

# FERTIRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS



2.ª edição revisada e atualizada

**Paulo Espíndola TRANI**  
**Sebastião Wilson TIVELLI**  
**Osmar Alves CARRIJO**

**Instituto Agrônômico (IAC)**  
**Campinas, agosto de 2011**



**Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
Instituto Agrônomo**

**Governador do Estado de São Paulo  
Geraldo Alckmin**

**Secretária de Agricultura e Abastecimento  
Mônika Bergamaschi**

**Secretário-Adjunto  
Alberto José Macedo Filho**

**Chefe de Gabinete  
Maria Christina Martha Godoy**

**Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
Orlando Melo de Castro**

**Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônomo  
Hamilton Humberto Ramos**

ISSN 1809-7936

# FERTIRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS

Paulo Espíndola **TRANI**  
Sebastião Wilson **TIVELLI**  
Osmar Alves **CARRIJO**

2.<sup>a</sup> edição  
revisada e atualizada

T772f Trani, Paulo Espíndola  
Fertirrigação em hortaliças / Paulo Espíndola Trani, Sebastião  
Wilson Tivelli, Osmar Alves Carrijo. 2.<sup>a</sup> ed.rev.atual. Campinas:  
Instituto Agronômico, 2011.  
51p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196)

ISSN: 1809-7936  
Versão on-line

1. Fertirrigação - hortaliças. I. Tivelli, Sebastião Wilson. II.  
Carrijo, Osmar Alves. III. Título. IV. Série.

CDD. 633.61

A eventual citação de produtos e marcas comerciais, não expressa, necessariamente, recomendações do seu uso pela Instituição.

É permitida a reprodução, desde que citada a fonte. A reprodução total depende de anuência expressa do Instituto Agronômico.

#### **Comitê Editorial do IAC**

Rafael Vasconcelos Ribeiro - Editor-chefe  
Dirceu de Mattos Júnior - Editor-assistente  
Oliveiro Guerreiro Filho - Editor-assistente

#### **Equipe Participante desta Publicação**

Revisão de vernáculo: Maria Angela Manzi da Silva  
Coordenação da Editoração: Marilza Ribeiro Alves de Souza  
Editoração eletrônica e Capa: Cíntia Rafaela Amaro

#### **Instituto Agronômico**

Centro de Comunicação e Transferência do Conhecimento  
Av. Barão de Itapura, 1.481  
13020-902 - Campinas (SP) BRASIL  
Fone: (19) 2137-0600 Fax: (19) 2137-0706  
[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)

# SUMÁRIO

Página

|   |    |
|---|----|
| RESUMO .....  | 1  |
| ABSTRACT .....  | 2  |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 2  |
| 2. A ÁGUA E A FERTIRRIGAÇÃO .....                                     | 3  |
| 2.1 Sistema de filtragem .....  | 4  |
| 2.2 Injetores de fertilizantes .....                                  | 4  |
| 2.2.1 Sistema diferencial de pressão ou tanque de fertilizantes ..... | 5  |
| 2.2.2 Injetores venturi .....   | 5  |
| 2.2.3 Bombas injetoras .....  | 7  |
| 2.3 Manejo da água de irrigação .....                                 | 8  |
| 3. QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO .....                             | 13 |
| 4 SALINIDADE E SALINIZAÇÃO DO SOLO E DOS SUBSTRATOS .....             | 14 |
| 5. CARACTERÍSTICAS DOS FERTILIZANTES PARA A FERTIRRIGAÇÃO ..          | 16 |
| 6. RECOMENDAÇÕES DE FERTIRRIGAÇÃO PARA HORTALIÇAS .....               | 20 |
| 6.1 Morango .....   | 21 |
| 6.2 Pimentão .....  | 22 |
| 6.3 Pepino .....  | 25 |
| 6.4 Tomate .....  | 27 |
| 6.5 Alface .....  | 31 |
| 6.6 Melão .....   | 32 |
| 6.7 Fertirrigação para produção de mudas de hortaliças .....          | 33 |

|   |    |
|---|----|
| 7. RECOMENDAÇÕES PARA FERTIRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS EM<br>OUTROS PAÍSES ..... | 39 |
| 8. CÁLCULO DE FERTIRRIGAÇÃO COM A MISTURA DE FERTILIZANTES<br>SIMPLES ..... | 45 |
| 9. CONCLUSÕES .....   | 46 |
| AGRADECIMENTOS .....  | 48 |
| REFERÊNCIAS .....   | 49 |

# FERTIRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS

Paulo Espíndola **TRANI** <sup>(1)</sup>  
Sebastião Wilson **TIVELLI** <sup>(2)</sup>  
Osmar Alves **CARRIJO** <sup>(3)</sup>

## RESUMO

De uma área estimada de 880.000 ha com hortaliças cultivadas no Brasil, o Estado de São Paulo possui cerca de 139.000 ha, estimando-se 2% dessa área sob cultivo protegido. A produção anual atingiu 4,8 milhões de toneladas em 2007. A utilização da fertirrigação é feita principalmente pelo sistema de gotejamento, com fertilizantes simples sólidos solúveis em água, ou fórmulas líquidas e sólidas. Neste trabalho são apresentadas as características dos equipamentos e os cálculos necessários para o manejo correto da água de irrigação, sendo também fornecidas as recomendações de fertirrigação (fertilizantes, doses e frequência de aplicação) para as culturas de pimentão, tomate, pepino, melão e alface, cultivados sob estufa plástica e para morango no campo, em diversas regiões do Estado. São apresentadas, ainda, tabelas de fertirrigação para hortaliças em outros Estados e outros países. São também mencionados os níveis críticos (valores máximos) de elementos e outros parâmetros na água de irrigação para hortaliças.

**Palavras-chave:** manejo de fertirrigação, fertilizantes, hortaliças.

---

<sup>(1)</sup> Pesquisador Científico, Dr., Instituto Agrônomo, Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP). petrani@iac.sp.gov.br

<sup>(2)</sup> Pesquisador Científico, Dr., Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de São Roque, Av. Três de Maio, 900, 18133-445 São Roque (SP). tivelli@apta.sp.gov.br

<sup>(3)</sup> Pesquisador Científico, PhD., Embrapa Hortaliças, Caixa Postal 218, 70359-970 Brasília (DF) “In memoriam”

## ABSTRACT

### VEGETABLE CROPS FERTIGATION

From an estimated area of 880,000 ha with vegetables grown in Brazil, the State of Sao Paulo has about 139,000 ha. Two per cent of these areas are protected by polyethylene covered. The annual production reached 4.8 millions tons in 2007. Vegetable crops fertigation is mainly applied through drip irrigation, with simple fertilizers or formulations. The equipments characteristics and the necessary calculations to correct water irrigation are presented on this paper and fertigation recommendation (fertilizers source, number and frequency of application) to crops: bell pepper, tomato, cucumber, melon and lettuce grown under plastic cover and strawberries cultivated in the field at different regions in the Sao Paulo State. Tables of vegetables fertigation requirements for other states and other countries are also mentioned. The critical element rate (maximum values) and other irrigation water parameters for vegetables are also presented.

**Key words:** fertigation, fertilizers, vegetables.

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças no Estado de São Paulo representa 23,4% da produção brasileira da área plantada, com aproximadamente 139.000 ha cultivados anualmente. A produção anual atingiu 4,8 milhões de toneladas em 2007 (CAMARGO et al., 2009). Estima-se ainda que a população do Estado de São Paulo consuma 40% do total nacional, importando ainda de outros Estados e Países, parte das hortaliças aqui consumidas.

A maior parte da produção é feita no campo (a céu aberto), e a adubação recebida provém dos fertilizantes sólidos aplicados em adubações de plantio e de cobertura, a exemplo de outras culturas.

Em anos recentes, com a utilização da irrigação localizada, gotejamento e microaspersão, e o aumento da área com cultivo protegido, principalmente estufas plásticas, observou-se um crescimento substancial no uso da fertirrigação para hortaliças. A maior facilidade de acesso aos pontos de comercialização de fertilizantes altamente solúveis e a disponibilidade de assistência técnica especializada nas empresas privadas e instituições governamentais, também contribuem para atender a crescente demanda pelas informações sobre fertirrigação, por parte dos produtores de hortaliças.

O objetivo deste trabalho é apresentar dados sobre a fertirrigação, quanto à características dos equipamentos utilizados e o cálculo para manejo da água de irrigação sendo também apresentadas as recomendações de doses e períodos

de aplicação de fertilizantes para diversas hortaliças cultivadas sob estufa plástica e no campo, em diferentes regiões do Estado de São Paulo.

Foram pesquisadas entre 1994 e 2011 informações de produtores de hortaliças e engenheiros agrônomos das principais regiões produtoras do Estado, além de observações próprias em diferentes localidades. Os dados foram obtidos de produtores com, no mínimo, cinco anos de experiência em produção de hortaliças.

São também apresentadas informações sobre fertirrigação em outros Estados brasileiros e outros países.

## **2. A ÁGUA E A FERTIRRIGAÇÃO**

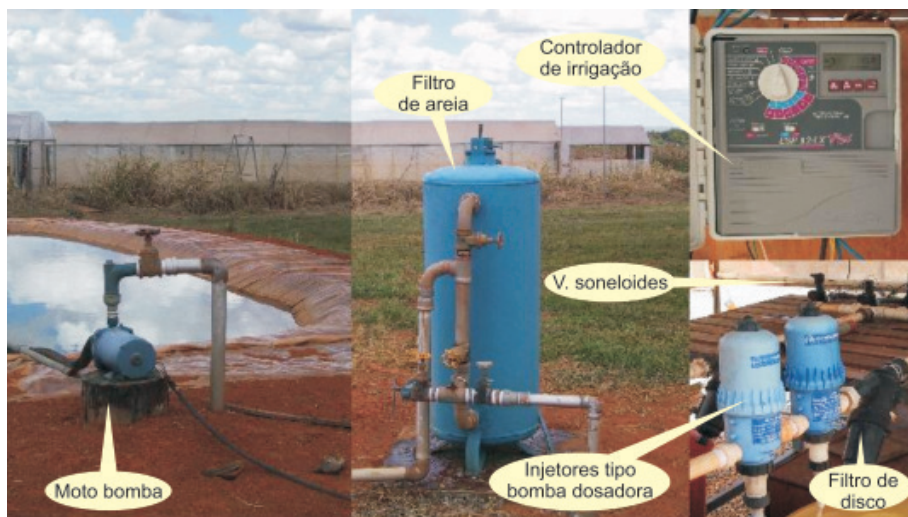
O uso de água pelas plantas e, portanto, todos os processos fisiológicos estão diretamente relacionados ao seu status no sistema solo-água-planta-clima. Assim, o conhecimento das inter-relações entre esses fatores é fundamental para o planejamento e a operação de sistemas de irrigação para se obter máxima produção e boa qualidade do produto. É através do fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera que ocorre a absorção da maioria dos nutrientes pelas plantas, o resfriamento da superfície foliar pela perda de calor, a troca gasosa entre a planta e atmosfera e a abertura dos estômatos para a absorção de luz no processo de fotossíntese.

A fertirrigação é a prática de fertilização das culturas através da água de irrigação. É o melhor e mais eficiente método de adubação das culturas, pois combina a água e os nutrientes, que juntamente com a luz solar são os fatores mais importantes para o desenvolvimento e a produção das culturas. Uma boa combinação desses dois fatores determina o rendimento e a qualidade das hortaliças.

Para a correta prática da fertirrigação deve-se utilizar um sistema de irrigação apropriado, dotado dos equipamentos e acessórios necessários e a utilização de fontes de nutrientes solúveis em água.

Os sistemas de irrigação pressurizados são os mais eficientes para a fertirrigação, sendo que a uniformidade de distribuição dos nutrientes está diretamente relacionada com o coeficiente de uniformidade da água de irrigação.

Foi com o advento da irrigação localizada, microaspersão e gotejamento, que a prática da fertirrigação se popularizou no mundo. É característica desses sistemas de irrigação a utilização de um cabeçal de controle completo, linhas de distribuição de água e pequenos emissores de água. O cabeçal de controle é constituído, entre outros, por um sistema de filtragem, injetores de fertilizantes, registros e válvulas reguladoras de pressão e vazão que permitem também a automação do sistema (Figura 1).



**Figura 1.** Cabeçal de controle automático. Foto: OSMAR ALVES CARRIJO.

## 2.1 Sistema de filtragem

O sistema de filtragem deve ser eficiente na retirada das impurezas da água de irrigação. É comum a utilização de diferentes tipos de filtros para melhorar a eficiência da filtragem. Para águas ricas em material orgânico e silte deve-se usar um filtro de areia. O filtro de tela ou de disco é usado após o sistema de injeção de fertilizantes para evitar que material sólido não dissolvido, proveniente dos fertilizantes e areia do filtro sejam carreados com a água de irrigação e obstrua os orifícios dos emissores. Quando se usa água de boa qualidade, somente os filtros de tela ou disco são suficientes. Segundo BETTINI (1999), os filtros de tela são menos eficientes do que os de disco, mas possibilitam boa eficiência de lavagem. Para microaspersão devem ser utilizados filtros de 80 a 120 mesh, e para gotejamento, de 120 a 200 mesh.

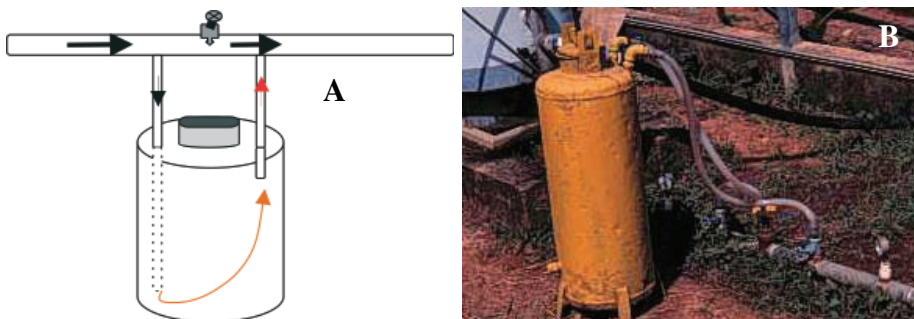
## 2.2 Injetores de fertilizantes

Os sistemas de irrigação pressurizados (pivô central, aspersão e microirrigação) podem ser dotados de equipamentos de injeção de fertilizantes na água de irrigação. A injeção de fertilizantes pode ser quantitativa (ou não proporcional) e proporcional. A injeção quantitativa se caracteriza pela diluição da solução de fertilizantes com o tempo de injeção e é expressa em kg.ha<sup>-1</sup> por dia. Por outro lado, a injeção proporcional é caracterizada pela não-variação da concentração da solução de fertilizantes com o tempo e é expressa em g.m<sup>-3</sup> de água (MONTAG, 1999).

## 2.2.1 Sistema diferencial de pressão ou tanque de fertilizantes

Os primeiros injetores de fertilizantes utilizados no mundo eram tanques metálicos com uma abertura no topo para colocação do adubo e instalados em paralelo à tubulação de irrigação. A tubulação de entrada da água no tanque ia até ao seu fundo enquanto a de saída era instalada no topo do tanque (Figura 2A). É relatado na literatura que para fertilizantes já dissolvidos, um volume quatro vezes maior que o do tanque deve passar por ele para injetar 98% da solução. Por exemplo: se o volume do tanque é de 100 litros e a vazão que passa por ele é de  $10 \text{ L min}^{-1}$  então o tempo mínimo de injeção deve ser  $t = 100 \cdot 4 / 20 = 20$  minutos. As principais vantagens do sistema diferencial de pressão são baixo custo e pequena perda de carga do sistema.

Apresenta como desvantagens a dificuldade de controle da vazão que passa pelo interior do tanque, a variação da concentração da solução com o tempo e a necessidade de um tempo relativamente longo para injeção de todo ou quase todo o fertilizante dissolvido. Portanto, não é o sistema de injeção mais recomendável para sistemas com baixa capacidade de retenção de água como os solos arenosos ou leves e a maioria dos substratos agrícolas. Na figura 2B, pode ser visto um tanque de injeção, primeiramente instalado em um experimento de fertirrigação de tomate em 1976, na antiga UEPAE de Brasília, hoje Embrapa Hortaliças.



**Figura 2.** Esquema do tanque de injeção de fertilizante (A) e primeiro tanque utilizado na Embrapa Hortaliças (Ex.: UEPAE de Brasília) em 1976 (B). Foto: OSMAR ALVES CARRIJO.

## 2.2.2 Injetores venturi

O sistema venturi foi o responsável pela popularização da fertirrigação, principalmente nos sistemas de irrigação localizados, devido ao baixo custo e à simplicidade. O princípio de funcionamento do venturi é muito simples e consiste de um tubo, geralmente de plástico, com uma grande constrição interna (Figura 3). O fluxo de água antes da constrição está escoando com uma

velocidade  $v$ , na constrição interna; para fluir a mesma quantidade de água há um aumento da velocidade para  $V$ , que retorna à velocidade normal após a constrição.

A redução brusca do diâmetro da tubulação causa grande perda de carga neste ponto e provoca pressão negativa (vácuo parcial) no local da constrição. Esse vácuo é o responsável pela sucção da solução de fertilizantes. As principais vantagens do sistema venturi são: baixo custo, facilidade de uso, boa fundamentação teórica, e ter relativamente boa precisão. A desvantagem do sistema é a grande perda de carga, que pode causar problemas na uniformidade de aplicação de água e, conseqüentemente, reduzir também a uniformidade da aplicação dos nutrientes.

O sistema de injeção tipo venturi é geralmente instalado em paralelo à tubulação principal de água (Figura 4A), e usa de 30% a 50% da pressão de serviço do sistema de irrigação. Na prática, esse fato representa gasto extra de energia, pois o sistema de irrigação tem que ser dimensionado com essa pressão adicional, utilizada somente quando da fertirrigação. Esse problema não é tão sério em pequenas instalações, sobretudo em cultivo protegido, pois geralmente se trabalha com excesso de pressão e faz-se sua redução com dispositivos tipo reguladores de pressão. No entanto, para instalações maiores pode representar um gasto extra de energia bastante alto, além de prejudicar a distribuição de água e nutrientes. Para contornar esse problema, usualmente, usa-se uma bomba pequena (*booster*) para proporcionar a pressão extra necessária ao funcionamento do venturi (Figura 4B).

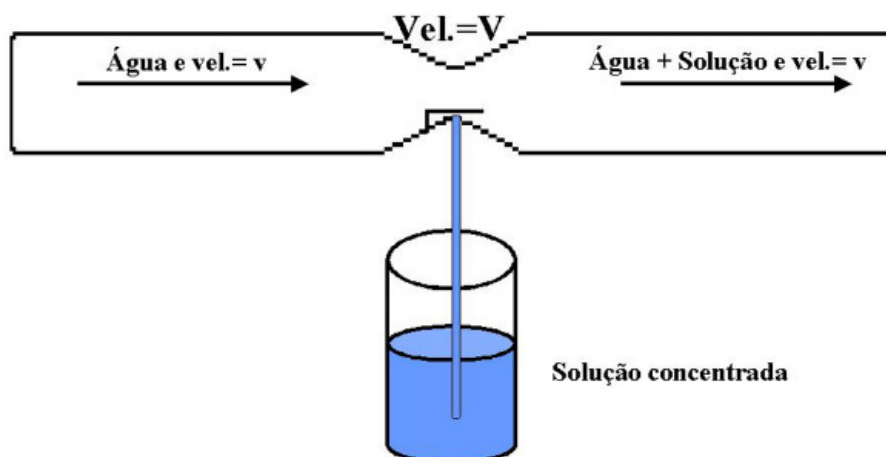
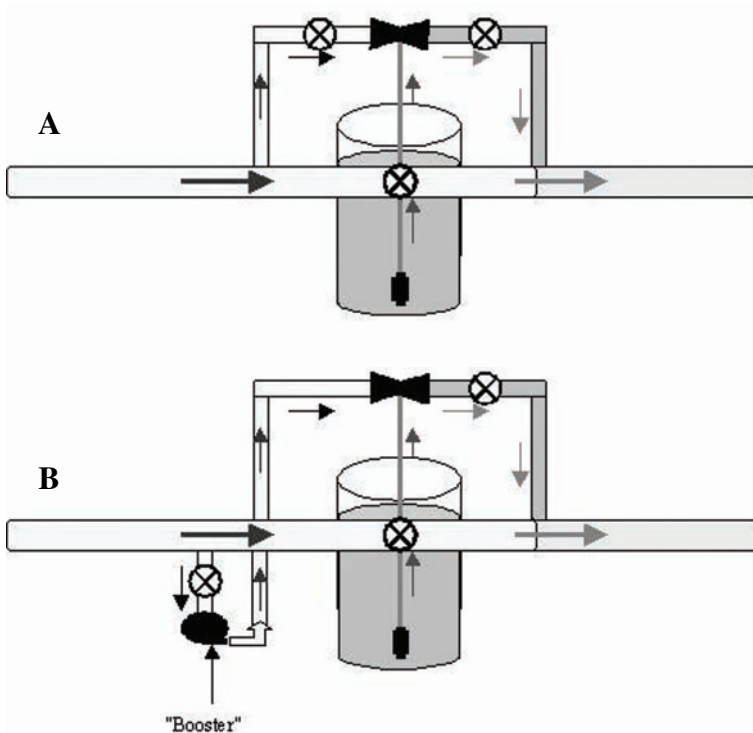


Figura 3. Esquema do injetor tipo venturi.

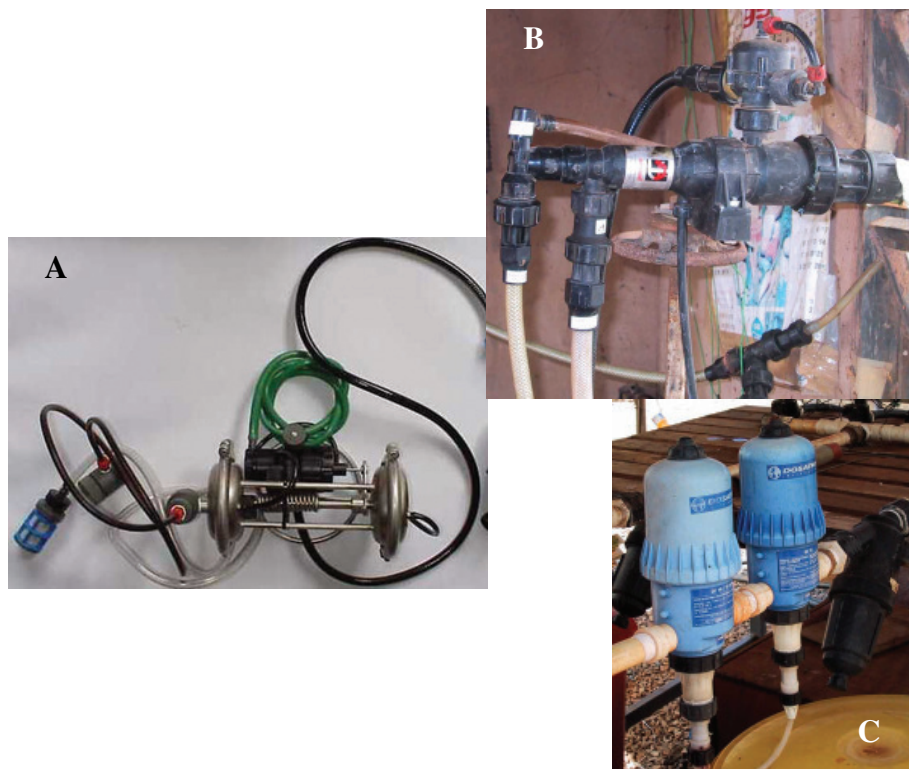


**Figura 4.** Injetor de fertilizantes tipo venturi, instalado em paralelo à tubulação principal (A) e com uma bomba “booster” para aumento de pressão (B).

### 2.2.3 Bombas injetoras

As bombas injetoras aplicam a solução de nutrientes de um tanque de armazenamento diretamente na tubulação principal. Existe uma variabilidade enorme de tipos de bombas injetoras, desde pequenas bombas de laboratório até grandes bombas centrífugas. A energia para o funcionamento dessas bombas pode ser: hidráulica, elétrica e de combustão interna.

As principais vantagens dessas bombas são as seguintes: bastante precisas; prestam-se à fertirrigação proporcional; não causam perdas de carga e são próprias para a automação do sistema de irrigação. A grande desvantagem é que são caras e seu funcionamento, bastante complicado com grande número de peças, o que aumenta a probabilidade de quebras e defeitos. As bombas hidráulicas (Figura 5) utilizam a própria energia da água de irrigação para o seu funcionamento e podem ser de diafragma e pistão.



**Figura 5.** Tipos de bombas injetoras hidráulicas (A e B) e bomba dosadora (C). Foto: OSMAR ALVES CARRIJO.

## 2.3 Manejo da água de irrigação

A eficiência da fertirrigação é determinada, em grande parte, pelo bom funcionamento do sistema de irrigação. Além de um sistema de irrigação bem dimensionado para boa uniformidade de aplicação de água e fertilizantes, deve-se dar bastante atenção ao manejo da água na cultura para que não ocorra deficiência ou lixiviação de nutrientes.

Para o bom manejo da irrigação, deve-se levar em consideração a frequência de irrigação e o volume de água a ser aplicado. Os mesmos parâmetros para determinar o volume de água e a frequência de irrigação podem ser usados para o cálculo do tempo de irrigação. O tempo de irrigação é muito útil para a automação dos sistemas usando temporizadores e válvulas solenóides (CARRIJO et al. 1999). Portanto, será descrito neste trabalho, métodos de manejo que contemplem a determinação do tempo de irrigação.

O momento de irrigação e sua frequência podem ser determinados com uso de tensiômetros, com a evapotranspiração da cultura, ou ambos. Para se

usar o tensiômetro no manejo é necessário se conhecer a tensão crítica para reinício das irrigações, menores do que nos outros sistemas e devem estar ao redor da capacidade de campo (Tabela 1). Quando se usa o tanque classe A, a frequência pode-se determinar com o tensiômetro ou fixada.

**Tabela 1.** Tensão crítica de água no solo, para reinício das irrigações em algumas hortaliças

| Hortaliça | Tensão (kPa) | Hortaliça           | Tensão (kPa) |
|-----------|--------------|---------------------|--------------|
| Alface    | 10-20        | Pimentão            | 10-30        |
| Melão     | 10-50        | Tomate de mesa      | 10-30        |
| Pepino    | 15-50        | Hortaliças em geral | 10-30        |

Para as hortaliças de modo geral, o turno de rega fixo deve ser pequeno. Por exemplo, no sistema de irrigação por gotejamento é de 1 a 2 dias. Neste trabalho será prioritariamente descrito o manejo da irrigação com base na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>).

Para se determinar o tempo e a quantidade de água de irrigação, usando a evapotranspiração da cultura há necessidade de se determinar a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>). A evapotranspiração de referência pode ser estimada com o uso do tanque classe A ou com as equações meteorológicas.

Usando um tanque Classe A para estimar a ET<sub>0</sub> deve-se multiplicar evaporação da água do tanque classe A (EV<sub>A</sub>), no intervalo entre duas irrigações consecutivas, pelo K<sub>p</sub> do tanque:  $ET_0 = K_p \cdot EV_A$

O K<sub>p</sub> do tanque é função da cobertura de solo (bordadura) onde é instalado o tanque, da velocidade do vento e da umidade relativamédia do ar, variando de 0,60 a 0,85, para tanques instalados a céu aberto (fora das estruturas de proteção). A tabela de K<sub>p</sub> proposta pela FAO é apresentada na tabela 2.

A evapotranspiração da cultura é dada por:  $ET_c = K_c \cdot ET_0$ , onde: K<sub>c</sub> é um coeficiente que ajusta a estimativa do consumo de água para a fase de desenvolvimento de cada cultura. Os valores de coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) para algumas hortaliças são apresentados na tabela 3.

**Tabela 2.** Coeficiente de tanque Classe A (Kp) para estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>C</sub>)

| Vento<br>m/s    | Tanque circundado por grama  |              |                     |             | Tanque circundado por solo nu |              |                     |             |
|-----------------|------------------------------|--------------|---------------------|-------------|-------------------------------|--------------|---------------------|-------------|
|                 | Umidade relativa             |              |                     |             | Umidade relativa              |              |                     |             |
|                 | Posição<br>do tanque R*<br>m | Baixa<br><40 | Média<br>40-70<br>% | Alta<br>>70 | Posição<br>do tanque R*<br>m  | Baixa<br><40 | Média<br>40-70<br>% | Alta<br>>70 |
| Leve < 2        | 0                            | 0,55         | 0,65                | 0,75        | 0                             | 0,70         | 0,80                | 0,85        |
|                 | 10                           | 0,65         | 0,75                | 0,85        | 10                            | 0,60         | 0,70                | 0,80        |
|                 | 100                          | 0,70         | 0,80                | 0,85        | 100                           | 0,55         | 0,65                | 0,75        |
| Moderado 2-5    | 1.000                        | 0,75         | 0,85                | 0,85        | 1.000                         | 0,50         | 0,60                | 0,70        |
|                 | 0                            | 0,50         | 0,60                | 0,65        | 0                             | 0,65         | 0,75                | 0,80        |
|                 | 10                           | 0,60         | 0,70                | 0,75        | 10                            | 0,55         | 0,65                | 0,70        |
| Forte 5-8       | 100                          | 0,65         | 0,75                | 0,80        | 100                           | 0,50         | 0,60                | 0,65        |
|                 | 1.000                        | 0,70         | 0,80                | 0,80        | 1000                          | 0,45         | 0,55                | 0,60        |
|                 | 0                            | 0,45         | 0,50                | 0,60        | 0                             | 0,60         | 0,60                | 0,70        |
| Muito Forte > 8 | 10                           | 0,55         | 0,60                | 0,65        | 10                            | 0,50         | 0,55                | 0,65        |
|                 | 100                          | 0,60         | 0,65                | 0,75        | 100                           | 0,45         | 0,50                | 0,60        |
|                 | 1.000                        | 0,65         | 0,70                | 0,75        | 1000                          | 0,40         | 0,45                | 0,55        |
|                 | 0                            | 0,40         | 0,45                | 0,50        | 0                             | 0,50         | 0,60                | 0,65        |
|                 | 10                           | 0,45         | 0,55                | 0,60        | 10                            | 0,45         | 0,50                | 0,55        |
|                 | 100                          | 0,50         | 0,60                | 0,65        | 100                           | 0,40         | 0,45                | 0,50        |
|                 | 1.000                        | 0,55         | 0,60                | 0,65        | 1000                          | 0,35         | 0,40                | 0,45        |

\*: Por R entende-se a menor distância (m) do centro do tanque ao limite da bordadura de grama ou solo nu.

Nota: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de Kp em 20% em condições de alta temperatura e vento forte, e de 10% a 15% em condições moderadas de temperatura, vento e umidade (MARQUELLI et al., 1996).

Fonte: DOORENBOS E PRUITT (1977).

**Tabela 3.** Coeficiente de cultura (Kc) para a estimativa do consumo de água para algumas hortaliças

| Hortaliça | Fases de desenvolvimento da cultura |      |      |      |
|-----------|-------------------------------------|------|------|------|
|           | I                                   | II   | III  | IV*  |
| Abóbora   | 0,50                                | 0,70 | 1,00 | 0,80 |
| Alface    | 0,85                                | 0,90 | 1,00 | 0,95 |
| Batata    | 0,50                                | 0,80 | 1,10 | 0,80 |
| Berinjela | 0,40                                | 0,75 | 1,10 | 0,80 |
| Brássicas | 0,40                                | 0,80 | 1,10 | 0,90 |
| Cenoura   | 0,60                                | 0,80 | 1,10 | 0,80 |
| Melancia  | 0,40                                | 0,80 | 1,05 | 0,70 |
| Melão     | 0,35                                | 0,70 | 1,05 | 0,70 |
| Pepino    | 0,35                                | 0,70 | 1,00 | 0,75 |
| Pimentão  | 0,40                                | 0,70 | 1,05 | 0,85 |
| Tomate    | 0,40                                | 0,75 | 1,10 | 0,80 |
| Vagem     | 0,40                                | 0,75 | 1,05 | 0,90 |

I - Emergência até 10% do desenvolvimento.

II - De 10% até 75% do desenvolvimento (floração).

III - Da floração até o início de maturação.

IV - Da maturação até a última colheita.

Fonte: Adaptado de DOORENBOS e PRUITT (1977) e DOORENBOS e KASSAM (1979).

O tempo de irrigação pode então ser calculado pela seguinte equação:

$$T_i = \frac{60 \cdot ET_c \cdot d_g \cdot d_L}{E_{fi} \cdot Q_g}$$

onde:  $T_i$  é o tempo de irrigação (em minutos);  $ET_c$  é a evapotranspiração entre duas irrigações consecutivas (em mm);  $d_g$  é a distância entre dois gotejadores (em m);  $d_L$  é o espaçamento entre linhas de irrigação (em m);  $E_{fi}$  é a eficiência do sistema (cerca de 0,6 para aspersão, 0,7-0,9 para microaspersão e 0,90-0,95 para gotejamento) e  $Q_g$  é a vazão do gotejador (em L h<sup>-1</sup>).

Deve-se notar que a evapotranspiração da cultura na irrigação por gotejamento é menor que em outros métodos de irrigação, pois nem toda a superfície do solo é molhada, o que significa que há uma perda menor de água

por evaporação. Dessa maneira, a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) deve ser ajustada para compensar essa menor perda por evaporação, o que pode ser feito usando a relação:

$$ET_c = (K_c \cdot K_p \cdot ECA) \cdot \left[ 0,1 \left( A_s^{1/2} \right) \right]$$

onde:  $A_s$  é a estimativa (em porcentagem) da área sombreada pela cultura ao meio dia, conforme relatado por Keller e Bliesner (1990) e as outras variáveis conforme já descrito.

**Exemplo:** Um produtor deseja irrigar uma cultura de tomate já em plena produção (100 dias) com um sistema de irrigação por gotejamento. Foi estabelecido um turno de rega fixo de um dia. Observou-se que a cultura sombreamava 70% da área ao meio-dia.

A evaporação do tanque classe A instalado na estação meteorológica da cidade vizinha registrou uma evaporação de 5,5 mm no dia anterior, e foi-lhe informado que o  $K_p$  do tanque para essa época era de 0,80. O  $K_c$  para a cultura de tomate com essa idade é de 1,1 (Tabela 3). Como se estava usando gotejadores com vazão de  $1,70 \text{ L h}^{-1}$ , com espaçamento entre gotejadores de 0,30 m e entre linhas de 1,00 m, a eficiência de irrigação é estimada em 90%. Calcula-se o tempo de irrigação para repor a quantidade de água evapotranspirada no período da seguinte maneira:

1) Primeiro deve-se calcular a  $ET_0$  da cultura:

$$ET_0 = (EV_A \times K_p) = (5,5 \times 0,80) = 4,4 \text{ mm}$$

2) Depois a evapotranspiração da cultura -  $ET_c$

$$ET_c = K_c \times ET_0 = 1,1 \times 4,4 \cong 4,8 \text{ mm}$$

3) Depois a evapotranspiração da cultura para a irrigação por gotejamento -  $ET_{cg}$

$$ET_{cg} = ET_c \times [0,1 \times (A_s)^{1/2}] = 4,8 \times [0,1 \times (70)^{1/2}] \cong 4,0 \text{ mm}$$

4) E finalmente o tempo de irrigação -  $T_i$

$$T_i = (ET_{cg} \times 60)(d_g \times d_L) / (E_{fi} \times Q_g)$$

$$T_i = (4,0 \times 60)(0,3 \times 1,0) / (0,9 \times 1,7) \cong 47 \text{ minutos}$$

Deve-se, portanto, irrigar a cultura do exemplo por 47 minutos para repor ao solo a água evapotranspirada.

### 3. QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Não se observa de maneira geral, preocupação dos produtores de hortaliças, quanto às características da água de irrigação, a não ser quando há ocorrência de problemas como queima das plantas, entupimento dos orifícios dos gotejadores ou microaspersores.

Na tabela 4 são apresentados parâmetros para avaliação da qualidade da água de irrigação para hortaliças, referentes aos níveis críticos acima dos quais poderão ocorrer danos ao desenvolvimento das hortaliças, ou possibilidade de formação de resíduos causando problemas nos sistemas de irrigação, ou ainda possibilidade de reações químicas, afetando a disponibilidade de elementos minerais, entre outras consequências.

O pH da água não deve ser inferior a 5,0-5,5. A condutividade elétrica da água (C.E.) era expressa em mmhos  $\text{cm}^{-1}$ , posteriormente em (Siemens)  $\text{dS m}^{-1}$  e atualmente em  $\text{mS cm}^{-1}$ . Deve-se observar que  $1 \text{ dS m}^{-1} = 1 \text{ mS cm}^{-1}$ , corresponde a aproximadamente 640 mg de sal por litro de água. O termo RAS significa a relação de adsorção de sódio, sendo dado pela equação:  $\text{RAS} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg}) / 2]^{1/2}$

A literatura internacional mostra que há comportamentos distintos das diferentes hortaliças com relação à tolerância ao eventual excesso de elementos como o boro, sódio, cloro, tanto na água de irrigação como no solo, conforme citado por LORENZ e MAYNARD (1988) e VIVANCOS (1993) entre outros autores. A beterraba e a cebola, por exemplo, toleram até  $4 \text{ mg L}^{-1}$  de boro na água de irrigação, enquanto quantidades em torno de  $1$  a  $2 \text{ mg L}^{-1}$  de boro prejudicam o desenvolvimento de outras hortaliças como pimentão, alcachofra e feijão vagem.

**Tabela 4.** Faixas de valores máximos ou níveis críticos de diferentes parâmetros na água de irrigação para hortaliças

| Parâmetros*                   | Valores máximos | Parâmetros*   | Valores máximos |
|-------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| pH                            | 7,0 - 7,5       | Si            | 5 - 10          |
| C.E. (mS cm <sup>-1</sup> )   | 0,5 - 1,2       | Pb            | 0,1             |
| RAS                           | 3 - 6           | Co            | 0,05 - 0,10     |
| Bicarbonatos                  | 60 - 120        | Ni            | 0,2 - 0,5       |
| Sólidos sol. totais (TDS)     | 480 - 832       | Al            | 5               |
| Na                            | 50 - 70         | F             | 0,2 - 1,0       |
| Ca                            | 80 - 110        | Mo            | 0,01 - 0,1      |
| Mg                            | 50 - 110        | Se            | 0,01 - 0,02     |
| N total                       | 5 - 20          | V             | 0,1             |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 5 - 10          | Li            | 0,07 - 2,50     |
| N H <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 0,5 - 5         | Cr            | 0,05 - 0,10     |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 1,0             | Be            | 0,1 - 0,5       |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>  | 100 - 250       | As            | 0,05 - 0,10     |
| H <sub>2</sub> S              | 0,2 - 2,0       | Ba            | 1,0             |
| K                             | 5 - 100         | Hg            | 0,002           |
| P                             | 30              | Cd            | 0,01            |
| Cl                            | 70 - 100        | CN            | 0,2             |
| Fe                            | 0,2 - 1,5       | Sn            | 2,0             |
| Mn                            | 0,2 - 2,0       | Fenois        | 0,001           |
| Cu                            | 0,2 - 1,0       | Col. fecal ** | 1.000           |
| Zn                            | 1,0 - 5,0       | Col. total ** | 5.000           |
| B                             | 0,5 - 1,0       |               |                 |

\*: Valores em mg.L<sup>-1</sup> com exceção do pH, C.E. e RAS.

\*\* : coliformes em nmp (número mais provável) em 100 mL de água.

Fonte: Adaptado de CABRAL e CUNHA (1985); LORENZ e MAYNARD (1988); ANÔNIMO (1992); GHEYI et al (1999); São Paulo (2000); TAVEIRA (2000); BOVI (Comunicação pessoal, 1997).

#### 4. SALINIDADE E SALINIZAÇÃO DO SOLO E DOS SUBSTRATOS

A salinização é o processo de aumento de concentração de sais na superfície do solo (ou dos substratos), trazendo prejuízos ao desenvolvimento e à produção de hortaliças e outras culturas.

A água de irrigação, alguns fertilizantes de alto índice salino, a evaporação da água de superfície e a má drenagem de alguns solos e substratos são em parte responsáveis pelo aumento na salinização. Uma das maneiras de se medir a salinidade dos substratos e do solo consiste na determinação da

condutividade elétrica (C. E.), em que se mede a concentração de íons em uma solução água:solo, ou água:substrato em geral na proporção 2:1.

A tabela 5, citada por TAVEIRA (2000), mostra os efeitos de diferentes faixas de salinidade em substratos, utilizados para produção de mudas de diferentes plantas. A interpretação dessa tabela pode ser estendida para o efeito da salinidade no solo sobre as culturas.

**Tabela 5.** Efeito de diferentes níveis de salinidade de substratos e do solo sobre o desenvolvimento das plantas (valores válidos para uma solução na proporção água: solo de 2:1)

| Condutividade Elétrica mS cm <sup>-1</sup> | Interpretação  |
|--|--|
| < 0,24                                     | Baixa  |
| 0,25 - 0,75                                | Adequada para mudas pequenas e plantas sensíveis à salinidade  |
| 0,76 - 1,75                                | Adequada para plantas já estabelecidas ou adultas. Faixas superiores podem reduzir o crescimento de espécies e variedades mais sensíveis.        |
| 1,76 - 2,25                                | Elevada, os limites superiores podem resultar em “queimas” de bordos das folhas. Nesses níveis não se recomenda deixar secar o substrato.        |
| > 2,25                                     | Alto potencial de queima das folhas, com danos ao sistema radicular e paralização do crescimento. Possíveis sintomas de murchamento das plantas. |

Fonte: TAVEIRA (2000).

Algumas medidas para se evitar ou minimizar os efeitos da salinização são: incorporar fertilizantes orgânicos no solo; aplicar cobertura morta (*mulching*) para diminuir a evaporação da água de superfície; utilizar fertilizantes com baixo índice salino; realizar periodicamente irrigação com água pura visando à lavagem dos sais em excesso, aração e gradeação do solo com diferentes profundidades evitando-se a compactação e facilitando a drenagem.

Sempre que for possível, é importante alternar os períodos entre aplicação de fertilizantes e água pura.

## 5. CARACTERÍSTICAS DOS FERTILIZANTES PARA FERTIRRIGAÇÃO

No cálculo das quantidades de fertilizantes a serem aplicados às culturas em geral, deve-se conhecer sua composição e os teores de nutrientes. Além disso, os adubos de alta solubilidade são os mais indicados para a fertirrigação, evitando-se problemas de entupimento dos equipamentos por sais não dissolvidos. A tabela 6 apresenta a composição, os teores de nutrientes e a solubilidade de alguns fertilizantes comerciais.

Os fertilizantes, em geral, contêm sais que podem elevar a concentração salina da água de irrigação com conseqüências negativas para o desenvolvimento das hortaliças cultivadas no solo. Segundo PAPADOPOULOS (1999), a água de irrigação com a condutividade elétrica (CE ou EC) superior a 1,44 e 2,88 mS cm<sup>-1</sup> apresenta riscos, respectivamente, de salinização moderada e alta.

O efeito residual dos fertilizantes sobre o pH do solo e da água de irrigação, pode ser estimado conhecendo-se os índices de acidez e alcalinidade desses produtos.

O índice salino, a condutividade elétrica e o índice de acidez e alcalinidade de alguns fertilizantes são apresentados na tabela 7.

Deve-se também conhecer a compatibilidade dos adubos quando de sua mistura para aplicação na água de irrigação. Os adubos contendo fósforo e enxofre não devem ser misturados àqueles que contenham cálcio, evitando-se a formação de fosfatos e sulfatos insolúveis.

Uma maneira prática de se evitar este problema consiste em aplicá-los separadamente, por exemplo, de manhã e à tarde. Sempre que possível deve-se proceder as misturas de fertilizantes no fim da tarde, pois alguns resíduos que não se dissolverem durante à noite deverão se depositar no fundo dos tanques, diminuindo-se os riscos de entupimento do sistema de irrigação.

**Tabela 6.** Composição, teores de nutrientes e solubilidade de fertilizantes comerciais

| Fertilizante        | Fórmula   | Teor do elemento (%) | Solubilidade (g L <sup>-1</sup> ) |       |
|---------------------|---|----------------------|-----------------------------------|-------|
|                     |   |                      | 20 °C                             | 25 °C |
| <b>Nitrogenados</b> |   |                      |                                   |       |
| Nitrato de Amônio   | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                 | 33(N)                | 1.950                             | -     |
| Nitrato de Cálcio   | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>               | 15(N) 20(Ca)         | 1.220                             | 3410  |
| Nitrato de Sódio    | NaNO <sub>3</sub>                               | 16(N)                | 730                               | 920   |
| Sulfato de Amônio   | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 20(N) 24(S)          | 710                               | -     |
| Ureia               | CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>               | 45(N)                | 1.030                             | 1190  |

Continua

Tabela 6. Continuação

| Fertilizante                         | Fórmula  | Teor do elemento (%)                                    | Solubilidade (g L <sup>-1</sup> ) |       |
|--------------------------------------|--|---|-----------------------------------|-------|
|                                      |  |   | 20 °C                             | 25 °C |
| <b>Fosfatados</b>                    |  |   |                                   |       |
| Superfosfato Simples                 | Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O+CaSO <sub>4</sub> | 18(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 20(Ca)12(S)          | 20                                | -     |
| Superfosfato Triplo                  | Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O                   | 43(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 12(Ca)1(S)           | 40                                | -     |
| Ácido Fosfórico                      | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>   | 55(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                      | 460                               | 5480  |
| <b>Potássicos</b>                    |  |   |                                   |       |
| Cloreto de Potássio                  | KCl  | 60(K <sub>2</sub> O)                                    | 347                               | -     |
| Sulfato de Potássio                  | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   | 50(K <sub>2</sub> O) 18(S)                              | 110                               | -     |
| Sulfato duplo de Potássio e Magnésio | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 2MgSO <sub>4</sub>                                    | 26(K <sub>2</sub> O) 10(Mg) 15(S)                       | 250                               | -     |
| <b>Nitrogenados-Fosfatados</b>       |  |   |                                   |       |
| Fosfato Monoamônico (MAP)            | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>   | 10(N) 52(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                | 230                               | -     |
| MAP cristal (purificado)             | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>   | 11(N) 60(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                | 370                               | -     |
| Fosfato Diamônico (DAP)              | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                                       | 17(N) 44(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                | 430                               | -     |
| Fosfato de Ureia                     | CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                       | 18(N) 44(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                | 625                               | Alta  |
| <b>Nitrogenados-Potássicos</b>       |  |   |                                   |       |
| Nitrato de Potássio                  | KNO <sub>3</sub>   | 13(N) 44(K <sub>2</sub> O)                              | 320                               | -     |
| Salitre Potássico                    | NaNO <sub>3</sub> KNO <sub>3</sub>   | 15(N) 14(K <sub>2</sub> O)                              | 623                               | -     |
| <b>Fosfo-Potássicos</b>              |  |   |                                   |       |
| Fosfito de potássio                  | KH <sub>2</sub> PO <sub>3</sub>  | 58(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 38(K <sub>2</sub> O) | alta                              | alta  |
| Fosfato Monopotássico (MKP)          | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>  | 51(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 33(K <sub>2</sub> O) | 230                               | 330   |
| Fosfato Bipotássico                  | K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>  | 40(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 53(K <sub>2</sub> O) | 1.670                             | -     |
| <b>Cálcicos</b>                      |  |   |                                   |       |
| Cloreto de Cálcio penta-hidratado    | CaCl <sub>2</sub> · 5H <sub>2</sub> O  | 20(Ca)  | 670                               | -     |
| Cloreto de Cálcio bi-hidratado       | CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O  | 27(Ca)  | 980                               | -     |
| Sulfato de Cálcio (gesso)            | CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O  | 18(Ca) 16(S)  | 2,4                               | -     |
| <b>Magnesianos</b>                   |  |   |                                   |       |
| Nitrato de magnésio                  | Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O                                  | 9(Mg) 11(N)   | 720                               | -     |
| Sulfato de magnésio                  | Mg(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 7H <sub>2</sub> O                                  | 9,5(Mg) 12(S)   | 710                               | -     |

Continua

**Tabela 6.** Conclusão

| Fertilizante                     | Fórmula   | Teor do elemento (%) | Solubilidade (g L <sup>-1</sup> ) |       |
|----------------------------------|---|----------------------|-----------------------------------|-------|
|                                  |   |                      | 20 °C                             | 25 °C |
| <b>Micronutrientes</b>           |   |                      |                                   |       |
| Borax                            | Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O                  | 11(B)                | 21 <sup>(1)</sup>                 | -     |
| Solubor                          | Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub> · 4H <sub>2</sub> O                  | 20(B)                | 220 <sup>(1)</sup>                | -     |
| Ácido Bórico                     | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>  | 17(B)                | 63 <sup>(2)</sup>                 | -     |
| Molibdato de sódio               | Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O                                | 39(Mo)               | 580                               | -     |
| Molibdato de amônio              | (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 4H <sub>2</sub> O | 54(Mo) 7(N)          | 430 <sup>(1)</sup>                | -     |
| Sulfato de cobre                 | CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O   | 25(Cu) 12(S)         | 240                               | -     |
| Sulfato ferroso                  | FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O   | 19(Fe) 10(S)         | 330                               | -     |
| Sulfato de ferro                 | Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 4H <sub>2</sub> O                 | 23(Fe) 18(S)         | 240                               | -     |
| Cloreto férrico                  | FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O   | 20(Fe) 30(Cl)        | 92                                | -     |
| Sulfato de manganês              | MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O   | 25(Mn) 14(S)         | 1.050 <sup>(1)</sup>              | -     |
| Sulfato de zinco hepta-hidratado | ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O   | 21(Zn) 11(S)         | 960                               | -     |
| Sulfato de zinco mono-hidratado  | ZnSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O  | 35(Zn) 17(S)         | 670                               | -     |
| Sulfato de cobalto               | CoSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O   | 22(Co) e o 11(S)     | 330                               | -     |

(<sup>1</sup>) Solubilidade a 0 °C. (<sup>2</sup>) Solubilidade a 30 °C.

Fonte TRANI e TRANI, 2011 (adaptado)

**Tabela 7.** Índice salino, condutividade elétrica, índice de acidez e alcalinidade e pH de fertilizantes comerciais

| Fertilizantes             | Índice salino <sup>(1)</sup> | Condutividade elétrica <sup>(2)</sup> (mS.cm <sup>-1</sup> ) | Índice de acidez e alcalinidade <sup>(3)</sup> | pH em água (1:10) |
|---------------------------|------------------------------|--|--|-------------------|
| Nitrato de Amônio         | 105                          | 1,5  | + 62   | 5,6               |
| Ureia                     | 75                           | -  | + 71   | 7,3               |
| Sulfato de Amônio         | 69                           | 2,1  | + 110  | 4,2               |
| Nitrato de Cálcio         | 52                           | 1,2  | - 20   | -                 |
| Nitrato de Sódio          | 100                          | -  | - 29   | 9,6               |
| Uran                      | -                            | 1,1  | + 57   | -                 |
| Fosfato Monoamônico (MAP) | 30                           | 0,8  | + 58   | 4,5               |
| Fosfato Diamônico (DAP)   | 34                           | -  | + 75   | 7,5               |
| Fosfato de Ureia          | -                            | 1,2  | -  | 2,7               |

Continua

**Tabela 7.** Conclusão

| Fertilizantes  | Índice salino <sup>(1)</sup> | Condutividade elétrica <sup>(2)</sup> (mS.cm <sup>-1</sup> ) | Índice de acidez e alcalinidade <sup>(3)</sup> | pH em água (1:10) |
|--|------------------------------|--|--|-------------------|
| Ácido Fosfórico (54% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | -                            | 1,7  | + 110  | 2,6               |
| Cloreto de Potássio                                  | 116                          | 1,7  | 0  | 5,8               |
| Sulfato de Potássio                                  | 46                           | 1,4  | 0  | 5,7               |
| Nitrato de Potássio                                  | 74                           | 1,3  | -  | 6,5               |
| Sulfato de Potássio e Magnésio                       | 43                           | -  | 0  | 5,3               |
| Salitre Potássico                                    | 92                           | -  | - 29   | -                 |
| Fosfato Monopotássico (MKP)                          | 8                            | 0,7  | 0  | 4,5               |

<sup>(1)</sup> Índice relativo ao nitrato de sódio (valor 100).

<sup>(2)</sup> Determinada na concentração de 1 g de fertilizante por litro de água.

<sup>(3)</sup> Sinal + (acidez): kg de CaCO<sub>3</sub> necessário para neutralizar 100 kg de fertilizante  
Sinal - (alcalinidade): kg de CaCO<sub>3</sub> "adicionados" pela aplicação de 100 kg de fertilizante.

As tabelas 8 e 9, respectivamente, mostram a compatibilidade e solubilidade de misturas de diferentes fertilizantes comerciais, segundo diversos autores.

**Tabela 8.** Compatibilidade de misturas de fertilizantes comerciais, para fertirrigação

| Fertiliz.                      | NA  | Uréia | SA    | MAP | DAP | MKP    | KCl  | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | KNO <sub>3</sub> | NC     | NMg |
|--------------------------------|-----|-------|-------|-----|-----|--------|------|--------------------------------|------------------|--------|-----|
| NA                             | -   | Sim   | Sim   | Sim | Sim | Sim    | Sim  | Sim                            | Sim              | Sim    | Sim |
| Ureia                          | Sim | -     | Sim   | Sim | Sim | Sim    | Sim  | Sim                            | Sim              | Sim    | Sim |
| SA                             | Sim | Sim   | -     | Sim | Sim | Não    | Sim* | Sim*                           | Sim**            | Sim*   | Sim |
| MAP                            | Sim | Sim   | Sim   | -   | Sim | Sim    | Sim  | Sim                            | Sim              | Não    | Não |
| DAP                            | Sim | Sim   | Sim   | Sim | -   | Sim    | Sim  | Sim                            | Sim              | Não    | Não |
| MKP                            | Sim | Sim   | Não   | Sim | Sim | -      | Sim  | Não                            | Sim              | Não*** | Não |
| KCl                            | Sim | Sim   | Sim*  | Sim | Sim | Sim    | -    | Sim                            | Sim              | Sim    | Sim |
| K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Sim | Sim   | Sim*  | Sim | Sim | Não    | Sim  | -                              | Sim**            | Não    | Sim |
| KNO <sub>3</sub>               | Sim | Sim   | Sim** | Sim | Sim | Sim    | Sim  | Sim**                          | -                | Sim    | Sim |
| NC                             | Sim | Sim   | Não*  | Não | Não | Não*** | Sim  | Não                            | Sim              | -      | Sim |
| NMg                            | Sim | Sim   | Sim   | Não | Não | Não    | Sim  | Sim                            | Sim              | Sim    | -   |

\*: Solubilidade da mistura como solubilidade de SA. \*\*: Solubilidade da mistura como solubilidade de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. \*\*\*: Solubilidade limitada dependendo das quantidades (concentrações) misturadas. NA = Nitrato de amônio; SA = Sulfato de amônio; NC = Nitrato de Cálcio; NMg = Nitrato de Magnésio.

Fonte: SHIGUEMORI (1999).

**Tabela 9.** Solubilidade de misturas de fertilizantes líquidos (algumas formulações são incompatíveis em *altas* concentrações na solução-estoque, devendo ser evitadas)

| 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       | C     |                   |                   |                   |                     |                     |                     |                   |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Sulfato de amônio       | C     | C                 |                   |                   |                     |                     |                     |                   |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Nitrato de cálcio       | C     | C                 | I                 |                   |                     |                     |                     |                   |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Nitrato de potássio     | C     | C                 | C                 | C                 |                     |                     |                     |                   |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Cloreto de potássio     | C     | C                 | C                 | C                 | C                   |                     |                     |                   |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Sulfato de potássio     | C     | C                 | SR                | I                 | C                   | SR                  |                     |                   |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Fosfato de amônio       | C     | C                 | C                 | I                 | C                   | C                   | C                   |                   |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Fe, Zn, Cu e Mn sulfato | C     | C                 | C                 | I                 | C                   | C                   | SR                  | I                 |                         |                         |                     |                 |                 |               |
| Fe, Zn, Cu e Mn quelato | C     | C                 | C                 | SR                | C                   | C                   | C                   | SR                | C                       |                         |                     |                 |                 |               |
| Sulfato de magnésio     | C     | C                 | C                 | I                 | C                   | C                   | SR                  | I                 | C                       | C                       |                     |                 |                 |               |
| Ácido fosfórico         | C     | C                 | C                 | C                 | C                   | C                   | C                   | C                 | SR                      | I                       | C                   |                 |                 |               |
| Ácido sulfúrico         | C     | C                 | C                 | I                 | C                   | C                   | SR                  | C                 | C                       | C                       | C                   | C               |                 |               |
| Ácido nítrico           | C     | C                 | C                 | C                 | C                   | C                   | C                   | C                 | I                       | C                       | C                   | C               | C               |               |

C = Compatível.

SR = Solubilidade Reduzida.

I = Incompatível.

Fonte: LANDIS et al. (1989), citados por VILLAS BOAS et al. (1999).

## 6. RECOMENDAÇÕES DE FERTIRRIGAÇÃO PARA HORTALIÇAS

A seguir, são apresentadas as recomendações de adubação pelo sistema de fertirrigação com base, em geral, na mistura de fertilizantes simples, contendo um ou mais nutrientes. Tais recomendações foram baseadas em levantamento realizado com engenheiros agrônomos e produtores de hortaliças sob cultivo protegido, em diferentes regiões do Estado de São Paulo, principalmente.

## 6.1 Morango

De maneira geral, realiza-se a adubação com fertilizante sólido aplicado em pré-plantio no solo, com fósforo e potássio, em quantidades de acordo com a análise de solo. Em cobertura, junto com a água de irrigação, as doses e os tipos de fertilizantes empregados por alguns produtores de morango são descritas a seguir:

Produtor A: utiliza 2 gramas por m<sup>2</sup> de canteiro de uma mistura contendo 2/3 de nitrato de cálcio e 1/3 de nitrato de potássio, a partir do florescimento, uma ou duas vezes por semana, conforme o vigor das plantas.

Produtor B: Após o florescimento, utiliza uma mistura de 1,8 kg de nitrato de cálcio; 3,2 kg de nitrato de potássio e 0,3 litros de ácido fosfórico, dissolvidos em 1.000 litros de água. Essa mistura é aplicada em 5.000 m<sup>2</sup> de canteiro, uma vez por semana. PASSOS (1998) recomenda dividir essas quantidades em duas aplicações por semana (4).

Produtor C: Aplicar após o florescimento, 1,8 g de nitrato de potássio juntamente com 3,3 g de nitrato de cálcio por m<sup>2</sup>, uma vez por semana.

Na Argentina, existe maior número de recomendações para fertirrigação do morangueiro, em relação ao Brasil, sendo apresentadas na Tabela 10.

**Tabela 10.** Recomendação de fertirrigação para morangueiro de outono, na Argentina, cultivado no campo

| Fase de desenvolvimento do morango | Nitrato de Amônio | MAP cristal (purificado) | Nitrato de Potássio | Sulfato de Magnésio |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
|                                    |                   |                          |                     | (hepta-hidratado)   |
| kg.ha <sup>-1</sup>                |                   |                          |                     |                     |
| Crescimento                        | 200-265           | 70-90                    | 90-120              | -                   |
| Floração                           | 20-30             | 90-120                   | 80-110              | -                   |
| Produção                           | 110-150           | 70-90                    | 240-320             | 110-220             |

Além dessa indicação, existe a recomendação do INTA (1995), para as plantações de morango na Província de Tucumán, citando os seguintes totais de nutrientes para todo o ciclo da cultura: N: 200; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 120; K<sub>2</sub>O: 300; Ca: 57 e Mg: 30, em kg ha<sup>-1</sup>.

(4) PASSOS, F. A. Instituto Agronômico, Campinas. (Comunicação pessoal, 1998)

## 6.2 Pimentão

As variações observadas nas adubações adotadas por produtores e agrônomos para o pimentão decorrem, além da diversidade de solos e clima onde é produzido até as diferentes épocas do ano, espaçamento adotado e cultivares utilizadas. Por esta razão, e devido à existência de poucas pesquisas a respeito, toda recomendação deve ser adotada com a devida cautela.

Produtor A - Região de Monte Alegre do Sul-SP (1996):

Utiliza-se 125 g de nitrato de cálcio; 175 g de nitrato de potássio e 125 g de MAP purificado por 1.000 plantas adultas. A aplicação é diária no período de formação dos frutos de pimentão. O MAP é aplicado separadamente dos outros fertilizantes.

Produtor B - região de Elias Fausto/Campinas: Aplicar três vezes por semana:

1.<sup>a</sup> fase: do pegamento das mudas até 70 dias: 60 g de nitrato de cálcio; 60 g de nitrato de potássio e 70 g de MAP purificado por 1.000 plantas.

2.<sup>a</sup> fase: de 70 aos 120 dias: dobrar as doses utilizadas na 1.<sup>a</sup> fase.

3.<sup>a</sup> fase: acima de 120 dias até o término da colheita: dobrar as doses da 2.<sup>a</sup> fase.

Produtor C - Região de Tupã (obs: **solos arenosos**):

1.<sup>a</sup> fase: a partir de 15 dias após o transplante: 280 g de nitrato de cálcio e 140 g de nitrato de potássio para cada 1000 m<sup>2</sup> de canteiros. Aplicação diária ou em dias alternados.

2.<sup>a</sup> fase: do início da frutificação ao término das colheitas: 240 g de nitrato de cálcio e 400 g de nitrato de potássio para cada 1000 m<sup>2</sup> de canteiros. Aplicação diária ou em dias alternados.

Segundo MAKIMOTO (1999), a decisão da fertirrigação diária ou em dias alternados baseia-se entre outros fatores, na avaliação dos riscos de salinização e lixiviação de fertilizantes, maiores em solos arenosos, característicos das regiões de Tupã e Marília (SP) <sup>(5)</sup>.

Produtor D - Região de Santa Cruz do Rio Pardo (obs: **solos argilosos**)

1.<sup>a</sup> fase: do início do pegamento das mudas até 15 dias: 150 g de nitrato de cálcio; 100 g de fosfato monopotássico (MPK) por 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

2.<sup>a</sup> fase: de 16 aos 30 dias de idade: 600 g de nitrato de cálcio, com 250 g de nitrato de potássio e 150 g de MPK por 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

---

<sup>(5)</sup> MAKIMOTO, P. 1999. Casa da Agricultura, Tupã. (Comunicação pessoal)

3.<sup>a</sup> fase: de 31 aos 45 dias de idade: 800 g de nitrato de cálcio com 400 g de MPK por 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

4.<sup>a</sup> fase: de 46 aos 60 dias: 450 g de nitrato de cálcio, com 650 g de nitrato de potássio e 180 g de MPK para 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

5.<sup>a</sup> fase: de 61 dias até o fim do ciclo: 650 g de nitrato de cálcio, com 900 g de nitrato de potássio e 180 g de MKP por 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

A partir de 30 dias após o transplante fertirrigar semanalmente com 2 a 3 kg de sulfato de magnésio para 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros com pimentão. Realizam-se, ainda, pulverizações a cada 10 dias, com 100 mL de boroplus (11% B) por 100 L de água.

Produtor E - Região de Mogi das Cruzes, em 1999 (obs: **solos de diferentes texturas**)

1.<sup>a</sup> fase: do início do pegamento das mudas até o florescimento: 0,5 g de nitrato de cálcio e 0,1 g de ácido fosfórico por planta (cova), em dias alternados ou a cada dois a três dias.

2.<sup>a</sup> fase: do florescimento até término da colheita do pimentão: 1 a 1,2 g de nitrato de potássio e 0,2 g de sulfato de magnésio por planta (cova), em dias alternados ou a cada dois a três dias.

As adubações aplicadas em estufa, anteriormente citadas, são destinadas aos pimentões coloridos, com tempo médio de 5 a 6 meses de desenvolvimento, cultivados em espaçamento de 1 a 1,2 m entre linhas por 0,50 a 0,70 m entre plantas, com produtividade de 6 a 8 kg por planta durante o ciclo. Essa produtividade é bastante variável conforme a época de plantio, os tratos culturais efetuados e a variedade (cultivar) utilizada.

BASSETO JUNIOR, em 2003, apresentou recomendações de doses de nutrientes para a cultura do pimentão, durante seu ciclo de desenvolvimento (Tabela 11).

**Tabela 11.** Recomendação de nutrientes para o pimentão, conforme a fase de desenvolvimento da cultura

| Fase de desenvolvimento do pimentão dias após plantio | Quantidade de nutrientes por dia |                               |                  |            |            |
|---|----------------------------------|-------------------------------|------------------|------------|------------|
|   | N                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca         | Mg         |
|   | kg.ha <sup>-1</sup>              |                               |                  |            |            |
| 1 a 35  | 0,05                             | 0,01                          | 0,08             | 0,03       | 0,04       |
| 36 a 55   | 0,35                             | 0,06                          | 0,78             | 0,23       | 0,14       |
| 56 a 70   | 1,16                             | 0,24                          | 2,24             | 0,69       | 0,50       |
| 71 a 85   | 1,32                             | 0,22                          | 2,60             | 0,67       | 0,70       |
| 86 a 100  | 2,63                             | 0,77                          | 4,80             | 1,93       | 1,05       |
| 101 a 120   | 2,73                             | 0,60                          | 5,50             | 0,80       | 0,75       |
| 121 a 140   | 3,75                             | 1,10                          | 4,85             | 1,00       | 0,72       |
| 141 a 180   | 2,00                             | 0,90                          | 3,60             | 1,20       | 0,90       |
| <b>Total de nutrientes por ha</b>                     | <b>295</b>                       | <b>90</b>                     | <b>514</b>       | <b>139</b> | <b>103</b> |

Fonte: BASSETO JUNIOR, 2003. (Comunicação pessoal)

Obs.: acrescentar na fertirrigação o total de 1 kg ha<sup>-1</sup> de boro, na forma de ácido bórico e também aminoácidos solúveis, visando manter o equilíbrio microbiológico do solo.

GOTO e ROSSI (1997) recomendam as seguintes soluções nutritivas para o pimentão, as quais podem ser fornecidas não somente no sistema de hidroponia, mas também no de fertirrigação por gotejamento sobre o solo (Tabelas 12 e 13).

**Tabela 12.** Soluções nutritivas para hidroponia ou fertirrigação em pimentão sob cultivo protegido

| Fertilizantes                         | Quantidade para 1.000 L de solução |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| Nitrato de cálcio                     | 650 g                              |
| Nitrato de potássio                   | 500 g                              |
| Fosfato monopotássico (MKP)           | 170 g                              |
| Sulfato de magnésio (hepta-hidratado) | 250 g                              |
| Nitrato de magnésio                   | 50 g                               |
| Ferro - EDTA (40 mM)*                 | 1 L                                |
| Micronutrientes (tabela 13)           | 150 mL                             |

\*: Diluir 11 g de cloreto de ferro (FeCl<sub>3</sub>) em 400 mL de água; diluir 15 g de EDTA dissódico (Na<sub>2</sub>EDTA) em 400 mL de água, misturando bem e completando 1 litro.

Fonte: Goto e Rossi, 1997.

**Tabela 13.** Solução-estoque de micronutrientes para mistura na solução nutritiva

| Fertilizante        | Fórmula                               | Produto/Solução<br>g.L <sup>-1</sup> |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Ácido bórico        | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>        | 16,70                                |
| Cloreto de Manganês | MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O | 15,00                                |
| Cloreto de Cobre    | CuCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O | 0,82                                 |
| Óxido de Molibdênio | MoO <sub>3</sub>                      | 0,33                                 |
| Sulfato de Zinco    | ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O | 2,62                                 |

Fonte: Goto e Rossi, 1997.

## 6.3 Pepino

### Produtor A - Região de Elias Fausto/Campinas

Antes do plantio, são incorporados ao solo 1.500 kg de cama de frango com 1.000 kg de húmus e 1 kg de F.T.E. BR9 para cada 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros <sup>(6)</sup>. Após o pegamento das mudas de pepino são aplicados, diariamente, 100 g de nitrato de potássio com 60 g de MAP purificado para cada 1.000 plantas.

Periodicamente, tem-se aplicado 300 mL de ácido fosfórico (60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) para cada 1.000 plantas, visando à melhoria do desenvolvimento das raízes. Esse produtor relata aplicações de 0,25 a 0,50 mL de ácido fosfórico por litro de água, utilizadas em outras regiões do País, para fornecimento de fósforo e desentupimento de bicos de equipamentos utilizados na fertirrigação de hortaliças em geral.

### Produtor B - Região de Tupã (SP)

Antes do plantio, conforme a análise, aplica-se a fórmula sólida 4-14-8 e, eventualmente, superfosfato simples ou termofosfato, incorporando-o ao solo.

Aos 15 dias após o transplante, aplicam-se 280 g de nitrato de cálcio com 140 g de nitrato de potássio para cada 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros, diariamente ou em dias alternados.

Na fase de frutificação do pepino, aplicam-se 240 g de nitrato de cálcio com 400 g de nitrato de potássio para cada 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros, diariamente ou em dias alternados.

### Produtor C - Região de Santa Cruz do Rio Pardo (SP)

1.<sup>a</sup> fase: do pegamento das mudas até 15 dias de idade aplicam-se 250 g de nitrato de cálcio com 250 g de MAP purificado e 150 g de nitrato de potássio para cada 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

2.<sup>a</sup> fase: do 16<sup>o</sup> ao 30<sup>o</sup> dia, colocam-se 600 g de nitrato de cálcio, com 300 g de nitrato de potássio e 180 g de MAP purificado por 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

3.<sup>a</sup> fase: do 31<sup>o</sup> ao 60<sup>o</sup> dia após o plantio do pepino, aplicam-se 1.200 g de nitrato de cálcio, com 500 g de nitrato de potássio e 160 g de MAP purificado nesta área (1.000 m<sup>2</sup>).

4.<sup>a</sup> fase: do 61<sup>o</sup> dia até o término do ciclo aplicam-se 800 g de nitrato de cálcio com 1200 g de nitrato de potássio e 160 g de MAP purificado para 1000 m<sup>2</sup> de canteiros.

BASSETO JUNIOR, em 2003, apresentou na tabela 14 a fertirrigação do pepino em nutrientes, em que o leitor poderá converter as dosagens para os fertilizantes simples, conforme sua disponibilidade e custo.

---

<sup>(6)</sup> F.T.E. ( Fritted Trace Elements)(fórmula BR-9 em pó) contém(%): 6(Zn); 2(B); 0,8(Cu); 6(Fe); 3(Mn) e 0,1 (Mo).

**Tabela 14.** Recomendação de nutrientes para o pepino sob cultivo protegido, conforme a fase de desenvolvimento da cultura, para a região de Santa Cruz do Rio Pardo(SP)

| Fase de desenvolvimento do pepino (dias após plantio) | Quantidade de nutrientes por dia |                               |                  |      |      |
|---|----------------------------------|-------------------------------|------------------|------|------|
|   | N                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca   | Mg   |
|   | kg ha <sup>-1</sup>              |                               |                  |      |      |
| 1 a 21  | 0,75                             | 0,80                          | 1,10             | 0,80 | 0,25 |
| 22 a 42   | 1,70                             | 1,30                          | 2,40             | 1,20 | 0,35 |
| 43 a 63   | 3,00                             | 1,20                          | 4,00             | 1,60 | 0,45 |
| 64 a 83   | 4,50                             | 0,80                          | 5,00             | 2,00 | 0,50 |
| 84 a 120  | 4,80                             | 0,50                          | 6,50             | 1,80 | 0,50 |
| Total de nutrientes por ha                            | 382                              | 104                           | 497              | 182  | 51   |

Fonte: BASSETO JUNIOR, 2003. (Comunicação pessoal)

Obs: acrescentar na fertirrigação 0,9 kg ha<sup>-1</sup> de boro, na forma de ácido bórico e também aminoácidos solúveis, visando manter o equilíbrio microbiológico do solo.

#### Produtor D - Região de Mogi das Cruzes

Na região de Mogi das Cruzes, devido ao longo tempo de cultivo com hortaliças e o manejo do solo, entre outros fatores, verificam-se problemas sérios com nematóides em pepino. Existem alguns produtos que, além de fontes de nutrientes, colaboram para “dificultar” a proliferação de nematóides. Assim, segundo FIGUEIREDO (1999), pode-se utilizar torta de mamona ou mistura de melão de cana e casca de arroz (3 kg de cada material em 100 litros de água) fermentado e aplicado em pré-plantio, misturado ao solo dos canteiros (7).

Outra prática relatada por esse autor é a aplicação via irrigação de 300 mL de ácido pirolenhoso (extrato liquefeito resultante da queima da madeira ou carvão vegetal) dissolvidos em 60 até 100 litros de água.

A adubação pré-plantio, além de orgânica, é feita com produtos em que predomina o fósforo. Em cobertura, são aplicados os seguintes produtos:

1.<sup>a</sup> fase: do pegamento das mudas até o florescimento: 0,5 g de nitrato de cálcio com 0,2 g de sulfato de magnésio e 0,1 g de ácido fosfórico por planta, em dias alternados ou a cada 2 a 3 dias.

2.<sup>a</sup> fase: do florescimento até o término da colheita do pepino: 1 a 1,2 g de nitrato de potássio, com 0,3 g de sulfato de magnésio e 0,1 g de ácido fosfórico por planta, em dias alternados ou cada 2 a 3 dias.

(7) FIGUEIREDO, G.J.B., 1999. Casa da Agricultura, Mogi das Cruzes. (Comunicação pessoal)

No verão, para que o fruto de pepino japonês não fique defeituoso ou encurvado as dosagens do nitrato de potássio devem aumentar gradativamente no período entre o florescimento e a frutificação de 0,5; 0,6; 0,7; 0,8 até 0,9 g por planta com a mesma alternância de aplicação. Deve-se reforçar a aplicação de magnésio, utilizando-se produtos solúveis em água ou fórmulas contendo esse elemento.

As adubações anteriormente citadas foram utilizadas para pepino tipo japonês ou holandês, com cerca de 1.000 plantas por estufa e produtividade variando de 2 a 4 kg por planta (pepino japonês) e 4 a 8 kg por planta (pepino holandês), dependendo da época de cultivo (3 a 4 meses de colheita no verão e 2 a 3 meses no inverno).

Deve-se ter cautela com o excesso de potássio, às vezes aplicado por produtores, inclusive em solos que contém teores médios ou altos desse nutriente. A figura 6 mostra uma planta de pepino (enxertado) sob cultivo protegido com sintomas de queimadura nos bordos das folhas, devido ao excesso de potássio aplicado na forma de  $KNO_3$ , através de fertirrigação.



**Figura 6.** “Queima” dos bordos das folhas de pepino devido ao excesso de potássio. Foto: OLIVEIRO BASSETO JUNIOR.

## 6.4 Tomate

As adubações em fertirrigação para o tomate de mesa são semelhantes àquelas utilizadas para o pimentão, reforçando-se na fase final de colheita as quantidades de potássio. Cita-se como exemplo a fertirrigação recomendada para produtores de tomate sob cultivo protegido em Santa Cruz do Rio Pardo (SP):

1.<sup>a</sup> fase: do início do pegamento das mudas até os 15 dias: aplicam-se 150 g de nitrato de cálcio com 100 g de MKP, para 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

2.<sup>a</sup> fase: do 16.<sup>o</sup> até o 30.<sup>o</sup> dia: utilizar 400 g de nitrato de cálcio com 150 g de nitrato de potássio e 150 g de MKP, para 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

3.<sup>a</sup> fase: do 31.<sup>o</sup> até o 45.<sup>o</sup> dia após plantio: utilizar 800 g de nitrato de cálcio e 400 g de MKP, para 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

4.<sup>a</sup> fase: do 46.<sup>o</sup> até o 60.<sup>o</sup>: utilizar 450 g de nitrato de cálcio, com 750 g de nitrato de potássio e 180 g de MKP para 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

5.<sup>a</sup> fase: do 61.<sup>o</sup> dia até o fim do ciclo: aplicar 650 g de nitrato de cálcio, com 1.200 g de nitrato de potássio e 180 g de MKP por 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

Aos 30 dias após transplante, fertirrigar semanalmente, 2 a 3 kg de sulfato de magnésio por 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros com tomate. Pulverizar a cada 10 dias, 100 mL de boroplus (11%B) dissolvidos em 100 L de água.

As doses acima citadas são diárias, podendo eventualmente serem aplicadas em dias alternados, conforme o desenvolvimento da planta.

Recomenda-se aplicar separadamente o nitrato de potássio e o MKP em relação ao nitrato de cálcio, evitando-se reações químicas indesejáveis.

Em 2003, BASSETO JUNIOR apresentou nova recomendação apresentada na tabela 15 onde são citadas doses de nutrientes para a cultura do tomate sob cultivo protegido.

**Tabela 15.** Recomendação de nutrientes para o tomate sob cultivo protegido, conforme a fase de desenvolvimento da cultura, para a região de Santa Cruz de Rio Pardo (SP)

| Fase de desenvolvimento do tomate (dias após plantio) | Quantidade de nutrientes por dia |                               |                  |            |            |
|---|----------------------------------|-------------------------------|------------------|------------|------------|
|   | N                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca         | Mg         |
|   | kg ha <sup>-1</sup>              |                               |                  |            |            |
| 1 a 14  | 0,18                             | 0,40                          | 0,50             | 0,12       | 0,09       |
| 15 a 29   | 0,50                             | 0,50                          | 1,15             | 0,25       | 0,35       |
| 30 a 50   | 0,91                             | 0,50                          | 3,00             | 0,60       | 0,80       |
| 51 a 72   | 1,10                             | 0,30                          | 3,00             | 1,00       | 1,00       |
| 73 a 87   | 1,15                             | 0,30                          | 3,20             | 1,10       | 1,00       |
| 88 a 101  | 1,25                             | 0,30                          | 4,00             | 1,20       | 1,00       |
| 102 a 144   | 1,25                             | 0,30                          | 4,25             | 1,40       | 0,80       |
| <b>Total de nutrientes por ha</b>                     | <b>142</b>                       | <b>52</b>                     | <b>440</b>       | <b>134</b> | <b>109</b> |

Fonte: BASSETO JUNIOR, 2003. (Comunicação pessoal)

Obs: acrescentar na fertirrigação um total de 1 kg ha<sup>-1</sup> de boro, na forma de ácido bórico e também aminoácidos solúveis, visando manter o equilíbrio microbiológico do solo.

Na região de Elias Fausto/Campinas, em 1996, adotava-se para tomateiro tipo caqui em início de produção, a fertirrigação diária com 900 g de nitrato de cálcio e 400 g de nitrato de potássio para cada 1.000 m<sup>2</sup> de canteiros.

A produtividade média naquela região é de 6 a 8 kg de tomate por planta, em período de 2 a 4 meses de colheita, na densidade de 850 plantas para estufas de 385 m<sup>2</sup>.

CARRIJO et al. (1997) recomendam a seguinte adubação para tomate sob cultivo protegido:

a) Em pré-plantio, incorporar ao solo de fertilidade média, 4 kg de esterco de gado curtido por m<sup>2</sup> de canteiro.

b) Aplicam-se 2/3 da adubação fosfatada em pré-plantio, sendo 1/3 na forma de termofosfato.

c) O restante 1/3 do fósforo, deverá ser aplicado com N e K, na fertirrigação. As quantidades de fósforo a serem aplicadas dependem da análise de solo.

d) Em fertirrigação, esses autores recomendam as seguintes quantidades diárias de nitrogênio e potássio:

- 1,88 g de N e 1,88 g de K<sub>2</sub>O por planta, dos 15 aos 35 dias após o transplante das mudas de tomate.

- 3,75 g de N e 3,75 g de K<sub>2</sub>O por planta, dos 35 aos 70 dias após o transplante.

- 1,88 g de N e 7,5 g de K<sub>2</sub>O por planta, dos 70 aos 112 dias após o transplante.

A figura 7 apresenta plantas de tomate cultivadas sob estufa plástica, onde o gotejamento é feito na superfície do solo. Acima da fita com gotejadores observa-se uma camada plástica na superfície do solo, o que impede a evaporação da água, proporciona melhoria na distribuição da umidade na subsuperfície e, conseqüentemente, do sistema radicular do tomateiro.

A figura 8 mostra um sistema de produção de tomate cultivado dentro de vasos plásticos contendo substratos.

Os substratos utilizados são de diferentes composições, tomando-se porém o cuidado de sempre procurar utilizar materiais isentos de patógenos como fusarium, rizoctonia, verticilium, por vezes, presentes em solo ou substratos não esterilizados. A fertirrigação utilizada nesse sistema de produção é feita através de gotejador.

Importante: As aplicações de quantidades concentradas de nitrato de potássio e fosfato monopotássico (MKP), separadamente do nitrato de cálcio, visam prevenir reações químicas, que podem formar, dependendo do pH da solução, fosfatos de cálcio, insolúveis em água.



**Figura 7.** Ferrirrigação em tomate através de fitas com gotejadores. Foto: OLIVEIRO BASSETTO JUNIOR.



**Figura 8.** Sistema de ferrirrigação em tomateiros através de tubo-gotejadores. Foto: MARIO LUIZ CAVALLARO JÚNIOR.

## 6.5 Alface

Com o incremento da adoção do túnel baixo, de menor custo, para hortaliças de pequeno porte, como alface, chicória, almeirão e salsa, já se torna econômico a utilização de fertirrigação via equipamentos de gotejamento.

A seguir, cita-se a fertirrigação adotada pelo produtor BASSETO JUNIOR em Santa Cruz do Rio Pardo (SP), para alface lisa, crespa e americana, produzida sob túnel plástico baixo <sup>(8)</sup>.

1.<sup>a</sup> fase: do início até o 15.<sup>o</sup> dia: aplicam-se 600 g de nitrato de cálcio, com 250 g de nitrato de potássio e 350 g de fosfato monopotássico para cada 1.000 m<sup>2</sup> de canteiro.

2.<sup>a</sup> fase: do 16.<sup>o</sup> até o 30.<sup>o</sup> dia: utilizam-se 1.400 g de nitrato de cálcio, com 200 g de nitrato de potássio e 250 g de fosfato monopotássico, para 1.000 m<sup>2</sup> de canteiro.

3.<sup>a</sup> fase: do 31.<sup>o</sup> dia até o final do ciclo: aplicam-se 700 g de nitrato de cálcio com 400 g de nitrato de potássio e 500 g de fosfato monopotássico para cada 1.000 m<sup>2</sup> de canteiro.

Em 2003, BASSETO JUNIOR indicou para alface as doses de nutrientes apresentadas na tabela 16, e os fertilizantes podem ser escolhidos com base em solubilidade em água e custos.

**Tabela 16.** Recomendação de nutrientes para a alface, conforme a fase de desenvolvimento da cultura, para a região de Santa Cruz do Rio Pardo (SP)

| Fase de desenvolvimento da alface (dias após plantio) | Quantidade de nutrientes por dia |                               |                  |     |      |
|---|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----|------|
|   | N                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca  | Mg   |
|   | kg ha <sup>-1</sup>              |                               |                  |     |      |
| 1 a 15  | 2,0                              | 2,3                           | 2,0              | 0,5 | 0,25 |
| 16 a 30   | 3,7                              | 2,0                           | 2,8              | 1,0 | 0,35 |
| 31 a 45   | 2,2                              | 2,5                           | 4,0              | 2,0 | 0,55 |
| 46 a 60   | 2,0                              | 0,8                           | 3,0              | 2,0 | 0,60 |
| Total de nutrientes por ha                            | 149                              | 114                           | 177              | 83  | 26   |

Fonte: BASSETO JUNIOR, 2003. (Comunicação pessoal)

Obs.: Acrescentar na fertirrigação para alface um total de 1 kg ha<sup>-1</sup> de boro, na forma de ácido bórico e também aminoácidos solúveis, visando manter o equilíbrio microbiológico do solo.

Na figura 9, observa-se um sistema de cultivo de alface sob túnel baixo, onde os gotejadores que conduzem a água e os nutrientes ficam abaixo do filme plástico.

<sup>(8)</sup> BASSETO JUNIOR, O. Santa Cruz do Rio Pardo, SP. (Comunicação pessoal, 1998)



**Figura 9.** Alface sob túnel baixo, com fertirrigação por gotejamento. Foto: PAULO E. TRANI

## 6.6 Melão

Em 2003, BASSETO JUNIOR fez a seguinte recomendação de fertirrigação para produção de melão do tipo rendilhado cultivado sob estufa plástica, na região de Santa Cruz do Rio Pardo (Tabela 17).

**Tabela 17.** Recomendação de nutrientes para o melão sob **cultivo protegido**, conforme a fase de desenvolvimento da cultura, na região de Santa Cruz do Rio Pardo (SP)

| Fase de desenvolvimento do melão (dias após plantio) | N          | Quantidade de nutrientes por dia |                  |            |           |
|--|------------|----------------------------------|------------------|------------|-----------|
|  |            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>    | K <sub>2</sub> O | Ca         | Mg        |
| kg ha <sup>-1</sup>                                  |            |                                  |                  |            |           |
| 1 a 21   | 0,95       | 0,80                             | 1,35             | 0,80       | 0,35      |
| 22 a 42  | 2,20       | 2,00                             | 3,00             | 1,90       | 0,60      |
| 43 a 63  | 3,80       | 1,50                             | 5,00             | 2,50       | 0,70      |
| 64 a 84  | 3,50       | 0,80                             | 11,00            | 2,00       | 0,60      |
| 84 a 100   | 0,50       | 0,50                             | 11,00            | 1,20       | 0,50      |
| <b>Total de nutrientes</b>                           | <b>227</b> | <b>115</b>                       | <b>583</b>       | <b>170</b> | <b>55</b> |

Fonte: BASSETO JUNIOR, 2003. (Comunicação pessoal)

Obs: acrescentar um total de 0,7 kg ha<sup>-1</sup> de boro na forma de ácido bórico e também aminoácidos solúveis, visando manter o equilíbrio microbiológico do solo.

SILVA et al. (2002) realizaram experimento de densidade de plantio com o melão do tipo valenciano (Grupo Inodorus), cv. Gold Pride, cultivado no campo (a céu aberto) em Tibau (RN) (7.000 a 25.000 plantas por ha). Os autores relatam o seguinte sistema de fertirrigação por gotejamento utilizado durante o experimento (Tabela 18).

**Tabela 18.** Quantidades de fertilizantes para o melão tipo valenciano, cultivado **no campo**, através da fertirrigação por gotejamento

| Fase de desenvolvimento<br>do melão<br>(dias após plantio) | Quantidade de fertilizantes aplicados por dia<br>(ácido fosfórico em L ha <sup>-1</sup> por dia) |                                   |       |                                |                  |      |                                |
|--|--|-----------------------------------|-------|--------------------------------|------------------|------|--------------------------------|
|  | Uréia  | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | KCl   | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | KNO <sub>3</sub> | MAP  | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> |
|  | kg ha <sup>-1</sup>  |                                   |       |                                |                  |      |                                |
| 1 a 5  | -  | 1,25                              | 1,25  | -                              | -                | -    | 1,67                           |
| 6 a 10   | 5,00   | 2,08                              | 2,08  | -                              | -                | -    | 2,92                           |
| 11 a 20  | 7,08   | 4,58                              | 4,58  | 5,42                           | -                | 4,58 | 5,00                           |
| 21 a 27  | 5,83   | 11,25                             | 11,25 | 4,58                           | 6,67             | 1,25 | 9,17                           |
| 28 a 37  | 4,58   | 7,50                              | 7,50  | 6,67                           | 4,58             | 9,17 | 6,67                           |
| 38 a 48  | 1,25   | 2,08                              | 2,08  | -                              | -                | -    | 2,92                           |
| 49 a 62  | -  | 0,83                              | 8,03  | 13,33                          | -                | -    | -                              |
| 63 a 75  | -  | 2,08                              | 2,08  | 15,83                          | -                | -    | -                              |

Fonte: SILVA et al ( 2002).

Os fertilizantes foram aplicados via irrigação conforme o procedimento usual, da Empresa Agrícola Cajazeira.

O experimento, da mesma maneira que o campo de produção de melão, foi irrigado por gotejamento, sendo a água de irrigação aplicada durante 2 horas do 1.º ao 5.º dia após o plantio (DAP); 1 hora do 6.º ao 12.º DAP e do 14.º ao 16.º DAP; 1,5 hora no 18.º, 20.º e 22.º DAP; 2 horas no 25.º DAP; 2,5 horas do 26.º ao 30.º DAP; 3,5 horas do 31.º ao 35.º DAP; 4 horas do 36.º ao 40.º DAP; 5 horas do 41.º ao 56.º DAP e 3,5 horas do 57.º ao 63.º DAP. A quantidade de água aplicada por hora foi de 23 m<sup>3</sup> por hectare.

## 6.7 Fertirrigação para produção de mudas de hortaliças

A fertilização na fase de formação de mudas depende principalmente da composição nutricional do substrato utilizado.

Na região de São José do Rio Pardo (SP), conforme informações de JUNQUEIRA FILHO e MESQUITA FILHO (1999) utiliza-se para produção de mudas de pimentão, tomate, berinjela, alface, repolho e jiló o substrato “PlantMax HT”<sup>(9)</sup>. Após a germinação e pegamento das mudas no substrato, aplicam-se 1 ou 2 regas com o produto comercial contendo 30% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,2% de Mg e 5% de N na dose de 20 mL em 10 litros de água. Após a aplicação desse produto deve-

<sup>(9)</sup> JUNQUEIRA FILHO, J.G.O e Mesquita Filho, J. A. São José do Rio Pardo. (Comunicação pessoal, 1999)

se regar com água limpa. Outra prática usual, segundo esses autores é aplicar-se juntamente com esse produto comercial 10 g de nitrato de potássio, 25 g de sulfato de magnésio e 30 mL de fertilizante com 5% de Ca; 2% de S; 0,05% de B e 0,01% de Mo, em 10 litros de água, regando-se as mudas já estabelecidas.

Em Mogi das Cruzes, segundo FIGUEIREDO (1999), produtores de mudas de pepino, tomate, pimentão, abobrinha (culturas de ciclo mais longo), misturam aos substratos, 300 g de termofosfato por saco de substrato, visando melhorar o enraizamento <sup>(10)</sup>. No caso de brócolos e couve-flor acrescentam além do termofosfato 5 g de borax por saco de substrato.

No Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP), tem-se irrigado mudas de diferentes hortaliças cerca de 5 a 7 dias após a germinação com 15 a 30 mL de fórmula líquida com N: 10%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 4%; K<sub>2</sub>O: 7%; MgO: 0,2% e micronutrientes por 10 L de água, repetindo-se aos 10, 15 e 20 dias após a germinação na mesma dosagem, alcançando-se bons resultados em termos de vigor das plantas por ocasião do transplante.

FERREIRA et al. (1996) apresentam nas tabelas 19 e 20, as quantidades de N, P, K e fertilizantes, na água de irrigação para produção de mudas de repolho.

**Tabela 19.** Recomendação de nutrientes e finalidade da aplicação, na produção de mudas de repolho em bandejas de poliestireno

| N                              | K*  | Finalidade da aplicação   |
|--------------------------------|-----|---|
| _____ mg L <sup>-1</sup> _____ |     |   |
| 200                            | 160 | Para produzir um rápido crescimento ou reativar plantas mantidas com baixos níveis de N   |
| 100                            | 240 | 2 a 3 vezes por semana proporciona crescimento acentuado  |
| 100                            | 160 | 2 a 3 vezes por semana proporciona crescimento acentuado  |
| 50                             | 85  | Aplicada em toda irrigação, a solução nutritiva proporciona crescimento lento mas vigoroso. Caso aplicada uma vez por semana, retardará o desenvolvimento das mudas |

\*  $K \times 1,2 = K_2O$ .

Fonte: FERREIRA et al. (1996).

<sup>(10)</sup> FIGUEIREDO, G.J.B. Casa da Agricultura, Mogi das Cruzes. (Comunicação pessoal, 1999)

**Tabela 20.** Preparo de soluções nutritivas utilizadas na cultura do repolho

| Concentração (mg.L <sup>-1</sup> ) |    |     | Fertilizantes em água (g.100 L <sup>-1</sup> ) |                      |                      |        |
|------------------------------------|----|-----|--|----------------------|----------------------|--------|
| N                                  | P* | K** | Nitrato<br>de Potássio                         | Nitrato<br>de Cálcio | Nitrato<br>de Amônio | MAP*** |
| 200                                | 0  | 160 | 43,8   | 102,1                | -                    | -      |
| 100                                | 25 | 160 | 43,8   | -                    | 9,5                  | 9,6    |
| 100                                | 0  | 240 | 65,7   | 10,4                 | -                    | -      |

\* P x 2,23 = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

\*\* K x 1,2 = K<sub>2</sub>O.

\*\*\* MAP cristal (purificado) com 60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 11% N.

Fonte: FERREIRA et al. (1996).

FURLANI et al. (1999) recomendam diferentes concentrações de macro e micronutrientes conforme a espécie de hortaliça. Esses autores relatam a importância de se conhecer os teores foliares de macro e micronutrientes adequados para diferentes culturas. Recomendam, também, as formulações constantes nas tabelas 21 e 22 para o preparo e manejo da solução nutritiva respectivamente.

**Tabela 21.** Quantidades de sais para o preparo de 1000L de solução nutritiva proposta pelo Instituto Agronômico, Campinas (SP)

| Sal/fertilizante         | g 1000 L <sup>-1</sup> |
|--------------------------|------------------------|
| Nitrato de cálcio        | 750                    |
| Nitrato de potássio      | 500                    |
| Fosfato monoamônio (MAP) | 150                    |
| Sulfato de magnésio      | 400                    |
| Sulfato de cobre         | 0,15                   |
| Sulfato de zinco         | 0,5                    |
| Sulfato de manganês      | 1,5                    |
| Ácido bórico ou          | 1,5                    |
| Bórax                    | 2,3                    |
| Molibdato de sódio ou    | 0,15                   |
| Molibdato de amônio      | 0,15                   |
| (FeEDDHMA-6%Fe) ou       | 30                     |
| (FeEDTA-13%Fe) ou        | 13,8                   |
| (FeEDDHA-6%Fe)           | 30                     |

Obs.: Solução nutritiva com condutividade elétrica (CE) de aproximadamente 2,0 mS cm<sup>-1</sup>

Fonte: FURLANI et al. (1999).

**Tabela 22.** Composições das soluções de ajuste para as culturas de hortaliças de folhas

| Solução        | Sal/fertilizante                         | Quantidade           |
|----------------|--|----------------------|
|                |  | g 10 L <sup>-1</sup> |
| A              | Nitrato de potássio                      | 1200                 |
|                | Fosfato monoamônico cristal (purificado) | 200                  |
|                | Sulfato de magnésio                      | 240                  |
| B              | Nitrato de cálcio                        | 600                  |
| C              | Sulfato de cobre                         | 1,0                  |
|                | Sulfato de zinco                         | 2,0                  |
|                | Sulfato de manganês                      | 10,0                 |
|                | Ácido bórico ou                          | 5,0                  |
|                | Bórax                                    | 7,75                 |
|                | Molibdato de sódio ou                    | 1,0                  |
|                | Molibdato de amônio                      | 1,0                  |
|                | (FeEDDHMA-6%Fe) ou                       | 20                   |
|                | (FeEDTA-13%Fe) ou                        | 10                   |
| (FeEDDHA-6%Fe) | 20                                       |                      |

Fonte: FURLANI et al (1999).

CAVALLARO JUNIOR e ARAÚJO apresentam na tabela 23 o sistema de aplicação de fertilizantes em fertirrigação para produzir mudas de abobrinha, alface, berinjela, pepino, pimentão, repolho e tomate, na região de Cardeal, Distrito de Elias Fausto (SP) <sup>(11)</sup>. A aplicação é realizada em dias alternados para cada uma das misturas de fertilizantes armazenadas separadamente em tanques denominados Tanque A e Tanque B.

<sup>(11)</sup> CAVALLARO JUNIOR, M.L. e ARAÚJO, W.P., 2003 (Comunicação pessoal)

**Tabela 23.** Fertilizantes utilizados para produzir mudas de hortaliças, em Cardeal, Elias Fausto (SP), no sistema de fertirrigação por nebulização

| Tanque A          |                        | Tanque B                     |                        |
|-------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|
| Fertilizante*     | g L <sup>-1</sup> água | Fertilizante*                | g L <sup>-1</sup> água |
| Nitrato de Cálcio | 118,0                  | MAP                          | 6,5                    |
| Tenso Ferro       | 1,8                    | MKP                          | 20,0                   |
|                   |                        | Sulfato de Magnésio          | 48,0                   |
|                   |                        | Sulfato de Potássio          | 75,0                   |
|                   |                        | Solução de micronutrientes** | 10 ml                  |

\* Os fertilizantes dos tanques A e B são aplicados em dias alternados, exceto aos domingos, quando se irriga com água pura.

\*\* A solução de micronutrientes é estocada em separado, sendo composta em 1 (um) litro de solução de: 30g de sulfato de manganês; 15g de ácido bórico; 11g de sulfato de zinco e 1,3 g de molibdato de sódio.

Fonte: M.L. CAVALLARO JUNIOR e W.P. ARAÚJO (2003).

O controle da salinização dos substratos é feito com o condutivímetro (medidor de CE), admitindo-se para mudas em início de formação (1.<sup>a</sup> semana) um CE de 0,7 a 0,8 mS cm<sup>-1</sup> e na fase final da formação das mudas um CE de 1,5 a 1,7 mS cm<sup>-1</sup>.

Na irrigação por nebulização, esse produtor de mudas, utiliza cerca de 100 litros de água por minuto para estufas com 320 m<sup>2</sup> de área total.

Ressalta-se que, após a fertirrigação, deve-se irrigar com água pura por 20 a 30 segundos, para lixiviar o excesso de fertilizantes, possivelmente presentes na superfície das folhas.

É importante a utilização de telas aluminizadas refletoras de calor colocadas próximas ao teto das estufas, conforme mostra a Figura 10, visando evitar-se o crestamento (“queima”) dos bordos das folhas das hortaliças, na fase de formação de mudas ou adultas.



**Figura 10.** Ferrirrigação de mudas de alface por nebulização. Foto: OLIVEIRO BASSETTO JÚNIOR.

A irrigação por nebulização em hortaliças (apresentada na figura 10) embora eficiente proporciona frequentemente condições propícias para o desenvolvimento de fungos de folhas. Esse fato pode ser minimizado utilizando-se um sistema de irrigação conhecido por inundação, em que as mudas das plantas dentro de recipientes perfurados na base, ficam sobre tanques de água conhecidos como “piscina”.

A figura 11 mostra um sistema prático de ferrirrigação mediante aplicação de água e parte dos nutrientes na base dos recipientes, os quais são absorvidos pelas raízes das mudas de hortaliças, evitando-se o uso de fertilizantes de médio ou alto índice salino.



**Figura 11.** Fertirrigação em mudas de pepino por inundação (sistema de “piscinas”).

## **7. RECOMENDAÇÕES PARA FERTIRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS EM OUTROS PAÍSES**

Nas décadas de 80 e 90, observaram-se consideráveis avanços nos estudos de fertirrigação para hortaliças, em países como Estados Unidos da América, Espanha e Israel, acompanhando o crescimento na quantidade e qualidade da fabricação e utilização dos diferentes sistemas de cultivo protegido.

Quando da interpretação das doses e frequência de aplicação dos nutrientes, em outros países, deve-se considerar fatores como diversidade do

clima, tipos de solo, cultivares ou variabilidade das espécies de hortaliças instaladas. Deve-se também considerar que as quantidades de nutrientes recomendadas foram estabelecidas em solos de baixa fertilidade natural, justamente para se obter a “curva de resposta” nos experimentos.

Os autores e as instituições que divulgam essas tabelas em seus países alertam sempre que as quantidades de nutrientes a se aplicar em hortaliças devem ser ajustadas conforme a análise de solo realizada previamente às exigências nutricionais das hortaliças.

Recomenda-se também proceder durante o ciclo da cultura, no mínimo, a análise foliar para conhecimento do estado nutricional das plantas, corrigindo possíveis desequilíbrios na adubação.

A seguir, são apresentadas as recomendações de nutrientes para fertirrigação em hortaliças utilizadas na Flórida (U.S.A.) (Tabela 24) e em Israel (Tabela 25), regiões de clima quente ou ameno, em boa parte do ano, um pouco mais semelhantes ao clima brasileiro.

Foram adaptadas e uniformizadas algumas informações convertendo-se K para  $K_2O$  e P para  $P_2O_5$ , visando facilitar o entendimento dessas tabelas.

**Tabela 24.** Doses de nutrientes em fertirrigação para hortaliças cultivadas na Flórida (U.S.A.)

| Cultura  | Total de nutrientes             |        | Fase da cultura | N.º de semanas* | Taxa de aplicação                    |        |
|--|---------------------------------|--------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|--------|
|  | N                               | $K_2O$ |                 |                 | N                                    | $K_2O$ |
|  | _____ kg ha <sup>-1</sup> _____ |        |                 |                 | _____ kg ha <sup>-1</sup> /dia _____ |        |
| Abobrinha<br>( <i>C. pepo</i> )                              | 120                             | 120    | 1               | 2               | 1,0                                  | 1,0    |
|  |                                 |        | 2               | 5               | 2,0                                  | 2,0    |
|  |                                 |        | 3               | 4               | 1,5                                  | 1,5    |
| Abóbora seca<br>( <i>C. máxima</i> e<br><i>C. moschata</i> ) | 120                             | 120    | 1               | 3               | 1,0                                  | 1,0    |
|  |                                 |        | 2               | 3               | 1,5                                  | 1,5    |
|  |                                 |        | 3               | 2               | 2,0                                  | 2,0    |
|  |                                 |        | 4               | 4               | 1,5                                  | 1,5    |
|  |                                 |        | 5               | 1               | 0,0                                  | 0,0    |
| Alface   | 150                             | 150    | 1               | 1               | 2,0                                  | 2,0    |
|  |                                 |        | 2               | 1               | 2,5                                  | 2,5    |
|  |                                 |        | 3               | 6               | 3,0                                  | 3,0    |
| Berinjela  | 160                             | 160    | 1               | 2               | 1,0                                  | 1,0    |
|  |                                 |        | 2               | 2               | 1,5                                  | 1,5    |
|  |                                 |        | 3               | 6               | 2,5                                  | 2,5    |
|  |                                 |        | 4               | 3               | 1,5                                  | 1,5    |

Continua

**Tabela 24.** Continuação

| Cultura         | Total de nutrientes |                  | Fase da cultura | N.º de semanas*     | Taxa de aplicação        |                  |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|------------------|
|                 | N                   | K <sub>2</sub> O |                 |                     | N                        | K <sub>2</sub> O |
|                 | kg ha <sup>-1</sup> |                  |                 |                     | kg ha <sup>-1</sup> /dia |                  |
| Brócoli e       | 175                 | 150              | 1               | 1                   | 2,0                      | 1,75             |
| Couve Flor      |                     |                  | 2               | 9                   | 2,5                      | 2,25             |
| Cebola          | 150                 | 150              | 1               | 2                   | 1,0                      | 1,0              |
|                 |                     |                  | 2               | 4                   | 1,5                      | 1,5              |
|                 |                     |                  | 3               | 4                   | 2,0                      | 2,0              |
|                 |                     |                  | 4               | 4                   | 1,5                      | 1,5              |
|                 |                     |                  | 5               | 1                   | 1,0                      | 1,0              |
|                 |                     |                  | 6               | 1                   | 0,0                      | 0,0              |
| Couve de folhas | 150                 | 150              | 1               | 3                   | 1,5                      | 1,5              |
|                 |                     |                  | 2               | 6                   | 2,5                      | 2,5              |
|                 |                     |                  | 3               | 2                   | 1,5                      | 1,5              |
| Melancia        | 150                 | 150              | 1               | 2                   | 1,0                      | 1,0              |
|                 |                     |                  | 2               | 2                   | 1,5                      | 1,5              |
|                 |                     |                  | 3               | 4                   | 2,5                      | 2,5              |
|                 |                     |                  | 4               | 3                   | 1,5                      | 1,5              |
|                 |                     |                  | 5               | 2                   | 1,0                      | 1,0              |
| Melão           | 150                 | 150              | 1               | 2                   | 1,0                      | 1,0              |
|                 |                     |                  | 2               | 3                   | 2,0                      | 2,0              |
|                 |                     |                  | 3               | 3                   | 2,5                      | 2,5              |
|                 |                     |                  | 4               | 2                   | 2,0                      | 2,0              |
|                 |                     |                  | 5               | 2                   | 1,0                      | 1,0              |
| Morango         | 150                 | 150              | 1               | 2 semanas iniciais  | 0,3                      | 0,3              |
|                 |                     |                  | 2               | 2 meses seguintes   | 0,75                     | 0,75             |
|                 |                     |                  | 3               | o restante do ciclo | 0,6                      | 0,6              |
| Pepino          | 150                 | 120              | 1               | 1                   | 1,0                      | 1,0              |
|                 |                     |                  | 2               | 2                   | 2,0                      | 1,5              |
|                 |                     |                  | 3               | 6                   | 2,5                      | 2,0              |
|                 |                     |                  | 4               | 1                   | 2,0                      | 1,5              |

Continua

**Tabela 24.** Conclusão

| Cultura  | Total de nutrientes |                  | Fase da cultura | N.º de semanas* | Taxa de aplicação        |                  |
|----------|---------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------|
|          | N                   | K <sub>2</sub> O |                 |                 | N                        | K <sub>2</sub> O |
|          | kg ha <sup>-1</sup> |                  |                 |                 | kg ha <sup>-1</sup> /dia |                  |
| Pimentão | 175                 | 160              | 1               | 2               | 1,0                      | 1,0              |
|          |                     |                  | 2               | 2               | 1,5                      | 1,0              |
|          |                     |                  | 3               | 7               | 2,5                      | 2,5              |
|          |                     |                  | 4               | 1               | 1,5                      | 1,0              |
|          |                     |                  | 5               | 1               | 1,0                      | 1,0              |
| Quiabo   | 150                 | 150              | 1               | 2               | 1,0                      | 1,0              |
|          |                     |                  | 2               | 2               | 1,5                      | 1,5              |
|          |                     |                  | 3               | 8               | 2,0                      | 2,0              |
| Tomate   | 175                 | 225              | 1               | 2               | 1,0                      | 1,5              |
|          |                     |                  | 2               | 2               | 1,5                      | 2,0              |
|          |                     |                  | 3               | 7               | 2,5                      | 3,0              |
|          |                     |                  | 4               | 1               | 1,5                      | 2,0              |
|          |                     |                  | 5               | 1               | 1,0                      | 1,5              |

\* No caso da aplicação de 20% do N e K<sub>2</sub>O em pré plantio, a 1.<sup>a</sup> ou 2.<sup>a</sup> fertirrigações poderão ser suspensas.

Fonte: ANÔNIMO, 1998.

**Tabela 25.** Aplicação diária de N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O através de irrigação por gotejamento para algumas hortaliças, em Israel

| Fase de desenvolvimento da hortaliça (dias após plantio) | Quantidades de N; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O /dia |                               |                  |            |                               |                  |             |                               |                  |
|--|---|-------------------------------|------------------|------------|-------------------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------------------|
|  | Tomate*   |                               |                  | Pimentão** |                               |                  | Melão***    |                               |                  |
|  | (cv. Grenadier)   |                               |                  | (cv. 675)  |                               |                  | (cv. Galia) |                               |                  |
|  | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N           | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|  | kg.ha <sup>-1</sup>   |                               |                  |            |                               |                  |             |                               |                  |
| 1-10   | 0,15  | 0,00                          | 0,12             | 0,10       | 0,00                          | 0,12             | 0,15        | 0,07                          | 0,12             |
| 11-20  | 0,35  | 0,16                          | 0,18             | 0,50       | 0,23                          | 1,08             | 0,20        | 0,07                          | 0,30             |
| 21-30  | 0,75  | 0,30                          | 0,18             | 1,50       | 0,23                          | 1,50             | 0,35        | 0,16                          | 0,72             |
| 31-40  | 1,25  | 0,35                          | 0,36             | 1,60       | 0,46                          | 1,50             | 0,90        | 0,41                          | 1,74             |
| 41-50  | 2,10  | 0,80                          | 7,20             | 1,70       | 0,58                          | 3,00             | 1,30        | 0,57                          | 3,60             |
| 51-60  | 2,50  | 1,10                          | 7,20             | 1,60       | 0,81                          | 5,40             | 2,50        | 0,57                          | 7,20             |
| 61-70  | 2,60  | 1,15                          | 2,28             | 1,70       | 1,03                          | 6,00             | 4,30        | 0,80                          | 8,40             |
| 71-80  | 2,85  | 1,22                          | 3,00             | 2,60       | 0,80                          | 5,40             | 2,40        | 1,03                          | 9,60             |
| 81-90  | 3,65  | 1,38                          | 7,20             | 2,80       | 0,80                          | 4,20             | 1,20        | 0,99                          | 9,00             |
| 91-100   | 6,15  | 2,21                          | 15,0             | 2,50       | 0,80                          | 6,00             | 1,00        | 0,62                          | 4,20             |
| 101-110  | 7,70  | 2,44                          | 15,6             | 2,50       | 0,57                          | 6,60             | 0,50        | 0,30                          | 1,20             |
| 111-120  | 6,35  | 2,94                          | 9,84             | 1,50       | 0,57                          | 3,60             | 0,30        | 0,16                          | 0,06             |
| 121-130  | 0,10  | 1,15                          | 0,60             | -          | 0,23                          | -                | -           | -                             | -                |
| 131-150  | 0,05  | 0,28                          | 0,60             | -          | -                             | -                | -           | -                             | -                |
| 151-200  | 1,70  | 1,20                          | 8,40             | -          | -                             | -                | -           | -                             | -                |
| Total dos nutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )              | 450   | 218                           | 1132             | 205        | 71                            | 444              | 151         | 57                            | 462              |

\* Tomate: plantio: 17/10; colheita seletiva; 28.000 plantas/ha; solo arenoso; produção 153 t ha<sup>-1</sup>.

\*\* Pimentão: plantio: 14/07; colheita seletiva; 100.000 plantas/ha; solo arenoso; produção 75 t ha<sup>-1</sup>.

\*\*\* Melão: plantio: 14/01; colheita seletiva; 25.000 plantas/ha; solo arenoso; produção 56 t ha<sup>-1</sup>.

Fonte: BAR-YOSEF, 1991.

Continua

**Tabela 25.** Conclusão

| Fase de desenvolvimento da hortaliça (dias após plantio) | Quantidades de N; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O /dia |                               |                  |               |                               |                  |                  |                               |                  |
|--|---|-------------------------------|------------------|---------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
|  | Milho doce*   |                               |                  | Alface**      |                               |                  | Berinjela***     |                               |                  |
|  | (cv. Jubilee)   |                               |                  | (cv. Iceberg) |                               |                  | (cv. Black oval) |                               |                  |
|  | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N             | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|  | kg.ha <sup>-1</sup>   |                               |                  |               |                               |                  |                  |                               |                  |
| 1-10   | 0,50  | 0,23                          | 1,20             | 0,15          | 0,00                          | 0,24             | 0,05             | 0,00                          | 0,00             |
| 11-20  | 1,00  | 0,34                          | 1,80             | 0,45          | 0,23                          | 0,60             | 0,10             | 0,00                          | 0,00             |
| 21-30  | 1,50  | 0,46                          | 5,40             | 3,00          | 1,15                          | 6,12             | 0,20             | 0,00                          | 0,36             |
| 31-40  | 3,50  | 1,26                          | 6,96             | 3,40          | 1,38                          | 9,36             | 0,25             | 0,00                          | 0,96             |
| 41-50  | 4,50  | 1,95                          | 8,64             | 2,20          | 1,26                          | 9,84             | 3,20             | 0,05                          | 5,88             |
| 51-60  | 6,00  | 2,64                          | 4,56             | 1,80          | 1,03                          | 3,84             | 2,90             | 0,18                          | 8,64             |
| 61-70  | 4,00  | 1,84                          | 7,44             | -             | -                             | -                | 0,25             | 0,21                          | 1,56             |
| 71-80  | 3,00  | 0,46                          | 2,40             | -             | -                             | -                | 0,25             | 0,11                          | 0,60             |
| 81-90  | -   | -                             | -                | -             | -                             | -                | 0,25             | 0,11                          | 0,60             |
| 91-100   | -   | -                             | -                | -             | -                             | -                | 0,25             | 0,11                          | 0,60             |
| 101-110  | -   | -                             | -                | -             | -                             | -                | 0,25             | 0,21                          | 2,40             |
| 111-120  | -   | -                             | -                | -             | -                             | -                | 1,20             | 0,35                          | 3,60             |
| 121-130  | -   | -                             | -                | -             | -                             | -                | 2,40             | 0,62                          | 3,60             |
| 131-150  | -   | -                             | -                | -             | -                             | -                | 2,60             | 0,71                          | 3,60             |
| 151-200  | -   | -                             | -                | -             | -                             | -                | 2,30             | 0,87                          | 1,92             |
| Total dos nutrientes (kg.ha <sup>-1</sup> )              | 240   | 92                            | 384              | 110           | 51                            | 300              | 290              | 76                            | 456              |

\* Milho doce: plantio: 15/04; colheita 05/07; 75.000 plantas/ha; solo barrento; produção 28 t ha<sup>-1</sup>.

\*\* Alface: plantio: 05/11; colheita 25/01; 100.000 plantas/ha; solo arenoso; produção 45 t ha<sup>-1</sup>.

\*\*\* Berinjela: plantio: 10/09; colheita seletiva; 12.500 plantas/ha; solo arenoso; produção 51 t ha<sup>-1</sup>.

Fonte: BAR-YOSEF, 1991.

## 8. CÁLCULO DE FERTIRRIGAÇÃO COM A MISTURA DE FERTILIZANTES SIMPLES

A seguir será apresentado o cálculo de fertirrigação, considerando-se a necessidade do nutriente por área plantada ( $\text{kg ha}^{-1}$  ou  $\text{g m}^{-2}$ ) independentemente do volume de água aplicado.

Por exemplo, na tabela 25 em que são recomendados para o Pimentão (cv. 675), no período de 41 a 50 dias após plantio, as seguintes quantidades de nutrientes:  $1,70 \text{ kg ha}^{-1}$  de N;  $0,58 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $3,00 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por dia.

Disponemos dos seguintes fertilizantes:

MKP: fosfato monopotássico (52% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 34% de  $\text{K}_2\text{O}$ )

$\text{KNO}_3$ : nitrato de potássio (13% de N e 46% de  $\text{K}_2\text{O}$ )

$\text{NH}_4\text{NO}_3$ : nitrato de amônio (33% N)

a) Adubação fosfatada:

A tabela indica necessidade de  $0,58 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por dia

100 kg MKP – 52 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$

x – 0,58 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  necessários

$x = \frac{100 \times 0,58}{52} = 1,11 \text{ kg ha}^{-1}$  de MKP por dia

52

b) Adubação potássica (fontes: MKP e  $\text{KNO}_3$ )

100 kg MKP – 34 kg  $\text{K}_2\text{O}$

1,11 kg MKP – x kg  $\text{K}_2\text{O}$

$x = \frac{1,11 \times 34}{100} = 0,38 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por dia

100

A tabela indica necessidade de  $3,00 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por dia

$\text{K}_2\text{O}$  contido no MKP = 0,38 kg

quantidade de  $\text{K}_2\text{O}$  que falta =  $3,00 - 0,38 = 2,62 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por dia

100 kg  $\text{KNO}_3$  – 46 kg  $\text{K}_2\text{O}$

y – 2,62 kg  $\text{K}_2\text{O}$

$y = \frac{100 \times 2,62}{46} = 5,69 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  por dia

46

c) Adubação nitrogenada (fontes:  $\text{KNO}_3$  e  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )

A tabela indica necessidade de  $1,70 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por dia

N do  $\text{KNO}_3$ :

$100 \text{ kg KNO}_3 - 13 \text{ kg N}$

$5,69 \text{ kg KNO}_3 - x$

$x = 0,74 \text{ kg de N}$

quantidade de N que falta =  $1,70 \text{ kg} - 0,74 = 0,96 \text{ kg ha}^{-1}$  de N por dia

$100 \text{ kg NH}_4\text{NO}_3 - 33 \text{ kg N}$

Z -  $0,96 \text{ kg N}$

$z = \frac{100 \times 0,96}{33} = 2,91 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  por dia

33

Conclusão: são necessários para atender as indicações de  $1,70 \text{ kg ha}^{-1}$  de N;  $0,58 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $3,00 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por dia, os seguintes fertilizantes:  $1,11 \text{ kg ha}^{-1}$  de MKP;  $5,69 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{KNO}_3$  e  $2,91 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  por dia.

Observação: no caso de se utilizar  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (nitrato de cálcio), aplicá-lo separadamente do MKP ou MAP, para evitar a formação de fosfatos de cálcio, insolúveis, que em quantidades elevadas podem causar problemas de entupimentos dos “bicos” de saída. Uma solução prática é aplicar os produtos separadamente de manhã e à tarde. Ex: MKP +  $\text{KNO}_3$  de manhã e  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  à tarde.

Outra opção é a utilização de ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) (55 a 70%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) com fonte de fósforo, por ser um produto de baixo custo unitário quanto ao kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Deve-se tomar cuidado na manipulação do ácido fosfórico devido ao perigo potencial à saúde humana e à corrosão de alguns equipamentos metálicos.

## 9. CONCLUSÕES

As hortaliças sob cultivo protegido, especialmente pimentão, pepino, tomate, alface e morango no campo têm recebido a maior parte da adubação pré-plantio com adubos sólidos orgânicos e minerais com predominância do fósforo, incorporado ao solo, nos canteiros. Nas hortaliças cultivadas sob estufa plástica, a adubação de cobertura é feita principalmente com fertilizantes solúveis na água de irrigação, havendo utilização tanto das misturas de fertilizantes simples, como formulações líquidas ou sólidas.

Devido aos custos elevados, e à não-adaptação de inúmeras formulações estrangeiras às condições locais de solo, clima e cultivares de hortaliças, ocorre

na atualidade predomínio do emprego de mistura de fertilizantes simples, como nitrato de potássio, nitrato de cálcio, fosfato monopotássico (MKP) e monoamônio fosfato (MAP) purificado. A frequência de aplicação da fertirrigação adotada pela maioria dos olericultores é diária ou em dias alternados.

No caso de hortaliças cultivadas no campo, a céu aberto, o emprego de fertirrigação ainda é incipiente, devido principalmente aos menores custos dos fertilizantes e das formulações sólidas de menor solubilidade em água.

A análise química foliar, como auxílio no diagnóstico nutricional em hortaliças, é pouco adotada pelos olericultores em geral, apesar de existirem boas informações da pesquisa científica agrônômica.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem as informações técnicas e sugestões fornecidas por: Arlete Marchi Tavares de Melo (IAC-Campinas); Carlos Roberto de Oliveira (Casa da Agricultura de Fernandópolis); Érik Augusto Barreto (Casa da Agricultura de Santa Cruz do Rio Pardo); Eurípedes Malavolta (CENA, Piracicaba); Flávio Bussmeyer Arruda (IAC, Campinas); Francisco Antonio Passos (IAC-Campinas); Gilberto Job Borges de Figueiredo (Casa da Agricultura de Mogi das Cruzes); Joaquim do Amaral Mesquita Filho (Viverão, São José do Rio Pardo); José Carlos Alcarde (ESALQ, Piracicaba); José Eduardo Bovi (Casa da Agricultura de Piracicaba); José Geraldo Olintho Junqueira Filho (COOXUPÉ, Guaxupé); José Ricardo Giorgetti (Gioplanta, Monte Mor); Luís Carlos Lúcio (Produtor de hortaliças em Elias Fausto); Luiz Antonio de Andrade (Petroisa do Brasil Ltda., Avaré); Marcos Davi Ferreira (EMBRAPA); Mario Luiz Cavallaro Júnior (Engenheiro Agrônomo, Produtor de mudas, Elias Fausto); Oliveira Bassetto Jr. (Hidroceres, Santa Cruz do Rio Pardo); Osvaldo Maziero (Produtor de hortaliças em Atibaia); Paulo Makimoto (Casa da Agricultura de Tupã); Roberto Faria (APTA - Pólo Regional de Monte Alegre do Sul); Roberto Lyra Villas Boas (UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu); Wanderlei Tavares Dias (Casa da Agricultura de Garça) e Wiliam Paulo Araújo (Engenheiro Agrônomo, MSc, Mogi Guaçu).

## REFERÊNCIAS

ANÔNIMO. Fertilizer application for DRIP-irrigated vegetables in Florida. In: 1998 Grower handbook. Citrus & Vegetable Magazine. June, 1998. p.28-31.

ANÔNIMO. Agua pura y riego por goteo. In: AGRICULTURA de las Americas. New York: Keller International, 1992. p.8-13.

BAR-YOSEF, B. Fertilization under drip irrigation. In: FLUID Fertilizer Science and Technology. New York: D.A. Palgrave, 1991. p.285-329.

BETTINI, M.O. Equipamentos para irrigação localizada. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.) **Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.171-205.

CABRAL JUNIOR, D.; CUNHA, R.C.A. Caracterização da qualidade das águas de irrigação do arroz no Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13. Maceió. Anais. São Paulo: CETESB, 1985. 15p.

CAMARGO AMMP; CAMARGO FP; CAMARGO FILHO WP. Acomodação do setor produtivo de hortaliças em São Paulo no período de 1995-2007. Horticultura Brasileira 27: S2123-S2128. 2009. Disponível em [http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_3/A2038\\_T3140\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_3/A2038_T3140_Comp.pdf). Acesso em 7 de junho de 2011.

CAMARGO FILHO WP; CAMARGO FP. Acomodação da produção olerícola no Brasil e em São Paulo, 1990-2010 – Análise prospectiva e tendência 2015. p. 24. 2011. Disponível em [http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Artigo\\_Mercado\\_Hort\\_IEA2011.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Artigo_Mercado_Hort_IEA2011.pdf). Acesso em 19 de junho de 2011.

CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Manejo da água do solo na produção de hortaliças em cultivo protegido: cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n. 200/201, p.45-51, 1999.

CARRIJO, O.A.; OLIVEIRA, C.A.S. **Irrigação de hortaliças em solos cultivados sob proteção de plástico**. Brasília: EMBRAPA-Hortaliças, 1997. 20p. (Circular técnica 10)

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33)

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 24)

FERREIRA, M.D; BRAZ, L.T.; CASTELLANE, P.D.; FERNANDES, O.A.; JUNQUEIRA FILHO, J.G.O; MESQUITA FILHO, J. A.; TAVEIRA, J.A.M.; TRANI, P.E. **Cultura do repolho**: recomendações técnicas. Guaxupé: Cooxupé, 1996. 30p. (Boletim Técnico Olericultura, 4)

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças: preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.90-98, 1999.

GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; SOUZA, J.R. A qualidade da água de irrigação. In: FOLEGATI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação**: Citrus, Flores, Hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.237-265.

GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo de pimentão em estufa**. Viçosa: CPT, 1997. 66p.

INTA. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. Producción de hortalizas en invernaculo, módulo 4. Cultivo de la frutilla: manejo del cultivo en Tucuman, Argentina. Tucuman, 1995. p.85.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Nostrand Reinhold, 1990. 652p.

LORENZ, O.A.; MAYNARD, D.N. **Handbook for vegetable growers: water and irrigation**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1988. part 5. p.168-205

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5.ed. Brasília: EMBRAPA-CNPQ/EMBRAPA-SPI, 1996. 72p.

MONTAG, U. Fertigation in Israel. Disponível em: <<http://fertilizer.org/ifa/publicat/pdf/20.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2004.

PAPADOPOULOS, I. **Fertirrigação**: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). Fertirrigação: Citrus, Flores, Hortaliças, Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-84.

POMARES GARCIA, F. Fertilizacion del freson. s.d., p. 39-57. (mimeogr.).

SÃO PAULO (Estado). Código Sanitário do Estado de São Paulo: Lei 10083, de 24 de setembro de 1998; Decreto 12342, de 27 de setembro de 1978 – Normas Técnicas e Legislação Complementar. 3.ed., atual., ampl. Bauru: EDIPRO, 2000. p.118-127. (Série Legislação)

SHIGUEMORI, E. Fertirrigando sua cultura: à maneira Hydro. In: **Fertirrigação**: Citrus, Flores, Hortaliças. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). Guaíba: Agropecuária, 1999. P.335-343.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.B.; MARIGUELE, K.H.; BARBOSA, A.P.R.; SÁ, W.R. Distribuição do teor de sólidos solúveis totais no fruto do meloeiro submetido a densidades de plantio. **Revista Ceres**, Viçosa, 49(285): 555-561, 2002.

TAVEIRA, J.A.M. Salinização. In: AGRIPLAST 97; ENCONTRO DE HIDROPONIA, 2., 1997, Campinas. **Resumo**. Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1997. p.41-48.

TAVEIRA, J.A.M. O manejo de substratos na produção de hortaliças e flores. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CULTIVO PROTEGIDO EM HORTALIÇAS E FLORES, 2000, Holambra. **Resumos**. Holambra (SP): Flortec Consultoria e Treinamento, 2000. p.1-10.

TRANI, P.E.; GROPPPO, G.A.; SILVA, M.C.P.; MINAMI, K.; BURKE, T.J. Diagnóstico sobre a produção de hortaliças no Estado de São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.19-24, 1997.

TRANI P.E.; TRANI A.L. 2011 Fertilizantes: Cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: IAC. 29p. (Boletim Técnico IAC, 208 – Série Tecnologia APTA)

VILLAS BOAS, R.L.; BOARETTO, A.E.; VITTI, G.C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. (Coords.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.283-308.

VILLAS BOAS, R.L.; BÜLL, L.T.; FERNANDES, D.M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação**: Citrus, Flores, Hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p 293-334.

VIVANCOS, D. **Fertirrigation**. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1993. 216p.

## Instituto Agrônômico

Centro de Comunicação e Transferência do Conhecimento

Avenida Barão de Itapura, 1.481

Caixa Postal 28

13012-970 Campinas (SP) - Brasil

Fone: (19) 2137-0600

Fax: (19) 2137-0706

[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)



SECRETARIA DE  
AGRICULTURA E ABASTECIMENTO

