

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
ÁREA: SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS
PROF. DR. TADEU T. INOUE

**APLICAÇÃO FOLIAR DE
NUTRIENTES**

The logo for 'Ranking Adubo Foliar' features a stylized leaf on the left, composed of overlapping blue and yellow-green shapes. To the right, the word 'Ranking' is written in a large, light blue, italicized font. Below 'Ranking', the words 'Adubo Foliar' are written in a smaller, green, italicized font, with a horizontal green bar underneath.

Maringá, 2019

Sumário

1	APLICAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES	1
1.1	Filosofias de aplicação foliar	1
1.1.1	Aplicação foliar preventiva	1
1.1.2	Aplicação foliar corretiva	1
1.1.3	Aplicação foliar substitutiva	2
2	Absorção foliar de nutrientes	2
2.1	Anatomia foliar	2
2.2	Fatores que afetam a absorção foliar de nutrientes	3
2.2.1	Cutícula	3
2.2.2	Estômatos	4
2.2.3	Idade da folha	4
2.2.4	Estado iônico interno	5
2.2.5	Horário de aplicação	5
2.2.6	Composição da solução	5
3	Funções dos nutrientes na planta	6
3.1	Nitrogênio (N)	7
3.2	Fósforo (P)	8
3.3	Potássio (K)	8
3.4	Cálcio (Ca)	9
3.5	Magnésio (Mg)	9
3.6	Enxofre (S)	10
3.7	Boro (B)	11
3.8	Cloro	11
3.9	Cobre (Cu)	12
3.10	Ferro (Fe)	12
3.11	Manganês (Mn)	13
3.12	Molibdênio (Mo)	13
3.13	Zinco (Zn)	14
3.14	Níquel (Ni)	14
4	Manejo nutricional via foliar	15
4.1	Estádios Vegetativos	16
4.1.1	Boro	16
4.1.2	Molibdênio	17
4.1.3	Magnésio	17
4.1.4	Cobre, Ferro, Manganês e Zinco	17

4.2	Estádios reprodutivos	18
4.2.1	Formação e pegamento de flores.....	18
4.2.1.1	Boro.....	18
4.2.1.2	Cálcio.....	18
4.2.2	Formação dos frutos e acúmulo de reservas.....	18
4.2.2.1	Nitrogênio	19
4.2.2.2	Fósforo	19
4.2.2.3	Potássio	19
5	Portifólio RANKING x Estádios fenológicos na cultura da soja	20
5.1	Considerações Finais.....	22



Introdução

A produtividade final de uma cultura depende diretamente de sua interação com o ambiente, estando exposta a ação positiva ou negativa de fatores como a disponibilidade de água, temperatura do ar, radiação luminosa, características químicas e físicas do solo, plantas daninhas, pragas e patógenos.

Assim, independente do fator que está atuando sobre o vegetal para que este consiga expressar adequadamente seu potencial de rendimento é necessário que sua estrutura e metabolismo estejam em sintonia com o ambiente, ou seja quanto melhor sua estrutura e atividade metabólica mais positiva e rápida será a resposta do vegetal às alterações do ambiente.

Quando uma planta se encontra nutricionalmente equilibrada e os fatores do ambiente estiverem favoráveis estes serão utilizados para seu crescimento e desenvolvimento, por exemplo para manter uma alta atividade fotossintética, produção e armazenamento de reservas, porém se o ambiente estiver desfavorável, os recursos serão utilizados para síntese de compostos de defesa, sejam eles estruturais ou químicos, como a maior produção e deposição de lignina nas paredes celulares, conferindo rigidez as mesmas, e ou síntese de fitoalexinas que são substâncias com atividade bacteriostática e fungistática, aumentando sua tolerância ao ataque de pragas e patógenos.

Por sua vez o equilíbrio nutricional tem que ser mantido durante todos os estádios fenológicos de uma cultura podendo os nutrientes serem fornecidos através de diferentes ferramentas de manejo via solo, tratamento de sementes e/ou foliar.

1 APLICAÇÃO FOLIAR DE NUTRIENTES

1.1 Filosofias de aplicação foliar

Quando recomendada a adubação via solo, está obedecendo a critérios conforme seus teores no solo e a necessidade da cultura, podendo ser realizada em função da necessidade da correção de seus teores no solo e/ou manutenção. Neste sentido o fornecimento dos nutrientes via foliar também devem obedecer a critérios técnicos e filosofias de aplicação, podendo ser recomendada como aplicações preventivas, corretivas, mas nunca substitutivas.

1.1.1 Aplicação foliar preventiva

Visa prevenir o aparecimento de sintomas, sendo realizadas sempre que houver algum problema relacionado ao meio de crescimento da cultura (ex.: baixos teores no solo, déficit hídrico, altas temperaturas, aplicação de defensivos, elevada demanda pela cultura e etc.) que possam afetar a absorção e assimilação dos nutrientes pelas plantas.

Um exemplo de aplicação foliar preventiva seria a aplicação de Ca e B no estágio R1 da cultura da soja em função da alta demanda pela planta por esses nutrientes para a formação dos botões florais, aliado a baixa mobilidade destes e a sua necessidade de constante absorção pelas raízes, o que nem sempre é possível devido a condições de déficit hídrico e as altas temperaturas que ocorrem normalmente quando a cultura se encontra nesse estágio fenológico de desenvolvimento.

1.1.2 Aplicação foliar corretiva

Visa corrigir algum sintoma de deficiência que a cultura apresenta em função de problemas com o meio de crescimento, normalmente ocasionada pelo desequilíbrio na fertilidade do solo, devendo ser realizada de acordo com o

diagnóstico preciso dos sintomas em função da análise química dos tecidos foliares, do solo e visual.

Apesar de corrigir o problema que a cultura apresenta essa forma de recomendação deve ser evitada, pois o seu aparecimento só ocorre após a planta passar por um período conhecido como “FOME OCULTA”, onde o indivíduo não expressou visualmente o sintoma, mas já teve seu potencial de rendimento afetado negativamente, estando seu rendimento prejudicado.

1.1.3 Aplicação foliar substitutiva

Como o próprio nome diz, essa aplicação tem como objetivo substituir o fornecimento dos nutrientes via solo pelo foliar, porém do ponto de vista técnico sua recomendação nunca deve ser realizada pois é impossível suprir a demanda quantitativa da cultura tanto dos macros quanto dos micronutrientes com aplicações em somente alguns estádios fenológicos da cultura.

Essa impossibilidade deve-se a necessidade do vegetal pelos nutrientes em todos seus estádios fenológicos, em maior ou menor quantidade. Por exemplo o fornecimento de micronutrientes, que apesar das suas demandas pela planta serem reduzidas comparadas aos macronutrientes, se eles não estiverem presentes desde o início do desenvolvimento do vegetal este terá seu crescimento e desenvolvimento afetado e seu potencial de rendimento diminuído.

2 Absorção foliar de nutrientes

2.1 Anatomia foliar

Na Figura 1 é apresentado um esquema de um corte transversal de uma folha indicando suas partes e tecidos.

Toda folha é composta pelas epidermes superior e inferior, o mesofilo que corresponde a sua parte central, formada pelos tecidos de preenchimento (parênquima) onde ocorrem os principais processos metabólicos (fotossíntese, respiração), os tecidos vasculares (xilema e floema) responsáveis pelo transporte de água, nutrientes e fotoassimilados.

Externamente a folha tem sua epiderme recoberta pela cutícula, que é uma camada cerosa, que atua como barreira física entre a folha e o meio, bem como diretamente na redução da perda de água e manutenção da condição hídrica dos tecidos foliares.

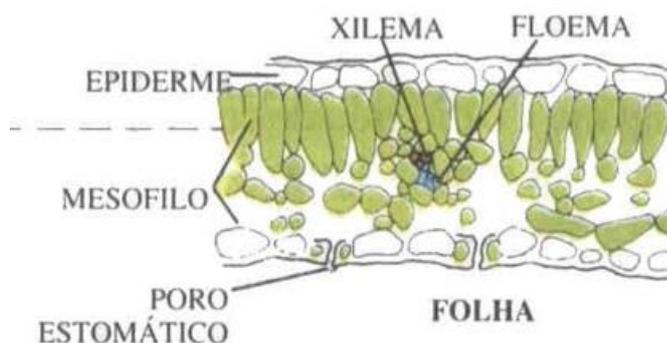


Figura 1 – Corte transversal de uma folha demonstrando o arranjo interno de seus tecidos.

2.2 Fatores que afetam a absorção foliar de nutrientes

2.2.1 Cutícula

Quando aplicada qualquer formulação via foliar a primeira barreira que tem que ser vencida é cutícula, que é formada basicamente por compostos com características hidrofóbicas, que dificultam sua passagem para o interior do tecido foliar, vários trabalhos tem demonstrado que apesar das substâncias apolares, como as ceras, serem os principais componentes da cutícula, esta apresenta-se como um polieletrólito, tendo como ponto de carga zero o pH 3,0, significando que em pHs maiores que 3,0 a cutícula começa a apresentar cargas negativas, o que ajuda na retenção de cátions em sua matriz. Desta maneira quando aplicadas soluções contendo cátions e ânions, parte dos cátions são adsorvidos as cargas negativas presentes na cutícula enquanto os ânions passam livremente através de sua matriz em direção às células da epiderme.

Uma vez em contato com as células epidérmicas os íons que não ficaram retidos na matriz cuticular penetram através dos poros localizados entre os

componentes da parede celular (celulose, hemicelulose, lignina, pectatos e etc.) e adentram o simplasto onde serão assimilados e participarão da estrutura ou do metabolismo vegetal.

2.2.2 Estômatos

Os estômatos são células especializadas presentes nas epidermes foliares que atuam diretamente nas trocas gasosas e no processo transpiratório. Trabalhos recentes têm demonstrado que é possível a penetração de íons através dos mesmos, porém sua contribuição é pequena, sendo em torno de no máximo 10% do total absorvido pelas folhas, devido ao reduzido número destas estruturas principalmente na face adaxial da folhas onde a maior parte da calda é depositada, sendo desta maneira a penetração cuticular a principal porta de entrada dos íons para o interior do tecido foliar.

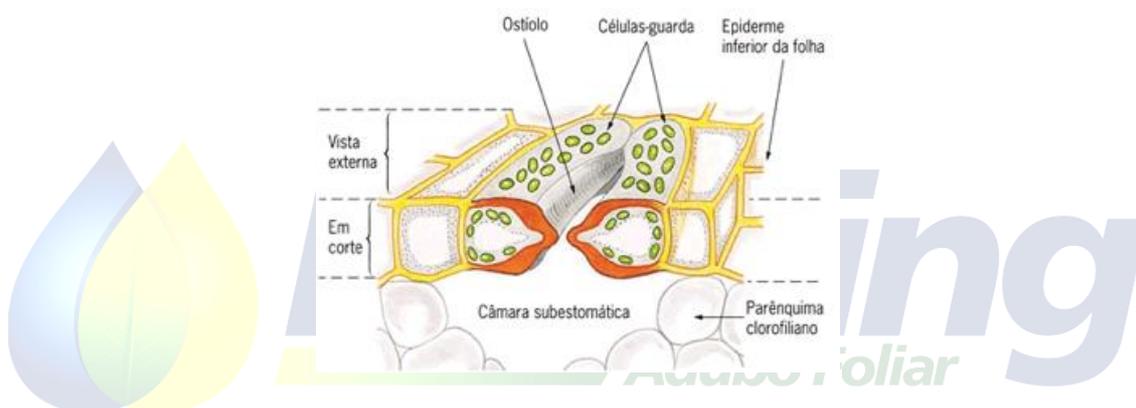


Figura 2 – Esquema demonstrativo de um complexo estomático.

2.2.3 Idade da folha

A absorção foliar de nutrientes é maior em folhas novas comparativamente as folhas mais velhas pois conforme o tecido foliar vai amadurecendo há o desenvolvimento de suas estruturas, entre elas a cutícula, bem como a redução de sua atividade metabólica em função da redução da taxa fotossintética e início da redistribuição dos fotoassimilados produzidos para os órgãos mais jovens, sejam eles vegetativos ou reprodutivos.

2.2.4 Estado iônico interno

No geral os trabalhos demonstram que folhas deficientes nutricionalmente apresentam maior capacidade de absorção dos nutrientes, em virtude do maior número de cargas livres nas paredes celulares para sua adsorção, porém a redistribuição dos nutrientes absorvidos é maior em folhas com bom estado nutricional.

2.2.5 Horário de aplicação

Via de regra a absorção da calda aplicada é maior durante o período iluminado do que no escuro, isso é devido a maior área superficial de contato e exposição do tecido foliar, pois quando na presença da luz as folhas estão eretas para o melhor aproveitamento da energia radiante.

Porém como a temperatura do ar é proporcional da radiação, não é aconselhável a aplicação nas horas mais quentes do dia, em função da maior taxa de evaporação da calda aplicada, sendo uma forma de reduzir esses problemas é a utilização de adjuvantes com ação surfactante e agentes molhantes.

2.2.6 Composição da solução

Dependendo das matérias primas empregadas na produção dos diferentes formulados os nutrientes podem apresentar variadas taxas de absorção, de modo geral a velocidade de absorção em ordem decrescente é Ânions ($\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{H}_2\text{PO}_4^-$) e cátions ($\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$), indicando que os nitratos são absorvidos mais rapidamente que os cloretos, sulfatos e fosfatos sequencialmente, sendo o mesmo raciocínio utilizado para os cátions.

Na Tabela 1 são apresentados dados referentes a velocidade de absorção de alguns nutrientes, devendo-se levar em consideração que esse tempo sofre interferência de vários fatores como temperatura e umidade do ar, luminosidade,

idade do órgão, estágio fenológico e condição nutricional da planta, composição da calda entre outros.

Tabela 1 – Velocidade de absorção foliar de nutrientes.

Nutriente	Tempo para 50% de absorção
Nitrogênio	1,5h – 36h
Fósforo	16h – 15 dias
Potássio	10h – 4 dias
Cálcio	2h – 4h
Magnésio	10h – 24h
Enxôfre	16h – 4 dias
Cloro	1 dia – 4 dias
Ferro	10 dias – 20 dias
Manganês	1 dia – 2 dias
Molibdênio	10 dias – 20 dias
Zinco	1 dia – 2 dias

Fonte: Rosolem, 2002.

3 Funções dos nutrientes na planta

Para que qualquer cultura expresse seu potencial de rendimento é necessário que seus indivíduos estejam nutricionalmente equilibrados, sendo os nutrientes fornecidos adequadamente de acordo com a demanda quantitativa e metabólica dos mesmos.

Os elementos químicos que são denominados de nutrientes são aqueles que obedecem aos critérios de essencialidade:

- a) Na ausência do elemento a planta não completa o seu ciclo de vida.
- b) O elemento tem que desempenhar uma função no vegetal participando de sua estrutura e ou metabolismo.
- c) O elemento não pode ser substituído por nenhum outro.

Como exemplo temos o nitrogênio que independente da cultura é o nutriente mais demandado em função da sua participação tanto na estrutura das células, estando presentes nas proteínas das membranas, ácidos nucléicos (DNA, RNA), clorofila, hormônios e etc, bem como no metabolismo vegetal por compor todas as enzimas que são as principais substâncias para sua ocorrência.

Além dos nutrientes (elementos essenciais), temos aqueles elementos que são denominados de elementos úteis ou benéficos, pois quando presentes são capazes de alterar a estrutura e/ou o metabolismo do vegetal tornando-o mais tolerante às condições negativas do meio, melhorando sua performance e assim proporcionando melhor desenvolvimento. Como exemplo temos o Co, que quando fornecido via tratamento de sementes para a cultura da soja beneficia o desenvolvimento das bactérias fixadoras de nitrogênio, e conseqüentemente ocasionando maior aporte deste nutriente para as plantas.

Na tabela periódica são encontrados 118 elementos químicos sendo 14 destes considerados nutrientes e divididos em 2 grandes classes conforme sua demanda quantitativa pelas plantas, os macronutrientes (N, P, Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) cujas necessidades pela plantas são em kg/ha e g/ha respectivamente.

3.1 Nitrogênio (N)

Independente da cultura ou vegetal o N é o nutriente mais exigido pois participa tanto de sua estrutura quanto de seu metabolismo, variando entre 2% a 5% na sua matéria seca. É absorvido nas formas amoniacais (NH_3 , NH_4^+), nítricas (NO_3^-) e amídicas (NH_2), tanto pelas raízes quanto pelas folhas. Na planta apresenta alta mobilidade, e quando em deficiência seu principal sintoma é a clorose nas folhas mais velhas, indicando sua alta capacidade de translocação. Cerca de 90% do n presente na planta encontra-se na forma orgânica fazendo parte da estrutura das membranas celulares (proteínas), compostos energéticos (ATP, NADH_2 , NADPH_2), ácidos nucléicos (DNA, RNA), hormônios (auxinas, citocininas, giberelinas), clorofila entre outros compostos, os 10% restantes estão principalmente na forma nítrica acumulados nos

vacúolos das células foliares como consumo de luxo e atuando diretamente na manutenção de seu potencial osmótico.

3.2 Fósforo (P)

Apesar do P ser um dos elementos mais demandados nas adubações via solo, sua necessidade pela planta é baixa comparada ao N, K, Ca e Mg compondo somente 0,1% a 0,5% da matéria seca do vegetal. O elemento é absorvido na forma de fosfato (H_2PO_4^-), de alta mobilidade na planta, e quando em deficiência não apresenta um sintoma visual característico como clorose, pois as folhas para a maioria das culturas permanecem verdes, com exceção de algumas gramíneas como o milho que apresentam-se arroxeadas, porém as plantas têm seu porte reduzido. Tal como o N o P também está presente na estrutura das membranas celulares (fosfolipídeos), compostos energéticos (ATP, NADH_2 , NADPH_2), ácidos nucleicos (DNA, RNA), e é muito importante para síntese de fotoassimilados em função de sua participação direta nos processos fotossintético e respiratório, além de ser necessário para a fosforilação de diversos compostos orgânicos, como a glicose, frutose, necessários para a síntese de sacarose e sua translocação para suprir a necessidade dos órgãos drenos por energia e carbono.

3.3 Potássio (K)

O K é o segundo elemento mais exigido pelas plantas depois do N, estando presente entre 2% a 5% de sua matéria seca, sendo absorvido na forma de K^+ , e apresentando alta mobilidade. Contrariamente ao N e P, o K não está presente na estrutura do vegetal, atuando diretamente na manutenção do potencial de água das células, ativação enzimática, síntese e transporte de fotoassimilados e nutrientes, balanço do pH intracelular e metabolismo energético. Plantas deficientes em K apresentam o sintoma de clorose que se desenvolvem dos bordos para o interior do limbo foliar ocasionada pelo acúmulo de aminoácidos básicos (ornitina, citrulina e arginina), devido a redução na síntese protéica, e produção de PUTRESCINA, que é um composto fitotóxico.

3.4 Cálcio (Ca)

O Ca é absorvido pelas plantas como Ca^{2+} , constituindo cerca de 0,4% a 4,0% de sua matéria seca. A mobilidade do Ca é muito baixa na planta devido a grande parte do seu conteúdo estar imobilizado nas paredes celulares onde faz parte da camada cimentante, a laméla média, também está presente nas membranas celulares promovendo a ligação entre os grupos carboxílicos das proteínas e fosfato dos lipídeos, importante para sua estrutura e função. Além do papel estrutural, o Ca também atua como mensageiro secundário no metabolismo, ativando a CALMODULINA, que é uma enzima importante na regulação da resposta da planta aos estresses bióticos e abióticos, atuando quando há necessidade da síntese de compostos de defesa química como as fitoalexinas e mecânica como lignina e celulose. Também é importante para a manutenção do pH intracelular, mantendo-o sempre próximo a neutralidade, e assim a atividade das mais diferentes rotas metabólicas do vegetal.

3.5 Magnésio (Mg)

A necessidade de Mg pelas plantas fica entre 0,2% a 0,4%, bem abaixo quando comparado as de Ca, porém deve-se tomar cuidado com seus teores no solo devido as poucas opções adubos e corretivos para sua correção. O Mg é um elemento móvel na planta e seus sintomas se apresentam nas folhas mais velhas como uma clorose internerval na maioria dos vegetais, devido principalmente a sua presença na estrutura da clorofila, que é o primeiro compostos degradado no tecido foliar quando a planta é submetida a condições de estresse térmico e hídrico para a redistribuição do N, necessário para a manutenção dos órgãos mais jovens, porém em algumas espécies como o algodão a clorose pode dar lugar a um avermelhamento foliar. Outras funções importantes do Mg na planta é estar presente no metabolismo energético, sendo necessário para a estabilidade das ligações dos grupos fosfato com os nucleotídeos, formando compostos como o ATP, fosforilação das proteínas, dando caráter funcional e ativo as mesmas, ativação da enzima GS (glutamina

sintetase) que é a primeira enzima na rota da assimilação do N-amoniaco nos vegetais.

3.6 Enxofre (S)

A necessidade por S para a maioria das culturas economicamente importantes é pequena, estando presente de 0,2% a 0,5% na sua massa seca, é absorvido na sua forma oxidada, o sulfato (SO_4^{2-}), apresenta baixa mobilidade na planta que em condição de deficiência a expressão se dá nos órgãos mais jovens, com a redução no seu desenvolvimento e uma clorose uniforme nas folhas. Tal como o N o S por estar presente em 2 aminoácidos protéicos, a metionina e cisteína, está presente tanto na estrutura quanto no metabolismo vegetal. Tanto o metabolismo primário quanto o secundário do vegetal é afetado diretamente pela deficiência do S, começando pela fotossíntese onde o nutriente faz parte da FERREDOXINA, um importante carreador de elétrons na fase fotoquímica, na respiração celular por estar presente em grupos prostéticos de enzimas e coenzimas importantes tanto para a glicólise quanto para o ciclo de Krebs, é responsável pelo caráter funcional de todas as proteínas vegetais por dar estabilidade a estrutura terciária das mesmas, através das pontes de dissulfeto geradas pelas ligações dos grupos sulfidrílicos adjacentes.

Na Figura 3 são apresentados os sintomas visuais de macronutrientes em plantas de soja cultivadas em ambiente controlado e crescidas em solução nutritiva.

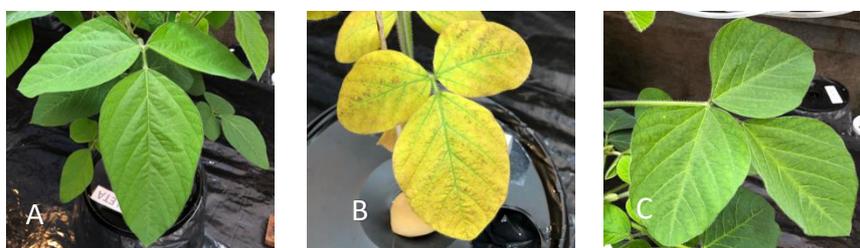




Figura 3 – Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes em plantas de soja. A: Sem deficiência; B: -N; C: -P; D: -K; E: -Ca; F: -Mg; G: -S. Fonte: Gesso – Grupo de Estudos em Solos, UEM (2019).

3.7 Boro (B)

O teor de B nos tecidos vegetais variam entre 6 a 60 mg/kg sendo maior em dicotiledôneas comparado as monocotiledôneas, é absorvido pelas plantas principalmente na forma de ácido bórico (H_3BO_3) não dissociado, podendo também ser na forma do ânion borato. A redistribuição do B na planta é muito baixa, sendo suprido principalmente através do transporte da raiz para a parte aérea via xilema. Os sintomas de deficiência de B ocorrem primeiramente nas regiões de crescimento da planta, ápice de raízes e parte aérea, ocorrendo em virtude de suas funções. Na planta o B é importante para a manutenção da estabilidade das paredes e membranas celulares, síntese de DNA e RNA, de proteínas e açúcares, e regulação dos teores de fenóis e auxinas que em quantidades elevadas são tóxicos.

3.8 Cloro

A demanda por Cl pelas plantas é a maior entre todos os micronutrientes, estando presentes entre 0,002% a 0,02% na massa seca das plantas, sendo absorvido como um ânion (Cl^-) e apresentando alta mobilidade entre seus

órgãos. Dentre as funções o nutriente atua em conjunto com o K^+ , o Cl^- na regulação do potencial de água na planta e na ativação das próton ATPases de membranas do tonoplasto, regulando o influxo e efluxo de solutos dos vacúolos celulares, com o Mn^{2+} atua na fotólise da água e fornecimento de prótons e elétrons para o processo fotossintético. Sintomas de deficiência de Cl^- nas plantas não é comum, sendo relatadas visualmente como murchamento, clorose, bronzeamento das folhas e redução em seu porte.

3.9 Cobre (Cu)

A exigência por Cu pelas plantas é muito baixa, sendo absorvido na forma de Cu^{2+} e estando entre 0,002% a 0,005% em sua matéria seca, sendo pouco móvel e apresentando sintomas de deficiência em órgãos mais jovens. A principal função do Cu^{2+} nas plantas é participar em reações de óxido-redução tanto no processo fotossintético quanto respiratório, pela sua capacidade de alteração de sua valência (Cu^+ reduzido para Cu^{2+} oxidado), além de fazer parte do grupo prostético de diferentes enzimas ligadas ao metabolismo antioxidante, reduzindo a formação de radicais livres na planta e reduzindo os efeitos negativos ocasionados principalmente pelos estresses abióticos sobre a estrutura e metabolismo vegetal. Os sintomas de deficiência de Cu^{2+} são expressos pelo crescimento anormal das folhas, que se encarquilham e ficam salientes (engrossadas), com tonalidade verde escura, porém no campo dificilmente é percebida.

3.10 Ferro (Fe)

O Fe é absorvido pelas plantas principalmente na forma de Fe^{2+} , estando presente em sua matéria seca em concentrações entre 0,005% e 0,025%, apresentando baixa mobilidade em seus tecidos e redistribuição, sendo seus sintomas visualizados principalmente nos órgãos mais jovens, principalmente através de uma clorose uniforme no tecido foliar, similar ao visualizado para N e Mo. Sua importância para a planta é devido a sua capacidade em alterar sua valência (Fe^{2+} reduzido para Fe^{3+} oxidado), participando diretamente em

processos de transferência de energia na planta (fotossíntese e respiração celular), também é necessário para a atividade de enzimas antioxidantes, síntese de clorofila, proteínas e RNAs.

3.11 Manganês (Mn)

Tal como o Cu^{2+} e o Fe^{2+} o Mn é absorvido na forma de Mn^{2+} e está ligado diretamente as reações de óxido redução na planta pela sua capacidade em alteração de sua valência (Mn^{2+} reduzido para Mn^{4+} oxidado), atuando diretamente na fotossíntese e respiração celular. Apresenta baixa mobilidade na planta e compõem de 0,001% a 0,7% a matéria seca dos vegetais. A deficiência do Mn^{2+} é expressa por uma clorose internerval, encarquilhamento e saliência de folhas mais velhas na planta, isso deve-se principalmente ao seu papel conjunto com o Cl⁻ na fotólise da água e efeito direto na capacidade do vegetal em transformar a energia radiante em química, que é reduzida, ocasionando o acúmulo de compostos oxidantes e diminuição na síntese de fotoassimilados e seus derivados diretos. Outras funções estão ligadas ao metabolismo do N, ocasionando acúmulo de nitrato (NO_3^-), atividade auxínica e síntese protéica.

3.12 Molibdênio (Mo)

Independente do vegetal o Mo é o nutriente de menor necessidade estando presente em concentrações menores que 0,00001% em seus tecidos (1 mg/kg de massa seca). É absorvido principalmente na forma de molibdato (MoO_4^{2-}), apresentando baixa mobilidade em seus tecidos, porém seus sintomas de deficiência podem ser visualizados tanto em órgãos mais velhos quanto jovens devido sua influência direta sobre o metabolismo do N, onde está presente na estrutura da enzima redutase do nitrato, responsável pela primeira etapa de transformação do N-nítrico em N-amoniacal nos tecidos vegetais. A deficiência de Mo em plantas é idêntica a de N, como clorose uniforme nas folhas novas e velhas dependendo da intensidade da deficiência, com consequente acúmulo de nitrato em seus tecidos, queda da atividade fotossintética, produção de fotoassimilados, proteínas e ácidos nucléicos.

3.13 Zinco (Zn)

Nos vegetais o nutriente compõe cerca de 0,002% a 0,012% de sua matéria seca, é absorvido como Zn^{2+} e apresenta baixa mobilidade sendo seus sintomas de deficiência expressos sempre em seus órgãos mais jovens, com redução do seu desenvolvimento e até morte dos meristemas apicais, o encurtamento dos entrenós, folhas encarquilhadas e cloróticas. O Zn atua diretamente na ativação de uma série de enzimas ligadas tanto a estrutura quanto ao metabolismo vegetal, dentre elas destacam-se a sintetase do triptofano, importante na rota de síntese da auxina e proteínas, RNA polimerase, responsável pela síntese dos ribossomos, enzimas antioxidantes como a superóxido-dismutase que tem sua atividade dependente também dos teores de Cu e Mn nos tecidos foliares, enzimas carboxilativas como a RUBISCO e PEP-CARBOXILASE, responsáveis pela fixação do CO_2 em plantas C3 e C4.

3.14 Níquel (Ni)

A necessidade do Ni pelas plantas é baixa estando presente entre 0,0002% a 0,0005% em sua matéria seca, é absorvido como Ni^{2+} , apresenta baixa mobilidade e seus sintomas são parecidos com o de outros nutrientes como Mn e Zn onde as folhas apresentam-se principalmente encarquilhadas, necrosadas e cloróticas em situação de deficiência aguda, no entanto sendo estes difíceis de serem visíveis a campo. Na planta o Ni atua diretamente na manutenção dos níveis de URÉIA principalmente nos tecidos foliares, por fazer parte da estrutura da enzima UREASE, assim, plantas deficientes do nutriente apresentam níveis tóxicos de ureia e conseqüente redução da sua atividade metabólica.



Figura 4 – Sintomas visuais de deficiência de micronutrientes em plantas de soja. A: Sem deficiência; B e C: -B; D e E: -Fe; F e G: -Mn.

Fonte: Gesso – Grupo de Estudos em Solos, UEM (2019).



4 Manejo nutricional via foliar

De modo geral o fornecimento via foliar de nutrientes não é recomendado com o objetivo de suprir quantitativamente a demanda dos nutrientes pelas plantas, devido as quantidades exigidas pelas mesmas e a baixa taxa de redistribuição que os mesmos apresentam, sendo o principal objetivo a manutenção do seu equilíbrio metabolismo, reduzindo os efeitos negativos dos estresses abióticos e bióticos que atuam durante todo o ciclo da planta.

Para melhor compreensão na Figura 5 são apresentados os diferentes estádios fenológicos da cultura da soja e sugestões de quais nutrientes podem ser aplicados visando complementar a nutrição da cultura.

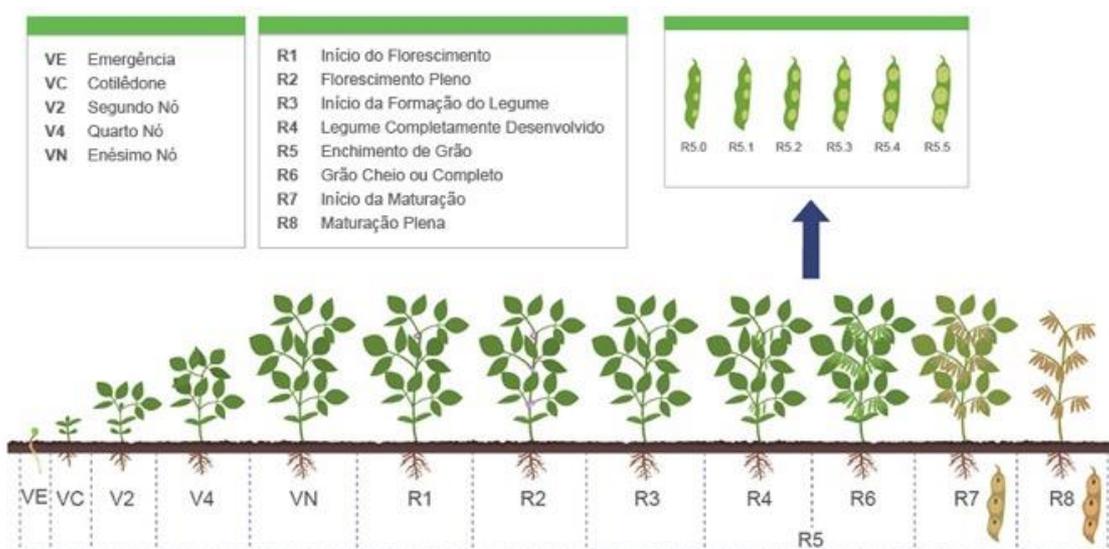


Figura 5 – Esquema demonstrativo dos diferentes estádios fenológicos da cultura da soja. Fonte: <http://www.deprimeirasemduvida.com.br/>

4.1 Estádios Vegetativos

Independente da cultura durante nos estádios vegetativos as plantas apresentam um intenso crescimento, que é determinado diretamente pela sua capacidade de assimilação dos nutrientes, atividade fotossintética e respiratória para a formação de sua estrutura (raízes, ramos e folhas). Neste sentido a complementação foliar de alguns nutrientes são importantes, B, Mo, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn.

4.1.1 Boro

Apesar de ser um micronutriente a complementação foliar do B é uma importante ferramenta de manejo nutricional desde o início do vegetativo visto a sua baixa mobilidade entre os diferentes órgãos da planta. Grande parte dos sintomas de deficiência deste nutriente deve-se ao fato de ser necessário para a síntese da base nitrogenada URACILA, presente nas moléculas de RNAs, influenciando diretamente os processos de divisão celular e expressão das características genéticas. O B também afeta a produção de açúcares e principalmente de sacarose, levando a menor produção de UDP-glicose, um intermediário de sua rota de formação, inibindo tanto sua produção quanto sua

posteriormente redistribuição, ocasionando problemas na formação da estrutura celular (paredes e membranas) e conseqüentemente menor desenvolvimento das regiões meristemáticas que em condições agudas de deficiência não se desenvolvem.

4.1.2 Molibdênio

Ligado diretamente assimilação do nitrato nas folhas, pela ativação da enzima nitrato redutase, necessária para a incorporação do N mineral e sua transformação em N orgânico. É importante salientar que a aplicação foliar de Mo não é substitutiva do seu fornecimento via tratamento de sementes, apresentando funções distintas no vegetal.

4.1.3 Magnésio

Necessário para a incorporação do N-amoniacal e formação dos primeiros compostos orgânicos nitrogenados na planta (glutamina e glutamato), via ativação da enzima glutamina sintetase (GS) e assim dando condição da planta formar todos seus demais compostos nitrogenados necessários.

4.1.4 Cobre, Ferro, Manganês e Zinco

Estes 4 micronutrientes tem em comum atuarem em reações de óxido-redução, transferência de energia, influenciando diretamente os processos fotossintético e respiratório, resultando na menor eficiência da transformação da energia luminosa em química e conseqüentemente reduzindo toda a capacidade do vegetal em absorver, transportar e assimilar os demais nutrientes, em função da diminuição da fixação do CO₂ no tecido foliar.

Outro papel conjunto destes 4 micronutrientes é promoverem a atividade de enzimas do metabolismo oxidativo, importante na detoxicação celular por reduzir a produção e atividade dos radicais livres, bem como promoverem a produção de compostos fenólicos como as fitoalexinas, que atuam como barreiras químicas no interior das células diminuindo o desenvolvimento de

patógenos e a severidade de diferentes doenças, e a lignina que é um importante componente das paredes celulares, conferindo maior rigidez a sua estrutura.

O Cu e o Zn estão ligados diretamente a produção e atividade da auxina, sendo o Zn necessário para a síntese deste fitormônio ligado aos processos de alongamento e manutenção da estrutura das paredes celulares, enquanto o Cu atua mantendo a atividade deste fitormônio em níveis equilibrados, reduzindo problemas com fitotoxicidade.

O Fe está presente em diferentes pontos da rota de produção da clorofila, sendo necessário principalmente para a síntese do ácido delta amino levulínico (ALA), seu precursor direto.

4.2 Estádios reprodutivos

4.2.1 Formação e pegamento de flores

4.2.1.1 Boro

Neste estágio fenológico o B atua primariamente no transporte dos fotoassimilados (sacarose) das folhas para as gemas laterais, propiciando seu bom desenvolvimento e formação, ocasionando maior produção e acúmulo de reservas nos grão de pólen, garantindo sua alta viabilidade, capacidade de germinação, formação do tubo polínico e fecundação dando início a formação das vagens e grãos.

4.2.1.2 Cálcio

O Ca é necessário para que haja a correta formação do tubo polínico em função de sua necessidade para a formação das paredes celulares e manutenção da atividade do plasmalema (membrana celular), garantindo assim o encontro dos gametas masculinos e femininos, e conseqüentemente a fecundação e formação dos órgãos reprodutivos com sucesso.

4.2.2 Formação dos frutos e acúmulo de reservas

Nestes estádios fenológicos em torno de 95% das reservas já foram acumuladas, sendo sua redistribuição das folhas e caules para os órgãos florais em desenvolvimento o principal evento.

Por sua vez a atividade fotossintética começa a declinar normalmente, ocasionando a redistribuição dos elementos de maior demanda metabólica e mobilidade para a formação dos órgãos reprodutivos, o N, P, K e S.

4.2.2.1 Nitrogênio

O N conforme explanado no item 3.1.1 é o nutriente mais demandado pela planta pois atua diretamente na estrutura e metabolismo vegetal, assim quando os órgãos reprodutivos iniciam seu desenvolvimento imediatamente os órgãos fonte, principalmente os tecidos foliares começam a degradar compostos que o contém, como as clorofilas, e translocar esse nutriente para que atue diretamente neste órgão em formação.

Deste modo a complementação do N via foliar neste estágio tem como objetivo em manter a atividade metabólica das folhas por um período maior, resultando na produção de reserva durante esse tempo e assim possibilitando maior acúmulo nos órgãos reprodutivos.

4.2.2.2 Fósforo

O P é um elemento de alta mobilidade na planta sendo redistribuído rapidamente com o início do período reprodutivo, onde é necessário para a fosforilação de diferentes moléculas e formação de intermediários das rotas de produção dos compostos de reserva (carboidratos, proteínas e lipídeos), além de estar presente na estrutura das membranas celulares, ácidos nucleicos, compostos energéticos (ATP, GTP, NADPH).

4.2.2.3 Potássio

Para que os órgãos reprodutivos consigam acumular reservas é necessário que os fotoassimilados cheguem até eles, para isso o K exerce um papel fundamental nos tecidos foliares, estando ligado diretamente a produção dos fotoassimilados e sua translocação. Além disso, o K é rapidamente acumulado no início da formação dos órgãos reprodutivos para reduzir o potencial da água de suas células e capacitando-as a receber os solutos minerais e orgânicos provenientes dos órgãos fonte, que por sua vez serão assimilados e acumulados.

5 Portifólio RANKING x Estádios fenológicos na cultura da soja

Em função da demanda nutricional e fisiológica da cultura da soja alguns produtos do portfólio da RANKING podem ser recomendados com intuito de manter a atividade metabólica das plantas e assim garantir a continuidade do potencial de rendimento do material que está sendo cultivado.

Na Figura 6 seguem alguns exemplos de produtos recomendados conforme o estágio fenológico da cultura, sabendo que além deste podem pontualmente ser recomendados outros produtos em função das condições do ambiente de produção (disponibilidade hídrica, temperatura, radiação, fertilidade do solo e etc.).

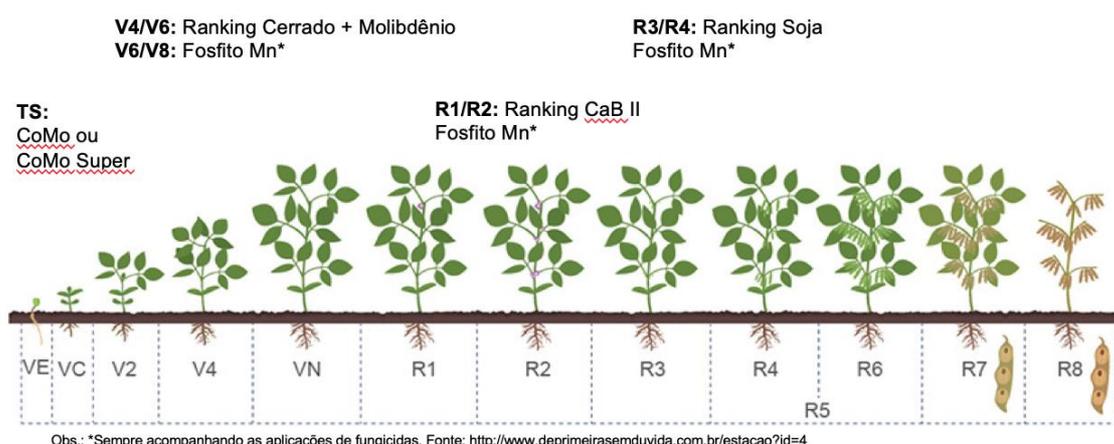


Figura 6 – Sugestão de produtos RANKING para serem aplicados nos diferentes estádios fenológicos da cultura da soja.

Algumas observações devem ser consideradas:

- 1 – Os fosfitos devem ser aplicados sempre conjuntamente com os fungicidas, como ferramenta complementar no manejo de doenças e nunca a principal, sendo sua melhor resposta em sobre as manchas foliares.
- 2 – A aplicação do Ranking Cerrado substitui o fornecimento de produtos a base somente de Mn, em virtude do glifosato afetar não somente este nutriente.
- 3 – A aplicação de Mo foliar não substitui o fornecimento de CoMo via tratamento de sementes (TS), pois seus objetivos são distintos, TS = fixação biológica do N, foliar = metabolismo do N na folha.
- 4 – As melhores respostas de fornecimento de Ca e B são via solo, porém como são elementos de baixa mobilidade na planta e dependentes diretamente de sua absorção via raiz e transporte para parte aérea via xilema, em caso de altas temperaturas e baixa disponibilidade de água pode-se obter resposta positiva as aplicações foliares no pré-florescimento (R1), extendendo seu efeito até o florescimento pleno (R2).
- 5 – O Ranking Soja é recomendado sua aplicação entre os estádios R3/R4 em função de sua composição contendo N, P e K que são os principais nutrientes translocados das folhas para as vagens para a formação dos grãos, sendo essa aplicação recomendada com o objetivo de reduzir a necessidade da redistribuição e principalmente manutenção da atividade fotossintética das folhas por um período maior, mantendo a produção de fotoassimilados.

5.1 Considerações Finais

1 – O manejo nutricional foliar tem como objetivo corrigir ou prevenir o aparecimento de sintomas de deficiência nas culturas, de maneira nenhuma sendo utilizado para suprir a demanda quantitativa nem dos macros ou micronutrientes.

2 – Mesmo em condições de alta fertilidade do solo as aplicações foliares podem ser realizadas em virtude dos problemas que podem afetar a capacidade da planta em absorver os nutrientes via raiz, como exemplo condições de déficit hídrico, altas ou baixas temperaturas, compactação, presença de pragas e patógenos.

3 – As recomendações de quais nutrientes serão fornecidos deve ser realizada sempre através do diagnóstico da condição nutricional da cultura, utilizando dados referentes a análise do solo da área, análise química e visual das plantas.

