

CULTIVO HIDROPÔNICO DA ROSEIRA COM RECÍRCULO PROLONGADO E COM EMPREGO DE BAIXA TECNOLOGIA

Ernesto José Resende Rodrigues^{1*}; Keigo Minami²; Enrico Farina³

¹Pós-Graduando do CEDAF/UFV - CEP: 35690-000 - Florestal, MG.

²Depto. de Produção Vegetal - ESALQ/USP, C.P. 9 - CEP: 13418-900 - Piracicaba, SP.

³Istituto Sperimentale per la Floricoltura di Sanremo, 18038 Sanremo - IM, Itália.

*e-mail: erezende@mail.ufv.br

RESUMO: O experimento sobre cultivo sem solo a ciclo fechado da roseira foi conduzidos no "Istituto Sperimentale per la Floricoltura di Sanremo". O objetivo foi encontrar um sistema simples com baixo emprego de capital, compatível com propriedades de pequeno e médio porte. O sistema se baseia no emprego de duas caixas, em terrenos de declive natural, uma caixa posicionada na parte mais baixa do terreno, de onde a solução nutritiva é bombeada e distribuída nas fertirrigações subsequentes. Nesta caixa, são também recolhidos os drenados que posteriormente irão recircular. Quando o volume se torna excessivamente reduzido, por efeito do consumo, coloca-se solução nutritiva nova, que se mistura ao drenado remanescente. A solução permanece sendo reciclada até ser considerada ruim para uso (a solução é considerada exaurida quando a Condutividade elétrica (CE) supera o teto máximo estipulado para a roseira que foi de 4000mS/cm). A partir deste momento, a solução é retirada de circulação e armazenada na caixa superior; desta é retirada uma amostra para as análises químicas, e sucessivamente reequilibrada para retornar ao sistema, como solução nova. No caso, para remoção da solução exaurida da caixa posicionada na parte inferior do conjunto, o sistema continua em funcionamento, com a administração de solução nova. A CE do drenado, em reciclo, da caixa inferior é monitorado diariamente. Nesta pesquisa, são relatados dados de 18 meses de cultivo da roseira sem solo a ciclo fechado contínuo, parâmetros de uso do sistema, metodologias usadas, suporte de cálculo, dados do balanço hídrico/nutricional e produtividade.

Palavras-chave: rosa, cultivo hidropônico, sistema fechado

HYDROPONIC SYSTEM FOR ROSES WITH PROLONGED RECYCLING OF NUTRIENT SOLUTION AND LOW TECHNOLOGY REQUIREMENTS

ABSTRACT: An experiment of rose cultivation in a closed hydroponic system was carried out from October 1996 to May 1998. The aim was to evaluate a simple equipment suitable for the management of the nutrition, in a closed system of low input for small floricultural farms. Seldomly chemical analysis of nutrient levels in the drainage solution and subsequent regeneration are proposed as substitutes of sensors for continuous adjustment of pH and concentration. The method was tested in a system provided with two tanks and one pump. One tank placed in a higher position was intended for storage of exhausted nutrient solution (Electrical Conductivity > 4000 mS/cm) and regeneration after chemical analysis. The second tank in a lower position was intended to receive the drained solution after distribution to the substrate. Such drained solution was mixed with fresh nutrient solution, when ever necessary, for redistribution. In case of storage of the exhausted drained solution in the upper tank, a fresh nutrient solution would be supplied in the lower tank and recirculated. Electrical conductivity was monitored daily in the lower tank. This paper relates data of 18 months of rose growth in soilless culture with continued recirculation. Good productive results were observed. A noteworthy reduction in water consumption and a high level (90-95%) of nutrient utilization were achieved. The method proved to be useful for cost reduction and was environment friendly, and improved the water and fertilizer use efficiencies, as well as quality and productivity of roses.

Key words: rose, soilless, closed systems

INTRODUÇÃO

A cultura da roseira sem solo, na Europa, está ainda em fase de expansão.

Diferentes instituições de pesquisa estão trabalhando para reduzir os custos de produção e adaptar as tecnologias de condução à floricultura local. Na maior parte dos cultivos, são

utilizados substratos como pedra pomes ou agriperlita e eventualmente misturas com turfa. A quase totalidade dos sistemas hidropônicos funciona a ciclo aberto, com perda do percolado. Em poucos locais ocorre reutilização parcial da solução drenada, sendo esta descartada após um período de uso máximo de 30 dias.

Os altos volumes de solução empregada e as irrigações frequentes no decorrer do cultivo, associados à baixa capacidade de retenção hídrica dos substratos, determinam significativa emissão de fertilizantes sobre o solo. Na França, pesquisadores do INRA, estimam perdas de solução de 300 L/m², em 9 meses de cultura de tomate, o que corresponde a 7-8 toneladas de fertilizantes por hectare. Outra estimativa feita pela equipe técnica da Chambre d'Agriculture del Var relatou perda de solução de 500 L/m²/ano nos sistemas abertos, havendo dispersão de 10 toneladas/ha/ano de fertilizantes, dos quais uma tonelada seria de N.

Esta situação torna-se mais agravante em áreas produtivas, onde a preparação profissional específica do produtor e o nível de assistência técnica no setor da hidroponia é ainda deficiente, como tem acontecido em algumas zonas italianas e, certamente, aqui no Brasil. A solução mais simples, encontrada pelo produtor, para evitar situações de risco de salinidade para as culturas normalmente é aumentar o volume irrigado e conseqüentemente a quantidade de drenagem. Além dos evidentes problemas de impacto ambiental, calcula-se que os gastos em fertilizantes e água podem alcançar mais de 1 real/m³, do qual uma elevada quota, avaliada em mais de 0,8 reais seria desperdiçada.

A solução mais óbvia e radical para tais problemas, além da utilização de confiáveis métodos de controle da efetiva exigência hídrica da planta, é a adoção do ciclo fechado. Entretanto, mesmo as empresas agrícolas que já se encontram com implantação compatível com este tipo de solução, nenhuma delas adotou efetivamente o sistema fechado. Os motivos que têm determinado tal comportamento são diversos, e entre estes podem-se enumerar a baixa confiabilidade dos produtores sobre a sua própria capacidade de conduzir o sistema fechado e a existência de alguns problemas fitopatológicos para determinadas espécies. Junto a isto deve-se acrescentar a problemática da carência de assistência técnica disponível para tal sistema de condução do cultivo e, sem esquecer as políticas comerciais de algumas

empresas que fornecem equipamentos, sistemas, tecnologias, assistência, e que privilegiam o ciclo aberto. Em determinados casos, os floricultores ressaltam problemas ligados ao custo das tecnologias propostas para os sistemas a reciclo, que para as reais circunstâncias não seriam compatíveis com os níveis de investimento suportáveis para os pequenos e médios agricultores.

Com base nesta situação e, também, ao fato de que no futuro próximo será inevitável a adoção de sistemas fechados, foi conduzida, junto ao "Istituto Sperimentale per la Floricoltura di Sanremo", uma pesquisa sobre o cultivo sem solo da roseira com reciclagem da solução nutritiva. Tais atividades são originadas, conseqüentemente, de uma avaliação preliminar do uso de sistema de reciclagem com baixo emprego de tecnologia. Os resultados relativos a tais avaliações preliminares foram executadas sobre plantas de *Chamaelaucium* (Farina et al., 1997a). Um dos objetivos relacionado ao sistema foi a substituição do uso de sensores por uma simples análise química de laboratório para o controle dos níveis dos nutrientes na solução nutritiva. Neste trabalho, são fornecidos, para 18 meses de cultivo da roseira em hidroponia em reciclagem contínua da solução nutritiva, os parâmetros de uso do sistema, as metodologias de utilização, discussão sobre a questão do dimensionamento de alguns elementos para a implantação deste sistema e dados relativos ao balanço hídrico/nutricional e produtividade agrônômica.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e sistema hidropônico

O experimento foi conduzido no "Istituto Sperimentale per la Floricoltura di Sanremo", Itália. O conjunto constituía-se de duas caixas para o armazenamento da solução (uma superior e uma inferior) sobre um terreno inclinado e uma bomba centrífuga. A cada fertirrigação, o drenado era recolhido mediante um apropriado sistema hidráulico de recuperação na caixa inferior (caixa 1) de onde era redistribuído nos intervalos sucessivos de fertirrigação. Diariamente era executado o monitoramento da salinidade e do pH da solução recirculada (Figura 1).

A irrigação, controlada por um programador, ocorria através de bicos de irrigação com jato de 180°, inseridos sobre um tubo de adução dispostos sobre a superfície do

substratos e em posição próxima a uma das paredes da canaleta de contenção do substrato. As plantas foram transplantadas para o sistema hidropônico a uma distância de 5 cm de uma das laterais da canaleta, estando em lado oposto ao tubo de irrigação. Uma pequena aba de polipropileno na forma de 'L' serviu para cobrir uma parte da superfície do substrato, formando uma câmara entre as bordas da superfície da canaleta e a base das plantas, de tal modo que a irrigação das plantas fosse feita dentro desta câmara e permitisse a oxigenação da solução nutritiva e também lavar, por completo, o substrato à disposição das plantas, sem jogar a solução nutritiva fora desta canaleta.

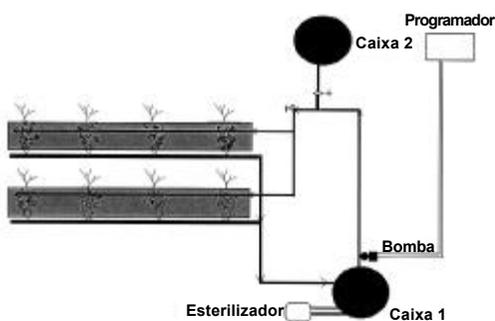


Figura 1 - Sistema hidropônico de ciclo fechado.

O drenado era considerado bom para a reciclagem até o momento que o volume de drenado, maior ou igual a 1/5 daquele da caixa inferior, não alcançasse o valor máximo de salinidade fixado. No caso de ultrapassar este teto máximo de salinidade, o drenado "exaurido" era transferido para a caixa superior (caixa 2) e retirado da reciclagem, enquanto na caixa inferior (caixa 1) era colocada nova solução nutritiva que era utilizada para a fertirrigações sucessivas. O drenado da caixa 2 era submetido a alguns ciclos de esterilização mediante lâmpada de UV e posteriormente era recolhida amostra para análise química. De posse desses resultados analíticos era feito o cálculo para reequilibrar a solução exaurida. Tais cálculos levam em consideração os teores de N, P, K, Ca, Mg, e Fe, já existentes no drenado e é realizado por software projetado justamente para este fim. Após a correção química dos elementos minerais e o ajuste do pH final a valores de 5.8-6.0, a solução da caixa superior era retornada ao

sistema para ser reutilizada. O volume inicial da solução na caixa 1 era de 1000 litros.

Substrato, material vegetal e forma de condução

O sistema constituiu-se de canaletas de polipropileno contendo pedra pomes de granulometria entre 3 a 12mm que é normalmente utilizada na Riviera das Flores (Sanremo) para o cultivo sem solo. Foram cultivadas plantas de rosa microenxertadas da cv Anna sobre o porta-enxerto *R. indica*. O volume de pedra pome à disposição foi de cerca 14 L/planta. As plantas foram dispostas em fila única distanciadas de 23 cm ($d = 10.7$ plantas/m² cultivado), com livre crescimento de outubro de 1996 até o primeira colheita, executada em dezembro de 1996. A colheita foi feita com cortes sobre o ramo que continha a flor, ou seja, com condução dos ramos a subir, com exceção de um rebaixamento a ramos de segunda ordem em julho de 1997 e uma poda de revigoração na metade de fevereiro de 1997. O experimento foi conduzido sob estufa de vidro sem controle térmico ou de luminosidade, a exceção de uma caiação (branqueamento dos vidros com calda de cal) para redução do excesso de radiação no período de junho/agosto 1997.

Foi utilizada inicialmente uma solução nutritiva de composição semelhante àquela utilizada por Brun, de condutividade elétrica igual a 2100 mS/cm, com a concentração reduzida a 2/3 no período de verão junho/setembro (TABELAS 1 e 2). Para preparar a solução nutritiva, foram usados fertilizantes de boa solubilidade e água de distribuição municipal com teor inicial de 100-150 mg de Ca/L e condutividade igual a 300-500 mS/cm, usada após descalcificação através resina de troca iônica. Os micronutrientes foram administrados com solução nutritiva de concentração em mg/L de Mn 0,17, Cu 0,17, B 0,03, Zn 0,03, Mo 0,03. O Fe foi distribuído alternando, na solução irrigada, o uso da forma quelada (Sequestrene) e iônica livre (sulfato ferroso).

Parâmetros para uso deste sistema

Foram previstos três reciclagem da solução ao dia: às 8h30, 12h30 e 17h20, reduzidos a duas durante o período de inverno: às 8h30 e as 16h30. O volume de solução em cada reciclo foi igual a 0,45 L/planta, sendo que o sistema drenava 70 e 80% do volume aplicado.

TABELA 1 - Composição da solução nutritiva de outubro de 1996 a outubro de 1997.

Concentração	N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Fe	Microel.	pH	C.E mS/cm
	mg/L									
Normal*	151	23	41	220	96	33	0.7	Compl.	6.0	2100
Reduzida**	101	15	27	146	64	22	0.4	Compl.	6.0	1400
Relação entre nutrientes	1.00		0.19	1.25	0.55	0.19				

* - usada nos meses de outubro a maio de 1996/97, ** - usada nos meses de junho a setembro de 1997.

TABELA 2 - Composição da solução nutritiva de novembro de 1997 ao final do cultivo.

Concentração	N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Fe	Microel.	pH	C.E mS/cm
	mg/L									
Normal*	164	19	18	192	110	19	0.7	Compl.	6.0	2100
Reduzida**	109	13	12	128	73	13	0.4	Compl.	6.0	1400
Relação entre nutrientes	1.00		0.11	1.05	0.60	0.11				

* - usada nos meses de outubro a maio de 1997/98, ** - usada no mês de junho de 1998.

O valor máximo de salinidade adotado para que a solução em reciclo fosse descartada para a caixa 2 foi baseado em experiência feita anteriormente com a cultura do *Chamaelaucium* e da rosa (Farina et al., 1997a). O valor foi fixado em 4000 mS/cm para o volume, da caixa inferior, maior ou no máximo igual a 1/5 do volume inicial da solução nova.

Correção do drenado exaurido e da composição da solução nutritiva

A correção dos elementos nutritivos da solução drenada foi feita com água e adubos minerais, após uma série de cálculos executados via software específico FERSAN 46, software projetado pelo Dr. Farina do "Istituto Sperimentale per la Floricoltura di Sanremo". O programa toma como base os parâmetros nutricionais do elemento do drenado mais desbalanceado em relação aos níveis ótimos de N, P, K, Ca, Fe e salinidade. Ao final dos cálculos, somente os níveis de N, P, K, Ca e Fe eram retornados aos níveis ótimos; os demais elementos, mesmo que ausentes analiticamente, não eram reequilibrados, retornando aos devidos níveis por ocasião da adição da solução fresca ao sistema. Finalmente, o pH da solução reequilibrada era corrigido a 6 mediante a adição de solução de ácido nítrico diluída.

Dados colhidos

Foram coletados dados do consumo de solução evapotranspirada e do volume da solução nutritiva presente no sistema como um todo. Na solução drenada e em reciclo, foram determinados, diariamente, o pH e salinidade. Para as soluções exauridas, além do pH e salinidade, foram executadas as determinações químicas. Para as análises, foi utilizado o sistema "Spectroquant Merck", um espectrofotômetro SQ118 e os respectivos kits analíticos. Para a análise do Mg foi utilizado o sistema "Aquaquant Merck", com prévia concentração da amostra do drenado utilizando-se de um evaporador de rotação.

Foram coletadas dados de colheita de flores que foram classificadas segundo critérios comerciais, em 5 categorias de qualidade quanto ao comprimento de haste para o mercado de Sanremo: 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm e >80 cm. Para os principais fluxos de produção foram coletados amostras de peso e comprimento das flores para cada categoria comercial.

Avaliação do pH e da condutividade elétrica

Para a caracterização da evolução do pH e da salinidade, tanto do drenado instantâneo

(colhido na saída do substrato contendo a cultura) e quanto do drenado em reciclo (amostras colhidas na caixa inferior onde é armazenada a solução em reciclo), foram coletadas amostras, seguindo os turnos de irrigação e segundo a redução da solução estoque em reciclo (evapotranspiração + consumo pelas plantas + perdas no sistema). Foi utilizado duas soluções nutritivas semelhantes em concentração àquela utilizada na Segunda etapa do experimento (TABELA 2), mas com a relação entre o nitrogênio amoniacal e nítrico diferentes:

- solução com $N-NH_4 : N-NO_3 = 1 : 8$
- solução com $N-NH_4 : N-NO_3 = 1 : 3$, solução derivada do reaproveitamento da solução exaurida após ser corrigida.

O período de condução do ensaio para avaliação do pH e condutividade elétrica foi de março a abril de 1998, sendo analisados todos os denados do referido período.

RESULTADOS

Durante o período de 20 meses de cultivo foi conseguido reciclar a solução de nutrientes sem descartar do sistema nenhum drenado, exceto quando era retirado temporariamente para a caixa 2, com o objetivo de reequilibrar o drenado à formulação inicial e permitir sua reutilização.

Balanco hídrico

Os resultados obtidos indicam um consumo de cerca 64.000 L de água para os 566 dias de cultivo de 406 plantas, correspondendo a 0,28 L/planta/dia. Na primeira quinzena de janeiro de 1998 (período de inverno) o consumo foi igual a 0,09 L/planta/dia. Em agosto (período de verão) o consumo foi de 0,6 L/planta/dia (Figura 2). Para se entender melhor estes dados de consumo de solução, recorde-se que, em janeiro, ocorrem temperaturas baixas, chegando próximas de zero e o ambiente não foi aquecido.

O consumo médio de água obtido no decorrer do experimento (0,28 L/planta/dia) foi muito inferior àquele obtido no decorrer de uma experiência feita anteriormente no mesmo sistema para o cultivo sem solo do *Chamaelacium* (Farina et al., 1997a). Realmente, neste caso relatado, o consumo foi igual a 0,95 L/planta/dia, média obtida de 10 meses entre outubro e julho. Esta diferença de consumo hídrico pode ser em

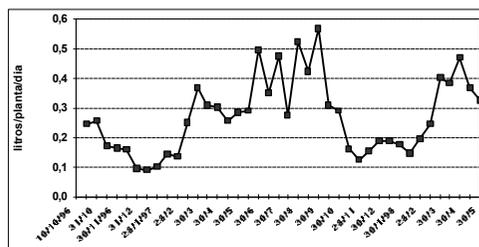


Figura 2 - Consumo hídrico médio por planta de rosa em sistema de cultivo em sistema fechado.

decorrência, pelo menos em parte, do efeito da cobertura do substrato para proteção e redução da perda de água usado no ensaio. É interessante ressaltar, mesmo porque no caso da rosa que apresenta crescimento e área foliar muito superior ao do *Chamaelacium* obteve-se um consumo médio muito menor. Por outro lado, estes dados sobre o uso de cobertura do substrato em cultura sem solo, já evidenciados por Farina et al., 1997b, é que levaram a este tipo de condução para prevenção da perda de água e melhora na produção. No caso deste ensaio, o baixo consumo de água, se comparado a média geral de consumo para a roseira, se presume que seja por uma baixa intensidade de evaporação de água e ao reduzido aumento da salinidade da solução no substrato, fato importante na condução do sistema, principalmente quando se pratica este tipo de cultivo em áreas tropicais ou com altas temperaturas e baixa umidade relativa.

O consumo de água, correspondente a 64.000 litros, é muito inferior àquele obtido para um cultivo normal sobre terra, estimados em 100.000 a 130.000 litros, em base aos turnos de rega e aos volumes de irrigação previstos e que normalmente são aumentados por conta dos próprios produtores ou por condições climáticas mais rigorosas das zonas tropicais (assistência técnica local).

Balanco de nutrientes

O balanço nutricional após 566 dias está na TABELA 3. As relações entre os nutrientes consumidos mostrados na TABELA 3 são semelhantes àquelas da solução nutritiva inicial (TABELA 1). O percentual de utilização dos nutrientes variou de 78 a 99%, sendo o menor valor para o Fe seguido do Ca (95%) e os demais acima de 98%. É provável que o Fe tenha se precipitado na forma de compostos insolúveis,

principalmente quando foi usado o sulfato ferroso no preparo da solução nutritiva.

Os percentuais de utilização dos macroelementos, N, P, K, Ca e Mg se encontram entre 91 a 99.2 %; o Fe apresentou um baixo aproveitamento em relação àquele que se administrou nas soluções, caso já previsto, uma vez que o Fe torna-se não disponível às plantas após determinado período, assim, mesmo que presente na solução foi colocado em quantidades superiores àquelas exigidas pelas plantas.

No caso de se decidir por descartar o drenado remanescente no sistema após os 18 meses de reciclagem, seria jogada no ambiente ou utilizado como adubo em culturas em solo normal, após previa diluição, somente uma pequena quantidade de elementos, muito inferior àquela estimada por Guerin et al. (1995), que foi igual a 50%. Menor ainda se comparada as perdas estimadas aos níveis experimentais, para o cultivo a ciclo aberto, nos experimentos feitos por Jeannequin & Fabre (1993), os quais indicam perda superior a 65% de N (forma nítrica), a 45% para o P, a 58% para o K, a 56% para o Ca e superior a 80% para o Mg.

A utilização do ciclo fechado, segundo a metodologia descrita, permitiu, portanto, uma grande economia de fertilizantes, acima de tudo em relação ao seu desperdício quando este é

jogado no meio ambiente, com benefícios do tipo econômico (menor despesa com adubos) e menor prejuízo ao ambiente.

Produção de drenado em reciclo

No decorrer dos 18 meses, foram produzidos 4400 litros de drenado exaurido. Tais quantidades correspondem a uma produção média de 0,019 L/planta/dia. A maior quantidade de solução drenada foi obtida no período junho/agosto 1997 (0,024 L/planta/dia) e a menor quantidade no período novembro de 1997 / março de 1998 (0,007 L/planta/dia). A quantidade de solução drenada em porcentagem do total fornecida variou entre os valores de 80% no período de outubro de 1996/ maio de 1997, e 68% no período de abril / maio de 1998 (TABELA 4). Como os valores da efetiva quantidade de drenagem foram sempre altos, pode-se presumir que em cada aplicação de irrigação se tenha obtido uma boa homogeneização da solução nutritiva no ambiente radicular das plantas, ou seja a concentração no ambiente de raízes foi mantida sempre igual a concentração da solução recirculante irrigada.

Um outro aspecto importante deste método foi possibilitar o controle, por meio de análises químicas, de um eventual desequilíbrio de alguns elementos no drenado exaurido e, portanto, de adequar a real quantidade dos

TABELA 3 - Balanço do fornecimento de fertilizantes para as 406 roseiras em cultivo em sistema fechado em 566 dias.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Adicionados ao sistema (g)	9195	1720	10772	5555	1565	31,2
Restante no sistema (g)	202	14	212	464	31	6,7
Consumido (g)	8992	1706	10561	5092	1534	24,5
Consumido/planta/dia (mg)	39	7,4	46	22,2	6,7	0,11
Relação entre elementos	1	0,19	1,17	0,57	0,17	

TABELA 4 - Número de fertirrigação e volume de solução drenada em cada período da prova.

Período	Aplicação/dia	Consumo/dia (L)	Irrigação/dia (L)	Drenagem (%)
10/10/96-20/05/97	2	0,20	0,99	80
20/05/97-11/11/97	3	0,37	1,48	75
11/11/97-10/04/98	2	0,22	0,99	78
10/04/98-30/05/98	3	0,47	1,48	68

elementos nutritivos à exigência da espécie em cultivo. Por exemplo, nesta pesquisa, o P administrado na primeira formulação (TABELA 1) foi excessivamente alto para o reciclagem; uma vez que não era absorvido pela cultura, este vinha acumulando na solução do drenado, portanto em todas as análises feitas era o nutriente que apresentava o maior valor relativo na amostra, e assim permitiu que fosse feito o ajuste, mudando-se a formulação para uma outra que continha menor concentração deste elemento.

O drenado exaurido foi analisado e sucessivamente regenerado 9 vezes em 18 meses. Para um cultivo que não seja ao nível experimental, é possível manejar o drenado exaurido de tal forma que não sejam necessárias análises e regenerações freqüentes. Para isso, bastaria que se armazenasse em uma caixa diversos drenados inadequados ao reciclo e depois seriam submetidos a uma única análise para a sua sucessiva regeneração. Neste caso, o acúmulo progressivo dos drenados em uma caixa de estocagem permitiria diminuir o custo das análises químicas, que pode variar segundo o tipo de laboratório no qual seriam encaminhados. Particularmente, o momento em que deve ser efetuada as análises químicas seria sugerido pelo próprio valor econômico do drenado exaurido acumulado e o valor de custo da análise, fato que talvez não seja ainda a nossa realidade, porque no Brasil, não se tem uma legislação rigorosa que proíba o descarte de resíduos químico sobre o solo.

A título de exemplo, pode-se estimar o seguinte cálculo: a partir do valor médio do drenado exaurido obtido no decorrer do experimento, indicou o valor de 2.76 reais/m³ como base econômica das análises. Portanto, uma caixa de estocagem de 10 m³ conteria um drenado no valor de 27 reais, ou seja, valor que corresponderia ao custo da análise química junto a um laboratório público. O volume de 10 m³ de drenados exauridos foi alcançado, ao ritmo de 0,019 l/planta/dia, após 526.313 plantas cultivadas /dia (valores que correspondem por exemplo a 526 dias para 1000 plantas em cultivo, ou a 53 dias para 10.000 plantas e assim por diante). Mas, no caso de se estocar o drenado, deve-se levar em consideração que seria necessária a utilização de uma outra caixa para executar os sucessivos reequilíbrios ou usar uma caixa de estocagem com volume maior que o total do drenado de tal forma que possibilite sua reequilibratura após as análises.

Caracterização do drenado na calha antes de misturar à solução estoque e do drenado em recibo

No experimento conduzido para analisar a variação do pH e da salinidade na solução drenada, no teste onde foi feito uso da solução nova com condutividade elétrica de 2100 mS/cm e $N-NH_4 : N-NO_3 = 1 : 8$, foi observado que esta solução, ao passar pelo substrato, deu origem a um drenado com condutibilidade de 3000 mS/cm que, ao ser misturado com a solução na caixa inferior, deu origem a um drenado com condutividade um pouco superior àquela da solução em reciclo. O valor da salinidade de 4000 mS/cm foi superado nesta série de avaliações, quando a solução em reciclo foi reduzida a cerca de 1/3 do volume inicial. A variação do pH, ao contrário, foi menos indicativa, entretanto, é importante evidenciar que se manteve entre 6,3 e 6,8 com o progredir da reciclagem, e mesmo, com a redução do volume inicial do drenado (Figura 3). Entretanto quando foi utilizada solução regenerada, cuja relação entre nitrogênio $N-NH_4 : N-NO_3$ era de 1: 3, o pH reduzia de 6.5 para 3.2 na solução recirculante, enquanto o drenado instantâneo apresentava sempre valores do pH em torno de 3.2 (Figura 4).

Retornando à condução normal do sistema, onde a solução nutritiva nova se mistura à solução drenada já presente, no total da experimentação, o drenado foi considerado exaurido 9 vezes em períodos de cerca 65 dias entre eles, com exceção de um período de utilização da solução nutritiva mais longo, entre novembro de 1997 e março de 1998. Cada vez que a condutibilidade do drenado atingia um nível superior a 4000 mS/cm, o seu valor de pH estava entre os níveis de 4,8 - 5,2. Apesar disso, os valores de pH analisados durante o funcionamento do sistema estavam sempre na faixa de 5,8 - 6,2, valores considerados compatíveis para a condução neste tipo de cultivo.

Em relação ao aumento da acidez verificada durante as análises de controle do pH e condutividade elétrica, a partir das soluções nutritivas regeneradas, é necessário considerar que a relação $N-NH_4 / N-NO_3$ é um dos principais fatores de controle do pH de uma solução em reciclagem. Willumsen (1984), trabalhando com alface, considerou que, para manter um pH entre 4 e 5, seria necessário cerca de 10% de N amoniacal e de 90% de N-nítrico. Portanto, a manutenção do pH depende do nível de $N-NH_4$ na solução. Por outro lado, o $N-NH_4$ pode ser

oxidado a N-NO₃ em passagens sucessivas pela ação de bactérias, principalmente as dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* que o transforma através das reações metabólicas e produzem o íon H⁺. Portanto, é de se considerar que, a partir das soluções nutritivas obtidas dos drenados exauridos regenerados por meio da adição de sais de amônio, se possam obter drenados com elevada acidez, como efetivamente verificado neste ensaio. Este tipo de problema que surge com frequência, ao nível prático, uma vez que, o produtor não consegue manter, em sua propriedade, uma diversificação de sais de N que possibilite regenerar a solução sem a adição do íon amônio.

Com relação ao aumento da acidez, avaliada na solução circulante no momento que se apresentava com elevada concentração iônica,

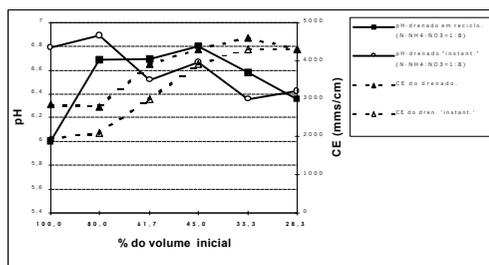


Figura 3 - Variação da condutibilidade elétrica (CE) e do pH do drenado instantâneo (coletado no final da calha antes de voltar para a caixa 1) e em reciclo com N-NH₄/N-NO₃ = 1:8.

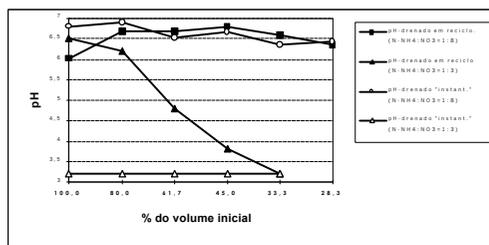


Figura 4 - Variação do pH do drenado instantâneo (coletado no final da calha antes de voltar para a caixa 1) e em reciclo com N-NH₄/N-NO₃ = 1:8 e 1:3.

justamente após vários ciclos com reposição com soluções frescas, não pode ser correlacionada com a elevada quantidade de íon amônio, uma vez que as análises químicas do drenado exaurido evidenciam ausência deste íon no momento de ser retirado de circulação. Deste modo, é necessário considerar que a solução nutritiva é um sistema químico extremamente complexo para se fazer uma análise unitária dos fatores que interagem e governam o sistema, sabendo-se que ela é composta de múltiplos subsistemas que apresentam unidades de equilíbrio químicos diferentes, quanto à sua solubilidade e capacidade tamponante, mas que interagem entre elas. Poderia ser interessante considerar principalmente dentro dessas propriedades destes subsistemas, aquelas do fosfato biácido que é conhecida dentro deste sistema. Para isto, se tiver uma solução de um sal de fosfato biácido, por exemplo, a concentração de cerca 0.1 M (cerca 12 g/L), o pH vai a valores de 4-5, enquanto a diluição de tal solução leva o pH a 7, ou seja ao pH semelhante ao da água. Este tipo de reações poderia explicar o aumento na concentração de íons H⁺ e da salinidade verificada no decorrer do experimento.

Produtividade e qualidade da produção

O rendimento total analisado foi de 26,5 flores / planta, para o período de 18 meses de condução da roseira sem solo que correspondeu a 15 meses de colheita. A classificação das flores colhidas nas suas respectivas classes comerciais caracterizadas por diferença de comprimento de hastes florais estão na TABELA 5. É importante ressaltar que não foi feito o controle climático da casa de vegetação neste período, e que as plantas entram em dormência no período de inverno e, também, que o sistema de condução das plantas usado foi o tradicional. Atualmente, na França e na Itália, grande parte dos floricultores estão utilizando o sistema de condução japonês ou em coroa, que permite um favorecimento da produção somente de hastes longas em detrimento das demais (Morisot, 1997).

Foi calculado o peso por unidade de comprimento, em cada período de produção (TABELA 6). Verifica-se que as hastes florais

TABELA 5 - Produção de rosas nos dezoito meses de colheita das hastes.

Classe comercial	<40 cm	40-50cm	50-60cm	60-70 cm	70-80 cm	> 80 cm	Total
Rosas/planta	8,89	8,08	5,55	2,33	0,53	0,12	26,50

TABELA 6 - Peso por unidade de comprimento de hastes dentro de cada classe comercial.

Data	classe comercial					
	<40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80
08/04/97	não determ.	1,10	1,26	1,23	1,47	1,58
30/06/97	não determ.	0,59	0,58	0,77	0,83	-
30/09/97	não determ.	0,53	0,51	0,65	-	-
07/05/98	não determ.	0,94	1,12	1,18	1,21	1,2

desenvolvidas logo após o período de repouso invernal, período que corresponde ao primeiro período de produção, apresentam uma espessura maior das hastes florais em decorrência da poda de inverno ou poda de rejuvenescimento, sendo também o período em que se concentra também a maior produção de flores (Figura 5).

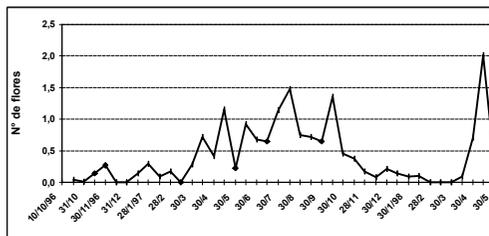


Figura 5 - Distribuição periódica da produção comercial de flores (>40cm).

CONCLUSÃO

Foi demonstrado nesta pesquisa, até o final de 18 meses, a possibilidade de uso do cultivo em sistema fechado, sem descartar nenhum drenado e sem utilizar-se de altas tecnologias.

O manejo do reciclo com longa duração depende, acima de tudo, da qualidade da água, porque alguns sais não utilizados pelas plantas, mesmo que não sejam tóxicos, tendem com o tempo a acumular-se e tornar cada vez mais difícil a regeneração da solução.

O sistema de cultivo fechado possibilitou reduzir os custos de produção pela

utilização dos elementos nutritivos em níveis quantitativos adequados a cultura e respeito ao meio ambiente, por não haver descarte de fertilizantes.

O sistema proposto é superior ao do sistema aberto, mesmo que seja necessário descartar o drenado exaurido após determinado período.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FARINA, E.; PATERNIANI, T.; PALAGI, M. Un sistema a ricircolo per ornamentali fuori suolo. **Colture Protette**, v.9, p.67-72, 1997a.
- FARINA, E.; PATERNIANI T.; PALAGI, M. Risultati nella gestione idrica in sistemi fuori suolo mediante il metodo di controllo della frazione di percolato. **Floricultura**, v.3, p.17-19, 1997b.
- GUERIN, V.; LEMAIRE, F.; RIVIERE, L.M.; SINTES, G.; CHARPENTIER, S.; CHASSERIAUX, G. Gestion des apports hydriques et minéraux sur les cultures en conteneurs. **PHM Revue Horticole**, v.356, p.39-46, 1995.
- JEANNEQUIN, B.; FABRE, R. Procède de culture hors-sol a circuit fermé. Etudes et perspectives. **PHM Revue Horticole**, v.338, p.21-26, 1993.
- MORISOT, A. La pelote ou conduite japonaise du risuer: moins de rendement, plus de qualité. **PHM Revue Horticole**, v.386, p.22-25, 1997.
- WILLUMSEN, J. Nutritional requirements of lettuce in water culture. In: INTERNATIONAL SOCIETY ON SOILESS CULTURE, 6., Lunteren, 1984. **Proceedings**. Lunteren: ISOSC, 1984. p.777-791.

Recebido para publicação em 01.02.99

Aceito para publicação em 10.08.99