

**Figura 4.** Sintomas de *splitting* (A) e de *creasing* (desintegração do albedo) (B) em citros.

**Tabela 1.** Solubilidade de diferentes fontes de cálcio em água.

Fonte	Ca (%)	Litros de água para dissolver 1 kg do produto
Nitrato de cálcio	19	1
Cloreto de cálcio	36	1,3
Fosfato monocálcico	16	55
Sulfato de cálcio	23	415
Óxido de cálcio	71	770
Carbonato de cálcio	40	66.000

Klaus explicou que o nitrato de cálcio pode fornecer o Ca disponível rapidamente não somente para culturas sob sistemas de fertirrigação, mas também para aquelas com rápido crescimento e em períodos específicos de alta demanda de Ca.

O algodão, por exemplo, tem uma demanda relativamente alta de Ca e se desenvolve melhor se o elemento encontra-se em quantidade suficiente e dissolvido na solução do solo já nos primeiros dias após a germinação, e uma aplicação de nitrato de cálcio solúvel em água como starter resulta em aumentos na produtividade, quando comparada à prática tradicional. Mas, o desafio no uso de nitrogênio é evitar a aplicação de dose elevada após o florescimento para impedir o crescimento vegetativo muito intenso, o desenvolvimento impróprio das maçãs e o atraso da maturação. Por outro lado, deve-se evitar a utilização de pouco N no início do desenvolvimento, para não comprometer o crescimento inicial da planta, o pegamento de frutos e a produção de fibras. Evitar tam-

bém concentrações de média a alta do íon amônio para não reduzir a germinação do algodão e causar a deficiência temporária de Ca por competição com aquele íon.

Klaus finalizou dizendo que as pesquisas de campo indicam que as plantas adubadas com nitrato de cálcio como starter apresentam-se mais saudáveis e mais resistentes a pragas e doenças devido ao efeito sinérgico do nitrato e do cálcio na redução da pressão por doenças. Citou, por exemplo, o efeito importante do íon nitrato na redução da severidade da fusariose em tomateiro como na inibição da esporulação e da germinação de esporos de *Fusarium oxysporum* (Figura 5). O íon nitrato também diminui a sensibilidade do tomateiro ao ácido fusárico, uma toxina liberada pelo patógeno.

Assim, a redução na incidência de doenças pode ser explicada pela função dos dois elementos na planta:

- O cálcio fortalece as paredes celulares da planta e forma uma barreira física contra patógenos.

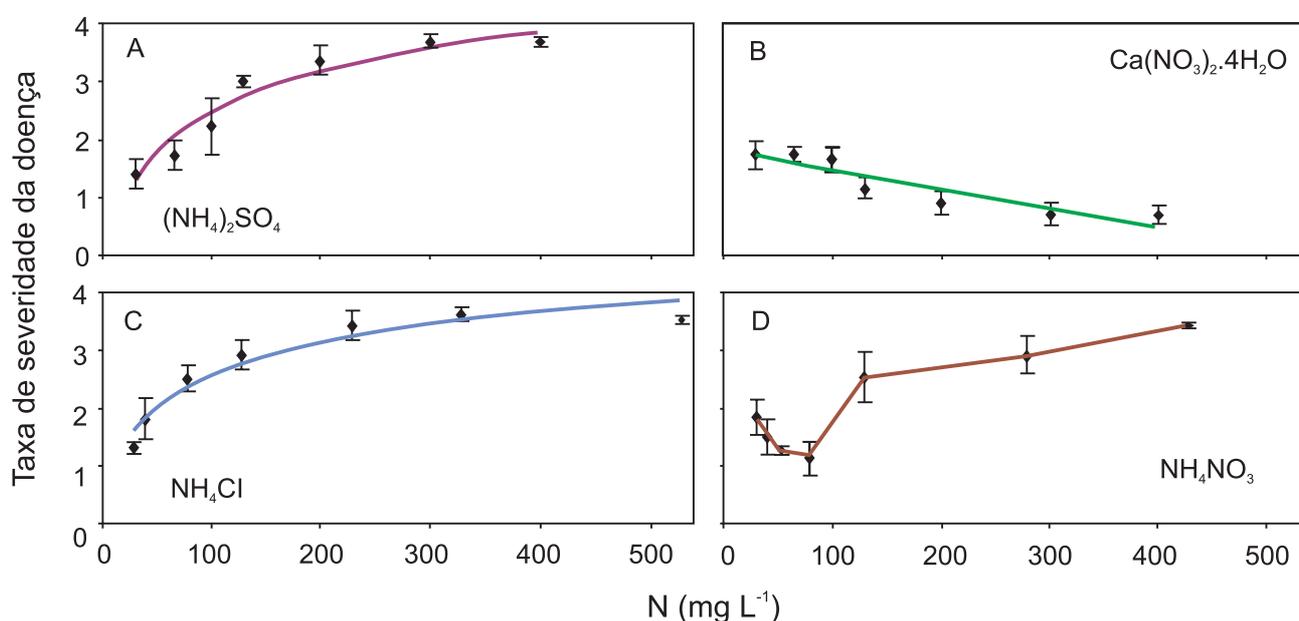
- O nitrato promove alta eficiência de uso do N, sem perdas por volatilização, com menor fitotoxicidade às plantas e com menor imobilização microbiana, comparado à amônia e à uréia, e sem acidificar o solo. Assim, o uso de nitrato de cálcio reduz as perdas de mudas jovens de citros por *Phytophthora*, a severidade do ataque de *Fusarium* em tomate, o risco de *Botrytis* em morango e roseira, de *Erwinia* em batata e de *Cercospora* em café.

## Palestra: MAGNÉSIO NOS SOLOS E NAS PLANTAS –

Toni Wiend, Potabrazil, São Paulo, SP, e-mail: [toni@potabrazil.com.br](mailto:toni@potabrazil.com.br)

De acordo com Toni, o magnésio (Mg) é o 8º mineral mais abundante na crosta terrestre e seu conteúdo nos solos varia de 0,1% em solos de textura grossa, arenosos, em regiões úmidas, até 4% em solos de textura fina, em regiões áridas ou semi-áridas, formados a partir de rochas com alto teor de Mg. O magnésio do solo origina-se da decomposição de rochas contendo minerais primários como dolomita e silicatos com Mg (hornblenda, olivina, serpentina e biotita) ou ainda em minerais de argila secundários, como clorita, illita, montmorilonita e vermiculita.

Com a decomposição das rochas primárias e liberação do Mg para a fração trocável do solo, o elemento pode ser lixiviado em



**Figura 5.** Nitrato de cálcio reduz a severidade do ataque de *Fusarium* em tomateiro.

regime de intensa pluviosidade, ser absorvido por organismos que não a planta-alvo, ser adsorvido por partículas minerais ou precipitar-se como um mineral secundário.

Explicou que o Mg fica na fração trocável do solo, adsorvido aos colóides de carga negativa como  $Mg^{2+}$ , e é transportado às raízes das plantas principalmente por fluxo de massa. Assim, em épocas de veranico, a deficiência de Mg pode ser agravada. As plantas absorvem o Mg exclusivamente da solução do solo, a qual é reequilibrada pelo Mg armazenado na fração trocável.

Disse que o *status* do Mg no solo depende da textura do solo e do conteúdo de matéria orgânica, ambos responsáveis pela CTC do solo. Com iguais quantidades de Mg trocável, a concentração na solução é usualmente maior em solos arenosos que em solos com alto conteúdo de argila. Isso é explicável pelo fato que os solos com grande conteúdo de argila têm maior capacidade adsorvente que os solos arenosos. Entretanto, a liberação de Mg do complexo trocável em solos argilosos é geralmente inferior à demanda pelas culturas, exigindo grandes quantidades de Mg disponível para um ótimo crescimento das plantas.

Segundo Toni, a disponibilidade de Mg, contudo, não depende somente do potencial do solo para armazenar e liberar este cátion, mas também da proporção que ocupa o Mg nos sítios de troca (saturação). Toni explicou que a membrana plasmática tem pouca afinidade pelo Mg, pois ele pode ser suprimido pela presença de outros cátions. Os desequilíbrios gerados por Mg com outros cátions também podem produzir deficiência, principalmente em solos calcícos, onde se apresenta excesso de Ca, ou em solos ácidos, onde a saturação por Al limita a absorção de Mg.

Em solos minerais ácidos, o  $Al^{3+}$  se mostra o cátion dominante no processo de intercâmbio, formando espécies solúveis tóxicas, cujo efeito principal é impedir o desenvolvimento da raiz. Esse efeito pode ser diminuído pela adequada adição de Mg (Figura 1), que ajuda a neutralizar o efeito tóxico do  $Al^{3+}$ .



**Figura 1.** O magnésio reduz a inibição do crescimento radicular causada pelo alumínio.

Toni explicou que deve haver um balanço ideal entre Ca, Mg e K. Altos níveis de potássio (K) podem deprimir a assimilação de Mg, devido à uma absorção preferencial de K pelas plantas.

Também ocorre um antagonismo direto entre  $NH_4^+$  e Mg. Quando o  $NH_4^+$  é absorvido pelas raízes, há uma troca de íons amônio e hidrogênio ( $H^+$ ); assim, o  $H^+$  exercerá influência antagonista na absorção de Mg pela planta. Quanto mais ácido o solo e maior a quantidade de fertilizante nitrogenado (com íons amônio), mais intenso é o efeito antagonístico.

Nos cerrados do Brasil, cerca de 90% dos latossolos e argissolos sofrem de deficiência de Mg, como resultado do alto grau de intemperismo e lixiviação. As quantidades perdidas dependem da interação de vários fatores: conteúdo de Mg no solo, concentrações de  $H^+$  e  $Ca^{2+}$  (gessagem aumenta as perdas de Mg), taxa de intemperismo, intensidade de lixiviação e retirada pelas plantas.

Resumindo, disse que a deficiência de Mg se manifesta em solos derivados de rochas pobres em Mg; solos leves e com pouca matéria orgânica; em plantações velhas, sem reposição de magnésio; altas doses de K (antagonismo); alta variação do regime hídrico; adubação nitrogenada com N-amoniaco e alta relação K:Mg.

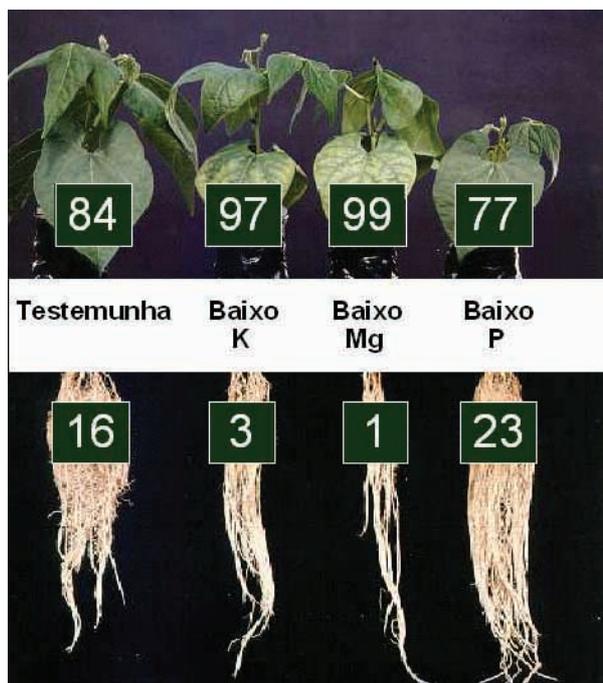
Na planta, a função predominante do Mg é como átomo central na molécula da clorofila. Por isso, está envolvido nas reações de carboxilação da fotossíntese, ou seja, como coenzima na fixação de  $CO_2$ . Durante a assimilação do  $CO_2$ , as moléculas de açúcar são formadas a partir da água e do dióxido de carbono, utilizando a energia solar. Esta é uma reação básica para a síntese de outros constituintes das plantas, como amido, proteína, gorduras e vitaminas. Assim, em casos de baixa disponibilidade de Mg nas folhas, a fixação de  $CO_2$  é severamente limitada.

Toni explicou que, como elemento de carga bivalente, o Mg está envolvido no balanço cátion-ânion, sendo responsável pela regulação do pH e do ajuste da turgescência nas células das plantas. Além disso, 5 a 10% do Mg está ligado à pectina e serve como elemento estrutural das paredes celulares. Por isso, a nutrição com Mg, além dos critérios nutricionais, com reflexos na saúde humana e animal, confere qualidade ao produto final, como, por exemplo, número, peso e conteúdo protéico dos grãos; doçura, cor, sabor e maciez dos frutos.

De acordo com Toni, o Mg remanescente, que não está fixado à estrutura da clorofila e às paredes celulares, é muito móvel, estimando-se que cerca de 20% do que foi absorvido circula no sistema vascular do xilema e do floema. Devido a sua alta mobilidade no floema, o Mg é facilmente retranslocado desde as folhas velhas até os lugares de intensa atividade metabólica, como caules jovens e órgãos de reserva, como, por exemplo, grãos, frutos, etc. Assim, na deficiência de Mg, há dificuldade na translocação de carboidratos para a raiz, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular, que por sua vez reduzirá a absorção de outros nutrientes (Figura 2).

Esta é a razão pela qual os sintomas visuais de deficiência de Mg sempre se apresentam nas folhas velhas. A deficiência se inicia no nível molecular e freqüentemente somente as folhas expostas ao sol apresentam sintomas, que começam nas folhas localizadas próximas aos drenos de nutrientes (frutos), causando queda prematura das folhas. Sintomas visíveis são um sinal severo e, nesta fase, o rendimento e a qualidade já estão comprometidos.

A Figura 3 mostra a curva de crescimento e de rendimento relativo da planta em relação à amplitude do estado nutricional. Nota-se que existe uma faixa de deficiência marginal, latente, ou "fome oculta", em que os sintomas não são visíveis, exercendo forte impacto negativo sobre a produção e a qualidade das culturas. Por esta razão, o conteúdo de Mg tem que ser continuamente monitorado, já que altos rendimentos e qualidade constituem as diretrizes na produção das culturas. Assim, a disponibilidade de Mg no solo deve corresponder com a época de necessidade das plantas, e uma adubação balanceada é a base do sucesso para a produção das culturas.



**Figura 2.** Distribuição relativa (%) de carboidratos entre a parte aérea e a raiz de plantas de feijão deficientes em K, Mg e P, comparadas à testemunha.

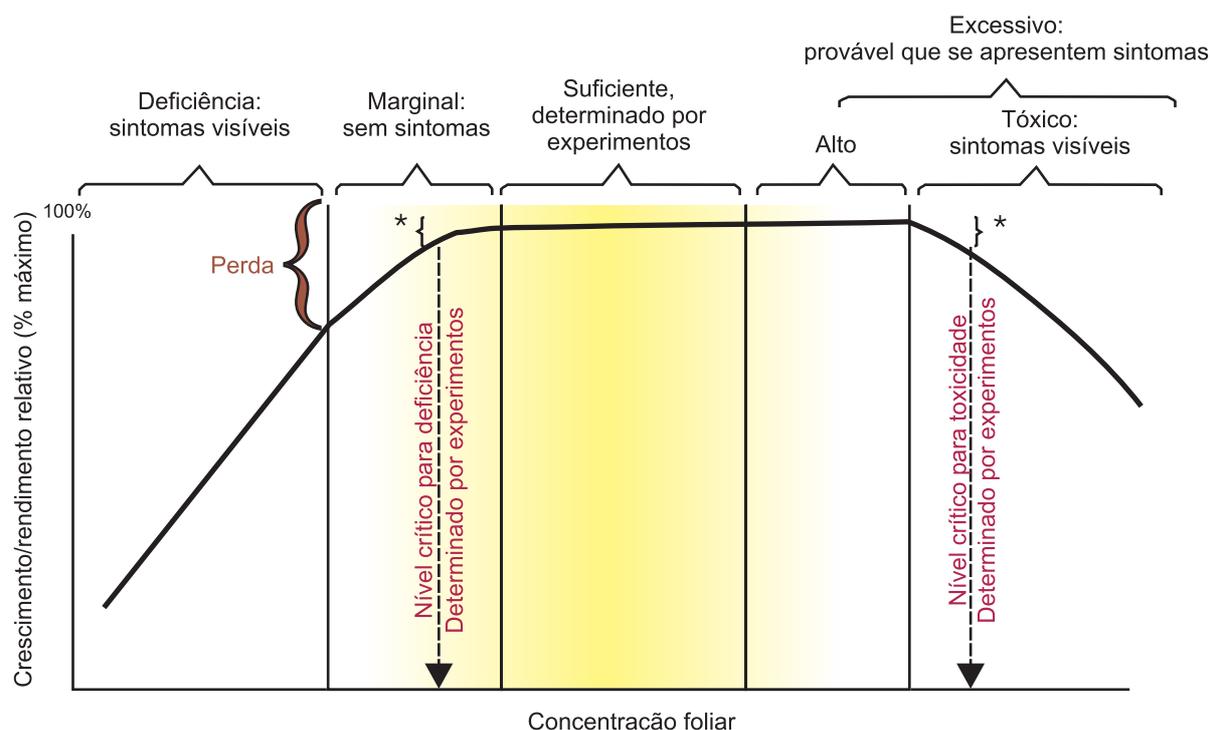
Explicou que as fontes minerais de Mg consistem principalmente de sulfatos, carbonatos e óxidos, seguidos pelos cloretos e nitratos. Elas variam de acordo com o conteúdo de nutrientes (Mg e outros elementos), e com a solubilidade, a qual controla a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Esses dois fatores determinam o uso de diferentes fontes de Mg em sistemas agrícolas e hortícolas.

Os carbonatos e os óxidos são formas pouco solúveis em água e necessitam reagir com ácidos para liberar o magnésio, enquanto as formas sulfatadas são altamente solúveis. Nota-se, por exemplo, na Tabela 1, que a kieserita disponibiliza uma quantidade muito maior de Mg em relação às outras fontes menos solúveis. Assim, se a demanda pela planta tiver que ser suprida de forma rápida, será preciso usar uma fonte solúvel de Mg, de disponibilidade imediata para as plantas.

**Tabela 1.** Comparação da solubilidade de diferentes fontes de magnésio, a 20°C.

Fontes de Mg	Solubilidade g L <sup>-1</sup>	Solubilidade g Mg L <sup>-1</sup>
Óxido de magnésio (MgO)	0,0062	0,00372
Hidróxido de magnésio (MgOH <sub>2</sub> )	0,009	0,00256
Magnesita (MgCO <sub>3</sub> )	0,034	0,00989
Kieserita (MgSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O)	417,00	72,92

Toni finalizou explicando que o uso de MgSO<sub>4</sub> é benéfico em solos calcários, com carbonato de cálcio livre, e portanto com alta concentração de cálcio na solução, por repor o Mg que está limitado pela competição ou antagonismo com o Ca. Também em solos ricos em matéria orgânica, com deficiência absoluta de Mg devido ao baixo conteúdo de Mg no substrato, quando, além da aplicação de calcário dolomítico, recomenda-se uma fonte solúvel de Mg para garantir o suprimento adequado de Mg durante as fases de alta demanda e em condições climáticas desfavoráveis. Recomenda também seu uso em condições de risco de deficiência induzida de Cu, Fe, Mn e Zn por aplicação excessiva de calcário.



\* Definição exata da redução no rendimento e crescimento (por exemplo, 5%, 10% ou 20%)

**Figura 3.** Curva de crescimento e rendimento da planta e amplitudes do estado nutricional, determinadas por análise foliar.