



FERTIRRIGAÇÃO PARA INICIANTEs

Dr. Davi José Silva, Pesquisador-Embrapa Semi-Árido
Prof. Dr. José Crispiniano Feitosa Filho, CCA/UFPB

João Pessoa-PB
Novembro de 2003

Fertirrigação para Iniciantes

Davi José Silva¹

José Crispiniano Feitosa Filho²

I. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial está ocorrendo numa proporção inversa a disponibilidade de recursos hídricos e de terras cultiváveis. Dessa forma, torna-se necessária a utilização de uma agricultura mais intensiva, em que os produtos químicos e fertilizantes são amplamente utilizados, com o objetivo de aumentar a oferta de alimentos para essa população crescente. O problema da escassez de água no mundo tem conduzido o homem a buscar novos sistemas de aplicação da água na agricultura que permitam fazer um uso mais eficiente da mesma. A utilização do próprio sistema de irrigação como condutor e distribuidor de adubos juntamente com a água de irrigação é conhecida como FERTIRRIGAÇÃO. Não só adubos são aplicados por meio da água de irrigação pois também inseticidas, fungicidas, herbicidas, reguladores de crescimento são conduzidos e aplicados e a prática de forma generalizada passou a ser conhecida como QUIMIGAÇÃO.

A Fertilização não é prática nova, uma vez que fazendeiros dos Estados Unidos já aplicavam Amônia Anidra e Vinhaça desde o final dos anos 40 que por meio de irrigação por sulcos (McCOLLAM & FULLMER (1948). Na Tabela 1 estão dados da área irrigada e número de agricultores que utilizam a prática nos EUA.

Hoje, a fertilização é empregada em mais de 75% de toda a produção agrícola de Israel e em praticamente 100% da produção irrigada por gotejamento em países como Estados Unidos, Espanha, Holanda, Austrália, Israel e África do Sul. Assim, nos países em que a agricultura irrigada é desenvolvida, a fertilização tornou-se uma das principais práticas responsáveis pela obtenção de altas produtividades.

¹ Pesquisador, Embrapa Semi-Árido, C.P. 23, CEP 56302-970, Petrolina-PE

² Prof. Dr., Dep^{to}. de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Areia-PB

Tabela 1. Área cultivada, culturas e números de agricultores que utilizaram Quimigação em 1988 nos Estados Unidos.

Culturas	Área colhida (ha)	Número de Agricultores	% de utilização	
			Fertirrigação	Pestigação ¹
Milho em (grãos)	3.217.107	43.059	24	11
Alfafa	2.079.266	58.090	12	6
Pastagens	1.653.348	51.222	9	1
Algodão	1.609.715	13.322	21	9
Trigo	1.429.323	23.967	20	6
Pomares	1.397.529	57.410	27	13
Soja	1.272.782	22.825	8	3
Arroz	1.044.114	10.077	27	17
Outros fenos	1.005.363	24.604	18	2
Hortaliças	755.551	14.436	20	7
Sorgo granífero	524.531	11.037	17	6
Outras culturas	515.628	7.482	12	6
Cevada	478.339	13.119	19	5
Batata	368.462	4.359	47	25
Milho/silagem	324.466	11.945	21	5
Feijão	311.822	7.298	16	7
Beterraba açucareira	262.917	4829	22	13
Amendoim	154.925	3.481	11	12
Aveia	126.869	6.149	13	3
Fumo	49.229	6.731	9	5

1. Inclui: inseticida, fungicida e nematicida.

Fonte: U.S. Department of Commerce (1990).

II. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO ADEQUADOS A FERTIRRIGAÇÃO

Qualquer sistema de irrigação teoricamente pode conduzir e distribuir agroquímicos juntamente com a água. Como a uniformidade de distribuição dos produtos depende da uniformidade de distribuição da água pelo sistema, aqueles

sistemas de irrigação que apresentam alta uniformidade de distribuição de água são os mais adequados para fazer a Fertirrigação.

Alguns sistemas de irrigação são mais eficientes na aplicação de água, como é o caso do gotejamento e microaspersão, o que torna, também, mais eficiente o aproveitamento pelas plantas dos nutrientes aplicados. Portanto, quando se trata de fertirrigação, deve-se considerar o sistema de irrigação que está sendo utilizado. Para o uso adequado de fertilizantes em fertirrigação a característica do sistema de aplicação é também importante.

Na tabela 2 são apresentadas algumas diferenças entre sistemas de irrigação que podem afetar a técnica da fertirrigação.

Entre as vantagens do sistema de irrigação por gotejamento, em relação aos outros, na aplicação de fertilizantes, pode-se destacar que a solução é aplicada na zona ativa das raízes, de onde a água está sendo removida; a perda de fertilizante por lixiviação é menor; a aplicação localizada não favorece a ocorrência de doenças foliares. Entre os cuidados que esse sistema requer pode-se citar: as partículas de alguns fertilizantes sólidos que são encontrados na solução necessitam ser retiradas através de filtros, devido ao reduzido diâmetro dos emissores; os sistemas de gotejamento estão mais sujeitos a entupimento ocasionado por microorganismos, algas ou precipitados formados pela ação de alguns fertilizantes com a água de irrigação; soluções ácidas aplicadas ao solo têm maior efeito negativo pelo fato de haver maior concentração em um pequeno volume de solo, o mesmo ocorrendo para soluções salinas; o sistema radicular pode tornar-se mais restrito.

Já os sistemas de irrigação por aspersão apresentam como característica, a distribuição da água em toda a superfície, o que é desejável na aplicação de produtos químicos ou orgânicos em suspensão ou solução, como é o caso dos fertilizantes, defensivos agrícolas; etc, porém a uniformidade da aplicação por aspersão depende, além do dimensionamento do sistema, também da velocidade do vento. Uma vantagem da aspersão em relação à irrigação por gotejamento, diz respeito à velocidade da água nas tubulações de distribuição, o que diminui a sedimentação das partículas sólidas conduzidas pela água e com isso, há menores riscos de obstrução das tubulações e dos emissores. Entre as limitações do sistema pode-se citar: quando a irrigação é por aspersão e as folhas das plantas molhadas

com a solução podem ocorrer injúrias na superfície foliar. Produtos como uréia, com 1% de biureto, devem ser evitados em função de queimaduras que poderão ocorrer nas folhas. Para a aplicação desse mesmo fertilizante gotejado sobre o solo não existe restrição. Na aplicação por aspersão ocorre um menor aproveitamento de água e fertilizantes aplicados, principalmente na fase inicial das culturas, quando as raízes não estão plenamente desenvolvidas.

TABELA 2. Diferenças entre os sistemas de irrigação com relação à aplicação de água e fertilizantes (VILLAS BÔAS et al, 1999)

Características	Aplicação localizada	Aspersão	Sulco
Uso da água	maior eficiência	menor eficiência	menor eficiência
Frequência de aplicação	maior	menor	menor
Distribuição de água	homogênea	homogênea	não homogênea
Distribuição do adubo	próximo ao sistema radicular	área toda	varia ao longo do sulco
Variações climáticas	menor limitação	maior limitação	maior limitação
Qualidade da água e Sais	maior limitação	menor limitação	menor limitação
Impurezas da água e Fertilizantes	maior limitação	menor limitação	menor limitação
Sistema radicular	restrito	sem restrição	sem restrição

A irrigação por sulco é dependente do próprio desenho do sistema para se obter uniformidade na distribuição de água e fertilizantes. O comprimento dos sulcos deve ser variável com o tipo de solo. Em geral, a distribuição de água por esse método é irregular, o que pode resultar em uma distribuição irregular de fertilizantes. Contudo, pode-se empregar métodos para minimizar o problema. Na fertirrigação por sulco a adubação deve ser feita no início, quando a taxa de infiltração é alta, de modo a minimizar perdas de nutrientes por drenagem da água.

III. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DA FERTIRRIGAÇÃO

3.1. Vantagens da Fertirrigação

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação apresenta muitas vantagens em relação ao sistema convencional. Dentre suas vantagens se tem:

- Melhor aproveitamento do equipamento de irrigação;
- Economia no custo de aplicação de fertilizantes, pois economiza máquinas e mão de obra;
- Aplicação dos adubos nas doses e momento exatos exigidos pelas culturas;
- Maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes;
- Menos compactação do solo e danos físicos às culturas.

3.2. Limitações da Fertirrigação

Adotou-se a terminologia “Limitação” em relação a “Desvantagem” em razão da prática quando bem conduzida os problemas possíveis de acontecerem são semelhantes aos comuns na adubação convencional. Os inconvenientes decorrem de não se observarem aspectos relacionados à Nutrição Mineral das Plantas, a Química e Física dos Solos, Fisiologia Vegetal, Conservação do Meio Ambiente, etc. Como limitações se têm:

- Exige cálculos precisos para quantificar concentrações e doses dos adubos;
- Pode onerar o custo inicial do sistema de irrigação;
- Pode reduzir a vida útil do sistema de irrigação e implementos;
- Pode levar toxidez ao agricultor, as plantas, animais e ambiente;
- Pode condicionar obstruções de tubulações e emissores do sistema.

IV. FATORES QUE AFETAM A FERTIRRIGAÇÃO

Fatores importantes na Fertirrigação devem ser conhecidos e considerados pelos técnicos e produtores antes de adotar a prática, sendo eles:

4.1. Fatores relacionados com o tipo de solo

Dentre as propriedades físicas que influem na Irrigação localizada a textura do solo é a que mais justifica o uso da prática e paralelamente da Fertirrigação. Trabalhos conduzidos em diferentes países demonstraram que os melhores resultados são obtidos quando os cultivos foram feitos em solos arenosos.

4.2. Fatores relacionados à qualidade da água de irrigação

A maioria das águas utilizadas de irrigação contém íons salinos que adicionados aos existentes no solo ou provenientes dos adubos aumentam a salinidade dos solos com prejuízos iminentes às plantas. Nos cálculos a concentração natural de sais e de cada elemento na água deve ser determinada e conhecida para que não haja acúmulo excessivo quando os produtos forem posteriormente aplicados podendo causar problemas às plantas e ao ambiente. Na Tabela 3 estão dados indicativos dos riscos dos principais elementos presentes da água utilizada na irrigação.

Cada espécie vegetal necessita de diferentes quantidades de água, de adubos e de condições climáticas para produzir adequadamente. Na Tabela 4 estão dados indicativos do limite de tolerância de espécies vegetal à salinidade.

Tabela 3. Características Químicas e Físicas das águas utilizadas na Fertirrigação.

Variáveis/Teores	Níveis de riscos		
	Baixo	Alto	Severo
pH	5,5 - 7,0	< 5,5 ou > 7,0	< 4,5 ou > 8,0
C.E (mmol/cm)	0,5 - 0,75	0,75 - 3,0	> 3,0
Sólidos solúveis total (ppm)	325 - 480	480 - 1929	> 19200
Bicarbonatos (ppm)	< 40	40 - 180	> 180
Sódio (ppm)	< 70	70 - 180	> 180
Cálcio (ppm)	20 - 100	100 - 200	> 200
Magnésio (ppm)	< 63	> 63	-
Boro (ppm)	< 0,5	0,5 - 2,0	> 2,0
Cloro (ppm)	< 70	70 - 300	> 300
Flúor (ppm)	< 0,25	0,25 - 1,0	> 1,0
Ferro (ppm)	< 0,20	0,20 - 0,40	> 0,40
Nitrogênio	< 5	5 - 30	> 30
RAS ¹	< 3	3 - 6	> 6

1. Relação de Adsorção de Sódio (RAS) = $\text{Na}/[(\text{Ca}+\text{Mg})/2]^{1/2}$

Fonte: VITTI et al. (1994).

Tabela 4. Tolerância de espécies vegetal à salinidade.

Culturas	Condutividade elétrica do extrato saturado do solo		
	Limite (dS/m)	Porcentagem de perdas (%)	Classificação
Abóbora	2,5	13,0	LS
Aipo	1,8	6,2	LS
Alface	1,3	13,0	LS
Aspargo	4,1	2,0	T
Batata	1,7	12,0	LS
Batata doce	1,5	11,0	LS
Beterraba	4,0	9,0	TN
Brócoli	2,8	9,2	LS
Cebola	1,2	16,0	S
Cenoura	1,0	14,0	S
Feijão	1,0	19,0	S
Milho doce	1,7	12,0	LS
Morango	1,0	33,0	S
Pimenta	1,5	14,0	LS
Repolho	1,8	9,7	LS
Tomate	2,5	9,9	LS

Fonte: VITTI et al. (1994). T - tolerante; TN - tolerância normal; LS - levemente baixa e S - sensível.

V. Injetores utilizados na Fertirrigação

5.1. Tanques pressurizados

Consistem em tanques metálicos com tampas herméticas que são conectados em dois pontos ao sistema: Para haver injeção da solução fertilizante

que estará dentro deste tanque é importante que haja um diferencial de pressão entre o ponto de entrada de água do sistema no tanque e o de saída de solução fertilizante do tanque para o sistema (Figura 1). Estes equipamentos são baratos e de fácil operação sendo apropriados a pequenos produtores, mas são limitados: 1 - Devido a pequena capacidade de injeção que é definida pelo volume do tanque. 2 - Pela variação da concentração da solução injetada ao longo do tempo de injeção, pois o aporte de água do sistema diluindo a solução durante o processo. 3 - O material normalmente é metálico, para suportar a pressão do ponto em que está conectado, estando mais sujeito a corrosão.

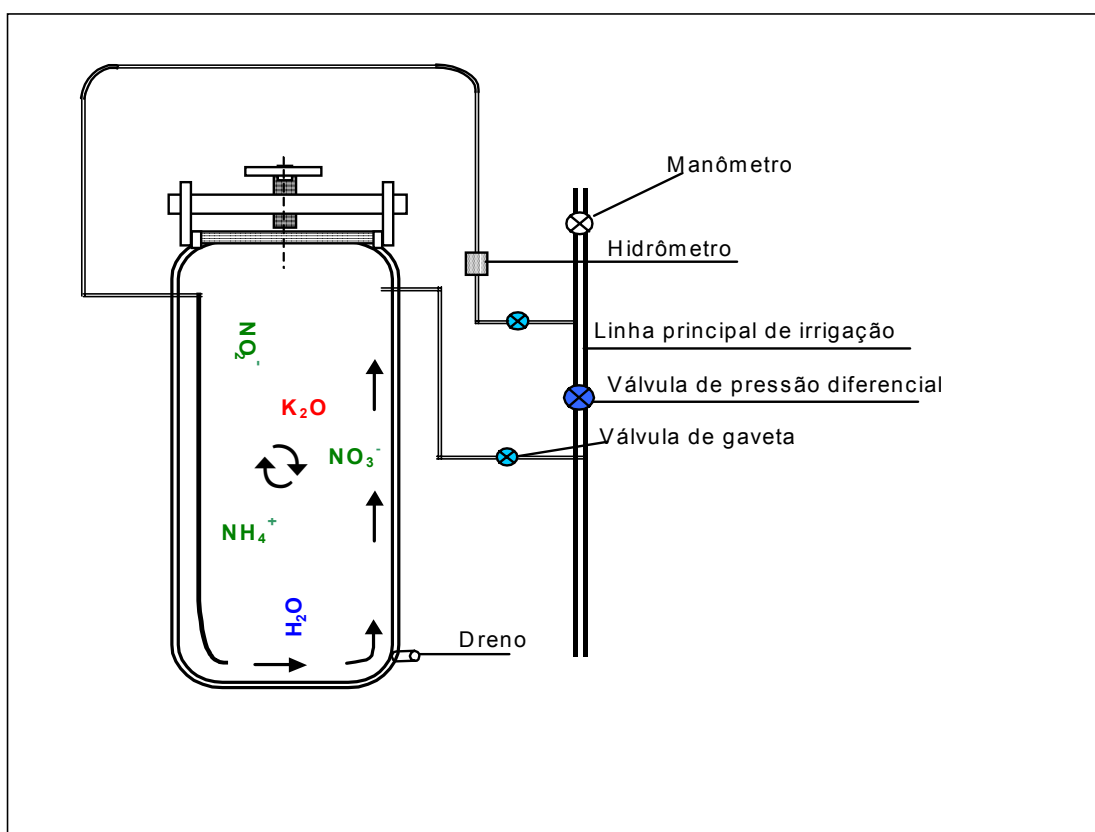


Figura 1. Esquema do tanque pressurizado

Existem também tanques pressurizados que possuem uma bolsa plástica interna e dentro dela estará a solução fertilizante. Neste caso a entrada de água está entre o tanque e a bolsa plástica, que é comprimida expelindo a solução fertilizante

de dentro da bolsa para a conexão de injeção ao sistema. Este modelo não sofre os problemas de corrosão ou diluição do fertilizante, mas tem custo elevado.

5.2. Bombas injetoras

São injetores que trabalham com pressão efetiva positiva aproveitando a própria pressão existente na rede de irrigação com doses e concentrações controladas por meio de mecanismos hidráulicos existentes no corpo da bomba.

O princípio de funcionamento é como o de um "carneiro hidráulico" a pressão da rede de água aciona o movimento de um eixo vertical que comprime um diafragma de borracha para que ocorra a injeção do fertilizante.

Como os produtos utilizados na fertirrigação são normalmente corrosivos as peças da bomba que ficam em contato direto com a solução como os rotores e a carcaça são feitas de material resistente como o aço inoxidável fator que onera muito seu custo. Em razão das bombas centrífugas incorporarem taxas constantes da solução na água de irrigação elas são os injetores mais utilizados embora de custo mais elevados.

Existem no mercado vários tipos de bombas injetoras com capacidade de injeção variando de 10 a 250 L/h e trabalhando nas pressões de serviço variando de 1,8 a 8 kg/cm². O baixo rendimento e a variação da energia podendo variar a rotação do motor trazendo variação direta na quantidade da solução injetada na tubulação de do sistema de irrigação são as principais desvantagens desse sistema. Outro problema é a reduzida vida útil dos diafragmas decorrente da fragilidade dos materiais que são construídos e por trabalhar em contato direto com soluções corrosivas requer limpeza, manutenção e reposição dos diafragmas freqüentemente (NATHAN, 1994) e (BURT et al., 1995).

5.3. 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 conforme fotografias apresentadas na Figura 2.

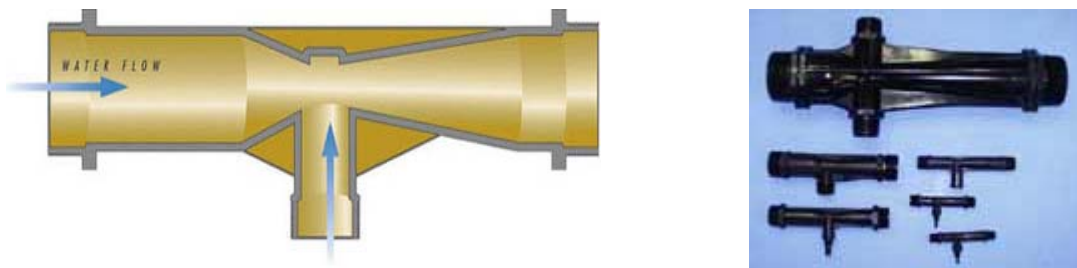


Figura 2. Injetor tipo Venturi.

Possuem uma derivação em "T", instalados em bypass com a linha de água. O venturi baseia-se na mudança brusca da velocidade do fluxo ao atravessar a constrição, causando grande perda de carga neste ponto e criando pressão negativa, após a constrição, que acarretará a sucção do fertilizante através da parte vertical do "T". Os venturis são peças baratas e com grande capacidade de injeção, porém não são muito precisos e requerem "consumo" de pressão extra.

Para sua perfeita funcionabilidade é importante que haja um cálculo preciso do diferencial de pressão entre entrada e saída do venturi. Este diferencial que é da ordem de 40% pode ser criado com o uso de um registro na linha de água entre a entrada e a saída de injeção, diminuindo a pressão de saída, nas situações onde há pressão excedente. Ou então se usando uma bomba "booster" na entrada de injeção, elevando a pressão de entrada, em situações onde a pressão da rede é limitada.

5.4 Local de instalação do injetor em relação ao início da área

A instalação e localização do injetor em relação ao início da área irrigada são importantes na eficiência da Fertirrigação. Os produtos precisam ser injetados antes dos filtros para prevenir problemas de obstruções das tubulações e emissores do sistema de irrigação.

A instalação do injetor em relação à área irrigada ser feita de diferentes formas a exemplo: a) Instalação muito depois da bomba de recalque e próximo ao início das tubulações de distribuição; b) Instalação logo após a bomba de recalque; e c) Instalação intermediária entre a fonte de água e a área irrigada.

A instalação no início da linha distribuição é feita nas grandes áreas irrigadas com apenas um injetor. A inconveniência dessa forma de instalação é a quantidade de tubulações e de equipamentos em contato direto com produtos corrosivos. Outra desvantagem é que estando o injetor instalado distante da área irrigada, qualquer problema no sistema de irrigação ou no injetor pode trazer danos ao sistema pelo tempo necessário para o desligamento da bomba.

5.5. Automação

Com o surgimento de sistemas como o pivô central, microaspersão e, principalmente, gotejamento, associado à escassez de quantidade e qualidade de mão-de-obra e à busca pela eficiência e precisão na aplicação de água e fertilizantes, tem crescido muito nos últimos anos a automação dos sistemas de irrigação.

A automação da irrigação se dá basicamente pela utilização de válvulas acionadas hidráulicamente ou por solenóides, que são abertas e fechadas automaticamente através de comandos previamente estabelecidos em microprocessadores e temporizadores (controladores de irrigação). Estes controladores, por meio de seus programas, permitem uma larga flexibilização de frequências, horários e durações das aplicações de água e fertilizantes, visando atender às condições específicas de cada caso. Além disso, existem controladores de irrigação que armazenam informações sobre quantidades de água e fertilizantes aplicados, por exemplo, que podem ser usadas para o diagnóstico de problemas e para planejamento de futuras aplicações. O processo de fertirrigação também pode ser totalmente automatizado através do uso de bombas dosadoras e tanques de solução-estoque.

VI. ADUBOS UTILIZADOS NA FERTIRRIGAÇÃO

O fertilizante a ser aplicado na água de irrigação deve ser selecionado com base em critérios técnicos, levando-se em consideração as características dos produtos, o sistema de irrigação, as exigências da planta, os atributos do solo, entre outros.

Os fertilizantes podem ser classificados de acordo com diversos critérios. Quando se refere ao uso em irrigação classificam-se em: a) fertilizantes "líquidos": abastecidos nos tanques na forma de solução, sem necessidade de tratamento prévio; b) fertilizantes sólidos facilmente solúveis: devem dissolver-se facilmente antes do início da fertirrigação.

Para se alcançar êxito na fertirrigação deve-se utilizar fontes de alta solubilidade para que, a concentração de nutrientes na solução aplicada seja, de fato, aquela calculada. Outro aspecto importante da solubilidade é que alguns fertilizantes que não apresentam dissolução completa podem causar entupimento nos emissores, principalmente dos gotejadores.

6.1. Fertilizantes nitrogenados

O nitrogênio é o nutriente mais aplicado em fertirrigação, pois o seu parcelamento é recomendado, em razão da sua alta mobilidade no solo, principalmente nos arenosos, do alto índice salino e da baixa exigência inicial das culturas.

Nos fertilizantes, o nitrogênio pode se apresentar em três formas químicas: amoniacal (NH_3 e NH_4^+), nítrica (NO_3^-) e amídica (R-NH_2).

Segundo a forma química do nitrogênio pode-se separar os fertilizantes nitrogenados mais utilizados em: **nítricos**: (nitrato de cálcio – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; nitrato de potássio – KNO_3 ; nitrato de magnésio – $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$; **amoniacais**: DAP – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; MAP – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; sulfato de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; **nítricos-amoniacais**: nitrato de amônio – NO_3NH_4 ; **amídica**: uréia – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; fosfato de uréia – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{H}_3\text{PO}_4$.

Na Tabela 5 são apresentadas as características dos fertilizantes nitrogenados, sendo os mais utilizados a uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e a solução líquida uran.

De modo geral, as fontes nitrogenadas mais empregadas apresentam alta solubilidade, elevado índice salino, alto índice de acidez .

As fontes nitrogenadas, quando adequadamente manejadas, apresentam comportamento similar, podendo diferir em razão da presença de outro nutriente, ou pelo efeito sobre o pH do solo.

TABELA 5. Características dos fertilizantes nitrogenados utilizados na fertirrigação (Frizzone & Botrel, 1994; Vitti et al., 1994).

Fertilizante	Concentração de nutriente (g/kg)	Solubilidade (g/L)	Índice Salino ¹	Índice Acidez/basidade ²
Nitrato de amônio	340 N	1.900	105	+60
Nitrato de cálcio	140 N + 280 Ca	1.200	61	-20
Nitrato de magnésio	110 N + 96 Mg	-	-	Básico
Nitrato de potássio	130 N + 460 K ₂ O	310	-	-115
Sulfato de amônio	200 N + 240 S	730	69	+110
Uréia	450 N	1.000	75	+71
Nitrato de sódio	160 N	730	100	Básico
Uran	320 N	-	-	-
DAP	170 N + 400 P ₂ O ₅	400	34	+88
MAP	110 N + 440 P ₂ O ₅	220	30	+60
MAP + uréia	125 N + 125 P ₂ O ₅	-	-	-
Fosfato de uréia	180 N + 440 P ₂ O ₅	625	-	-

¹ Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO₃) igual a 100.

² +Quantidade de CaCO₃ necessária para neutralizar 100 kg do adubo;
- Quantidade de CaCO₃ "adicionadas" pela aplicação de 100 kg de adubo.

6.2. Fertilizantes fosfatados

Em razão da baixa mobilidade do fósforo (P) no solo e da quase inexistente lixiviação pela água de percolação em solos minerais, a aplicação de fertilizantes fosfatados via água de irrigação é pouco utilizada. Além disso, a maior exigência das culturas na fase inicial de crescimento, a baixa solubilidade da maioria dos adubos

fosfatados e a facilidade de precipitação do nutriente, causando entupimento nos aspersores e gotejadores, restringem o uso desses fertilizantes em fertirrigação.

TABELA 6. Características dos fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação (Vitti et al., 1994).

Fertilizante	Concentração de nutriente (g/kg)	Solubilidade (g/L)	Índice salino ¹
Cloreto de potássio	600 K ₂ O + 480 Cl	340	115
Nitrato de potássio	440 K ₂ O + 140 N	320	31
Sulfato de potássio	520 K ₂ O + 170 S	110	46
Nitrato de sódio e potássio	140 K ₂ O + 140 N	-	31
MKP	340 K ₂ O + 520 P ₂ O ₅	-	-
Sulfato de potássio e magnésio (K-Mag)	220 K ₂ O + 220 S + 110 Mg	290	43

¹Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO₃) igual a 100.

No entanto, podem ser utilizados o MAP, o DAP, o fosfato de uréia (Tabela 5) e o MKP (Tabela 6), bem como o ácido fosfórico (460 a 760 g de P₂O₅/L). Este, apesar do risco de corrosão em condutos metálicos, é empregado também para desentupir e desencrustar os emissores (50 ml/50 litros de água para 500 m de mangueira). Existem no mercado fertilizantes fluidos em forma de suspensão coloidal (10-30-00) e misturas em suspensão (3-15-10), mas apresentam custos mais elevados do que as fontes convencionais. Na forma líquida são encontrados o MAP + DAP (240 g de P₂O₅/L), MAP + nitrato de amônio + cloreto de potássio (100 g de P₂O₅/L) e o MAP + uréia (125 g de P₂O₅/L).

6.3. Fertilizantes potássicos

A aplicação de potássio via água de irrigação é bastante viável, em razão da alta solubilidade da maioria dos fertilizantes potássicos (Tabela 6). Além disso,

devido à mobilidade no solo, principalmente nos mais arenosos, quantidades menores devem ser aplicadas em cada parcelamento, diminuindo as perdas desse nutriente por lixiviação.

O emprego do sulfato de potássio pode levar à precipitação como sulfato de cálcio, além de, devido à sua menor solubilidade, haver necessidade de aquecimento da água para aumentar a solubilização.

6.4. Fertilizantes contendo cálcio, magnésio e enxofre

Normalmente, o suprimento de cálcio e magnésio às plantas é feito por meio da calagem, com a aplicação de calcário dolomítico ou calcítico. A aplicação de cálcio (Ca) via água de irrigação é limitante pois favorece a formação de precipitados, por exemplo, de sulfato de cálcio. Em caso de se optar pela aplicação de Ca, a melhor fonte é o nitrato de cálcio (Tabela 5). Existe também o cloreto de cálcio pentahidratado, com solubilidade de 670 g/L de água.

O magnésio pode ser suprido via água de irrigação na forma de sulfato de magnésio (90 g/kg de Mg e 120-140 g/kg de S), pois apresenta alta solubilidade (710 g/L). Existe também o nitrato de magnésio (Tabela 1). e o sulfato de potássio e magnésio (Tabela 6).

Quanto ao enxofre (SO_4^{--}), apresenta alta mobilidade no solo, como o nitrogênio, além de existirem fontes solúveis com esse nutriente. De maneira geral, o fornecimento desse nutriente é feito por meio de fertilizantes carreadores de macronutrientes primários, secundários e micronutrientes. O sulfato de amônio (Tabela 5) é a fonte mais empregada. O sulfato de potássio (Tabela 6) também é muito utilizado em algumas culturas. Na forma de fertilizante fluido existe a fórmula 20-00-00 + 4% S (sulfuran), que é obtida pela adição de sulfato de amônio ao uran.

6.5. Fertilizantes com micronutrientes

Os micronutrientes podem ser encontrados na forma de sais e quelatos (Tabela 7). Para aplicação de micronutrientes via água de irrigação deve-se considerar a solubilidade, compatibilidade e a mobilidade do fertilizante no solo.

TABELA 7. Características dos fertilizantes contendo micronutrientes utilizados na fertirrigação (Vitti et al., 1994; Villas Bôas et al., 1999).

Fertilizante	Concentração de nutriente (g/kg)	Solubilidade (g/L)
Sulfato de cobre	250 Cu	220
Sulfato de Cu pentahidratado	-	240
Sulfato de manganês	280 Mn	1.050
Sulfato Mn trihidratado	270 Mn	7.420
Molibdato de sódio	390 Mo	560
Molibdato de amônio	480 Mo	400
Sulfato de zinco	220 Zn	750
Ácido bórico	160 B	50
Solubor ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	209 B	95 (32 a 50°C)
Bórax	110 B	50
Sulfato de ferro	190 Fe	240
Sulfato ferroso	-	330
Quelatos (Fe, Cu, Mn e Zn)	-	Alta
EDTA, DTPA		

6.6. Compatibilidade dos fertilizantes

A compatibilidade entre os fertilizantes, bem como com os íons da água de irrigação, deve ser considerada, a fim de se evitar a formação de precipitados. Na tabela 8 é apresentada a compatibilidade entre os fertilizantes. Como regra geral, o íon sulfato é incompatível com cálcio, e os fosfatos, com cálcio e magnésio. Do mesmo modo, águas ricas em cálcio e magnésio podem formar compostos insolúveis com fósforo e sulfato. A aplicação de fertilizantes incompatíveis (por exemplo, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, K_2SO_4) devem ser feitas a partir de tanques independentes ou aplicados em momentos diferentes, de modo que não haja contato entre as soluções concentradas desses fertilizantes.

Cloreto de Potássio (CK)								SR	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato de Potássio (SK)									C	SR	C	SR	C	SR	C
Fosfatos de Amônio (FA)										I	SR	I	C	C	C
Fe,Zn,Cu e Mn Sulfato (MS)											C	C	I	C	C
Fe,Zn,Cu e Mn Quelato (MQ)												C	SR	C	I
Sulfato de Magnésio (SM)													C	C	C
Ácido Fosfórico (AF)														C	C
Ácido Sulfúrico (AS)															C
Ácido Nítrico (AN)															

¹C = compatível; SR = solubilidade reduzida; I = incompatível

6.8. Salinização

Um dos grandes riscos, em fertirrigação, dada a natureza intensiva da atividade, é o processo de salinização principalmente se o solo já contém elevado teor de sais solúveis. Aplicações excessivas de fertilizantes, utilização de água salina e o formato do bulbo molhado em gotejamento, fazem com que haja acúmulo de sais na superfície do solo e na periferia do bulbo. Em cultivo protegido, com características mais intensivas de utilização do solo, a aplicação de fertilizantes e o manejo do solo e da irrigação devem ser realizados de forma adequada afim de evitar acúmulo excessivo e prejudicial de sais.

A condição ideal seria a aplicação freqüente de nutrientes na zona radicular, em taxas equivalentes à absorção dos mesmos pelas plantas. Com isso, a eficiência do uso de nutrientes seria maximizada, a quantidade aplicada seria reduzida e o acúmulo de sais na periferia do bulbo e as perdas de nutrientes solúveis por lixiviação poderiam ser minimizadas. Desta maneira, taxas de absorção de nutrientes devem ser determinadas para as cultivares e condições específicas.

O problema da salinização do solo é mais sério em clima semi-árido e cultivos protegidos pela ausência de chuvas para lixiviação dos sais, pois uma forma de controle da salinização é a lixiviação dos sais para fora do alcance do sistema radicular que pode ser conseguido com aplicação de uma elevada lâmina de água de irrigação (aspersão ou microirrigação) ou de chuva, ou o cultivo de plantas tolerantes (aveia, beterraba, etc.,) que absorvem grandes quantidades de sais.

VII. Monitoramento da fertirrigação

O monitoramento da fertirrigação deve ser feito para avaliar o manejo em si, com base nos impactos causados no solo que possam influenciar o desenvolvimento das plantas, que deve envolver o acompanhamento da aplicação dos fertilizantes observando a concentração da solução injetada, concentração da solução final na saída dos emissores, uniformidade de distribuição ao longo da área e distribuição dos nutrientes no perfil do solo.

O acompanhamento da concentração da solução injetada, e na saída dos emissores deve ser feito com amostragens coletadas durante a aplicação e medindo a condutividade elétrica (CE) com um condutivímetro portátil, observando, além da uniformidade, se esses valores não estão muito diferentes do planejado.

Em cultivos com fertirrigação, é muito importante realizar o acompanhamento da dinâmica ou distribuição dos nutrientes no perfil do solo. Esta prática permite estabelecer ou ajustar a aplicação adequada dos fertilizantes e o manejo da água de irrigação, além de poder prevenir danos ambientais, como a salinização dos solos e a contaminação do lençol subterrâneo e de fontes de água superficiais.

Esse acompanhamento pode ser feito através de amostragens do solo e posterior determinação da condutividade elétrica e concentração de íons, que utiliza o extrato de saturação do solo ou por amostragens de solução do solo, pela utilização de extratores de solução do solo. Os extratores são confeccionados com cápsulas porosas sendo de fácil manuseio (Figura 3).

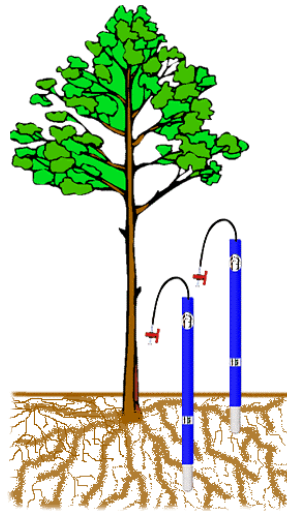


Figura 3. Extratores de solução do solo instalados a diferentes profundidades

Além dos extratores de solução, podem-se utilizar também sensores de condutividade elétrica e de pH para fazer o monitoramento da distribuição de nutrientes e da variação de acidez no perfil do solo. Esses sensores são instalados no solo na profundidade desejada e, por meio de visor de leituras, pode-se acompanhar freqüentemente as variações da condutividade elétrica e do pH da solução do solo.

VIII. Exemplo de adubação do melão por fertirrigação

Adubação via fertirrigação de uma área com 1,8 ha, dividida em quatro setores de igual tamanho, todos cultivados com melão. A irrigação é realizada por gotejamento. A injeção de fertilizantes é realizada na entrada de cada setor.

As doses de fertilizantes recomendadas, de acordo com a análise de solo, são 90 kg/ha de N, 40 kg/ha de P_2O_5 e 40 kg/ha de K_2O . Os fertilizantes disponíveis são: Uréia (45% de N), MAP (10% N, 48% P_2O_5) e Cloreto de Potássio (60% de K_2O)

Doses recomendadas pela anál. de solo (kg/ha)		Quantidades de adubo por 1,8 ha (em kg)		Quantidades de adubo por setor (kg/setor)	
N	90	MAP	150	MAP	37,5
P_2O_5	40	Uréia	326,7	Uréia	81,7
K_2O	40	Cloreto de potássio	120	Cloreto de potássio	30,0

Manejo da fertirrigação - 3 vezes por semana

- MAP: 3 a 21 dias após a germinação
- Uréia: 3 a 21 dias após a germinação; 28 a 42 dias após a germinação
- Cloreto de potássio: 3 a 21 dias após a germinação; 28 a 55 dias após a germinação

Cronograma de distribuição dos fertilizantes:

Período	Aplicações	Fertilizantes (kg/setor)		
		MAP	Uréia	Cloreto de Potássio
1ª semana	1ª	4,2	4,5	1,0
	2ª	4,2	4,5	1,0
	3ª	4,2	4,5	1,0
2ª semana	1ª	4,2	4,5	1,0
	2ª	4,2	4,5	1,0
	3ª	4,2	4,5	1,0
3ª semana	1ª	4,2	4,5	1,0
	2ª	4,2	4,5	1,0
	3ª	4,2	4,5	1,0
4ª semana	1ª	-	-	-
	2ª	-	-	-
	3ª	-	-	-
5ª semana	1ª		6,9	1,8
	2ª		6,9	1,8
	3ª		6,9	1,8
6ª semana	1ª		6,9	1,8
	2ª		6,9	1,8
	3ª		6,9	1,8
7ª semana	1ª			1,8
	2ª			1,8
	3ª			1,8
8ª semana	1ª			1,8
	2ª			1,8
	3ª			1,8

IX. BIBLIOGRAFIA

BURT, C., O'CONNOR, K., RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, Irrigation Training and Research Center 1995. 295p.

F.A.O. **Riego localizado**. Roma. 1986. 203 p. Riego y Drenaje, nº 36.

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 em Irrigação e Drenagem).

FEITOSA FILHO, J. C. Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão com uso de injetores tipo Venturi e tanque de derivação. 1990. 77 p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Viçosa.

FEITOSA FILHO, J. C., LOPES , W. F., CAVALCANTE, L. F., SILVA, I. F. da., LOPES, W. F., LEITE JÚNIOR, G. P., PINTO, J. M. Desenvolvimento e avaliação de um filtro de areia confeccionado em material de baixo custo para uso em irrigação localizada. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29. Fortaleza, 2000. **Anais...**Fortaleza: SBEA, 2000. Trab. EAS 264.

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, p.68-82, 1999

FEITOSA FILHO, J.C.; BOTREL, T.A.; PINTO, J.M. Influência das formas de instalação no desempenho de injetores tipo Venturi utilizados na quimigação. Murcia, 1997. **Actas de Horticulura**, n.19.v.1. p. 443-449. 1997/Apresentado ao 1. Congreso Iberico de Fertirrigacion, 3. Congreso Nacional de Fertirrigacion, Murcia,1997b.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. ed. **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.227-260.

NATHAN, R. **La fertilizacion combinada con el riego-fertiriego**. Tel-Aviv: Ministerio de Agricultura de Israel, 1994, 55 p.

PIZARRO, F. **Riego localizados de alta frecuencia**. Madrid: Mundi-prensa, 1987, 461 p.

VILLAS BOAS, R. L., BULL, L. T., FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. coord. **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999, p. 293-319.

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, A.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. ed. **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.283-308.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigacion**. Madrid: Mundi-Prensa. 1996, 233 p.