



doi:

## A solução drenada pelo substrato pode ser empregada no monitoramento da condutividade elétrica e do pH no cultivo do morangueiro

Gabriel Nachtigall Marques<sup>1</sup>, Thiago Freitas da Luz<sup>2</sup>, Fábio Batista Araújo<sup>2</sup>, Laís Perin<sup>2</sup>, Fernanda Carini<sup>3</sup>, Eduardo Anibeles Streck<sup>4</sup>, Carlos Reisser Júnior<sup>5</sup>, Roberta Marins Nogueira Peil<sup>2</sup>

**Resumo** - O objetivo do trabalho foi validar o método de coleta e análise da solução drenada lixiviada (Método 'Pour Through'), coletada na drenagem do sistema, por meio da associação com os valores de pH e condutividade elétrica (CE) provenientes da solução extraída por extratores diretamente do substrato no cultivo do morangueiro, bem como verificar o efeito da adição de composto orgânico ao substrato sobre estes parâmetros. Os valores de CE e pH provenientes da solução extraída por extratores inseridos nos substratos e da solução lixiviada coletada na drenagem do sistema foram associados por meio da análise de correlação de Pearson a 1 % de probabilidade. A adição do composto orgânico ao substrato elevou a CE e o pH da solução nutritiva. A análise de correlação acusou forte relação para as leituras de CE ( $r^2 = 0,941$ ) e pH ( $r^2 = 0,929$ ) entre a solução drenada e a extraída diretamente do substrato. Assim, a solução drenada pelo substrato é representativa das condições da solução no meio radicular, podendo ser empregada com elevada exatidão para o monitoramento da CE e do pH no cultivo do morangueiro em substrato.

**Palavras-chave:** *Fragaria x ananassa* Duch. Cultivo sem solo. Manejo da fertirrigação. Extratores de solução. Método 'Pour Through'.

## The solution drained by the substrate can be used to monitor electrical conductivity and pH in strawberry cultivation

**Abstract** - The objective of the work was to validate the method of collection and analysis of the leached drained solution ('Pour Through' Method), collected in the system drainage, through the association with the pH and electrical conductivity (EC) values from the solution extracted by extractors directly from the substrate. in strawberry cultivation, as well as to verify the effect of adding organic compost to the substrate on these parameters. The EC and pH values of the solution extracted by extractors placed in the substrates and the leached solution collected in the drainage system were associated by Pearson correlation analysis at the probability of 1 %. The addition of the organic compost to the substrate increased EC and pH of the nutrient solution. The correlation analysis indicated a strong relation between the drained solution and the directly extracted from substrate solution for both EC ( $r^2 = 0.941$ ) and pH ( $r^2 = 0.929$ ) measurements. Thus, the substrate drained solution is representative of the root medium solution conditions and can be used with high accuracy for monitoring the EC and pH in the strawberry substrate crop.

**Keywords:** *Fragaria x ananassa* Duch. soilless cultivation. fertirrigation management. solution extractors. 'Pour Through' method.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Vacaria. e-mail: [gabriel.marques@vacaria.ifrs.edu.br](mailto:gabriel.marques@vacaria.ifrs.edu.br) – Autor para correspondência

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Catarina, *Campus* Curitibanos, Departamento de Fitotecnia

<sup>4</sup> Instituto Federal Farroupilha, *Campus* São Vicente do Sul

<sup>5</sup> Embrapa Clima Temperado – Pelotas/RS



doi:

O avanço e a popularização dos sistemas de cultivo sem solo para o morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) proporcionaram diversas vantagens aos produtores tais como a otimização da mão de obra, melhores posições de trabalho, redução do uso de agrotóxicos, maior número de plantas por área e melhor eficiência no uso da água e de fertilizantes (GIMÉNEZ et al., 2008; DIEHL et al., 2016; FAGHERAZZI et al., 2017). Entretanto, ainda existem muitas dúvidas em relação ao monitoramento e ao manejo mais adequado da solução nutritiva (MIRANDA et al., 2014).

O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE) são indispensáveis parâmetros de monitoramento da solução nutritiva que devem ser continuamente avaliados no decorrer do cultivo do morangueiro em substrato. Por meio da correta interpretação destes dados, e considerando as exigências do morangueiro, será determinado o manejo mais adequado da fertirrigação (DEPARDIEU et al., 2016).

Em sistemas hidropônicos, como o NFT (Nutrient Film Technique) desenvolvido por Cooper (1979), o controle do pH e da CE é uma tarefa simples. Uma vez que esse sistema dispensa o uso de substratos, os valores dos parâmetros da solução nutritiva contida no reservatório são muito aproximados àqueles valores da lâmina que circula pelo sistema radicular das plantas nos canais de cultivo (PORTELA et al., 2012). Por outro lado, o substrato empregado no cultivo do morangueiro exerce forte influência sobre a solução nutritiva, podendo alterar significativamente os parâmetros químicos e, assim, encobrir a real condição da solução que está em contato com o sistema radicular das plantas (DEPARDIEU et al., 2016; XING et al., 2019).

Existem alguns métodos analíticos para a determinação da CE e pH de substratos como os métodos da diluição de 1:5 (uma parte de substrato para cinco de água), do extrato de saturação e o método da diluição 1:2. No entanto, são métodos onerosos, destrutivos (exigem a retirada de substrato dos recipientes) e com grande possibilidade de erro (MOTA et al., 2011). Já os métodos não destrutivos constituem-se em excelentes alternativas sob condições de campo. Mota et al. (2011) destacam o método do ‘extrator’, aparelho provido de uma cápsula porosa e mecanismo capaz de extrair a solução aquosa em contato com o sistema radicular sendo equivalente a solução absorvida pela planta, e, o método do ‘Pour Through’, baseado no deslocamento de um volume de solução, adicionado na parte superior do substrato com posterior coleta do lixiviado drenado.

Os extratores têm sido amplamente recomendados para a coleta da solução contida no substrato. De acordo com Xing et al. (2019), esse método proporciona a imediata análise dos parâmetros de pH e CE da solução. Porém, possuem elevado custo e apresentam algumas desvantagens operacionais. Nesse sentido, baseado no método geral para substratos (‘Método do Lixiviado’ ou ‘Pour Through’), descrito por Torres et al. (2010), Fermino (2014) e Ludwig et al. (2017), está sendo preconizado que os produtores de morango utilizem as leituras de pH e CE da solução lixiviada drenada pelo substrato, coletada após a primeira fertirrigação do dia. Apesar deste método encontrar-se descrito na literatura e estar sendo aplicado por produtores (GONÇALVES,



doi:

et al., 2016; MENEZES JÚNIOR e NETO, 2019), não existem informações sobre a sua validação para o cultivo do morangueiro.

O objetivo do trabalho foi validar o método de coleta e análise da solução lixiviada (Método 'Pour Through'), coletada na drenagem do sistema, por meio da associação com os valores de pH e CE provenientes da solução extraída por extratores diretamente do substrato no cultivo do morangueiro, bem como verificar o efeito da adição de composto orgânico ao substrato sobre estes parâmetros.

O experimento foi conduzido no Campo Experimental e Didático do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, RS, Brasil. As plantas das cultivares de morangueiro 'San Andreas' e 'Camarosa' foram cultivadas no interior de uma casa de vegetação modelo 'Teto em Arco' de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno (150  $\mu\text{m}$  de espessura).

Os recipientes de cultivo consistiam em sacos de filme plástico branco tubular (slabs) que quando preenchidos com 50  $\text{dm}^3$  de substrato apresentavam 1,00 m de comprimento, 0,30 m de largura e 0,15 m de altura. Usualmente, o sistema tem sido adotado sem a coleta e recirculação da solução nutritiva drenada (GONÇALVES et al., 2016). No entanto, neste experimento, foram empregadas bancadas de cultivo com 1,00 m de altura, constituídas de calhas de madeira de 6,00 m de comprimento, 0,20 m de largura e 0,10 m de profundidade cada, previamente impermeabilizadas com filme plástico para coletar a solução nutritiva drenada oriunda do interior dos slabs, reconduzi-la ao tanque de armazenamento da solução e proporcionar a sua reutilização no sistema. Cada bancada de cultivo suportava 12 slabs, dispostos longitudinalmente sobre a calha de madeira, formando duas linhas de seis sacos, separadas por uma distância de 0,20 m.

Como substrato, foram avaliadas, no segundo ano de cultivo, duas proporções de casca de arroz carbonizada: 100 % casca de arroz carbonizada (CAC) e 80 % de casca de arroz carbonizada + 20 % de composto orgânico 'Ecocitrus' (CAC+CO). Utilizaram-se duas bancadas independentes, com sistema individualizado de fornecimento e coleta do lixiviado da solução nutritiva para cada substrato.

No dia 16 de março de 2015, foram transplantadas oito plantas em cada slab, formando duas linhas de quatro plantas em arranjo desencontrado. O espaçamento na linha foi de 0,23 m entre plantas. Considerando a população de 96 plantas por bancada, o comprimento útil de 6 m da calha de cultivo e o caminho de 0,50 m entre bancadas de cultivo, a densidade de plantio foi de 13,3 plantas  $\text{m}^{-2}$ .

A solução nutritiva adotada foi baseada na solução proposta por Sonneveld e Straver (1994), apresentando a seguinte composição de macronutrientes (em  $\text{mmol litro}^{-1}$ ): 6,64 de  $\text{NO}_3^-$ ; 1,5 de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; 2,88 de  $\text{SO}_4^{2-}$ ; 1,44 de  $\text{NH}_4^+$ ; 5,06 de  $\text{K}^+$ ; 2,20 de  $\text{Ca}^{2+}$ ; 1,5 de  $\text{Mg}^{2+}$ ; e de micronutrientes (em  $\text{mg litro}^{-1}$ ): 1,08 de Fe; 0,60 de Mn; 0,05 de Zn; 0,3 de B; 0,05 de Cu; 0,05 de Mo. A condutividade elétrica inicial estimada foi de 1,4



doi:

dS m<sup>-1</sup> e o pH era mantido entre 5,5 e 6,5. Em função da capacidade de retenção de água, da fase de desenvolvimento das plantas e das condições meteorológicas reinantes no período, as frequências de fornecimento de solução nutritiva preestabelecidas foram: CAC (às 8h30, 11h00, 13h00, 15h00 e 17h00) e CAC+CO (8h30, 13h30 e 17h00), todas com 7 minutos de duração, equivalendo a 197 mL slab<sup>-1</sup> em cada pulso. De modo semelhante ao descrito por Andriolo et al. (2009), foram fornecidos volumes de solução nutritiva superiores à evapotranspiração da cultura. A fração de drenagem adotada foi superior a 30 %.

No centro de oito slabs (quatro de cada substrato), instalaram-se extratores (adaptados) de solução nutritiva da marca ‘Soil Control®’, a aproximadamente 10 cm das plantas e 10 cm de profundidade. Tais extratores são tensiômetros utilizados de modo inverso, ou seja, com a tensão predefinida. Este instrumento é composto de uma cápsula microporosa acoplada a uma câmara de vácuo, vedada por uma tampa de borracha.

As coletas e leituras de pH e CE foram realizadas a partir das 8 horas da manhã durante os dias 01, 04, 08, 11, 13, 15, 18 e 20 de maio de 2015, quando as plantas encontravam-se em florescimento/início da frutificação. O procedimento operacional da coleta dos dados obedeceu aos seguintes passos: 1º) antes do primeiro fornecimento diário de solução nutritiva (às 8h30), por meio de uma seringa de 60 cm<sup>3</sup>, foi aplicado vácuo de aproximadamente -75 KPa aos extratores adaptados; 2º) cerca de 20 minutos depois, com o auxílio de outra seringa acoplada a um micro tubo flexível, a solução extraída do substrato foi retirada do interior do extrator e acondicionada em copos plásticos para posterior leitura; 3º) na sequência, a motobomba foi acionada durante 7 minutos realizando o fornecimento de solução nutritiva a todos os ‘slabs’ do experimento. Após o seu desligamento, coletava-se com copos plásticos a solução lixiviada dos slabs e drenada pelas calhas de coleta. As leituras de pH e CE foram realizadas, respectivamente, por pHâmetro (modelo ‘pHep’) e condutivímetro (modelo ‘Dist 4’) manual digital, marca ‘Hanna’. Para ambos os métodos, as soluções coletadas haviam estado em contato com o sistema radicular das plantas e o substrato desde a última fertirrigação do dia anterior (ocorrida às 17h00), totalizando uma duração temporal de 15h30.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 32 repetições para cada substrato. A leitura dos dados provenientes das soluções obtidas pelos extratores e do lixiviado drenado foram associadas por meio da análise de correlação de Pearson a 1% de probabilidade. Para cada substrato e forma de coleta da solução nutritiva, os valores de pH e CE obtidos durante o período de coletas foram submetidos à análise de variância pelo Teste F a 1% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância indicaram diferenças com significância estatística entre os substratos avaliados. O acréscimo de 20% de composto orgânico à casca de arroz carbonizada causou aumento significativo da CE e do pH, independentemente da forma de coleta da solução nutritiva (Tabela 1). A média dos métodos de coleta (solução do extrator e do drenado) mostrou que a casca de arroz carbonizada possui CE e pH, respectivamente, 9 e 12 % inferiores (CE= 1,65 dS m<sup>-1</sup> e pH= 6,62) aos da mistura com composto orgânico



doi:

(CE= 1,80 dS m<sup>-1</sup> e pH= 7,56). Dinâmica semelhante foi diagnosticada por Martinez et al. (2005) com substrato a base de composto de cortiça em sistema aberto, constatando a elevação da CE e do pH da solução drenada. Também, Pokhrel et al. (2015) constataram a elevação de pH (em uma unidade) e de CE da solução drenada por substrato cultivado com morangueiro quando empregado vermicomposto e fontes de fertilizantes a base de esterco de frango.

**Tabela 1.** Condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH) das soluções extraídas (Extrator) e do lixiviado drenado coletado pelo método ‘Pour Through’ (Drenado) dos substratos à base de casca de arroz carbonizada empregados no cultivo do morangueiro em sistema ‘fechado’.

| Substrato | CE (dS m <sup>-1</sup> ) |         | pH       |         |
|-----------|--------------------------|---------|----------|---------|
|           | Extrator                 | Drenado | Extrator | Drenado |
| CAC+CO    | 1,78 **                  | 1,83**  | 7,58**   | 7,54**  |
| CAC       | 1,63                     | 1,68    | 6,72     | 6,52    |
| CV (%)    | 11,31                    | 12,57   | 1,97     | 2,27    |

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

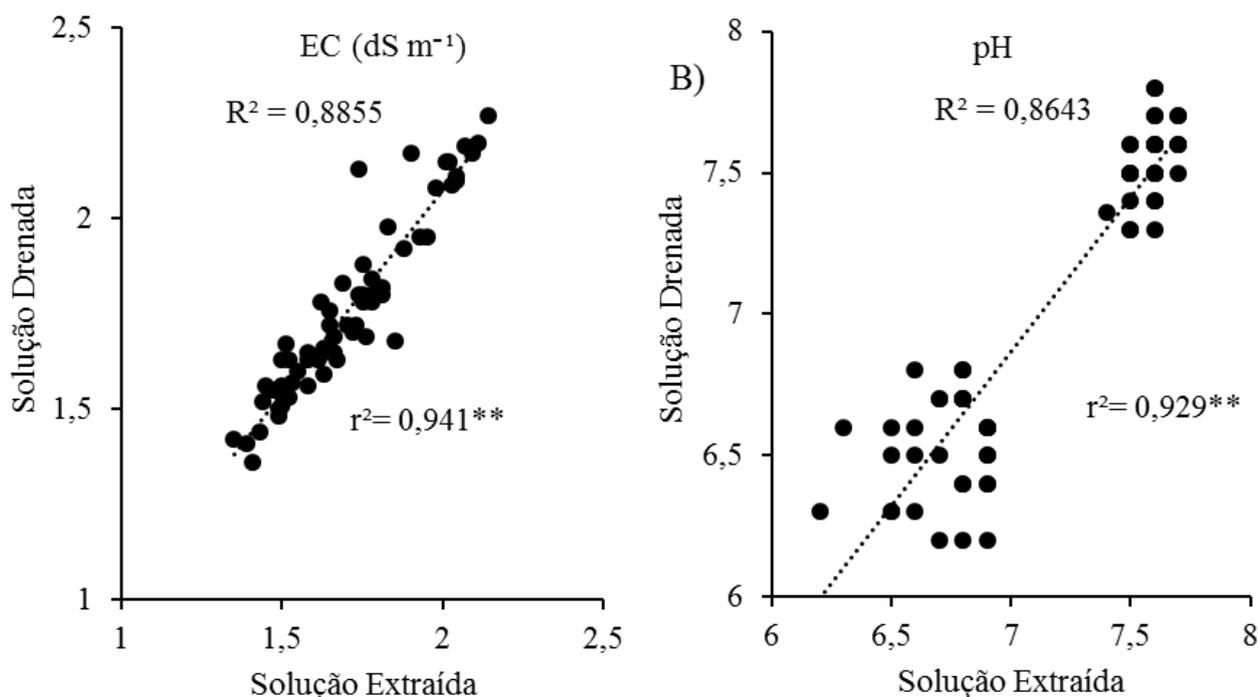
Estes resultados devem ser considerados para a definição do tipo de substrato e do manejo do sistema de cultivo empregado, uma vez que para sistemas fechados, em que ocorre a coleta e a recirculação da solução nutritiva drenada, substratos que proporcionem maior elevação da CE e pH exigirão correções frequentes da solução nutritiva. Além do mais, isso indica que substratos com elevada CTC, como é o caso do composto orgânico, necessitem de ‘lavagens’ periódicas para evitar a salinização (fornecimento de água pura para lixiviar os sais adsorvidos ao substrato).

Na pesquisa de Mota et al. (2011) não foram diagnosticadas diferenças estatísticas significativas entre os métodos de coleta por Extrator e do drenado (‘Pour Through’). De modo semelhante, no presente estudo os valores foram muito próximos (Tabela 1). No entanto alguns autores relatam que particularidades como o volume, a forma do recipiente e a distribuição granulométrica do substrato, bem como a duração do ciclo de cultivo e os volumes de solução aplicados e lixiviados/extraídos coletados podem influenciar nos valores dos parâmetros mensurados por ambos os métodos (YAO et al., 2008; TORRES et al., 2010; LUDWIG et al., 2017). Porém, como os dois substratos testados já haviam sido cultivados no ano anterior, estando no segundo ano de cultivo, nos mesmos slabs no momento do experimento, considera-se que a movimentação de partículas tenha sido mínima, o que não acarretou em diferenças entre os métodos. Além do mais, os volumes de solução aplicados por ocasião da fertirrigação por gotejamento (197 mL slab<sup>-1</sup>) e da solução coletada, tanto por extratores quanto pelo método do drenado, eram sempre os mesmos (50 mL).



doi:

Segundo a análise de correlação, existe forte relação, tanto para os valores de CE como de pH, entre a solução drenada (Método ‘Pour Through’) e a extraída (Método do extrator). Esta afirmação é comprovada mediante a interpretação dos elevados coeficientes de Pearson ( $r^2$ ). Para a CE, (Figura 1A) o  $r^2$  foi de 0,941, resultado que foi significativo ao nível de 1% de probabilidade e revela elevada magnitude estatística. De modo semelhante, também foi observado forte correlação para o pH (Figura 1B), dada pelo  $r^2$  de 0,929. Além disso, os gráficos da Figura 1 demonstram elevados coeficientes de determinação da linearidade da dispersão dos dados, ou seja, a relação entre os métodos de coleta ocorre, mesmo, sob elevada amplitude de variação de CE e pH.



**Figura 1.** Relação entre os valores de CE (A) e pH (B) de soluções nutritivas provenientes de extrator (Método do Extrator) e do drenado (Método ‘Pour Through’) dos substratos à base de casca de arroz carbonizada empregados no cultivo do morangueiro em sistema ‘fechado’. **\*\***Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pela Correlação de Pearson.

Os resultados de correlação entre os métodos evidenciados no presente estudo foram semelhantes ao obtido por Mota et al. (2011), cujos coeficientes de Pearson ( $r^2$ ) também foram elevados, atingindo 0,93 e 0,87, respectivamente, para CE e pH. Na ocasião, embora sem considerar a interferência da absorção das plantas, os



doi:

autores validaram o método da solução drenada ('Pour Through') frente ao método do extrator considerando que deveriam ser realizadas novas pesquisas com o objetivo de determinar valores padrões para as diferentes espécies cultivadas.

Devido à comprovada relevância estatística, estes resultados validam o método de coleta do lixiviado drenado da solução nutritiva (Método 'Pour Through') para as leituras e a tomada de decisão referente ao controle da CE e do pH da solução nutritiva no cultivo do morangueiro em substrato.

Por fim, pode-se indicar que a adição do composto orgânico na proporção de 20% ao substrato de casca de arroz carbonizada eleva a CE e o pH da solução nutritiva. A solução drenada pelo substrato, coletada pelo método do lixiviado drenado ('Pour Through') é representativa das condições da solução no meio radicular, podendo ser empregada com elevada exatidão para o monitoramento da CE e do pH na cultura do morangueiro.

### Referências

ANDRIOLO, J. L. et al. Cultivo sem solo do morangueiro com três métodos de fertirrigação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 691-695, 2009. DOI: 10.15835/nbha4319815

COOPER, A.J. **The ABC of NFT**. Grower Books (Edit), London, 1979. 181p.

DEPARDIEU, C. et al. Sawdust and Bark-Based substrates for soilless strawberry production: irrigation and electrical conductivity management. *Plos One*, v. 11, n. 4, 2016. e 0154104. DOI: 10.1371/journal.pone.0154104

DIEL, M. I. et al. Efficiency of water use for strawberries cultivated in different semi-hydroponic substrates. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, v. 10, n. 8, p. 31-37, 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/305603440>>. Acesso em 12 de março de 2020.

FAGHERAZZI, A. F. et al. Strawberry production progress in Brazil. *Acta Horticulturae*, v. 1156, p. 937-940, 2017. DOI: 10.17660/actahortic.2017.1156.138

FERMINO, M. H. **Substratos**: composição, caracterização e métodos de análise. Agrolivros. Guaíba, 2014. 112p.

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, p.273-279, 2008.



doi:

GONÇALVES, M. A. et al. Produção de morango fora do solo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 32p. 2016.

LUDWIG, F. et al. Adaptação do “Pour Thru” para avaliação de substratos com diferentes granulometrias. Campinas-SP, v. 23, n. 1, p. 22-29. 2017. DOI: [10.14295/oh.v23i1.911](https://doi.org/10.14295/oh.v23i1.911)

MARTINEZ, F. et al. Effect of different soilless growing systems on biological properties of growth media in strawberry. Acta Horticulturae, v. 697, p. 417-423, 2005. DOI:10.17660/actahortic.2005.697.53

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; NETO, J. V. Avaliação de cultivares de morangueiro dias neutros “Albion” e “San Andreas” sob cultivo semi-hidropônico no Alto Vale do Itajaí – SC. Revista Thema, v. 16, n. 4, p. 845-854, 2019.

MIRANDA, S. R. et al. Production of strawberry cultivars in closed hydroponic system and coconut fibre substrate. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 4, p. 833-841. DOI:10.1590/S1806-66902014000400022

MOTA, P. R. A. et al. Avaliação do pH e da condutividade elétrica do substrato sob níveis de fertirrigação e métodos de extração da solução. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, v. 17, n. 2, p. 121-126, 2011.

POKHREL, B.; LAURSEN, K. H.; PETERSEN, K. K. Yield, quality, e nutrient concentrations of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. Cv. ‘Sonata’) grown with different organic fertilizer strategies. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 63, p. 5578-5586, 2015. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b01366

PORTELA, I. P. et al. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro “Camino Real” em hidroponia. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 792-798, 2012.

SONNEVELD, C.; STRAVER, N. **Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates**. 10th ed. The Netherlands, proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. (Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n. 8). 1994. 45p.



doi:

TORRES, A. P.; MICKELBART, M. V.; LOPEZ, R. G. Leachate volume effects on pH and electrical conductivity measurements in containers obtained using the Pour-through method. HortTechnology, v. 20, n. 3, p. 607-611, 2010. DOI: 10.21273/HORTTECH.20.3.608

XING, J. et al. Influence of organic substrates on nutrient accumulation and proteome changes in tomato-roots. Scientia Horticulturae, v. 252, p. 192-200, 2019. DOI: [10.1016/j.scienta.2019.03.054](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.054)

YAO, H. Y. et al. Adapting the Pour-through medium extraction method to Phalaenopsis grown in sphagnum moss. Hortscience, v. 43, n. 7, p.2167- 2170, 2008. DOI: <https://doi.org/10.21273>