

Utilização de Biotech® para prevenção do entupimento de gotejadores

Kaio Golçalves de Lima Dias

Universidade Federal de Lavras, kaiogld@hotmail.com

Thiago Henrique Pereira Reis

Universidade Federal de Lavras, thiagohpreis@yahoo.com.br

Francisco Dias Nogueira

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, fdnogueira@epamig.ufla.br

Maria Juliana Lasmara

Universidade Federal de Lavras, jujulasm@hotmail.com

Cesar Henrique Caputo de Oliveira

Universidade Federal de Lavras, cesar_caputo@yahoo.com.br

Paulo Tácito Gontijo Guimarães

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, paulotgg@epamig.ufla.br

Resumo

Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a ação do BIOTECH® (ácido cítrico 10^{-3} M + complexo enzimático) na prevenção de entupimentos em gotejadores em sistema de fertirrigação. O experimento foi instalado em blocos casualizados num fatorial 8×4 com seis repetições sendo oito tratamentos, com soluções que continham ou não BIOTECH® misturados com alguns fertilizantes utilizados em fertirrigação e quatro períodos de avaliação da vazão dos tubogotejadores. As soluções fluíram sob pressão em tubulação de polietileno dotada de tubogotejadores com a vazão próxima a $1,6 \text{ L h}^{-1}$, espaçados de 0,30 m, sendo cada tratamento composto por seis gotejadores. O fluxo foi cronometrado por 45 minutos, repetidos diariamente por um período de 34 semanas, subdividido em quatro períodos de avaliação. Durante as simulações de irrigação as precipitações químicas ocorreram gradualmente, modificando os coeficientes de variação de vazão e as uniformidades de distribuição dos tubogotejadores sendo possível concluir que o BIOTECH® minimizou a redução da vazão causada por entupimento, mas não impediu a obstrução total dos tubogotejadores pelas soluções indutoras de precipitação.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos; Enzimas; Precipitação; Gotejamento.

Biotech® application to avoid clogging drippers

Abstract

This paper was conducted to evaluate BIOTECH® (Citric Acid 2.10 M + enzyme complex) action in fertirrigation system clogging prevention. The experiment was carried out in randomized blocks in a 8×4 factorial with six replications and eight solutions treatments containing or not BIOTECH® mixed with some fertilizers used in fertirrigation and four periods of assessment dripping pipes flow. The solutions stream flowed under pressure into polyethylene piping out flowing close to 1.6 L h^{-1} , spaced 0.30 m apart where each treatment contained six drippers. The flow was scheduled for 45 minutes, repeated daily in 34 weeks, divided into four periods. During irrigation simulations the chemical precipitation occurred gradually modifying the variation coefficients of flow rate and the uniformity of drippers distribution being possible to conclude that BIOTECH® minimized flow reduction caused by clogging but did not avoid total drippers obstruction by precipitation inductor solutions.

Keywords: Organic acids; Enzymes; Precipitation; Dripping pipes.

Introdução

Devido ao grande desenvolvimento da irrigação localizada, as empresas que fabricam estes sistemas de irrigação têm aperfeiçoado seus equipamentos e dispositivos de emissão, bem como pesquisado novas tecnologias, sempre tendo como objetivos: facilitar a operação e manejo do sistema para os agricultores; proporcionar maior uniformidade de distribuição de água pelos dispositivos emissores e fazer com que haja uma redução no preço de aquisição do sistema, permitindo assim, a sua utilização por um maior número de agricultores.

Atualmente a irrigação localizada deixou de focalizar exclusivamente a aplicação de água, mas leva em consideração a nutrição completa e alguns tratamentos fitossanitários da planta por meio da irrigação, devido a sua facilidade de aplicação via água junto à zona de concentração das raízes das plantas (Folegatti, 1999). A fertirrigação também se destaca pela economia no uso de fertilizantes, controle da profundidade de sua aplicação, menor incidência de doenças, economia de mão-de-obra, menor trânsito de máquinas na lavoura evitando a compactação do solo, possibilidade de se fazer maior número de parcelamentos das adubações dentre outras vantagens (Alvarenga, 2004).

De um modo geral, a água utilizada pode apresentar problemas de qualidade de natureza biológica, química e física (Vilela et al., 2003). A introdução de nutrientes na água de irrigação favorece o desenvolvimento de microrganismos, aumentando o risco de entupimento dos gotejadores (Pizarro, 1996). O surgimento de colônias de algas e bactérias de até 30 micra em água é bastante comum e em geral conseguem passar pelos filtros e gotejadores, contudo, podem juntar-se a outras colônias ou precipitados, formar aglomerados maiores e causar entupimento dos gotejadores (Alvarenga, 2004). Uma vez o sistema entupido, as alternativas são a troca dos emissores ou a realização de processos de recuperação, que aumentam o custo de manutenção do sistema e, em algumas circunstâncias, podem ser ineficientes (Gilbert et al., 1979). Assim, a prevenção ao aparecimento da obstrução nos emissores e nas linhas de distribuição é a melhor alternativa a ser praticada (Resende, 1999).

A aplicação de ácido inorgânico encontra suporte na publicação de Rainbird (1990), mas os ácidos orgânicos de baixo peso molecular causam menos impacto na reação do solo, sobre sua microbiota e constituem fonte de energia para microrganismos do solo pela facilidade em serem biodegradados. Os ácidos orgânicos possuem a

capacidade de liberar nutrientes e solubilizar precipitados químicos (Hue et al. 1986; Jayarama et al. 1998) devido principalmente à posição dos grupos OH/COOH da principal cadeia carbônica de suas moléculas. Os ácidos mais eficientes para a complexação e desintoxicação do Al são o cítrico, o tartárico, o oxálico e o málico, no grupo de eficiência moderada, destacam-se o malônico e o salicílico e, no grupo baixa eficiência o succínico, o láctico e o fórmico (Huang & Violante, 1986; Miyasaka et al., 1991; Delhaize et al., 1993).

Inoue & Huang (1986) classificaram os ácidos orgânicos de acordo com o peso molecular e sua capacidade de complexação, em função do arranjo dos grupos funcionais carboxílicos, hidroxílicos e fenólicos, sendo:

- a) baixa massa molecular e fraco ou moderado poder de complexação – ácidos aspártico e salicílico;
- b) baixa massa e alto poder de complexação – ácidos málico, cítrico e tartárico; e
- c) alta massa e alto poder de complexação – taninos, ácidos fúlvicos e húmicos.

A maior eficiência do ácido cítrico possivelmente ocorre em razão do mesmo possuir grupos funcionais hidroxilas e carboxilas (Struthers & Sieling, 1950) ligados a dois carbonos adjacentes, e essa posição favorece a formação de estruturas estáveis com ligações cíclicas com o alumínio (Huang & Violante, 1986).

Os fosfatos monovalentes como o ácido fosfórico e MAP são indicados para fertirrigação devido a sua alta solubilidade e forte reação ácida sendo considerados agentes químicos minimizadores dos problemas de obstrução de gotejadores e no caso do MAP fonte de fósforo e nitrogênio (Tisdale et al., 1985). Também, fertilizantes fosfatados possuem facilidade para formação de precipitados com Ca, Al, Fe, entre outros (Novais & Smyth, 1999) em função do pH da solução de fertirrigação.

Sendo assim, torna-se interessante a execução de trabalhos de pesquisa sobre a afinidade química dos produtos veiculados nos tubogotejadores submetidos à fertirrigação permitindo uma avaliação do comportamento dos mesmos neste ambiente. Por esta razão este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a ação do BIOTECH® na prevenção de entupimentos em gotejadores em sistema de fertirrigação por soluções contendo produtos com grande possibilidade para formação de precipitados químicos.

Material e métodos

Realizou-se no Laboratório de Hidráulica (DEG-UFLA) Lavras, MG, latitude de 21°45' S, longitude de 45°00' W,

altitude de aproximadamente 918 metros, classificação climática de Köppen cwa, em temperatura ambiente protegida um experimento para simulação de fertirrigação com produtos químicos de alta solubilidade, baixa solubilidade e não solúveis porém capazes de formar suspensão. A vazão nominal inicial foi de 1,6 L por hora. O experimento foi realizado em blocos casualizados com 8 tratamentos, 4 épocas de avaliação e seis repetições constituindo-se um fatorial 8 x 4. Efetuou-se um teste com misturas de produtos químicos mais água colocados em bombonas plásticas (cor preta) com volume de 50 L, sendo que em seis bombonas adicionou-se um produto comercial denominado BIOTECH® (constituído de 52% de solução de ácido cítrico e mais 48% de um complexo enzimático, líquido, obtido de resíduos vegetais). As bombonas foram colocadas a 5,5 m de altura em relação ao sistema de gotejamento, permanecendo tampadas durante a execução do experimento. A tubulação estendeu-se por de 35 m aproximadamente para alcançar o sistema de gotejamento que continha seis gotejadores inseridos a cada 30 cm no tubo, localizado sob uma área coberta onde coletaram-se as vazões dos gotejadores, para avaliações dos volumes gotejados de cada tratamento (Tabela 1).

O tubo de gotejamento utilizado foi o In-line PC-16mm, 1.6 lph, (Rain Bird) que possui como principais características: autocompensação total entre 0.6 e 4.1 bar, coeficiente de variação de fabricação ($CV \leq 0.04$), auto lavagem durante início e término da irrigação, múltiplas entradas de água no gotejador e alta uniformidade de

emissão.

Todos os produtos constantes da tabela 1 foram colocados em bombonas com 50 L de água aplicados cinco dias por semana com os gotejadores acionados durante 45 minutos dia⁻¹. Após a montagem do experimento mediu-se a vazão pela primeira vez e a partir de então, durante trinta e quatro semanas (238 dias), prosseguiram-se as medições com uma leitura semanal. O pH das soluções dos tratamentos nas bombonas foi monitorado para que a oscilação ficasse entre 6,5 e 9,5 adicionando-se HCl ou NaOH quando necessário para manutenção das características químicas desejadas em cada mistura.

O experimento teve início no verão 03/02/2004 e prosseguiu até na véspera da primavera 20/09/2004 tendo sido conduzido em períodos com temperaturas altas e baixas, próprias do clima tropical. A avaliação da vazão total e monitoramento das obstruções, para os oito tratamentos, durante 238 dias foi subdividida em quatro períodos, assim compreendidos: Período 1 (03/02/2004 a 23/03/2004), 8 semanas de coleta de vazão (1 a 55 dias); Período 2 (30/03/2004 a 18/03/2004), 8 semanas de coleta de vazão (56 a 111 dias); Período 3 (25/05/2004 a 20/07/2004), 8 semanas de coleta de vazão (112 a 167 dias); Período 4 (27/07/2004 a 27/09/2004), 10 semanas de coleta de vazão (168 a 238 dias).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testes de média (Scott-Knott, 5%), para avaliar as diferenças entre os tratamentos. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

Tratamento	Biotech® mL L ⁻¹	MAP mg L ⁻¹	Sulfato ferroso mg L ⁻¹	Cloreto de alumínio mg L ⁻¹	Hidróxido de ferro mg L ⁻¹	Cloreto de potássio mg L ⁻¹	Super fosfato triplo mg L ⁻¹	Super fosfato simples mg L ⁻¹
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	186	10	5	20	-	-	-	-
C	-	10	-	20	5	-	-	-
D	186	10	-	-	5	80	-	-
E	186	-	-	20	5	-	20	-
F	-	-	-	20	5	-	20	-
G	186	-	-	-	5	80	20	-
H	186	-	-	-	5	80	-	20

Tabela 1. Composição química dos tratamentos.

Resultados e discussão

Durante o experimento pôde observar-se que a maior redução de vazão nos tratamentos ocorreu no período final do ensaio (168 a 238 dias), ou seja, na estação do inverno, onde a temperatura média foi de 18,5°C; seguido do período de (112 a 167 dias), medido durante a estação do outono-inverno, quando a temperatura média foi de 16,86°C. Na sequência aparece o intervalo de (56 a 111 dias), onde a temperatura média foi de 20,13°C, medida também na estação outono-inverno e a maior vazão, foi encontrada no período inicial do experimento (1 a 55 dias), quando a temperatura média foi de 21,45°C e vazão medida no verão (Figura 1).

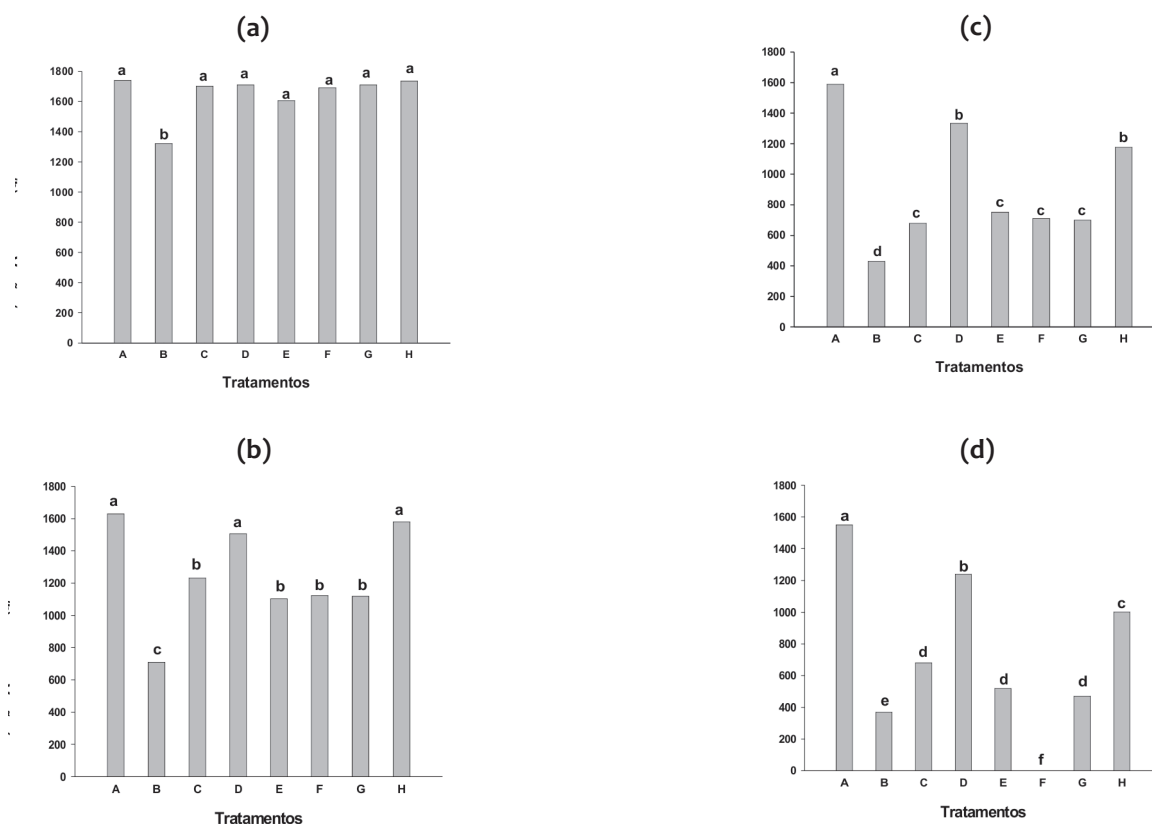


Figura 1. Vazão média de gotejadores em função dos diferentes tratamentos aplicados na solução de fertirrigação. (A) Período 1: de 1 a 55 dias do início do ensaio, com temperatura média de 21,45°C; (B) Período 2: de 56 a 111 dias do início do ensaio, com temperatura média de 20,13°C; (C) Período 3: de 112 a 167 dias do início do ensaio, com temperatura média de 16,86°C; (D) Período 4: de 168 a 238 dias do início do ensaio, com temperatura média de 18,5°C. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidades

De acordo com a literatura os precipitados químicos podem ser produzidos quando as condições iniciais da água são modificadas, como pH, temperatura, ocorrência de íons incompatíveis e, sobretudo, a evaporação da água nos emissores após cada irrigação, o que aumenta a concentração dos sais dissolvidos que se precipitam ao superar o limite de solubilidade (Pizarro, 1996),

Nas Figuras elaboradas para representar cada período isoladamente, notam-se estes registros com maior clareza (Figuras 1a, 1b, 1c e 1d), com muita evidência e coerência, revelando a ação eficiente do BIOTECH®. Uma observação interessante é que quando as temperaturas começaram a aumentar no fim do inverno e princípio de primavera, não houve recuperação de vazão nos tratamentos A, C e H.

Todavia, altas temperaturas e os altos valores de pH estimulam reações que podem favorecer a precipitação química, devido ao excesso de sulfato de cálcio de certas águas de irrigação (Ayers & Westcot, 1991), fato não observado no decorrer do ensaio, onde a maior redução de vazão foi observada no período mais frio, mas isso ocorreu sob ambiente coberto e, provavelmente por este ser o período final quando o problema já havia agravado. Segundo Parchomchuk (1976), Salomon (1979) e Lopez et al. (1997) a uniformidade de aplicação sofre influência da temperatura, características de fabricação dos emissores, diferenças de pressão no sistema e relevo da área. Temperaturas mais altas favorecem o desenvolvimento bacteriano e, assim, aumentam o potencial da água em

entupir os emissores, numa faixa temperatura de 25 a 35° C, ideal para desenvolvimento de bactérias (von Sperling, 1996; Cararo, 2004), entretanto não realizou-se esta avaliação microbiológica nesta pesquisa.

No período 1 (1 a 55 dias), somente o tratamento B apresentou redução de vazão significativa comparando-se com os demais, não sendo a dose e/ou a concentração de BIOTECH® suficientes para permitir plena vazão (Figura 1a). A redução encontrada é atribuída à afinidade para formar, num curto prazo, precipitados entre os componentes do tratamento B. Provavelmente por sua alta solubilidade o sulfato ferroso favoreceu a reação e formação de precipitados com o MAP e com o cloreto de alumínio. O Fe precipitado forma uma incrustação vermelha, a qual pode aderir à tubulação e entupir os emissores. Algumas bactérias filamentosas como *Gallionella* e *Leptotrix*, oxidam o Fe²⁺, transformando-o em Fe³⁺ que pode precipitar-se e provocar entupimento dos gotejadores (Pizzaro, 1996).

No período 2 que compreendeu 56 a 111 dias (Figura 1b), os tratamentos foram diferenciados em três grupos semelhantes entre si, quando as maiores vazões foram obtidas nos tratamentos A, D e H. Os tratamentos C, E, F, e G obtiveram vazão intermediária e inferior aos tratamentos do primeiro grupo e superior ao tratamento B, com a menor vazão em relação aos demais. Os tratamentos D e H que, juntamente com a testemunha, obtiveram maiores vazões continham BIOTECH® assim como os grupos com vazões, intermediárias e inferiores não sendo possível fazer maiores inferências sobre o efeito deste produto.

No período seguinte de 112 a 167 dias, observou-se que somente a testemunha manteve vazão superior em relação a todos os tratamentos. Os tratamentos D e H foram semelhantes, mas inferiores à testemunha, tendo havido redução da vazão em relação ao período anterior e assim se procedeu para todos os tratamentos.

Os tratamentos C, E, F e G possuíam vazões semelhantes e em torno de 700 cm³ h⁻¹, superiores ao tratamento B com a menor vazão neste período (Figura 1c).

O efeito da redução de vazão foi comum em todos os tratamentos porém a diferença desta redução se deve provavelmente às características intrínsecas das soluções que formavam os tratamentos.

O último período compreendido entre 168 a 238 dias foi marcado pela obstrução total do tratamento F, dotado de componentes muito susceptíveis à formação de precipitados, sem BIOTECH®. Os demais tiveram redução de vazão proporcionais aos períodos anteriores (Figura

1d).

Os tratamentos E e F diferem em sua composição, respectivamente apenas pela presença e ausência de BIOTECH® evidenciando o efeito positivo acumulado, deste produto, ao longo do tempo, no controle parcial de obstruções, mas na ausência do BIOTECH® (tratamento F), evidenciando, até o período de 238 dias, a obstrução total.

Outro tratamento que não possuía o BIOTECH® foi o C, com grande redução de vazão, no entanto, este não apresentou obstrução total como o tratamento F (sem BIOTECH® e sem MAP), possivelmente atribuído à ausência de um agente acidificante (Tisdale et al., 1985).

Ao observar os tratamentos que continham BIOTECH®, apesar da redução de vazão, nenhum apresentou obstrução total no curto período de simulação, ao contrário do tratamento F (sem BIOTECH®) que causou obstrução total dos gotejadores.

Esta prevenção parcial de obstrução também pode estar relacionada com o tempo de duração do ensaio e a alta concentração dos agentes precipitáveis, sugerindo outros ensaios com doses de BIOTECH® mais concentradas a fim de permitir-se uma recomendação mais segura.

O tratamento D obteve redução menos acentuada que os demais, exceto a testemunha, podendo ser atribuída a utilização do MAP (mono fosfato de amônio) que é sabidamente, um fertilizante recomendável como fonte de fósforo e nitrogênio para as plantas (48% de P₂O₅ e 15% de N) e ainda por sua alta solubilidade e forte reação ácida é considerado importante tanto como fonte de nutrientes como um agente químico minimizador dos problemas de obstrução no sistema de fertirrigação por gotejamento (Tisdale et al., 1985).

Ainda no tratamento D, a presença do cloreto de potássio não tem limitações mais complexas na prática da fertirrigação e por isto é até recomendável, indicado sem restrição nas operações de fertirrigação, em relação ao uso de equipamentos no sistema de fertirrigação.

O BIOTECH® e o MAP, presentes no tratamento D, podem ter contribuído positivamente na prevenção de entupimento de gotejadores, por possuírem características solubilizadoras de precipitados químicos.

A fonte de fósforo foi a única diferença entre o tratamento G e H. No tratamento H com superfosfato simples, esperava-se uma maior obstrução do que o tratamento G com superfosfato triplo pela maior concentração de Ca no superfosfato simples (18 a 20% de Ca) em relação ao superfosfato triplo (12 a 14%) entretanto, isto não ocorreu. Como a concentração de Cálcio é maior

no superfosfato simples, esperava-se uma maior formação de precipitados de P-Ca em relação a P-Fe. De acordo com Pinton et al. (2001) a ligação P-Ca é mais fraca, onde a ação solubilizadora do BIOTECH® provavelmente foi mais eficiente evitando parcialmente a obstrução dos gotejadores no tratamento G. A composição química do BIOTECH® apresenta um componente em maior quantidade, o ácido tricarbóxico, que tem muita afinidade química para complexar o alumínio o que evitaria a formação de fosfato de alumínio.

Conclusões

Houve entupimento parcial dos gotejadores em todos os tratamentos inclusive na testemunha durante os 238 dias de ensaio.

O BIOTECH® minimizou a redução da vazão por entupimento, sendo que a obstrução total dos tubogotejadores foi observada no tratamento que não continha BIOTECH® e apresentava soluções portadoras de reagentes com mais afinidade para formar precipitados com o fósforo, em experimento simulador de curta duração.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do trabalho de pesquisa e concessão de bolsas e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsa.

Referências bibliográficas

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de Hans Raj Ghayl, J.F Medeiros, F.A.V. Damaceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

CARARO, D.C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. 2004. 130 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DELHAIZE, E.; RYAN, P.R.; RANDALL, P.J. Aluminium tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.): II Aluminium-stimulated excretion of malic acid from root apices. **Plant Physiology**, Rockville. v.103, n. 03, p.695-702, 1993.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium 6**: 36–41, 2008.

FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 1999, 460p.

GILBERT, R.G.; NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Trickle irrigation: prevention of clogging. **Transactions of the ASAE**, v.22, n.03, p.514-519, 1979.

HUANG, P.M.; VIOLANTE, A. Influence of organic acids on crystallization and surface properties of precipitation products of aluminium. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M (ed). **Interactions of soil minerals with natural organic microbes**. Madison: Soil Science of America, p.159-211, 1986.

HUE, N.V.; GRANDDOCK, G.R. & ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoils. **Soil Science Society American Journal**, v. 50, n. 01. p. 28-34, 1986.

INOUE, K. & HUANG, P.M. Influence of selected organic ligands on the formation of allophane and imogolite. **Soil Science Society American Journal**, v.50, n. 06, p. 1623-1633, 1986.

JAYARAMA, V.; SHANKAR, B.N. & D'SOUZA M.V. Citric acid as a potential phosphate solubiliser in coffee soils. **Indian Coffee**, v.62, n. 04, p. 13-15, 1998.

LOPEZ, R.J.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1997. 405p.

MIYASAKA, S.C.; BUTA, J.G.; HOWELL, R. K.; FOY, C.D. Mechanism of aluminium tolerance in snapbeans: root exudation of citric acid. **Plant Physiology**, Rockville, v. 96, p.737-743, 1991.

NOVAES, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 399 p, 1999.

PARCHOMCHUK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. **Transactions of the ASAE**, v.19, n.4, p.690-692, 1976.

PINTON, P.; FERRARI, D.; RAPIZZI, E.; DI VIRGILIO, F.; POZZAN, T.; RIZZUTO R. The Ca²⁺ concentration of the endoplasmic reticulum is a key determinant of ceramide-induced apoptosis: significance for the molecular mechanism of Bcl-2 action. **Embo Journal**, v.20, p. 2690-2701, 2001.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frequência**. 3.ed. Madri: Mundi Prensa, 1996. 513p.

RAINBIRD, Law. **Volume irrigation system maintenance: Manual 5/90**. Califórnia, 1990. 48p.

RESENDE, R.S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação**. Piracicaba, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SALOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, v.22, n.5, p.1034-1038, 1979.

STRUTHERS, P.H. & SIELING, D.H. Effect of organic anions on phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. **Soil Science**, Baltimore, v.69, n. 03, p.205-214, 1950.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers**. New York: fourth edition, 1985, 754p.

VILELA, L. A. A.; GUIMARÃES, M. J. L.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; COSTA, C. C.; SENNA, J. R.; JUNQUEIRA, J. Aplicação do ácido cítrico em soluções para irrigação e/ou fertirrigação: prevenção de obstrução de gotejadores e/ ou remoção de obstruções. In: **VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA**, Araguari, 2003. Anais... Araguari:UFU,2003.226p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.