

Bibliographic Review

Resumo

Existe uma relação direta entre a condutividade elétrica do solo e seu conteúdo de água, já que a alteração do conteúdo de água ocasiona diluição da solução no solo. A eficiência do uso da fertirrigação depende de uma relação equilibrada entre volume de água e a quantidade de nutrientes, em cada fase do ciclo da cultura, concentração esta que deve ser suficiente para proporcionar a absorção de nutrientes pelas plantas sem causar acúmulo de fertilizantes no solo. O objetivo deste trabalho foi reunir informações e apresentar uma discussão sobre aspectos importantes relacionados ao pH e condutividade elétrica do solo e das soluções aplicadas via sistemas de fertirrigação, bem como sua aplicação no manejo de sistemas de produção fertirrigados. Verificou-se que o pH e a condutividade elétrica são fatores que devem ser monitorados em cultivos fertirrigados pois estão diretamente relacionados a capacidade da planta de absorver nutrientes, afetam a disponibilidade e imobilização dos sais, além de estarem relacionados com a conservação e bom funcionamento do sistema de fertirrigação. Para alguns micronutrientes aplicados na forma de quelatos via fertirrigação, o pH possui importância fundamental para a estabilidade do complexo. Na base literária é amplamente difundida a informação de que na água de irrigação, após a adição da solução de fertilizantes, a condutividade elétrica não deve ultrapassar 2,0 dS m⁻¹. Quando adequadamente manejada a CE pode ser usada para melhorar a qualidade do produto final.

Palavras chave: água no solo, íons, irrigação, agricultura.

Characteristics of pH and electrical conductivity on the fertigation management

Abstract

There is a direct relationship between the electrical conductivity of the soil and its water content, as the change in water content causes dilution of the soil solution. The efficiency of fertigation depends on a balanced ratio between water volume and the amount of nutrients in each phase of the cycle, a concentration which should be sufficient to provide absorption of nutrients by the plant without causing accumulation of fertilizers in the soil. The objective of this study was to gather information and present a discussion of important aspects related to pH and electrical conductivity of soil and solutions applied by fertigation systems and their application in management fertigated production systems. It was found that the pH and electrical conductivity are factors that should be monitored in fertigated crops because they are directly related to the ability to absorb nutrients plant, affect the availability and restraining of salts, as well as being related to the conservation and proper functioning of the fertigation system. For some micronutrients applied as chelates

Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação

Michael Rogers Bernert¹
Vlandiney Eschemback¹
Sidnei Osmar Jadoski²
Adenilson dos Santos Lima³
Cristiano André Pott³

Received at: 10/11/14

Accepted for publication at: 23/04/15

1 Aluno de Pós Graduação, Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Campus Cedeteg. Rua Simeão Camargo Varela de Sá, n.3. CEP:85040-080. Guarapuava-PR. E-mail: mbflorestal@yahoo.com.br; vlandiney@hotmail.com.

2 Eng. Agr. Dr. Prof. Depto de Agronomia. Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Campus Cedeteg. Rua Simeão Camargo Varela de Sá, n.3. CEP:85040-080. Guarapuava-PR. E-mail: sjadoski@unicentro.br

3 Engenheiro Agrícola, Dr. Prof.- Departamento Agronomia. Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, Campus Cedeteg. E-mail: aslima@unix.com.br; cpott@unicentro.br.

fertigation, the pH is of fundamental importance for the stability of the complex. In literature base is widespread information in the irrigation water after the addition of the fertilizer solution, the electrical conductivity must not exceed 2.0 dS m^{-1} . When properly handled the EC can be used to improve the quality of the final product.

Key words: soil water, ions, irrigation, agriculture

Características de pH y conductividad eléctrica para el manejo del fertirriego

Resumen

Existe una relación directa entre la conductividad eléctrica del suelo y su contenido de agua, En que el cambio en el contenido de agua hace la dilución de la solución del suelo. La eficiencia de fertirriego depende de una proporción equilibrada entre el volumen de agua y la cantidad de nutrientes en cada fase del ciclo, concentración que debe ser suficiente para permitir la absorción de nutrientes por la planta sin causar acumulación de fertilizantes en el suelo. El objetivo de este estudio fue recopilar información y presentar una discusión de los aspectos importantes relacionados con el pH y la conductividad eléctrica del suelo y las soluciones aplicadas por los sistemas de fertirriego y su aplicación en el manejo de los sistemas de producción en fertirriego. Se encontró que el pH y la conductividad eléctrica son factores que deben ser controlados en los cultivos bajo fertirriego porque se relacionan directamente con la capacidad de absorber los nutrientes de la planta, afectan a la disponibilidad y sujeción de las sales, así como estar relacionados con la conservación y el buen funcionamiento del sistema de fertirriego. Para algunos micronutrientes aplicados como quelatos, el pH es de importancia fundamental para la estabilidad del complejo. Es una información extendida en la base de la literatura que después de la adición de la solución de fertilizante, la conductividad eléctrica no debe exceder de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ en el agua de riego. Cuando se maneja adecuadamente la CE se puede utilizar para mejorar la calidad del producto final.

Palabras clave: agua del suelo, iones, riego, agricultura.

Introdução

A fertirrigação, quando adequadamente manejada, pode contribuir para a melhorar a eficiência do uso de água e fertilizantes, possibilitando aumento da produtividade das culturas com mínimas perdas por lixiviação, a partir de um maior controle da variação da concentração de nutrientes no solo (CAMEIRA et al., 2014). Como vantagens, apresenta normalmente alta uniformidade de distribuição de fertilizantes, reduz o uso de mão de obra e permite maior fracionamento dos nutrientes no tempo, o que proporciona aumento na eficiência de absorção e uso dos nutrientes pelas plantas (HOU et al., 2009). Porém, para KAFKAFI (2008) a utilização dessa técnica eleva os custos de produção das culturas em relação ao cultivo convencional, entretanto o sistema é uma alternativa viável em diferentes escalas de produção em função da demanda por produtos de melhor qualidade.

Nos últimos anos, uma série de trabalhos de pesquisa sobre a superfície fertirrigação e tópicos relacionados foram publicados. Alguns desses, discutido o transporte de solutos via fertirrigação, incluindo questões associadas direta ou indiretamente ao pH e condutividade elétrica como parâmetros de manejo (NAVABIAN et al., 2010; ZHANG et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

Para CAMEIRA et al. (2014) as culturas desenvolvidas em sistemas de cultivos intensivos e super intensivos são predominantemente irrigadas por sistemas de gotejamento com uso de fertirrigação, que são fatores chave para o manejo. Desta forma, a condutividade elétrica do solo pode ser utilizada para quantificar a quantidade de sais presente no solo. A fertirrigação por gotejamento reduz aplicações de água e de fertilizantes excessivas e perdas associados. No entanto, para ANDRIOLO et al. (2009), sua eficiência pode variar de acordo com os tipos de solo e quantidade de água aplicada durante o

atendimento da demanda de água da cultura. Embora a fertirrigação seja uma técnica viável utilizada mundialmente com sucesso em diversos países, no Brasil ainda são poucos os trabalhos desenvolvidos nessa área

Existe uma relação direta entre a condutividade elétrica do solo e seu conteúdo de água, já que a alteração do conteúdo de água ocasiona diluição da solução no solo. Segundo ZHANG et al. (2013) para se realizar uma fertirrigação eficiente, é necessário um equilíbrio entre o volume de água e a quantidade de nutrientes, em cada fase do ciclo da cultura, concentração esta que deve ser suficiente para proporcionar a absorção de nutrientes pelas plantas sem causar acúmulo de fertilizantes no solo.

São pontos imprescindíveis para o manejo adequado da fertirrigação, o conhecimento das propriedades do solo no que se refere à textura e estrutura, pH, capacidade de troca de cátions, densidade e condutividade elétrica, e propriedades da água, como a concentração de sais e pH (FERNÁNDEZ-ESCOBAR et al., 2012). Dentre esses fatores, merecem destaque o pH e a condutividade elétrica, pois eles estão diretamente relacionados a capacidade da planta de absorver nutrientes, afetam a disponibilidade e imobilização dos sais, além de estarem relacionados com a conservação e bom funcionamento do sistema de fertirrigação.

Visando um manejo adequado, o controle da fertirrigação deve ser feito pelo monitoramento do pH e da condutividade elétrica durante todo o ciclo de cultivo (OLIVEIRA et al., 2015). O monitoramento da solução do solo com o uso de extratores providos de cápsulas de cerâmica porosa auxilia na tomada de decisão na quantidade de fertilizantes a ser aplicada por fertirrigação (BLANCO e FOLEGATTI, 2002). Para EBRAHIMIAN et al. (2014), seja qual for o método de extração da solução do solo, é indispensável que sejam considerados os níveis dos parâmetros pH e condutividade elétrica para se compreender o atual estado da concentração de solutos no solo.

O presente trabalho tem como objetivo reunir informações e apresentar uma discussão sobre aspectos importantes relacionados ao pH e condutividade elétrica do solo e das soluções aplicadas via sistemas de fertirrigação, bem como sua aplicação no manejo de sistemas de produção fertirrigados.

pH no manejo da fertirrigação

Em fertirrigação o pH expressa a acidez ou alcalinidade do solo ou de uma determinada solução (OLIVEIRA et al., 2015). A acidificação ou mudança no pH do solo é favorecida pelo uso de fontes amoniacais, com a nitrificação. Os efeitos acidificantes das diferentes fontes nitrogenadas amoniacais dependem da dose e granulação delas, bem como do pH original do solo e de sua capacidade tampão (FASSBENDER, 1986). Para SILVA et al., (2012). O pH também é um importante indicador de qualidade do solo, ou da solução nutritiva, pois possui efeito sobre a solubilidade dos nutrientes, concentração da solução e forma iônica dos nutrientes, o que por consequência afeta a absorção e utilização dos nutrientes pelas plantas.

O pH de um solo é influenciado pela temperatura, pressão, força iônica e equilíbrio de carbonatos do mesmo. Também há relação da condutividade elétrica dos solos fertirrigados com o pH, pois o incremento da CE do solo normalmente está associado a redução do pH. Isso ocorre porque a maioria dos fertilizantes adicionados as soluções de fertirrigação possuem reação ácida, contribuindo para a redução do pH do solo (CAMACHO-FERRE, 2003). Em casos de elevada CE a lavagem do solo tende a lixiviar os sais para camadas mais profundas e conseqüentemente elevar o pH. Em fertirrigação, a utilização de águas com pH entre 5,5 e 7,0 são consideradas sem riscos para uso, pois, pH elevado favorece o entupimento dos sistemas.

OLIVEIRA et al. (2015) salientam que em valores de pH acima de 7,5 ocorre a precipitação de carbonatos de cálcio e de magnésio e também a formação de fosfato de cálcio. Já conforme EGREJA FILHO (1999), em soluções, pH igual a 6,0 é considerado ideal para evitar esses entupimentos. Na prática, quando o ajuste do pH é realizado pela adição de ácido, é utilizado o valor de 6,2, pois em valores de pH abaixo de 6 pequenas adições de ácido causam uma brusca variação no valor de pH.

Para o controle de fertirrigação e preparo de soluções Na prática, Conforme verificado em IFA-IPI (2011), em pH acima de 7,0 existe tendência de conversão de nitrato em amoníaco, aumentando a volatilização dos componentes nitrogenados. Por outro lado, condições de pH mais ácidos, próximos a 3,0, tendem a manter soluções concentradas em maior estabilidade, evitando, especialmente a precipitação

de micronutrientes, sendo importante considerar a manutenção de pH mais baixo destacadamente em tanques de preparo de soluções para fertirrigação. Ponto importante a ser considerado é de que a água de drenagem em solos ou substratos fertirrigados indica as condições presentes, sendo que valor de pH próximo a 5,5 geralmente é um indicativo de boas condições em relação ao processo de fertirrigação.

Conforme CAMACHO FERRE (2003) para alguns micronutrientes como Fe, Zn, Mn e Cu que são aplicados na forma de quelatos via fertirrigação, o pH possui importância fundamental para a estabilidade do complexo. O quelato é um composto químico em que uma molécula orgânica complexa um íon metálico protegendo-a de qualquer ação externa, evitando sua hidrólise e precipitação. No entanto os quelatos possuem uma faixa de pH onde permanecem estáveis relativamente pequena. Como exemplo, quelatos de Zn-EDTA e Zn-DTPA são estáveis entre pH 6 e 7,5 ou 8 respectivamente. Em pH abaixo desse valor o Zn é deslocado e substituído pelo Fe e em pH acima o Zn é deslocado pelo Ca. Para este autor o pH em torno de 6,0 é o mais indicado para evitar a precipitação de ferro entupimento das tubulações de irrigação.

MALAVOLTA (2006) descreve que do ponto de vista de aproveitamento pelas plantas o efeito do pH é variável, contudo, destaca-se a maior influência na disponibilidade dos nutrientes. Em pH menor que 5,5 o P é fixado por óxidos de ferro, alumínio e manganês, assim, o fósforo torna-se indisponível para as plantas. Quando o pH torna-se alcalino (acima de 7,0), ocorre a mesma situação, porém, o P é fixado por óxidos de cálcio, por isso deve-se manter o pH em níveis intermediários. Além do mais, no solo ou substrato, nutrientes não absorvidos reagem também com a matéria orgânica, intervindo no processo de absorção ativa de cátions e ânions pela raiz, sendo mais adequando um pH aproximado a 5,5 a 6,0 para reduzir reações inadequada, que podem prejudicar o fluxo de elementos nutricionais para a planta.

COELHO et al. (2008) ao avaliarem o pH para níveis de aplicação de uréia durante aproximadamente dois anos via fertirrigação, verificaram tendências de impactos no sistema solo-água oriundos da aplicação de nitrogênio e potássio, sob diferentes lâminas em diferentes dosagens na cultura da bananeira. Observaram que, em seu estado inicial, o solo apresentou pH igual a 5,6, 5,4 e 5,7 para os locais onde se aplicou 18 kg ha⁻¹, 108 kg ha⁻¹ e 252 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Após 22 meses de

cultivo com banana, seguindo essa mesma ordem, o pH foi reduzido em 5,35%, 7,40% e 21,05%.

Em estudos realizados por SOUZA et al. (2012), em pomar de citros, com fertirrigação feita por gotejamento, na zona de molhamento o fertilizante manteve-se concentrado, pois, é um volume de solo restrito. Além disso, as fontes de nitrogênio e fósforo utilizadas apresentaram reação ácida, portanto, na solução do solo, quanto maior a dose aplicada, maior o efeito acidificante. Em consequência das doses de N, P e K aplicadas, ocorreram quedas no pH promovendo o aumento dos valores de B, Mn e Zn na solução do solo.

De forma geral pesquisas desenvolvidas demonstram ser mais adequado que o pH da água esteja próximo a neutralidade ou ligeiramente ácido, entre 5,0 e 7,5, com poucos sais para que o efeito tampão seja menor e, desta forma, o pH possa ser ajustado para os níveis desejados.

Condutividade elétrica no manejo da fertirrigação

A condutividade elétrica (CE) elétrica é a medida de resistência da passagem da corrente elétrica em uma solução, onde solutos iônicos estão presentes (MOTA, 2007). Ela está intimamente relacionada com a quantidade de sais dissolvidos na água ou presentes na solução do solo, e sofre influência direta da adição de fertilizantes, normalmente utilizados na forma de sais. A CE é determinada com auxílio de um condutivímetro que proporciona de maneira rápida e precisa o conteúdo total de sais na água ou na solução do solo. Para fins de fertirrigação a condutividade elétrica (CE) pode ser expressa pela sua condutividade elétrica da solução (CEw) em condições não saturadas e pela condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) (FASSBENDER, 1986).

A CE é uma medida dependente da temperatura, de modo que, se ocorre um aumento na temperatura a resistência da solução a passagem da corrente elétrica diminui, o que resulta no incremento dos valores de condutividade elétrica. Por padronização, deve-se sempre reportar a CE a temperatura de 25 °C. No caso da fertirrigação o monitoramento dos íons no solo deve ser feito para avaliar a fertirrigação e deve envolver o acompanhamento da aplicação dos fertilizantes, observando a concentração da solução de injeção, concentração da solução final na saída dos emissores, uniformidade de distribuição ao longo da área e distribuição dos nutrientes no perfil do solo (SOUZA e COELHO, 2001).

A condutividade elétrica é dependente do conteúdo de sais totais dissolvidos e do tipo de íon presente. Os íons Cl^- são os que apresentam maior aumento da CE por 1g de sal. Cada 1 g de MgCl_2 aumenta a CE em $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, já o CaCl_2 incrementa a CE em $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ e o NaCl em $2,4 \text{ dS m}^{-1}$. Quanto aos sulfatos, estes apresentam um menor incremento na CE, como exemplo, cada 1 g de NaSO_4 aumenta a CE em $1,55 \text{ dS m}^{-1}$ (CAMACHO FERRE, 2003).

Devido a concentração salina, os valores de condutividade elétrica da solução do solo aumentam conforme o aumento da dose aplicada de fertilizantes (CUARTERO e MUÑOZ, 1999). Na água de irrigação após a adição da solução de fertilizantes, a condutividade elétrica não deve ultrapassar $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ com pressão osmótica entre 70 kPa e 100 kPa. Valores superiores a estes são permitidos quando a cultura fertirrigada apresenta tolerância a salinidade (OLIVEIRA et al., 2015). Para estes autores deve-se considerar que alguma salinização do solo é inevitável mediante a irrigação, uma vez que, praticamente, toda água contém sais dissolvidos e traços de elementos químicos. As respostas das diferentes culturas, especialmente em relação à diminuição de rendimento em relação à condutividade elétrica do extrato de saturação do solo são variáveis, entretanto, é generalizado o conceito de ocorrência de queda de produtividade de plantas cultivadas sob condições solução do solo com condutividade elétrica acima de valores $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, aproximadamente.

Considerando o manejo da fertirrigação, ANDRIOLO et al. (2009), manejaram o sistema com base na evapotranspiração, sendo frequência da aplicação de fertirrigação estimada levando-se em conta a transpiração potencial da cultura e a capacidade de retenção de água do substrato, para fornecer diariamente volumes de água superiores aos evapotranspirados, com um coeficiente de drenagem superior a 30%. No mesmo estudo, a condutividade elétrica da solução nutritiva foi medida semanalmente. A solução foi corrigida quando havia discrepância em 10% nos valores medidos em relação ao original.

Em estudos realizados por XAVIER et al. (2012) os autores observaram, que os maiores valores de condutividade elétrica ocorreram nas proximidades dos emissores. Tal comportamento foi mais evidente em todas as camadas de solo até 90 cm de distância do emissor. De modo geral, os valores de condutividade elétrica foram significativamente

maiores na camada fertirrigada em praticamente todo o perfil do solo. A fertirrigação favoreceu nas proximidades dos microaspersores, acúmulo de Ca^{2+} , Mg^{2+} e P em superfície, e de Na^+ em profundidade, de acordo com a mobilidade de cada elemento.

Segundo CUARTERO e MUÑOZ (1999), sob salinidade moderada a redução no rendimento do tomateiro deve-se principalmente, à redução da massa média dos frutos. Observou-se que na medida em que se aumentou o número de fertirrigações, conseqüentemente ocorreu aumento nos valores médios de condutividade elétrica da solução drenada e com isso ocorreu uma diminuição na massa média dos frutos. Porém, não suficiente para promover diferenças significativas entre os diferentes manejos de fertirrigação no que se refere ao número de frutos por planta e produtividade.

DORAIS et al. (2001), relatam que para a cultura do tomateiro altas salinidades podem afetar a produtividade comercial. Sob alta condutividade elétrica, o tamanho dos frutos é inversamente ligado, ou seja, quanto maior a condutividade elétrica, menor é o tamanho dos frutos, enquanto o teor de matéria seca dos frutos aumenta linearmente. SOUZA et al. (2012), também relatam que, valores de condutividade elétrica acima do limiar de tolerância da cultura podem afetar a produção.

Quando adequadamente manejada a CE pode ser usada para melhorar a qualidade do produto final. WU e KUBOTA (2008) trabalhando com 2,3 e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ em tomate verificaram incremento de 40% no teor de licopeno dos frutos. O licopeno é um poderoso antioxidante, amplamente conhecido por prevenir doenças e melhorar a saúde humana, e também é normalmente associado a redução do risco de câncer e doenças cardiovasculares.

Segundo LI et al. (2001) o aumento da condutividade elétrica pode aumentar a ocorrência de coração negro em tomate. Essa desordem fisiológica esta associada a baixa concentração de cálcio no fruto. No entanto, uma CE, e conseqüente nível de salinidade moderados podem melhorar a qualidade de produtos hortícolas aumentando o teor de matéria seca e teor de açúcares dos frutos.

Cada espécie, e mesmo cultivares, toleram variavelmente à salinidade, porém, a salinidade máxima no extrato da solução do solo tolerada pelo tomateiro é de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (MASS e HOFFMAN, 1977).

Altos níveis de condutividade elétrica podem inibir a o desenvolvimento do sistema radicular e limitar a capacidade das raízes de absorver água e

nutrientes. Isso se deve a combinação de toxicidade específica de alguns íons para com as raízes e a redução do potencial osmótico do solo (JACOBS e TIMMER, 2005).

Com base nas informações apresentadas, é pertinente considerar que o pH e a condutividade elétrica são fatores importantes a serem considerados para o manejo da fertirrigação, como critérios técnicos e como base para incremento do resultados dos cultivos.

Considerações finais

O pH e a condutividade elétrica são fatores que devem ser monitorados em cultivos fertirrigados pois estão diretamente relacionados a capacidade da planta

de absorver nutrientes, afetam a disponibilidade e imobilização dos sais, além de estarem relacionados com a conservação e bom funcionamento do sistema de fertirrigação. Para alguns micronutrientes como Fe, Zn, Mn e Cu que são aplicados na forma de quelatos via fertirrigação, o pH possui importância fundamental para a estabilidade do complexo. Na base literária é amplamente difundida a informação de na água de irrigação, após a adição da solução de fertilizantes, a condutividade elétrica não deve ultrapassar 2,0 dS m⁻¹ com pressão osmótica entre 70 kPa e 100 kPa. Quando adequadamente manejada a CE pode ser usada para melhorar a qualidade do produto final.

Referências

- ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D. I.; OLIVEIRA, C. S.; COCCO, C.; SCHMITT, O.J.; CARDOSO, F. L. Three fertigation methods in soilless production of the strawberry crop. *Ciência Rural*. V. 39, n. 3, p. 691-695, 2009.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v. 6, n. 2, p. 251-255, 2002.
- CAMACHO FERRE, F. (Ed.) *Técnicas de producción en cultivos protegidos*. Almeria: Instituto Cajamar, 775 p. 2003.
- CAMEIRA, M.R.; PEREIRA, A.; AHUJA, L., MA, L. Sustainability and environmental assessment of fertigation in an intensive olive grove under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, p.346-360, 2014.
- COELHO, E. F.; BORGES, A. L.; COSTA, E. L. da; ALVES, M. da S. **Aspectos de fertirrigação em bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. 28 p.
- CUATERO, J.; MUÑOZ, R. F.; Tomato and salinity. *Scientia Horticulture*. v. 78, p.83-125. 1999.
- DORAIS, M.; PAPADOPOULOS, A. P.; GOSSELIN, A. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*. V. 21, p. 367-383, 2001.
- EBRAHIMIAN, H.; KESHAVARZ, M. R.; PLAYÁN, E. Surface fertigation: a review, gaps and needs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v.12, n. 3, p. 820-837, 2014.
- EGREJA FILHO, F. B.; MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. Método computacional para correção da alcalinidade de águas para fertirrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 415-423, 1999.
- FASSBENDER, H. W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. San Jose, CR: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, 1986. 401 p.
- FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; GARCÍA-NOVELO, J.M.; MOLINA-SORIA, C.; PARRA, M. A. An approach to nitrogen balance in olive orchards. *Science Horticulture*, v. 135, p.219-226, 2012.
- HOU, Z.; CHENB, W.; LI, XIAO; XIUA, L.; WUB, L. Effects of salinity and fertigation practice on cotton yield and 15N recovery. *Agricultural Water Management*, v. 96, p.1483-1489, 2009.
- IFA-IPI. *Fertigation: A Tool for Efficient Fertilizer and Water Management*. First edition, IFA (International Fertilizer Industry Association), Paris, France and IPI (International Potash Institute), Horgen, Switzerland, 2011, 138p.

- JACOBS, D.F.; TIMMER, V.R. Fertilizer-induced Changes in Rhizosphere Electrical Conductivity: Relation to Forest Tree Seedling Root System Growth and Function. *New Forests*, v. 30, n. 2-3, p. 147-166, 2005.
- KAFKAFI, U. Global aspects of fertigation usage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FERTIGATION, 2008, Pequim. Proceedings... Horgen: IPI - International Potash Institute, 2008. v. 1, p. 8-22.
- LI, Y.L.; STANGHELLINI, C.; CHALLA, H. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 88, n. 1, p. 11-29, 2001.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo.** São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 524 p.
- MASS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. v. 103, p. 115-134. 1977.
- MORAES, J. F. V.; DYNIA, J.F. Uso de cápsulas porosas para extrair solução do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.25, p.1523-1528, 1990.
- MOTA, P. R. A.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUSA, V. F. Concentração de sais da solução avaliada pela condutividade elétrica na zona radicular do crisântemo sob irrigação por gotejamento. *Irriga*, v. 11, n. 4, p. 532-542, 2006.
- MOTA, P.R.D.; BOAS, R.L.V.; SOUSA, V.F.; RIBEIRO, V.Q. Desenvolvimento de plantas de crisântemo cultivadas em vaso em resposta a níveis de condutividade elétrica. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.164-171, 2007.
- NAVABIAN, M.; LIAGHAT, A.; KERACHIAN, R.; ABBASI, F. Optimization of furrow fertigation from environmental perspective. *Water Soil*, v.24, n.5, p.884-893, 2010
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K.T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. *Horticultura Brasileira*, v. 33, p. 216-223, 2015.
- POMPA, P. G. **Las tecnica y la tecnologia del Riego por aspersión.** Madrid: Ministério de agricultura, 1974. 385 p.
- SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; PIRES, C. S.; ANDRADE, I. P.S.; SILVA, G. T. Avaliação da condutividade elétrica e do pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. *Irriga*, Ed. Esp., p. 250-263, 2012.
- SOUSA, V. F.; SOUZA, A. P. Fertirrigação II: Tipos de produtos, aplicação e manejo. *Irrigação e Tecnologia moderna*, Brasília, v. 47, p. 15-20, 1992.
- SOUZA, C. A. S.; CORRÊA, F. L. O.; MENDONÇA, V.; CARVALHO, J. G. Crescimento de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) em substrato com superfosfato simples e vermicomposto. *Revista Brasileira de Fruticultura*. V. 25, n. 2, p. 453-456, 2003.
- SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.47, n. 6, p. 846-854, 2012.
- SOUZA, V. F.; COELHO, E. F. Manejo de fertirrigação em fruteiras. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C.; RESENDE, R. S. (Coord.) *Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças*. Guaíba:Agropecuária, 2001, p.289-317.
- STEIDLE NETO, A. J.; ZOLNIER, s.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. MARTINEZ, H. E. P. Evaluation of an electronic circuit to measure electrical conductivity of nutrient solution. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 2, p. 427-435, 2005
- VILLAS BÔAS, R. L.; GODOY, L. J. G.; BACKES, C.; LIMA, C. P.; FERNANDES, D. M. Exportação de nutrientes e qualidade de cultivares de rosas em campo e em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 3, p. 515-519, 2008.
- WIERSMA, J. L. Sprinkler irrigation system + fertilizer = fertirrigation. *Farmer e home*. South Dakota Research, v. 20, n. 1, p. 5-8, 1969.

Bernert et al. (2015)

WU, M.; KUBOTA, C. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae*, v. 116, n. 2, p. 122-129, 2008.

XAVIER, F. A. S.; TAVARES, R. C.; MARQUES, G. V.; RODRIGUES, F. M.; OLIVEIRA, T. S. Effect of localized irrigation on granulometry and chemical attributes of a Quartzipsamment soil cultivated with dwarf coconut. *Revista Ciência Agronômica*. v. 43, n. 1, p. 55-63, 2012.

ZHANG, Z.; XU, D.; LI, Y.; BAI, M. One-dimensional coupled model of surface water flow and solute transport for basin fertigation. *Journal Irrigation Drainage Engineering*, v.139,n.3, p.181-192, 2013.