

CLAIR APARECIDA VIECELLI

***GUIA DE
DEFICIÊNCIAS
NUTRICIONAIS
EM PLANTAS***

1ª EDIÇÃO | 2017



PUCPR

Câmpus Toledo

GRUPO MARISTA

Pós Graduação em Ciência do Solo

G943 Guia de deficiências nutricionais em plantas /
Clair Aparecida Viecelli (organizadora). – Toledo, PR:
PUCPR Câmpus Toledo / Grupo Marista, 2017.
ASSOESTE, 2017.

112 p

Vários autores
Inclui bibliografia

1. Minerais. 2. Feijão. 3. Milho. 4. Soja. 5. Plantas – Efeito dos minerais. 6. Plantas - Nutrição. I. Viecelli, Clair Aparecida.

ISBN: 978-85-99994-78-8

CDD 20. ed. – 581.1335

Bibliotecária - Kely Comin - CRB 1177

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

Sintomas de Deficiências Nutricionais em Culturas Agrícolas..... 05

*Alfredo Richart
Harlei Spielmann Kotz*

CAPÍTULO II

Sintomas de Deficiência de Cálcio (Ca)..... 50

*Clair Aparecida Viecelli
Diego Tatim
Gustavo Kevyn Rauber
Lucas Tejaba Mombach
Nelson Pagno Moreira
Rodrigo Ruaro Cecluski*

CAPÍTULO III

Sintomas de Deficiência do Ferro (Fe)..... 55

*Clair Aparecida Viecelli
Fernando Ertel
Gustavo Kevyn Rauber
Lucas Tejaba Mombach
Marcio André Ruediger
Moisés Scheifiter de Ramos*

CAPÍTULO IV

Sintomas de Deficiência de Potássio (K)..... 60

*Adalto Belice Alves
Clair Aparecida Viecelli
Fernando Salvi Paludo
Nelson Pagno Moreira
Osmar Rohr*

CAPÍTULO V

Sintomas de Deficiência de Magnésio (Mg)..... 67

*Clair Aparecida Viecelli
Emerson de Lima
Gustavo Kevyn Rauber
Jardel Bressiani
Lucas Tejaba Mombach
Nelson Pagno Moreira*

CAPÍTULO VI

Sintomas de Deficiência de Nitrogênio (N)..... 71

*Clair Aparecida Viecelli
Gustavo Kevyn Rauber
Larri Magagnin
Lucas Tejaba Mombach
Robson Domingos Krüger Dechechi*

CAPÍTULO VII

Sintomas de Deficiência do Fósforo (P) 76

*Clair Aparecida Viecelli
Felipe Augusto Perin
Fernando Luiz Schneider
Jonatan Rector
Nelson Pagno Moreira*

CAPÍTULO VIII

Sintomas de Deficiência do Enxofre (S)..... 82

*Alexsandro Leonardo Schneider
Gustavo Kevyn Rauber
Lucas Tejaba Mombach
Regis Tomé Vogt*

Comparativo dos sintomas visuais na cultura do milho..... 87

Comparativo dos sintomas visuais na cultura do soja..... 94

Comparativo dos sintomas visuais na cultura do feijão..... 101

Sintomas de Deficiências Nutricionais em Culturas Agrícolas

Alfredo Richart
Harlei Spielmann Kotz

Introdução

O maior desafio para a agricultura nas próximas décadas será o de satisfazer a crescente demanda mundial de alimentos de forma sustentável. Portanto, há necessidade de se produzir mais alimentos para alimentar a crescente população. A fim de alcançar esta tarefa árdua, existem duas opções antes de nós. A primeira opção é trazer mais terra cultivada e a segunda opção é aumentar a produção por unidade de área cultivada adotando o cultivo intensivo. Devido à contínua demanda crescente de terras por outras atividades de desenvolvimento, o escopo para aumentar a área cultivada é limitado. Por conseguinte, deve ser dada maior atenção ao aumento da produção por unidade de superfície de terras cultivadas através da utilização exaustiva dos fatores de produção agrícola.

A baixa fertilidade do solo e o manejo inadequado dos nutrien-

tes das plantas agravaram ainda mais o problema. Grandes aumentos de produtividade não podem ser alcançados sem garantir que as plantas sejam fornecidas com nutrição adequada e equilibrada. Os solos são a reserva da maioria dos nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a forma como os nutrientes são geridos terá um grande impacto no crescimento das plantas, na fertilidade do solo e na sustentabilidade agrícola. O crescimento da planta é considerado o resultado de um processo complexo pelo qual a planta sintetiza alimentos usando energia solar, dióxido de carbono, água e nutrientes do solo.

As plantas exigem uma série de elementos para o seu crescimento normal e desenvolvimento. Quase 90 elementos são absorvidos por plantas, mas nem todos são essenciais, os quais são divididos em macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são encontrados e necessários em plantas em quantidades relativamente maiores do que micronutrientes. O conteúdo de um macronutriente no tecido vegetal pode ser mil vezes maior do que o conteúdo de um micronutriente. Estes incluem carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Os elementos C, H e H constituem 90 – 95% do peso da matéria seca da planta e os restantes seis macronutrientes são subdivididos em nutrientes primários (N, P e K) e secundários (Ca, Mg e S).

Os macronutrientes primários são os principais constituintes dos adubos comerciais que são usados em grandes quantidades para corrigir suas grandes deficiências. Já os macronutrientes secundários são necessários em quantidades moderadas pelas plantas, as suas deficiências estão localizadas e podem ser suplementadas através dos transportadores dos nutrientes primários.

Os micronutrientes são requeridos pelas plantas em quantida-

des relativamente pequenas, mas são tão essenciais quanto os macronutrientes. Estes elementos são também conhecidos como oligoelementos. Eles são ainda classificados em micronutrientes catiônicos (ferro, manganês, níquel, zinco e cobre) e micronutrientes aniônicos (boro, molibdênio e cloro).

A identificação de deficiências nutricionais de culturas agrícolas em condições de campo por meio de sintomas visuais é difícil até hoje. As condições ambientais, estádios de crescimento, tipos de espécies ou variedades de plantas e muitas outras interações podem causar variações nos sintomas de deficiência visual. Em culturas como soja, milho e feijão, os sintomas visuais não devem ser a única base de qualquer conclusão ao identificar um problema de deficiência de nutrientes em condições de campo.

Os sintomas visuais devem ser utilizados com outras ferramentas de identificação, tais como análise de plantas, análises de solo, etc. Se os tratamentos são feitos com base no diagnóstico visual, os tratamentos devem ser aplicados primeiro em uma pequena faixa da cultura para evitar qualquer perda possível de diagnóstico incorreto.

As recomendações de diagnóstico apresentadas neste capítulo são bastante generalizadas para sugerir apenas uma linha de avaliação, pois, há recomendações específicas de identificação de sintomas de deficiência de cada um dos 14 nutrientes essenciais, as quais devem ser extraídas de recomendações para cada cultura, pois a disponibilidade de insumos e os métodos de aplicação podem variar de um lugar para outro. Tentaremos o nosso melhor para simplificar a identificação de deficiência de nutrientes, fornecendo imagens de nosso experimento com solução nutritiva completa e deficiência de elementos minerais aplicados nas culturas da soja, milho e feijão.

Características dos Macro e Micronutrientes

Mobilidade no Solo

O movimento de nutrientes no solo varia muito e influencia grandemente a sua disponibilidade para as plantas. O conhecimento sobre a mobilidade de nutrientes no solo é muito importante do ponto de vista da disponibilidade de nutrientes ao decidir os métodos, tempo e frequência das fontes de nutrientes. Com base na sua mobilidade no solo, os nutrientes podem ser categorizados como: móveis, parcialmente móveis e imóveis.

Os nutrientes móveis são altamente solúveis e sua grande fração é encontrada na solução do solo. Devido à sua alta mobilidade, tornam-se prontamente disponíveis para as plantas e podem ser perdidos por lixiviação (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- e H_3BO_3^-). Por outro lado, os menos móveis, também são solúveis, mas são encontrados em menor quantidade na solução do solo como eles são adsorvidos em complexos de argila e facilmente ser liberado na solução do solo. Sua disponibilidade para plantas é moderada (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e MoO_4^{2-}). Quanto aos nutrientes imóveis, estes nutrientes são muito fortemente mantidos pelas partículas do solo e não são facilmente liberados na solução do solo. Portanto, a disponibilidade para plantas é baixa (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , HPO_4^{2-} e H_2PO_4^-).

Funções dos Nutrientes nas Plantas

Carbono, hidrogênio e oxigênio (C, H e O)

Carbono, hidrogênio e oxigênio constituem cerca de 90-95% da matéria seca da planta. Eles são constituintes de componentes orgânicos em plantas e estão envolvidos em muitos processos enzimáticos. O carbono e o oxigênio participam principalmente como componentes do grupo carboxílico; hidrogênio e oxigênio estão envolvidos nos processos de oxidação-redução. O carbono é absorvido na forma de CO_2 da atmosfera e possivelmente na forma de HCO_3^- a partir da solução do solo. O carbono é assimilado pelas plantas como CO_2 no processo de carboxilação. O hidrogênio é absorvido na forma de água da solução do solo. Durante a fotossíntese, H_2O é reduzido a H, que passa então através de uma série de passos e é transferido para um composto orgânico resultando na redução de NADP^+ numa forma reduzida (NADPH). Esta coenzima é muito importante nos processos de oxidação-redução em que H pode ser transferido para um grande número de compostos.

Nitrogênio (N)

A absorção de N pela planta ocorre na forma de íons nitrato (NO_3^-) ou íons amônio (NH_4^+) da solução do solo ou como amônia (NH_3) ou N gasoso (N_2) da atmosfera. A fixação do N_2 molecular atmosférico é dependente da presença de microrganismos específicos de fixação do N em associação simbiótica com plantas superiores. O

teor total de N varia de 2 a 4% na matéria seca da planta. O N é um constituinte essencial de aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleotídeos e clorofila. Promove um crescimento rápido, também está envolvido em processos enzimáticos porque todas as enzimas e coenzimas que contêm N. Ambas as formas de NH_4^+ e NO_3^- podem ser absorvidas e metabolizadas por plantas. O NO_3^- é assimilado pelos processos de redução e aaminação, bem como, o NH_4^+ também é assimilado pelo processo de aaminação.

A absorção formas NO_3^- e NH_4^+ são muito sensíveis ao pH. A melhor absorção de NH_4^+ ocorre em condições neutras, enquanto a rápida absorção de NO_3^- ocorre a baixos valores de pH. A absorção de NO_3^- a valores de pH elevados pode ser reduzida devido ao efeito competitivo com íons hidroxila (OH^-). Quase todo o NH_4^+ é absorvido e assimilado nos tecidos radiculares e redistribuído como aminoácidos. O NO_3^- pode ser translocado como tal para as partes superiores da planta, mas isto depende do potencial de redução de nitrato das raízes. Assim, nitrato e aminoácidos são as principais formas nas quais o N é translocado no sistema vascular de plantas. O NO_3^- pode também contribuir para a manutenção do equilíbrio de catiônico e osmorregulação.

Fósforo (P)

As raízes das plantas absorvem o P da solução do solo, mesmo com concentrações muito baixas de P. A absorção de P pela planta ocorre na forma de íons HPO_4^{2-} e H_2PO_4^- da solução do solo. O íon HPO_4^{2-} domina em solos calcários enquanto o íon H_2PO_4^- domina em solos ácidos. O fosfato é assim absorvido pelas raízes das plantas

contra um gradiente de concentração muito alto. A absorção de P é considerada mediada pelo cotransporte com H^+ . O P absorvido é rapidamente envolvido nos processos metabólicos, bem como o P é facilmente móvel nas plantas e pode ser translocado via xilema e floema.

O P é um constituinte essencial do trifosfato de adenosina (ATP), nucleotídeos, ácidos nucleicos e fosfolipídios. Suas principais funções estão no armazenamento e transferência de energia e na manutenção da integridade da membrana. O ATP é o composto mais importante, no qual os grupos fosfato estão ligados por ligações pirofosfato. Os nucleotídeos trifosfatos também estão envolvidos na síntese de RNA e DNA. Nos ácidos nucleicos, os grupos fosfato atuam para ligar o RNA ou o DNA com outro RNA ou DNA por duas ligações éster. O DNA é o portador de informações genéticas de uma geração para outra enquanto que o RNA está envolvido na síntese protéica. Os fosfatos nucleicos dominam no núcleo, os fosfolipídios nos cloroplastos, os fosfatos de açúcar no citoplasma e os fosfatos inorgânicos no vacúolo. A fitina é também um composto de P orgânico que ocorre nas sementes.

Potássio (K)

O potássio sob a forma do íon K^+ pode ser facilmente absorvido pelas raízes das plantas a partir da solução do solo. A concentração de K^+ na solução do solo controla a taxa de difusão de K^+ para as raízes das plantas e também a absorção de K^+ . O potássio é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais e também o íon mais importante no que se refere às suas funções fisiológicas e biológicas. A alta per-

meabilidade das membranas das plantas ao K^+ resulta em sua extrema mobilidade em toda a planta. Esta característica única é importante para vários processos fisiológicos, como o crescimento meristemático, fotossíntese, estado da água e translocação de fotossintatos que são influenciados pela concentração de K^+ em plantas.

O potássio aumenta a área foliar e o teor de clorofila, retarda a senescência foliar e, portanto, contribui para maior fotossíntese do dossel e crescimento da cultura. O potássio controla a perda de água das plantas, já que o íon K^+ desempenha um papel crucial na abertura e fechamento dos estômatos. A maior absorção de potássio resulta na acumulação de íons K^+ em concentrações apreciáveis em células de guarda. O potássio desempenha um papel crucial na translocação de fotossintatos e também promove a mobilização de material armazenado. A ativação de vários sistemas enzimáticos na planta também é influenciada pelo íon K^+ .

Cálcio (Ca)

O teor de cálcio em plantas varia geralmente entre 0,5 e 3,0% na matéria seca da planta. A absorção de cálcio ocorre na forma de íons Ca^{2+} da solução do solo. O cálcio pode ser absorvido apenas na região da coifa de raízes jovens. A presença de outros cátions como K^+ e NH_4^+ na solução do solo suprime a absorção de cálcio pelas raízes das plantas. O cálcio desempenha um papel muito importante no alongamento das células e na divisão celular. O cálcio é um constituinte dos pectatos de cálcio, que são constituintes importantes da parede celular que também estão envolvidos na manutenção de biomembranas.

O cálcio é importante para manter a integridade da parede celular, é um ativador enzimático e é necessário para a osmorregulação e para a manutenção do equilíbrio catiônico-aniônico nas células.

Magnésio (Mg)

O magnésio na forma do íon Mg^{2+} pode ser absorvido pelas raízes das plantas a partir da solução do solo. A concentração de Mg^{2+} na solução do solo é superior à de K^+ , mas a taxa de absorção de Mg^{2+} é muito inferior à taxa de absorção de K^+ . A menor taxa de absorção de Mg^{2+} pode ser atribuída à falta de um mecanismo especial de absorção para o transporte de Mg^{2+} através da membrana plasmática. A absorção de Mg^{2+} pode ser largamente reduzida por um excesso de outros cátions, especialmente de K^+ e NH_4^+ . A translocação do Mg^{2+} das raízes para as partes superiores da planta também pode ser restringida pelos íons K^+ e Ca^{2+} . O magnésio ativa várias enzimas, é um constituinte da clorofila, ligado por ligação de coordenação na molécula da clorofila. Assim, está envolvido na assimilação de CO_2 e na síntese protéica. O magnésio também regula o pH celular e o equilíbrio entre ânions e catiônicos.

Enxofre (S)

O teor total de enxofre varia de 0,2 a 0,5% na matéria seca da planta. As plantas absorvem o enxofre principalmente na forma de íons SO_4^{2-} da solução do solo. Outros nutrientes de plantas dificilmente afetam a absorção de SO_4^{2-} ; contudo, o selênio reduz substancial-

mente a absorção de SO_4^{2-} . As plantas também podem absorver SO_2 da atmosfera através dos estômatos. O enxofre é um constituinte de componentes orgânicos e também está envolvido em processos enzimáticos. O SO_4^{2-} absorvido é reduzido na planta e depois é facilmente incorporado numa molécula orgânica.

O enxofre é um constituinte de aminoácidos essenciais (cisteína, metionina e cistina) envolvidos na produção de clorofila, portanto é necessário para a síntese protéica e função estrutura da planta. É também um constituinte das coenzimas necessárias para a síntese de proteínas. O enxofre está contido nas moléculas de tiamina e biotina, ambas envolvidas no metabolismo dos carboidratos. O enxofre também está envolvido em algumas reações de oxidação-redução.

O enxofre desempenha um papel importante na formação de ligações bissulfeto entre cadeias polipeptídicas e assim estabiliza a estrutura polipeptídica. Ferredoxinas são também um importante grupo de compostos contendo enxofre que estão envolvidos na fotossíntese. Várias espécies de plantas contêm pequenas quantidades de compostos de enxofre voláteis, principalmente sob a forma de bissulfetos ou polipeptídios.

Cobre (Cu)

O teor de cobre na maioria das plantas é muito baixo e geralmente varia de 2 a 20 ppm na matéria seca da planta. A absorção de cobre a partir da solução do solo ocorre na forma de íons Cu^{2+} , podendo ser inibida fortemente pela absorção do zinco. O cobre não é facilmente móvel na planta, embora possa ser translocado das folhas

inferiores para as superiores. Ela desempenha um papel fundamental nos seguintes processos: metabolismo de nitrogênio, proteínas e hormônios; fotossíntese e respiração; e formação de pólen.

Em virtude da sua capacidade de sofrer uma alteração de valência, o cobre ligado enzimaticamente participa nas reações de oxidação-redução. O cobre está envolvido em numerosas enzimas, sendo as mais importantes enzimas contendo cobre na plastocianina, superóxido dismutase e amina oxidases. Outras proteínas contendo cobre são enzimas como fenolase e lacase, que estão envolvidas na síntese de lignina. As aminas oxidases são também proteínas de cobre que catalisam as desaminações oxidativas.

Ferro (Fe)

O ferro no solo deve ser reduzido antes que possa ser levado para a célula de raiz. O ferro pode ser encontrado na forma iônica ou como quelatos no espaço livre aparente de Donnan. A redução do ferro (Fe^{3+}) em formas ferrosos (Fe^{2+}), resultando na dissolução do complexo quelato e subsequentemente os íons Fe^{2+} podem ser absorvidos pelas raízes das plantas. A absorção de ferro é significativamente influenciada pela presença de Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Zn^{2+} . O ferro não é facilmente transferido para partes mais jovens das plantas e o citrato férrico parece ser a forma principal na qual o ferro se transloca no xilema.

As duas características importantes do ferro são a sua capacidade de sofrer uma mudança de valência e sua tendência para formar complexos com quelatos. Eles fornecem oportunidade de envolver o

ferro em inúmeros processos fisiológicos. A função mais conhecida do ferro é em sistemas enzimáticos em grupos protéticos, onde o ferro desempenha um papel um pouco semelhante ao magnésio na estrutura porfirina de clorofilas. Os sistemas de enzimáticos incluem catalases, peroxidases, citocromo oxidase e vários citocromos. As proteínas ferro-enxofre desempenham um papel importante nas reações redox. A ferredoxina funciona como um sistema redox na fotossíntese, na redução do nitrito, na redução do sulfato e na assimilação do nitrogênio.

Manganês (Mn)

A fração mais importante de manganês na solução do solo ocorre como íons Mn^{2+} e é importante na nutrição da planta. Além da forma Mn^{2+} , as outras formas facilmente reduzidas de manganês também contribuem com apreço para a nutrição das plantas. A disponibilidade de manganês na solução do solo é influenciada pelas reações de oxidação-redução no solo. As plantas absorvem o manganês na forma de íons Mn^{2+} e a absorção é metabolicamente mediada. A presença de outras espécies de cátions na solução do solo influencia a disponibilidade de manganês, particularmente o magnésio reduz a absorção de manganês pelas plantas. Manganês é um elemento imóvel que não é retranslocável em plantas.

O manganês e magnésio se assemelham uns aos outros nas suas funções bioquímicas, uma vez que ambos os íons estão envolvidos na ligação de ATP com complexos enzimáticos tais como fosfoquinas e fosfotransferases. O manganês também ativa as enzimas de descarboxilação e desidrogenase no ciclo do ácido tricarbóxico, mas na maio-

ria dos casos não é específico para estas enzimas e pode ser substituído por magnésio. O manganês está envolvido em reações redox dentro do sistema de transporte de elétrons fotossintéticos em plantas. Na fotossíntese, a deficiência de manganês perturba seriamente a cadeia de transporte de elétrons na reação ativada pela luz.

Zinco (Zn)

O teor de zinco encontrado na maioria das plantas é baixo, geralmente até 100 ppm na matéria seca da planta. A absorção de zinco da solução do solo ocorre na forma de íons Zn^{2+} . O zinco é essencial para vários processos bioquímicos na planta, tais como síntese de citocromo e nucleotídeo, metabolismo de auxina, produção de clorofila, e a manutenção das membranas. A enzima de anidrase carbônica é especificamente ativada pelo íon Zn^{2+} . Outras enzimas como a desidrogenase de álcool, a superóxido dismutase e a polimerase de RNA também contêm zinco ligado.

Níquel (Ni)

O níquel (Ni) é um micronutriente catiônico componente comum das rochas ígneas e é um dos elementos mais recentemente identificado como essencial para as plantas. Ele é absorvido na forma de cátion divalente (Ni^{2+}), com uma concentração na solução do solo muito pequena. Em solos onde ocorrem serpentinas corre-se o risco de ocorrer toxicidade. Atua no metabolismo do N, principalmente quase é

realizada a adubação com ureia ou com seus derivados (via foliar), aumenta a atividade da urease foliar, impedindo a acumulação de teores tóxicos de ureia, atua no crescimento, metabolismo, envelhecimento e absorção de ferro (Fe) pelas plantas bem como, tem papel importante na resistência das plantas a doenças.

Boro (B)

O boro está presente principalmente numa forma não dissociada na solução do solo. A absorção de boro ocorre na forma de H_3BO_3 . O boro é considerado relativamente imóvel nas plantas. Não é um componente de enzimas ao contrário de muitos outros nutrientes essenciais. Boro desempenha um papel importante no metabolismo de ácidos nucleicos, metabolismo de proteínas, fotossíntese, biossíntese de carboidratos e na estabilidade da membrana celular. A uracila é um componente essencial do RNA e, na sua ausência, os ribossomos não podem ser formados, o que afeta a síntese de proteínas. O boro está muito intimamente envolvido na síntese de uracila. Nos tecidos meristemáticos, a síntese de proteínas, síntese de RNA e formação de ribose são processos muito importantes que são influenciados pelo boro e, portanto, o teor de boro afeta o crescimento meristemático.

Cloro (Cl)

O cloro é absorvido pelas plantas em quantidades apreciáveis na forma de íons Cl^- da solução do solo. A absorção é metabolicamente

controlada e é sensível a ambas as variações de temperatura e inibidores metabólicos. Na fotossíntese, o cloro é um cofator essencial para a ativação da enzima responsáveis pela quebra da molécula de água e liberação de elétrons associados ao fotossistema II.

Em algumas espécies de plantas, o íon Cl^- tem um efeito sobre a regulação estomática das células de guarda que, por sua vez, indiretamente influencia a fotossíntese. A estimulação da ATPase localizada no tonoplasto, provocada especificamente pelos íons Cl^- . A ATPase funciona provavelmente como uma bomba H^+ que transporta os íons H^+ e Cl^- do citoplasma para o vacúolo e mantém o citoplasma a um pH maior que o vacúolo. Em virtude de ser bioquimicamente inerte, Cl^- tem a capacidade de desempenhar papéis osmóticos e de neutralização de cátions.

Molibdênio (Mo)

O molibdênio é absorvido pelas plantas na forma de íons MoO_4^{2-} da solução do solo. A absorção de molibdênio pode ser reduzida pela presença de íons sulfato. O molibdênio possivelmente se transloca sob a forma de complexos de aminoácidos, molibdênio-enxofre ou molibdato com açúcares. A mobilidade do molibdênio em plantas é considerada apenas moderada. O teor de molibdênio na maioria das plantas é geralmente baixo e é inferior a 1 ppm na matéria seca da planta. Diversas enzimas incluindo nitrogenases, nitrato redutase, xantina desidrogenase, aldeído oxidase e possivelmente sulfito oxidase são importantes para as plantas. Devido ao seu envolvimento nos processos de fixação de N_2 , redução de nitrato e transporte de compostos

nitrogenados em plantas, o molibdênio desempenha um papel crucial no metabolismo do N das plantas.

SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS EM CEREAIS

Cultura do Milho

Deficiência de nitrogênio (N)

As plantas deficientes em nitrogênio são atrofiadas com hastes estreitas e finas e folhas verde-amarelas. O nitrogênio é móvel em plantas e sob condições de suprimento menor é facilmente mobilizado de folhas mais velhas para folhas mais jovens. Os sintomas de deficiência aparecem primeiro e tornam-se mais severos em folhas mais velhas. Se a deficiência ocorre durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, toda a planta aparece uniformemente verde pálido para amarelo.

Em fases posteriores da colheita, folhas mais velhas ficam amarelo pálido enquanto folhas jovens permanecem verdes. Se a deficiência persistir ou ocorrer em um estágio de cultura mais maduro, uma clorose amarela pálida se desenvolve na ponta das folhas velhas e avança em direção à base da folha ao longo da nervura central em um padrão em forma de V (o sintoma específico da deficiência de nitrogênio em milho). Em plantas maduras, folhas verdes pálidas, folhas amarelas pálidas a castanhas claras e folhas secas velhas podem apa-

recer simultaneamente.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: ocorre uma deficiência leve, toda a planta aparece uniformemente de cor verde claro;

Estágio II: Se a deficiência se torna grave, uma clorose amarela pálida começa na ponta das folhas velhas e prossegue para a base ao longo da nervura central em um padrão em forma de V;

Estágio III: A necrose castanha inicia-se a partir da ponta da folha e prossegue em direção à base foliar;

Estágio IV: As folhas mais velhas afetadas tornam-se castanhas pálidas e morrem.

Deficiência de fósforo (P)

As plantas com deficiência de P parecem atrofiadas, finas e esgrouinhadas, com folhas verdes escuras. O número e o tamanho dos estômatos nas folhas são diminuídos. O crescimento da raiz é drasticamente reduzido. O P é móvel nas plantas e, em condições de remobilização, é facilmente mobilizado de folhas mais velhas para folhas mais jovens. Os sintomas de deficiência aparecem primeiro e tornam-se mais severos em folhas mais velhas, enquanto as folhas jovens normalmente permanecem normais. As folhas velhas desenvolvem um verde escuro característico à coloração verde azulada.

Sob condições severas de deficiência, as cores púrpuras ou púrpura-vermelhas se desenvolvem em folhas verdes mais velhas. Púrpura geralmente começa a partir das margens de folhas mais velhas. Em

condições de deficiência aguda ou em condições da estação de inverno, o purpamento pode cobrir toda a planta. Na fase mais avançada, as folhas afetadas queimam e morrem.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Em condições de deficiência leve, uma cor verde-escura a azulada se desenvolve em folhas mais velhas.

Estágio II: Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, desenvolve-se uma cor púrpura ou roxo-púrpura nas margens das folhas velhas, geralmente começando na ponta da folha e prosseguindo em direção à base.

Estágio III: À medida que os sintomas avançam, toda a folha torna-se vermelha ou marrom-púrpura.

Estágio IV: Em condições de deficiência aguda, desenvolve-se uma necrose castanha na ponta das folhas e procede ao longo das margens em direção à base.

Deficiência de potássio (K)

A deficiência de K provoca o encurtamento dos entrenós e as plantas com uma perda geral da cor verde-escura da folha. O K move-se facilmente de folhas velhas para folhas jovens, portanto os sintomas de deficiência aparecem primeiro em folhas velhas. As folhas mais jovens crescendo ativamente extraem o K das partes velhas da planta, conseqüentemente as folhas novas permanecem geralmente verdes e aparentemente saudáveis.

Os sintomas começam como uma clorose amarela pálida na

ponta das folhas velhas que cobrem o tecido marginal. A clorose é seguida de necrose castanho pálido e tanto a clorose como a necrose avançam para a margem em direção à base. A clorose marginal e a necrose das folhas mais velhas são os sintomas específicos da deficiência de K. Em condições de deficiência grave, proeminentes faixas vermelhas se desenvolvem no tronco inferior e nas bainhas foliares.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Deficiência leve de K provoca crescimento atrofiado, hastes finas e folhas verde pálida.

Estágio II: Quando a deficiência persiste e se torna mais grave, a clorose marginal desenvolve-se em folhas mais velhas a partir das pontas das folhas.

Fase III: A clorose é seguida por necrose castanho pálido. Tanto a clorose como a necrose, avançam pelas margens em direção à base.

Estágio IV: Em condições de deficiência aguda, as folhas inferiores afetadas queimam e morrem.

Deficiência de cálcio (Ca)

A deficiência de Ca no milho pode destruir toda a planta de milho, as quais quando deficientes em Ca são muito atrofiadas com folha distorcida, rasgada e irregular. As plantas deficientes em Ca desenvolvem bordas distorcidas, mas se a deficiência for severa, as plantas de milho não crescem e morrem antes da maturidade. O Ca é imobilizado em plantas e, em condições de suprimento curto, não é facilmente mobilizado de folhas mais velhas para folhas mais jovens.

Os sintomas de deficiência aparecem primeiro e mais severamente nas folhas mais jovens. Os sintomas de deficiência de Ca começam com lesões internervais amarelas a brancas em folhas jovens. Se a deficiência persistir e se tornar mais severa, as novas folhas emergentes deixam de se desenrolar e fazer uma estrutura de tipo “bull-whip-like”. À medida que os sintomas avançam, as novas folhas desenvolvem buracos na lâmina. As folhas rasgadas e malformadas dão à planta uma aparência áspera. Em condições de deficiência aguda, as pontas das folhas mais jovens são coladas e não se separam do verticilo. Isto dá à planta uma aparência “semelhante a uma escada”.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: No estágio inicial de deficiência, as folhas jovens ficam verde pálido e, em seguida, desenvolvem lesões amarelas a brancas nos tecidos internervais. As lesões amarelas a brancas tornam-se alargadas e a lâmina se rasga facilmente destas áreas.

Estágio II: Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, as folhas mais jovens permanecerão enroladas e farão uma estrutura tipo “toureiro”.

Estágio III: À medida que os sintomas avançam, as novas folhas desenvolvem orifícios na lâmina. As folhas rasgadas e malformadas dão à planta uma aparência áspera.

Estágio IV: Em condições de deficiência aguda, as pontas das folhas são coladas, causando uma aparência semelhante a uma escada.

Deficiência de magnésio (Mg)

As plantas de milho deficientes em Mg são atrofiadas com hastas finas e espinhosas e folhas verde pálida com folhas inferiores castanhas de ferrugem. A deficiência de Mg pode causar perdas severas nos rendimentos das culturas, uma vez que as plantas deficientes têm tamanho reduzido de grão. O Mg é móvel em plantas e, em condições de suprimento baixo, é facilmente mobilizado de folhas mais velhas para folhas mais jovens. Os sintomas de deficiência aparecem primeiro e mais severamente em folhas mais velhas.

Os sintomas de deficiência começam com uma clorose internerval amarela pálida na parte média das folhas mais velhas. À medida que os sintomas avançam, a clorose internerval prossegue para a ponta e base da folha, cobrindo em última instância a folha inteira. As folhas mais jovens geralmente permanecem inalteradas e aparentemente saudáveis. Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, os sintomas avançam para as folhas superiores e faixas marrom-ferrugem aparecem nas folhas mais velhas afetadas. Em estádios avançados, o tecido internerval morre e aparece como faixas necróticas esbranquiçadas a castanhas nas áreas internavais da folha. As folhas mais velhas afetadas eventualmente queimam e morrem.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: No estágio inicial de deficiência, as folhas ficam verde pálido e as folhas mais velhas desenvolvem clorose internerval amarela pálida.

Estágio II: Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, faixas marrom-ferrugem se desenvolvem nas folhas mais velhas.

Estágio III: À medida que os sintomas avançam, o tecido inter-nerval morre e aparece como faixas necróticas esbranquiçadas a castanhas nas folhas afetadas.

Estágio IV: Em condições de deficiência aguda, as folhas velhas necrosam e caem.

Deficiência de enxofre (S)

As plantas de milho deficientes em enxofre são atrofiadas com folhas verde pálido a amarelo. As plantas deficientes não têm vigor e resultando em rendimentos de culturas pobres. A aplicação de N não funciona se o S for deficiente em uma cultura de milho. Uma parte de S é necessária para cerca de 15 partes de N. Em deficiências de S leves durante o estágio jovem da colheita, toda a planta fica de verde pálido a amarelo-verde. Nesta fase inicial, os sintomas de deficiência de S são muitas vezes confundidos com os causados pela deficiência de N. É necessária uma observação atenta para ver se as folhas mais velhas são mais verde escuro e as mais jovens mais pálidas (caso de deficiência de S) ou as folhas mais jovens são mais verdes escuras e as mais velhas mais pálidas (caso de deficiência de N). Deficiência de S, mesmo que grave, não produz qualquer tipo de necrose ou queima de folhas. A mudança na cor da folha é o único sintoma indicativo da deficiência de S.

O S é imobilizado em plantas e, em condições de suprimento baixo, não é facilmente mobilizado de folhas mais velhas para folhas mais jovens. Assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro e tornam-se mais graves nas folhas mais jovens. Os sintomas de defi-

ciência aparecem como uma clorose uniforme, de um verde pálido a amarelo claro, através da lâmina de folhas jovens. Em condições de deficiência forte, às vezes desenvolve-se uma cor púrpura-avermelhada em folhas mais jovens afetadas, como roxo sobre a cor amarela.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Na deficiência leve, na fase da planta jovem, todas as folhas da planta ficam de verde pálido a amarelo, embora as folhas mais velhas permaneçam comparativamente mais escuras.

Estágio II: À medida que os sintomas avançam no cultivo, as folhas mais jovens ficam amarelo pálido, sendo as folhas mais velhas verdes e normais.

Estágio III: Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, os sintomas de deficiência se movem para baixo cobrindo mais folhas.

Estágio IV: Em condições de deficiência aguda, uma cor púrpura-avermelhada às vezes se desenvolve em folhas mais jovens afetadas como roxo sobre a cor amarela.

Deficiência de ferro (Fe)

As plantas de milho com deficiência de Fe são atrofiadas com folhagem amarela e é imóvel nas plantas. Assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro e mais severamente em folhas mais jovens. As folhas mais velhas permanecem normais e aparentemente saudáveis. Em condições de deficiência leve ou na fase inicial de deficiência, as folhas mais jovens mais altas desenvolvem o temporariamente cor verde pálido a amarelo pálido. Se a deficiência persistir e se tornar

mais grave, desenvolve-se uma clorose amarelo pálido brilhante nos tecidos internerval (tecidos entre as veias), deixando o tecido condutor mais verdes e proeminentes. A clorose internerval das folhas superiores é o sintoma específico da deficiência de Fe. À medida que os sintomas avançam, as estrias verdes proeminentes também se desvanecem e tornam-se de verde claro a amarelo pálido. Em condições de deficiência aguda, toda a folha branqueamento até ficar branca.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: As folhas novas das plantas desenvolvem descoloração temporário de tecidos internervais com proeminentes faixas verdes.

Estágio II: Os tecidos internervais da folha são afetados e se tornam amarelo pálido brilhante com proeminentes listras verdes, descritas como clorose internerval, estendendo-se uniformemente ao longo de todo o comprimento da folha.

Estágio III: As proeminentes faixas verdes tornam-se verde claro a amarelo pálido.

Estágio IV: A folha inteira fica branqueada como uma folha branco de papel.

Deficiência de manganês (Mn)

As plantas deficientes parecem atrofiadas com caules curtos e folhas verde-amarelas, resultam em baixos rendimentos de colheita. A deficiência de Mn também afeta a viabilidade do grão de pólen no milho.

O Mn é parcialmente móvel no milho e não é facilmente mobilizado de folhas mais velhas para folhas mais jovens. Mas alguma quantidade é transferida de velhas para folhas jovens, quando a deficiência ocorre.

Os sintomas de deficiência do Mn no milho aparecem primeiro nas folhas médias e se espalham para folhas mais jovens e mais velhas. Nos estágios iniciais de deficiência, as folhas mais novas e as mais velhas permanecem normais.

Na deficiência leve, ocorre uma descoloração temporária dos tecidos internervais nas folhas do meio. Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, as folhas do meio desenvolvem clorose internerval que se estende por todo o comprimento da folha. À medida que os sintomas avançam, as listras brancas se desenvolvem dentro das áreas de clorose internerval das folhas afetadas. O aparecimento de listras brancas é o sintoma específico da deficiência de Mn no milho.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Na deficiência leve, as folhas médias desenvolvem descoloração temporária dos tecidos internervais.

Fase II: Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, as folhas médias desenvolvem clorose internerval que se estende por todo o comprimento da folha.

Fase III: À medida que os sintomas avançam, todo o tecido clorótico morre e torna-se branco, resultando em faixas brancas entre a nervura e o limbo foliar. As listras permanecem verdes e proeminentes.

Estágio IV: Finalmente, as listras brancas ficam castanhos e as folhas afetadas ocorre necrose e morte.

Deficiência de zinco (Zn)

O milho é uma das melhores plantas indicadoras de deficiência do Zn, pois a cultura sofre muito com a falta de Zn. A deficiência evita o alongamento dos entrenós, resultando em folhas sendo aglomeradas no topo da planta e fazendo uma aparência em forma de leque. Os sintomas de deficiência de Zn no milho ocorrem dentro de duas semanas após a emergência das plântulas.

Como o Zn não é facilmente transferido das folhas velhas para as mais jovens na planta, os sintomas se desenvolvem primeiro e mais severamente em folhas jovens. As folhas mais jovens são mais afetadas enquanto as folhas mais velhas permanecem verdes e aparentemente saudáveis. Faixas brancas a amarelas ou estrias de tecidos branqueados aparecem em cada lado da nervura central, começando na base da folha. A margem média e as margens das folhas permanecem verdes. Em condições de deficiência aguda, o tecido afetado morre e fica embranquecido, deixando a nervura central e as margens verdes.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Deficiência leve de Zn pode mostrar uma banda internerval em folhas jovens, um pouco semelhante à deficiência de Fe ou Mn; Mas, no caso do Mn e do Fe, a separação internerval corre todo o comprimento da folha, enquanto que na deficiência do Zn ocorre principalmente na metade basal da folha.

Estágio II: Quando a deficiência persistir e se tornar mais grave, as folhas mais jovens ficam verde pálido e brancas ou amarelas aparecem entre a nervura central e a margem na metade basal da folha.

Estágio III: Em condições de deficiência aguda, o tecido afetado morre e torna-se cinza pálido.

Deficiência de boro (B)

O B é essencial para o crescimento normal das plantas, desempenhando um papel vital em muitas funções relacionadas com o crescimento, tais como a divisão celular, o alongamento celular, a translocação do açúcar e o funcionamento das hormonas das plantas. Assim, a planta que sofre deficiência de B pode sofrer com defeitos relacionados ao crescimento. O B também é essencial para o crescimento do tubo polínico e, desta forma, a deficiência de boro também pode perturbar a polinização normal e o ajuste do fruto. A deficiência de B também reduz o crescimento das raízes.

As plantas deficientes em B são atrofiadas com hastes robustas e folha verde pálida. As plantas afetadas produzem espigas pequenas e curvadas. A deficiência de B afeta a polinização ao impedir o crescimento do tubo polínico.

O B é imobilizado em plantas e em condições de suprimento curto, não é facilmente mobilizado de folhas mais velhas para folhas mais jovens. Os sintomas de deficiência aparecem, portanto, primeiro e mais severamente nas folhas mais jovens. Folhas velhas permanecem verdes e saudáveis. Os sintomas aparecem em folhas novas emergentes e as folhas afetadas tornam-se verde pálido, curtas e erguidas. Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, aparecerá pequenas nas folhas afetadas. Em condições de deficiência aguda, listras aquosas e transparentes aparecem nas folhas afetadas.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Fase I: As plantas deficientes produzem folhas verdes pálidas com sinais de crescimento foliar restringido.

Fase II: Se a deficiência persistir e se tornar mais grave, as folhas afetadas não se desdobram completamente e as margens das folhas perdem turgidez. O enrugamento aparece nas folhas afetadas.

Estágio III: Em condições de deficiência aguda, listras aquosas ou transparentes se desenvolvem nas folhas afetadas.

Cultura da Soja

Deficiência de nitrogênio (N)

As plantas deficientes em N ficam curtas em altura com as hastes esbeltas e esguias, produzem poucas vagens. O número e tamanho das sementes por vagem são reduzidos, produzindo rendimentos de grãos. Toda a planta fica de cor verde claro e as folhas ficam menores em tamanho e o número de ramos fica reduzido.

O N é um nutriente bastante móvel em plantas e é facilmente translocado de folhas mais velhas para folhas mais jovens, pois sua oferta fica restrita. Os sintomas de deficiência aparecem primariamente em folhas mais velhas e progridem rapidamente para as folhas superiores. Inicialmente, as folhas velhas tornam-se de verde pálido a amarelo pálido, na fase posterior, as folhas ficam amarelas ou quase brancas.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Fase I: Na fase inicial de deficiência, toda a planta pode ficar uniformemente verde pálido.

Fase II: Se a deficiência se torna grave, as folhas inferiores ficam uniformemente pálidas.

Estágio III: À medida que os sintomas avançam, toda a folha torna-se amarela escura e depois quase branca.

Estágio IV: Em condições severas de deficiência, as folhas velhas ficam castanhas e morrem.

Deficiência de fósforo (P)

As plantas defeituosas e atrofiadas, o caule se torna fino e espinhoso e tem ramificações reduzidas. A floração e a maturidade são retardadas em plantas deficientes em P. Um menor número de vagens e menos sementes são formados, ambos contribuindo para rendimentos reduzido. As folhas tornam-se menores em tamanho e aparecem verde escuro a verde azulado na cor.

O P é bastante móvel em plantas e em condições de fornecimento pobres é facilmente translocado de folhas mais velhas para tecidos mais jovens. Os sintomas de deficiência tornam-se evidentes nas folhas inferiores e depois progridem para as folhas superiores. As folhas mais velhas exibem manchas necróticas marrons escuras nos tecidos internervais. A pigmentação roxa desenvolve-se frequentemente nas folhas inferiores, trabalhando acima da planta às folhas superiores.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Na fase inicial de deficiência, a planta fica atrofiada e suas folhas são pequenas e verde escuro.

Estágio II: A pigmentação roxa desenvolve-se frequentemente

nas folhas velhas, começando pelas margens e avançando rapidamente para dentro.

Estágio III: Se a deficiência é grave, as folhas velhas desenvolvem lesões necróticas marrons escuras nos tecidos internervais.

Estágio IV: Na fase posterior, as folhas parecem amarelo escuro com lesões necróticas marrom escuro nos tecidos internervais, eventualmente as folhas ficam castanhas escuras e caem.

Deficiência de potássio (K)

A deficiência do K resulta em crescimento lento das plantas, atraso na maturação, menor ramificação e desenvolvimento de menos vagens. O número e tamanho das sementes por vagem são reduzidos, resultando em baixa produção. A necessidade de K da cultura da soja é alta e é mais necessária durante o rápido crescimento vegetativo. As plantas deficientes têm caules fracos e são suscetíveis a doenças. O K é altamente móvel dentro de plantas e é rapidamente translocado de folhas mais velhas para tecidos mais jovens. Como consequência, as folhas mais velhas mostram primeiro sintomas de deficiência, enquanto as folhas superiores permanecem verde escuro.

Os sintomas desenvolvem-se como uma clorose marginal amarela clara começando na ponta e procedendo em direção à base de folhas velhas. Numa condição de baixo fornecimento, a clorose amarela pálida torna-se mais pronunciada ao longo das margens e avança em direção à nervura central. À medida que a deficiência se torna grave, a clorose marginal é seguida por necrose e ambas se propagam para dentro.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Na deficiência leve, as plantas apresentam crescimento retardado, caules finos e folhas verde pequena.

Estágio II: Quando a deficiência se torna mais grave, a clorose marginal amarela pálida se desenvolve em folhas mais velhas.

Estágio III: A clorose marginal avança para áreas internervais.

Estágio IV: Na deficiência aguda, a clorose amarela se transforma em necrose.

Deficiência de magnésio (Mg)

O Mg é essencial para a síntese da clorofila e também desempenha um papel importante na fixação do nitrogênio. As plantas deficientes tornam-se pequenas e têm uma aparência verde pálida, a haste torna-se fina e esgrouvinhada. As plantas deficientes produzem um menor número de vagens contendo menos sementes pequenas, resultando em baixo rendimentos de grãos.

O Mg é móvel em plantas, por isso sob condições de fornecimento baixo é rapidamente translocado das folhas mais velhas para folhas mais jovens. Os sintomas de deficiência visual aparecem primeiro e tornam-se mais graves em folhas mais velhas. Se a deficiência persistir, os sintomas se espalham rapidamente para as folhas mais jovens. Em condições severamente deficientes, as lesões necróticas marrons pálidas se desenvolvem nos tecidos internervais de folhas velhas.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Na fase inicial da deficiência, as plantas são curtas e verde pálido na aparência.

Estágio II: Se a deficiência for prolongada, ocorre clorose internerval amarelo pálido em folhas velhas.

Estágio III: À medida que os sintomas avançam, a clorose amarela pálida se transforma em necrose castanho pálido nas regiões internerval.

Deficiência de enxofre (S)

A altura da planta e o número de ramos são drasticamente reduzidos, o caule se torna fino e alongado, sintoma típico da deficiência de S. O aparecimento de folhas pequenas e amarelas mais jovens é o sintoma mais marcante da deficiência de S. A deficiência de S resulta em uma diminuição do número de vagens com mal enchimento e, portanto, causa uma redução significativa nos rendimentos.

O S é um nutriente imóvel em plantas e sob condições restritas de fornecimento não é facilmente transferido das folhas mais velhas para as mais jovens. Portanto, as folhas mais jovens mostram os sintomas de deficiência em primeiro lugar. A planta inteira aparece verde claro enquanto as folhas mais jovens ficam amarelas. A clorose desenvolve-se uniformemente sobre toda a folha, cobrindo uniformemente os tecidos internervais. Nas culturas próximas a maturação fisiológica, as folhas jovens ficam de amarelo pálido a amarelo enquanto as folhas velhas permanecem verdes.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Em condições de deficiência leve, toda a planta fica verde pálido, embora as folhas velhas pareçam mais escuras.

Estágio II: Se a deficiência se intensifica, as folhas mais jovens ficam amarelo pálido a amarelo enquanto as folhas velhas permanecem verdes.

Deficiência de ferro (Fe)

As plantas deficientes mostram um crescimento fraco e têm hastes finas e esgrouvinhadas. A fraca formação de vagens e a fraca capacidade de enchimento resultam em reduções significativas de rendimento. O Fe é imóvel dentro das plantas e em condições restritas de fornecimento não é facilmente mobilizado de partes mais velhas para partes mais jovens da planta. Assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro e tornam-se mais severos nas folhas mais jovens enquanto as folhas mais velhas permanecem verdes.

Os sintomas começam como uma clorose internerval amarelo pálido em folhas mais jovens. Sob condições prolongadas de deficiente, as folhas cloróticas amarelas pálidas tornam-se amarelo escuro e limbo foliar também se torna desbotado. Eventualmente, a folha inteira fica quase branca e lesões necróticas marrons podem se desenvolver próximas às margens. Os sintomas geralmente se tornam mais graves sob baixas ou altas temperaturas e sob alta intensidade de luz solar.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Na deficiência leve, as folhas mais novas desenvolvem clorose internerval verde pálido com veias verde escuro. Se a fon-

te de Fe for restaurada a planta pode recuperar sua aparência normal.

Estágio II: Quando a deficiência persistir, as folhas jovens verde pálido tornam-se amarelo pálido com proeminentes estrias verdes.

Estágio III: À medida que a deficiência avança, as proeminentes estrias verdes também se desvanecem e tornam-se verdes claras.

Estágio IV: Na fase posterior, as lesões necróticas marrons pálidas se desenvolvem nas margens das folhas jovens.

Deficiência de manganês (Mn)

Os sintomas aparecem facilmente na cultura deficiente porque a soja é sensível à deficiência de Mn. As plantas deficientes parecem pequenas e o caule fica curto e fino. A deficiência de Mn afeta gravemente a ramificação e o número de vagens. As vagens ficam com menos sementes, resultando em baixo rendimento de grãos. O Mn é um nutriente imóvel dentro das plantas e não é facilmente transferido dos tecidos mais velhos para os mais jovens sob condições de fornecimento reduzidos.

Os sintomas de deficiência tornam-se primeiramente evidentes em folhas mais jovens enquanto as folhas mais velhas permanecem normalmente verdes. O limbo foliar e a nervura ficam na cor pálido a branco se desenvolvem em folhas mais jovens, enquanto a nervura permanece proeminentemente verdes. Na deficiência grave, manchas marrons necróticas se desenvolvem nas áreas internervais.

A deficiência ocorre em diferentes estágios de desenvolvimento da planta:

Estágio I: Em deficiência leve, as folhas tornam-se verdes cla-

ras com clorose internerval amarelo pálido.

Estágio II: Em condições severamente deficientes, as lesões necróticas marrons se desenvolvem nos tecidos internervais.

Estágio III: Se a deficiência se prolongar, as folhas jovens afetadas caem rapidamente.

Literatura consultada

AHMED, D.S.; EVANS, H.J. (1960) Cobalt: a micronutrient element for the growth of soybean plants under symbiotic conditions. *Soil Science* 90, 205–210.

AMESZ, J. (1993) The role of manganese in photosynthetic oxygen evolution. *Biochimica et Biophysica Acta* 726, 1–12.

ARNON, D.I.; STOUT, P.R. (1939) The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology* 14, 371–375.

ASAD, A.; BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G. (2003) Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. *Annals of Botany* 92, 565–570.

BELL, R.H.; KIRK, G.; PLASKETT, D.; LONERAGAN, J.F. (1990) Diagnosis of zinc deficiency in peanut (*Arachis hypogaea* L.) by plant analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 21, 273–285.

BERGMAN, W. (1986) *Colour Atlas of Nutritional Disorders in Cultivated Plants*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, Germany.

BIELESKI, R.L.; FERGUSON, I.B. (1983) Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (eds) Inorganic Plant Nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series. Vol. 15A. Springer Verlag, Berlin, pp. 422–449.

BLEDSON, R.W.; HARRIS, H.C.; TISDALE, W.B. (1946) Leafspot of peanut associated with magnesium deficiency. *Plant Physiology* 21, 237–240.

BENNETT, W.F. (1993) Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota.

BOWEN, J.E. (1969) Absorption of copper, zinc, and manganese by sugarcane leaf tissue. *Plant Physiology* 44, 255–261.

BURKHART, L.; COLLINS, E.R. (1941) Mineral nutrients in peanut plant growth. *Soil Science Society of America Proceedings* 6, 272–280.

BURSTROM, H.G. (1968) Calcium and plant growth. *Biological Reviews* 43, 287–316.

CIBES, H.R.; GAZTAMBIDE, S. (1980) Mineral deficiency symptoms displayed by the rice plants grown under controlled conditions in the green house. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 64, 369–378.

CIOMPI, S.; GENTILI, E.; GUIDI, L.; SOLDATINI, G.F. (1996) The effect of nitrogen deficiency on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence parameters in sunflower. *Plant Science* 118, 177–184.

CHANEY, R.L.; BROWN, J.C.; TIFFIN, L.O. (1972) Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybeans. *Plant Physiology* 50, 208–213.

CHROMINSKI, A.; ABIA, J.A.; SMITH, B.N. (1987) Calcium deficiency and gibberellic acid enhance susceptibility of pumpkin and sunflower seedlings to *Sclerotinia sclerotiorum* infection. *Journal of Plant Nutrition* 10, 2181–2193.

COX, F.R.; PERRY, A. (1989) Groundnut (peanut). In: Plucknett, D.L. and Sprague, H.B. (eds) *Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops*. Westview, Boulder, Colorado, pp. 137–144.

COX, F.R.; ADAMS, F.; TUCKER, B.B. (1982) Liming, fertilization and mineral nutrition. In: Patte, H.E. and Young, C.T. (eds) *Peanut Science and Technology*. American Peanut Research and Education Society, Yoakum, Texas, pp. 139–163.

COWLING, D.W.; LOCKYER, D.R. (1976) Growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) exposed to a low concentration of sulphur dioxide. *Journal of Experimental Botany* 27, 411–417.

DAVIS, V.; FERNANDEZ, F. (2009) Yellow soybeans in high pH soils: signs of Mn deficiency. *The Bulletin* issue 15(2). University of Illinois Extension, Urbana, Illinois.

DE DATTA, S.K.; BURESH, R.J. (1989) Integrated nitrogen management in irrigated rice. *Advances in Soil Science* 10, 143–169.

DELL, B.; HUANG, L. (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil* 193, 103–120.

DOBERMANN, A.; FAIRHURST, T. (2000) *Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management*. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Philippines.

- EATON, S.V. (1941) Influence of sulphur deficiency on metabolism of the sunflower. *Botanical Gazette* 102, 536–556.
- FARSHID, A. (2012) Manganese, iron and copper contents in leaves of maize plants (*Zea mays* L.) grown with different boron and zinc micro-nutrients. *African Journal of Biotechnology* 11, 896–903.
- FOX, R.H.; PIEKIELEK, W.P. (1984) Soil magnesium level, corn (*Zea mays* L.) yield and magnesium uptake. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15, 109–123.
- GRUNDON, N.J. (1987) *Hungry Crops: A Guide to Nutrient Deficiencies in Field Crops*. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Australia, pp. 161–183.
- HALIM, A.H.; WASSOM, C.E.; ELLIS, R. (1968) Zinc deficiency symptoms and zinc and phosphorus interactions in several strains on corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal* 60, 267–271.
- HAMBIDGE, G. (1941) *Hunger Signs in Crops*. American Society of Agronomy and National Fertilizer Council, Washington, DC.
- HARRIS, H.C. (1949) The effect on the growth of peanuts of nutrient deficiencies in the roots and pegging zone. *Plant Physiology* 24, 150–161.
- HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. (1981) Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine max* (L.) Merr. cv. Bragg). *Plant and Soil* 61, 447–456.
- HSIAO, T.C.; HAGEMAN R.H.; TYNER, E.H. (1970) Effect of potassium nutrition on protein and total free amino acids in *Zea mays*. *Crop Science* 10, 78–82.

IZAWA, S.; HEATH, R.L.; HIND, G. (1969) The role of chloride ion in photosynthesis. III. The effect of artificial electron donors upon electron transport. *Biochimica et Biophysica Acta* 180, 388–398.

JACOB, A. (1958) *Magnesium: The Fifth Major Plant Nutrient* (translated from German to English by Walker, N.). Staples Press Limited, London.

JORDAN-MEILLE, L.; PELLERIN, S. (2008) Shoot and root growth of hydroponic maize (*Zea mays* L.) as influenced by K deficiency. *Plant and Soil* 304, 157–168.

KANG, B.T.; OSINAME, O.A. (1976) Sulphur response of maize in Western Nigeria. *Agronomy Journal* 68, 333–336.

KAWASKI, T.; MORITSUGU, M. (1979) A characteristic symptom of calcium deficiency in maize and sorghum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 10, 42–56.

KOCH, K.; MENGEL, K. (1977) Effect of K on N utilization by spring wheat during grain formation. *Agronomy Journal* 69, 477–480.

KOCH, D.W.; ESTES, G.O. (1975) Influence of potassium stress on growth, stomatal behavior, and CO₂ assimilation in corn. *Crop Science* 15, 697–699.

KRANTZ, B.A.; MELSTED, S.W. (1964) Nutritional deficiencies in corn, sorghum and small grains. In: SPRANGUE, H.B. (ed.) *Hunger Signs of Crops – A Symposium*, 3rd edn. David McKay Company, New York, pp. 25–57.

KUMAR, P.; SHARMA, M.K. (2013) *Nutrient Deficiencies of Field Crops - Guide to Diagnosis and Management*. British Library, London, UK. 378p.

LACHOVER, D.; FICHMAN, M.; HARTZOOK, A. (1970) The use of iron chelate to correct chlorosis in peanuts under field conditions. *Oleagineux* 25, 85–88.

LASA, B.; FRECHILLA, S.; ALEU, M.; MORO, B.G.; LAMSFUS, C.; TEJO, P.M.A. (2000) Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. *Plant and Soil* 225, 167–174.

LAWAL, B.A.; OBIGBESAN, G.O.; AKINRINDE, E.A. (2011) Determination of the most limiting mineral nutrient element for growth and development of sunflower (*Helianthus annuus*) in southwestern Nigeria. *Advances in Agriculture and Botany* 3, 93–103.

LEGGETT, J.E.; EPSTEIN, E. (1956) Kinetics of sulfate absorption by barley roots. *Plant Physiology* 31, 222–226.

LEHMAN, R.H.; RICE, E.L. (1972) Effects of deficiencies of nitrogen, potassium and sulphur on chlorogenic acids and scopolin in sunflower. *American Midland Naturalist* 87, 71–80.

LOMBIN, G.L.; BATES, T.E. (1982) Comparative responses of peanuts, alfalfa and soybeans to varying rates of boron and manganese on two calcareous Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science* 62, 1–9.

LORDKAEW, L.; DELL, B.; JAMJOD, S.; RERKASEM, B. (2010) Boron deficiency in maize. *Plant and Soil* 342, 207–220.

MAAS, E.V.; GRIEVE, C.M. (1987) Sodium-induced calcium deficiency in salt-stressed corn. *Plant, Cell & Environment* 10, 559–564.

MARSCHNER, H. (1995) *Mineral Nutrition in Higher Plants*. Academic Press, San Diego, California.

MASONI, A.; ERCOLI, L.; MARIOTTI, M. (1996) Spectral properties of leaves deficient in iron, sulphur, magnesium and manganese. *Agronomy Journal* 88, 937–943.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. (2001) *Principles of Plant Nutrition*, 5th edn. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

MENGEL, K.; VON BRAUNSCHWEIG, L.C. (1972) The effect of soil moisture upon the availability of potassium and its influence on the growth of young maize plants (*Zea mays* L.). *Soil Science* 134, 142–148.

MOLLIER, A.; PELLERIN, S. (1999) Maize root system growth and development as influenced by phosphorus deficiency. *Journal of Experimental Botany* 50, 487–497.

NABLE, R.O.; LONERAGAN, J.F. (1984) Translocation of manganese in subterranean clover. I. Redistribution during vegetative growth. *Australian Journal of Plant Physiology* 11, 101–111.

NICHOLAS, D.J.D. (1961) Minor mineral elements. *Annual Review of Plant Physiology* 12, 63–90.

OUTLAW, W.H. Jr (1983) Current concepts on the role of potassium in stomatal movements. *Physiologia Plantarum* 59, 302–311.

PAGE, E.R.; SCHOFIELD-PALMER, E.K.; MCGREGOR, A.J. (1962) Studies in soil and plant manganese. I. Manganese in soil and its uptake by oats. *Plant and Soil* 16, 238–246.

PARICHA, N.S.; AULAKH, M.S. (1986) Role of sulphur in the nutrition of groundnut. *Fertilizer News* September issue, 17–21.

PARKER, M.B.; WALKER, M.E. (1986) Soil pH and manganese effects on manganese nutrition of peanut. *Agronomy Journal* 78, 614–620.

- PILBEAM, D.J.; KIRKBY, E.A. (1983) The physiological role of boron in plants. *Journal of Plant Nutrition* 6, 563–582.
- PLENET, D.; ETCHEBEST, S.; MOLLIER, A.; PELLERIN, S. (2000) Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. *Plant and Soil* 223, 117–130.
- RADIN, J.W.; BOYER, J.S. (1982) Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower plants. *Plant Physiology* 69, 771–775.
- RAMADAN, A.; VOLKER ROMHELD, A.; KIRKBY, E.A.; MARSCHNER, H. (1997) Influence of increasing bicarbonate concentrations on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum, and maize. *Journal of Plant Nutrition* 20, 1731–1753.
- RAMAMOORTHY, B.; VELAYUTHAM, M. (1976) Nitrogen, phosphorus and potassium in soil – chemistry, forms and availability. In: KANWAR, J.S. (ed.) *Soil Fertility – Theory and Practice*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, pp. 156–201.
- RAO, K.P.; RAINS, D.W. (1976) Nitrate absorption by barley II. Influence of nitrate reductase activity. *Plant Physiology* 57, 59–62.
- RAPPER, C.C. Jr; KRAMER, P.J. (1987) Stress physiology. In: WILCOX, J.R. (ed.) *Soybean: Improvement, Production and Uses*, 2nd edn. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 590–641.
- ROBSON, A.D. (1993) Zinc in Soils and Plants: Proceedings of the International Symposium on ‘Zinc in Soils and Plants’ held at The University of Western Australia, 27–28 September 1993. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- ROMHELD, V.; MARSCHNER, H. (1981) Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. *Physiologia Plantarum* 53, 354–360.

SANDMANN, G.; BOGER, P. (1983) The enzymological function of heavy metals and their role in electron transfer processes of plants. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (eds) Inorganic Plant Nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series. Vol. 15B. Springer Verlag, Berlin, pp. 563–596.

SARKAR, B.C.; KARMOKER, J.L.; RASHID, P. (2010) Effects of phosphorus deficiency on anatomical structures in maize (*Zea mays* L.). Bangladesh Journal of Botany 39, 57–60.

SHARMA, C.P.; SHARMA, P.N.; CHATTERJEE, C.; AGRAWALA, S.C. (1991) Manganese deficiency in maize affects pollen viability. Plant and Soil 138, 139–142. Sprague, H.B. (1964) Hunger Signs in Crops – A Symposium. David McKay Company, New York.

SCHUSTER, C.E.; STEPHENSON, R.E. (1940) Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soils. Journal of the American Society of Agronomy 32, 607–621.

SIGEL, H.; SIGEL, A. (1990) Metal Ions in Biological Systems. Vol. 26. Compendium on Magnesium and Its Role in Biology, Nutrition and Physiology. Marcel Dekker, Inc., New York.

SINCLAIR, J.B. (1993) Soybeans. In: Bennett, W.F. (ed.) Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. APS Press, St Paul, Minnesota, pp. 99–103.

SPRAGUE, H.B. (ed.) (1964) Hunger Signs in Crops – A Symposium, 3rd edn. David McKay, New York.

SMITH, D.H.; WELLS, M.A.; PORTER, D.M.; COX, F.R. (1993) Peanuts. In: Bennett, W.F. (ed.) Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. APS Press, St Paul, Minnesota, pp. 105–110.

SPRAGUE, H.B. (ed.) (1964) Hunger Signs in Crops – A Symposium, 3rd ed. David McKay, New York.

SRIVASTAVA, P.C. (1997) Biochemical significance of molybdenum in crop plants. In: Gupta, U.C. (ed.) Molybdenum in Agriculture. Cambridge University Press, New York, pp. 47–70.

STEWART, B.A.; PORTER, L.K. (1969) Nitrogen–sulphur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.), corn (*Zea mays*), and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomy Journal* 61, 267–271.

STOUT, P.R.; MEAGHER, W.R.; PEARSON, G.A.; JOHNSON, C.M. (1951) Molybdenum nutrition of crop plants. *Plant and Soil* 3, 51–81.

TANAKA, A.; PATNAIK, S.; ABICHANDANI, C.T. (1958) Studies on the rice plant (*Oryza sativa* L.): Part I. Influence of nitrogen level on growth and nutrient uptake by rice plant (*Oryza sativa* var. indica). *Plant Sciences* 47, 140–154.

TANDON, H.L.S. (1991) Sulphur Research and Agricultural Production in India, 3rd ed. The Sulphur Institute, Washington, DC.

TANG, P.M.; FUENTE, R.K.D. (1986) The transport of indole-3-acetic acid in boron and calcium-deficient sunflower hypocotyls segments. *Plant Physiology* 81, 646–650.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. (1985) Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan, New York.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. (1995) Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Science* 36, 1376–1383.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. (1995) Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon–nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science* 35, 1384–1389.

THORNTON, G.D.; BROADBENT, F.E. (1948) Preliminary greenhouse studies of the influence of nitrogen fertilization of peanut on nodulation, yield, and gynophores absorption of this element. *Journal of the American Society of Agronomy* 40, 64–69.

WARNOK, R.E. (1970) Micronutrient uptake and mobility within corn plants (*Zea mays* L.) in relation to phosphorus induced zinc deficiency. *Soil Science Society of America Journal* 34, 765–769.

ZAHARIEVA, T.; KASABOV, D.; ROMHELD, V. (1988) Responses of peanuts to iron–manganese interaction in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 11, 1015–1024.

ZHAO, D.; REDDY, K.R.; KAKANI, V.G.; READ, J.J.; CARTER, G.A. (2003) Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen. *Plant and Soil* 257, 205–217.

Sintomas de Deficiência de Cálcio (Ca)

Clair Aparecida Viecelli
Diego Tatim;
Gustavo Kevyn Rauber
Lucas Tejaba Mombach
Nelson Pagno Moreira
Rodrigo Ruaro Cecluski

Funções Fisiológica do cálcio (Ca) nas plantas

A absorção do Ca depende das taxas de transpiração, pois é transportado passivamente (sem custo de energia) pelo xilema. Uma importante função fisiológica deste cátion é a composição da pectina responsável pela rigidez da parede (KERBAUY, 2012) e no fuso mitótico durante a divisão celular. O Ca pode se ligar a proteína calmodulina, e este complexo pode se ligar a diferentes proteínas como as cinases, fosfatases, proteínas mensageiras secundárias de sinalização e proteínas do citoesqueleto, regulando processos como a transcrição e liberação de sinais químicos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

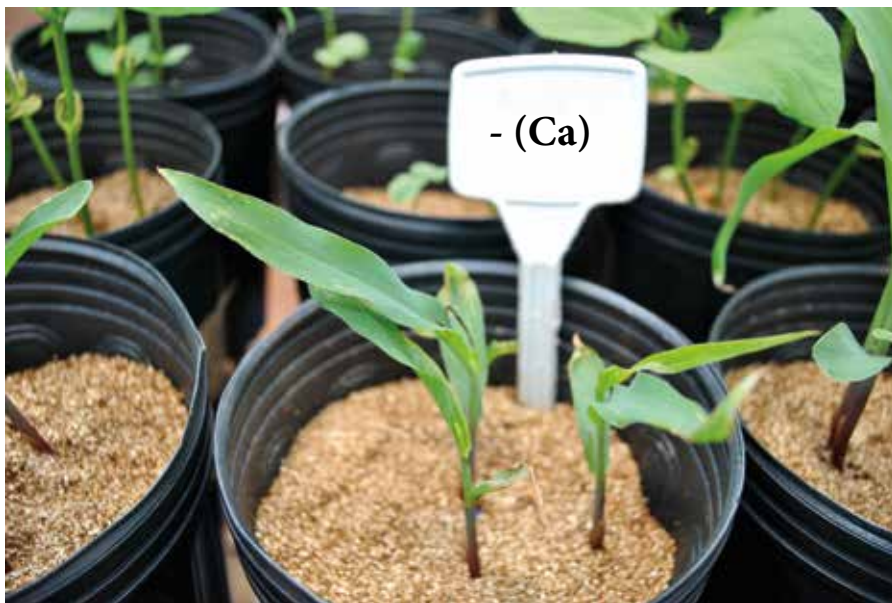


Figura 01: Sintoma de deficiência de Cálcio em milho

Sintomas de deficiência de cálcio (Ca) nas plantas

- Diminuição acentuada no porte da planta, caracterizando sintoma de planta raquítica.
- Os sintomas são mais visíveis nas folhas mais novas porque o Ca é um elemento pouco móvel no floema
- Necrose nas regiões meristemáticas jovens, como o ápice das raízes e de folhas jovens nas quais a divisão celular e a formação de parede celular são mais rápidas
- As folhas de milho apresentam maior intensidade visual do verde na deficiência de Ca pelo fato do crescimento ser mais afetado do que a síntese de clorofila, resultando em uma maior concentração desta nos tecidos

- As folhas jovens apresentam deformação e encurvamento para baixo
- As folhas jovens formam ganchos e em casos mais severos, os ápices radiculares e caulinares morrem
- As raízes apresentam cores castanho escuras, com redução do tamanho e maior ramificação, com de morte prematura



Figura 02:
Sintoma de deficiência de
Cálcio em feijão



Figura 03:
Sintoma de deficiência de Cálcio em soja



Figura 04:
Sintoma de deficiência de Cálcio em milho

Sintomas de Deficiência de Ferro (Fe)

Clair Aparecida Viecelli
Fernando Ertel
Gustavo Kevyn Rauber
Lucas Tejaba Mombach
Marcio André Ruediger
Moisés Scheifiter de Ramos

Funções fisiológicas do ferro (Fe)

Nas plantas, o ferro (Fe) é requerido para a síntese de clorofila, além de compor os citocromos e as nitrogenases (RAVEN, 2016). Nos citocromos compõe as enzimas envolvidas no transporte eletrônico (reação redox), onde o Fe é reversivelmente oxidado de Fe^{2+} a Fe^{3+} durante a transferência de elétrons da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Participa do metabolismo hormonal e dos processos metabólicos do N e S, várias enzimas usam grupos prostéticos que contêm Fe, como as redutases de nitrato, nitrito e sulfito. Outros sistemas enzimáticos, como as catalases e peroxidases, necessitam do ferro (LIMA FILHO, 2014).

Sintomas de deficiência do ferro (Fe)

- Clorose nas folhas, primeiramente entre as nervuras, migrando para clorose geral da área foliar. Observou-se que o primeiro sintoma visível nas brotações ocorreu nas folhas jovens, o que pode ser explicado pela baixa mobilidade de Fe no floema.
- O amarelecimento nas folhas está relacionado com a função do Fe em constituir clorofilas e proteínas do cloroplasto, responsáveis pela cor verde nas plantas.
- O agravamento do sintoma é observado pela característica de uma clorose esbranquiçada nas folhas.
- Caules curtos e finos.



Figura 05:
Sintoma de deficiência de Ferro em milho



Figura 06:
Sintoma de deficiência de Ferro em feijão



Figura 07:
Sintoma de deficiência de Ferro em soja



Figura 08:
Sintoma de deficiência de Ferro em milho

Sintomas de Deficiência do Potássio (K)

Adalto Belice Alves
Clair Aparecida Viecelli
Fernando Salvi Paludo
Nelson Pagno Moreira
Osmar Rohr

Funções fisiológicas do potássio (K)

Este elemento além de fundamental para a nutrição vegetal é um cátion monovalente de maior concentração, atua fisiologicamente e metabolicamente, ativador enzimático, fotossintetizante, transportador de fotoassimilados, sintetização proteica, movimento estomático, metabolização do nitrogênio, resistência, crescimento meristemático, fotossíntese e translocação de solutos. Atua diretamente na supressão de doenças, diminuindo o stress hídrico, promovendo menor acúmulo de açúcares e aminoácidos, diminuindo o pH das raízes e favorecendo maiores absorção de Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Silício (Si). Função principal como ativador em mais de 120 enzimas como as sintetases, oxirredutases, desidrogenases, transferases e quinases (KERBAUY, 2012; TAIZ e ZEIGER, 2013; RAVEN et al., 2016).

Após o nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas. Este nutriente tem grande impacto na qualidade da cultura do milho, exercendo influência positiva sobre o peso individual dos grãos e no número de grãos por espiga. Apesar de não fazer parte de nenhum composto dentro da planta, é muito importante em inúmeros processos bioquímicos (MENGEL e KIRKBY, 2001)

A disponibilidade do nitrogênio e do potássio e a adequada proporção entre eles no solo são fatores importantes nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. O metabolismo de nitrogênio nas plantas requer adequadas quantidades de potássio no citoplasma (XU et al., 2002), sendo importante para a produção de aminoácidos e produtividade das culturas. Ainda, tem sido verificado que o potássio está envolvido na fase final do metabolismo do nitrogênio (MARSCHNER, 1995). Entretanto, relata-se que o potássio está envolvido no início dos processos metabólicos do nitrogênio, como incorporação do nitrogênio mineral e especialmente na redutase do nitrato. Comparando o nitrogênio e o potássio quando associados na adubação incrementam a nutrição e o crescimento das plantas. Essa combinação de nutrientes favorece a atividade da redutase do nitrito e conseqüentemente aumentando o teor de clorofila nas plantas (RUAN et al., 1998; 1999).

Outra função fisiológica importante do potássio é o envolvimento na abertura e fechamento do estômato, por equilíbrio iônico, juntamente com o Cloro (Cl) e o malato (RAVEN et al., 2016)

Sintomas de deficiência do potássio (K)

- O principal sintoma da deficiência do potássio aparece primeiro nas folhas adultas como clorose em manchas ou marginal, com evolução para necrose. As folhas se curvam e secam e os caules ficam finos e fracos
- Desfolha prematura
- Os caules ficam frágeis e estreitos (fracos), com suscetibilidade de acamamento
- Em maracujá Freitas et al., (2011) observaram sintomas de clorose seguida de necrose na nervura central de folhas mais velhas e progredindo para bordas, com posterior queda, os ramos terciários diminuem crescimento e secam.
- Em 2009, Lima observou que o potássio juntamente com o nitrogênio foram os nutrientes que mais limitaram a produção de massa seca das folhas
- A síntese de parece celular e a turgescência são prejudicadas, deixando as plantas suscetíveis ao tombamento por vento ou chuva (KERBAUY, 2012).
- Em condições drásticas de deficiência de K, o teor de putrescina chega a superar 1% (com base na matéria-seca), representando 10% do N total (TAIZ e ZEIGER, 2013).
- Além da deficiência, alta concentração de potássio também é prejudicial, pois tem ação antagonista sobre absorção de Ca_2^+ e Mg_2^+ (FAGERIA, 2001). O autor afirma ainda que a diminuição na ab-

sorção cálcio pelo potássio deve-se à competição decorrente de propriedades fisiológicas destes cátions, enquanto a influência sobre a absorção do magnésio advém da competição por compostos ligantes do metabolismo do vegetal.

- O excesso de potássio pode causar também a inibição na absorção de boro, zinco, manganês e amônio, induzindo, ou ao menos, contribuindo para a deficiência destes elementos (BERGMANN, 1992).



Figura 09:
Sintoma de deficiência de Potássio em milho



Figura 10:
Sintoma de deficiência de Potássio em soja



Figura 11:
Sintoma de deficiência de Potássio em feijão



Figura 12:
Sintoma de deficiência de Potássio em milho

Sintomas de Deficiência de Magnésio (Mg)

Clair Aparecida Viecelli
Emerson de Lima
Gustavo Kevyn Rauber
Jardel Bressiani
Lucas Tejaba Mombach
Nelson Pagno Moreira

Funções Fisiológica do magnésio (Mg) nas plantas

Nas plantas, o magnésio tem um papel específico da ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA e é um dos componentes do centro da molécula de clorofila (TAIZ e ZEIGER, 2013). Importantes reações do metabolismo vegetal, como síntese de proteínas e metabolismo energético necessitam de magnésio como catalisador. Tem relação com o balanço hormonal e o processo de redução química do nitrato (LIMA FILHO, 2014)

Sintomas de deficiência de magnésio (Mg) nas plantas

- Clorose nas folhas, com sintoma entre as nervuras. Esse efeito é explicado por Taiz e Zeiger (2013), os quais relatam que o mag-

nésio permanece inalterado nas nervuras quando comparado ao limbo foliar.

- O sintoma inicia nas folhas mais velhas, devido a alta mobilidade deste cátion no floema.
- Abscisão (queda) prematura da folha
- Ápice e margem das folhas curvam-se para cima
- Caules finos
- Crescimento reduzido



Figura 13:
Sintoma de deficiência de Magnésio em feijão



Figura 14:
Sintoma de deficiência de Magnésio em milho



Figura 15:
Sintoma de deficiência de Magnésio em soja

Sintomas de Deficiência de Nitrogênio (N)

Clair Aparecida Viecelli
Gustavo Kevyn Rauber
Larri Magagnin
Lucas Tejaba Mombach
Robson Domingos Krüger Dechechi

Funções fisiológicas de nitrogênio (N)

O nitrogênio é constituinte de muitos elementos celulares, como os aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas e coenzimas (TAIZ e ZEIGER, 2013; RAVEN, 2016). Por ser um elemento diretamente relacionado com o crescimento vegetativo, reflete na área foliar, na produção de gemas vegetativas, perfilhamento e teor de proteínas em grãos (MALAVOLTA, 2006).

Sintomas de deficiência ou superdose de nitrogênio (N)

- Redução do crescimento vegetal, a qual ocorre devido aos componentes celulares com o nitrogênio na constituição
- Amarelecimento das folhas. Algumas plantas exibem coloração púrpura ou roxa nos caules, pecíolo e na superfície inferior da folha, devido a acúmulo de antocianina

- Verifica-se crescimento lento, caules finos e menor número, tamanho e espessura das folhas
- Desfolhação precoce
- Quando a uma superdose de N as plantas, observa-se um crescimento excessivo das partes vegetais, prolongamento do ciclo vegetativo, maior ocorrência frutos com defeito, pequenos e com maturação lenta a tardia (SCHOLBERG et al., 2000) além da redução na produtividade devido ao alto crescimento da parte vegetativa (FERREIRA et al., 2003), acarretando em gasto energético para o crescimento, além de ficar mais suscetível ao acamamento.



Figura 16:
Sintoma de deficiência de Nitrogênio em milho



Figura 17:
Sintoma de deficiência de Nitrogênio em soja



Figura 18:
Sintoma de deficiência de Nitrogênio em feijão



Figura 19:
Sintoma de deficiência de Nitrogênio em milho

Sintomas de Deficiência do Fósforo (P)

Clair Aparecida Vicelli
Felipe Augusto Perin
Fernando Luiz Schneider
Jonatan Rector
Nelson Pagno Moreira

Funções fisiológicas do Fósforo (P)

O principal papel do P, na fisiologia da planta, é fornecer energia para reações biossintéticas e para o metabolismo vegetal (SFREDO, 2008), além de atuar como elemento estrutural dos ácidos nucléicos (RNA, DNA); elemento transferidor de energia nas ligações energéticas do fósforo e pirofosfato com os açúcares, com o gliceraldeído e com as coenzimas AMP, ADP, ATP, UTP e GTP; elemento regulador – o Pi (iônico) armazenado no vacúolo é liberado no citoplasma e atua como regulador de diversas vias sintéticas (KERBAUY, 2012).

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucléicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos (GRANT et al., 2001). Segundo Vitti e

Trevisan (2000), o fósforo é essencial na divisão celular, atuando no crescimento da parte aérea e sistema radicular, assim como na reprodução e no metabolismo vegetal (fotossíntese, respiração e síntese de compostos).

O fosfato também tem um papel central na utilização na energia gerada através de compostos de açúcares hexone, composto que fornece a energia que as plantas usam para seu próprio crescimento, desenvolvimento e reprodução. A primeira reação nessa utilização de energia é a glicólise, tendo o fosfato de suma importância no esquema da glicólise (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A membrana plasmática, como uma típica membrana biológica, consiste em uma cama dupla de lipídeos, predominantemente fosfolipídeos e proteínas associadas. O fósforo esta presente na constituição do citoplasma, que desempenha a entidade celular em que reside a maquinaria viva de todos os organismos eucariotos, ele é composto de organelas que desempenham funções específicas (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

As sementes e frutos podem armazenar o fósforo na forma de fitatos. São sais do ácido fitico. Os fitatos contendo fósforo representam cerca de 50% do total em leguminosas e 60-70% em grãos de cereais. O fitato apresenta uma relação essencial na germinação de semente. Nos estágios iniciais de crescimento das plântulas, o embrião tem um alto requerimento de nutrientes minerais, e o P é responsável pela formação dos fosfolipídeos das membranas celulares e ácidos nucleicos. A degradação de fitatos continua com o tempo e, finalmente, os níveis de fósforo incorporados no DNA e RNA aumentam, indicando um aumento na síntese de proteínas e divisão celular (FAQUIN, 2005).

Sintomas de deficiência do fósforo (P)

- As folhas mais velhas e intermediárias da soja mostraram-se, de início, com cor verde mais escuro, com o tempo essas folhas mostraram clorose generalizada, que migra do ápice para a base.
- Principalmente no milho observa-se coloração vermelhas ou arroxeada, explicada pelo acúmulo de antocianina
- Retardamento no crescimento e caules atrofiados, deixando a planta com sintoma de raquitismo severo.
- Segundo Malavolta et al. (1997), a deficiência do P causa redução no número de frutos e sementes, atraso no florescimento e tamanho reduzido da planta,
- Para Gutierrez-Boem e Thomas (1998), pode ocorrer diminuição do índice da área foliar e aumento da densidade radicular nas camadas superficiais do solo.



Figura 20:
Sintoma de deficiência de Fósforo em soja



Figura 21:
Sintoma de deficiência de Fósforo em feijão



Figura 22:
Sintoma de deficiência de Fósforo em milho

Sintomas de Deficiência do Enxofre (S)

Alexsandro Leonardo Schneider
Gustavo Kevyn Rauber
Lucas Tejaba Mombach
Regís Tomé Vogt

Funções fisiológicas do enxofre (S) nas plantas

O enxofre é constituinte de dois dos vinte e um aminoácidos que formam as proteínas celulares vegetais, além de ser ativador de enzimas e vitaminas; promove a nodulação para fixação de nitrogênio pelas leguminosas; ajuda a produção de sementes; é necessário para formação da clorofila, apesar de não ser um constituinte dela, está presente em vários compostos orgânicos que dão os odores característicos do alho e à cebola (IPNI, 1998).

O enxofre faz parte dos aminoácidos metionina e cisteína, que são essenciais para formação de proteínas. Os aminoácidos com enxofre formam as chamadas “pontes de enxofre”, que contribuem para a estrutura terciária das proteínas. Existem várias enzimas que contêm enxofre no seu sítio ativo. A tiamina, a biotina e a coenzima A são coenzimas de baixo peso molecular que contem enxofre, essenciais

para o metabolismo quando ligadas a apoenzimas apropriadas (proteínas) que requerem estas coenzimas ou grupos prostéticos para a atividade catalítica ativa (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

O aminoácido cistina, a S-adenosilmetionina, biotina, vitamina B, ácido pantotênico, todos essenciais para o metabolismo vegetal, também apresentam enxofre na composição (TAIZ e ZEIGER, 2013). O Enxofre é um composto essencial para a respiração e a síntese e metabolização dos ácidos graxos (SALISBURY e ROSS, 2012), além de estar relacionado com a desintoxicação de metais pesados (KERBAUY, 2012).

Sintomas de deficiência do enxofre (S)

- Clorose generalizada na folha, incluindo nervuras
- Sintoma aparece primeiro nas folhas mais jovens
- Redução do crescimento da parte aérea da planta
- Redução do tamanho da raiz
- Baixa nodulação em leguminosas (VERNETTI, 1983).



Figura 23:
Sintoma de deficiência de Enxofre em soja

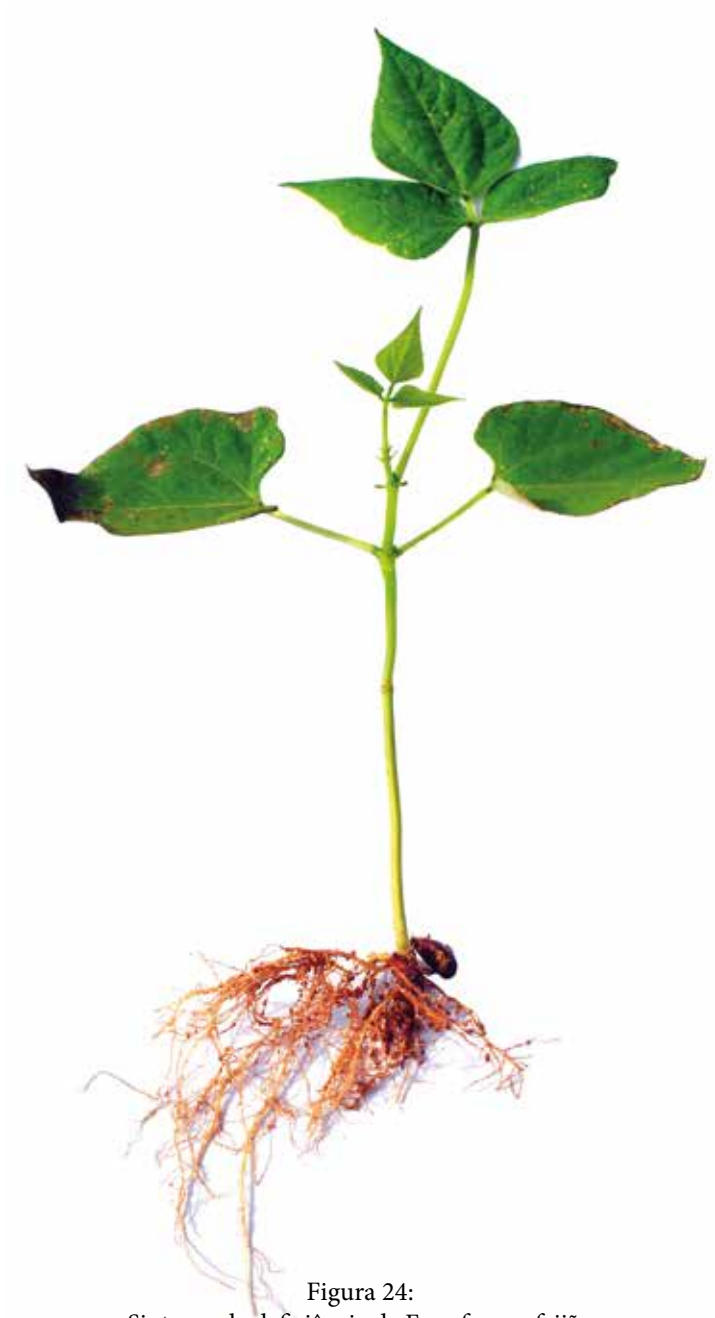


Figura 24:
Sintoma de deficiência de Enxofre em feijão



Figura 25:
Sintoma de deficiência de Enxofre em milho

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO MILHO



Sem deficiência



Deficiência de Cálcio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO MILHO



Sem deficiência



Deficiência de Ferro

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO MILHO



Sem deficiência



Deficiência de Potássio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO MILHO



Sem deficiência



Deficiência de Magnésio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO MILHO



Sem deficiência



Deficiência de Nitrogênio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO MILHO



Sem deficiência



Deficiência de Fósforo

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO MILHO



Sem deficiência



Deficiência de Enxofre

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO SOJA



Sem deficiência



Deficiência de Cálcio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO SOJA



Sem deficiência



Deficiência de Ferro

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO SOJA



Sem deficiência



Deficiência de Potássio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO SOJA



Sem deficiência



Deficiência de Magnésio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO SOJA



Sem deficiência



Deficiência de Nitrogênio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO SOJA



Sem deficiência



Deficiência de Fósforo

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO SOJA



Sem deficiência



Deficiência de Enxofre

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO FEIJÃO



Sem deficiência



Deficiência de Cálcio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO FEIJÃO



Sem deficiência



Deficiência de Ferro

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO FEIJÃO



Sem deficiência



Deficiência de Potássio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO FEIJÃO



Sem deficiência



Deficiência de Magnésio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO FEIJÃO



Sem deficiência



Deficiência de Nitrogênio

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO FEIJÃO



Sem deficiência



Deficiência de Fósforo

COMPARATIVO DOS SINTOMAS VISUAIS NA CULTURA DO FEIJÃO



Sem deficiência



Deficiência de Enxofre

Referencias Bibliográficas

AZABADI, M. A. et al. Effect of calcium and gypsum on yield, yield elements, iron, copper and zinc uptake by corn at two soil textures. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources**, v. 16, n. 57, p. 171-181, 2011.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. Gustav Fischer Publishing House Jena, New York, ed. 2, p. 741, 1992.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja doutor do seu milho: nutrição e adubação. 2. Ed. **Arquivo do agrônomo**, Piracicaba, n.2, p. 1-9, 1995. de Janeiro: Guanabara Koogan, 8a edição. 2016.

EPSTEIN, E; BLOOM, A. J; **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Editora Planta. Londrina, 2006 p. 401.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plant. **Journal of Plant Nutrition**, New York. v.24. p.1269 – 1290, 2001.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**; UFLA / FAEPE, Monografia do Curso de Pós graduação “Lato Sensu”(Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. Lavras, 2005,

FERREIRA, M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTE, P.C.R.; DANTAS, J.P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v.21, n. 3, p. 471-476, 2003.

FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; CARVALHO, A.J.C.; VASCONCELLOS, M.A.S. Sintomas visuais de deficiência de macro nutrientes e boro em maracujazeiro doce. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 4, p. 1329-1341, Dezembro 2011.

GRANT, C. A; FLATEN, D. N; TOMASIEWICZ, D. J; SHEPPARD, S. C. A importância do Fósforo no Desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas** n.95, Piracicaba, 2001.

GUTIERREZ-BOEM, F.H. & THOMAS G.W. Phosphorus nutrition and water deficits in field-grown soybeans. **Plant soil**, 207:87-96. 1998.

IPNI - INSTITUTO DA POTASSA E FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. rev. e ampl. Piracicaba: Potafos, 1998.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2ed. Rio de janeiro: Guanabara Koogan, 431p. 2012.

LIMA FILHO, O.F. **Guia de Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Sorgo-Sacarino**. 1ª edição. Circular técnica 31. Dourado, MS. 2014.

LIMA, S.S. Crescimento, Composição Mineral e Sintomas Visuais de Deficiências de Macro nutrientes em Plantas de *Zingiber Spectabilis* Griff. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém – PA, 84p, 2009.

- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Agro-nômica Ceres. 638p. 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, **Potafos**, 1997. 308p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 889 p. 1995.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 390p. 1986.
- MENGEL, K. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- MENGEL, K.; BRAUNSCHWEIG, L.C. The effect of soil mixture up on the availability of potassium and its influence on the growth of young maize plants. **Soil Science**, 134:142-148. 1972.
- PES. L.Z.; ARENHARDT, M.H. **Fisiologia vegetal**. Santa Maria – RS. 81p. 2015.
- RAVEN, PETER H.; EICHHORN, SUSAN E.; EVERT, RAY F. **Bio-logia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 8a edição. 2016.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. 4ª ed. São Paulo: Cengage Learning. p.774. 2012.
- SCHOLBERG, J.; MACNEAL, B.L.; BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; LOCASCIO, S.J.; OLSON, S.M. Nitrogen stress effects on growth and nitrogen accumulation by field-growth tomato. *Agronomy Journal*, v. 92, p. 159-167, 2000.

SFREDO, Gedi Jorde; Soja no Brasil: Calagem, Adubação e Nutrição Mineral, **Embrapa Soja**, Londrina, 2008. 148 p. – (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.305)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954 p. 2013.

VERNETTI, F. J. **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas: Fundação Cargill, v.1. 1983.

VITTI, G.C.; TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. Piracicaba: Potafos, informações Agronômicas, n.90, p.1-16, 2000.

XU, G.; WOLF, S.; KAFKAFI, U. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.719-734, 2002.

AUTORES

Adalto Belice Alves
Alexsandro Leonardo Schneider
Alfredo Richart
Clair Aparecida Viacelli
Diego Tatim
Emerson de Lima
Felipe Augusto Perin
Fernando Ertel
Fernando Luiz Schneider
Fernando Salvi Paludo
Gustavo Kevyn Rauber
Jardel Bressiani
Jonatan Recttor
Harlei Spielmann Kotz
Larri Magagnin
Lucas Tejaba Mombach
Marcio André Ruediger
Moisés Scheifiter de Ramos
Nelson Pagno Moreira
Osmar Rohr
Regís Tomé Vogt
Robson Domingos Krüger Dechechi
Rodrigo Ruaro Cecluski



PUCPR

Câmpus Toledo

GRUPO MARISTA

