FOZ
13819

Embrapa

Semi-Árido

II Curso
Nutrição e adubação de fruteiras irrigadas

NO_3^- Mg^+ Mn B Fe $H_2PO_4^-$ ATP Mo $CaCO_3^-$ K^+ Zn Cl^- NH_4^+ Cu^+ SO_4^- MAP H_2O CO_2

Função dos nutrientes minerais e sintomas de deficiência e excesso

Palestrante:
Teresinha Silveira de Albuquerque

Setembro, 2000

Embrapa

1. INTRODUÇÃO

Nutrição é definida por Mengel e Kirkby (1987) como o suprimento e absorção dos compostos químicos necessários para o crescimento e metabolismo das plantas. A nutrição das plantas e, principalmente das frutíferas perenes, está intimamente relacionada com o ambiente em que se encontram essas plantas, ou seja com o tipo de solo, umidade disponível, quantidade de matéria.orgânica e por fim a própria fertilidade do solo. Diz-se que uma planta está bem nutrida quando se realiza a máxima utilização dos nutrientes da solução do solo, com maior eficiência fisiológica da parte aérea, havendo um perfeito equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo (Albuquerque, 1998).

Os solos da região do Submédio São Francisco, de uma maneira geral, são de baixa fertilidade natural, caracterizada por baixos teores de matéria orgânica, de nitrogênio e de fósforo e, às vezes, de cálcio, de magnésio e de potássio, cujos teores variam de baixo nas areias quartzosas a alto nos vertissolos. Quanto aos micronutrientes têm sido observadas deficiências de boro e de zinco. Nessas condições de solo, se o equilíbrio não é conseguido por meio de adubações e aporte de água adequados, é muito comum encontrar-se plantas em situação de estresse.

As fruteiras podem ser cultivadas em praticamente todos os tipos de solo. No entanto, deve-se evitar solos rasos, extremamente arenosos ou argilosos, solos com camada adensada ou compactada, mal drenados, contendo teores relativamente altos de sais solúveis e sódio trocável. Características estas que dificilmente poderão ser alteradas pela intervenção do homem.

2. ESTRESSE

Conceitos

Condições ambientais de clima e solo, que levam ao desequilíbrio fisiológico das plantas, causando injúrias irreversíveis.

Tipos de estresse

Hídrico

Excesso ou falta de água que ocasiona injúrias, com fechamento dos estômatos, alterações fisiológicas, perda da turgescência, necrose das células, podendo levar a planta até a morte.

Térmico

Em condições tropicais, é muito comum as temperaturas elevarem-se acima de 35°C, o que ocasiona alterações fisiológicas nas plantas, com desestabilização das membranas e vazamento celular, o que resulta na morte da célula. Isto acontece por serem as membranas compostas por fosfolipídios, os quais

Lumínico

As plantas autotróficas são diretamentè influenciadas pela intensidade luminosa, que é direcionada para a fotossíntese.

Existem diferenças marcantes nos cloroplastos, entre plantas de sombra e plantas de sol, nas primeiras os granas são muito grandes com aproximadamente 100 tilacóides por granum orientados irregularmente nos cloroplastos. No caso das plantas de sol, os cloroplastos estão orientados em um plano.

As plantas de sombra são sensíveis ao excesso de luz, assim como folhas de plantas de sol desenvolvidas sob baixa luminosidade não realizam fotossíntese e acabam por serem eliminadas pois tornam-se dependentes das folhas que estão bem iluminadas.

Nutricional

O estresse nutricional é causado tanto pela deficiência como pelo excesso de nutrientes fornecidos 'as plantas.

Mecanismo centralizado de resposta ao estresse

Muitos fisiologistas tem observado que a resposta individual das plantas à maioria dos estresses ambientais consiste na mudança do balanço hormonal, freqüentemente produzindo mais ácido abscíssico e menos citocininas (Chapin, 1991).

3. NUTRIENTES ESSENCIAIS E SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

A nutrição das fruteiras é decorrente de inúmeros processos físicos, químicos, fisiológicos e biológicos, resultantes das interações entre as plantas e o meio na qual estão estabelecidas. Por serem cultivadas em unidades de solo com características químicas e físicas muito variáveis, é importante que as plantas recebam quantidades de nutrientes, em acordo com o meio em que se desenvolvem, e que estas quantidades supram suficientemente às necessidades nutricionais da cultura para vegetar e produzir de maneira satisfatória.

As plantas necessitam de dezesseis elementos minerais para o seu desenvolvimento: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, molibdênio, cobre, ferro, manganês e zinco.

O carbono e o oxigênio são obtidos através do ar, na forma de CO_2 e O_2 que são utilizados nos processos de fotossíntese e respiração. O hidrogênio, assim como o oxigênio são encontrados na água. Os outros elementos são encontrados no solo sob diversas formas (Tisdale et al., 1985). Os nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são exigidos em grandes quantidades pelas plantas, sendo denominados macronutrientes; e os que são exigidos em pequenas quantidades: boro, cloro, molibdênio, cobre, ferro, manganês e zinco, são chamados de micronutrientes.

A carência ou o excesso de um ou mais nutrientes pode ser caracterizada por meio de sintomas visíveis nas folhas, ramos e frutos. No entanto, quando os sintomas de deficiência se manifestam, a produção das plantas e a qualidade dos frutos já terão sido reduzidas substancialmente. O mais aconselhável é monitorar-se os pomares por meio de análises foliares, evitando-se, desse modo, o aparecimento de sintomas de deficiência ou excesso nutricional (Albuquerque, 1996).

Macronutrientes

Na Tabela 01 são descritos aspectos relacionados com a forma na qual os macronutrientes são absorvidos, mobilidade destes no solo e na videira, função desempenhada nas plantas e compostos formados.

Nitrogênio

O nitrogênio é absorvido pelos vegetais tanto na forma de amônia (NH_4^+) como na forma de nitrato (NO_3^-). Como amônia, deve ser de imediato incorporada aos compostos orgânicos na raiz, enquanto que o nitrato é móvel no xilema e pode ser armazenado nos vacúolos da raiz, dos ramos e órgãos de reserva (Marschner, 1995). No caso das fruteiras, quase todo o nitrogênio é absorvido e transportado até as folhas na forma de NO_3^-, onde sofre redução para NO_2^- e após para NH_4^+, na presença da enzima redutase do nitrato. A partir do NH_4^+ tem início o processo de síntese de compostos orgânicos como, aminoácidos, pigmentos da clorofila, proteínas, hormônios, alcalóides e fosfatos orgânicos.

Figura 1. Deficiência de nitrogênio em videira da cultivar Italia desenvolvidas em solução nutritiva. (Foto: Albuquerque, 1999)

Tabela 1. Aspectos relacionados com a forma encontrada no solo e absorvida de macronutrientes, mobilidade no solo e nas plantas, funções e compostos formados nas fruteiras.

Macro-nutrientes	Forma encontrada no solo	Forma absorvida	Mobilidade no solo	Mobilidade na planta	Função nas Fruteiras	Compostos formados
N	Na forma orgânica em aminoácidos e proteínas. Inorgânica: NH_4^+ e NO_3^-	NO_3^- NH_4^+	Muito móvel	Muito móvel	Importante no metabolismo como composto	Aminoácidos e proteínas, aminas, amidas, aminoaçúcares, purinas e pirimidinas, alcalóides, molécula de clorofila, citocininas, coenzimas, vitaminas, pigmentos
P	Fosfatos de cálcio, de ferro e de alumínio e forma orgânica	$H_2PO_4^-$	Pouco móvel	Muito móvel	Armazenamento e transferência de energia; estrutural, principalmente nas membranas	Ésteres de carboidratos nucleotídeos e ácidos nucléicos, coenzimas e fosfolipídios
K	Minerais primários e secundários, na forma trocável, adsorvido aos colóides do solo e às micelas coloidais da M.O.	K^+	Móvel	Muito móvel	Abertura e fechamento dos estômatos, síntese e estabilidade de proteínas, relações osmóticas, síntese e translocação de carboidratos, ativação enzimática e neutralização de ác. orgânicos	Compostos desconhecidos, predominando na forma iônica
Ca	Minerais primários e secundários, adsorvido aos colóides do solo e às micelas coloidais da M.O.	Ca^{2+}	Pouco móvel	Imóvel	Síntese de proteínas, ativação enzimática, forma a parede celular, permeabilidade das membranas	Pectato de cálcio, fitato, carbonato oxalato de cálcio
Mg	Minerais primários e secundários, na forma trocável e adsorvido às micelas coloidais da M.O.	Mg^{2+}		Móvel	Ativação enzimática, estabilidade de ribossomos, fotossíntese, aumenta a absorção do fósforo	Clorofila
S	Sulfatos adsorvidos ao complexo sortivo do solo e como compostos orgânicos	SO_4^-		Baixa mobilidade	Grupo ativo de enzimas e coenzimas	Cisteína, cistina,metionina e taurina; glutatione, glicosídeos e sulfolipídios, coenzimas

Praticamente não são observados sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em videiras e outras fruteiras no Submédio São Francisco. Isto ocorre porque os fruticultores da região, além da adubação com nitrogênio mineral aplicam 20 a 60m^3/ha de esterco de curral por ciclo das culturas. Este esterco apresenta em média 1% de N.

Na videira o excesso de nitrogênio pode resultar em aumento de vigor das plantas, atraso na maturação dos cachos, dessecamento da ráquis e dos sarmentos, predisposição à doenças e desequilíbrio na relação carbono /nitrogênio. Esta relação em conjunto com o balanço hormonal entre citocininas e giberelinas regula todo o mecanismo de diferenciação e indução das gemas florais, provocando a diminuição da fertilidade das gemas (Srinivasan e Mullins, 1981). Na mangueira ocorre efeitos semelhantes quando da utilização de adubações com doses excessivas de nitrogênio.

Fósforo

O fósforo é absorvido de modo geral na sua forma mais oxidada ($H_2PO_4^-$) passando na planta a forma de fosfato inorgânico ou é esterificado através de um grupamento hidroxila, como um simples fosfato éster ou ainda junta-se a outro fósforo inorgânico através de ligações pirofosfato que é riquíssima em energia, p.e. na ATP. Componente importante da membrana plasmática, que é constituída por dupla camada de fosfolipídios (lecitina + longa cadeia de ácidos graxos polinsaturados) (Marschner, 1995).

Os sintomas de deficiência ocorrem, inicialmente, nas folhas mais velhas e se caracterizam por uma clorose e presença de antocianina (coloração roxo-violeta), evoluindo para necrose e secamento.

A deficiência desse elemento causa redução no desenvolvimento do sistema radicular, retardamento no crescimento e escassa lignificação dos tecidos (Fregoni, 1980). Entretanto, essa sintomatologia se manifesta apenas quando a deficiência é muito acentuada, o que geralmente não acontece com a maioria das fruteiras estabelecida em campo.

Na região do Submédio São Francisco, são utilizadas grandes quantidades de fertilizantes fosfatados minerais e também de esterco animal (0,1 a 0,5% de P), não se observando, portanto, sintomas de deficiência deste nutriente nos pomares. O excesso de fósforo, contudo, pode causar deficiência de ferro e de zinco (Fregoni, 1980).

Potássio

A carência desse elemento interfere na síntese protéica, causando a elevação na quantidade de aminoácidos livres, retarda a maturação e promove a produção de cachos pequenos, frutos duros, verdes e ácidos tanto na videira (Weaver, 1976) como em outras frutíferas.

Os sintomas de deficiência de potássio, em videiras, manifestam-se, em primeiro lugar, nas folhas mais velhas como um amarelecimento internerval em cultivares de uvas

brancas, seguida de necrose da zona periférica do limbo que vai progredindo para o interior do tecido internerval. Em cultivares de uvas roxas, as folhas apresentam, inicialmente, uma coloração arroxeada entre as nervuras, seguindo-se de necrose progressiva dos tecidos do limbo.

A deficiência de potássio nas plantas estaria relacionada, principalmente, ao baixo teor de potássio no solo e adubação potássica deficiente. Entretanto, excesso de fertilizantes nitrogenados, teores elevados de cálcio e magnésio no solo, em relação ao potássio, falhas no sistema de irrigação, danos no sistema radicular e lençol freático na altura da zona radicular, são fatores que, isoladamente ou em conjunto, dificultam a absorção de potássio pelas raízes, favorecendo o aparecimento dos sintomas de deficiência.

O cloreto de potássio é a fonte mais econômica de potássio. Entretanto, seu uso não deve ser generalizado, uma vez que o íon cloreto pode causar injúria salina às plantas, principalmente em solos rasos e mal drenados e que apresentem algum indício de salinização.

Cálcio

O papel principal do cálcio é a estabilidade das membranas, mantendo a integridade das células (Marschner, 1995). A deficiência neste nutriente causa a paralisação do crescimento dos ápices meristemáticos dos ramos e das raízes, retardando o desenvolvimento das plantas (Tisdale et al., 1985). Nas folhas jovens a deficiência se manifesta por uma clorose internerval e marginal, seguida de necrose das margens do limbo, podendo ocasionar, ainda, a morte dos ápices vegetativos.

Em mangueiras o cálcio é muito importante no desenvolvimento dos frutos, principalmente nas cultivares com pouca fibra, as quais são sensíveis ao amolecimento interno da polpa.

Figura 2. Deficiência de cálcio em plantas novas de videira com morte da gema apical. (Foto: Albuquerque, 1999)

Magnésio

A principal função do magnésio nas folhas verdes é participar como átomo central da molécula da clorofila Plantas deficientes em magnésio apresentam clorose internerval

nas folhas velhas, sendo que as nervuras permanecem verdes. Em cultivares de uvas brancas as manchas cloróticas evoluem até a necrose dos tecidos do limbo. Em cultivares de uvas tintas as manchas tomam coloração arroxeada, evoluindo, também, até a necrose do tecido. A deficiência de magnésio pode ocorrer em parreirais ainda em formação, cultivados em solos arenosos com baixa capacidade de troca de cátions (Winkler et al., 1974). Nos solos arenosos do Submédio São Francisco vêm sendo constatados sintomas de deficiência de magnésio em plantas de videira, nas fases de formação, colheita e repouso. Os sintomas podem ser confundidos com os de deficiência de potássio, sendo recomendada a realização de análise foliar para averiguação.

Enxofre

Na região do Submédio São Francisco a carência de enxofre dificilmente será encontrada nas fruteiras, uma vez que a disponibilidade deste nos solos é capaz de sustentar a produção, assim como, a incorporação de fertilizantes químicos e orgânicos ao solo e a utilização de defensivos contendo enxofre, garantem um suprimento adicional desse nutriente para a cultura, além de ser absorvido via foliar como gás sulfídrico SO_2.

Micronutrientes

Na Tabela 02 são descritos aspectos relacionados com a forma na qual os micronutrientes são absorvidos, mobilidade destes no solo e nas fruteiras, função desempenhada nas plantas e compostos formados.

Boro

Parr e Loughman (1983) postularam uma longa lista da função do boro nas plantas (transporte de açucares, síntese da parede celular, lignificação, metabolismo dos carboidratos, metabolismo do RNA, respiração, metabolismo do ácido indolacético, metabolismo dos fenóis e integridade da membrana plasmática).

Os sintomas de deficiência manifestam-se, primeiramente, nas folhas novas, evoluindo para as flores, uma vez que a polinização e a frutificação não só da videira, como também da goiabeira, são os processos fisiológicos mais sensíveis à deficiência de boro (Christensen et al., 1978; Albuquerque, 1999 - não publicado).

Na videira, a carência desse elemento provoca diminuição dos internódios, emissão de feminelas, morte do ápice vegetativo e envassouramento. Nos cachos florais, ocorre aborto excessivo de flores, raleando os cachos. A calíptra não se solta com facilidade por ocasião da florada, permanecendo sobre a baga em desenvolvimento. Pode ocorrer dessecamento parcial ou total dos cachos, necrose nas bagas, interna e externamente (Winkler et al., 1974; Christensen et al., 1978; Nogueira & Fráguas, 1984). Na goiabeira, as flores são abortadas, e os frutos não se formam. O boro parece fazer parte da formação da parede celular e, em plantas deficientes, há o rápido endurecimento da parede, o que não permite o aumento normal do volume da célula (Fregoni, 1980).

Na região do Submédio São Francisco pode-se observar sintomas de toxidez desse elemento em algumas culturas, em conseqüência da adubação em excesso com bórax ou ácido bórico nos pomares.

Cobre

A carência desse elemento não é comum na videira. Em algumas situações pode-se observar danos causados pelo excesso de cobre, tais como: clorose das folhas e dos ramos novos, principalmente, devido ao bloqueio do ferro, desenvolvimento reduzido da parte aérea e do sistema radicular, baixa germinação do pólen, resultando em baixa fertilização das flores, com uma queda acentuada de bagas (Nogueira & Fráguas, 1984). A toxicidade de cobre ocorre em conseqüência da aplicação de fungicidas cúpricos no controle do míldio da videira, que se acumulam no solo.

O cobre pode ser tóxico para algumas fruteiras, inibindo o crescimento das raízes e dos ramos (p.e. pessegueiro).

Ferro

A carência de ferro que se manifesta na videira devido ao excesso de cálcio no solo, é conhecida como clorose férrica. Essa clorose também está relacionada ao conteúdo excessivo de outros elementos no solo como fósforo, potássio, manganês e cobre. Em condições de excesso de matéria orgânica e encharcamento do solo, há também, formação de compostos insolúveis de ferro, tornando-o indisponível para as plantas (Tisdale et al., 1985).

O ferro é um elemento imóvel na planta, por essa razão os sintomas de deficiências surgem nas partes terminais com paralisação do crescimento. A deficiência aparece como uma clorose internerval do limbo, iniciando-se pelas folhas jovens, com sucessiva necrose da margem do limbo e queda das folhas (Christensen et al., 1978; Nogueira & Fráguas, 1984).

Figura 3. Sintoma de deficiência de ferro, com amarelecimento internerval da folhagem da videira (Foto: Albuquerque, 1999).

Tabela 2. Aspectos relacionados com a forma encontrada no solo e absorvida de micronutrientes, mobilidade nas plantas, funções e compostos formados nas fruteiras.

Micro-nutrientes	Forma encontrada no solo	Forma absorvida	Mobilidade na planta	Função na planta	Compostos formados
B	Borossilicatos, combinado com os complexos argilo-húmico	$B_4O_7^{2-}$, $H_2BO_3^-$ HBO_3^{2-}, BO_3^{3-}	Imóvel	Metabolismo e movimento de carboidratos, coordenação com fenóis e divisão celular	Borato, cadeia em composto com polióis
Cu	Adsorvido aos minerais de argila, aos hidróxidos de ferro e às micelas dos colóides orgânicos	Cu^{2+} e Cu^{+}	Imóvel	Grupo ativo de enzimas, fotossíntese	Polifenoloxidase, plastocianina, azurina, estelacianina, umecianina
Fe	Minerais primários e secundários, forma quelatos com M.O.	Fe^{2+} e Fe^{3+}	Imóvel	Síntese de proteínas, síntese da clorofila, grupo ativo em enzimas e em transportadores de elétrons	Citocromo, ferredoxina, catalase, peroxidase, redutase de nitrato, nitrogenase redutase de sulfito
Mn	Minerais primários e secundários, forma quelatos com M.O.	Mn^{2+}	Pouco móvel	Fotossíntese, metabolismo de ácidos orgânicos	Manganina
Zn	Minerais primários, formas trocáveis na argila e matéria orgânica	Zn^{2+}	Pouco móvel	Enzimas	Anidrase carbônica, aldolase
Cl	Ocorre como íon cloreto	Cl^-	---	Fotossíntese	Cloretos
Mo	Minerais primários e secundários, adsorvidos a óxidos hidratados de Fe e Al, na matéria orgânica	MoO_4^{2-}	Móvel	Fixação de N_2, redução de NO_3^- a NO_2^- e oxidação do ácido ascórbico	Redutase de nitrato e nitrogenase

Manganês

A carência manifesta-se por clorose marginal e internerval não bem definida nas folhas maduras (Fregoni, 1980). Todavia em solos tropicais ácidos e em solos mal drenados, com problemas de encharcamento, acontece uma redução do manganês, que é liberado para a solução do solo em teores considerados tóxicos para as videiras. A toxidez se manifesta com necrose das folhas, dessecamento e desfolhamento (Fregoni, 1980).

Zinco

Os sintomas de deficiência surgem nas folhas novas e variam de acordo com o grau da deficiência e entre variedades (Christensen et al., 1978). Geralmente os internódios ficam curtos, com folhas pequenas e cloróticas - folhas em roseta, com uma faixa verde ao longo das nervuras principal e secundária. Os efeitos da deficiência de zinco são mais sentidos em condições de alta intensidade luminosa, Quando faz-se necessária a presença da enzima Cu-Zn superoxido dismutase para reduzir o O_2^- formando H_2O (Marschner, 1995).

Videiras deficientes em zinco tendem a produzir cachos menores que o normal. As bagas apresentam tamanho variável, de normal a muito pequenas. Em variedades com semente, as bagas de menor tamanho podem não apresentar semente. Essas bagas geralmente permanecem duras e verdes e não amadurecem.

A deficiência ocorre em vários tipos de solo, tanto arenosos, como calcários e em presença de encharcamento e de altos níveis de nitrogênio, de fósforo e de matéria orgânica no solo.

Molibdênio

A deficiência se manifesta nas folhas como clorose, nervuras brancas, deformação e necrose nas margens, devido ao excesso local de nitrato (Fregoni, 1980). A carência de molibdênio em videiras é pouco freqüente. No entanto, pode ocorrer em plantações do Submédio São Francisco, uma vez que a carência desse nutriente já foi diagnosticada em melão (Faria & Pereira, 1982).

Cloro

As plantas são suplementadas de diversas formas com cloro (reservas do solo, água de irrigação, chuvas, fertilizantes, poluição atmosférica), de tal forma que é muito mais comum essas apresentarem toxidez do que deficiência neste nutriente.

O cloro é absorvido na forma de Cl^-, mas suas funções na planta são controversas, a não ser no crescimento e na fotólise da água. Em excesso, o cloro provoca toxidez, caracterizada por necrose das bordas das folhas (Christensen et al., 1978).