



FERTIRRIGAÇÃO NA CULTURA DO MELÃO

JOSÉ MARIA PINTO

Embrapa Semi-Árido

Fertirrigação na cultura do
2001 FL - 14228



24738 - 1

Petrolina - PE

Novembro 2001

II Curso sobre a Cultura do Melão

28 e 29 nov. 2001

INTRODUÇÃO

A irrigação teve avanço considerável nas últimas décadas tanto no que diz respeito ao aprimoramento de novos métodos de se levar água ao solo e as culturas, como no incremento de novas áreas irrigadas. Dentre as vantagens da irrigação está aquela que possibilita utilizar o próprio sistema de irrigação como meio condutor e distribuidor de produtos químicos como fertilizantes, inseticidas, herbicidas, nematicidas, reguladores de crescimento, etc., simultaneamente com a água de irrigação; prática conhecida atualmente, como “Quimigação”.

Embora o termo Quimigação seja relativamente novo, a idéia de se utilizar o sistema de irrigação como condutor de agroquímicos já vem desde o início dos anos 40 e ano a ano, essa técnica vêm sendo aprimorada e utilizada nos países que utilizam a irrigação mais tecnificada como os Estados Unidos, Israel e Espanha.

A fertirrigação, aplicação de fertilizantes via água de irrigação, é o mais eficiente meio de fertilização e combina dois principais fatores essenciais no crescimento e desenvolvimento das plantas: água e nutrientes. Aproximadamente 4,3 milhões de ha são cultivados nos EUA utilizando essa prática. O crescimento anual da fertirrigação naquele país está em torno de 8 a 9%, o que mostra sua importância nos cultivos irrigados.

Embora a fertirrigação apresente vantagens, existe uma carência de informações sobre período de aplicação, frequência, doses e tipos de fertilizantes para a maioria das culturas irrigadas.

No sentido de gerar tecnologias para áreas irrigadas, a Embrapa Semi-Árido vem desenvolvendo pesquisas visando solucionar os problemas e definir critérios técnicos da aplicação de fertilizantes através de sistemas de irrigação.

VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA FERTIRRIGAÇÃO

Teoricamente, qualquer método de irrigação pode ser utilizado para condução e aplicação de produtos químicos junto com a água, porém, a uniformidade de distribuição nos que conduzem a água em tubulações fechadas e pressurizada são mais adequados para uso dessa prática. Dependendo do sistema de irrigação e dos cuidados em realizar a Fertirrigação, diferentes vantagens podem ser obtidas em relação aos métodos convencionais de aplicação dos adubos como:

- maior aproveitamento do equipamento de irrigação condicionando maior rentabilidade e melhor uso do capital investido;
- aplicação dos nutrientes no momento e quantidade exata requerida pelas plantas;
- menor necessidade de mão-de-obra para se fazer as adubações pois aproveita praticamente o mesmo trabalho requeridos para se fazer as irrigações;
- menor compactação com redução de tráfego de máquinas dentro da área como acontece nos métodos tradicionais de adubação;

- menos danos físico às culturas em razão dos mesmos motivos citados no item anterior, evitando derrubadas das flores, de frutos e dos galhos das plantas, o que reduz a incidência e propagação das pragas e doenças;

- aplicação de micronutrientes: geralmente, na adubação em pequenas dosagens por área, dificilmente se consegue, por métodos manuais, uma boa uniformidade de distribuição do adubo, o que facilmente se consegue com fertirrigação;

- possibilidade de uso em diferentes sistemas de irrigação;

- aumento de produtividade e qualidade comercial dos produtos;

- boa uniformidade de distribuição dos adubos no solo caso haja também boa uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação.

LIMITAÇÕES DA FERTIRRIGAÇÃO

Alguns contrafeitos que por ventura venham surgir dá-se em razão de não se observar os aspectos técnicos relacionados à nutrição de plantas, química e a física de solo, a fisiologia vegetal, água, clima e a própria prática da irrigação. Como limitações têm-se:

- exige conhecimentos técnicos dos adubos e cálculos das dosagens;

- exige pessoal treinado para o manuseio dos adubos e injetores;

- pode causar danos ambientais com a contaminação de fontes de água;

- pode trazer problemas de corrosão aos equipamentos de irrigação;

- pode trazer problemas de toxidez ao agricultor;

- pode trazer problemas de toxicidade e queima das folhagens das plantas;

- pode onerar o custo inicial do sistema de irrigação;

- pode causar aumento nas perdas de carga no sistema de irrigação.

FATORES QUE AFETAM A FERTIRRIGAÇÃO

Para se ter uma fertirrigação adequada alguns fatores devem ser considerados e devidamente analisados. Esses fatores podem ter maior ou menor importância dependendo de cada uso. Os fatores são:

- fatores relacionados com os adubos utilizados na fertirrigação;

- fatores relacionados nutrição das plantas;

- fatores relacionadas com o tipo de solo;

- fatores relacionados a qualidade da água de irrigação;

- fatores relacionados as plantas;

- fatores relacionados com tipo de injetor utilizado no sistema de irrigação;

- outros fatores (compatibilidade entre os produtos; posição do injetor no sistema; concentração, taxa de injeção; parcelamento; tempo de aplicação; quantidade e uniformidade de aplicação dos produtos na água de irrigação.

- fatores que afetam a relação custo/benefício, e
- fatores relacionados à corrosão dos produtos, e
- fatores relacionados à contaminação do meio ambiente.

FATORES RELACIONADOS COM OS ADUBOS UTILIZADOS NA FERTIRRIGAÇÃO

Já é de conhecimento que, em relação às culturas, uma fonte de nutriente não é melhor que outra, porém as diferentes características peculiares de cada produto levam às diferenças que justificam melhor o uso de determinado produto em detrimento de outros. A exemplo disso, tem-se o caso do nitrogênio que apresenta boa solubilidade em água, efeito sobre o pH do solo, forma do N no produto e possibilidade de contaminação do meio ambiente. Isso pode condicionar diferentes opções de escolha de diferentes fontes desse elemento. Como existem diferentes fontes de fertilizantes que podem ser utilizados na fertirrigação, a escolha de cada produto é função do sistema de irrigação, da cultura fertirrigada, do tipo de solo, da solubilidade de cada produto na água de irrigação e principalmente, de seu custo.

Ao se escolher os produtos a serem aplicados via água de irrigação devem-se observar aspectos importantes tais como: solubilidade do produto na água; poder acidificante do solo e água de irrigação; compatibilidade com outros produtos; pureza do produto comercial; poder corrosivo dos demais equipamentos que compõem o sistema de injeção e de irrigação; riscos ambiental e custo com a fertirrigação.

A solubilidade do produto é considerada um dos fatores mais importantes na fertirrigação, uma vez que fertilizantes e demais produtos insolúveis ou pouco solúveis podem condicionar obstruções das tubulações e emissores do sistema de irrigação.

Classifica-se os fertilizantes com possibilidade de uso na fertirrigação em três grupos:

- a) fertilizantes líquidos comercializados na forma de solução prontas para serem usadas sem tratamento prévio;
- b) fertilizantes sólidos facilmente solúveis que devem ser dissolvidos antes de serem utilizados,
- c) fertilizantes de baixa solubilidade e que não são recomendados para uso.

Os fertilizantes ricos em Nitrogênio, Potássio e os Micronutrientes são na sua maioria solúveis em água e não apresentam problemas de uso. Já os fertilizantes fosforados por serem na sua maioria insolúveis em água e por apresentarem disponibilidade lenta quando aplicados no solo

são mais problemáticos para serem utilizados via fertirrigação. Embora existam alguns fertilizantes fosforados solúveis como o fosfato de amônio alguns apresentam perigo de serem utilizados em água de irrigação com elevado teor em cálcio pois pode sofrer precipitação quando constitui o fosfato de cálcio que é insolúvel levando as obstruções de tubulações e emissores do sistema de irrigação.

A aplicação de produtos contendo o cálcio deve ser evitado em razão do cálcio poder trazer riscos com a formação de precipitados. O uso de cálcio deverá apenas se restringir quando os solos forem muito ácidos e com alto teor em sódio. O nitrato de cálcio como fonte de cálcio é o adubo mais solúvel em água e por isso, o mais recomendado. Pode-se também usar o cloreto de cálcio como fonte desse elemento.

FATORES RELACIONADOS AS PLANTAS

Nem toda espécie de planta necessita da mesma quantidade de água, de adubos e de condições ambientais para sobreviverem adequadamente. Algumas são mais tolerantes do que outras por água, nutrientes. A exemplo disso tem-se a tolerância das plantas à salinidade do solo. A Tabela seguinte apresenta os índices de tolerância de algumas espécies hortícolas à salinidade.

FATORES RELACIONADOS AO TIPO DE INJETOR

Para se fazer fertirrigação é necessário que o sistema de irrigação possua um injetor para incorporar os produtos na água de irrigação. Existe diferentes tipos de injetores que variam de acordo com a forma de energia utilizada para seu funcionamento, seus custos e eficiência.

Classificam os injetores de produtos químicos através da água de irrigação em três grupos:

- os que utilizam pressão efetiva positiva como a bomba injetora e a injeção feita por gravidade;
- os que utilizam diferença de pressão como o tanque de derivação e o injetor tipo Pitot, e
- os que utilizam pressão efetiva negativa a exemplo do injetor tipo Venturi e da sucção pela própria sucção da bomba de irrigação.

Para facilitar o entendimento do processo de funcionamento de alguns dos injetores mais utilizados na Quimigação, os parágrafos seguintes descrevem alguns desses sistemas de injeção ou de injetores mais utilizados na Quimigação.

INJETORES

BOMBA CENTRIFUGAS CONFECCIONADAS COM MATERIAIS ESPECIAIS

As bombas injetoras centrífugas são as mais utilizadas em todo mundo em razão de proporcionar vazões de injeção constantes durante a fertirrigação. Em razão de serem confeccionadas com materiais resistentes à corrosão e de funcionarem com pressão superior àquelas da bomba do sistema de irrigação, são bastante caras podendo inviabilizar seu uso para fertirrigação de pequenas áreas.

BOMBA INJETORA TIPO DIAFRAGMA

As bombas injetoras tipo diafragma são equipamentos que trabalham com uma pressão efetiva positiva e superior a pressão disponível no sistema de irrigação. Essas bombas são confeccionadas com materiais resistentes a pressão e apresentam a vantagem de introduzir a solução na água de irrigação através de taxa constante, o que nem sempre se tem com outros tipos de injetores.

BOMBA INJETORA TIPO PISTÃO

As bombas injetoras tipo pistão são bombas dotadas de um, dois ou mais pistões acoplados em blocos metálicos que se movimentam impulsionados por meio de sistemas tipo biela ou acoplados em roldanas.

No início de cada ciclo se tem a abertura de uma válvula de aspiração que deixa passar para o interior de câmara um volume de solução proveniente de um reservatório. Quando o pistão executa o movimento em sentido contrário a válvula de aspiração se fecha e a válvula propulsora é aberta. O aumento da pressão no interior do cilindro provoca a abertura de válvula de descarga que deixa passar o volume da solução anteriormente aspirado e daí ela passa ser injetada na tubulação de irrigação.

TANQUE DE DERIVAÇÃO DE FLUXO

O tanque de derivação de fluxo é um recipiente geralmente metálico de forma cilíndrica conectado à tubulação principal de irrigação.

A solução é incorporada na tubulação de descarga do sistema de irrigação através da segunda tubulação que sai do reservatório. Um registro de fechamento lento é instalado entre os pontos de entrada e de saída das duas tubulações citadas justamente para criar um diferencial de pressão que permite o processo de funcionamento do tanque de derivação. O diferencial de pressão faz com a água seja desviada em maior ou menor volume para o interior do tanque. A tubulação de entrada conduz a água limpa para o tanque que contém a solução a ser aplicada e após a diluição a solução

ela passa a ser conduzida pela tubulação de saída e introduzida na tubulação principal do sistema de irrigação.

INJETOR TIPO VENTURI

O injetor tipo Venturi é um dispositivo de polipropileno, PVC ou metálico que possui uma secção convergente gradual seguida de um estrangulamento e de uma secção divergente gradual para igual diâmetro da tubulação a ele conectado. A função do injetor tipo Venturi nos trabalhos ligados a fertirrigação é aspirar uma solução de produtos químicos contida num reservatório aberto e incorporá-la na água de irrigação que passa pelo injetor.

Uma das vantagens desse tipo de injetor deve-se a simplicidade de operação, seu baixo custo e uma eficiência satisfatória quando se trabalha com condições de pressões de serviço e de vazões motrizes bem definidas.

- fácil manutenção;
- possibilidade de uso com pequena taxa de injeção;
- a taxa de injeção pode ser ajustada com controle apenas de registros; e
- possibilidade de uso com diferentes tipos de produtos na Quimigação.

Como limitação desse tipo de injetor tem-se as altas perdas de carga, em torno de 20 a 30% da pressão de serviço sendo mais acentuadas quando instalado em série na tubulação do sistema de irrigação.

Outra limitação é baixo rendimento e o reduzido limite operacional do cada injetor para determinada pressão de serviço e de diferencial de pressão.

Desvantagens do injetor Venturi:

- possibilidade de perda de pressão na linha principal do sistema de irrigação;
- os cálculos quantitativos dos fertilizantes podem ser difícil a nível de produtor.

O limite operacional inviabiliza utilizar o injetor em condições hidráulicas diferentes daquelas as quais foram estabelecidas e projetadas para construção de determinado injetor.

FATORES QUE CONTRIBUEM PARA A EFICIÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO

COMPATIBILIDADE ENTRE OS PRODUTOS UTILIZADOS NA FERTIRRIGAÇÃO

Nem todos os fertilizantes são compatíveis e podem ser aplicados juntos via água de irrigação. Por exemplo, a mistura de sulfato de amônia e cloreto de potássio reduz significativamente a solubilidade do fertilizante no tanque. A aplicação de cálcio na água rica em bicarbonato forma precipitados de gesso que leva a obstrução dos emissores do sistema de irrigação e dos filtros. A injeção do cloreto de potássio aumenta a salinidade da água de irrigação e pode levar a problema de intoxicação nas culturas.

A compatibilidade entre os adubos e entre estes e os íons presentes na água de irrigação é outro fator de importância. O ânion sulfato é incompatível com o cálcio e os fosfatos com o cálcio e magnésio. Para facilitar a escolha dos produtos que podem ser misturados para aplicação via fertirrigação há tabelas que facilitam as decisões.

PARCELAMENTO DOS PRODUTOS NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Algumas literaturas citam que quando se aumenta o parcelamento da adubação nitrogenada na água de irrigação aumenta-se também a eficiência dos adubos pelas plantas e diminui-se as perdas por lixiviação.

Há um consenso entre os autores de que para solos de textura arenosa e sujeitos a chuvas de alta intensidade o parcelamento sendo maior permite o controle de menos risco de perdas dos adubos devido a lixiviação pois as quantidades aplicadas por vez serão menores e haverá maior eficiência nos adubos e segurança com a fertirrigação.

TEMPO DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO EM RELAÇÃO AO TEMPO DE IRRIGAÇÃO

O tempo que deve ser aplicado o produto em relação ao tempo de irrigação é outro aspecto importante na Fertirrigação. Esse tempo não deve ser muito pequeno para que o produto tenha condições de ser bem distribuído no solo e nas culturas.

Recomenda-se tempos de aplicações entre uma e duas horas sempre considerando um tempo antes da Fertirrigação e pós Fertirrigação em torno de 30 min. e 60 min., respectivamente, com o sistema trabalhando apenas com água limpa para lavagem de todo sistema de irrigação. Conhecendo-se a vazão que passa na tubulação de irrigação e a taxa de injeção do injetor, o tempo

de aplicação pode ser facilmente determinado. É preciso para isso que se conheça a concentração desejada dos produtos na tubulação de irrigação.

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA SOLUÇÃO NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A uniformidade de distribuição do produto na água e/ou no solo está diretamente relacionado com a própria uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação. Sistemas de irrigação que não apresentam boa uniformidade de distribuição de água diretamente não apresentam boa uniformidade de distribuição da solução.

A uniformidade de distribuição da solução nas linhas laterais é de 94%. Com o tanque de derivação, as concentrações da solução no início das linhas laterais no início das aplicações foram maiores do que as concentrações nos emissores localizados no final das linhas laterais. Já no final do tempo de fertirrigação aconteceu o contrário. Entrando água com menor concentração no início das tubulações tem-se menor concentração nos primeiros emissores e concentração maior no final das laterais. Essa inversão dos valores das concentrações ao longo das laterais durante o tempo de fertirrigação proporcionou quantidades aplicadas dos produtos no solo aproximadamente iguais ao longo das linhas laterais.

FATORES RELACIONADOS À RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO DA FERTIRRIGAÇÃO

Não só a Fertirrigação como qualquer atividade agrícola deverá ser devidamente planejada e avaliada em relação se as vantagens condicionadas pela prática justificam os investimentos de implantação para sua execução. Com relação aos custos para se fazer a fertirrigação, não se tem conhecimento de trabalhos realizados no Brasil que compararam esse aspecto em relação aos métodos convencionais de adubação.

Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que a prática da fertirrigação proporciona aumento na produtividade da culturas em relação aos métodos convencionais de adubação desde que devidamente executada. Outros trabalhos porém, não obtiveram aumento nas produtividades. Sobre essa última constatação, há de se considerar que mesmo obtendo mesma produtividade ou até produtividade inferior àquelas obtidas quando adubada com os métodos tradicionais deve-se considerar que com a fertirrigação há menor custo com mão de obra e menos consumo e desperdício dos produtos utilizados. A avaliação do custo com a fertirrigação é um aspecto que precisa ser estudada com diferentes culturas, sistemas de irrigação, diferentes solos, água, clima e meio ambiente.

CORROSÃO DO PRODUTOS UTILIZADOS NA FERTIRRIGAÇÃO

Os problemas de corrosão tanto do injetor quanto do sistema de irrigação constitui aspecto que merece ser avaliado na fertirrigação pois o custo dos instrumentos são relativamente altos e o uso de determinado produto pode reduzir a vida útil dos instrumento e inviabilizar à pratica. Cada tipo de material apresenta maior ou menor capacidade de sofrer corrosão, dependendo do tipo de material utilizado para confecção do equipamento e do produto utilizado na Quimigação.

FATORES RELACIONADOS À CONTAMINAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Em razão da Quimigação utilizar produtos tóxicos é de se esperar que, se não forem manuseados corretamente pode-se ter o risco da contaminação do homem, de fontes de água, do solo e demais componentes ambientais.

COMPONENTES DO CABEÇAL DE CONTROLE

Para fazer a Fertirrigação é necessário que o sistema de irrigação possua os seguintes componentes:

- tanques e injetores dos produtos na água de irrigação;
- agitadores manuais, mecânicos ou hidráulicos da solução;
- tanque de calibração para avaliar o volume aplicado e a ser aplicado;
- válvulas de controle de refluxo para evitar contaminação da fonte de água;
- filtros de areia e de telas; e
- acessórios para facilitar o manejo e cálculos dos produtos a serem aplicados.

AUTOMAÇÃO E MEDIDAS DE SEGURANÇA NA QUIMIGAÇÃO

Automação do sistema de injeção

Ano a ano surgem equipamentos mais sofisticados com finalidade de fazer da Quimigação um prática mais eficiente e segura. Sistemas computadorizados operando com série, de produtos separados já permitem que cada produto seja aplicado separadamente de acordo com a necessidade temporária requerida pelas culturas, Bauerle et al. (1988). A automação além de minimizar as perdas dos produtos, redução de mão de obra, evita o contato do homem com os produtos e melhora a sua eficácia.

Medidas de segurança do sistema de injeção

Como a maioria dos produtos químicos utilizados na Quimigação/Fertirrigação são produtos perigosos para o homem e ambiente necessita de cuidados especiais daqueles que estão manuseando o sistema de injeção. Nos cultivos irrigados tecnificados existem equipamentos como registros, válvulas de controle para evitar o refluxo desses produtos para a fonte supridora de água já é bastante utilizada e recomendada. Como todo equipamento mecânico pode parar de funcionar a qualquer momento, dispositivos de segurança são imprescindíveis para evitar riscos e contaminação do ambiente com os produtos utilizados.

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação deve seguir as recomendações de período de aplicação, frequência, doses e fontes assegurando, dessa maneira, uma adequada disponibilidade de água e nutrientes na zona radicular da planta.

Os procedimentos adequados para a aplicação de fertilizantes via água de irrigação compreendem três etapas distintas: na primeira etapa, o sistema funcionar por um tempo correspondente a 1/4 do tempo de irrigação, para equilibrar hidraulicamente as subunidades de rega; na segunda, faz-se a injeção do fertilizante no sistema de irrigação, através de equipamentos apropriados, por um período de tempo que corresponda a 2/4 do tempo total de irrigação; na terceira etapa, o sistema de irrigação deverá continuar funcionando, visando completar o tempo total de irrigação, para lavar completamente o sistema de irrigação e carrear os fertilizantes da superfície para as camadas do solo com maior concentração de raízes.

Exemplo de cálculos na quimigação/fertirrigação

As quantidades a serem aplicadas dos produtos tanto na fertirrigação quanto na adubação convencional devem ser calculadas a partir dos resultados definidos pela análise do solo, análise foliar e considerando a dosagem mais econômica para cada espécie cultivada. Conhecendo-se a fórmula comercial dos produtos com os níveis de cada elemento juntamente com a recomendação da análise do solo para determinada cultura, o passo seguinte será determinar a quantidade dos produtos que deve ser misturada no preparo da solução. A capacidade do tanque para preparo da mistura, a capacidade do sistema de injeção e de irrigação e tipo de injetor para o sistema de irrigação são exemplos normais na prática. Para facilitar o entendimento aos interessados nesse assunto, os exemplos de aplicação seguintes mostram passos que facilitam os cálculos utilizando dados reais e que poderão ser ajustados para outras condições de trabalho.

Exemplo 1. Supondo que a recomendação do laboratório de solo para determinada cultura seja respectivamente de : N= 80kg/ha; P₂O₅= 120 kg de K₂O= 100 kg/ha. Considerando que o adubo orgânico a ser utilizado apresente por tonelada ou 1000 kg, a seguinte composição N= 2,0% ou 20 kg; P₂O₅ = 0,82% ou 8,2 kg e K₂O = 1,2% ou 12,0 kg. A quantidade de esterco necessária para as necessidades desses valores seria:

$$N = 80/20 = 4 \text{ t}; P = 120/8,2 = 14,6 \text{ t} \text{ e } K = 100/12,0 = 8,3 \text{ t}.$$

A adubação dependerá de como se deseja aplicar o produto que atenderá a menor proporção ou seja o N. Nesse caso, para não haver extrapolação no quantitativo dos adubos 4t suprirá 20 kg de N, $8,2 \times 4,0 = 32,8$ kg de P₂O₅ e $12 \times 4 = 48,0$ kg de K₂O.

A suplementação para atender o restante de P₂O₅ e K₂O será feita com adubos mineral da seguinte forma: $(120,0 - 32,8 = 87,20$ de P₂O₅) e $(100 - 48,0 = 52,0$ kg de K₂O).

Exemplo 2. Calcular a vazão injetada de uma solução trabalhando com uma bomba injetora tipo pistão de dupla ação cujo diâmetro do pistão propulsor é de 4 cm, com espaço percorrido pelo êmbolo no cilindro de 12 cm e trabalhando com 45 rpm.

- diâmetro do pistão: 4 cm = 0,04 m;
- rpm = 45 revolução/min = 2700 revolução/ hora;
- curso do pistão = 12 cm = 0,12 m.

Pela fórmula (18), tem-se:

$$Q = 2 \frac{\pi d^2}{4} 2 e \frac{n}{60}$$

que substituindo os valores fornecidos tem-se:

$$Q = 2 \frac{\pi 0,04^2}{4} \times 20,12 \times \frac{2700}{60} = 0,027 \text{ m}^3 / \text{min} = 1,63 \text{ m}^3 / \text{h} = 1.629 \text{ L/h}.$$

e) Cálculo da quantidade de uréia ajustada para cada fertirrigação

• 435 kg de uréia/ha em 14 fertirrigação = 13,07 kg de uréia para cada fertirrigação numa área de 1,0 ha para um tempo de fertirrigação de 4,0 horas.

f) Cálculo do volume do tanque

• Para o injetor tipo Venturi no tempo de fertirrigação de 4 horas tem-se:

$$15\% \text{ de } 81,77 \text{ l/h} \times 4,0 \text{ horas} \cong 50 \text{ litros}.$$

g) Cálculo da concentração da solução com o injetor tipo tanque de derivação

$$C_t = C_i \varepsilon^{-4} \rightarrow 600 = C_i \varepsilon^{-4} \therefore C_i = 32759 \text{ ppm}.$$

Os valores recomendados pela análise do solo para determinada cultura foram: 400 kg/ha de N; 140 kg/ha de P₂O₅ e 250 kg/ha de K₂O. Dispõem-se dos produtos:

a) fosfato-diamônio: 21-53-0; b) nitrato de potássio: 13-0-44; e c) uréia: 45-0-0.

Considerando o cálculo da dosagem do fósforo tem-se:

$$\text{Fosfato-diamônio: } 140/0,53 = 264 \text{ kg}.$$

Essa será a quantidade de fosfato di-amônio para atender o nitrogênio:

$264 \text{ kg} \times 0,21 = 55 \text{ kg de N.}$

b) Calculando em seguida, a quantidade de potássio tem-se:

Para o nitrato de potássio: $250 \text{ kg de K}_2\text{O} / 0,44 = 568 \text{ kg de KNO}_3.$

Essa quantidade de nitrato de potássio fornecerá de N.

$568 \text{ de KNO}_3 \times 0,13 = 74 \text{ kg de N.}$

c) Cálculo da quantidade de N deduzindo os valores já acrescentados:

$400 \text{ kg de N} - 55 \text{ kg de N} - 74 \text{ kg de N} = 271 \text{ kg de N.}$

Para o cálculo da quantidade de uréia a ser aplicada tem-se:

$271 \text{ kg de N} / 0,45 = 602 \text{ kg de uréia.}$

MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO EM MELÃO

Os principais fatores que determinam a quantidade de fertilizante

- As exigências nutricionais função do rendimento,
- Quantidade de nutrientes fornecida pelo solo,
- Profundidade do sistema radicular e fração do solo ocupado
- Limite de segurança para o nutriente no solo,
- Fator de correção ou fator de eficiência
- Quantidade de nutriente fornecido pela água de irrigação.

2. Cálculo da necessidade de adubação em fertirrigação

$$D = \frac{EN - (NDS + QA)}{SI} \times 100$$

em que:

D = Dose em kg/ha;

EN = Exigência nutricional pela cultura, em kg/ha;

NDS = Nutriente disponível no solo, em kg/ha;

QA = Quantidade de nutriente na água de irrigação, em kg/ha;

$$Q = \frac{A \times L \times E}{100}$$

Sendo:

Q = Quantidade aplicada do nutriente ou íon, em kg/ha;

A = Teor do nutriente ou íons na água de irrigação (mmolc/L);

L = Lâmina de água aplicada (mm);

E = Peso equivalente do nutriente ou íon

SI = Eficiência de absorção de nutriente de acordo com o sistema de irrigação, em (%).

Especificamente:

$$D = \frac{100 \times EN}{EF} - \left[\frac{(AS - a) \times Z \times AM}{10 \times \Delta} \right]$$

Em que:

D = Dose a ser aplicada, em kg/ha;

EN = Exigência nutricional da cultura (Tabela 7, 8 e 9), em kg/ha;

EF = Eficiência do aproveitamento do nutriente no solo, em %;

AS = teor do nutriente, segundo a análise de solo, em mg/dm³;

Z = profundidade desejada ou explorada pelo sistema radicular, em m;

AM = fração de área molhada e explorada pela cultura, em %;

a = intercepto da equação ajustada do teor de nutriente recuperado em função do adicionado ao solo. Este valor pode ser substituído pelo teor no solo para o nível de segurança (alto);

Δ = coeficiente angular da equação ajustada do teor de nutriente recuperado em função do adicionado. Pode ser substituído por um fator de utilização do que tem no solo para adubação convencional (Tabela 6);+

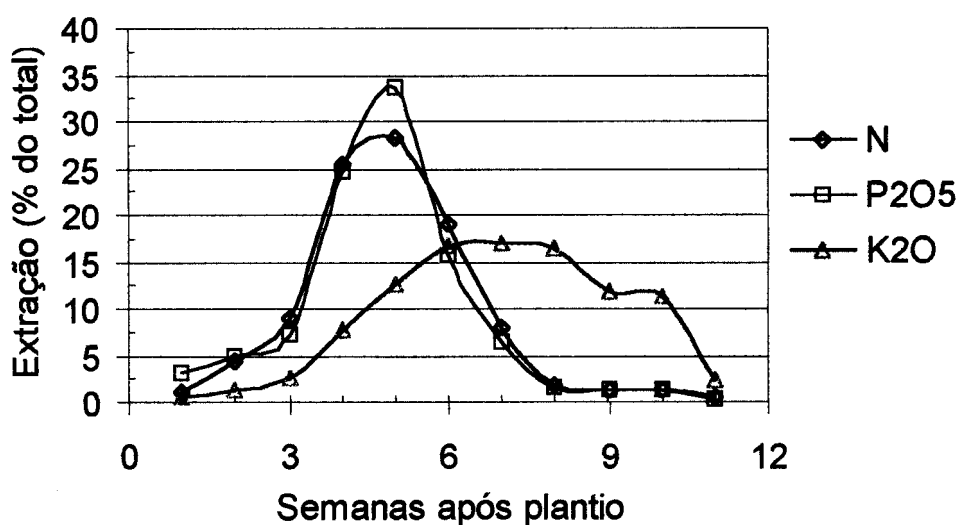


Figura 1. Curva de absorção de nitrogênio, fósforo e potássio em termos de percentual do total extraído semanalmente.

Tabela 1. Interpretação para o teor de nitrato no solo

| Teor | N-NO ₃ -(g/kg) |
|-------|---------------------------|
| Baixo | 4-10 |
| Médio | 11-20 |
| Alto | 21-40 |

Fonte: MONTAG (1999)

Tabela 2. Interpretação para o teor de fósforo no solo pelo extrator Olsen.

| Teor | P ₂ O ₅ | P ₂ O ₅ a adicionar |
|-------------|-------------------------------|---|
| | mg/kg | kg/ha |
| Muito Baixo | 0-13 | 135-180 |
| Baixo | 14-35 | 90-135 |
| Médio | 36-59 | 56-90 |
| Alto | 60-103 | 22,5-56 |

Fonte: MONTAG (1999)

Tabela 3. Interpretação para potássio, magnésio e cálcio com relação a porcentagem da capacidade de troca de cátions (CTC).

| Teor | Potássio | Magnésio | Cálcio |
|-------|----------|----------|--------|
| | % da CTC | | |
| Baixo | 0,75-1,5 | 0,85-2 | 10-20 |
| Médio | 1,5-3,0 | 2-5 | 20-50 |
| Alto | 3,0-5,0 | 5-10 | 50-80 |

Fonte: MONTAG (1999)

Tabela 4. Quantidade média exportada pela cultura do melão na colheita.

| Cultura | Produtividade | N | P2O5 | K2O | MgO |
|---------|---------------|-------------------|---------|----------|---------|
| | Mg/ha | ----- kg/Mg ----- | | | |
| Melão | 25-70 | 3,4-6,0 | 0,8-2,7 | 4,5-10,0 | 1,0-2,5 |

Fonte: VIVANCOS (1996)

Tabela 5. Extração* de nutrientes absorvidos durante o ciclo do melão pele-de-sapo

| Período | Porcentagem extraída por período de cada nutriente | | | | |
|-------------------------|--|------|------|------|------|
| | N | P2O5 | K2O | Ca | Mg |
| 0-17 | 4,4 | 1,1 | 3,3 | 8,5 | 5,9 |
| 18-31 | 17,8 | 5,5 | 13,3 | 36,4 | 23,5 |
| 32-41 | 31,1 | 18,0 | 24,4 | 33,9 | 29,4 |
| 42-50 | 26,7 | 28,1 | 23,3 | 15,2 | 17,6 |
| 51-60 | 13,3 | 35,9 | 22,2 | 6,0 | 11,8 |
| 61-72 | 6,7 | 11,2 | 13,3 | | 11,8 |
| Total absorvido (kg/ha) | 225 | 89 | 450 | 165 | 85 |

Fonte: Adaptado de Rincón (1997). Transformou-se o ciclo de 150 dias em 72 dias

* Melão pel-de-sapo em ambiente protegido sem tutoramento para rendimento de 52 Mg/ha

3. Metodologia para determinação da necessidade de adubação, baseada na cultura e no solo

Exemplo: melão irrigado por gotejamento,

Zef = 30 cm

AM = 35%

P >= 26 mg/kg de para o

K = 4% da CTC (120 x 0,04 x 39 = 187 mg/dm³)

Rendimento = 35 Mg/ha.

Eficiência fundação = 1,22; 2,05 e 1,3 para N, P e K

Tabela 6. Análise de nitrogênio, fósforo, potássio e CTC do solo na profundidade de 0-40 cm.

| Nutriente | Análise |
|-----------|---------------------------|
| CTC | 120 mmolc/dm ³ |
| N | 0,0 mg/dm ³ |
| P | 30 mg/dm ³ |
| K | 120 mg/dm ³ |

Extração: 139, 43 e 200 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O,

Cálculo da doses:

-Para o nitrogênio

$$D_N = 1,15 \times 139 = 160 \text{ Mg / ha}$$

-Para o fósforo:

$$D_p = 1,75 \times 43 / 2,3 - \left[\frac{(30 - 26) \times 0,3 \times 35}{10 \times (1/2,05)} \right] = 24 \text{ kg / ha} = 24 \times 2,3 = 55 \text{ P}_2\text{O}_5$$

$$D_k = 1,3 \times 200 / 1,2 - \left[\frac{(120 - 187) \times 0,3 \times 35}{10 \times (1/1,5)} \right] = 322 \text{ kg / ha} = 322 \times 1,2 = 386 \text{ K}_2\text{O}$$

4. Seleção dos adubos e do injetor de fertilizante

Exemplo de Cálculo

Em dada época (40 dias após o plantio)

Recomendações por ha:

N = 2 kg/ ha/ dia

P₂O₅ = 1 kg/ ha/ dia

K₂O = 5 kg/ ha/ dia

Fontes: URÉIA, KNO₃, KCl, Ácido fosfórico

Sugestão: O nitrogênio aplicar a metade na forma de NH₂ e a outra metade na forma de NO₃ e KCl completar o K.

Concentração dos adubos:

URÉIA: 45% N

KNO₃: 13% N e 46% K₂O

Ácido fosfórico: 54% P₂O₅ (d = 1,58)

KCl: 60% K₂O

Cálculo das quantidades dos adubos:

N-NH₂ = 1,0 kg/ha

URÉIA = $1 / 0,45 = 2,22 \text{ kg/ha} = 2220 \text{ g/ha}$

N - NO₃ = 1,0 kg/ ha, então:

KNO₃ = $1 / 0,13 = 7,69 \text{ kg/ha} = 7690 \text{ g/ ha}$

Ácido fosfórico = $1 / 0,54 = 1,85 \text{ kg/ ha} = 1850 \text{ kg/ ha}$ ou

Ácido fosfórico = $1850 / 1,58 = 1170 \text{ ml/ ha}$

KCl = $(5 - 7,69 \times 0,46) / 0,60 = 2,44 \text{ kg/ ha} = 2440 \text{ g/ ha}$

Preparação da solução estoque

Dissolução dos adubos

Água = (adubo/C) - (adubo/d)

Água URÉIA = $(2,22 / 0,1) - (2,22 / 1,316) = 0,57 \text{ L}$

Água KNO₃ = $(7,69 / 0,1) - (7,69 / 2,109) = 73,25 \text{ L}$

Água H₃PO₄ = $(1,17 / 0,1) - 1,17 = 10,53 \text{ L}$

Água KCL = $(2,44 / 0,1) - (2,44 / 1,984) = 23,17 \text{ L}$

Misturando os fertilizantes para 1 ha:

VOL total = $22,2 + 76,9 + 11,7 + 24,4 = 135,2 \text{ L}$

Área de unidade operacional

DADOS: A vop = 1,2 ha

S l = 2,0 m

S e = 0,5 m

q e = 2,3 l/h

Q vop = 27,6 m³/h

VOL TOTAL SOL. ESTOQUE = $135,2 * 1,2 = 162 \text{ L}$

Dimensionamento do injetor de fertilizante

Intervalo de tempo = 50 a 70% do tempo de irrigação.

Lâmina de irrigação = 8 mm/dia ou 80 m³/ha ou 96 m³ por unidade

$t_f = (96 \text{ m}^3 / 27,6 \text{ m}^3/\text{h}) * 0,6 = 2,09\text{h} = 2\text{h } 6 \text{ min.}$

Vazão de injeção máxima (qi)

$$q_i = \text{Vol. sol. estoque} / t_f = 162 \text{ L} / 2,09 \text{ h} = 78 \text{ L/h}$$

Vazão de injetor venturi (qv)

$$q_v \geq q_i$$

Seleção do venturi – selecionar um venturi que produz uma vazão de sucção > 90 L/h

Sendo modelo 584 da MAZZEI – usando o catálogo do fabricante

Pressão na entrada = 35 m.c.a.

Pressão na saída = 35 m.c.a.

Pressão com a bomba = 70,3 → $\Delta P = 70,3 - 35 = 35,3$ m.c.a.

$Q_m = 2021$ L/h

Bomba para pressão de 35 m.c.a. e 2021 L/h.

$PB = ((2021/3600) \times 35,3) / (75 * 0,4) = 0,66$ CV → $PB = \frac{3}{4}$ CV

5. Monitoramento da fertirrigação

Uso de extratores de solução.

Tabela 7. Interpretação de valores de N-NO₃⁻, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ na solução do solo.

| Nutriente | Valores recomendados |
|--------------------------------|--------------------------------|
| | ----- mg/dm ³ ----- |
| N-NO ₃ ⁻ | 50-75 |
| K ⁺ | 20-60 |
| Ca ²⁺ | 10 x K ⁺ |
| Mg ²⁺ | 24 |

Fonte: BURT et al. (1995)

Características físicas, químicas e físico-químicas de fertilizantes

| Nome Químico | Formula Química | Peso Molecular | Densidade (g/l) | Solubilidade à 20°C (g/kg de água) | Concentração normalmente empregada | Índice* de salinidade | Acidez** | CE*** para 0,5 ml ou g/l (dS.m-1) |
|--------------------------|--|----------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------------------|
| Nitrato de potássio | KNO ₃ | 101,1 | 2,109 | 317 | 10-15% | 74 | -26 | 0,69 |
| Nitrato de cálcio | Ca(NO ₃) ₂ | 164,1 | 2,504 | 1294 | 20% | 53 | -20 | 0,60 |
| Ureia | (NH ₂) ₂ CO | 60 | 1,366 | 1080 | 10% | 75 | 71 | 0,00 |
| Sulfato de amônio | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 132,2 | 1,769 | 754 | 7,5% | 69 | 110 | 1,03 |
| MAP | NH ₄ H ₂ PO ₄ | 115,0 | 1,803 | 368 | 10% | 34 | 65 | 0,45 |
| Nitrato de amônio | NH ₄ NO ₃ | 80,05 | 1,725 | 1877 | 20% | 105 | 62 | 0,85 |
| DAP | (NH ₄) ₂ HPO ₄ | 132,1 | 1,619 | 686 | | 24 | 77 | |
| MKP | KH ₂ PO ₄ | 136,1 | 2,338 | 227 | 10% | 8 | neutro | 0,38 |
| Cloreto de potássio | KCl | 74,55 | 1,984 | 342 | 10-15% | 116 | neutro | 0,95 |
| Sulfato de potássio | K ₂ SO ₄ | 174,3 | 2,662 | 111 | 7,5% | 46 | neutro | 0,88 |
| Sulfato de magnésio | MgSO ₄ .7H ₂ O | 246,5 | 1,680 | 356 | 7,5% | 62 | neutro | 0,41 |
| Sulfato de cálcio | CaSO ₄ .2H ₂ O | 172,2 | 2,320 | 2 | 10% | | | |
| Ácido fosfórico (55-75%) | H ₃ PO ₄ | 98,0 | 1,38 a 1,58 | | 10% | Segundo o solo | 76 | 1,54 |
| Ácido nítrico (56-59%) | HNO ₃ | 63,0 | 1,34 a 1,36 | | 10% | Segundo o solo | 48 | 2,29 |

Fonte: Alarcón (1997), Resh (1995).

* Relação percentual do aumento da pressão osmótica produzido por um determinado adubo na solução do solo e o produzido pelo nitrato de sódio

** Equivale a quantidade de carbonato de cálcio (g) requerida para neutralizar a acidez produzida por dada quantidade de fertilizante (100g). Fornece uma idéia do poder relativo de acidificação dos fertilizantes.

*** Solução em água destilada

Fator de conversão para fertilizantes

| Coluna A | Coluna B | Fator de Conversão | |
|----------|---------------------|--------------------|-------------|
| | | de A para B | de B para A |
| N | Nitrato de potássio | 7,221 | 0,1385 |
| N | Nitrato de cálcio | 5,861 | 0,171 |
| N | Sulfato de amônio | 4,721 | 0,212 |
| N | MAP | 8,218 | 0,122 |
| N | Nitrato de amônio | 2,857 | 0,350 |
| N | DAP | 4,717 | 0,212 |
| P | P2O5 | 2,292 | 0,436 |
| P | PO4 | 3,066 | 0,326 |
| | MAP | 3,711 | 0,269 |
| P | DAP | 4,255 | 0,235 |
| P | MKP | 4,394 | 0,228 |
| P | Ácido fosfórico | 3,164 | 0,316 |
| K | K2O | 1,205 | 0,830 |
| K | MKP | 3,481 | 0,287 |
| K | Cloreto de potássio | 1,907 | 0,524 |
| K | Sulfato de potássio | 2,229 | 0,449 |
| Ca | CaO | 1,399 | 0,715 |
| Ca | Nitrato de cálcio | 4,094 | 0,244 |
| Ca | Cloreto de cálcio | 5,467 | 0,183 |
| Ca | Sulfato de cálcio | 4,296 | 0,233 |
| Mg | MgO | 1,658 | 0,603 |
| Mg | Sulfato de magnésio | 10,14 | 0,0986 |
| S | Ácido sulfúrico | 3,059 | 0,327 |
| S | Sulfato de amônio | 4,124 | 0,2425 |
| S | Sulfato de potássio | 5,437 | 0,184 |
| S | Sulfato de magnésio | 7,689 | 0,130 |
| S | Sulfato de cálcio | 5,371 | 0,186 |

Adubação aplicada em área produtora de melão na região de Mossoró.

| | | Semana | | | | | | | | | | |
|--|-------|--|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | Total | Porcentagem do nutriente aplicada por semana | | | | | | | | | | |
| N | | 1,0 | 4,4 | 8,9 | 25,5 | 28,1 | 19,0 | 7,9 | 1,9 | 1,4 | 1,4 | 0,4 |
| P | | 3,2 | 4,9 | 7,3 | 24,6 | 33,6 | 15,6 | 6,5 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 0,3 |
| K | | 0,4 | 1,4 | 2,6 | 7,6 | 12,5 | 16,7 | 16,9 | 16,4 | 11,8 | 11,8 | 2,3 |
| Quantidades de nutrientes aplicadas por semana (kg) | | | | | | | | | | | | |
| N | 102 | 1,0 | 4,5 | 9,0 | 25,9 | 28,6 | 19,3 | 8,1 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 0,4 |
| P | 123 | 4,0 | 6,0 | 9,0 | 30,4 | 41,4 | 19,3 | 8,1 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 0,4 |
| K | 273 | 1,0 | 3,9 | 7,2 | 20,7 | 34,2 | 45,5 | 46,2 | 44,8 | 32,1 | 30,9 | 6,3 |

Desempenho do injetor tipo venturi da marca "mazzei"

| Pressão entrada (m.c.a.) | Pressão saída (m.c.a.) | Modelo 484 | | Modelo 584 | | Modelo 878 | | Modelo 1078 | |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| | | Fluxo motriz (l/h) | Fluxo sucção | Fluxo motriz (l/h) | Fluxo sucção | Fluxo motriz (l/h) | Fluxo sucção | Fluxo motriz (l/h) | Fluxo sucção |
| 21,1 | 3,5 | 613 | 68 | 1181 | 98 | 2203 | 227 | 3134 | 284 |
| | 7,0 | 613 | 68 | 1136 | 87 | 2203 | 227 | 3134 | 284 |
| | 10,5 | 602 | 49 | 1090 | 68 | 2157 | 197 | 3020 | 227 |
| | 14,1 | 579 | 26 | 1045 | 34 | 2089 | 114 | 2907 | 136 |
| 28,1 | 3,5 | 704 | 68 | 1317 | 95 | 2453 | 227 | 3543 | 284 |
| | 7,0 | 704 | 68 | 1317 | 95 | 2453 | 227 | 3543 | 284 |
| | 10,5 | 704 | 68 | 1294 | 95 | 2453 | 227 | 3543 | 284 |
| | 14,1 | 681 | 61 | 1249 | 76 | 2453 | 227 | 3475 | 273 |
| | 17,6 | 670 | 42 | 1226 | 49 | 2385 | 170 | 3407 | 197 |
| | 21,1 | 647 | 11 | 1204 | 19 | 2362 | 76 | 3293 | 114 |
| 35,2 | 10,5 | 772 | 64 | 1453 | 95 | 2725 | 227 | 3883 | 284 |
| | 14,1 | 772 | 64 | 1431 | 95 | 2725 | 227 | 3883 | 284 |
| | 17,6 | 772 | 64 | 1408 | 91 | 2702 | 227 | 3861 | 284 |
| | 21,1 | 749 | 57 | 1385 | 72 | 2702 | 208 | 3838 | 250 |
| | 24,6 | 738 | 30 | 1363 | 42 | 2657 | 132 | 3770 | 178 |
| | 28,1 | 715 | 4 | 1340 | 8 | 2612 | 45 | 3656 | 61 |
| | 42,2 | 7,0 | 840 | 64 | 1567 | 95 | 2952 | 227 | 4201 |
| 14,1 | | 840 | 64 | 1567 | 95 | 2952 | 227 | 4201 | 284 |
| 17,6 | | 840 | 64 | 1567 | 95 | 2952 | 227 | 4201 | 284 |
| 21,1 | | 840 | 64 | 1567 | 95 | 2952 | 227 | 4201 | 284 |
| 24,6 | | 829 | 61 | 1522 | 76 | 2952 | 227 | 4179 | 273 |
| 28,1 | | 813 | 45 | 1499 | 57 | 2930 | 197 | 4133 | 227 |
| 31,6 | | 795 | 19 | 1476 | 26 | 2861 | 102 | 4020 | 136 |
| 49,2 | | 7,0 | 897 | 64 | 1681 | 95 | 3179 | 227 | 4497 |
| | 14,1 | 897 | 64 | 1681 | 95 | 3179 | 227 | 4497 | 284 |
| | 21,1 | 897 | 64 | 1681 | 95 | 3179 | 227 | 4497 | 284 |
| | 24,6 | 897 | 64 | 1681 | 95 | 3179 | 227 | 4497 | 284 |
| | 28,1 | 897 | 64 | 1658 | 87 | 3179 | 227 | 4474 | 265 |
| | 31,6 | 886 | 57 | 1635 | 64 | 3134 | 216 | 4428 | 227 |
| | 35,2 | 874 | 34 | 1612 | 42 | 3111 | 170 | 4383 | 151 |
| | 38,7 | 852 | 8 | 1590 | 15 | 3066 | 83 | 3656 | 76 |
| | 56,2 | 21,1 | 954 | 64 | 1771 | 95 | 3384 | 227 | 4928 |
| 24,6 | | 954 | 64 | 1771 | 95 | 3384 | 227 | 4928 | 284 |
| 28,1 | | 954 | 64 | 1771 | 95 | 3384 | 227 | 4928 | 284 |
| 31,6 | | 954 | 64 | 1749 | 91 | 3384 | 227 | 4928 | 284 |
| 35,2 | | 954 | 64 | 1726 | 76 | 3361 | 227 | 4860 | 269 |
| 38,7 | | 942 | 45 | 1703 | 53 | 3338 | 189 | 4815 | 231 |
| 42,2 | | 924 | 23 | 1681 | 30 | 3293 | 114 | 4769 | 159 |
| 70,3 | | 28,1 | 1067 | 64 | 2021 | 95 | 3770 | 227 | 5519 |
| | 35,2 | 1067 | 64 | 2021 | 95 | 3770 | 227 | 5519 | 284 |
| | 42,2 | 1067 | 64 | 2021 | 95 | 3770 | 227 | 5519 | 284 |
| | 45,7 | 1056 | 64 | 1998 | 83 | 3770 | 227 | 5496 | 284 |
| | 49,2 | 1045 | 49 | 1976 | 61 | 3747 | 216 | 5450 | 246 |
| | 52,7 | 1033 | 30 | 1953 | 45 | 3724 | 170 | 5405 | 208 |

Fonte: Mazzei Injector Corporation

LITERATURA CONSULTADA

- BISCONER, I. Chemigation: how irrigation lines can serve double duty. **Agricultural Engineering**. V.1, n.1, p.8-11, 1987.
- BONOMO, R. Análise da validade da equação utilizada para estimar a variação da concentração de fertilizante no tanque de derivação, em fertirrigação. Viçosa: UFV, 1995, 57 p. (Tese de Mestrado).
- COSTA, E.F. da.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. Quimigação: Aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Sete Lagoas: CNPMS-EMBRAPA, 1994, 315 p.
- CREGHTON, G.; ROLFE, C. **Horticultural fertigation-techniques, equipment and management**, <http://w.w.w.agric.nsw.gov.au/Arm/Water.pub/1009.htm> (16 June 1998).
- F.A.O. **Riego localizado**. Roma. 1986. 203 p. Riego y Drenaje. no 36.
- FEITOSA FILHO, J. C.; PINTO, J.M., ARRUDA, N.T. Dimensionamento, construção e características hidráulica de um injetor tipo Venturi para uso na Quimigação. **Revista Irriga**, v.4. n.2. 1999. p.68-82.
- FEITOSA FILHO, J.C. Desempenho do tanque de derivação na Fertirrigação por microaspersão. Viçosa: UFV, **Revista Ceres**. v.38, n.216, p.125-136. 1991.
- FEITOSA FILHO, J.C. Otimização hidráulica e manejo de injetores tipo Venturi duplo para fins de Quimigação. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 164 p. (Tese de Doutorado).
- FEITOSA FILHO, J.C. Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão com uso dos injetores tipo Venturi e tanque de derivação. Viçosa: UFV, 1990, 77 p. (Tese de Mestrado).
- FERREIRA, J.O.P. Características hidráulicas de dois injetores de fertilizantes do tipo Venturi. Piracicaba: ESALQ/USP, 1994. 76 p. (Tese de Mestrado).
- HERNANDEZ, A. J. M; RODRIGO LÓPEZ, J. PÉREZ REGALADO, A. Fertilizadores tipo Venturi. In: El riego localizado. Curso internacional de riego localizado. Madrid, 1987, p. 67-68.
- HOWEL, T.A.; FRESNO, C.A.; STEVENSON, D.S. Fertilizing and operation trough drip systems. In: JENSEN, M.E. Design and operation of farm irrigation systems. **ASAE**, 1980, p.711-717.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. Sprinkle and trickle irrigation. New York. 1990. 652 p.
- LOPEZ, C.L. Fertirriigacion: Cultivos horticolas y honamentales. Madrid: Mundi-Prensa. 1998. 475 p.
- MAIA, P.C.S. Fertirrigação por sistema de irrigação por aspersão convencional na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Piracicaba, 1989. 80 p. (Dissertação de Mestrado).
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição de plantas. São Paulo: Ceres. 1980.

- McCOLLAM, M.E.; FULLMER, F.S. Applying fertilizers in solution. **Better crop with plant food**. v.32, p.17-23. 1948.
- PIZARRO, F. Riego localizados de alta frecuencia. Madrid: Mundi-prensa. 1987. 461 p.
- PRIETO, V.G. Quimigação. **Agricultura de las americas**. p.10; 14; 16; 18; 42 e 44. Julio 1985.
- ROSTON, D.E.; MILLER, R.J.; SCHUBACH, H. manegement principles. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickler irrigation for crop production. Amsterdam, Elsevier, 1986, p. 317-45.
- SHANI, M. La fertilizacion combinada com el riego. Tel-Aviv: Ministério da Agricultura. 1983, 36 p.
- THERADGILL, E.D. Chemigation via splinkler irrigation: corrents status and future development. **Applied Engineering in agriculture**. v.1, n.1, p16-23. 1985.
- VIANA, P. A . Insetigação. Quimigação: Aplicação de produtos químicos e biológicos via água de irrigação. Sete Lagoas: CNPMS-EMBRAPA, 1994. 315 p.
- VIVANCOS, A. D. Fertirrigacion. Madrid: Mundi-Prensa. 1993, 217 p.
- ZANINI, J.R. Hidráulica da Fertirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora. Piracicaba: USP, 1987, 103 p. (Tese de Doutorado).