

Capítulo 7

Fertilizantes para fertirrigação

Ana Lúcia Borges
Davi José Silva

Introdução

A escolha do fertilizante a ser aplicado na água de irrigação deve ser feita após avaliação das características dos produtos, para que sua utilização seja adequada ao sistema de irrigação, à exigência da planta, ao solo, etc.

As fontes de fertilizantes empregadas devem apresentar alta solubilidade para que a concentração final do nutriente na solução seja, de fato, a calculada, como também para não causar entupimentos dos emissores, principalmente dos gotejadores. A temperatura da água e a pureza do fertilizante interferem na sua solubilidade.

Formas de fertilizantes

Os fertilizantes empregados via água de irrigação podem ser sólidos ou líquidos (fluidos). Os fertilizantes líquidos apresentam-se na forma de soluções claras, soluções coloidais e misturas em suspensão.

Fertilizantes sólidos

Os fertilizantes sólidos aplicados via água de irrigação devem ser altamente solúveis. Os nitrogenados são os mais solúveis, notadamente aqueles na forma de nitrato (Tabela 1). Apresentam-se de quatro formas: nítrica, amoniacal, nítrica-amoniacal e amídica. São solúveis em água e adequados à fertirrigação, incluindo em sistemas por gotejamento.

As fontes potássicas sólidas são bastante utilizadas via água de irrigação, principalmente o cloreto e o nitrato, pois apresentam maior solubilidade (Tabela 2). A aplicação do cloreto de potássio requer cuidados, principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento. O KCl vermelho, além de fornecer ferro ao solo em teores que podem ser excessivos à cultura, pode precipitar, formando crostas nas paredes internas da tubulação de irrigação e provocar obstruções nos gotejadores. Por sua vez, o KCl branco não fornece ferro ao solo; contudo, como contém alumínio (Al), pode ser tóxico à planta.

As fontes fosfatadas são pouco utilizadas via água de irrigação em razão da baixa solubilidade e, caso a água seja rica em cálcio, causará precipitação de fosfato de cálcio dentro da tubulação, entupindo principalmente os gotejadores.

Tabela 1. Características dos fertilizantes nitrogenados utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (g kg ⁻¹)		Solubilidade (g L ⁻¹) a 20 °C	Índice salino ⁽¹⁾	Índice salino/unidade ⁽²⁾	Índice de acidez/basicidade ⁽³⁾
	N	Outros				
Nitrato de amônio	340	-	1.900	105	3,28	60
Nitrato de cálcio	140	280 de Ca	1.200	61	4,07	Básico
Nitrato de magnésio	70–110	100–160 de MgO	-	-	-	Básico
Nitrato de potássio	130	460 de K ₂ O	310	74	1,30	Básico
Sulfato de amônio	200	240 de S	730	69	3,45	110
Ureia	450	-	1.000	75	1,70	71
Nitrato de sódio	160	-	730	100	6,25	Básico
Uran	320	-	-	-	-	-
DAP	170	400 de P ₂ O ₅	400	34	0,56	88
MAP	110	440–600 de P ₂ O ₅	220	30	0,53	60
MAP + ureia	125	125 de P ₂ O ₅	-	-	-	-
Magnitra-L	70	100 de MgO	-	-	-	-

⁽¹⁾ Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO₃) considerado como 100.

⁽²⁾ Índice salino dividido pelo teor de N no fertilizante x 10.

⁽³⁾ Quantidade de CaCO₃ necessária para neutralizar 100 kg do adubo.

Fonte: Frizzone e Botrel (1994) e Vitti et al. (1994).

Tabela 2. Características dos fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (g kg ⁻¹)		Solubilidade (g L ⁻¹) a 20 °C	Índice salino ⁽¹⁾	Índice salino/unidade ⁽²⁾	Índice de acidez/basicidade ⁽³⁾
	K ₂ O	Outros				
Cloreto de potássio	600	480 de Cl	340	115	1,98	Neutro
Nitrato de potássio	440	140 de N	320	74	1,30	Básico
Sulfato de potássio	520	170 de S	110	46	0,96	Neutro
Nitrato de sódio e potássio	140	140 de N	-	31	-	Básico
Sulfato de potássio e magnésio (K-Mg)	220	220 de S +110 de Mg	290	43	-	-
MKP	340	520 de P ₂ O ₅	-	-	-	-

⁽¹⁾ Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO₃) considerado como 100.

⁽²⁾ Índice salino dividido pelo teor de K₂O no fertilizante x 10.

Fonte: Coelho (1994) e Vitti et al. (1994).

Fertilizantes líquidos

Soluções claras

As soluções claras são denominadas soluções puras ou perfeitas, e podem ser empregadas tanto na fertirrigação por aspersão, quanto por gotejamento. As soluções nitrogenadas são as mais comuns, entre as quais se destacam a mistura de nitrato de amônio e ureia, que forma o uran ($320 \text{ g de N L}^{-1}$). Essa solução possui o nitrogênio em formas mais estáveis (amídica, nítrica e amoniacal), com menor possibilidade de perda por volatilização.

A inclusão de micronutrientes nas soluções claras pode ser feita desde que permaneçam em solução e confirmam estabilidade à formulação.

Soluções coloidais

As soluções coloidais são soluções líquidas compostas, obtidas pela reação do ácido fosfórico com amônia. Apresentam consistência espessa e uma viscosidade alta, e podem ser enriquecidas com nitrogênio e potássio. São muito utilizadas na fertirrigação em alguns países, como Israel.

No Brasil, existem suspensões coloidais pela reação do ácido ortofosfórico com a amônia anidra, por exemplo: 6-30-00 (cor amarelada, pH 6,2 a 6,8) e 10-30-00 (cor branca, pH 3,5 a 4,5). Podem ser empregadas diretamente na fertirrigação ou utilizadas como matéria-prima para a produção de formulações NPK fluidas com uran ou cloreto de potássio.

Misturas em suspensão

É uma mistura a frio, sem reação química, obtida a partir das formulações fluidas (32-00-00, 10-30-00 e 6-30-00) em conjunto com cloreto de potássio. A maior parte do potássio é mantida em suspensão pela adição de argilas (atapulgita ou bentonita).

A mistura em suspensão pode ser usada em sistema de fertirrigação por aspersão, desde que se mantenha a solução em constante agitação. Contudo, não deve ser utilizada nos sistemas por gotejamento visto que pode causar entupimento dos emissores de água.

Compatibilidade entre os fertilizantes

A compatibilidade entre os fertilizantes, bem como entre os íons da água de irrigação, deve ser considerada a fim de que se evite a formação de precipitados.

Caso haja incompatibilidade entre os íons (por exemplo, o sulfato é incompatível com o cálcio, e os fosfatos com o cálcio e o magnésio), recomenda-se a aplicação alternada dos fertilizantes isoladamente, num ciclo de 4 dias, com fertirrigação diária. Além disso, águas naturalmente ricas em Ca e Mg (conhecidas como “águas duras”) podem formar compostos insolúveis com fosfato e sulfato.

Cuidados devem ser tomados com a mistura entre cloreto de potássio e outra fonte que contenha sulfato. Essa mistura poderá diminuir a solubilidade do K, levando à formação de K_2SO_4 , que apresenta solubilidade três vezes menor que o KCl.

Poder de corrosão dos fertilizantes

O poder de corrosão dos fertilizantes é variável e pode afetar os equipamentos de fertirrigação. Equipamentos de alumínio sofrem maior ação de soluções alcalinas e do ácido fosfórico; no entanto, o aço inoxidável não é atacado. Os materiais plásticos são mais resistentes que os metais.

Na Tabela 3, apresenta-se a corrosão relativa de alguns fertilizantes dissolvidos em água em relação a diversos materiais. Verifica-se que o sulfato de amônio, o ácido fosfórico e o fosfato diamônico (DAP) são os mais corrosivos. A ureia é o fertilizante nitrogenado menos corrosivo. A lavagem do sistema de irrigação com água pura por aproximadamente 30 minutos minimiza os riscos de corrosão.

Solubilidade dos fertilizantes

Os fertilizantes utilizados em fertirrigação devem apresentar alta solubilidade, seja para não causar entupimento dos emissores, seja para garantir a concentração da solução.

Nas Tabelas 1, 2 e 4, apresentam-se as solubilidades dos fertilizantes mais utilizados na fertirrigação.

Dois fatores interferem na solubilidade dos fertilizantes: a temperatura da água e a pureza do fertilizante.

Tabela 3. Corrosão relativa dos fertilizantes dissolvidos na água em relação a diversos metais⁽¹⁾.

Fertilizante	pH	Alumínio	Cobre	Bronze	Aço	Aço galvanizado	Aço inoxidável
Ureia (solução)	8,0	C	SC	C	SC	SC	SC
Nitrato de amônio	7,0	BC	BC	BC	BC	BC	BC
Ureia-nitrato de amônio	8,0	C	C	C	C	BC	SC
Amônia líquida	9,0	SC	BC	BC	SC	SC	SC
Sulfato de amônio	5,0	BC	MC	MC	MC	MC	MC
Nitrato de cálcio	5,0	SC	BC	BC	BC	C	SC
Nitrato de sódio	8,0	C	SC	SC	BC	BC	SC
Ácido fosfórico	1,0	MC	MC	MC	MC	MC	SC
Fosfato diamônico (DAP)	6,0	MC	MC	MC	-	-	BC
Polifosfato de amônio	6,0	C	BC	BC	SC	BC	SC

⁽¹⁾ SC = sem corrosividade; BC = baixa corrosividade; C = corrosividade a elevada concentração; MC = muito corrosivo.

A temperatura da água deve estar em torno de 20 °C. Em temperaturas mais baixas, principalmente no inverno, menor quantidade do fertilizante será solubilizada. Para fertilizantes de baixa solubilidade, a exemplo do bórax, recomenda-se aquecer a água, fazendo-se a mistura posteriormente.

O grau de pureza do fertilizante é importante para a sua solubilidade. Fertilizantes que contêm condicionadores, óleo ou parafina, argilas e outras impurezas, como o óxido de ferro no cloreto de potássio vermelho, têm sua solubilidade reduzida e devem ser evitados na fertirrigação.

Tabela 4. Características dos fertilizantes com micronutrientes utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)	Solubilidade (g L ⁻¹)
Sulfato de cobre	250 de Cu	220
Sulfato de manganês	280 de Mn	1.050
Sulfato manganoso (MnSO ₄ ·3H ₂ O)	270 de Mn	7.42
Molibdato de sódio	390 de Mo	560

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Fertilizante	Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)	Solubilidade (g L ⁻¹)
Molibdato de amônio	480 de Mo	400
Sulfato de zinco	220 de Zn	750
Quelato de zinco (Na ₂ ZnEDTA)	140 de Zn	-
Ácido bórico	160 de B	50
Bórax	110 de B	50
Solubor [(Na ₂ B ₈)O ₁₃ ·4H ₂ O]	200 de B	220
Sulfato de ferro	190 de Fe	240
Tenso TM Fe	60 de Fe	Alta
Quelato de Fe (NaFeEDDHA)	60 de Fe	140
Hydroplus TM Micro	30 de B + 120 de Cu + 38 de Fe-EDTA + 32 de Fe-DTPA + 120 de Mn + 41 de Mo + 140 de Zn	-
Tenso Cocktail	5,2 de B + 25,7 de Ca-EDTA + 5,3 de Cu- EDTA + 21 de Fe-EDTA + 17,4 de Fe-DTPA + 25,7 de Mn-EDTA + 1,3 de Mo + 5,3 de Zn-EDTA	Alta

Fonte: Villas Boas et al. (1994) e Vitti et al. (1994).

Salinidade dos fertilizantes

Os índices salinos de alguns fertilizantes são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Alguns problemas de salinidade podem surgir em razão do manejo inadequado do fertilizante, da quantidade aplicada, da sua escolha e da qualidade da água de irrigação. Nas regiões áridas, em razão da baixa lixiviação dos sais no solo, os níveis desses sais tornam-se mais elevados do que nas regiões chuvosas, por isso deve-se ter o cuidado para não ocorrer salinização dos solos.

Ressalta-se que, à medida que os sais se acumulam no solo, as raízes apresentam maior dificuldade para absorver água. Existe tolerância diferenciada a sais entre as plantas; no entanto, grande parte das fruteiras é bastante sensível.

Acidificação dos fertilizantes

O efeito no pH do solo pode ser observado por meio do caráter ácido ou básico dos fertilizantes. Isso se deve à própria natureza química dos componentes, capa-

zes de doar ou receber prótons, ou a reações secundárias, que ocorrem com os produtos de dissociação desses componentes no solo.

O emprego de fontes que tenham caráter ácido, no caso dos nitrogenados (Tabela 1), principalmente em fertirrigação por gotejamento, em que o fertilizante encontra-se em zona restrita de solo molhado, gera um efeito de acidificação mais intenso e pode promover a redução do pH em um único ciclo da cultura.

Tipos de fertilizantes

Fertilizantes nitrogenados

O nitrogênio é o nutriente mais aplicado em fertirrigação, pois o seu parcelamento é recomendado em razão dos seguintes aspectos: alta mobilidade no solo (principalmente nos arenosos), alto índice salino dos adubos que o contêm e baixa exigência inicial das culturas.

Nos fertilizantes, o nitrogênio pode apresentar-se segundo as formas químicas (Tabela 1): nítrica [nitrito de cálcio – $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$, nitrito de potássio – KNO_2 e nitrito de magnésio – $\text{Mg}(\text{NO}_2)_2$]; amoniacal [DAP – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, MAP – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ e sulfato de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]; nítrica-amoniacal (nitrito de amônio – NH_4NO_2); amídica [ureia – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$].

O nitrogênio amoniacal, após ser absorvido pela raiz ou sofrer oxidação biológica no processo de nitrificação, tem como resultado a acidificação do solo. Para manter o equilíbrio elétrico ao absorver o nitrogênio na forma nítrica, a planta libera na rizosfera hidroxilas e ácidos carbônicos que provocam alcalinização no solo. De forma sucinta, as fontes nitrogenadas têm efeito alcalino ou ácido, conforme segue: NO_3^- = efeito alcalino, NH_4^+ = efeito ácido, NH_4NO_3 = efeito ácido, e ureia (NH_2) = efeito ácido.

Os fertilizantes nitrogenados mais utilizados são a ureia, o sulfato de amônio, o nitrito 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 e, muitas vezes, ausência de macronutrientes secundários. A ureia, que é a fonte mais empregada em razão do menor preço, apresenta menor índice salino/unidade do nutriente entre as fontes mais empregadas. O sulfato de amônio, apesar do macronutriente secundário (S),

conta com índice salino superior ao do nitrato de amônio e maior potencial para acidificar o solo (Tabela 1).

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, bem como a baixa solubilidade da maioria dos adubos fosfatados e a facilidade de precipitação do nutriente, que causam entupimento dos microaspersores e gotejadores, restringem o uso desses fertilizantes em fertirrigação.

A adubação fosfatada apresenta efeito residual de longa duração, pois o P não se move a longas distâncias de onde é colocado, e a movimentação do nutriente no perfil do solo é pequena, até mesmo em solos mais arenosos. Contudo, em solo arenoso, já foi observada movimentação de P em até 18 cm de profundidade com a fertirrigação em cultura de ciclo curto. Apesar da baixa mobilidade de P, fatores como a textura do solo, a taxa de aplicação e a quantidade de água aplicada afetam o seu movimento.

A irrigação por gotejamento pode aumentar o movimento de P no solo de cinco a dez vezes, se comparada à aplicação via solo. O movimento é maior daquela forma porque uma maior concentração em uma faixa estreita do solo satura os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação do fertilizante. O movimento de P no solo aumenta com a sua taxa de aplicação e também com o raio de molhamento.

Os fertilizantes fosfatados mais utilizados via água de irrigação são o MAP, o DAP (Tabela 1), o MKP (Tabela 2) e o ácido fosfórico (460 g a 760 g de P_2O_5 L^{-1}). Este último, apesar do risco de corrosão em condutos metálicos, é empregado também para desentupir e desencrostar os emissores (50 mL em 50 L 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 esses apresentam custos mais elevados do que as fontes convencionais. Na forma líquida, os seguintes tipos são encontrados: MAP + DAP (240 g de P_2O_5 L^{-1}), MAP + nitrato de amônio + cloreto de potássio (100 g de P_2O_5 L^{-1}) e o MAP + ureia (125 g de P_2O_5 L^{-1}).

Quando se aplicam fontes de fósforo via fertirrigação, existe um alto risco de precipitação de fosfatos, como fosfato tricálcico, se as águas contiverem Ca e o pH for

superior a 6,5. Portanto, deve haver critério no que diz respeito à escolha da fonte e a sua concentração na água de irrigação.

Se a água é ácida, não há limitação para o uso do DAP; porém, caso haja Ca e o pH seja superior a 7,0, deve-se utilizar o MAP, que tem efeito acidificante, o que leva à redução do pH. Outra possibilidade é o uso do ácido fosfórico concentrado. A quantidade aplicada deve ser suficiente para reduzir o pH, mas há um limite para que não produza corrosão em peças metálicas da rede.

Fertilizantes potássicos

A aplicação de potássio via água de irrigação é bastante viável em razão da alta solubilidade da maioria dos fertilizantes (Tabela 2). Além disso, em virtude da mobilidade no solo, principalmente nos mais arenosos, quantidades menores do nutriente devem ser aplicadas em cada parcelamento, a fim de diminuir as perdas por lixiviação.

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

O cloreto de potássio (KCl) é a fonte mais utilizada por ser mais barata por unidade de K_2O e apresentar maior solubilidade. O sulfato de potássio, apesar do baixo potencial salino por unidade de K_2O , entre as fontes citadas, é a que apresenta a mais baixa solubilidade. O nitrato de potássio tem sido utilizado por apresentar alta solubilidade e potencial salino inferior ao do KCl (Tabela 2).

Fertilizantes com cálcio, magnésio e enxofre

Normalmente, para suprir as plantas de cálcio e magnésio utiliza-se a calagem, por meio da aplicação de calcário dolomítico ou calcítico.

O cálcio (Ca) aplicado via água de irrigação é limitante, pois favorece a formação de precipitados, como os de sulfato de cálcio, por isso seu uso deve ser restringido ao mínimo possível. Em caso de se optar por sua aplicação, a melhor fonte é o nitrato de cálcio (Tabela 1). Existe também o cloreto de cálcio pentaidratado, com solubilidade de 670 g L^{-1} de água e as formas quelatizadas. No caso do uso do nitrato de cálcio, recomenda-se adicionar ácido nítrico concentrado à base de $0,3 \text{ L kg}^{-1}$ de nitrato de cálcio quando o pH da água de irrigação for superior a 6,5.

O magnésio pode ser suprido via água de irrigação, na forma de sulfato de magnésio (90 g a 160 g de Mg kg⁻¹ e 120 g a 140 g de S kg⁻¹), pois apresenta alta solubilidade (710 g L⁻¹ de água). Existem também o nitrato de magnésio, a magnitra-L (Tabela 1) e o sulfato de potássio e magnésio (Tabela 2).

O enxofre (SO₄⁻) apresenta alta mobilidade no solo, como o nitrogênio, e existem fontes solúveis para sua aplicação via fertirrigação. De maneira geral, o fornecimento desse nutriente é feito por meio de fertilizantes carreadores de macronutrientes primários (N, P e K). O sulfato de amônio (Tabela 1) e o sulfato de potássio (Tabela 2) são as fontes mais empregadas. 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.

Fertilizantes com micronutrientes

Para aplicação de micronutrientes via água de irrigação, deve-se considerar a solubilidade, a compatibilidade e a mobilidade do fertilizante no solo. Os micronutrientes podem ser encontrados na forma de sais e quelatos (Tabela 4).

Micronutrientes como o Zn, Fe, Cu e Mn podem reagir com sais da água de irrigação e causar precipitação e entupimento. Por isso, em muitos casos, esses micronutrientes são aplicados como quelatos, que são facilmente solúveis e causam poucos problemas de precipitação e entupimento. Pode, no entanto, haver incompatibilidade com fosfato de amônio e nitrato de cálcio.

Referências

- COELHO, A. M. Fertirrigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 201-227.
- 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.
- VILLAS BOAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; VITTI, G. C. Aspectos da fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 283-308.
- VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluidos**. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 262-281.