

FERTILIZANTE FOLIAR

**Portal
IDEA
.com.br**



FUNDAMENTOS DO FERTILIZANTE FOLIAR

Introdução à nutrição vegetal e ao fertilizante foliar

1. Conceito de Nutrição Mineral das Plantas

A nutrição mineral das plantas é um ramo da fisiologia vegetal que estuda a absorção, transporte, assimilação e utilização de elementos químicos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais. Esses elementos, denominados nutrientes minerais, são absorvidos principalmente pelas raízes, na forma de íons dissolvidos na solução do solo, e desempenham papéis fundamentais em processos fisiológicos, bioquímicos e estruturais das plantas (MARSCHNER, 2012).

A classificação dos nutrientes minerais é geralmente feita com base na quantidade exigida pela planta e na função que exercem. Os macronutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), são requeridos em maiores quantidades. Já os micronutrientes, como ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), boro (B) e cloro (Cl), são necessários em menores concentrações, mas igualmente essenciais (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

A deficiência ou o excesso de qualquer nutriente pode comprometer significativamente o metabolismo vegetal. Sintomas como clorose, necrose, crescimento reduzido e baixa produtividade são indicativos de desequilíbrios nutricionais.

Assim, o manejo correto da nutrição mineral é determinante para o sucesso das culturas agrícolas e para a manutenção da saúde das plantas.

A absorção mineral ocorre principalmente pelas raízes, por processos ativos e passivos, envolvendo mecanismos de transporte seletivo através das membranas celulares. Após a absorção, os nutrientes são translocados via xilema e floema para as diferentes partes da planta, onde serão utilizados em funções estruturais (como a formação de paredes celulares) ou metabólicas (como a fotossíntese e a respiração celular).

2. Diferença entre Adubação de Solo e Adubação Foliar

O fornecimento de nutrientes às plantas pode ser realizado por diferentes métodos, sendo os mais comuns a adubação de solo e a adubação foliar. A **adubação de solo** consiste na aplicação de fertilizantes diretamente no solo, visando repor ou suplementar os nutrientes disponíveis na solução do solo. Essa prática é amplamente utilizada, pois atende à principal via de absorção das plantas e proporciona o suprimento contínuo dos elementos essenciais ao longo do ciclo da cultura (RAIJ, 2011).

Por outro lado, a **adubação foliar** é uma técnica complementar que consiste na aplicação de soluções nutritivas diretamente sobre as folhas, permitindo a absorção dos nutrientes pela superfície foliar. Essa modalidade apresenta algumas vantagens específicas, como a rápida correção de deficiências nutricionais, a possibilidade de aplicação em momentos em que a absorção radicular está limitada (por exemplo, em períodos de estresse hídrico ou baixas temperaturas), e a eficiência na aplicação de micronutrientes que apresentam baixa mobilidade no solo (FERNANDES; SOUZA, 2006).

Enquanto a adubação de solo é fundamental para garantir a base nutricional das plantas, a adubação foliar atua como estratégia de suporte e correção pontual. Ela não substitui a adubação de solo, pois a quantidade de nutrientes que pode ser fornecida pelas folhas é limitada. A capacidade de absorção foliar depende de fatores como a espessura e composição da cutícula, a presença de estômatos, as condições climáticas no momento da aplicação e a formulação do fertilizante utilizado (MALAVOLTA, 2006).

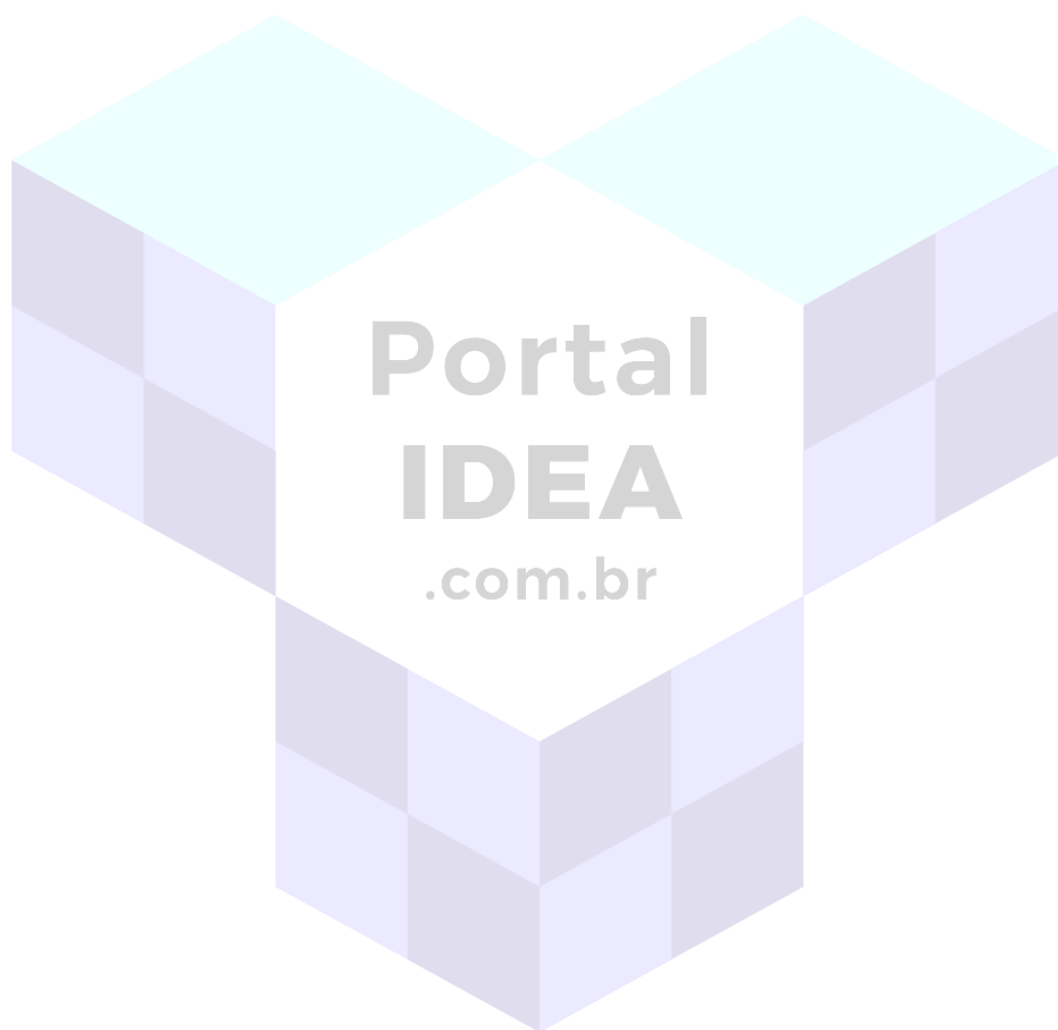
A eficácia da adubação foliar também está associada à escolha correta do momento de aplicação, que deve considerar o estágio fenológico da planta e as condições ambientais. Aplicações em horários de menor radiação solar e temperaturas mais amenas favorecem a absorção, reduzindo as perdas por evaporação e a ocorrência de fitotoxicidade.

Assim, a diferença fundamental entre as duas formas de adubação está no local e no mecanismo de absorção dos nutrientes. A adubação de solo depende do sistema radicular e da dinâmica de disponibilidade no solo, enquanto a adubação foliar explora a via aérea como porta de entrada, permitindo intervenções rápidas e direcionadas. O uso integrado dessas práticas, de forma equilibrada e planejada, contribui para uma nutrição mais eficiente e para a maximização do potencial produtivo das culturas agrícolas.

Considerações Finais

A nutrição mineral das plantas é um fator determinante para o desempenho das culturas agrícolas e deve ser planejada de forma criteriosa. A compreensão dos princípios de absorção e utilização dos nutrientes, bem como das diferenças entre adubação de solo e adubação foliar, permite ao agricultor e ao técnico agrícola selecionar estratégias mais eficientes de manejo.

A adubação foliar, embora limitada em sua capacidade de fornecimento de nutrientes, é uma ferramenta valiosa para corrigir deficiências e otimizar a nutrição em momentos críticos do desenvolvimento da planta. Quando integrada a um programa de adubação de solo bem estruturado, proporciona benefícios significativos, refletindo-se em maior produtividade, qualidade da colheita e sustentabilidade do sistema de produção.



Referências Bibliográficas

- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Adubação foliar: princípios e práticas. In: FERNANDES, M. S. (org.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 377-408.
- MALAVOLTA, E. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARSCHNER, P. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3. ed. London: Academic Press, 2012.
- RAIJ, B. van. *Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes*. Piracicaba: IPNI Brasil, 2011.

Portal
IDEA
.com.br

Histórico e Evolução do Uso de Fertilizantes Foliare

1. Introdução

O uso de fertilizantes foliares é uma prática agrícola consolidada que, embora mais recente em comparação à adubação de solo, desempenha papel relevante no manejo nutricional das culturas. Essa técnica baseia-se na aplicação de nutrientes diretamente sobre a parte aérea das plantas, possibilitando absorção rápida e correção pontual de deficiências minerais. Ao longo das últimas décadas, os avanços científicos e tecnológicos aprimoraram significativamente a formulação, a aplicação e a compreensão fisiológica dessa prática, tornando-a uma ferramenta estratégica no aumento da produtividade agrícola.

2. Origens da Adubação Foliar

A ideia de fornecer nutrientes às plantas pelas folhas remonta a observações feitas ainda no século XIX. Pesquisadores como Sachs e Knop, pioneiros no estudo da nutrição vegetal, já sugeriam que as folhas poderiam absorver certos compostos presentes na água e no ar, ainda que o entendimento sobre os mecanismos fosse limitado (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

As primeiras aplicações experimentais documentadas ocorreram nas primeiras décadas do século XX, com soluções de sais minerais aplicadas diretamente sobre folhas de culturas hortícolas e ornamentais. Na época, o objetivo principal era investigar se as plantas podiam absorver elementos minerais via superfície foliar de maneira eficiente.

Os resultados, ainda que variáveis, indicaram que a técnica poderia complementar a adubação de solo, especialmente em situações de deficiência localizada ou de baixa disponibilidade de nutrientes.

3. Primeiros Avanços Científicos

O verdadeiro impulso para o uso da adubação foliar ocorreu a partir dos anos 1940 e 1950, com pesquisas conduzidas nos Estados Unidos e na Europa que identificaram o papel da cutícula, dos estômatos e das propriedades físico-químicas das soluções na absorção de nutrientes pelas folhas (WIT, 1963). A Segunda Guerra Mundial, que estimulou a pesquisa agrícola para aumento da produção de alimentos, também contribuiu para o desenvolvimento de formulações mais estáveis e eficientes.

Durante esse período, micronutrientes como ferro, zinco, manganês e cobre começaram a ser aplicados via foliar para corrigir deficiências em culturas de alto valor, como frutas e hortaliças. Isso se devia, em parte, à baixa mobilidade ou disponibilidade desses elementos no solo, o que tornava a aplicação direta nas folhas uma alternativa rápida e eficaz.

4. Expansão e Consolidação no Século XX

Entre as décadas de 1960 e 1980, a adubação foliar passou a ser incorporada de forma mais ampla em programas de manejo nutricional, especialmente em culturas comerciais como citros, café, algodão e cereais. A popularização dos pulverizadores motorizados e das técnicas de aplicação aérea favoreceu sua difusão.

Nesse período, avanços significativos foram alcançados na formulação de fertilizantes foliares, incluindo a utilização de agentes quelantes, como o EDTA, que aumentaram a solubilidade e a estabilidade dos micronutrientes em solução, melhorando a absorção pelas folhas (FERNANDES; SOUZA, 2006). Pesquisas também passaram a investigar o pH ideal das soluções, a influência da temperatura e da umidade relativa, bem como o efeito de surfactantes na penetração foliar.

A compreensão dos estádios fenológicos mais responsivos à adubação foliar também avançou, permitindo que as aplicações fossem realizadas de forma mais estratégica, aumentando a eficiência no uso de nutrientes e reduzindo perdas.

5. Avanços Tecnológicos Recentes

A partir da década de 1990, o desenvolvimento tecnológico e a agricultura de precisão impulsionaram ainda mais o uso de fertilizantes foliares. A evolução de pulverizadores com controle de vazão, bicos de alta eficiência e sistemas de monitoramento georreferenciado permitiu aplicações mais uniformes e direcionadas, reduzindo desperdícios e impactos ambientais.

Paralelamente, surgiram fertilizantes foliares com formulações complexas, combinando macro e micronutrientes, aminoácidos, extratos de algas, hormônios vegetais e aditivos que aumentam a adesão e a penetração nas folhas. A nanotecnologia começou a ser incorporada em pesquisas de fertilizantes, buscando maior eficiência e liberação controlada dos nutrientes (DE ROSA et al., 2010).

A adubação foliar também se consolidou como ferramenta em programas de manejo integrado de culturas, sendo utilizada não apenas para corrigir deficiências, mas também para mitigar estresses abióticos, como seca, geada e salinidade, auxiliando na manutenção da produtividade em condições adversas.

6. Situação Atual e Perspectivas Futuras

Atualmente, a adubação foliar é amplamente utilizada em diferentes sistemas de produção agrícola no Brasil e no mundo. Sua aplicação é estratégica para culturas de alto valor econômico, como frutíferas, hortaliças e ornamentais, mas também tem ganhado espaço em lavouras extensivas, como soja, milho e trigo.

O futuro da adubação foliar tende a estar associado à integração com tecnologias digitais, como sensores remotos e análise espectral, capazes de identificar deficiências nutricionais precocemente e recomendar doses específicas em tempo real. Além disso, há um movimento crescente em direção a formulações mais sustentáveis, com matérias-primas de menor impacto ambiental e produtos de origem biotecnológica.

O desafio para os próximos anos é aumentar a eficiência de absorção e translocação dos nutrientes aplicados via foliar, garantindo retorno econômico ao produtor e reduzindo riscos ambientais. A pesquisa científica, alinhada às necessidades do campo, continuará sendo determinante para a evolução dessa prática.

Conclusão

O histórico e a evolução dos fertilizantes foliares mostram uma trajetória marcada por avanços técnicos e científicos que transformaram uma prática experimental em uma ferramenta consolidada na agricultura moderna. De simples soluções salinas aplicadas manualmente no início do século XX até formulações complexas aplicadas com equipamentos de alta precisão, a adubação foliar se tornou um elemento-chave no manejo nutricional, contribuindo para a produtividade e sustentabilidade da produção agrícola.



Referências Bibliográficas

- DE ROSA, M. C. et al. Nanotechnology in agriculture: new opportunities and perspectives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 3, p. 8199–8204, 2010.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Adubação foliar: princípios e práticas. In: FERNANDES, M. S. (org.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 377-408.
- WIT, C. T. de. On the absorption of nutrients by leaves. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, v. 11, p. 195-200, 1963.

Portal
IDEA
.com.br

Tipos de Nutrientes Aplicados via Foliar

1. Introdução

A adubação foliar é uma técnica complementar ao manejo nutricional convencional, que consiste na aplicação de nutrientes diretamente sobre a parte aérea das plantas, visando absorção através das folhas. Essa prática é amplamente utilizada para corrigir deficiências nutricionais, melhorar a produtividade e mitigar efeitos de estresses abióticos. O êxito dessa estratégia depende, entre outros fatores, da escolha adequada dos nutrientes, da formulação e da tecnologia de aplicação.

A escolha do tipo de nutriente a ser aplicado via foliar deve considerar as necessidades específicas da cultura, a mobilidade dos elementos na planta, a fase de desenvolvimento e as condições ambientais. Entre os nutrientes utilizados, estão tanto **macronutrientes** quanto **micronutrientes**, cada um com funções distintas e exigências específicas de formulação para garantir eficiência na absorção foliar.

2. Macronutrientes e Micronutrientes na Adubação Foliar

2.1 Macronutrientes

Os macronutrientes são requeridos em maiores quantidades e incluem:

- **Nitrogênio (N):** essencial para a síntese de aminoácidos, proteínas e clorofila. A aplicação foliar de nitrogênio, geralmente na forma de ureia, é amplamente utilizada para promover rápido crescimento vegetativo e corrigir deficiências que comprometem a fotossíntese.

- **Fósforo (P):** importante para a transferência de energia (ATP), desenvolvimento radicular e florescimento. Sua aplicação foliar é mais complexa devido à baixa mobilidade na planta, sendo indicada para momentos específicos, como pré-floração.
- **Potássio (K):** atua na regulação osmótica, transporte de açúcares e ativação enzimática. Aplicações foliares de potássio são comuns em frutíferas para melhorar a qualidade dos frutos e a resistência a estresses.
- **Cálcio (Ca):** fundamental para a integridade das paredes celulares e resistência a doenças. Sua aplicação foliar é estratégica, pois o cálcio é pouco móvel na planta e sua redistribuição via floema é limitada.
- **Magnésio (Mg):** componente central da molécula de clorofila e ativador enzimático. A aplicação foliar é eficiente para corrigir clorose em folhas jovens.
- **Enxofre (S):** participa da síntese de aminoácidos sulfurados e do metabolismo de proteínas. Sua aplicação foliar pode ser feita para corrigir deficiências e melhorar a qualidade de grãos e sementes.

2.2 Micronutrientes

Os micronutrientes, embora necessários em menores quantidades, desempenham funções vitais no metabolismo vegetal:

- **Boro (B):** essencial para a integridade das paredes celulares e para a polinização. É comumente aplicado via foliar em culturas como algodão, café e frutíferas.
- **Zinco (Zn):** atua na síntese de auxinas e na ativação enzimática. Aplicações foliares são frequentes em cereais e frutíferas para evitar atraso no desenvolvimento.

- **Manganês (Mn):** participa da fotólise da água na fotossíntese e do metabolismo de carboidratos. A aplicação foliar é eficiente em solos de pH elevado, onde a disponibilidade do Mn é reduzida.
- **Ferro (Fe):** essencial para a respiração celular e síntese de clorofila. Sua aplicação foliar é importante para evitar clorose férrica em condições de deficiência.
- **Cobre (Cu):** atua no metabolismo de lignina e na defesa contra patógenos. Aplicações foliares devem ser cuidadosas para evitar fitotoxicidade.
- **Molibdênio (Mo):** fundamental para a fixação biológica de nitrogênio e metabolismo de nitratos. É aplicado via foliar em leguminosas e hortaliças.

3. Solubilidade e Absorção Pelas Folhas

A eficiência da adubação foliar está diretamente ligada à solubilidade do fertilizante e à capacidade de penetração dos nutrientes na superfície foliar. A **cutícula**, composta por ceras e cutina, é a principal barreira física à absorção, e sua permeabilidade varia conforme a espécie vegetal, a idade da folha e as condições ambientais (FERNANDES; SOUZA, 2006).

A absorção pode ocorrer por duas vias principais:

- **Transcuticular**, através da cutícula e das ceras epicuticulares, favorecida por soluções de baixa tensão superficial e com moléculas pequenas.
- **Estomática**, através dos estômatos, quando estes estão abertos, permitindo a entrada de soluções nutritivas.

A **solubilidade** é fator determinante para que o nutriente permaneça disponível na solução e possa ser absorvido antes que a evaporação da gota ocorra. Fertilizantes foliares devem apresentar alta solubilidade em água, estabilidade química e ausência de precipitados. O pH da solução e a presença de agentes quelantes influenciam diretamente na absorção, especialmente de micronutrientes metálicos como Zn, Mn, Cu e Fe (MALAVOLTA, 2006).

Além disso, condições como temperatura amena, alta umidade relativa e baixa radiação solar favorecem a penetração dos nutrientes, reduzindo a evaporação rápida da calda e aumentando o tempo de contato com a superfície foliar.

4. Formas Comerciais Disponíveis no Mercado

O mercado oferece uma ampla gama de fertilizantes foliares, que variam conforme a formulação, a concentração de nutrientes e os aditivos incluídos. Entre as principais formas comerciais estão:

- **Sais solúveis:** como sulfatos, nitratos e cloretos, amplamente utilizados por sua alta solubilidade. Exemplo: nitrato de potássio, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio.
- **Quelatos:** compostos nos quais o nutriente está ligado a um agente orgânico (EDTA, DTPA, EDDHA), que previne a precipitação e aumenta a estabilidade na solução. São comuns para micronutrientes metálicos.
- **Formulações líquidas concentradas:** soluções prontas para uso, que combinam diferentes nutrientes, podendo incluir aminoácidos, extratos de algas e reguladores de crescimento.

- **Suspensões concentradas:** produtos de alta concentração nutricional, mantidos em suspensão com aditivos que evitam a decantação, permitindo aplicação foliar com elevada carga de nutrientes.
- **Fertilizantes foliares especiais:** incluem bioestimulantes, produtos com nanopartículas para liberação controlada e formulações organominerais.

A escolha do produto comercial deve considerar a cultura, o estágio de desenvolvimento, a deficiência a ser corrigida e a compatibilidade com outros insumos que possam ser aplicados simultaneamente.

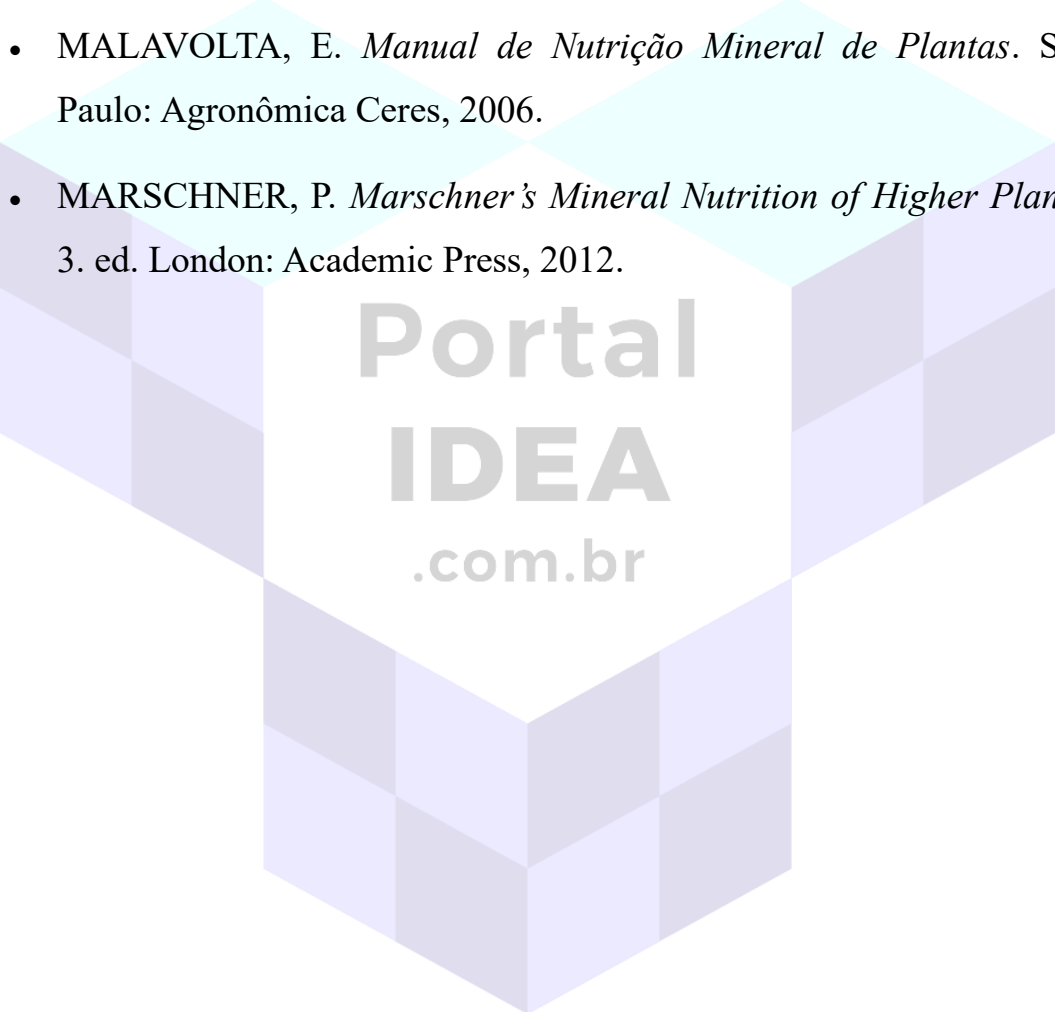
5. Considerações Finais

A aplicação foliar de nutrientes é uma ferramenta estratégica na agricultura moderna, oferecendo rapidez na correção de deficiências e eficiência na aplicação de certos elementos, especialmente micronutrientes. Para garantir bons resultados, é fundamental compreender as características de cada nutriente, sua solubilidade, o mecanismo de absorção pelas folhas e as opções comerciais disponíveis.

O uso criterioso dessa técnica, associado a um programa integrado de manejo nutricional, contribui para o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade da produção e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Referências Bibliográficas

- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Adubação foliar: princípios e práticas. In: FERNANDES, M. S. (org.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 377-408.
- MALAVOLTA, E. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARSCHNER, P. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

The logo is a large, stylized hexagon composed of several smaller, overlapping hexagons in shades of light blue and white. In the center of this hexagonal structure, the text "Portal" is written in a large, bold, sans-serif font. Below it, the word "IDEA" is written in a slightly smaller, bold, sans-serif font. At the bottom of the central text, ".com.br" is written in a smaller, regular, sans-serif font.

Portal
IDEA
.com.br

Princípios de Absorção Foliar

1. Introdução

A absorção foliar de nutrientes é o processo pelo qual elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas penetram nas folhas a partir de soluções aplicadas sobre sua superfície. Essa via de fornecimento de nutrientes é fundamental para a adubação foliar, prática que complementa a nutrição via radicular, permitindo correções rápidas de deficiências e suporte em momentos críticos do ciclo da cultura.

O sucesso dessa estratégia depende de fatores anatômicos da folha, das propriedades físico-químicas da solução aplicada, das condições ambientais no momento da pulverização e da mobilidade dos nutrientes dentro da planta após a absorção.

2. Estrutura da Folha e Cutícula

A folha é o principal órgão fotossintético da planta e possui adaptações estruturais para otimizar a captação de luz e a troca gasosa, ao mesmo tempo em que limita a perda de água. Sua superfície é recoberta por uma **cutícula**, composta principalmente por cutina e ceras epicuticulares, que atua como barreira física à penetração de líquidos e gases.

A cutícula apresenta uma espessura variável conforme a espécie, o ambiente e a idade da folha. Em plantas adaptadas a ambientes secos, a camada cuticular tende a ser mais espessa e rica em ceras, o que reduz a permeabilidade a soluções aquosas. Já em espécies de folhas mais jovens ou adaptadas a ambientes úmidos, a cutícula é mais fina e permeável, favorecendo a absorção foliar (FERNANDES; SOUZA, 2006).

Além da cutícula, a folha possui **estômatos** – poros reguláveis presentes principalmente na epiderme inferior – responsáveis pela troca de gases e que também podem atuar como portas de entrada para nutrientes dissolvidos, especialmente quando abertos. Há ainda microfissuras, tricomas e outras estruturas que podem facilitar a penetração de soluções nutritivas.

3. Fatores que Influenciam a Absorção Foliar

A eficiência da absorção foliar é resultado de uma complexa interação entre a fisiologia da planta, as propriedades da solução aplicada e as condições ambientais no momento da pulverização.

3.1 pH da solução

O pH influencia diretamente a solubilidade e a forma química dos nutrientes. Valores ligeiramente ácidos (entre 4 e 6) geralmente favorecem a absorção foliar, pois reduzem a precipitação de sais e aumentam a estabilidade de micronutrientes metálicos como Zn, Mn, Fe e Cu (MALAVOLTA, 2006). Um pH inadequado pode provocar fitotoxicidade ou reduzir a disponibilidade dos elementos.

3.2 Temperatura

Temperaturas moderadas (entre 18°C e 28°C) são ideais para aplicações foliares, pois favorecem a permeabilidade da cutícula e evitam a rápida evaporação da solução. Temperaturas elevadas podem aumentar a perda de água das gotas por evaporação antes que haja absorção, enquanto temperaturas muito baixas reduzem a atividade metabólica da folha, diminuindo a taxa de penetração (FERNANDES; SOUZA, 2006).

3.3 Umidade relativa do ar

A alta umidade relativa (>70%) prolonga o tempo de permanência da gota sobre a superfície foliar, permitindo maior penetração dos nutrientes. Já a baixa umidade acelera a secagem, reduzindo a janela para absorção.

3.4 Tensão superficial da solução

A tensão superficial influencia a capacidade da solução de espalhar-se pela folha. O uso de **surfactantes** ou adjuvantes reduz a tensão superficial, promovendo melhor cobertura e maior contato da solução com a cutícula e os estômatos. Isso é especialmente importante em plantas com folhas cerosas ou pilosas, onde a água tende a formar gotas esféricas que escoam com facilidade.

4. Mobilidade dos Nutrientes no Interior da Planta

Após a penetração na folha, os nutrientes podem seguir diferentes trajetórias dentro da planta, dependendo de sua mobilidade no floema e no xilema. Essa característica é determinante para a escolha dos nutrientes que serão aplicados via foliar e para a definição da estratégia de aplicação.

- **Nutrientes móveis no floema:** são redistribuídos facilmente para diferentes órgãos da planta. Nitrogênio, potássio, magnésio e alguns micronutrientes como zinco apresentam alta mobilidade, podendo ser aplicados em folhas maduras e translocados para regiões de crescimento ativo.

- **Nutrientes de mobilidade limitada:** cálcio e boro, por exemplo, apresentam baixa mobilidade no floema e, portanto, tendem a permanecer próximos ao local de aplicação. Isso exige que a pulverização seja feita diretamente nas regiões onde a deficiência se manifesta ou em tecidos jovens em desenvolvimento.
- **Nutrientes móveis apenas no xilema:** esses elementos dependem do fluxo ascendente da seiva bruta para se redistribuir, sendo menos eficientes quando aplicados foliarmente em folhas mais velhas.

A mobilidade é influenciada também pelo estágio fenológico da cultura e pela taxa de crescimento, que determinam a demanda e o direcionamento dos nutrientes dentro da planta (MARSCHNER, 2012).

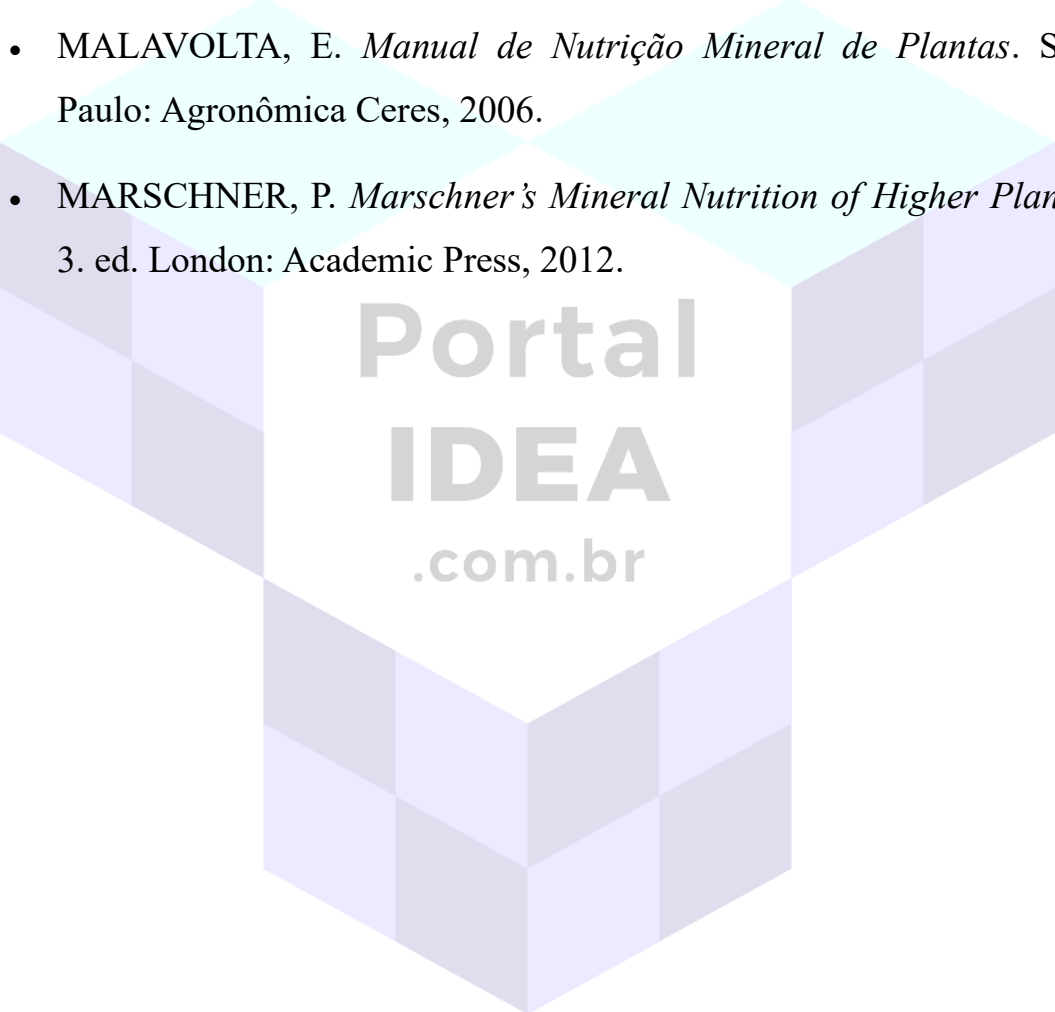
5. Considerações Finais

Os princípios de absorção foliar combinam aspectos anatômicos, fisiológicos e físico-químicos que devem ser compreendidos para a correta utilização da adubação foliar. A estrutura da folha, especialmente a cutícula e os estômatos, representa a principal barreira à entrada de nutrientes, enquanto fatores como pH da solução, temperatura, umidade relativa e tensão superficial determinam a eficiência da penetração.

Além disso, a mobilidade interna dos nutrientes define sua eficácia no atendimento das necessidades das diferentes partes da planta. O uso estratégico da adubação foliar, respeitando esses princípios, potencializa a produtividade e a qualidade das culturas, tornando-a uma ferramenta indispensável no manejo nutricional moderno.

Referências Bibliográficas

- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Adubação foliar: princípios e práticas. In: FERNANDES, M. S. (org.). *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 377-408.
- MALAVOLTA, E. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARSCHNER, P. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

The logo is a large, stylized hexagon composed of several smaller, overlapping hexagons in shades of light blue and white. In the center of this hexagonal structure, the text "Portal" is written in a large, bold, sans-serif font. Below it, the word "IDEA" is written in a slightly smaller, bold, sans-serif font. At the bottom of the central text, ".com.br" is written in a smaller, regular, sans-serif font.

Portal
IDEA
.com.br