato de ferro ocorreu no Havaí, para corrigir clorose foliar em abacaxi, em solos onde o nutriente encontrava-se em baixa disponibilidade, devido à concentração muito alta de manganês. A aplicação de uma solução aquosa com 2 a 8 % de sulfato ferroso possibilitou a recuperação temporária da clorose.
 - Manganês: A aplicação de $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ em citros, nos Estados Unidos, na concentração de 1 a 2 kg/380 l de água, possibilitou a completa recuperação da clorose característica e preveniu o desenvolvimento de sintomas nas partes novas da planta, no ano da aplicação.
 - Molibdênio: Plantas de citros recuperam-se de sintomas de deficiência de Mo com uma pulverização de molibdato de sódio, na concentração de 1 g l⁻¹ de água.
-

- Zinco: Aplicações de vários compostos de zinco, na concentração de 1 kg de zinco metálico por 380 l de água possibilitou completa recuperação da deficiência de Zn em citros. A aplicação de doses altas de Zn a estes solos não corrigia totalmente a deficiência.

Na tabela 24 encontram-se produtos que podem ser recomendados para adubação foliar corretiva. As indicações são gerais e devem ser testadas. Entretanto, não têm sido observado problemas de danos quando a umidade relativa do ar está acima de 60 % no momento da aplicação.

Tabela 24: Recomendações para correção de deficiências por via foliar (adaptada e complementada a partir de Boaretto e Rosolem, 1989).

Deficiência	Cultura	Produto	Concentração ⁽¹⁾
N	Abacaxi	Uréia	3 - 0,12
	Algodão		10 - 2
	Batatinha		2 - 2,5
	Cafeeiro		5 - 2
	Cana de Açúcar		3 - 1,25
	Banana, Manga, Chá		3 - 1,25
	Macieira		1,5 - 0,50
	Tomateiro		2,5 - 2,0
	Feijoeiro		10 - 2
P	Cafeeiro	Superfosfato simples	1
		MAP	5 - 2
	Cana de Açúcar	MAP	2,0 - 0,5
K	Cafeeiro	Cloreto, Sulfato, Nitrato	5 - 0,5
		Citros	Sulfato
	Algodão	Nitrato	3 - 1,2
		Nitrato	5
Ca	Aipo	Cloreto	2,4 - 1,8
	Tomateiro		2,4 - 0,6
Mg	Aipo, citros, macieira	Sulfato	2 - 1
	Tomateiro, Cafeeiro		4 - 1

Continua....

Continuação...			
B	Aipo, alfafa, Beterraba, Crucíferas, Frutíferas, Cafeeiro, Algodão	Ácido Bórico	0,3 - 0,1
		Borax	0,5 - 0,3
Cu	Hortalças, Frutíferas, Cafeeiro	Sulfato, Calda Bordalesa	0,5 - 0,2
Mn	Aipo, Citros, Feijões, soja, Milho, Algodão, Tomateiro	Sulfato	0,8 - 0,4
Mo	Citros, Couve-Flor, Repolho, Soja, Feijões	Molibdato de Sódio ou Amônio	0,09 - 0,05
Zn	Plantas Anuais	Sulfato	1,5 - 0,25
		Quelados	1 - 0,18
	Plantas Perenes	Sulfato	1 - 0,6
		Quelados	0,7 - 0,4

kg do produto por 100 l de água, sendo que 2º número se refere a aplicações a alto volume.

Tabela 25: Efeito da adubação foliar e no solo na produção de café beneficiado (média de duas safras). Garcia et al. (1983).

Tratamento	Média de dois locais	
	Kg ha ⁻¹	Índice
Adubação tradicional no solo + Zn e B foliar ⁽¹⁾	2296	100
½ do adubo do tratamento 1 + 8 aplicações foliares ⁽²⁾	1798	78
Toda foliar + complementação no solo ⁽³⁾	1427	62
Só foliar	949	41

(1) sulfato de zinco a 1,5 % e ácido bórico a 0,75 %, 120 l ha⁻¹

(2) uréia a 6 %, MAP e cloreto de potássio a 5 %, cal hidratada a 0,8 %, sulfato de magnésio a 4 %, 120 l ha⁻¹

(3) quando o teor de um nutriente estivesse abaixo do limiar considerado alto

Braga (1989) relata que após a colheita da uva ocorre deficiência aguda de Mg, associada a uma doença conhecida como "Mancha da Folha". Com quatro aplicações de MgSO₄ a 0,4 % com Maneb ou Zineb a 0,25 %, mais espalhante adesivo, tem-se conseguido corrigir a deficiência, melhorando a retenção das folhas nas plantas.

1.14. ADUBAÇÃO FOLIAR SUBSTITUTIVA

É a situação em que a adubação foliar substitui aquela que poderia ser aplicada ao solo. Hoje existem muitas recomendações de aplicação de nutrientes via foliar

segundo esta filosofia, principalmente no caso de micronutrientes. Para os macronutrientes, embora teoricamente isso pudesse ser possível, raros são os casos em que a eficiência e economicidade foram comprovadas.

Há na literatura um caso, de adubação com nitrogênio em laranjeiras (Embleton e Jones, 1974), na Califórnia, onde o teor de nitrato no solo estava acima do preconizado pela lei (45 mg l^{-1}). A aplicação de N via solo leva perdas, por lixiviação, de 40 a 50 % do total aplicado, contribuindo para a poluição do lençol freático. Os autores aplicaram soluções com concentrações de uréia variando de 0,90 a 1,44 % em peso, na dose de 16 a 38 litros por planta, dependendo da idade do pomar, da densidade de enfolhamento e do número de aplicações por ano. Foi possível substituir todo o N que seria aplicado ao solo em 8 pomares de laranjas, pomelo e limão. No Brasil, tentativas feitas na cultura do cafeeiro geralmente não tiveram sucesso (Hiroce e Dechen, 1989; Boaretto e Muraoka, 1995). Na tabela 2 encontra-se um exemplo, onde pode ser visto que sempre que não se fez adubação de solo adequada, houve prejuízo de pelo menos 20% na produtividade.

Em hortaliças folhosas, apesar de muitos trabalhos contraditórios, tem-se obtido alguns resultados positivos, como os da tabela 26.

Tabela 26: Produção de alface em função do modo de aplicação de nitrogênio. Barros (1979).

Tratamentos	Kg ha ⁻¹
Testemunha	9.067
Salitre do Chile (no solo), 20 g m ² a cada 15 dias	10.393
Uréia a 0,6 %, 780 l ha ⁻¹ por vez, 4 aplicações	14.777

No caso dos micronutrientes a situação é bem diferente. Há inúmeros casos em que a adubação foliar substitutiva tem sido utilizada, em muitos casos com ganhos na eficiência da adubação, constando muitas vezes das recomendações oficiais.

- Café

A recomendação de aplicação de boro e zinco via foliar no café tem sido muito comum, com bons resultados, na maioria das vezes, como pode ser visto na tabela 27.

Na tabela 27 fica muito claro que a aplicação via foliar foi mais eficiente que a aplicação via solo, principalmente na dose de $1,5 \text{ g cova}^{-1}$. Entretanto, é importante ressaltar que muitas vezes duas pulverizações não são suficientes para a manutenção da nutrição adequada da planta, sendo necessárias pelo menos três aplicações. De modo geral são recomendadas pulverizações de sulfato de zinco a 0,6 %, em alto volume. Entretanto, a aplicação pode também ser feita a baixo volume, usando solução a 12,5 %, com neutralização com hidróxido de cálcio na proporção de 20 % da quantidade de sulfato de zinco.

Tabela 27: Efeito da aplicação de sulfato de zinco na produção de café beneficiado (média de 2 safras) e no teor de zinco das folhas do cafeeiro cultivado em Podzólico Vermelho Amarelo (Chaves, 1989).

Dose	Modo de aplicação	Produção	Teor de Zn na folha
G cova ⁻¹		kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹
1,5	Folha*	1.863	28
	Solo	1.331	11
3,0	Folha*	1.401	55
	Solo	1.025	12
6,0	Folha*	1.508	52
	Solo	1.358	24
Testemunha		879	12

* 2 aplicações ao ano, com 300 ml de solução por planta

Embora a recomendação mais comum para o caso do boro seja via solo, a aplicação foliar tem se mostrado eficiente em muitos casos (Tabela 28).

Tabela 28: Efeito de doses e modos de aplicação de boro na produção (acumulado de 3 safras) de café da roça, variedade Catuaí Vermelho. Santo et al. (1985).

Tratamento	Produção	Índice
G cova ⁻¹	Kg parcela ⁻¹	%
2,5 – borax	18,3	92
5,0 – borax	13,8	69
10,0 – borax	14,1	71
20,0 – borax	15,8	79
Ácido bórico – 0,3 %*	19,9	100

* 3 aplicações por ano.

No caso do boro os trabalhos não são unânimes com relação à eficiência da adubação boratada. De qualquer modo, como o boro é um nutriente de mobilidade muito baixa no cafeeiro, devem ser feitas pelo menos 3 ou 4 pulverizações por ano.

- Citros

Geralmente aplicações de boro, manganês e zinco às folhas de citros tem elevado a concentração destes nutrientes nas folhas. A Figura 43, extraída de Boaretto e Muraoka (1995) mostra que duas aplicações, a primeira no início da primavera e a segunda em março aumentaram os teores dos nutrientes nas folhas, quando amostradas 30 dias após a segunda aplicação. Como fonte dos nutrientes foram empregados ácido bórico, sulfato de manganês e sulfato de zinco. Entretanto não foi observado efeito significativo na produtividade.

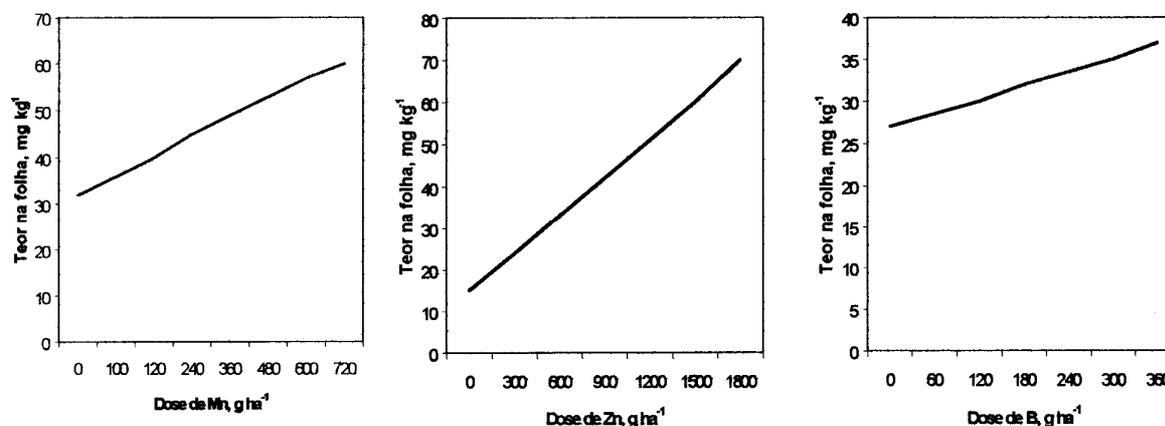


Figura 43: Teores de boro, manganês e zinco em folhas de laranjeiras com oito anos de idade, aos 30 dias depois da segunda aplicação foliar dos nutrientes (Boaretto e Muraoka, 1993).

Como estes nutrientes têm mobilidade relativamente baixa na planta, são necessárias pelo menos três pulverizações anuais.

Por outro lado, a aplicação dos macronutrientes secundários cálcio e magnésio às folhas de citros não influencia os teores dos mesmos nas folhas e tampouco a produtividade (Silva et al., 1997).

- Soja

Tem sido utilizada, como prática normal, a aplicação de diversos micronutrientes via foliar à cultura de soja, principalmente nas regiões do cerrado. Entretanto, a experimentação existente mostra que a aplicação via solo tem sido melhor. Em situações particulares, como correção, tem-se obtido bons resultados com a aplicação de Cu, Mn, Mo e Zn.

- Milho

Do mesmo modo que para a soja, as aplicações de micronutrientes no milho devem ser, preferencialmente, feitas ao solo. Entretanto, em situações particulares pode-se corrigir a deficiência de Mn ou Zn via foliar.

- Algodão

Os resultados mostrados na figura 44, adaptada de Carvalho et al. (1996a), indicam que as aplicações foliares, apesar de serem muito efetivas em aumentar o teor de boro nas folhas, resultam em menor produtividade que a aplicação em cobertura, junto com a adubação nitrogenada. A aplicação da mesma dose de adubo

somente em cobertura, ou via foliar, proporcionaram produtividades um pouco menores, apesar de que as aplicações foliares tenham elevado bastante os teores de B nas folhas.

Embora no Brasil sejam esperados mais problemas com a toxidez que com a deficiência de Mn, em certos casos, doses altas de calcário, ou má incorporação do corretivo em solos com CTC baixa, podem concorrer para o aparecimento de deficiência do nutriente. Sawan et al. (1993) observaram resposta do algodoeiro ao Mn aplicado como EDTA, às folhas, no abotoamento e no desenvolvimento das maçãs, em um solo com $3,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mn (extraído pelo método de Olsen).

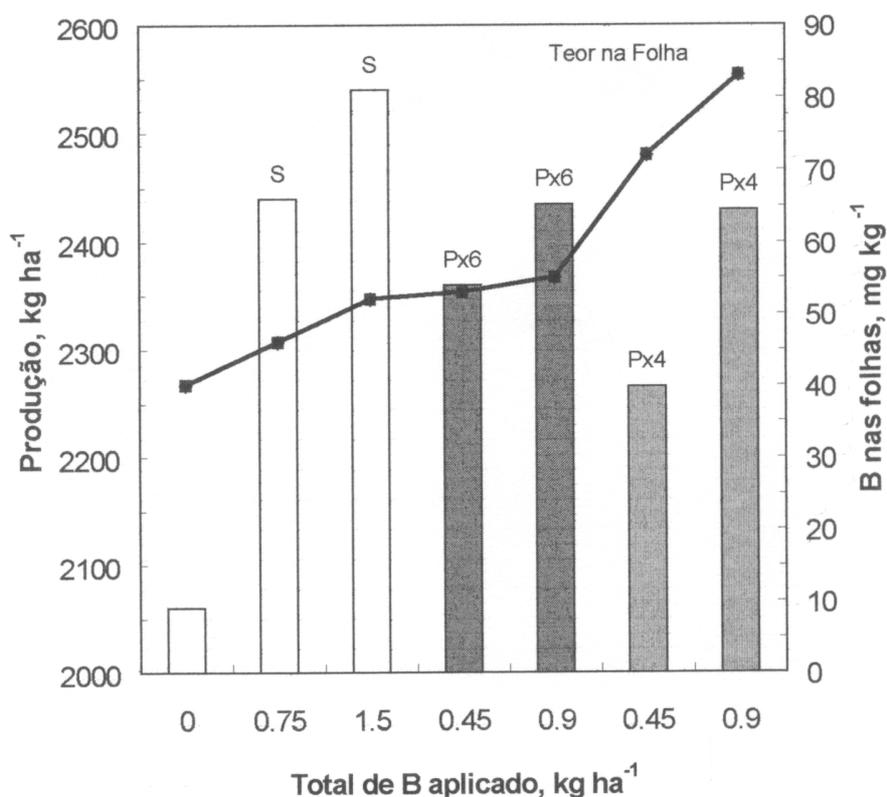


Figura 44: Teores de B nas folhas e resposta do algodoeiro ao boro aplicado no sulco de semeadura e em pulverização. Adaptado de Carvalho et al. (1996).

1.15. ADUBAÇÃO FOLIAR COMPLEMENTAR

Um dos exemplos atuais de adubação foliar complementar é o emprego de potássio em algodoeiro durante o florescimento. É uma prática que tem dado resultados esporádicos, conforme pode ser visto na tabela 29.

Tabela 29: Efeito da aplicação foliar de cinco fontes de potássio na produtividade do algodoeiro. (Adaptado de Miley et al., 1994).

Fonte de K	Produção			Produção média
	1991	1992	1993	Relativa
	----- kg ha ⁻¹ -----			%
Sulfato de potássio	3250a	3135 bc	1610a	103
Nitrato de potássio	3180a	3440 ^a	1710a	107
Tiossulfato de potássio	3160a	3245 b	1512a	102
Cloreto de potássio	3030a	3150 bc	1560a	99
Testemunha	2990a	3190 b	1600a	100
Carbonato de potássio	2920a	3000 c	1515a	96

1. Os tratamentos foram aplicados a 2, 4, 6 e 8 semanas depois do começo do florescimento em 1991 de a 6, 7 e 8 semanas do início do florescimento em 1992 e 1993.
2. Letras diferentes nas colunas indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Houve uma tendência de maior incremento na produtividade com a aplicação de KNO_3 , seguido de perto por tiossulfato e sulfato. O cloreto não teve efeito na produção e o carbonato a prejudicou significativamente, pelo menos em um dos anos estudados. A falta de efeito do cloreto e o prejuízo do carbonato foram atribuídos a efeitos fisiológicos na fotossíntese e na integridade da membrana celular (Miley et al., 1994). Houve diversos testes no cinturão do algodão norte-americano comparando o cloreto e o nitrato como fonte de K para o algodoeiro. O cloreto ou não teve efeito na produção ou causou pequeno prejuízo (Oosterhuis, 1997).

Foi estabelecido um padrão de teores de K no pecíolo do algodoeiro a partir do florescimento, recomendando-se a aplicação sempre que os teores estiverem abaixo do esperado. Assim, a chance de sucesso da operação é bastante aumentada. A figura 45 mostra do padrão que vem sendo utilizado em Arkansas (Baker et al., 1992). Assim, uma planta de algodão bem nutrida deverá ter aproximadamente 50 g kg^{-1} de K na matéria seca do pecíolo por volta de 1 semana antes do florescimento, e este teor deverá cair para aproximadamente 2 % próximo à colheita. Para que tal padrão possa ser empregado, há primeiramente se calibrar a curva, adequando-a às condições locais, e a seguir há que se implantar um programa de monitoramento nutricional.

Também no caso de frutíferas de clima temperado têm-se aplicado zinco e cálcio (Basso e Wilms, 1989). O zinco pode ser pulverizado do período de repouso hibernar ou durante o ciclo vegetativo. Para as condições do sul do Brasil recomenda-se em cada ano 2 a 5 pulverizações quinzenais, iniciando-se quando os frutos tem 1 cm de diâmetro. Por outro lado, a aplicação foliar de cálcio não tem por objetivo suprir a planta com este nutriente, visto que a exigência da cultura é muito maior que a quantidade que seria possivelmente suprida. O objetivo é proporcionar melhor controle de distúrbios fisiológicos que ocorrem pré e pós-colheita, relacionados com o

teor de Ca nos frutos, sendo o mais comum na macieira o “bitter pit”. Para auxiliar neste controle recomenda-se a aplicação de Ca via foliar, quinzenalmente, desde que o fruto tem aproximadamente 1 cm até a colheita. O produto mais utilizado tem sido o cloreto de cálcio.

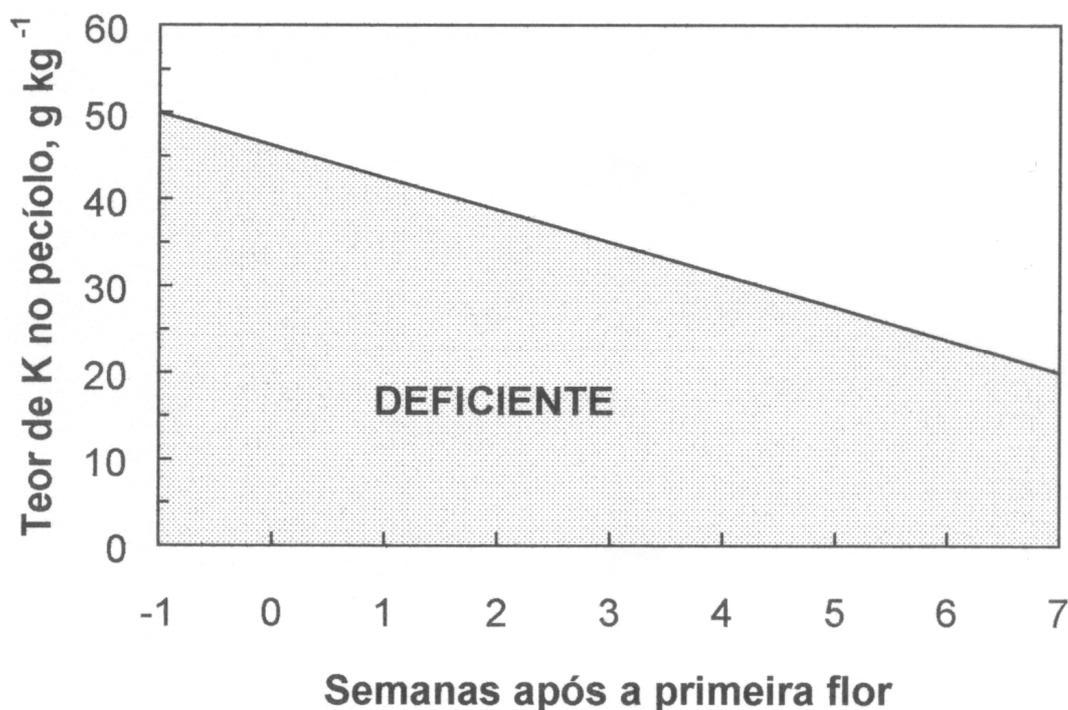


Figura 45: Teores de K sugeridos como adequadores, de uma semana antes do início do florescimento até próximo à maturação, visando o monitoramento da aplicação foliar de KNO_3 . (Adaptado de Baker et al., 1992).

1.16. ADUBAÇÃO FOLIAR SUPLEMENTAR NO ESTÁDIO REPRODUTIVO

O objetivo não é suprir nutrientes que estejam deficientes no solo, mas sim aplicá-los em lavouras cultivadas em solos com suprimento adequado de nutrientes disponíveis, empregando-se a formulação adequada na fase de enchimento dos grãos. A suposição se baseou no fato de que havia evidências experimentais de que, durante a fase de enchimento dos grãos, os fotossintatos produzidos são canalizados primeiramente para as sementes em desenvolvimento, sendo o suprimento via raízes limitado. Os nutrientes absorvidos pelas raízes não seriam então suficientes para suprir as necessidades das sementes em desenvolvimento. Então, N, P, K e S são translocados das folhas para os grãos, ocorrendo a senescência rápida das folhas. Desta forma, a reposição dos nutrientes via foliar poderia manter a taxa fotossintética por um tempo maior, o que deveria refletir-se em maior produção.

Segundo a sugestão inicial desta técnica (Garcia e Hanway, 1976) a formulação deve conter N,P,K, e S, que seriam os nutrientes que se translocam com maior intensidade para as sementes. A formulação obedece aproximadamente a relação entre estes nutrientes nos grãos.

Realmente, grande parte do N aplicado via foliar em soja é translocado para as sementes (Vasilas, 1980), como pode ser observado na figura 12. A maior parte do N foi recuperado na planta (aproximadamente 70 %), sendo que 62 % encontrava-se nos grãos. Entretanto, quando a formulação foi aplicada, em um dos cultivares houve inclusive prejuízo na produtividade (Tabela 30).

Tabela 30: Efeitos da fertilização foliar sobre a produção de grãos de soja.

Tratamento	Produção de grãos	
	1976 cv. Willians	1977 cv. Kent
	----- kg ha ⁻¹ -----	
Testemunha	3294 a	3203 a
P + K + S	3846 a	3794ab
¹⁵ N + P + K + S	3470 a	3248 b

Letras diferentes indicam diferença significativa (P<0,05).

O fertilizante foi formulado com uréia, polifosfato de potássio e sulfato de potássio, suprimindo 21,0 + 2,2 + 7,0 + 1,2 kg ha⁻¹ de N, P, K e S respectivamente, em cada uma das aplicações, que foram repetidas 4 vezes entre os estádios R5 e R7. O tratamento com NPKS causou queimaduras nas folhas, nos dois anos, o que pode explicar os resultados.

Desde o trabalho de Garcia e Hanway (1976), vários outros trabalhos foram feitos, com poucas respostas positivas em termos de produção de grãos Rosolem (1984). No Brasil também foram obtidos resultados que não recomendam a prática. A fitotoxicidade da solução usada parece ser um dos fatores mais limitantes no uso da adubação foliar suplementar no estágio reprodutivo Muraoka e Neptune (1977).

1.17. ADUBAÇÃO FOLIAR SUPLEMENTAR ESTIMULANTE

Segundo Rosolem (1984), este tipo de adubação foliar foi proposto baseando-se nos trabalhos de Humbert, em 1963 e Trenkel em 1976, os quais verificaram que formulações NPK, em determinadas proporções, quando aplicadas às folhas em pequenas doses, proporcionavam aumentos nas quantidades de nutrientes contidos nas plantas que eram superiores às quantidades aplicadas, concluindo-se pela existência de um efeito estimulante da adubação foliar na absorção radicular (Tabela 31). Daí o nome de estimulante suplementar, que se constituiria em um investimento a mais.

Tabela 31: Adubação foliar suplementar estimulante.

Tratamentos		Produção de Arroz	Diferença
		----- kg ha ⁻¹ -----	-----
Testemunha			
4 aplicações de 10-4-7 (3 L ha ⁻¹ cada)			
Nutrientes em 12 L de 10-4-7		Nutrientes em 450 kg arroz	Diferença
N	1450 g	7500 g	6050 g
P ₂ O	580 g	2000 g	1420 g
⁵ K ₂ O	1015 g	10500 g	9485 g

Este tipo de adubação foliar seria recomendada para culturas vigorosas, de alta produtividade e, portanto, sem carência nutricional. Segundo Primavesi (1981), as culturas nestas condições podem reagir à adubação foliar estimulante, geralmente mais que as culturas deficientes, pois esta prática teria a finalidade de garantir a produção pendente, em períodos de stresses nutricionais. Esta adubação foliar representaria uma ajuda de curta duração, mas muito eficaz aos processos de crescimento e desenvolvimento da cultura, sendo errônea a recomendação deste tipo de adubação foliar para as culturas de baixo rendimento.

A eficácia da adubação foliar estimulante está na dependência de se utilizar uma formulação, denominada pelos seus preconizadores de “fisiologicamente equilibrada”, a qual deve ter relação entre N, P₂O₅ e K₂O de 1:0,07:0,4. Correspondendo a uma formulação tipo 14-4-7, a qual seria diluída em água e aplicada com frequência. Argumentam ainda que esta proporção entre o macronutrientes primários corresponde ao conteúdo médio ou ao conteúdo adequado nas folhas da maioria das culturas, considerando-se os coeficientes de absorção foliar de 90, 55 e 90 % para o N, P e K, respectivamente. Nessa formulação adicionam-se quantidades variáveis dos micronutrientes, porque as culturas de grande produtividade exigem também um suprimento adequado destes.

Entretanto, a maioria dos trabalhos publicados no Brasil, nos quais se utilizou a adubação foliar estimulante não surtiu o efeito desejado (Rosolem, 1984).

1.18. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação foliar pode ser uma ferramenta importante na agricultura, desde que empregada com critério. Assim, com exceção de alguns casos comprovados de deficiência, dificilmente se terá bons resultados com a aplicação de macronutrientes. O insucesso não deve a problemas na penetração cuticular ou absorção e utilização

do nutriente pela planta, mas sim às quantidades que devem ser aplicadas, o que inviabiliza a prática.

Com exceção dos casos de correção de deficiência, a adubação foliar deve ser planejada e empregada de acordo com objetivos específicos, evitando-se ao máximo o uso de soluções multinutrientes. É fundamental neste planejamento o conhecimento a respeito da penetração cuticular do nutriente e sua translocação na planta.

Nunca podem ser desconsideradas as condições fisiológicas da planta, assim como seu estágio de desenvolvimento e as condições ambientais prevalecentes no momento e após a aplicação.

Devem ser utilizados equipamentos adequados, limpos, bem regulados, que promovam o maior recobrimento foliar possível, empregando-se quantidades de solução que, ao mesmo tempo que permitam um bom recobrimento da superfície foliar, evitem o escorrimento que, além da perda do produto, pode causar fitotoxidez. Neste sentido, é fundamental o uso de adjuvantes.

Embora haja abundância de evidências a respeito do efeito de cargas elétricas retendo íons na cutícula e na parede celular, o que, em princípio, favoreceria fontes quelatizadas, as soluções contendo cloreto, ou mesmo nitrato, desde que acompanhadas de um surfactante de qualidade, parecem dar melhores resultados. Principalmente se for considerado ainda que, em geral, os sais são mais baratos que os quelados.

Entretanto, uma questão permanece a ser resolvida. Como seria, de fato, a translocação comparada de cloretos e nitratos em relação aos quelados.

REFERÊNCIAS

- Aduay, E.A. Effects of copper fungicide sprays on soil and leaf nutrient composition and yield of coffee trees. *Turrialba*, 25: 132-137, 1975.
- Alexander, A., Schroeder, M. Modern trends in foliar fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 10:1391-1399. 1987.
- Almeida, A.C.S.; Velini, E.; Rosolem, C.A. Aplicação foliar de uréia em feijoeiro: tensão superficial das soluções, ângulos de contato e área de molhamento. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas*, 23, Caxambu, 1998. Resumos, UFLA/SBCS, Caxambu, 1998. p.145.
- Almeida, C., Carvalho, M.A.C., Arf, O., Sá, M.E. Buzetti, S. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. *Scientia Agricola*, 57, 293-298. 2000.
- Alston, A.M. Effects of soil water content and foliar fertilization with nitrogen and phosphorus in late season on the yield and composition of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30: 577-585. 1979.
- Ashmead. H.D. The use of aminoacid chelates to increase cotton production. FAO-IRCRNC: Joint Meeting of the Working Groups on Cotton Nutrition and Growth Regulators. Cairo, 1995. Proceedings, Cairo, 1997. pp 155-161.
- Baker, W.H., McConnell, R.L., Maples, R.L. Varvil. Soil and plant methods for diagnosing K deficiency in cotton. In: Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Memphis: National Cotton Council. 1992. pp. 67-70.
- Barel, D., Black, C.A. Foliar application of P. I. Screening of various inorganic and organic P compounds. *Agron. J.*, 71: 15-21. 1979b.
- Barel, D., Black, C.A. Foliar application of P. II. Yield responses of corn and soybeans sprayed with various condensed phosphates and P-N compounds in greenhouse and field experiments. *Agron. J.*, 71: 21-24. 1979a.
- Barros, I.B.I. Efeito da adubação nitrogenada, foliar e no solo e da adubação foliar de molibdênio em alface. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 1979. 43 p.
- Basso, C., Wilms, F.W.W. Adubação foliar em frutíferas de clima temperado. In: Boaretto, A.E., Rosolem, C.A. Adubação foliar, vol. 2. Campinas: Fundação Cargill, 1989. pp. 371-392.
-

Baur, P., Bucholz, A., Schönherr, J. Diffusion in plant cuticles as affected by temperature and size of organic solutes: similarity and diversity among species. *Plant, Cell and Environment*, 20, 982-994. 1997.

Baur, P., Schönherr, J. Temperature dependence of the diffusion of organic compounds across plant cuticles. *Chemosphere*, 30, 131-1340. 1995.

Beseli, M., Fregoni, M. Possibilities of control of the stem dieback of grape by foliar applications. In: Alexander, A. *Foliar Fertilization*. Dordrecht: Martinus Nijoff Publ. 1986. pp. 214-230.

Blanco, H.G, Haag, H.P., Oliveira, D., Sarruge, J.R. Absorção de zinco por tecido foliar de cafeeiro. *Arq. Inst. Biol.*, 39: 1-12. 1972a.

Blanco, H.G., Oliveira, D.A., Haag, H.P. Absorção de zinco por folhas inteiras de cafeeiro. II. Efeito de diferentes compostos de zinco e do pH da solução externa. *Arq. Inst. Biol.*, 39: 13-18. 1972b.

Boaretto, A.E., Daghljan, C., Muraoka, T., Cruz, A.P. Adubação do feijoeiro: Fontes de nitrogênio, concentração da solução e horário de aplicação. *Rev. Agric.*, 60: 117-123. 1985.

Boaretto, A.E., Daghljan, C., Muraoka, T., Cruz, A.P. Adubação foliar do feijoeiro: fontes de nitrogênio, concentração da solução e horário de aplicação. In: *Jornada Científica do Campus de Botucatu*, 12, ADCB/UNESP, 1983. *Anais. Botucatu: ADCB/UNESP*, 1983b, p. 50.

Boaretto, A.E., Muraoka, T., Nascimento, V.F., Boaretto, R.M. Foliar absorption of ⁵⁴Mn and its translocation in orange and corn plants. In: *International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition*, X, Cairo, 2000. Abstracts, IAOPN, Cairo, 2000. p. 230-231.

Boaretto, A.E., Pieri, J.C., Stein, A.C., Chitolina, J.C., Primavesi, O. Adubação foliar combinada com regulador de crescimento em tomateiro estaqueado. In: *Seminário de Adubação Foliar*, 1º, FEPAF, Botucatu, 1981. *Anais. Botucatu: Fepaf*, 1981, p. 128.

Boaretto, A.E.; Daghljan, C.; Muraoka, T. Cruz, A.P. Absorção foliar e translocação de cálcio pelo feijoeiro. In: *Jornada Científica do Campus de Botucatu*, 12, ADCB/UNESP. *Anais, ADCB/UNESP*, Botucatu, 1983a. p50.

Boaretto, A.E.; Muraoka, T. Adubação foliar: Problemas e perspectivas. In: Pereira, J.R.; Faria, M.B. *Fertilizantes: Insumos básico para agricultura e combate à fome*. Petrolina: Embrapa/SBCS, 1995. p.124-165.

Boaretto, A.E.; Rosolem, C.A. Adubação foliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 669p.

- Bowen, J.E. Absorption of copper, zinc and manganese by sugarcane leaf tissue. *Plant physiology*, 44: 255-261, 1969.
- Boynton, D. Nutrition by foliar application. *Annual Review of Plant Physiology*, 4: 31-54, 1954.
- Braga, F.G. Deficiências nutricionais e adubação foliar de videira niagara rosada. In: Boaretto, A.E.; Rosolem, C.A. *Adubação Foliar*, vol. 2. Campinas: Fundação Cargill, 1989. pp. 393-400.
- Bremer, H., Mayter, W., Terschuren, H.J. Field trials with wuxal suspensions in apples. In: Alexander, A. *Foliar Fertilization*. Dordrecht: Martinus Nijoff Publ. 1986. pp. 292-299.
- Brown, P.H. & Hu, H. Phloem mobility of boron is species dependent. Evidence for a role of sorbitol-B complexes. *Annals of Botany*, 77:497-505, 1996.
- Burkhardt, J. Düne wasserfilme auf fichtennadeln und ihr einfluss auf den stoffaustausch zwischen atmosphäre und pflanze. *Bayreuther Forum Ökologie*, vol. 9, 1994. 135 p.
- Burkhardt, J., Eiden, R. Thin water films on coniferous needles. *Atmos. Environ.* 28, 2001-2017. 1994.
- Camargo, P.N., Silva, O. *Manual de adubação foliar*. São Paulo: Ed. e Distribuidora Herba Ltda, 1975. 258 p.
- Carvalho, J.G.; Trivelin, P.C.O.; Silva, A.Q.; Primavesi, A.C.P.A.; Camargo, E.; Eimori, I.E.; Guilherme, M.R. Absorção e translocação de uréia aplicada por via foliar em cana-de-açúcar, em função do tempo. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 19, Curitiba, SBCS. Resumos, Curitiba, SBCS, 1983. p.67.
- Carvalho, L.H.; Silva, N.M.; Brasil Sobrinho, M.O.C.; Kondo, J.I., Chiavegato, E.J. Aplicação de boro no algodoeiro, em cobertura e em pulverização foliar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20: 265-269, 1996.
- Chamel, A, Andréani, A.M., Mercadier, D. Etude par spectrométrie de masse à etincelles de la composition minérale de cuticules de feuilles de poirée. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 10, 1311-1320. 1979.
- Chamel, A. Foliar uptake of chemicals studied with whole plants and isolated cuticles. In: Neumann, P.M., ed. *Plant Growth and Leaf Applied Chemicals*. Boca Raton: CRC Press, Inc. 1988. pp. 27-50.
- Chamel, A. Utilization of isolated apple fruit cuticles to study the behavior of calcium supplied directly to the fruit. *Acta Hortic.*, 138:23-32. 1983.
-

Chamel, A., Andrani, A.M., Eloy, J.F. Distribution of foliar applied boron measured by spark-source mass spectrometry and laser-probmass spectromgraphy. *Plant Physiol.*, 67: 457-462. 1981.

Chamel, A., Eloy, J.F. Some applications of the laser probe mass spectrograph in plant biology. *Scanning Electron Microsc.*, 2: 841-851. 1983.

Chamel, A., Ganbonnet, B. Study with isolated cuticles of the behavior of zinc applied to leaves. *J. Plant Nutrition*, 5: 153-159. 1982.

Chamel, A., Marcele, R.D., Eloy, J.F. Cuticular retention in vitro and localization of Zn after a foliar application of zinc containing fungicides. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 107: 804-809. 1982.

Chang, M.A., Oosterhuis, D. Cotton response to foliar application of potassium compounds at different pH levels. *Better Crops with Plant Food*, 79, 20-22. 1995.

Chaves, J.C.D. Métodos de fornecimento de zinco em cafeeiros. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 15^o, Maringá, 1989. Resumos, pp.28-29.

Cordeiro, A.T., Alves, J.D., Rena, A.B., Alvarez, V.H. Absorção foliar de Zn pelo cafeeiro na presença de cloreto de potássio e oxiclreto de cobre. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 16, IBC, Espírito Santo do Pinhal, 1990. Trabalhos apresentados, IBC, 1990. pp. 34-35.

Crócomo, O.J., Neptune, A.M.L., Reyes-Zumeta, H. Absorción de iones por las plantas. Universidad del Zulia, Maracaibo. 1965. P. 141-165.

Cruz Filho, J.C; Chaves, J.M. Calda viçosa no controle da ferrugem do cafeeiro. Univ. Federal de Viçosa, 1985. 22p. (Boletim Técnico n^o 51).

Datta, N.P., Vyas, K.K. Uptake and utilization of phosphorus by maise from foliar sprays. In: IEAEA, ed., *Isotopes, plant nutrition and physiology*. Vienna, 1966. Anais, A.I.E.A., 1966. P. 347-369.

Eichert, T., Burkhardt, J. Quantification of stomatal uptake of ionic solutes using a new model system. *J. Exp. Bot.*, 52, 771-781. 2001.

Eichert, T., Goldcach, H.E., Burkhardt, J. Evidence for the uptake of large anions through stomatal pores. *Bot. Acta*, 111, 461-466. 1998.

Embleton, T.W.; Jones, W.W. Foliar applied nitrogen for citrus fertilization. *J. Environ. Quality*, 3: 388-391, 1974.

Faust, M., Shear, C.B. Calcium transport patterns in apples. *Pl. Inst. Sedow Skierniewice, Ser. E, n^o 3*, pp. 423-436. 1973.

- Ferrandon, M., Chamel, A. Cuticular retention, foliar absorption and translocation of Fe, Mn and Zn supplied in organic and inorganic forms. *J. Plant Nutrition*, 11: 247-263. 1988.
- Ferrandon, M., Chamel, A. Foliar uptake and translocation of iron, zinc and manganese. Influence of chelating agents. *Plant Physiol. Biochem.*, 27: 713-722. 1989.
- Ferraz, C.A.M., Fuzatto, M.G., Gridi-Papp, I.L. Dados preliminares sobre o emprego de adubos minerais nitrogenados em pulverização foliar do algodoeiro. *Bragantia*, 28: 33-36. 1969.
- Franceschi, V.R., Giaquinta, R.T. Specialized cellular arrangements in legume leaves in relation to assimilate transport and compartmentation: Comparison of the paraveinal mesophyll. *Planta*, 159: 415-422. 1983.
- Franke, W. Mechanism of foliar penetration of solutions. *Annual Review of Plant Physiology*, 18, 281-300. 1967.
- Franke, W. The basis of foliar absorption of fertilizers with special regard to the mechanisms. In: Alexander, A. *Foliar fertilization*. Dorcrecht: Martinus Nijhoff, 1986. pp. 17-26.
- Garcia, A.W.R., Martins, M., Toledo, A.R. Notas sobre absorção de zinco e boro via foliar pelo cafeeiro, na presença de outros sais. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 8, IBC/GERCA, Campos do Jordão. Resumos, Campos do Jordão: IBC/GERCA, 1980. p. 1-2.
- Garcia, A.W.R.; Pereira, J.M.; Salgado, P.R.; Venga Filho, R. Estudo da substituição e/ou complementação de nutrientes (N,P, e K) por via foliar. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 10^o, Poços de Caldas, 1983. Resumos, pp. 215-220.
- Garcia, R.L., Hanway, J.J. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. *Agron. J.*, 68: 653-657. 1976.
- Garcia, R.L., Salgado, A.R. Absorção do zinco pelo cafeeiro através de sais e misturas quelatizadas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9, São Lourenço, 1981. Resumos. São Lourenço: IBC/GERCA, 1981. pp. 39-47.
- Gray, R.C. Foliar fertilization with primary nutrients during the reproductive stage of plant growth. London: The fertilizer Society. 1977. 19 p.
- Guertal, E.A.; Abaye, A.O.; Lippert, B.M.; Miner, G.S., Gascho, G.J. Sources of boron for foliar fertilization of cotton and soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27: 2815-2828, 1996.
-

Gupta, U.C.; Jame, Y.W.; Campbell, C.A.; Leyson, A.J. & Nicholaichuk, W. Boron toxicity and deficiency: A review. *Canadian Journal of Soil Science*, 65: 381-409, 1985.

Hanson, E.J. Movement of boron out of tree fruit leaves. *Hortscience*, 26: 271-275. 1991.

Hiroce, R.; Dechen, A.R. Adubação foliar em café. In: Boaretto, A.E.; Rosolem, C.A. *Adubação Foliar*, vol. 2. Campinas: Fundação Cargill, 1989. pp. 335-365.

Hoffman, B., Kosegarten, H. FITC – dextran for measuring apoplast pH gradients between various cell types in sunflower leaves. *Physiol. Plant.*, 95: 327-335. 1995.

Kafkafi, U., Foliar feeding of potassium nitrate in cotton. *Better Crops with Plant Food*, 76, 16-17.1992.

Kannan, S. Mechanisms of foliar uptake of plant nutrients: accomplishments and prospects. *Journal of Plant Nutrition*, 2: 717-735. 1980.

Kannan, S. Role of foliar fertilization on plant nutrition. In: Baligar, V.C., Duncan, R.R. *Crops as Enhancers of Nutrient Use*. New York: Academic Press, Inc. 1991. 574p.

Kannan, S. Transport of ^{36}Rb in corn leaves as influenced by some growth substances. *Zeit. Pflanzenphysiol.* 90: 85-88. 1978.

Kannan, S., Mathew, T. Effects of growth substances on the absorption and transport of iron in plants. *Plant Physiol.*, 45, 206-209. 1970.

Katkat, A.V., Basar, H. Celik, H., Turan, M.A. Effects of foliar application of different zinc compounds and rates on zinc and some nutrient contents of maize. In: *International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition*, X, Cairo, 2000. Abstracts, IAOPN, Cairo, 2000. p. 225.

Kholdebarin, B., Oertli, J.J. Effects of metabolite inhibitors on salt uptake and organic acid synthesis by leaf tissues in the light and in the dark. *Z. Pflanzenphysiol.*, 66, 352-358. 1972.

Kirwood, R.C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. *Pesticide Science*, 55, 69-77. 1999.

Klein, J., Weinbaum, S.A. Foliar application of urea to olive: Translocation of urea nitrogen as influenced by sink demand and nitrogen deficiency. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 109: 356-360. 1984.

Krüger, J. Mechanistische untersuchungen zur permeabilität der pflanzlichen kutikularmembranen für calciumsalze. Doctorate thesis. University of Hannover. 1999.

- Leece, D.R. Composition and ultrastructure of leaf cuticles from fruit trees relative to differential foliar absorption. *Aust. J. Plant Physiol.*, 3: 833-847. 1976.
- Lorenzetti, J.M., Coleti, J.T. Adubação foliar em cana-de-açúcar: Uma experiência da Usina São José. In: Simpósio de Adubação Foliar, 1º, FEPAF, Botucatu, 1981. Anais. Botucatu: FEPAF, 1981. p. 32-50.
- Luttge, U., Ball, E., Wilert, K. A comparative study of the coupling of ion uptake to light reactions in leaves of higher plant species having the C₃ and C₄ pathway of photosynthesis. *E. Pflanzenphysiol.* 65: 336-350.1971.
- Machado, J.R., Rosolem, C.A., Balducci Jr, J.J., Nakagawa, J. Adubação foliar do feijoeiro: I. Estudo de épocas de aplicação de nitrogênio. *Turrialba*, 32: 417-421.1982.
- Malavolta, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- Malavolta, E., Almeida, A.M., Fernandes, E.A., Mota, I.F. Menechino Jr, J., Petrechen, M.M.P., Goto, R. Estudos sobre a nutrição mineral do arroz. XV. Absorção radicular e foliar do radiofósforo pelas variedades IAC-47 e IAC-435. *Na. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiróz*, 38: 695-721. 1981.
- Malvolta, E., et alii. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo sacarino. II. Absorção e redistribuição do radiofósforo. *Na. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 36: 203-229. 1979.
- Marshall, C., Wardlaw, F. A comparative study of distribution and speed of movement of ¹⁴C assimilates and foliar-applied ³²P-labelled phosphate in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26: 1-13. 1973.
- Martins, M., Garcia, A.W.R., Salgado, P.R. Correal, J.B. Estudo comparativo de produtos comerciais visando fornecer boro e zinco ao cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9, IBC/GERCA, São Lourenço. Resumos. São Lourenço: IBC/GERCA, 1981. p. 364-367.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. Principles of plant nutrition. Dordrecht: Kluwer Ac. Publ. 2001. 849 p.
- Middleton, L.J., Sanderson, J. The uptake of inorganic ions by plant leaves. *J. Exp. Bot.*, 16, 197-215. 1965.
- Miley, W.N., Oosterhuis, D.M., Janes, L.D. Effects of foliar application of five potassium fertilizers on cotton yield and quality. *Arkansas Soil Fertility Studies* 1993. *Arkansas Agri. Exp. Sta., Research Series*, 436: 62-66. 1994.
-

Millikan, C.R., Hanger, B.C. Movement of foliar applied ^{45}Ca in brussels sprouts. Aust. J. Biol. Sci., 22: 545-558. 1969.

Millikan, C.R.; Hanger, B.C. Movement of foliar applied ^{45}Ca in brussels sprouts. Aust. J. Biol. Sci., 22:545-558. 1969.

Moraes, B.M., Pereira, J.E., Matiello, J.B. Oliveira, J.A. Estudo de algumas formulações químicas preparadas a partir de óxido de zinco em pulverizações do cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6, IBC/GERCA, Ribeirão Preto, 1978. Resumos. Ribeirão Preto: IBC/GERCA, 1978. p. 118-119.

Moraes, B.M.; Pereira, J.E.; Matiello, J.B.; Oliveira, J.A. Estudo de algumas formulações químicas preparadas a partir de óxido de zinco em pulverizações do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 6, IBC/GERCA, Ribeirão Preto, 1978. Resumos... Ribeirão Preto: IBC/GERCA, 1978. p.118-119.

Muller, K. Influence of foliar fertilization on the yield and quality of different crops. In: Alexander, A., ed., Foliar Fertilization. Dordrecht: Martinus Nijoff, Publ. 1986. pp. 434-452.

Muller, K. Influence of foliar fertilization on the yield and quality of different crops. In: ALEXANDER, A., ed., Foliar Fertilization. Dordrecht: Martinus Nijoff, Publ. 1986. pp.434-452.

Muraoka, T., Neptune, A.M.L. Effect of day time on foliar spraying of several levels of nitrogen fertilizers, NPKS solutions and its components on commom bean leaves. Anais da ESALQ, 34: 493-495. 1977.

Muraoka, T., Neptune, A.M.L. Effect of day time on foliar spraying of several levels of nitrogen fertilizers, NPKS solutions and its components on commom bean leaves. Anais da ESALQ, 34:493-495. 1977.

Muraoka, T.; Neptune, A. M.L. Adubação foliar de sulfato de amônio (^{15}S) e uréia em feijoeiro. In: Simpósio de Adubação Foliar, Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Botucatu, 1980. p.26.

Muraoka, T.; Neptune, A.M.L. Adubação foliar de sulfato de amônio (^{15}S) e uréia em feijoeiro. In: SIMPÓSIO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Botucatu, 1980. p.26.

Neptune, A.M.L., Crocomo, O.J., Gomes, F.P., Campos, H. Pulverização foliar em cafeeiro. II. Aplicação de adubos potássicos. Anais Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiróz, 18: 277-286. 1961.

Neptune, A.M.L.; Crocomo, O.J.; Gomes, F.P.; Campos, H. Pulverização foliar em cafeeiro. II. Aplicação de adubos potássicos. Anais Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 18:277-286. 1961.

Neumann, P.M. Agrochemicals: Plant physiological and agricultural perspectives. In: Neumann, P.M., ed., Plant growth and leaf applied chemicals. Boca Raton: CRC Preess, Inc. 1988. pp.1-13.

Neumann, P.M. Agrochemicals: Plant physiological and agricultural perspectives. In: NEUMANN, P.M., ed., Plant growth and leag applied chemicals. Boca Raton: CRC Preess, Inc. 1988. pp.1-13.

Neumann, P.M., Giskin, M. Late season foliar fertilization of beans with NPKS: Effects fo cytokinins, calcium and spray frequency. Comm. Soil Sci. Plant Analysis, 10: 579-589. 1979.

Neumann, P.M.; Giskin, M. Late season foliar fertilization of beans with NPKS: Effects fo cytokinins, calcium and spray frequency. Comm. Soil Sci. Plant Analysis, 10:579-589. 1979.

Nobel, P.S. Plant Cell Physiology: a physicochemical approach. San Francisco: W.H. Freeman. 1970, 7.

Nobel, P.S. Plant Cell Physiology: a physicochemical approach. San Francisco: W.H. Freeman, 1970, 7.

Okano, K., Tatsumi, T., Yoineyana, T., Kono, Y., Totsuka, T. Investigation on the carbon and nitrogen transfer from a terminal leaf to the root systems of rice plant by a double tracer method with ^{14}C and ^{15}N . Japn. J. Crop Sci., 52: 331-341. 1983.

Okano, K.; Tatsumi, T.; Yoineyana, T.; Kono, Y.; Totsuka, T. Investigation on the carbon and nitrogen transfer from a terminal leaf to the root systems of rice plant by a double tracer method with ^{14}C and ^{15}N . Japn. J. Crop Sci., 52:331-341. 1983.

Oosterhuis, D. Physiology and nutrition of High yielding cotton in the USA. Informações Agronômicas, 95. Piracicaba: Potafos, 2001. pp.18-24. (encarte técnico)

Oosterhuis, D. Physiology and nutrition of High yielding cotton in the USA. Informações Agronômicas, 95. Piracicaba: Potafos, 2001. pp.18-24 (encarte técnico).

Oosterhuis, D. Potassium nutrition of cotton in the USA with particular reference to foliar fertilization. In: El-Fouly, M.M., Oosterhuis, D.M., Kosmitou-Dimitropoulou. Nutrition and growth regulators use in cotton. Cairo: NRC/FAO, 1997. pp. 101-124. (FAO REUR technical series nº 53)

Oosterhuis, D. Potassium nutrition of cotton in the USA with particular reference to foliar fertilization. In: EL-FOULY, M.M.; OOSTERHUIS, D.M.; KOSMITOU-

DIMITROPOULOU. Nutrition and growth regulators use in cotton. Cairo: NRC/FAO, 1997. pp.101-124. (FAO REUR technical series nº 53).

Palladini, L.A. Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, 2000. 111 p. (Tese).

Palladini, L.A. Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações. Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, 2000. 111 p. (Tese).

Parducci, S., Camargo, R.P. Micronutrientes para o cafeeiro. Campinas: Microquímica. 1990. 21p.

Parducci, S.; Camargo, R.P. Micronutrientes para o cafeeiro. Campinas: Microquímica. 1990. 21 p.

Penot, M., Beraud, J. Migrations orientees et phytohormones valeur de la feuille detachee comme material experimental. *Physiol. Plant.*, 42: 14-20. 1978.

Penot, M.; Beraud, J. Migrations orientees et phytohormones valeur de la feuille detachee comme material experimental. *Physiol. Plant.*, 42:14-20. 1978.

Pessoa, A.C.S.; Ribeiro, A.C.; Chagas, J.M.; Cassini, S.T.A. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 217-224, 2001.

Pessoa, A.C.S.; Ribeiro, A.C.; Chagas, J.M.; Cassini, S.T.A. Atividades de nitrogenase e redutase de nitrato e produtividade do feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:217-224, 2001.

Phillips, D.W., Smith, A.E. Soluble carbohydrates in soybean. *Canadian Journal of Botany*, 52:2447-2452, 1974.

Phillips, D.W.; Smith, A.E. Soluble carbohydrates in soybean. *Canadian Journal of Botany*, 52:2447-2452, 1974.

Pompei, F. Contribuição à nutrição foliar de culturas. In: Boaretto, A.E., Rosolem, C.A., coord., Simpósio de Adubação Foliar, 1º, Botucatu, FEPAF, 1981. *Anais. Botucatu: FEPAF*, 1981. p. 27.

Pompei, F. Contribuição à nutrição foliar de culturas. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A., coord., Simpósio de Adubação Foliar, 1º, Botucatu, FEPAF, 1981. *Anais... Botucatu: FEPAF*, 1981. p.27.

Post-Beittenmiller, D. Biochemistry and molecular biology of wax production in plants. *Annu. Ver. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 47: 405-430. 1996.

Post-Beittenmiller, D. Biochemistry and molecular biology of wax production in plants. *Annu. Ver. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 47:405-430. 1996.

Primavesi, O. Resultados com nitrofoska foliar em diversas culturas no Brasil. In: Boaretto, A.E., Rosolem, C.A., coord., *Simpósio de Adubação Foliar, 1º*, Botucatu, FEPAF, 1981. *Anais. Botucatu: FEPAF*, 1981. p. 73-95.

Primavesi, O. Resultados com nitrofoska foliar em diversas culturas no Brasil. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A., coord., *Simpósio de Adubação Foliar, 1º*, Botucatu, FEPAF, 1981. *Anais... Botucatu: FEPAF*, 1981. p.73-95.

Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 2001. 899p.

Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 2001. 899 p.

Razeto, B., Salas, A. Magnesium, manganese and zinc sprays on orange trees. In: Alexander, A., ed., *Foliar Fertilization*. Dordrecht: Martinus Nijoff Publ., 1986. pp 255-270.

Razeto, B.; Salas, A. Magnesium, manganese and zinc sprays on orange trees. In: ALEXANDER, A., ed., *Foliar Fertilization*. Dordrecht: Martinus Nijoff Publ., 1986. pp.255-270.

Reed, D.W., Tukey, H.B. Temperature and light intensity effects on epicuticular waxes and internal cuticular ultrastructure of brussels sprout and carnation leaf cuticles. *J. Am. Hortic. Sci.*, 107: 417-420. 1982.

Reed, D.W.; Tukey, H.B. Temperature and light intensity effects on epicuticular waxes and internal cuticular ultrastructure of brussels sprout and carnation leaf cuticles. *J. Am. Hortic. Sci.*, 107:417-420. 1982.

Ringoet, A. Rechenmann, R.V.; Gielink, A.J. Calcium accumulation in and possible excretion through guard and accessory cells of stomata and through bulliform cells. *Z. Pflanzen-Physiol.*, 64:60-64, 1971.

Ringoet, A., Rechenmann, R.V., Gielink, A.J. Calcium accumulation in and possible excretion through guard and accessory cells of stomata and through bulliform cells. *Z. Pflanzen-Physiol.*, 64: 60-64, 1971.

Ritter, C.M. Fertilizer recommendation for Pennsylvania orchards. *Pa. Fruit news*, 59: 19-24. 1980.

Ritter, C.M. Fertilizer recommendation for Pennsylvania orchards. *Pa. Fruit news*, 59:19-24. 1980.

Rodella, R.A. Estrutura do sistema vascular em plantas cultivadas. In: Boaretto, A.E.,

- Rosolem, C.A. Adubação foliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. pp. 1-12.
- Rodella, R.A. Estrutura do sistema vascular em plantas cultivadas. In: BOARETTO, A.E.; ROSOLEM, C.A. Adubação foliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. pp.1-12.
- Rosolem C.A., Costa, A. Cotton growth and boron distribution in the plant as affected by a temporary deficiency of boron. *Journal of Plant Nutrition*, 23: (6) 815-825, 2000.
- Rosolem, C.A. Adubação foliar. In: EMBRAPA, Anais do Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília: EMBRAPA, 1984. pp.419-449.
- Rosolem, C.A. Adubação foliar. In: EMBRAPA, Anais do Simpósio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasília: EMBRAPA, 1984. pp.419-449.
- Rosolem, C.A. Eficiência da adubação foliar. In: Dechen, A.R.; Boaretto, A.E.; Verdade, F.C. Adubação, Produtividade e Ecologia; Simpósios. Campinas: Fundação Cargill, 1992. pp.315-351.
- Rosolem, C.A. Eficiência da adubação foliar. In: DECHEN, A.R.; BOARETTO, A.E.; VERDADE, F.C. Adubação, Produtividade e Ecologia; Simpósios. Campinas: Fundação Cargill, 1992. pp.315-351.
- Rosolem, C.A., Boaretto, A.E., Trivelin, P.C.O., Victoria, R.L. Absorção de uréia via foliar pelo algodoeiro em função do pH da solução. *Pesq. Agropec. Bras.*, 25: 491-497. 1990.
- Rosolem, C.A., Machado, J.R. Adubação foliar do feijoeiro: VII. Efeito da hora de aplicação e volume de água. In: Jornada Científica do Campus de Botucatu, 12, ADCB/UNESP, Botucatu, 1983. Anais. Botucatu: ADCB/UNESP, 1983. p. 51.
- Rosolem, C.A., Sacramento, V.L.S. Efficiency of foliar Zn fertilizers in citrus and coffee. In: Horst, W.J. et al., *Plant Nutrition: food security and sustainability of agroecosystems through basic and applied research*. Dordrecht: Kluwer Ac. Publ., pp. 704-705.
- Rosolem, C.A., Silvério, J.C.O., Machado, J.R. Adubação foliar do algodoeiro: II. Efeitos de NPK e micronutrientes em função do preparo do solo. *Revista de Agricultura*, 58: 37-44. 1983.
- Rosolem, C.A.; Boaretto, A.E.; Trivelin, P.C.O.; Victoria, R.L. Absorção de uréia via foliar pelo algodoeiro em função do pH da solução. *Pesq. Agropec. Bras.*, 25:491-497. 1990.
- Rosolem, C.A.; Costa, A. Cotton growth and boron distribution in the plant as affected by a temporary deficiency of boron. *Journal of Plant Nutrition*, 23:(6)815-825, 2000.
- Rosolem, C.A.; Franco, G.R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 24, 4: 807-814, 2000.
-

Rosolem, C.A.; Franco, G.R. Translocação de zinco e crescimento radicular em milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 24, 4:807-814, 2000.

Rosolem, C.A.; Machado, J.R. Adubação foliar do feijoeiro: VII. Efeito da hora de aplicação e volume de água. In: *Jornada Científica do Campus de Botucatu*, 12, ADCB/UNESP, Botucatu, 1983. Anais... Botucatu: ADCB/UNESP, 1983. p.51.

Rosolem, C.A.; Sacramento, V.L.S. Efficiency of foliar Zn fertilizers in citrus and coffee. In: HORST, W.J. et al., *Plant Nutrition: food security and sustainability of agroecosystems through basic and applied research*. Dordrecht: Kluwer Ac. Publ., pp.704-705.

Rosolem, C.A.;Silvério, J.C.O.; Machado, J.R. Adubação foliar do algodoeiro: II. Efeitos de NPK e micronutrientes em função do preparo do solo. *Revista de Agricultura*, 58:37-44. 1983.

Sacramento, L.V.S.; Rosolem, C.A. Foliar applied zinc translocation in coffee trees as affected by chelating agents. In: *International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition*, X, Cairo, 2000. Abstracts, IAOPN, Cairo, 2000. p. 232-233.

Sacramento, L.V.S.; Rosolem, C.A. Foliar applied zinc translocation in coffee trees as affected by chelating agents. In: *International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition*, X, Cairo, 2000. Abstracts, IAOPN, Cairo, 2000. P.232-233.

Santo, J.O.E.; Santinato, R.; Matiello, J.B. Dose e modo de aplicação dos micronutrientes zinco, boro e cobre na formação do cafeeiro, em solo Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, no Jequitinhonha. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 12^o, Caxambu, 1985. Resumos, pp. 226-227.

Santo, J.O.E.; Santinato, R.; Matiello, J.B. Dose e modo de aplicação dos micronutrientes zinco, boro e cobre na formação do cafeeiro, em solo Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, no Jequitinhonha. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS*, 12^o, Caxambu, 1985. Resumos... pp.226-227.

Sawan, Z.M., Madan-El-Din, M.S., Greg, B. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of Ca and micronutrients on cotton seed yield, viability and seedling vigour. *Seed Sci. Technol.*, 17, 421-431. 1989.

Sawan, Z.M.; Madan-El-Din, M.S.; Greg, B. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of Ca and micronutrients on cotton seed yield, viability and seedling vigour. *Seed Sci. Technol.*, 17, 421-431. 1989.

Schon, M.K., Blevins, A.D. 1990. Foliar boron applications increase the final number of branches and pods on branches of field-grown soybean. *Plant Physiology*, 92:602-607, 1990.

Schon, M.K.; Blevins, A.D. 1990. Foliar boron applications increase the final number of branches and pods on branches of field-grown soybean. *Plant Physiology*, 92:602-607, 1990.

Schönherr, J. Calcium chloride penetrates plant cuticles via aqueous pores. *Planta*, 212, 112-118. 2000.

Schönherr, J. Calcium chloride penetrates plant cuticles via aqueous pores. *Planta*, 212, 112-118. 2000.

Schönherr, J. Cuticular penetration of calcium salts: effects of humidity, anions and adjuvants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 164, 225-231. 2001.

Schönherr, J. Cuticular penetration of calcium salts: effects of humidity, anions and adjuvants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 164, 225-231. 2001.

Schönherr, J., Eckl, K., Gruler, H. Water permeability of plant cuticles: the effect of temperature on diffusion of water. *Planta*, 147, 21-26. 1979.

Schönherr, J., Huber, R. Plant cuticles are polyelectrolytes with isoelectric points around three. *Plant Physiol.*, 59, 145-151. 1977.

Schönherr, J.; Bukovac, M.J. Foliar penetration of succinic acid-2,2-dimethylhydrazide: mechanism and rate limiting step. *Physiologia Plantarum*, 42, 243-251. 1978.

Schönherr, J.; Bukovac, M.J. Penetration of stomata by liquids. Dependence of surface tension, wettability and stomatal morphology. *Plant Physiol.*, 49, 813-819. 1972.

Schönherr, J.; Eckl, K.; Gruler, H. Water permeability of plant cuticles: the effect of temperature on diffusion of water. *Planta*, 147, 21-26. 1979.

Schönherr, J.; Huber, R. Plant cuticles are polyelectrolytes with isoelectric points around three. *Plant Physiol.*, 59, 145-151. 1977.

Schönherr, J.; Riederer, M. Foliar penetration and accumulation of organic chemicals in plant cuticles. *Reviews Environmental and Contamination Toxicology*, 108, 1-70. 1989.

Schönherr, J., Riederer, M. Foliar penetration and accumulation of organic chemicals in plant cuticles. *Reviews Environmental and Contamination Toxicology*, 108, 1-70. 1989.

Shafer, W.E., Reed, D.W. The foliar absorption of potassium from organic and inorganic potassium carriers. *J. of Plant Nutrition*, 9: 143-157. 1986.

- Shafer, W.E.; Reed, D.W. The foliar absorption of potassium from organic and inorganic potassium carriers. *J. of Plant Nutrition*, 9:143-157. 1986.
- Shönherr, J., Bukovac, M.J. Foliar penetration of succinic acid-2,2-dimethylhydrazide: mechanism and rate limiting step. *Physiologia Plantarum*, 42, 243-251. 1978.
- Shönherr, J., Bukovac, M.J. Penetration of stomata by liquids. Dependence of surface tension, wettability and stomatal morphology. *Plant Physiol.*, 49, 813-819. 1972.
- Shreiber, L., Riederer, M., Schorn, K. Mobilities of organic compounds in reconstituted cuticular wax of barley leaves: Effects of monodisperse alcohol ethoxylates on diffusion of pentachlorophenol and tetracosanoic acid. *Pestic. Sci.*, 48, 117-124. 1996.
- Shreiber, L.; Riederer, M.; Shorn, K. Mobilities of organic compounds in reconstituted cuticular wax of barley leaves: Effects of monodisperse alcohol ethoxylates on diffusion of pentachlorophenol and tetracosanoic acid. *Pestic. Sci.*, 48, 117-124. 1996.
- Shu, Z.H., Wu, W.Y., Oberly, G.H. Boron uptake by peach leaf slices. *J. Plant Nutrition*, 14: 867-881. 1991.
- Shu, Z.H.; Wu, W.Y.; Oberly, G.H. Boron uptake by peach leaf slides. *J. Plant Nutrition*, 14:867-881. 1991.
- Silberstein, O., Wittwer, S.H. Foliar application of phosphatic nutrients to vegetable crops. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 58: 179-190. 1951.
- Silberstein, O.; Wittwer, S.H. Foliar application of phosphatic nutrients to vegetable crops. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 58:179-190. 1951.
- Silva, J.A.F.; Vitti, G.C. Silva, M.M. Nakayama, L.H.I. Avaliação de diferentes fontes contendo cálcio e magnésio adicionadas a micronutrientes na cultura de citros. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, 1997, SBSCS. Publicado em CD rom.
- Silva, J.A.F.; Vitti, G.C.; Silva, M.M.; Nakayama, L.H.I. Avaliação de diferentes fontes contendo cálcio e magnésio adicionadas a micronutrientes na cultura de citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Rio de Janeiro, 1997, SBSCS. Publicado em CD rom.
- Stein, L.A., Storey, J.B. Influence of adjuvants on foliar absorption on nitrogen and phosphorus by soybeans. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 11, 829-832. 1986.
- Stein, L.A.; Storey, J.B. Influence of adjuvants on foliar absorption on nitrogen and phosphorus by soybeans. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 11, 829-832. 1986.
- Torman, H.; Haasbroek, F.J.; Rousseau, P.C. Some factors affecting the foliar uptake and translocation of phosphate by apples. *Agroplante*, 1, 85-00. 1969.
-

Torman, H., Haasbroek, F.J., Rousseau, P.C. Some factors affecting the foliar uptake and translocation of phosphate by apples. *Agroplante*, 1, 85-00. 1969.

Uhlig, B.A., Wissmeier, A.H. Reduction in non-ionic surfactant phytotoxicity by divalent cations. *Crop Protection*, 19, 13-19. 2000.

Uhlig, B.A.; Wissmeier, A.H. Reduction in non-ionic surfactant phytotoxicity by divalent cations. *Crop Protection*, 19, 13-19. 2000.

Vassilas, B.L.; Leeg, J.O.; Wolf, D.C. Foliar fertilization of soybeans: absorption and translocation of ^{15}N labeled urea. *Agronomy Journal*, 72: 271-276. 1980.

Vassilas, B.L.; Leeg, J.O.; Wolf, D.C. Foliar fertilization of soybeans: absorption and translocation of ^{15}N labeled urea. *Agronomy Journal*, 72:271-276. 1980.

Wienbaum, S.A., Neumann, P.N. Uptake and metabolism of ^{15}N labelled potassium nitrate by fresh prune leaves and the effects of two surfactants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102: 601-604.1977.

Wienbaum, S.A.; Neumann, P.N. Uptake and metabolism of ^{15}N labelled potassium nitrate by fresh prune leaves and the effects of two surfactants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102:601-604. 1977.

Wittwer, S.H., Bukovac, M.J., Tukey, H.B. Advances in foliar feeding of plant nutrients. In: McVickar, M.H.; Bridger, G.L., Nelson, L.B., ed., *Fertilizer Technology and Usage*. Madison: Soil Sci. Soc. of América, 1963. pp. 429-455.

Wittwer, S.H.; Bukovac, M.J.; Tukey, H.B. Advances in foliar feeding of plant nutrients. In: McVICKAR, M.H.; BRIDGER, G.L.; NELSON, L.B., ed., *Fertilizer Technology and Usage*. Madison: Soil Sci. Soc. of América, 1963. pp.429-455.

Yogaratan, N., Allen, M., Greenham, D.W.P. The phosphorus concentration in apple leaves as affected by foliar application of its compounds. *J. Hortic. Sci.*, 56: 255-260. 1981.

Yogaratan, N.; Allen, M.; Greenham, D.W.P. The phosphorus concentration in apple leaves as affected by foliar application of its compounds. *J. Hortic. Sci.*, 56:255-260. 1981.
