



EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
BR - 428 Km 152 Rod. Petrolina/L. Gde.
Fone: (081) 961 - 0122
Telex (081) 1878
Cx. Postal, 23
56.300 - PETROLINA - PE

ISSN 0100-9729

DOCUMENTOS

Nº 70, out./90, p.1-16

FERTIRRIGAÇÃO - A ADUBAÇÃO VIA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

José Maria Pinto¹
José Monteiro Soares²

INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação é uma prática que pode ser associada aos sistemas de irrigação localizada e tipos de aspersão. Esta prática, denominada fertirrigação, se constitui numa técnica de aplicação simultânea de fertilizantes e água no solo, através de um sistema de irrigação. É uma prática agrícola essencial ao manejo de culturas irrigadas quando se utiliza sistema de irrigação localizada, sendo uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizantes às plantas, principalmente em regiões de climas áridos e semi-áridos, pois em se aplicando os fertilizantes em menor quantidade por vez, mas com maior frequência, é possível manter um nível uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo vegetativo da cultura, o que aumentará a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, a sua produtividade (Bernardo, 1982).

A aplicação de fertilizantes por meio de sistemas de irrigação é, hoje, de comprovada eficácia. Em países onde a agricultura irrigada é desenvolvida, uma das práticas utilizadas para atingirem altas produtividades, é a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, que, principalmente com o desenvolvimento da irrigação por gotejamento, tornou-se de uso generalizado (Zanini, 1987).

No Brasil, a aplicação de fertilizantes, via água de irrigação, está começando a ser utilizada pelos produtores para diferentes culturas e sistemas de irrigação. Embora exista falta de informações sobre dosagens, tipos de fertilizantes e época de aplicação, admite-se que a fertirrigação pode ser utilizada com muitas vantagens (Costa et alii, 1986).

A agricultura irrigada no Nordeste brasileiro desempenha um papel de grande significado no desenvolvimento regional. A irrigação exige um alto padrão tecnológico, que tem por objetivo a melhor oportunidade de aplicação de novas tecnologias, cuja redução de custos precisa ser estudada em profundidade.

No sentido de gerar tecnologias para área irrigadas, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA)-EMBRAPA vem desenvolvendo pesquisas visando solucionar os problemas e definir critérios técnicos da aplicação de fertilizantes através de sistemas de irrigação.

¹Engº Agrícola, M.Sc., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

²Engº Agrº, M.Sc., EMBRAPA/CPATSA.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A fertirrigação é efetuada pela adição de pequenas quantidades de fertilizantes durante todo o período de crescimento das plantas, sem causar-lhes problemas de deficiência ou toxidez de nutrientes. A aplicação em pequenas doses evita a lavagem dos fertilizantes, tão comum na adubação convencional, mantém o nível ideal de nutrientes no solo e permite um melhor aproveitamento do adubo que, dissolvido na água, será facilmente absorvido pelas plantas.

Os fertilizantes a serem aplicados por fertirrigação terão que ser solúveis em água. Em sua maioria, os fertilizantes ricos em nitrogênio e potássio são solúveis em água e não apresentam nenhum problema de uso. Os fertilizantes ricos em fósforo, no entanto, são mais problemáticas de serem usados na fertirrigação, por serem, em sua maioria, pouco solúveis em água. Mesmo os fertilizantes fosfatados solúveis, como o fosfato de amônia, apresentam o perigo de elevação do teor de cálcio na água de irrigação, o que causará precipitação de fosfato de cálcio dentro das tubulações e emissores, entupindo-os. Sendo assim, a adubação fosfatada deve ser aplicada na época de fundação das culturas, pelos métodos convencionais tradicionalmente utilizados (Bernardo, 1982). Além dos macronutrientes principais, os micronutrientes, também, podem ser utilizados através de fertirrigação (Abreu & Lopes, 1977).

A fertirrigação combinada com a água de irrigação é perfeitamente adaptável a diferentes sistemas de irrigação, sejam eles fixos, semi-fixos ou convencionais (Boaz & Halevy, 1974). Os sistemas de irrigação mais apropriados para a aplicação de fertilizantes são aspersão, gotejamento e microaspersão. Isto porque tais sistemas transportam a água em componentes fechados (tubulação sob pressão), assegurando uma boa distribuição e pouca perda de fertilizantes. Todavia, a fertirrigação é mais utilizada em irrigação localizada (Goldberg & Shmueli, 1970).

VANTAGENS DA FERTIRRIGAÇÃO

- a. Utilização intensiva do sistema de irrigação: o trabalho necessário para realizar a fertirrigação é pouco maior que para a irrigação. Evita o uso de tratores e aviões, custando, em geral, um terço dos métodos convencionais de aplicação. Com os mesmos equipamentos de fertirrigação, podem-se aplicar herbicidas e outros produtos químicos, utilizando-os também para desobstrução de gotejadores pela aplicação de ácidos;
- b. Flexibilidade de aplicação: pode-se fracionar e dosar a aplicação de fertilizantes tanto quanto se deseja, economizar mão-de-obra, reduzir a lixiviação e distribuir melhor os nutrientes no perfil do solo;
- c. Eficiência de uso e economia de fertilizantes: a aplicação fracionada dos nutrientes aumenta a sua assimilação pelas plantas e limita as perdas por lixiviação, proporcionando um aproveitamento mais eficiente do fertilizante e reduzindo a quantidade de adubo aplicado em comparação com outros métodos. Possibilita melhor controle, o que pode diminuir os casos de contaminação de águas da superfície e subterrâneas e, também, é menor o risco de intoxicações de trabalhadores;
- d. Controle da profundidade de aplicação do fertilizante: de acordo com as características do solo, do fertilizante e da cultura, às vezes é conveniente aplicar o fertilizante pouco antes de finalizar a irrigação, para impedir a lixiviação dos nutrientes;
- e. Quantidade de fertilizantes e época de aplicação: quantidades exatas podem ser aplicadas no momento mais propício da fase do ciclo fenológico da cultura;

DOC/70, CPATSA, out./90, p.3

- f. 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.

LIMITAÇÕES DA FERTIRRIGAÇÃO

Embora com diversos aspectos favoráveis, a fertirrigação também apresenta algumas limitações:

- a. Contaminação e envenenamento: as águas de irrigação, que contêm fertilizantes ou outras substâncias, podem contaminar ou envenenar trabalhadores;
- b. Tipos de fertilizantes: o método não é apropriado para produtos pouco solúveis ou insolúveis. Fertilizantes fosfatados podem provocar reações químicas, originando precipitados e causando o entupimento de componentes do sistema de irrigação;
- c. Corrosão: algumas partes metálicas do sistema de irrigação podem sofrer danos pela atividade corrosiva dos fertilizantes.

EQUIPAMENTOS DE INJEÇÃO DE FERTILIZANTES

A injeção de fertilizantes nos sistemas de irrigação pode ser feita mediante diversos métodos, que funcionam por diferença de pressão ou bombeamento e gravidade. Podem ser utilizados os métodos do tanque de fertilizantes, bombas injetoras, aplicadores tipo Venturi ou tubo ligado à sucção da bomba de irrigação, sendo o do tanque o de uso mais comum e o das bombas injetoras o mais preciso.

a. Tanque de fertilizante

Este sistema opera com um tanque hermético, conectado em paralelo à tubulação de irrigação, sendo que a diferença de pressão entre a entrada e a saída do tanque de fertilizante, causadora do fluxo através do tanque, é conseguida por intermédio da instalação de um registro na linha principal do sistema, entre os pontos de saída para o tanque e de retorno do tanque. Parte do fluxo da água de irrigação flui através do tanque e dilui a solução de nutrientes, a qual vai sendo injetada na rede de irrigação (Figura 1). A eficiência da aplicação de fertilizantes depende da capacidade do tanque de fertilizantes e da solubilidade do nutriente, sendo que a quantidade total de fertilizantes a ser aplicada por unidade de área de ação do sistema, deverá ser diluída de uma só vez. Desta forma, é de capital importância o dimensionamento do volume do tanque, o qual, segundo Keller & Karmeli (1975), pode ser calculado pela seguinte equação:

$$V_t = \frac{N_i \times A_s}{C_n}$$

em que:

V_t = volume do tanque de fertilizante, em litros;

N_i = quantidade de nutriente a ser aplicada por irrigação, em kg/ha;

A_s = área que o sistema irriga por vez, em ha;

C_n = concentração do fertilizante, em kg de nutriente por litro de água.

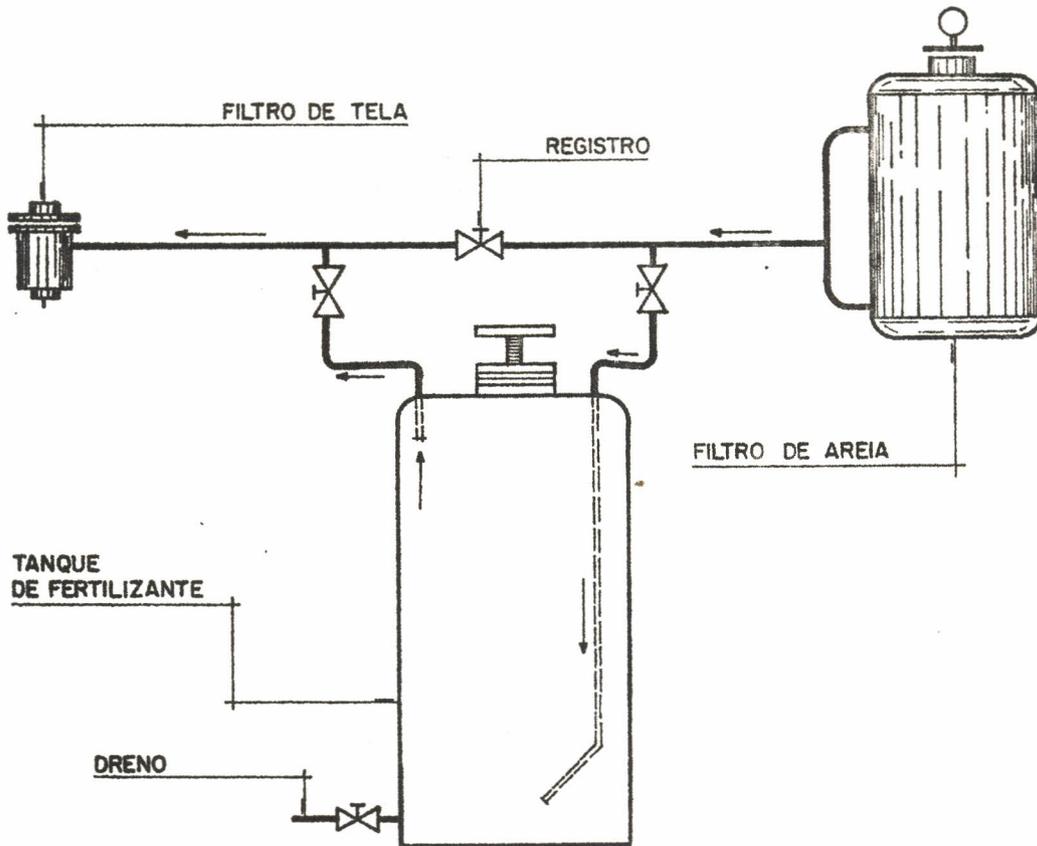


FIG. 1. Esquema de um tanque de fertilizante.

b. Bombas injetoras

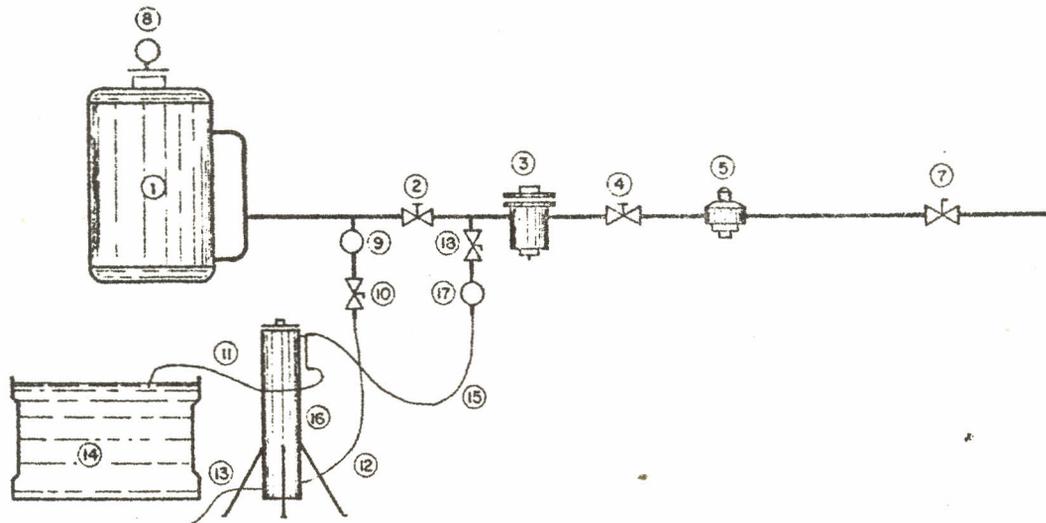
A solução contida num reservatório aberto é introduzida ao sistema de irrigação por meio de uma bomba (Figura 2). Existem dois tipos de bombas: bombas operadas por uma fonte de energia independente da bomba de irrigação e bombas acionadas por meio da própria pressão da água do sistema de irrigação. Tem os seguintes aspectos favoráveis: é possível controlar a taxa de injeção e permite o uso de tanque grande, com pouca necessidade de recarga. Em contraposição, o custo do equipamento é elevado.

c. Aplicadores tipo Venturi

O princípio de funcionamento consiste no estrangulamento do fluxo da água de irrigação, de modo a provocar uma variação na sua velocidade e pressão. Com o objetivo de fertirrigar, prepara-se uma peça, na qual as medidas de redução e ampliação sejam tais que se provoque sucção em determinado trecho de tubulação. Neste local, conecta-se um recipiente aberto. O equipamento fica instalado na linha de irrigação e através do mesmo, passa toda a vazão (Figura 3).

As vantagens deste equipamento são: construção simples, sem peças móveis, não necessita de uma fonte de energia especial e custo baixo. Quando se opera em condições definidas de pressão-vazão, obtém-se uma proporção de diluição constante.

Como limitação, pode-se citar a grande perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação.



- | | |
|---|---|
| 1. filtro de areia | 9 e 17. hidrômetros |
| 2. registro de fechamento lento (2 polegadas) | 11. mangueira de sucção da solução fertilizante |
| 3. filtro de tela | 12. mangueira de entrada de água da bomba |
| 4. registro de fechamento lento (1 polegada) | 13. mangueira de ejeção da água na bomba para seu acionamento |
| 5. válvula de controle de pressa (1/2 polegada) | 14. reservatório da solução fertilizante |
| 7, 10 e 18. registros de fechamento rápido | 15. mangueira de injeção da solução fertilizante |
| 8. manômetro de Bourdon | 16. bomba injetora de fertilizante |

FIG. 2. Esquema do cabeçal de controle com bomba injetora de fertilizante.

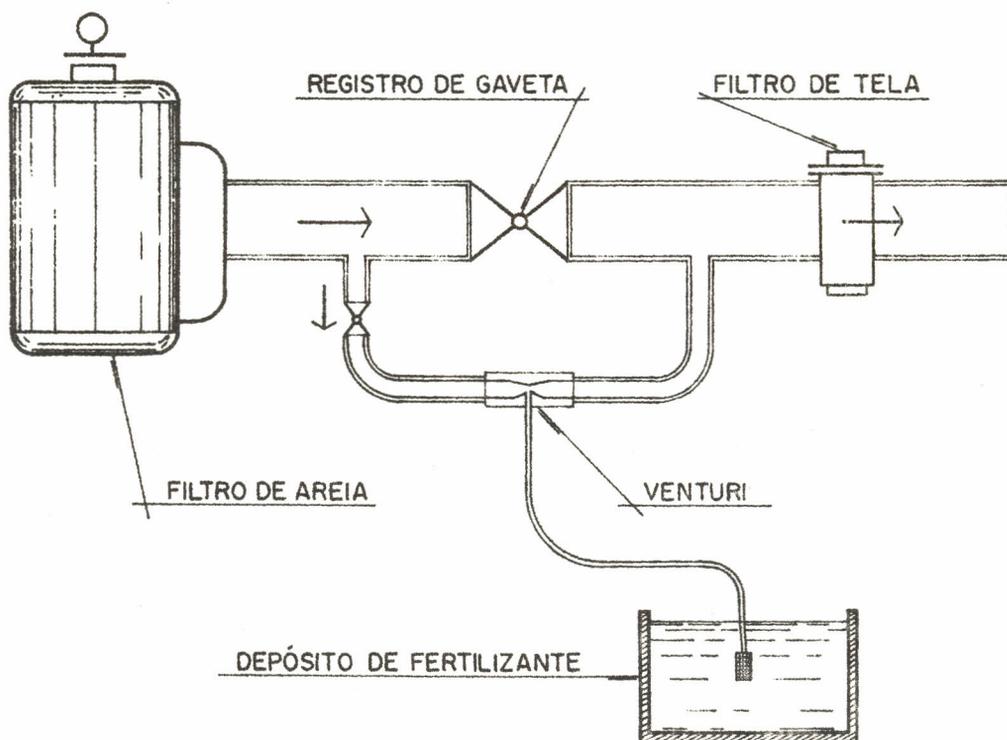


FIG. 3. Esquema do aplicador de fertilizantes tipo Venturi.

DOC/70, CPATSA, out./90, p.6

d. Tubo ligado à sucção da bomba de irrigação

Com um tubo conectado à tubulação de sucção de água, a solução de fertilizante é succionada, passando pela bomba de irrigação (Figura 4). Para esse método, produtos corrosivos ou abrasivos são contra-indicados.

e. Gravidade

Este sistema opera em função da pressão existente na linha de irrigação, pelo trabalho desenvolvido pelo conjunto motobomba, fazendo com que o pistão do conjunto hidráulico injete a solução de fertilizante no sistema de irrigação (Figura 5).

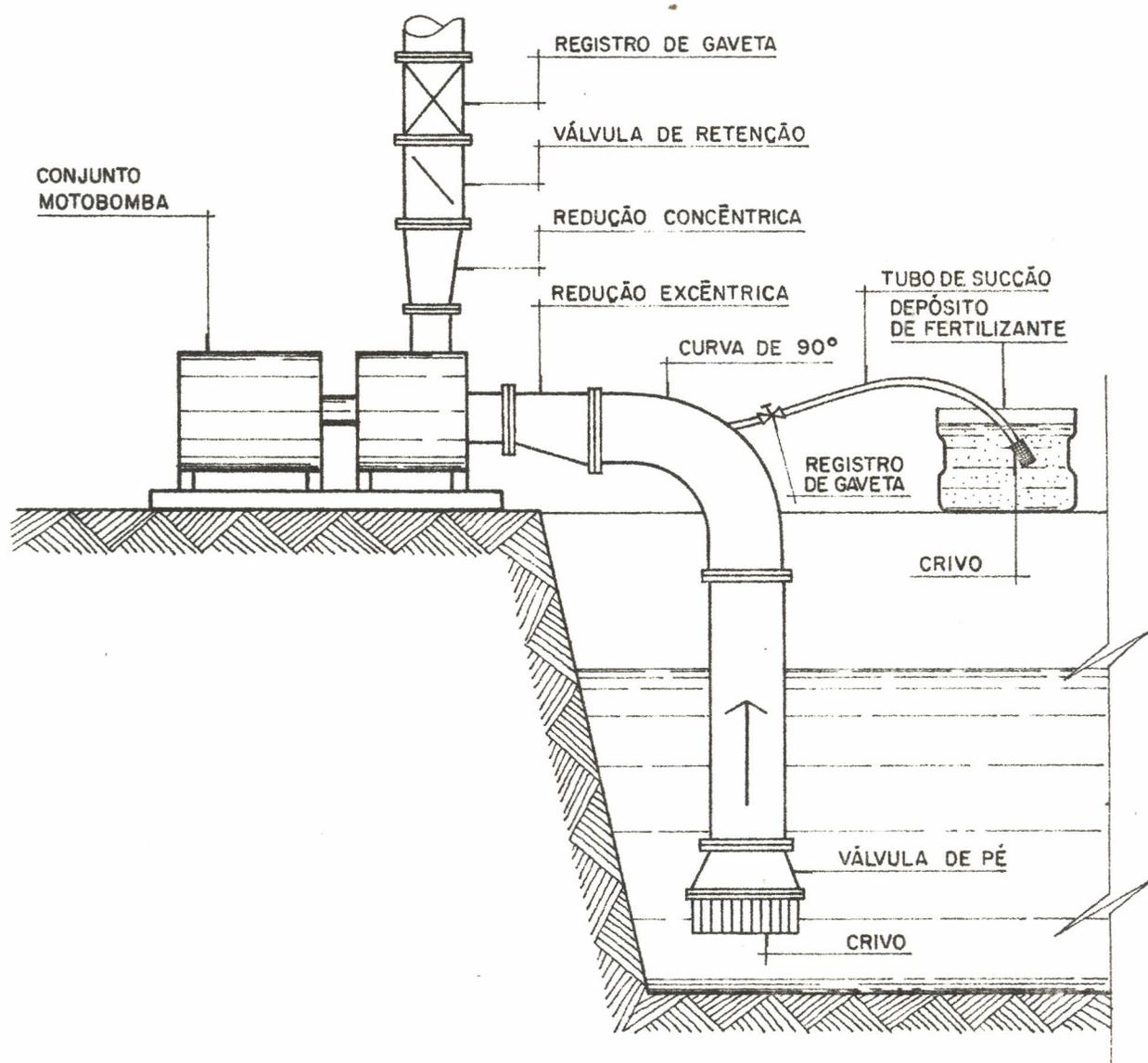


FIG. 4. Esquema de instalação de uma bomba centrífuga com sucção de fertilizantes.

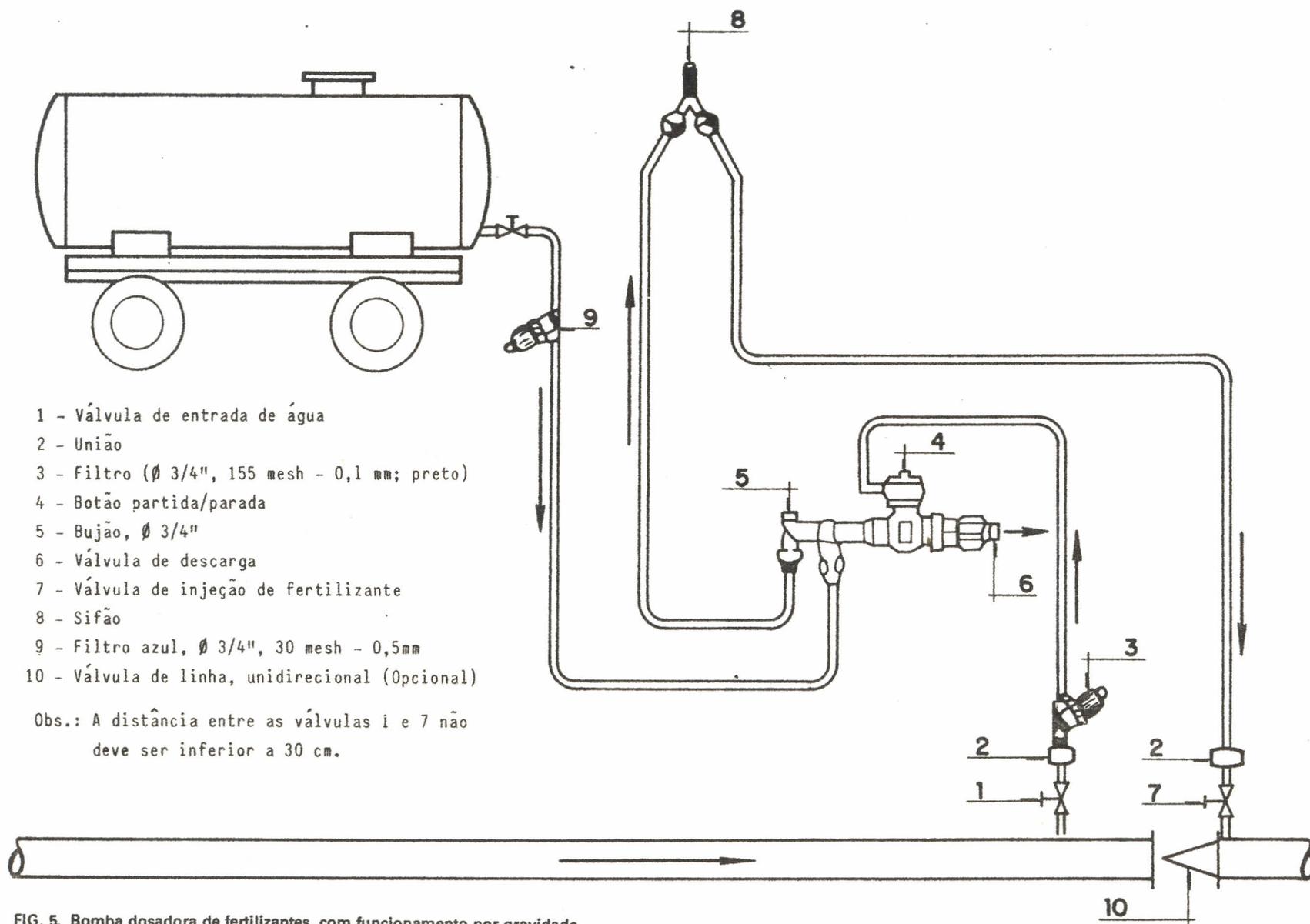


FIG. 5. Bomba dosadora de fertilizantes, com funcionamento por gravidade.

TÉCNICAS DE FERTIRRIGAÇÃO

A adição de produtos químicos à água de irrigação deve atender aos seguintes requisitos: não ser corrosivo; não obstruir os componentes do sistema; ser econômico; ser solúvel em água e não reagir adversamente com sais ou outros elementos químicos contidos na água de irrigação.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação deve atender à disponibilidade de nutrientes na região ocupada pelo sistema radicular, à uniformidade de distribuição de nutrientes e à absorção de nutrientes pela raízes. Periodicamente, análises químicas de solo e planta devem ser feitas para checagem do estado nutricional.

TIPOS DE FERTILIZANTES

Existe um grande número de fertilizantes líquidos ou sólidos para aplicação via água de irrigação e a escolha se processa conforme a situação de cada caso em particular.

FERTILIZANTES LÍQUIDOS

Fertilizantes líquidos são produtos que contêm nutrientes em suspensão ou solução, podendo fornecer um único elemento ou combinação deles: nitrogênio, fósforo, potássio, etc. No Brasil, algumas fórmulas de adubos líquidos já são comercializadas.

FERTILIZANTES SÓLIDOS

Existem no mercado vários fertilizantes sólidos que contêm nitrogênio, fósforo e potássio, em elemento isolado ou em combinação, os quais podem ser dissolvidos e aplicados via água de irrigação. O fertilizante sólido pode ser dissolvido e misturado à água em separado, em tanque aberto, e, após bombeamento, passa a fazer parte do fluxo da água de irrigação. Pode também ser colocado em tanques pressurizados, onde parte do fluxo da água de irrigação, através de derivação, irá dissolvendo-o continuamente, até que o mesmo seja totalmente aplicado. Os fertilizantes sólidos utilizados em fertirrigação devem ser solúveis em água. Na tabela 1, são apresentados aqueles comumente encontrados no comércio. No caso de utilizar mais de um fertilizante, deve-se observar a compatibilidade entre eles, para que não ocorram precipitações (Figura 6).

DOC/70, CPATSA, out./90, p.9

TABELA 1. Composição, solubilidade e índice de acidez de alguns fertilizantes.

Produto	Composição Média de Nutrientes (%)				Solubilidade (g/l a 20°C)	Índice de Acidez
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Outros		
Nitrato de Cálcio	15,5			30 Ca	1200	- 100
Nitrato de Amônio	33,5				1900	185
Sulfato de Amônio	21			22 S	730	550
Uréia	46				1000	158
Nitrato de Potássio (Cristalizado)	13		46		310	- 115
Sulfato de Potássio			50	18 S	110	
Cloreto de Potássio			60		340	
Fosfato Monopotássico		52	33		230	
Fosfato de Monoamônio	12	49			220	357
Fosfato Biamônio	18	46			400	
Sulfato Ferroso				46 Fe	260	
Sulfato de Manganês				32 Mn	500	
Sulfato de Magnésio				16 Mg 13 S	710	
Borax				11 B	50	
Sulfato de Zinco				23 Zn	750	
Cloreto de Cálcio				30 Ca	600	
Ácido Nítrico	15,5					
Ácido Fosfórico		71				
Nitrato de Sódio	16				730	
Sulfato de Cobre				25 Cu	220	
Molibdato de Sódio				30 Mo	560	
Superfosfato Simples		4,5		20 Ca 12 S	20	

FONTE: Abreu e Sanchez (1987).

DOC/70, CPATSA, out./90, p.10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1						X					X				X
2															
3						X	0	0			X				
4						X					X				X
5						X	0				0				0
6	X		X	X	X		X	X	X						
7			0		0	X					X				X
8			0			X					X	0			X
9						X					0				X
10															
11	X		X	X	0		X	X	0						
12								0							
13															
14															
15	X			X	0		X	X	X						

Adubos que podem ser misturados

0 Adubos que só podem ser misturados um pouco antes da aplicação

X Adubos que não podem ser misturados.

1. Sulfato de amônio
2. Nitrato de sódio e nitrato de potássio
3. Nitrocálcio
4. Nitrato de amônio e sulfonitrato de amônio
5. Uréia
6. Calcicocianamida
7. Superfosfatos
8. Fosfato de amônio
9. Fosfato bicálcico
10. Farinha de ossos
11. Escória de Thomas e termofosfatos
12. Fosfatos naturais ou rochas fosfatadas
13. Cloreto de potássio
14. Sulfato de potássio
15. Calcário

FONTE: Malavolta e Peres (1975)

FIGURA 6. Orientação para misturas de fertilizantes.

ELEMENTOS NUTRITIVOS

A aplicação de fertilizantes, através da água de irrigação, deve ser feita obedecendo certas precauções, visando a manutenção das características dos emissores de água. Os fertilizantes ricos em nitrogênio, como a uréia, por exemplo, podem elevar o pH da água e proporcionar a precipitação do cálcio e magnésio, presentes na água de irrigação. A precipitação destes elementos pode causar problemas de entupimento dos emissores ou mesmo elevar o valor da relação de adsorção de sódio da água, quando esta possui altos teores de sódio (Miyamoto & Ryan, 1976). Todavia, estes problemas podem ser contornados pela aplicação de ácido clorídrico ou sulfúrico. A permanência do nitrogênio na tubulação, por outro lado, pode favorecer o desenvolvimento de microorganismos, que causam a obstrução dos emissores de água (Rolston et alii, 1979). Recomenda-se que após a fertirrigação, o sistema deve continuar funcionando durante cinco a dez minutos, para condicionar a eliminação do nitrogênio do interior da tubulação.

Os fertilizantes fosfatados são mais problemáticos de uso na fertirrigação, uma vez que estes fertilizantes são pouco solúveis em água. O problema mais grave, sob o ponto de vista agrônomico, é a facilidade que o fósforo apresenta de ser retido nos primeiros centímetros do solo. Como este é um elemento praticamente imóvel no solo, não alcança a profundidade efetiva das raízes das plantas (Abreu & Lopes, 1977). Todavia, pesquisas indicam que a irrigação por gotejamento é uma exceção (Rauschkolb et alii, 1976). Tem-se observado que o fósforo movimenta-se consideravelmente, quando aplicado através do sistema de irrigação por gotejamento, em pequenas doses. O aumento na mobilidade deve-se ao fato de o fósforo, aplicado em área pequena, causar a saturação dos pontos de retenção próximos das saídas de solução, com maior intensidade em solos arenosos, permitindo o seu movimento com a água de irrigação. Porém, o parcelamento do fósforo durante o ciclo da cultura, não produz os mesmos benefícios esperados com o parcelamento de nitrogênio. Como recomendação, sugere-se que em cultivos não muito exigentes em fósforo, se aplique este elemento diretamente no solo, uma ou duas vezes ao ano. Se o cultivo for exigente, pode-se aplicar metade diretamente no solo antes do plantio e a outra metade por fertirrigação, utilizando fórmulas solúveis. Se a água de irrigação é rica em cálcio e seu pH é superior a 7, deve-se adicionar ácido nítrico ou sulfúrico em quantidade suficiente para correção do pH. Aplicando-se ácido nítrico, incorpora-se nitrogênio, o que diminui a necessidade de adubos nitrogenados. Recomenda-se a dosagem de 1,3 litro de ácido nítrico concentrado por kg de adubo fosfatado (Abreu & Lopes, 1977). Entretanto, precauções devem ser tomadas, para evitar a ocorrência de precipitações de cálcio e corrosões das peças metálicas.

Ainda que os fertilizantes potássicos tenham menor solubilidade que os fertilizantes nitrogenados, não existem, em geral, problemas para aplicação deste elemento via água de irrigação. A solubilidade do sulfato de potássio é menor e existe a possibilidade de a água ser rica em cálcio, podendo formar sulfato de cálcio ainda menos solúvel.

Não existe problema para aplicação de microelementos através da irrigação localizada. A alta eficiência permite reduzir a dosagem, dividindo a quantidade a aplicar em um maior número de vezes, principalmente para produtos com alto custo de aquisição.

A aplicação de microelemento é imprescindível em caso de carência definida ou quando as condições se fizerem necessárias. Está sendo popularizado o uso preventivo de pequenas doses de micronutrientes em irrigação localizada, pois o volume explorado pelas raízes é menor que nos sistemas convencionais de irrigação. Existe a possibilidade de não se encontrar, neste volume de solo, a quantidade necessária de nutrientes para o desenvolvimento ideal da cultura.

Para se aplicar magnésio, usa-se geralmente o sulfato de magnésio, que tem uma boa solubilidade.

A aplicação do cálcio é perigosa, devido ao risco da produção de precipitados. O uso de cálcio deverá restringir-se a solos ácidos e solos com alto teor de sódio. Como fonte de cálcio, o nitrato de cálcio é o adubo mais solúvel, podendo, também, usar-se cloreto de cálcio. Porém, em ambos os casos, deve-se verificar o pH, adicionando-se ácido, quando necessário. Recomenda-se utilizar 0,3 litro de ácido nítrico concentrado por kg de nitrato de cálcio (Abreu & Sanchez, 1987).

MANEJO DE FERTIRRIGAÇÃO

Com um manejo correto, a fertirrigação pode assegurar ótimos níveis de água e nutrientes na zona radicular. Os intervalos entre fertirrigações afetam o comportamento do sistema radicular. Intervalos curtos, com pequenas lâminas de água, induzem a formação de sistema radicular raso, enquanto que os intervalos longos, com irrigações pesadas, induzem a formação de sistema radicular profundo.

O procedimento comum na aplicação de fertilizantes, via água de irrigação, envolve três etapas. Durante a primeira etapa, o sistema opera com a finalidade de molhar o solo. Durante a segunda etapa, o fertilizante é aplicado na água de irrigação. O período de aplicação, raramente, deverá ser menor que 30 minutos, sendo aconselhável utilizar um período entre uma e duas horas. Tempo de fertirrigação mais longo leva a uma melhor uniformidade de distribuição de fertilizantes na linha de gotejadores (Zanini & Ollita, 1988). A terceira etapa deverá ser suficiente para lavar completamente o sistema de irrigação. Esta etapa tem como objetivo carrear o fertilizante para baixo e colocá-lo a uma profundidade compatível com o sistema radicular da cultura.

Praticamente em todas as culturas, podem ser aplicados fertilizantes via água de irrigação, embora o maior interesse recaia sobre as árvores frutíferas e olerícolas.

Considerando o sistema de irrigação por gotejamento, com o equipamento de fertirrigação usando tanque com fluxo de circulação, pode-se utilizar a expressão matemática apresentada por Shani (1981), para calcular o tempo de aplicação e a concentração do fertilizante no tanque:

$$p = 100 l^{-x}$$

em que:

P = concentração relativa que permanece no tanque, em %;

x = quantidade de água que passa pelo tanque em relação ao seu volume, ou seja $x = Q/V$;

Q = quantidade de água que passa pelo tanque durante a fertirrigação, em m^3/h ;

V = volume do tanque, em m^3 ;

l = base do logaritmo neperiano.

A regulação da quantidade de água que passa pelo tanque de fertilizante permite a sua calibração. A medição se faz por uma válvula volumétrica, instalada na entrada do tanque e o gradiente de pressão é medido pelos dois manômetros instalados na linha de irrigação. Para conferir o cálculo, pode-se tomar amostras da solução, determinar a condutividade elétrica com o transcorrer do tempo e correlacionar os valores com os dados de concentração.

Para a primeira calibração, são necessários válvula volumétrica ou hidrômetro, cronômetro e o volume do tanque.

Para a utilização da expressão matemática, deve-se considerar a concentração inicial como 100%. Assim, se pelo tanque passou uma quantidade de água três vezes maior que o seu volume, obtém-se a concentração da solução dentro do tanque: 5% de sua concentração inicial ($P = 100 \text{ l}^{-x}$; $p = 5\%$).

Considerando-se um tanque de volume de 100 litros, se o interesse é que ao final de 30 minutos, permaneça no tanque uma concentração menor que 2% da concentração inicial, tem-se pela expressão $x = 4$ ($2 = 100 \text{ l}^{-x}$), isto é, deve-se passar pelo tanque 400 l de água e, portanto, deve-se calibrar a entrada de água no tanque para uma vazão de $400/30 = 13,3 \text{ l/min}$ ou 800 l/h .

Shani (1981) recomenda que se use $x = 4$, para que se garanta a máxima solubilização do fertilizante. A quantidade de fertilizante sólido a ser colocada no tanque, para realização da fertirrigação em sistema de irrigação por gotejamento, utilizando bomba injetora, pode ser calculada pela equação:

$$QFT = \frac{CDG \times VSI \times VT}{CIB \times PNF}$$

em que:

QFT = quantidade de fertilizante sólido, em grama;

CDG = concentração desejada da solução na saída dos gotejadores, em ppm;

VSI = vazão do sistema de irrigação, em m^3/h ;

VT = volume do tanque, em m^3 ;

PNF = porcentagem de nutriente no fertilizante, em decimal;

CIB = capacidade de injeção da bomba, em m^3/h .

Exemplo:

Determinar a quantidade de fertilizante sólido a ser colocada em um tanque de 100 l, para se ter uma concentração, na saída do gotejador, de 10 ppm de N. A vazão do sistema de irrigação é de $138,5 \text{ m}^3/\text{h}$, a capacidade de injeção da bomba é $0,023 \text{ m}^3/\text{h}$ e a porcentagem de nutriente no fertilizante é de 46% (Uréia).

$$QFT = \frac{CDG \times VSI \times VT}{CIB \times PNF} \therefore QFT = \frac{10 \times 138,5 \times 0,100}{0,023 \times 0,46}$$

$$QFT = 13090,74 \text{ g ou } 13,10 \text{ kg}$$

A tabela 1 mostra a solubilidade máxima de alguns fertilizantes: para a uréia é 100 partes por 100 partes de água, ou seja, 100 kg de uréia por 100 litros de água. No tanque, tem-se 100 litros de água para solubilizar 13,10 kg de uréia. Portanto, a relação é 13,10 kg de uréia para 100 litros de água, inferior à máxima permitida. Conclui-se que a uréia será facilmente solubilizada.

Utilizando o mesmo equipamento, apresenta-se o preparo de uma solução para o tratamento químico da água de irrigação, empregando uma substância líquida - NaOCl (hipoclorito de sódio). Neste caso, a quantidade da substância a ser colocada no tanque é calculada pela expressão:

$$QST = \frac{CDG \times VSI \times VT}{CIB \times CIS}$$

em que:

QST = quantidade da substância a ser colocada no tanque, em cm^3 ;

CDG = concentração desejada, na saída do gotejador, em ppm;

VSI = vazão do sistema de irrigação, em m^3/h ;

VT = volume do tanque, em m^3 ;

CIB = capacidade de injeção da bomba, em m^3/h ;

CIS = concentração inicial da substância, em decimal.

Exemplo:

Determinar a quantidade do hipoclorito de sódio a ser colocada em um tanque de volume de 100 l, para se ter uma concentração no gotejador de 1 ppm. A vazão do sistema de irrigação é de $69,25 m^3/h$, a capacidade de injeção da bomba de fertilizante é de $0,023 m^3/h$ e a concentração inicial é de 5% de NaOCl.

$$QST = \frac{CDG \times VSI \times VT}{CIB \times CIS} \therefore QST = \frac{1 \times 69,25 \times 0,1}{0,023 \times 0,05}$$

$QST = 6021,74 cm^3 = 6,02$ litros de NaOCl, misturados em 93,98 litros de água, perfazendo um volume total de 100 litros.

Para aplicação de fertilizantes por um sistema de irrigação por aspersão, para o preparo da solução de nutrientes, utiliza-se a seguinte expressão, no cálculo da quantidade de nutrientes a ser aplicada:

$$QNA = \frac{EA \times EL \times NA \times DRN}{10.000}$$

em que:

QNA = quantidade de nutrientes a ser aplicada por linha lateral, em kg;

EA = espaçamento entre aspersores na linha lateral, em m;

EL = espaçamento entre linhas laterais, em m;

NA = número de aspersores por linha lateral;

DRN = dose recomendada de nutriente para um hectare, em kg.

DOC/70, CPATSA, out./90, p.15

Um exemplo ilustrativo de cálculo:

Uma linha lateral tem 10 aspersores, com espaçamento entre si de 12 m. O espaçamento entre laterais é de 18 m. Determinar a quantidade de nutrientes a ser aplicada por cada linha lateral, sabendo-se que a dose de nutriente recomendada é de 20 kg de N por hectare.

$$QNA = \frac{EA \times EL \times NA \times DRN}{10.000} \therefore QNA = \frac{12 \times 18 \times 10 \times 20}{10.000} = 4,32 \text{ kg}$$

Supondo-se que o fertilizante a ser aplicado é a uréia, com 46% de N, para aplicação de 4,32 kg de N por linha lateral, são necessários 9,4 kg de uréia. A aplicação não deve ser feita a alta concentração.

A falta de pesquisa nesta área constitui um obstáculo à adoção da técnica de fertirrigação. Praticamente tudo a respeito do assunto está para ser estudado no Brasil, desde o desenvolvimento de injetores de fertilizantes até a quantidade ótima de fertilizantes a ser aplicada e sua distribuição no perfil do solo.

LITERATURA CITADA

- ABREU, J.M.H.; LOPES, J.R. **El riego por goteo**. Madrid : Ministério da Agricultura, 1977. 32 p. il. (Hojas Divulgadoras, 11/12).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa : UFV, 1982. 463 p.
- BOAZ, M.; HELEVY, I. Trickle irrigation. In: BOAZ, M.; HELEVY, I. **Newsletter Israel Agriculture**. Jerusalém : Ministry of Agriculture, 1974. p. 39-57.
- COSTA, E.F. da; FRANÇA, G.E. de; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.63-68, 1986.
- GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation - A method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. **Transactions of the ASAE**, v.13, n.1, p.38-41, 1970.
- HERNANDEZ ABREU, J.M.; CASTEL SANCHEZ, J.R. Fertirrigacion. In : HERNANDEZ ABREU, J.M.; CASTEL SANCHEZ, J.R. **Riego Localizado: diseño agronomico, obruraciones, fertirrigacion**. [s.l. : s.n.] 1987. Parte 2, Cap. 8, p. 183-194.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, California : Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975 133p., il.
- MALAVOLTA, E.; PERES ROMERO, J. **Manual de adubação**. 2.ed. São Paulo : ANDA, 1975. 346p., il.
- MIYAMOTO, S.; RYAN, J. Sulfuric acid for the treatment of ammoniated irrigation, water II: Reducing calcium precipitation and sodium hazard. **Soil Science Society of America Journal**, v.40, n.2, p.305-309, 1976.
- RAUSCHKOLD, R.S.; TOLSTON, D.D.; MILLER, R.J.; CARLTON, A.B.; BURAU R.G. Phosphorus fertilization with drip irrigation. **Soil Science Society of America Journal**; v.40, n.1, p.68-72, 1976.
- ROLSTON, D.E; RAUSCHKOLB, R.S.; AHENE, C.J.; MILLER, R.J.; URIU, K.; CARLSON, R.M.; HENDERSON, D.W. **Applying nutrientes and other chemicals to trickle irrigated crops**. Berkeley : University of California, Division of Agricultural Science, 1977. 14p (University of California. Bulletin, 1973).

DOC/70, CPATSA, out./90, p.16

SHANI, M. **La fertilizacion combinada con el riego.** Tel Avive : Ministerio de Agricultura, Servicio de Extension, 1981. 36p., il.

ZANINI, J.R. **Hidráulica da fertilirrigação por gotejamento utilizando tanque de derivação de fluxo e bomba injetora.** Piracicaba : ESALQ, 1987. 103p. Tese Doutorado.

ZANINI, J.R.; OLITTA, A.F.L. Uniformidade de distribuição de fertilizantes pela linha de gotejadores. **Item**, Brasília, n.33, p.40-44 jun. 1988.

Tiragem: 1000 exemplares

Impressão: CPATSA

Petrolina, 1990