

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS

Roberto Lyra Villas Boas¹
Clarice Backes²
Thais Regina de Souza³
Poliana Rocha D'Almeida Mota³

1. INTRODUÇÃO

O mundo vive hoje um paradigma: a produção agrícola deverá aumentar para atender a demanda de uma população crescente, por outro lado, os meios para esta produção (terra, água e mesmo alguns insumos) vem a cada dia se restringindo. Essa situação estimula uma série de atitudes para racionalizar os recursos disponíveis, porém, mesmo considerando um uso mais eficiente desses recursos a produtividade terá que ser intensificada.

Com a globalização na produção agrícola, a concorrência entre os países não se restringe apenas em diminuir custos para poder competir nesse mercado, mais também melhorar a qualidade do produto comercializado.

Dentro de uma agricultura moderna, tanto a produtividade como a qualidade dos produtos agrícolas devem ser geradas dentro de uma agricultura sustentável, que prima pelo bom manejo de água e fertilizantes. Essa preocupação é mundial e no mercado globalizado esta questão tem sido colocada em pauta no fechamento dos contratos de comercialização.

É dentro desse novo paradigma: produzir com qualidade, em quantidade, usando eficientemente os recursos e de maneira sustentável que está inserida a fertirrigação. Esta técnica tem se mostrado efetiva no aumento da produtividade e na eficiência de utilização de fertilizantes, com reflexos favoráveis ao meio ambiente. Em países Europeus onde as adubações são feitas em grandes quantidades,

¹ Dr. Roberto Lyra Villas Boas – Prof. Adjunto do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Botucatu-SP. Bolsista Produtividade CNPq.

rlvboas@fca.unesp.br

^{2,3} Eng. Agrônomo, respectivamente doutorandas do Programa de Horticultura e Irrigação e Drenagem – FCA- UNESP- Botucatu.

contaminações de águas profundas com nitrato tem sido minimizadas com a técnica da fertirrigação.

A área irrigada no Brasil tem crescido a uma taxa de 80 mil hectares/ano e a área atual representa 10% da potencial passível de receber irrigação. Essas informações significam na prática que, além de áreas já irrigadas que ainda não utilizam fertirrigação, o potencial para expansão desta técnica, assim como da irrigação, é ainda muito grande.

A fertirrigação ao permitir potencializar a utilização do equipamento de irrigação, favorece a amortização rápida do seu custo, quer pela diminuição dos gastos com a adubação, quer por outras vantagens que serão apresentadas no texto.

2. ALGUNS ASPECTOS PRÁTICOS E RELEVANTES DA FERTIRRIGAÇÃO NO BRASIL

2.1 QUANTO AO USO DE FERTILIZANTES

Nos últimos anos houve um aumento em termos de empresas e opções de fertilizantes, com características adequadas para a fertirrigação. Embora a legislação atual sobre fertilizantes não contemplem aspectos de solubilidade e pureza, essenciais para uso em fertirrigação, várias empresas começaram a fornecer adubos mais purificados e a custos mais competitivos. Os produtos encontrados no mercado são adubos simples ou mistura (formulados).

Em linhas gerais, para adubos simples, tem-se confirmado o uso de uréia, nitrato de amônio e nitrato de cálcio como fontes nitrogenadas, cloreto de potássio branco e o sulfato de potássio como fonte de K (e S) e MAP purificado ou ácido fosfórico como fonte de P. A escolha da fonte de fertilizante, além da questão econômica, tem sido feita também em função da cultura e das características do solo.

Culturas onde o custo da adubação representa muito pouco em relação ao total, como é o caso de flores, e algumas hortaliças, pode-se ampliar as opções de

fertilizantes, incluindo fontes mais caras como o nitrato de potássio, o monofosfato de potássio, etc. Há questões mais técnicas como salinidade e correção de pH no bulbo úmido, que direcionam a escolha do fertilizante baseado nestas limitações do solo.

Fonte como nitrato de cálcio também é utilizada, principalmente em hortaliças de fruto.

2.2 INJEÇÃO DE FERTILIZANTES

As opções de injetores de fertilizantes tem sido a mais diversificada possível, sendo que o preço também é um fator importante na escolha, principalmente em pequenas propriedades. É comum em cultivo protegido o uso de venturi como “injetor” devido ao custo que é variável de R\$300,00 a R\$1000,00 dependendo do diâmetro da tubulação, como também, bombas injetoras com corpo de aço inox e preço que ultrapassam R\$3000,00.

A escolha também é baseada no princípio de funcionamento, fonte de energia, pressão disponível, possibilidade ou não de automação, entre outros pontos. Em áreas mais extensas com fertirrigação, as questões operacionais têm levado a dois tipos básicos de equipamentos: de alto volume de injeção (cerca de 4.000 L h^{-1}) para a fertirrigação na época de chuvas (o objetivo é usar a irrigação apenas como aplicador de fertilizantes) e equipamentos de pequeno volume de injeção, para a fertirrigação técnica – proporcional, na época seca.

Os bons projetos têm sido dimensionados para permitir flexibilidade de adubação específica por variedades ou idades diferentes de plantas, que requerem distintas quantidades e proporções nutricionais ao longo do ano.

2.3 AUTOMAÇÃO

É comum em países onde a fertirrigação é utilizada à algumas décadas, a automação de quase todo o processo de fertirrigação. No Brasil, algumas empresas começam a utilizar a automação com estações de fertirrigação que

permitem monitoramento e controle da condutividade elétrica e pH. Além disso, observa-se em poucas propriedades, o uso de softwares de manejo de irrigação e fertirrigação com objetivos de registro e monitoramento das operações do sistema e sensores de umidade e de CE que enviam dados “on line” via ondas de rádio para um PC no escritório, permitindo agilidade e melhoria de ação corretiva para questões de manejo.

2.4 MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA

A fertirrigação envolve várias áreas do conhecimento como a irrigação, as fontes de fertilizantes e sua injeção no sistema, a fisiologia da planta, a fertilidade do solo, etc. Por ser uma técnica relativamente nova, e ter as suas particularidades, a fertirrigação pode frustrar altas expectativas de produtividade, principalmente quando o técnico não foi capacitado para usá-la de modo adequado. Um dos erros mais comuns é a aplicação de excesso de adubação, ou ainda o uso de “pacotes ou recomendações” sem considerar as condições de solo e clima em que a fertirrigação esta sendo realizada.

Em condições de irrigação localizada, a mudança na fertilidade do solo ocorre em área restrita que pode ser modificada rapidamente, caso a quantidade e proporção dos nutrientes não sejam adequadas. Se a irrigação é excessiva, os nutrientes mais solúveis podem ser lixiviados e ao contrário, se a irrigação é muito freqüente e pequenas lâminas de água são aplicadas, há tendência do sistema radicular se manter nesta área e a umidade excessiva criar um ambiente anaeróbio. Portanto, estes são alguns exemplos que para a fertirrigação ser efetiva, várias áreas do conhecimento devem ser consideradas no processo.

3. PANORAMA DA FERTIRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS

Dentre as hortaliças no qual tem sido utilizada a fertirrigação estão: tomate, pimentão, pepino, alface e muitas outras que entram em rotação com essas culturas, principalmente para diminuir o problema de doenças. Além disso,

considerando a fase de mudas que ocorre em ambiente protegido, a fertirrigação tem sido a maneira mais prática de suplementar nutrientes.

A característica mais marcante da olericultura, segundo Figueira (2000), é o fato de ser uma atividade agroeconômica altamente intensiva em seus mais variados aspectos, em contraste com outras atividades agrícolas extensivas. Sua exploração econômica exige alto investimento na área trabalhada, em termos físicos e econômicos. Em contrapartida, possibilita a obtenção de elevada produção física e de alto rendimento bruto e líquido por hectare cultivado e por hectare/ano. Outras características importantes nos empreendimentos hortícolas são a intensa utilização de tecnologias modernas, em constante mudança, e o reduzido tamanho da área ocupada (na grande maioria), porém, intensivamente utilizada tanto no espaço quanto no tempo. Nessas características comentadas se encaixa perfeitamente a fertirrigação, que quando bem utilizada permite ao agricultor intensificar a produtividade, sem alteração significativa no seu custo.

É difícil precisar a área fertirrigada em cultivo de hortaliças, o que ocorre devido às constantes mudanças de área de cultivo e principalmente por se tratar de áreas, na grande maioria pequenas, o que dificulta o cadastramento dos produtores. Culturas que utilizam sistema de irrigação por aspersão convencional dificilmente utilizam a fertirrigação, sendo esta mais relacionada aos sistemas de aspersão por pivô central ou microirrigação.

Áreas extensivas na produção de hortaliças no Brasil ocorre em regiões específicas. É o caso de tomate para processamento industrial, cultivado na região de cerrados do Brasil Central, nos estados de Minas Gerais e Goiás. A irrigação é ainda realizada predominantemente por aspersão, sendo pivô central o sistema mais utilizado, porém o gotejamento vem aumentando sua área nos últimos anos, principalmente pelos benefícios de diminuição de doenças, número de pulverizações e principalmente aumento de produtividade (que podem chegar de 20 a 40% em relação ao pivô central).

Para o tomate de mesa as áreas que mais crescem com o uso da fertirrigação são Sul (RS, SC -Caçador) e no Nordeste (CE e PE). No Sudeste e

Centro-Oeste (SP, RJ e GO), além do cultivo convencional, a fertirrigação também é utilizada para cultivos protegidos.

O cultivo de pimentão, segundo Ribeiro e Cruz (2003) é uma atividade significativa para o setor agrícola brasileiro. A produção existe em todos os estados da Federação, mas concentra-se em São Paulo e Minas Gerais. Outra região importante no cultivo de pimentão é o núcleo rural de Taquaral e Pípiripau, em Planaltina, Distrito Federal.

A produção da alface americana também ocorre de forma localizada, com uma área de 1.200 ha no sul do estado de Minas Gerais, integralmente fertirrigada.

4. CULTIVO PROTEGIDO X CAMPO PARA HORTALIÇAS E A FERTIRRIGAÇÃO

O cultivo protegido apresenta uma série de diferenças em relação ao cultivo em campo aberto que devem ser consideradas quando se pensa em fertirrigação. Essas diferenças podem afetar positivamente a cultura como: aumento de produtividade, diminuição de doenças ou ataque de pragas, viabilizando inclusive o cultivo em épocas chuvosas. Segundo Cunha et al. (2002) o cultivo protegido, sob túnel plástico, apesar de receber menor quantidade de radiação solar global, é mais eficiente na conversão da radiação líquida disponível em matéria seca total e na produtividade de frutos, além de apresentar menores perdas de energia, mostrando-se mais eficiente no uso da água.

Por outro lado, o impedimento à entrada da água de chuva em ambiente protegido, pode levar a uma rápida salinização do solo se a adubação não for realizada de forma a não haver acúmulo de sais no solo, diferente em relação ao cultivo convencional a céu aberto. Isso porque, nesta segunda condição os sais em excesso no solo são lixiviados, o que não ocorre no cultivo protegido, promovendo efeitos deletérios à planta se atingir valores acima do que é considerado limite crítico das culturas.

Se a adubação aplicada no cultivo a céu aberto sofre efeito das chuvas lixiviando parte dos nutrientes aplicados, quer seja através de adubo sólido ou de

fertirrigação, isto não ocorre em cultivo protegido e portanto o nutriente aplicado é mais eficientemente aproveitado, o que significa na prática que para um mesmo nível de produtividade a adubação em cultivo protegido deverá ser reduzida.

Em cultivo de hortaliças é comumente empregado antes do transplante da muda uma adubação orgânica. Esse material irá se decompor no solo, liberando nutrientes, contribuindo para diminuição da adubação mineral. No cultivo protegido, em função de uma menor transmissividade da radiação solar global, há menor perda de energia tanto na evaporação de água como no aquecimento do ar, refletindo em menor perda de energia (Cunha et al., 2002) o que significa que o material orgânico incorporado ao solo terá uma mineralização mais acelerada, o que também interfere no fornecimento diferenciado de nutrientes entre estas duas condições ambientais.

5. FERTIRRIGAÇÃO COM ADUBOS MINERAIS E ORGÂNICOS

Na fertirrigação os fertilizantes convencionalmente utilizados são os minerais que apresentam alta solubilidade em água. Porém, recentemente, tem ocorrido um aumento muito grande de produtos solúveis de origem orgânica no comércio brasileiro.

Entre os produtos orgânicos utilizados na fertirrigação estão produtos a base de substâncias húmicas os quais envolvem grupos funcionais chamados de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos. Segundo Maggioni et al. (1987) esses ácidos podem influenciar a absorção de nutrientes via efeito enzimático, através da atividade da ATPase dependente de K^+ e Mg^{+2} . Outros efeitos foram observados como a mudança de permeabilidade de membrana plasmática e estímulo da atividade de muitas enzimas.

Um outro grupo de produtos orgânicos aplicados em fertirrigação são os chamados biofertilizantes. Os biofertilizantes podem ter origens diversas. São produtos da fermentação orgânica, na presença de água. O efluente de um biodigestor é um exemplo de biofertilizante. Em outros casos, as fontes orgânicas são selecionadas de modo a atingirem após a fermentação, determinada concentração de nutrientes. Para compor esse fertilizante podem ser misturados

num tanque para posterior fermentação: torta de mamona, farinha de sangue, farinha de peixe, farinha de osso, farinha de osso calcinada, cinza de usina, casca de café, calcário de conchas, fubá, melação, leite, fonte de microorganismos (EM) e alguns sais como o sulfato de zinco, de magnésio, bórax, molibdato de sódio e sulfato de cobalto. Esse material fica um determinado tempo fermentando, é filtrado e aplicado no solo através de gotejamento.

A composição química do biofertilizante varia conforme o método de preparo e o material do qual foi obtido. Em análises realizadas nos chamados biofertilizantes, observou-se que mais de 50% dos nutrientes totais na solução foram mineralizados e encontram-se na forma iônica.

Segundo Bettioli et al. (1998) a presença de microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, produção de gás e liberação de metabólitos – dentre os quais antibióticos e hormônios – é uma das principais características dos biofertilizantes.

6. FERTIRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS

A fertirrigação apresenta como princípios gerais, a aplicação de fertilizantes solúveis atendendo a demanda nutricional da cultura, sem que haja excesso ou falta do nutriente. Há porém, particularidades para cada cultura. O que se pretende discutir neste item são pontos específicos da fertirrigação em hortaliças.

6.1. Fertilizantes utilizados na fertirrigação em hortaliças

Um primeiro ponto de escolha dos fertilizantes utilizados em fertirrigação é o preço dos mesmos por unidade de nutriente. De uma forma geral, opta-se por produtos mais baratos, porém para uma série de hortaliças de elevado valor agregado onde o custo da adubação representa pouco em relação ao custo total da cultura é possível utilizar fertilizantes “mais caros”, porém com características de solubilidade, salinidade e compatibilidade mais adequadas.

Fertilizantes utilizados na fertirrigação em hortaliças são os mais variados possíveis, sendo que a condição básica é apresentar uma solubilidade tal que

permita dissolvê-lo no tanque de solução estoque, na dose correspondente ao período de maior demanda da planta. Todo o cálculo de dimensionamento do tanque de solução estoque e da taxa de injeção de fertilizante tem que partir da solubilidade dos mesmos. Portanto, fertilizantes como o sulfato de potássio, utilizado em algumas situações onde se quer diminuir o potencial salino e fornecer enxofre, além é claro do potássio, tem uma solubilidade 3 vezes menor que o cloreto de potássio (11 - K_2SO_4 e 34 - KCl g/100g de água a 20°C). Por outro lado, apresenta a metade do potencial salino por unidade de K aplicado (0,85 K_2SO_4 e 1,94 KCl dSm^{-1}).

Quanto ao índice salino dos fertilizantes, que promove alteração no potencial osmótico do solo, este é bastante variado e portanto a escolha do fertilizante também tem que levar em consideração este aspecto. Cada cultura tem o nível de condutividade elétrica limite, a partir do qual a produtividade é afetada. No caso das hortaliças, segundo Lorens e Maynard (1988), estas podem se dividir em 3 grupos: as sensíveis, as moderadamente sensíveis e as moderadamente tolerantes (tabela 1).

Plantas como pimentão (Condutividade Elétrica – CE = 1,5 dSm^{-1}), tomate (CE = 2,5 dSm^{-1}), alface (CE = 1,3 dSm^{-1}), encontram-se dentro do grupo moderadamente sensível.

A solução de fertilizantes a ser aplicada numa cultura qualquer deve ser tal que somado a condutividade elétrica já presente na solução do solo, não ultrapasse os limites de condutividade elétrica da planta. Para os exemplos apresentados, o aumento de 1 unidade a mais de CE, reflete em perdas de produtividade de: 13%, 14% e 10% respectivamente para alface, pimentão e tomate. Perdas de produtividade neste nível normalmente não apresentam sintomas visíveis na planta, como queima de bordas ou secamento de folhas, sendo o reflexo na produtividade devido a um gasto de energia da planta para absorver água que poderia ser alocado para produção de frutos.

Em cultivo protegido, onde a possibilidade do aumento do nível salino do solo é maior, deve-se ter o cuidado na rotação, de modo que a cultura substituta não tenha uma CE limite muito diferente da anterior. Por exemplo, a implantação de alface (CE=1,3 dSm^{-1}) após tomate (CE=2,5 dSm^{-1}) deverá ser precedida de uma

avaliação cuidadosa da CE, que provavelmente estará com valores elevados para a planta de alface. Neste caso citado, a alternativa seria promover antes do transplante da muda uma lixiviação de sais através do uso da irrigação.

TABELA 1. Tolerância relativa de algumas culturas hortícolas à salinidade do solo (LORENZ & MAYNARD, 1988).

Cultura	Limite máximo da salinidade do solo sem registro de perdas de produtividade (dSm^{-1})*	Diminuição da produtividade acima do limite máximo da salinidade (% por dSm^{-1})
Sensíveis		
Cebola	1,2	16
Cenoura	1,0	14
Feijão	1,0	19
Morango	1,0	33
Moderadamente sensíveis		
Aipo	1,8	6
Alface	1,3	13
Batata	1,7	12
Batata doce	1,5	11
Brócolos	2,8	9
Couve	1,8	10
Espinafre	2,0	8
Fava	1,6	10
Milho doce	1,7	12
Nabo	0,9	9
Pepino	2,5	13
Pimentão	1,5	14
Rabanete	1,2	13
Tomate	2,5	10
Moderadamente tolerantes		
Abobrinha	4,7	9
Beterraba	4,0	9

*1 deci Siemen por metro (dSm^{-1}) = $1 \text{ mmho cm}^{-1} = \pm 640 \text{ mg de sal l}^{-1}$

6.2. Demanda de nutrientes e época de aplicação

A fertirrigação oferece maior versatilidade para a aplicação de fertilizantes, podendo-se dosar rigorosamente as quantidades de nutrientes e fornecê-los segundo as necessidades das plantas, durante o seu ciclo de desenvolvimento, obtendo-se resposta equivalente a uma menor quantidade de fertilizante aplicado, em comparação com outros métodos (Nannetti et al., 2000).

A fertirrigação via gotejamento ou microaspersão, é a forma que mais se aproxima do ritmo de absorção de água e de nutrientes pela planta (Villas Bôas et al., 2000). Este sistema permite fornecer às plantas os nutrientes nos momentos que estas necessitam, na proporção e nas quantidades específicas que requerem, nas diferentes etapas de crescimento vegetativo (Papadopoulos. 1993).

Para um correto programa de fertirrigação em hortaliças deve-se conhecer o consumo de nutrientes ao longo do ciclo da planta na sua máxima produtividade e qualidade do produto (Bar-Yosef, 1991).

As quantidades de nutrientes retiradas do solo pelas culturas são boas informações de suas necessidades ao longo do ciclo. Parte dos nutrientes absorvidos pela cultura são utilizados para o crescimento vegetativo (parte aérea e crescimento radicular) e o restante para a produção de frutos.

A curva ótima de consumo de nutrientes (alguns trabalhos se referem a curva de acúmulo de nutrientes) deverá definir a dosagem de aplicação de um determinado nutriente, evitando uma possível deficiência ou consumo de luxo (a planta absorve mais do que necessita e essa quantidade a mais, não tem reflexo na produtividade).

As taxas diárias de absorção de nutrientes são específicas para cada espécie, sistema de poda e condução e principalmente em função de condições edafoclimáticas que interferem no ciclo da cultura, antecipando ou retardando a colheita. Portanto, não se deve utilizar os poucos resultados de curvas de acúmulo de nutrientes existente hoje no país, antes de checar para que condições elas foram geradas e se o ciclo da planta nas duas condições são semelhantes. Caso isso não ocorra, algumas adaptações deverão ser feitas utilizando como base a curva disponível.

Na prática se divide o ciclo de crescimento das plantas segundo etapas fenológicas e se define as diferentes quantidades e proporção entre os nutrientes a serem aplicados.

Infelizmente, no Brasil, há ainda poucas curvas de acúmulo de nutrientes disponíveis. Na década de 70 e 80 o Prof. Dr. Paulo H. Haag gerou curvas de acúmulo para uma série de culturas, porém os níveis de produtividade alcançados pelas culturas atualmente, superam e muito os alcançados naquela época, em muitos casos utilizando variedades e não híbridos como ocorre atualmente.

Recentemente, tem surgido trabalhos como o de Fayad et al. (2000) para tomate Carmem, Villas Bôas et al. (2002) para tomate Thomas, Marcussi et. al (2003) para pimentão Elisa, Kano (2002) para melão e Alvarenga (1999) para alface, permitindo que na fertirrigação sejam utilizados esses resultados como referência para adequar doses e proporção entre os nutrientes durante o ciclo da planta.

Essas curvas tem possibilitado entender melhor a demanda de nutrientes em cada etapa do crescimento, evitando dosagens excessivas que podem levar a níveis de salinidade superior ao limite da planta, bem como também doses abaixo do mínimo que a planta necessitaria para atingir determinadas metas de produtividade.

A extração de nutrientes pelas culturas é um dos parâmetros essenciais para se ajustar a melhor dose a ser aplicada, porém outras informações também são necessárias, como o teor disponível de nutrientes no solo e a eficiência de aproveitamento das culturas, conforme equação citada a seguir:

$$\text{dose de fertilizante} = \frac{\text{Extração da cultura - fornecido pelo solo}}{\text{Eficiência do uso do fertilizante}}$$

A concentração de nutrientes já existente no solo tem fundamental importância na determinação da quantidade de fertilizante a ser aplicada. Por isso, antes da implantação da cultura, e durante o seu desenvolvimento, não se dispensa

a análise química do solo. Deve-se considerar principalmente em caso de cultivo de hortaliças, o fornecimento de nutrientes através da adubação orgânica.

A análise do extrato de saturação do solo tem sido utilizada como forma de controle da adubação bem como indicativo da quantidade de fertilizante a ser aplicada. Através desse extrato, determina-se a concentração de nutrientes solúveis na solução do solo. Utilizando este método, a adubação visaria elevar a concentração dos nutrientes para valores pré-estabelecidos e considerados ideais para a cultura, além de servir também para corrigir distorções na relação entre nutrientes no solo.

O último parâmetro da equação para determinação da dose de fertilizante a ser aplicada é a eficiência do aproveitamento do nutriente aplicado. Tem sido constatado nos trabalhos de pesquisa que essa eficiência é maior no caso do fertilizante aplicado via água de irrigação em relação à adubação convencional. Segundo dados da literatura para a fertirrigação via gotejamento essa eficiência é maior que 80% para nitrogênio e potássio e pode chegar a cerca de 70% para o fósforo. É por esse motivo, que quando se consideram doses de nutrientes a serem aplicadas, a extrapolação dos resultados de adubação convencional pode não ser a melhor indicação.

6.3. Controle das doses a serem aplicadas na fertirrigação

No sistema de produção agrícola muitas variáveis como o solo, o material genético, o clima e outros, estão envolvidas e acabam influenciando o desenvolvimento das plantas e a disponibilidade dos nutrientes no solo. Por isso a quantificação da necessidade de nutrientes pode, algumas vezes, não atender a demanda da planta ou ainda ser excessiva, vindo a causar efeitos negativos na produtividade. Em função disso e por ser a fertirrigação uma técnica que permite alterações rápidas e precisas na quantidade de nutrientes aplicados, torna-se importante um monitoramento para que se possa promover ainda durante o ciclo da cultura os ajustes necessários.

Alguns desses parâmetros monitorados são de fácil determinação podendo ser realizado ainda no campo, outros porém, necessitam do suporte de um laboratório especializado. A seguir serão apresentados os meios como se pode monitorar a fertirrigação em hortaliças.

O acompanhamento da água ou solução que está sendo utilizada na irrigação/fertirrigação pode ser feita periodicamente nas seguintes etapas do processo:

- a) **na água usada para irrigação:** observar se ao longo do ano ocorre variação no pH e CE, principalmente em água captada de rios;
- b) **na solução estoque de fertilizante preparada:** a CE da solução estoque é a soma da CE de cada sal adicionado. Se, por exemplo são colocados na solução 10 g de KCl + 20 g de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ por litro de água, a CE nesta solução é dada pela soma da CE dos dois fertilizantes. Valores de CE abaixo do estimado significa que a quantidade solubilizada é menor que a esperada, podendo isto ocorrer ou por pesagem errada dos fertilizantes ou solubilidade dos sais dissolvidos.
- c) **na solução que sai nos emissores:** baseado na solução estoque e na taxa de injeção do fertilizante no sistema (diluição da solução) é possível calcular qual será a CE nas saídas dos emissores. Nesta determinação é possível identificar problemas de erros de dosagens, bem como desuniformidade na diluição e na aplicação dos fertilizantes via irrigação. Através da CE pode-se alterar fontes e quantidades de fertilizantes aplicadas, quando for identificado na solução, uma CE acima do que é permitido para a cultura.
- d) **na solução do solo:** determinada no extrato de saturação da camada onde se concentram as raízes ou através de extrator de solução. Através deste valor tem-se idéia do potencial salino da solução do solo e, quando retirada em camadas mais profundas, permite diagnosticar se está ocorrendo lixiviação de nutrientes.

Os cuidados sobre como instalar um extrator de solução e extrair a solução do solo podem ser encontrados em Dias et al. (2004). Procedimentos de localização do extrator de solução e também de um tensiômetro, para fazer ajuste de umidade no momento da extração, a profundidade que deve ser colocada a cápsula porosa, o momento e a quantidade de vácuo que devem ser feitos, são exemplos de que é necessário critério, para que se possa ter confiança nos resultados obtidos.

A partir da solução extraída pode-se determinar a CE da solução, que deve ser feita logo após a coleta, ou mantida em geladeira até a leitura. Alguns condutímetro corrigem automaticamente a temperatura da solução, os que não tem este dispositivo, a temperatura da solução deve atender a especificação do equipamento ou deve-se fazer a correções necessárias após a leitura.

O acompanhamento da CE através de determinações semanais, por exemplo, permite, principalmente em condições de cultivo protegido ou pouca chuva, um ajuste da solução nos momentos mais críticos de crescimento das plantas, quando esta demandar maior quantidade de nutrientes. É o que foi observado em plantas de crisântemo por Motta (2004), ao extrair solução do solo em vasos de crisântemo, observou que quando aplicadas soluções com CE abaixo de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ houve diminuição da CE do solo no período de 28 a 35 dias após o enraizamento das estacas e em soluções aplicadas acima de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, ocorreu aumento na CE do solo.

No campo, o bulbo molhado (ou faixa de molhamento) funciona como um vaso, onde se concentram a maior parte do sistema radicular responsável pela absorção de nutrientes, porém com a chuva ou uma lâmina de água excessiva aplicada via irrigação, os sais mais solúveis tendem a acompanhar a frente de molhamento, deslocando os íons em profundidade, fora do alcance dos extratores.

Do mesmo modo, a determinação do índice pH da água, permite que sejam escolhidas fontes mais adequadas tanto em misturas com a água como em relação às reações dos fertilizantes no solo.

Há métodos alternativos para determinação da CE do solo, utilizando a diluição do solo em volumes diferentes de água (2:1; 1,5:1; 5:1 volume de água

em relação ao solo). Cada um desses métodos, gera valores de CE numericamente diferentes, tendo as suas vantagens e desvantagens e uma correlação como o método padrão (extrato de saturação).

e) Medidor de íons compacto

Fabricado pela Horiba Instruments (Japão), o Cardy Metter, é um medidor compacto de íons que encontra-se no mercado brasileiro há algum tempo e que pode vir a facilitar o monitoramento da fertirrigação e conseqüentemente, do estado nutricional das culturas, pela praticidade de uso e custo, quando comparado às análises laboratoriais.

O Cardy é um aparelho que pode realizar a quantificação dos íons existentes na solução do solo e na seiva da planta.

Esses equipamentos realizam medidas através de um eletrodo chato, específico para cada tipo de íon, sendo que no mercado existem três tipos de aparelhos: para medir nitrato (modelo C-141), potássio (modelo C-131) e sódio (modelo C-122). O display do aparelho mostra valores de leitura que vão de 0 a 9900 ppm do íon que o aparelho analisa, porém a empresa fabricante, garante uma amplitude menor na quantificação (leitura) dos íons que vai de 62 a 6200 ppm para nitrato, 39 a 3900 ppm para potássio e 23 a 2300 para sódio. A capacidade de uso do equipamento restringe-se a 400/500 leituras, sendo que pode ocorrer após esse número de leituras descalibração e a imprecisão do mesmo, nesse caso faz-se necessária a substituição do eletrodo, que destaca-se da base do aparelho.

Dias et al. (2003) observaram que é possível determinar a concentração de nitrato em soluções com boa precisão utilizando-se os medidores de íons específicos compactos, quando comparado com os valores obtidos pelos métodos laboratoriais (FIA). De modo semelhante Blanco (2004) observou alta correlação entre as concentrações de NO_3^- , K^+ e Na^+ na solução do solo obtidas com medidores de íons específicos quando comparados ao método padrão.

O aparelho também pode ser utilizado para avaliar quantidade de nitrato no tecido vegetal das plantas (seiva), fornecendo rapidamente a concentração.

O nitrato Cardy expressa suas leituras em ppm de NO_3^- , que para converter em N deve ser dividido por 4,43.

Os medidores de íons específicos, já em uso em algumas propriedades, necessitam de maiores estudos no sentido de identificar padrões para indicar quais seriam as faixas adequadas desses nutrientes na solução do solo e de forma mais específica, por estágio fisiológico da planta. Em Dias et al. (2004) são descritos valores máximos e mínimos de NO_3^- ou K^+ para plantas de tomate, pimentão e pepino.

No caso do nitrogênio, devido a sua grande mobilidade, a variabilidade no solo é elevada e portanto, em cultivo protegido e em regiões com regimes pluviométricos bem definidos, esta prática poderá ser mais efetiva.

f) Análise química de planta

Um grande número de culturas já apresentam tabelas para interpretação dos valores de concentração de nutrientes nas folhas e outros órgãos das plantas, que servem como indicativo para modificar a adubação de modo a se alcançar os valores adequados. Para culturas de ciclo mais longo, a análise química permite redefinir a dosagem, porém em hortaliças de ciclo curto, alface por exemplo, a análise foliar irá permitir um ajuste de adubação no próximo cultivo.

No caso de fertirrigação, o que se tem adotado é uma análise de folhas mais freqüente que no cultivo convencional, sendo que para culturas perenes tem-se coletado folhas para análises até num intervalo mensal.

g) Análise química da seiva da planta

Na análise de tecido é extraído a seiva de uma parte específica da planta (normalmente pecíolo) que são analisadas em laboratórios ou no próprio campo utilizando kits específicos para N-NO_3^- , K^+ e outros íons. A vantagem dessa determinação é a rapidez, tornando mais ágil a mudança na adubação se necessária.

A dificuldade está em obter os padrões considerados ideais para esses íons no extrato do tecido. Trabalhos como os de Guimarães et al. (1998), Smith et al. (2004) e Blanco (2004), comprovam a praticidade e precisão dos medidores de eletrodos específicos, na determinação da concentração de nitrato na seiva de plantas.

h) Utilização do clorofilômetro para auxiliar no manejo da fertirrigação nitrogenada

O clorofilômetro (Minolta Chlorophyll meter SPAD-502) é um aparelho portátil que mede, de modo não destrutivo e instantâneo, a transmitância de luz através da folha, no comprimento de onda com pico em 650 nm, região de alta absorvância pelas moléculas de clorofila, e com pico em 940 nm, na qual a absorvância pela folha é baixa, servindo como um fator de correção para o teor de água ou espessura da folha (Godoy, 2002). As medidas são processadas e no visor do clorofilômetro é mostrado um valor denominado pela empresa fabricante do aparelho como SPAD (Soil Plant Analysis Development). No Brasil, este valor tem sido denominado como medida indireta de clorofila ou índice relativo de clorofila – IRC (Villas Bôas, 2001). Várias pesquisas têm demonstrado que a medida do clorofilômetro se correlaciona bem com o teor de clorofila em várias culturas conforme citado em Godoy et al. (2003). Como cerca de 50 a 70% do nitrogênio total na folha está associada a enzimas presentes nos cloroplastos, o IRC, geralmente, se correlaciona bem também com o teor de N na folha (Minotti et al., 1994; Shaahan et al., 1999) podendo indicar a deficiência de N na planta (Wood, et al., 1993).

O índice relativo de clorofila (IRC), medido pelo clorofilômetro poderia ser um indicativo da aplicação do nitrogênio desde que se conhecesse o IRC crítico abaixo do qual a planta estaria deficiente em N. No entanto, além do teor de N na planta, vários outros fatores podem afetar o IRC, como as condições edafoclimáticas e o cultivar utilizado ficando inviável estabelecer um nível crítico, pois, este pode variar de ano para ano e ou de local para local (Bullock & Anderson, 1998).

Para viabilizar a utilização do IRC foi proposto, para a cultura do milho, em 1992, por Schepers et al. (1992) a instalação de uma área de referência na lavoura onde se pretende manejar a adubação nitrogenada com o clorofilômetro. A área de referência deve ser composta por duas ou três linhas de 6 metros com plantas que diferem das plantas da lavoura apenas pela alta dose de N que recebem. Esta dose deve ser um pouco maior que o máxima recomendada para a cultura, independente do custo da adubação (Peterson et al, 1993). Deste modo a diferença entre o IRC das plantas da área de referência e o IRC das plantas da área da lavoura só podem ser devido ao N.

Para facilitar este manejo é calculado um índice de suficiência de nitrogênio (ISN) pela relação entre a medida do clorofilômetro nas plantas da lavoura e a medida na plantas da área de referência (sem deficiência de N). O adubo nitrogenado somente é aplicado quando o ISN for menor do que 0,95, praticando a chamada “adubação quando necessária” com o objetivo de otimizar a adubação nitrogenada em cobertura. Segundo Varvel et al. (1997) a fertirrigação melhora a utilização da técnica chamada de “adubação quando necessário” detectada pelo ISN, pois, permite corrigir a deficiência mais rápida com a aplicação do N via água.

O clorofilômetro não detecta o consumo de luxo de N (Blackmer e Schepers, 1994), ou seja, embora várias pesquisas demonstrem uma boa correlação do teor de N na folha com a medida do clorofilômetro, quando se trabalha com altas doses de N, o teor de N na planta tende a aumentar, mas a medida do clorofilômetro se mantém em um patamar (Schepers et al. 1992), chamado de ponto de maturidade fotossintética. Isto ocorre uma vez que o aparelho irá detectar o aumento de N apenas quando está sendo incorporado em moléculas de clorofila e não na forma livre, não incorporada ($N-NO_3^-$), a qual o N se acumula quando há o consumo de luxo (Larcher, 2000).

De acordo com Schröder et al.(2000) um indicador ideal tem de predizer também o excesso além da deficiência, a fim de evitar danos ao meio ambiente e maiores gastos na produção. Logo, embora o clorofilômetro não possa detectar a absorção de luxo de N, esta propriedade é que permite a utilização de sua medida para o cálculo do índice de suficiência de N baseado numa área de referência, pois,

sabe-se que o IRC desta área não aumentará com a absorção de luxo de N ficando em um patamar equivalente a dose que permite atingir a produtividade máxima.

Para evitar erros por excesso de N aplicado, uma vez que, a medida do clorofilômetro não se altera com a absorção de luxo de N, deve-se utilizar doses pequenas de N e monitorar freqüentemente o IRC, aplicando o N toda vez que o $ISN < 95\%$.

O monitoramento do ISN deve ser realizado para verificar a resposta da aplicação anterior e a necessidade de uma nova aplicação ($ISN < 95\%$) realizando a “adubação quando necessária” que permita atingir altas produtividades e aumentar a eficiência de utilização do adubo nitrogenado.

De acordo com Godoy et al. (2003) o ISN foi um bom indicador do momento de aplicação do adubo nitrogenado, podendo auxiliar no ajuste da dose de N de acordo com a exigência das plantas de pimentão, promovendo aumento da eficiência de utilização do N aplicado.

6. LITERATURA CONSULTADA

Alvarenga, M.A.R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de nitrogênio aplicados no solo e de níveis de cálcio aplicados via foliar.** 1999, 119p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BAR-YOSEF, B. Fertilization under drip irrigation. In: PALGRAVE, D.A. **Fluid Fertilizer Science and Technology.** New York: ed Marcel Dekker, Inc., 1991, p. 285-329.

CUNHA, R.C.; ESCOBEDO J. F.; KLOSOWSKI, E. S. Estimativa do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão. **Pesq. Agr. Bras.**, Brasília, 37 (6), p. 735 - 743, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV. 2000. 402p.

Kano, C. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com adição de potássio e CO₂ na água de irrigação**. 2002. 102p. Dissertação (Mestrado), Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LORENS, O.A.; MAYNARD, D.N. **Knott's Handbook for vegetables growers**. 3^a ed. John Wiley & Sons, New York., 456p. 1988.

MAGGIONI, A.; VARANINI, Z.; NARDI, S.; PINTON, R. Action of soil humic matter on plant roots: stimulation of ion uptake and effects on (Mg⁺² + K⁺) ATPase activity. **Science of the Total Environment**, Boston, v.62, p. 355-363, 1987.

MARCUSSI, F.F.N.; VILLAS BÔAS, R.L.; GOTO, R. Análise de crescimento e marcha de absorção de um híbrido de pimentão sob condições de cultivo protegido e fertirrigação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba (no prelo).

NANNETTI, D.C.; SOUZA, R. J.; FAQUIN, V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Olericultura**, 13, (suplemento), p.843- 45, 2000.

PAPADOULOS, I. **Regional middle east and europe project on nitrogen fixation and water balance studies**. Assignment report, Vienna, 1993. 58p.

RIBEIRO, C.S.C.; CRUZ, D.M.R. Tendências de mercado. **Revista Cultivar**, 22 (out/2003).

Acesso: <http://revistacultivar.locaweb.com.br/hf/matéria.asp?edodap=14&pagina=2>

VILELA, N.J.; LANA, M.M.; MAKISHIMA, N. O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 142-144, 2003.

VILLAS BÔAS, R.L.; KANO, C.; LIMA, C.P.; MANETTI, F.A.; FERNANDES, D.M. Efeito de doses de nitrogênio aplicado de forma convencional através da fertirrigação na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Olericultura**,13, (suplemento), p. 801- 802, 2000.

VILLAS BÔAS, R.L. **Acúmulo de nutrientes em plantas de tomate híbrido Thomas**. Relatório Técnico. Syngenta/Rogers. 2002. 27p.