

Nutrição e adubação de hortaliças em cultivo protegido

*Sanzio Mollica Vidigal¹, Marialva Alvarenga Moreira², Ítalo Morais Rocha Guedes³,
Juscimar da Silva⁴, Marinalva Woods Pedrosa⁵*

Resumo - Em ambiente protegido, as adubações são feitas por meio da mistura de água e de adubos dissolvidos, chamada solução de nutrientes ou solução nutritiva, no caso da hidroponia, e, no cultivo em solo ou substrato, por meio da fertirrigação. A marcha de absorção dos nutrientes informa as épocas em que as plantas absorvem os nutrientes. Assim, o manejo da adubação em ambiente protegido, seja por meio de solução nutritiva seja via água de irrigação, permite subdividir a adubação ao longo do ciclo da cultura, otimizando a utilização dos nutrientes no momento mais adequado. A qualidade da água, a quantidade total de sais na água, a salinização do solo, a solubilidade dos fertilizantes e a compatibilidade para misturas das diferentes fontes de nutrientes são fundamentais no manejo da nutrição e na adubação de hortaliças em ambiente protegido.

Palavras-chave: solução nutritiva; absorção de nutrientes; salinização; qualidade da água; condutividade elétrica.

Nutrition and fertilization of vegetables in protected cultivation

Abstract - In a protected environment, fertilization is done by mixing water and dissolved fertilizers, known as a nutrient solution or nutrient solution, in the case of hydroponics, and in soil or substrate cultivation through fertigation. The nutrient absorption pattern informs the times when plants absorb nutrients, so managing fertilization in a protected environment, whether through nutrient solution or irrigation water, allows for the possibility of dividing fertilization throughout the crop cycle, optimizing nutrient utilization at the most appropriate times. Water quality, total salt content in water, soil salinization, fertilizer solubility, and compatibility for mixing different nutrient sources are essential in managing the nutrition and fertilization of vegetables in a protected environment.

Keywords: nutrient solution; nutrient absorption; salinization; water quality; electrical conductivity.

INTRODUÇÃO

Em ambiente protegido, a produção de hortaliças, tradicionalmente, é realizada em sistemas hidropônicos – nutriente film techine (NFT), floating ou sistema flutuante, subirrigação, gotejamento e aeroponia, – em solo ou em substrato – vaso ou bag. Assim, as adubações são feitas por meio da mistura de água e de adubos dissolvidos, chamada solução de nutrientes ou solução nutritiva. No caso da hidroponia e no cultivo em solo ou em

substrato por meio da fertirrigação, os adubos são específicos, mais puros e mais solúveis do que os utilizados na adubação convencional realizada em solo.

O fornecimento de nutrientes via fertilizantes é importante no cultivo das plantas, devendo estes serem adicionados nas quantidades, nas formas e no momento mais adequado, para obter alta produtividade e máximo retorno econômico.

Para a recomendação da adubação, utiliza-se o conhecimento das necessida-

des nutricionais das culturas, bem como a importância e a função de cada nutriente nas plantas, evidenciadas pelas funções metabólicas e estruturais desempenhadas.

A planta obtém os elementos essenciais como o carbono (C), do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, e o hidrogênio (H) e o oxigênio (O), da água e do ar. Os demais nutrientes, classificados em macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); e micronutrientes: boro (B), zinco

¹Engenheiro-agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista BIPDT FAPEMIG, Viçosa, MG, sanziomv@epamig.br.

²Engenheira-agrônoma, D.Sc., Bolsista BDCT&I Nível I/EPAMIG Centro-Oeste - CESR, Prudente de Morais, MG, marialvamoreira@yahoo.com.br.

³Engenheiro-agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, italo.guedes@embrapa.br.

⁴Engenheiro-agrônomo, D.Sc., Pesq. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, juscimar.silva@embrapa.br.

⁵Engenheira-agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Centro-Oeste - CESR, Prudente de Morais, MG, marinalva@epamig.br.

Submissão: 11.04.2024 - Aprovação: 03.05.2024

(Zn), manganês (Mn), molibdênio (Mo), cobre (Cu), ferro (Fe), cloro (Cl) e níquel (Ni), no caso da produção em ambiente protegido, são obtidos da solução do solo, solução nutritiva ou via fertirrigação. Cada nutriente desempenha funções bioquímicas ou biofísicas específicas na célula, sendo que a ausência de um desses dificulta o metabolismo e impede a planta de completar o ciclo.

Uma das principais vantagens no manejo da adubação em ambiente protegido, seja por meio de solução nutritiva seja via água de irrigação, é a possibilidade de subdividir a adubação ao longo do ciclo da cultura, visando otimizar a utilização dos nutrientes pelas espécies agrícolas no momento mais adequado.

A aplicação de fertilizantes solúveis na água visa prover os nutrientes certos, nas quantidades necessárias ao estágio fisiológico da planta. Isto só é possível se houver disponibilidade de informação quanto à curva/marcha de absorção de nutrientes da espécie cultivada em questão, nem sempre disponível para as condições brasileiras. Assim, o manejo da adubação via água permite ajustes precisos de acordo com as fases de desenvolvimento das plantas, o que melhora a eficiência no uso de fertilizantes ao minimizar as perdas.

ABSORÇÃO DE NUTRIENTES PELAS CULTURAS

A marcha de absorção dos nutrientes, expressada na forma de curvas de resposta em função da idade das plantas, informa as épocas em que estas absorvem os nutrientes em maiores quantidades, aumentando assim o conhecimento sobre quando a adição de nutrientes às plantas faz-se necessária. Por isso, constitui ferramenta importante para o manejo da fertilização das culturas.

As necessidades nutricionais das hortaliças, em cada fase de crescimento, estão predominantemente associadas a dois processos: formação de órgãos vegetativos e formação de órgãos reprodutivos. Embora exista uma dependência entre a curva de

absorção de nutrientes e a curva de acúmulo de massa seca das plantas (Gráfico 1A), não há completa coincidência entre ambas, pelas diferenças no que se refere a variações no estágio de desenvolvimento e nas necessidades de nutrientes específicos.

Há hortaliças cuja produção é limitada a determinadas fases, enquanto outras apresentam um padrão contínuo de produção ao longo do tempo, o que leva a diferenças nas curvas de absorção de nutrientes. Como qualquer organismo em desequilíbrio, as hortaliças adubadas de forma inadequada são mais vulneráveis a doenças, como tem sido observado repetidamente, embora a interpretação das associações entre as concentrações de determinados nutrientes e o estado fitossanitário não seja simples, por causa de outras interações.

Concentrações equilibradas de nutrientes no tubérculo de batata são importantes para um bom desenvolvimento inicial da planta, podendo interferir na produtividade. A planta da batata aproveita as reservas acumuladas nos tubérculos-semente para seu crescimento inicial, emissão de raízes e hastes. A absorção de nutrientes segue o padrão da curva de acúmulo de massa seca pelas plantas, sendo K e N, os macronutrientes, e Fe e Mn, os micronutrientes mais absorvidos pela maioria das hortaliças (Quadro 1). No entanto, pequenas varia-

ções podem ocorrer na ordem de absorção e de quantidade de nutrientes, em função do ambiente, da época de cultivo, da espécie e da cultivar ou híbrido utilizados. Vale ressaltar que o conhecimento da curva de absorção de nutrientes é ferramenta fundamental no planejamento da adubação, principalmente no cultivo protegido. Apesar de que, no Brasil, são poucos os trabalhos com a curva de crescimento e de absorção de nutrientes em ambiente protegido, as plantas absorvem e acumulam um pouco mais nutrientes do que em campo aberto, o que resulta em maior produção de massa seca das plantas e, conseqüentemente, maior produtividade, como observado para tomate (Fayad *et al.*, 2001, 2002), e para pepino (Blanco, 2011).

Na hidroponia, tanto o conhecimento dos teores de nutrientes, considerados adequados para uma planta bem nutrida, com boa produtividade e qualidade, quanto o conhecimento dos teores de nutrientes, nas diferentes fases de crescimento e desenvolvimento das plantas, permitem a formulação de solução nutritiva adequada ao cultivo da espécie desejada (Martinez; Clemente, 2011). Para as espécies que produzem frutos (tomate, pepino, pimentão etc.) ou inflorescências (couve-flor, brócolis etc.), é recomendado o manejo diferenciado da adubação em relação à

Quadro 1 - Sequência de absorção de nutrientes por diversas espécies de hortaliças

Espécies de hortaliças	Sequência de absorção de macronutrientes	Sequência de absorção de micronutrientes	Fonte
Alface	K > N > Ca > P > Mg > S	Fe > Zn > B > Mn > Cu	Cruz (2019)
Batata			
Safrada das águas	N > K > Ca > P > Mg > S	Fe > Mn > Zn > B > Cu	Yorinori (2003)
Safrada da seca	K > N > P > Ca > Mg > S	Fe > Mn > Zn > B > Cu	Yorinori (2003)
Couve-flor	N > K > Ca > S > Mg > P	Fe > Mn > Zn > B > Cu	Castoldi <i>et al.</i> (2009)
	K > N > S > P > Mg > Ca	Fe > Zn > B > Mn > Cu	Alves <i>et al.</i> (2011)
Pimentão	N > K > Ca > S > Mg > P	Fe > Mn > Zn > B > Cu	Charlo <i>et al.</i> (2012)
Repolho	K > N > Ca > P > S > Mg	-	Silva <i>et al.</i> (2016)
Tomate			
Campo aberto	K > N > Ca > S > P > Mg	Cu > Mn > Fe > Zn	Fayad <i>et al.</i> (2002)
Cultivo protegido	K > N > Ca > S > Mg > P	Mn > Fe > Cu > Zn	Fayad <i>et al.</i> (2002)

Nota: K - Potássio; N - Nitrogênio; Ca - Cálcio; P - Fósforo; Mg - Magnésio; S - enxofre; Fe - Ferro; Zn - Zinco; B - Boro; Mn - Manganês; Cu - Cobre.

fase de crescimento vegetativo e à fase reprodutiva da planta. Cardoso *et al.* (2019) apresentam para o cultivo hidropônico de tomate, uma solução nutritiva com a concentração de nutrientes ideal para cada fase, de acordo com as quantidades acumuladas de nutrientes, com base na curva de absorção da cultura, como demonstrado para o pimentão (Gráfico 1B).

QUALIDADE DA ÁGUA

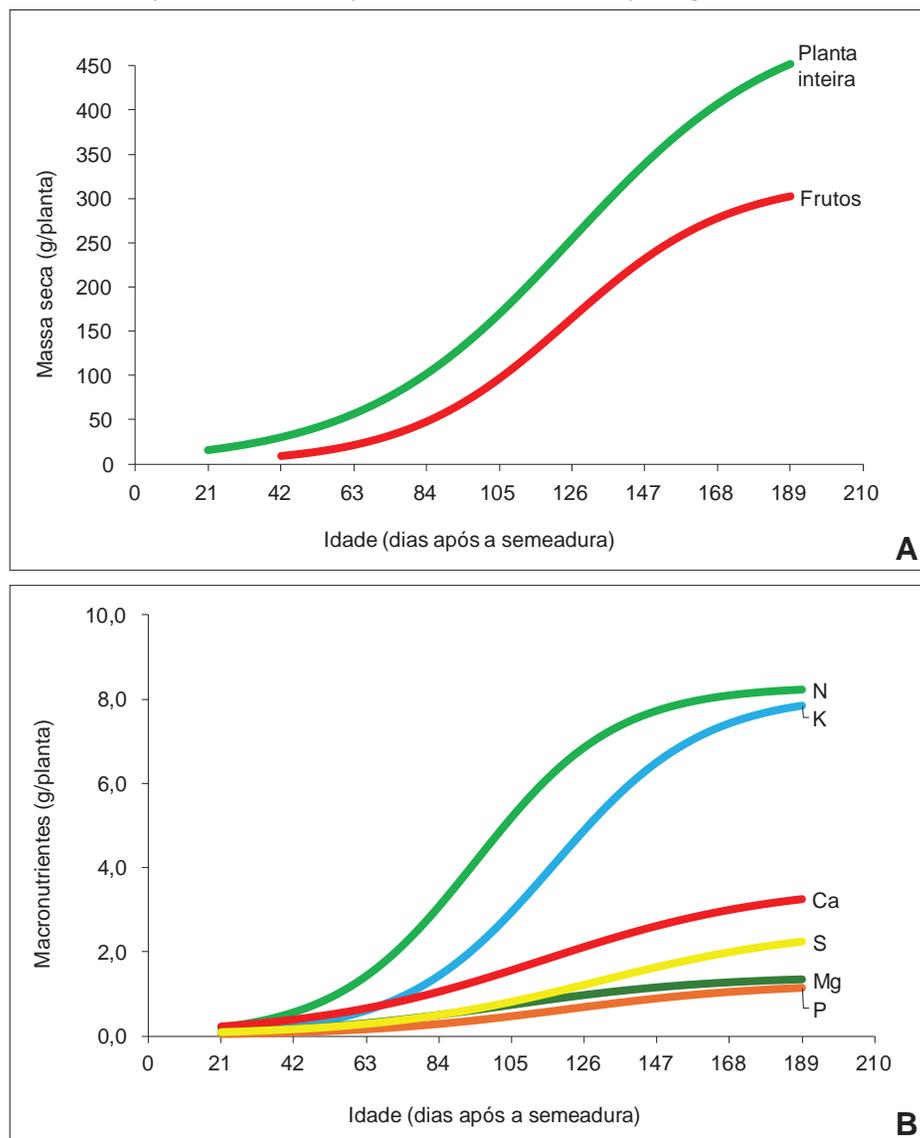
A qualidade da água, tanto para a solução nutritiva quanto para a fertirrigação, é um fator-chave no manejo da nutrição, para evitar problemas nutricionais e fitossanitários. Assim, a análise química e microbiológica da água é fundamental, e isto é necessário porque algumas variáveis químicas da água, os nutrientes presentes, a salinidade e a possível presença de coliformes fecais e/ou patógenos poderão afetar o cultivo das plantas.

O pH indica o grau de acidez ou alcalinidade do meio, seja água, seja solução do solo, seja solução nutritiva. Águas com pH acima de 7,0, por exemplo, podem diminuir a disponibilidade de micronutrientes; por outro lado, águas com pH ácido podem aumentar a disponibilidade de alumínio (Al), elemento tóxico para as plantas, e comprometer a absorção de macronutrientes como Ca e P. Para a maioria das plantas cultivadas, o pH da solução nutritiva deve ser mantido entre 5,5 e 6,5, valores fora dessa faixa podem causar toxidez ou deficiência de nutrientes.

A quantidade total de sais na água ou em uma solução, geralmente, é determinada pela medida da condutividade elétrica (CE). O conhecimento da CE e principalmente dos teores de nutrientes na água é essencial para o manejo da nutrição das plantas, visto que, a depender dos valores, pode ser necessário diminuir a quantidade de adubos aplicados.

A CE da solução nutritiva é um parâmetro importante a ser monitorado em sistemas hidropônicos, pois esta reflete a concentração de nutrientes na solução (Hosseini *et al.*, 2021); e a manutenção da

Gráfico 1 - Quantidades acumuladas de massa seca e de macronutrientes na planta inteira de pimentão em ambiente protegido



Fonte: Adaptado de Charlo *et al.* (2012).

Nota: A - Curvas de acúmulo de massa seca; B - Curvas de absorção de macronutrientes.

N - Nitrogênio; K - Potássio; Ca - Cálcio; S - Enxofre; Mg - Magnésio; P - Fósforo.

CE correta pode evitar o acúmulo de sais na solução, que pode causar danos às raízes das plantas e afetar o crescimento destas (Khan; Purohit; Vadsaria, 2021). Segundo Hosseini *et al.* (2021), a CE ideal para o cultivo hidropônico varia de acordo com a fase de crescimento das plantas e com o tipo de cultivo. Em geral, CE entre 1,2 e 2,0 dS/m é recomendada para plantas em fase vegetativa, enquanto para plantas em

fase de frutificação, o ideal pode chegar a 3,0 dS/m (Sharma *et al.*, 2018). A CE da solução do solo é geralmente mais alta do que a CE da água de irrigação. Isso se deve à dificuldade em lixiviar os nutrientes do solo (já que as argilas retêm boa parte destes) e, ainda, às características físicas, como a tortuosidade e a estreiteza dos poros do solo. Por outro lado, a maior parte dos substratos utilizados no cultivo sem

solo permite uma rápida lixiviação e um melhor controle da CE da solução nutritiva. Assim, a CE da zona das raízes, no cultivo em substrato, pode ser mais baixa e facilmente controlável do que no solo, sob condições de irrigação semelhantes, diminuindo muito o risco por problemas de salinização.

No cultivo hidropônico, o uso de água com teor de cloreto de sódio (NaCl) acima de 50 ppm⁶ (50 g/1.000 L) deve ser evitado por causar fitotoxidez às plantas; água com elevado teor de carbonatos (água dura) pode causar problemas de elevação do pH e indisponibilidade de nutrientes. Não é recomendável utilizar água com CE acima de 0,75 mS/cm (Cardoso *et al.*, 2019). Atenção especial deve ser dada em regiões áridas, em virtude da possibilidade de toxidez de Na (estresse salino) em águas com elevadas concentrações, como pode ocorrer também com águas com excesso de B, neste caso, o fornecimento de B na solução deve ser ajustado. Ainda, águas ricas em Fe podem levar à deficiência de Mn e vice-versa (Martinez, 2021).

SALINIZAÇÃO DO SOLO

No cultivo protegido em solo, alguns produtores aplicam os fertilizantes em toda a área da estufa, isso é relativamente ineficiente, visto que a aplicação de água é geralmente feita via sistemas de irrigação localizada, principalmente gotejamento. As plantas não absorvem nutrientes sem água e, como no gotejamento a maior parte do solo nas estufas permanece seca, estas absorverão apenas os nutrientes que estejam no volume de solo umedecido pelos gotejadores. Neste caso, é mais racional e eficiente aplicar os nutrientes via fertilizantes solúveis dissolvidos na própria água de irrigação.

O cultivo protegido de pimentão em solos apresenta uma série de especificidades que o diferenciam do cultivo em campo aberto (Fig. 1).

Figura 1 - Cultivo de pimentão



Nota: A - Em telado; B - Em campo aberto.

Uma das principais diferenças é o impedimento à entrada de água de chuva no sistema – a água que entra no sistema provém quase unicamente da irrigação, normalmente localizada. Como as doses de adubo são normalmente altas, há uma tendência de acúmulo de sais na superfície, aumentando a CE da solução do solo (Sonneveld; Voogt, 2009). Independentemente das condições do solo e do clima, a salinização em cultivo protegido é quase inevitável.

Além de ser tóxica aos vegetais, comprometendo a produção, a salinização afeta negativamente a estrutura física do solo, por causar repulsão entre as partículas de argila e de material orgânico coloidal, impedindo a formação de agregados no solo. Dessa forma, o solo apresenta quase uma compactação química, comprometendo a infiltração de água e o crescimento do sis-

tema radicular. Se houver disponibilidade de água, isto pode ser evitado aplicando-se periodicamente lâminas de irrigação em excesso, para que ocorra a lavagem ou a lixiviação dos sais acumulados. O ideal seria esta irrigação de lavagem estar associada à drenagem adequada do lixiviado. São importantes também práticas que favoreçam o enriquecimento do solo em matéria orgânica (MO) e, antes de tudo, a aplicação racional dos fertilizantes.

O uso inadequado da fertirrigação em cultivo protegido em solos tem sido causa constante de desequilíbrios nutricionais que comprometem, por vezes, irreversivelmente, a produção agrícola. Isso ocorre, em geral, pela aplicação excessiva de nutrientes, sem obedecer às necessidades do solo e da cultura. Assim como a adubação convencional, o cálculo das quantidades de fertilizantes a serem aplicadas via irrigação

⁶ppm - parte por milhão.

deve ser feito a partir da análise química do solo. Se realizada sem essa ferramenta e sem o conhecimento das necessidades da cultura, a fertirrigação não passará de adivinhação, o que é impensável na moderna produção de hortaliças ou de qualquer cultura.

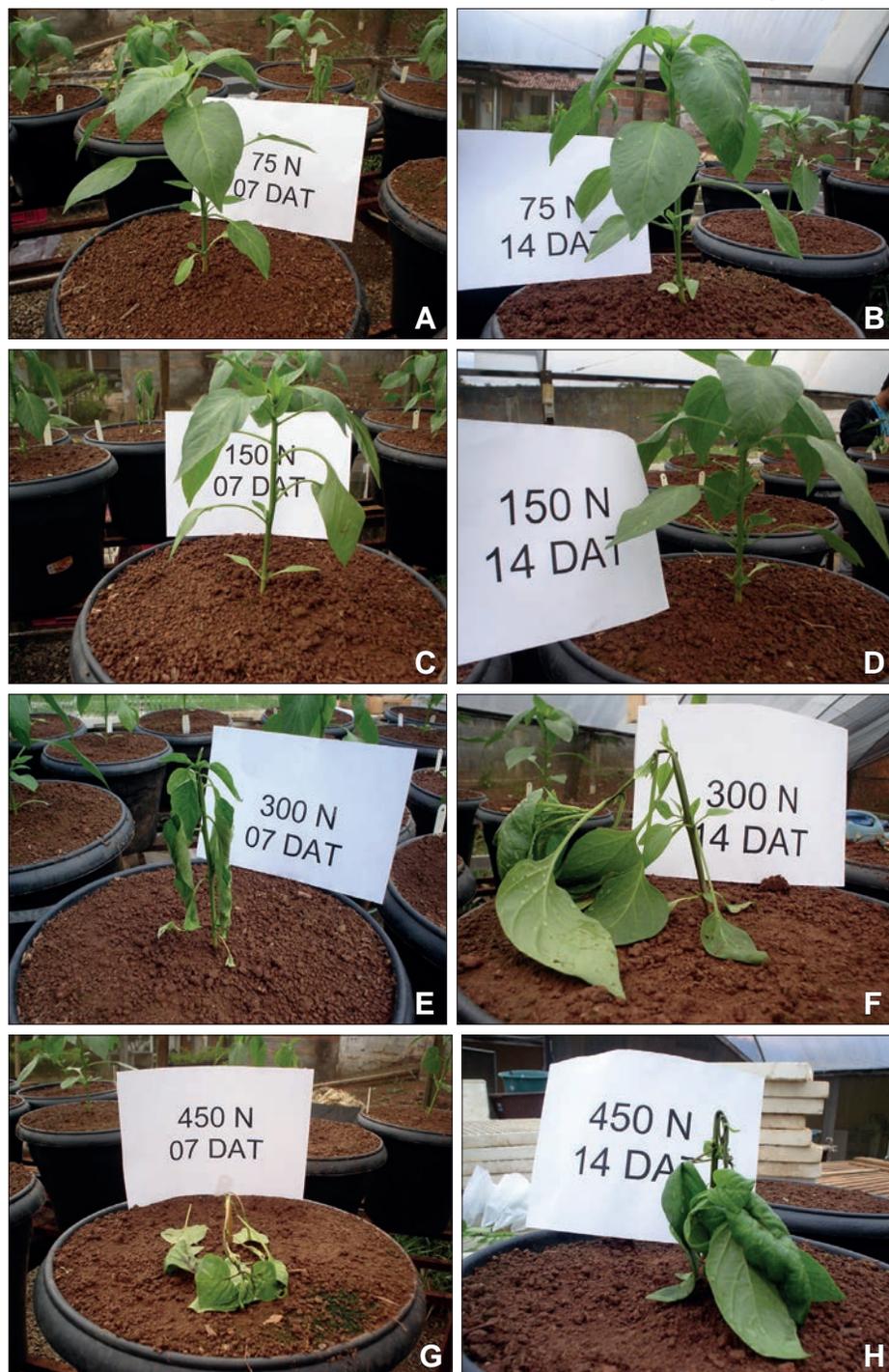
O excesso de N aplicado pode promover o murchamento da planta (Fig. 2), sintoma que pode ser confundido com doenças que provocam o tombamento nas mudas (*Rhizoctonia* spp., *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. e *Colletotrichum* spp.). Além dos problemas de toxidez, o excesso de salinidade pode acarretar problemas físicos, biológicos e nutricionais nas plantas.

ADUBAÇÃO EM CULTIVO SEM SOLO

A produção do tomate cultivado em substrato em cultivo protegido pode ser de 20% a 25% maior do que o cultivado em solo com as mesmas condições (Resh, 2016). As razões desse aumento de produtividade, bem como o de outras culturas olerícolas, são várias e incluem a menor incidência de doenças do sistema radicular, a maior eficiência no uso e na absorção de nutrientes e água, as maiores densidades de planta, a ausência de competição por plantas espontâneas, entre outras (Sonneveld; Voogt, 2009; Resh, 2016). Charlo *et al.* (2012) avaliaram o acúmulo de nutrientes em pimentão cultivado em fibra de coco, e observaram maior eficiência na absorção e no uso de nutrientes e maior produtividade comercial do que, geralmente, a observada em pimentão cultivado em solo, mesmo em cultivo protegido.

Estas vantagens devem-se ao próprio cultivo em ambiente protegido, que, em grande parte, são oriundas da utilização de substratos sem solo. A escolha de um substrato dependerá não só de fatores econômicos, mas também de fatores técnicos, como o comprimento do período de crescimento da cultura, o sistema de cultivo, o sistema de irrigação e o tipo de fertilização a ser aplicado (Sonneveld; Voogt, 2009).

Figura 2 - Plantas de pimentão aos 7 e 14 dias após o transplante (DAT)



Nota: A e B - Plantas normais com 75 kg/ha de N; C e D - Plantas normais com 150 kg/ha de N; E e F - Plantas com sintoma de murchamento e tombamento por excesso de N com 300 kg/ha de N; G e H - Plantas com sintoma de murchamento e tombamento por excesso de N com 450 kg/ha de N.

Outro fator importante está relacionado com o volume de substrato no vaso. Moreira (2008) observou que a produção relativa de tubérculos, em unidade/planta,

aumentou com o incremento no volume de substrato no vaso. Porém, a escolha do tamanho do vaso utilizado influencia o custo de produção, resultado da quantidade

de substrato a ser utilizada, do espaço ocupado na casa de vegetação e da mão de obra. Elevado volume de substrato é justificado pela obtenção de plantas mais vigorosas e pela menor restrição radicular no desenvolvimento e na produtividade da cultura.

FERTILIZANTES

O ponto principal na escolha dos fertilizantes a serem utilizados na adubação é a solubilidade. Os fertilizantes devem apresentar alta solubilidade, isto garante a aplicação da quantidade calculada de nutrientes na solução, bem como evita o entupimento do sistema. Outro detalhe a ser observado nos fertilizantes é a compatibilidade para misturas das diferentes fontes de nutrientes, já que algumas podem ser incompatíveis ou promover a redução da solubilidade, o que pode ser observado na Figura 3. A solubilidade dos fertilizantes é variável, sendo afetada diretamente pela temperatura da água e pela pureza do fertilizante.

No manejo da adubação, havendo necessidade de fertilizantes incompatíveis, recomenda-se aplicá-los de modo isolado e de forma alternada. Em outra situação, as misturas de fertilizantes podem levar à redução da solubilidade, além de formar compostos insolúveis com fosfato e sulfato, o que pode acontecer quando se utiliza a chamada “água dura”, águas ricas em Ca e Mg (Borges; Silva, 2011). Os fertilizantes podem ser sólidos ou líquidos (soluções claras ou coloidais), e são encontrados no mercado em formulações simples ou misturas de nutrientes.

O poder de corrosão é outro fator que pode prejudicar o manejo da fertirrigação, pelo desgaste nos equipamentos. O aço inoxidável praticamente não é alterado pelos fertilizantes, no entanto o alumínio (Al) é o mais afetado, sendo os materiais plásticos os mais resistentes. O sulfato

de amônio, o ácido fosfórico e o fosfato diamônico (DAP) são os mais corrosivos, e a ureia, o menos corrosivo dos adubos nitrogenados (Borges; Silva, 2011). A lavagem do sistema de irrigação com água pura é prática indispensável para prevenção dos danos de corrosão nos equipamentos.

Também a acidez e a condutividade da água de irrigação e da solução de fertilizantes são fatores de grande relevância no manejo da fertirrigação. O pH da solução deve estar entre 5,5 e 6,0. Com valores superiores a 6,3, devem-se evitar misturas de fertilizantes que contenham Ca com os que contenham fosfatos. E, após a adição da solução de fertilizantes, a CE não deve superar 2,0 dS/m. A pressão osmótica deve estar entre 70 kPa⁷ e 100 kPa, e quando a

cultura for tolerante à salinidade, maiores valores são permitidos (Medeiros et al., 2011).

CUIDADOS PRÁTICOS

Quando se opta por realizar a fertirrigação para aproveitar de seus benefícios, alguns cuidados devem ser tomados com vistas a potencializar o fornecimento de nutrientes pelas culturas, sem, com isso, afetar a qualidade química do solo ou induzir reações na química das soluções, que possam tornar indisponíveis os nutrientes essenciais.

Na fertirrigação para os cultivos sem solo, especialmente quando se segue a curva de absorção de nutrientes, é mais viável, economicamente, trabalhar com soluções multinutrientes mais concentra-

Figura 3 - Compatibilidade de fertilizantes para misturas no preparo de soluções para fertirrigação

Fertilizantes	Ureia	Nitrato de amônio	Sulfato de amônio	Nitrato de cálcio	Nitrato de potássio	Cloreto de potássio	Sulfato de potássio	Fosfato de amônio	Fe, Zn, Cu e Mn sulfato	Fe, Zn, Cu e Mn quelato	Sulfato de magnésio	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Ácido nítrico
Ureia														
Nitrato de amônio														
Sulfato de amônio														
Nitrato de cálcio														
Nitrato de potássio														
Cloreto de potássio														
Sulfato de potássio														
Fosfato de amônio														
Fe, Zn, Cu e Mn sulfato														
Fe, Zn, Cu e Mn quelato														
Sulfato de magnésio														
Ácido fosfórico														
Ácido sulfúrico														
Ácido nítrico														

■ Incompatível
 ■ Solubilidade reduzida
 □ Compatível

Fonte: Adaptado de Medeiros et al. (2011).

Nota: Fe - Ferro; Zn - Zinco; Cu - Cobre; Mn - Manganês.

⁷kPa - quilopascal.

das, pois permite ao aplicador o aumento da dosagem de nutrientes, à medida que a planta se desenvolve. Porém, em função das altas quantidades de nutrientes adicionadas, alguns elementos interagem entre si, atingindo o ponto de solubilidade de alguns sais, e, por fim, ficam precipitados no fundo do reservatório. A interação do Ca^{2+} e do sulfato (S-SO_4^{2-}) é o caso mais comum. Outra reação não desejada e que pode ocorrer é a perda do capeamento do íon Fe^{2+} pelo agente quelante, por causa da oxidação pelo sulfato.

Nesse sentido, recomenda-se separar as soluções em duas ou três misturas. Em geral, trabalha-se com dois reservatórios e cada um contém mistura de nutrientes compatíveis. Por exemplo, o nitrato de cálcio e o Fe quelatizado são colocados no reservatório A, e os demais macro e micronutrientes no reservatório B.

Outra prática comum na fertirrigação é o uso do ácido fosfórico, principalmente para limpeza da tubulação. Contudo, não se recomenda o uso deste ácido para águas que contenham concentrações de Ca acima de 50 mg/L ou de bicarbonato (HCO_3^-) superior a 5 mmol/L (≈ 305 mg/L). Do contrário, haverá formação de precipitados de fosfato de cálcio.

Em relação à salinidade que pode ocorrer muito mais rapidamente em cultivo direto no solo, em ambiente protegido, as áreas de produção têm lançado mão dos amostradores da solução do solo, para tomada de decisão de quando apenas irrigar ou fertirrigar. Por meio da análise do extrato de solução do solo tem-se a ideia qualitativa da quantidade de sais presentes no solo e que serão passíveis de absorção pelas plantas.

Essa medida indireta dá-se pela leitura da CE do extrato da solução do solo. Recomenda-se que, antes de promover o acionamento do sistema, se faça a coleta da solução por meio dos extratores de cápsula porosa e, em seguida, a leitura da CE. A partir do valor lido e da tolerância da cultura à salinidade do solo, toma-se a decisão de irrigar (fornecimento apenas de água) ou fertirrigar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No manejo da nutrição e da adubação de hortaliças em ambiente protegido, as adubações são feitas por meio da mistura de água e de adubos dissolvidos, chamada solução de nutrientes ou solução nutritiva, no caso da hidroponia, e no cultivo em solo ou substrato por meio da fertirrigação. Desse modo, com o conhecimento da marcha de absorção dos nutrientes, é possível fornecer nutrientes nas épocas em que as plantas possuem a maior demanda, com a devida precisão, seja por meio de solução nutritiva seja via água de irrigação.

Para a otimização do manejo e a utilização dos nutrientes pelas plantas, cuidados devem ser tomados, com especial atenção para a qualidade da água, a quantidade total de sais na água, a salinização do solo, a solubilidade dos fertilizantes e a compatibilidade para misturas das diferentes fontes de nutrientes, fundamentais no manejo da nutrição e adubação de hortaliças em ambiente protegido.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio financeiro nos Projetos de Desenvolvimento Científico, Tecnológico e Inovação e pelas bolsas BIPDT e BDCT&I.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A.U. *et al.* Couve-flor cultivada em substrato: marcha de absorção de macronutrientes e micronutrientes. **Ciência e Agro-tecnologia**, Lavras, v.35, n.1, p.45-55, jan./fev. 2011.
- BLANCO, F.F. Irrigação e fertirrigação na cultura do pepino. In: SOUSA, V.F. de *et al.* (ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap.24, p.689-717.
- BORGES, A.L.; SILVA, D.J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V.F. de *et al.* **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap.7, p.253-264.
- CARDOSO, D.S.C.P. *et al.* Cultivo hidropônico de hortaliças: uma oportunidade para a

produção em pequena e em grande escalas. **Informe Agropecuário**. Produção de hortaliças em pequena e grande escalas, Belo Horizonte, v.40, n.308, p.69-83, 2019.

CASTOLDI, R. *et al.* Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.4, p.438-446, out./dez. 2009.

CHARLO, H.C. de O. *et al.* Accumulation of nutrients in sweet peppers cultivated in coconut fiber. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.30, n.1, p.125-131, jan./mar. 2012.

CRUZ, R. da. **Curva de acúmulo de nutrientes em dois cultivares de alface crespa**. 2019. 57f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

FAYAD, J.A. *et al.* Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.1, p.90-94, mar. 2002.

FAYAD, J.A. *et al.* Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.19, n.3, p.232-237, nov. 2001.

HOSSEINI, H. *et al.* Nutrient use in vertical farming: optimal electrical conductivity of nutrient solution for growth of lettuce and basil in hydroponic cultivation. **Horticulturae**, v.7, n.9, p.283, 2021.

KHAN, S.; PUROHIT, A.; VADSARIA, N. Hydroponics: current and future state of the art in farming. **Journal of Plant Nutrition**, v.44, n.10, p.1515-1538, June 2021.

MARTINEZ, H.E.P. **Manual prático de hidroponia**. 4.ed. atual. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2021. 294p.

MARTINEZ, H.E.P.; CLEMENTE, J.M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, MG: UFV, 2011. 76p.

MEDEIROS, J.F. de *et al.* Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V.F. de *et al.* (ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. cap.8, p.265-288.

MOREIRA, M.A. **Características da planta e produção de batata-semente básica em substrato com diferentes materiais de propaga-**

ção. 2008. 174p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

RESH, H.M. **Hydroponic food production:** a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. 7th ed. Boca Raton: CRC Press, 2016. 560p.

SHARMA, N. *et al.* Hydroponics as an advanced technique for vegetable production:

an overview. **Journal of Soil and Water Conservation**, n.17, n.4, p.364-371, 2018.

SILVA, L.O.D. **Influência de doses e modos de aplicação de fósforo e determinação da curva de acúmulo de nutrientes na cultura do repolho.** 2016. 41f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, MG, 2016.

SONNEVELD, C.; VOOGT, W. **Plant nutrition of greenhouse crops.** Dordrecht: Springer, 2009. 431p.

YORINORI, G.T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. 'Atlantic'.** 2003. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

Inovações na pós-colheita e qualidade do café

Produção de cafés especiais

Efeito das características ambientais na qualidade do café

Melhoramento Genético do Cafeeiro Arábica

Planejamento da colheita e pós-colheita

Mapeamento da qualidade do café na propriedade

Processamento do café e suas implicações na qualidade

Armazenamento do café

Leia e Assine o
INFORME AGROPECUÁRIO
(31) 3489-5002
livraria@epamig.br
www.livrariaepamig.com.br