

FITOTECNIA

PRODUÇÃO DE FRUTOS E ESTOLHOS DO MORANGUEIRO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO EM AMBIENTE PROTEGIDO⁽¹⁾

FLAVIO FERNANDES-JÚNIOR⁽²⁾; PEDRO ROBERTO FURLANI^(3,6);
IVAN JOSÉ ANTUNES RIBEIRO⁽⁴⁾; CASSIA REGINA LIMONTA CARVALHO⁽⁵⁾

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo comparar a produção de frutos e de estolhos do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Campinas IAC-2712, em função de três sistemas de condução em ambiente protegido (solo, hidropônico-NFT e hidroponia em casca de arroz carbonizada em colunas verticais). O experimento foi realizado no período de junho de 2000 a fevereiro de 2001, na Estação Experimental de Agronomia de Jundiá (latitude: 23°06'S, longitude: 46°55'W, altitude média: 715 m, clima Cwa), do Instituto Agrônomo, seguindo-se o delineamento de parcelas subdivididas com três repetições, em casa de vegetação modelo semi-arco com abertura zenital superior. Nos dois sistemas hidropônicos foram usadas duas composições de soluções nutritivas, respectivamente, para a fase de crescimento vegetativo e para a produção de frutos. Os resultados obtidos permitiram concluir que no sistema vertical, embora as produções de frutos e de estolhos por planta tenham sido menores que nos demais sistemas estudados, há possibilidade de melhor aproveitamento interno do ambiente protegido, com reflexos positivos no aumento do rendimento por área e maior facilidade de manejo da cultura, incluindo as operações de transplante, limpeza das plantas e colheitas de frutos e remoção de estolhos. Essas vantagens também se aplicam ao sistema hidropônico-NFT mesmo não tendo apresentado diferenças de produção em relação ao cultivo convencional.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch., substrato, hidroponia, qualidade de frutos, nutrição mineral.

ABSTRACT

FRUIT AND RUNNER TIPS PRODUCTION OF STRAWBERRY PLANTS GROWN ON DIFFERENT CROPPING SYSTEMS UNDER PROTECTED CULTIVATION

The objective of this work was to compare the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit and runner tips production in function of three types of cropping systems (conventional soil, NFT hydroponics, and vertical bags with carbonized rice straw as substrate) under protected cultivation. The cultivar used was 'Campinas IAC-2712'. The experiment was done in a greenhouse during the period from June 2000 to February 2001, at Agronomy Experimental Station of Jundiá (latitude - 23°06'S, longitude - 46°55'W, mean altitude -715 m, and climate Cwa), Agronomic Institute, following the statistical experimental design of split plot model with three replications as blocks. Two compositions of the nutrient solutions were used for the two hydroponics systems according to the plant vegetative and fruiting stages, respectively. The results allowed to conclude that in the vertical system, although the fruit and runner tips productions per plant were lower than the other systems, there is a possibility to increase the internal space of a protected environment. This would promote increase in the production per area and also give better crop management including transplanting, cleaning and harvesting of fruits and runner tips. These advantages also apply to the NFT hydroponics system despite it did presented any difference in production compared to the conventional soil cropping system.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch., substrate, hydroponics, fruit quality, mineral nutrition.

⁽¹⁾ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, área de Tecnologia de Produção Agrícola, apresentada ao Instituto Agrônomo (IAC), em 2001. Recebido para publicação em 11 de junho e aceito em 7 de dezembro de 2001.

⁽²⁾ Mestrando com bolsa da FAPESP, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, IAC. E-mail: pfurlani@iac.br

⁽⁴⁾ Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Frutas, IAC.

⁽⁵⁾ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais, IAC.

⁽⁶⁾ Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A produção de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) no Brasil encontra-se em franca expansão. A introdução de novas cultivares com menor sensibilidade ao fotoperíodo e a temperaturas baixas para frutificação como a Seascape (GUSMÃO, 2000), ou mais rústicas e com maior durabilidade pós-colheita, permitiu que o cultivo se expandisse e se popularizasse (MARIM et al.; 1999). Além disso, a busca por alternativas rentáveis pelos pequenos produtores fez com que a área plantada no Brasil chegasse ao patamar de 2.500 hectares no período 1996/98 (SANTOS, 1999; RONQUE, 1999; BOTELHO, 1999; CRUZ, 1999; MARIM et al., 1999).

Em razão do crescimento da área explorada com essa hortaliça, intensificaram-se os problemas que acompanham a cultura, como o uso em larga escala de defensivos agrícolas, ocasionando preocupação e resistência ao consumo dos frutos, além da agressão ao meio ambiente. Diversas alternativas vêm sendo propostas para minimizar esses inconvenientes, destacando-se o cultivo protegido, em vista das alterações positivas que proporciona no ambiente para a cultura (GOTO e TIVELLI, 1998) e da menor ocorrência de doenças fúngicas e bacterianas devido à diminuição do molhamento foliar (RESENDE e MALUF, 1993; PIRES et al., 1999).

Em virtude da suscetibilidade do morangueiro ao ataque de fungos de solo e bacterioses, a rotação de áreas de plantio com outras culturas é prática fundamental no manejo das condições fitossanitárias, buscando-se, com isso, reduzir o inóculo inicial a cada safra (PASSOS, 1997). Essa prática, embora consagrada é conflitante com o padrão das pequenas propriedades e ainda mais conflitante quando se adota algum tipo de cultivo protegido, devido à grande dificuldade de migração das estruturas, com exceção dos túneis baixos. Por essa razão, cresceu o emprego de técnicas de desinfecção de solo como a solarização e o uso de produtos fumigantes em regiões que adotam o cultivo protegido há mais tempo, como os Estados americanos da Flórida e da Califórnia. Segundo LARSON e SHAW (1995), a proibição do uso de brometo de metila levaria a uma redução de 50% na produção de morango nessas regiões.

As limitações fitossanitárias do solo promoveram o desenvolvimento e a adoção de técnicas de cultivo sem solo ou hidroponia em regiões tradicionais de produção de hortaliças, e o exemplo mais marcante está situado em Almeria, no Sul da Espanha (CAÑADAS, 1999).

Os sistemas hidropônicos podem ser de dois tipos: a) fechados, estáticos ou recirculantes, quando a solução nutritiva que passa pelas raízes volta ao depósito de origem e, b) abertos, quando a solução aplicada ao ambiente radicular não retorna à origem. MARTÍNEZ

(1999) apresenta, ainda, a denominação de sistemas hidropônicos puros e em substratos, podendo haver subdivisões em cada um deles.

Dentre os sistemas que não envolvem substratos, a técnica do fluxo laminar de nutrientes NFT (Nutrient Film Technique) é a mais difundida no Brasil e no mundo (MORAES e FURLANI, 1999). Entre os cultivos em substratos, os sistemas abertos são os mais frequentes e envolvem substratos orgânicos, minerais ou mistos (CAÑADAS, 1999). Dentre estes, a casca de arroz, por ser material de descarte da cultura, apresenta baixo custo e tem sido utilizada com sucesso na confecção de substratos ou isoladamente em cultivo hidropônico do tomateiro (ORSI et al., 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar, dentro de um ambiente protegido, a produção de frutos e de estolhos de morangueiros cultivados em três diferentes sistemas: a) convencional em solo; b) hidropônico pela técnica do fluxo de nutrientes (NFT), e c) hidropônico em substrato de casca de arroz carbonizada acondicionada em colunas verticais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de junho de 2000 a fevereiro de 2001, na Estação Experimental de Agronomia de Jundiaí, do Instituto Agrônomo (latitude: 23°06'S, longitude: 46°55'W, altitude média: 715 m, clima Cwa).

A casa de vegetação utilizada foi uma estrutura de polipropileno com abertura zenital superior e coberta com polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 µm, apresentando as seguintes dimensões: 7 m de largura, 40 m de comprimento, e alturas mínima e máxima de 1,80 m (pé-direito) e 5,20 m (centro) respectivamente.

A cultivar utilizada foi a Campinas IAC-2712, de dias curtos (CAMARGO e PASSOS, 1993). Utilizaram-se mudas matrizes oriundas de micropropagação, apresentando, aproximadamente, 8 cm de altura e três a quatro folhas por ocasião do transplante, ocorrido em 11 de julho de 2000. As mudas foram previamente tratadas com duas pulverizações de solução de Benomyl a 0,06%.

2.1. Tratamentos

a) **Cultivo em solo:** realizado em canteiros de 12 m de comprimento, 1,5 m de largura e 0,30 m de altura. Adotou-se o espaçamento de 0,30 x 0,30 m, conforme recomendado por CAMARGO e IGUE (1973), totalizando 11,7 plantas por metro quadrado. Os canteiros possuíam cinco linhas de plantio e 39 plantas por linha, totalizando 195 plantas por canteiro. Os canteiros foram confeccionados com substrato composto por solo de barranco, cama-de-cocheira e cama-de-galinheiro na

proporção de 4:2:0,5; objetivou-se, com isso, minimizar principalmente a incidência de fungos de solo na cultura. Para calagem e adubação de plantio seguiram-se as recomendações de PASSOS e TRANI (1997). Efetuaram-se as adubações de cobertura via fertirrigação em três datas, 27 de julho, 30 de agosto e 16 de outubro de 2000. O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento, utilizando-se um tubogotejador, de polietileno flexível por linha de plantio. Após o pleno estabelecimento das mudas, fez-se a cobertura dos canteiros com filme de polietileno preto, com espessura de 30 μm , padrão nos cultivos comerciais.

b) Hidropônico-NFT: o cultivo hidropônico pela técnica do fluxo de nutrientes (NFT) foi desenvolvido em bancadas com 12 m de comprimento, 1,5 m de largura e declividade igual a 3%. As bancadas continham cinco linhas de plantio destinadas à fase definitiva, composta de canais de cultivo formados por perfis hidropônicos de 150 mm de diâmetro. Dispostos entre os perfis da fase definitiva, existiam quatro linhas de cultivo para a fase intermediária, formadas por perfis hidropônicos de polipropileno com 100 mm de diâmetro. O sistema contava ainda com um reservatório de 1.000 litros para solução nutritiva, conjunto motobomba, tubulação de recalque com derivação de refluxo ao reservatório para promover a oxigenação da solução nutritiva e uma rede de coleta e retorno da solução à origem após a circulação pelas mesas de cultivo. O cultivo no tratamento NFT foi dividido em duas fases: aclimação das mudas ao sistema (ou intermediária) e definitiva. Na fase de aclimação adotou-se o espaçamento 0,15 x 0,12 m e na fase definitiva, 0,30 x 0,25 m.

c) Hidropônico em substrato de casca de arroz carbonizada acondicionada em colunas verticais: para o cultivo hidropônico vertical, foram confeccionados sacos de polietileno preto extrusados na forma de uma bobina contínua, com 150 μm de espessura e 0,24 m de diâmetro, a qual foi cortada em pedaços de 2,20 m de comprimento e preenchidos com casca de arroz carbonizada, formando tubos. Cada recipiente, com capacidade para 62,8 litros de substrato, foi ligeiramente compactado durante o enchimento. Esses tubos com ambas as extremidades amarradas passaram a ter 2 m de comprimento e foram, então, pendurados em um sistema de sustentação composto por duas linhas paralelas distantes 1,20 m entre si. Essas linhas encontravam-se elevadas 2,10 m do chão, sustentadas por pilares feitos de caibros de 6 x 5 cm, distantes 3 m um do outro ao longo da linha. Considerando-se como referência o eixo dos cilindros, os sacos de cultivo foram dispostos no sistema de sustentação no espaçamento de 1,10 x 1,0 m. Cada parcela do tratamento compreendia 12 sacos de cultivo e cada saco, 28 plantas dispostas em

quatro linhas radiais equidistantes; cada linha envolvia sete plantas dispostas verticalmente e espaçadas 0,25 m entre si. A área total ocupada por cada parcela do sistema, considerando-se um polígono, que envolvesse completamente as plantas, correspondia a 9 m^2 , sendo 1,5 m de largura por 6 m de comprimento. O número de plantas foi de 37,3 por metro quadrado. A solução nutritiva era distribuída nos sacos de cultivo por meio de dois difusores de vazão regulável ajustados para emitir, aproximadamente, 11 litros por hora cada um.

Para o transplantio das mudas para os sacos de cultivo foram abertos orifícios na forma de um x no plástico e, com um pedaço cilíndrico de madeira, perfurou-se o substrato a fim de acomodar justamente o torrão da muda e conferir uma inclinação de 45° desta com o saco.

2.2. Solução nutritiva

a) Composição: para os dois sistemas de cultivo hidropônico, vertical e horizontal, as soluções nutritivas possuíam a mesma composição química, havendo, entretanto, uma composição para a fase de crescimento vegetativo e outra para a fase de produção de frutos que continham respectivamente: 7,33; 1,29; 2,97; 1,9; 1,13 e 1,13 mmol.L^{-1} de N, P, K, Ca, Mg e S, e 32; 10; 30; 3,1; 1,3 e 0,17 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo. A solução da fase de frutificação continha, respectivamente: 6,74; 1,29; 3,60; 1,9; 1,13 e 1,13 mmol.L^{-1} de N, P, K, Ca, Mg e S, e 32; 10; 48; 3,1; 1,3 e 0,17 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ de Fe, Mn, B, Zn, Cu e Mo.

b) Manejo da solução nutritiva: nos dois sistemas hidropônicos, utilizou-se a solução nutritiva para crescimento desde o início do experimento em 11 de julho até 30 de setembro. A partir de outubro (início da frutificação), usou-se a solução nutritiva para a fase de frutificação. No cultivo NFT, que é um sistema recirculante, durante a fase de crescimento procedeu-se à renovação completa da solução nutritiva (condutividade elétrica – CE - inicial ao redor de 1,4 mS.cm^{-1}) quando atingiu CE igual a 1,0 mS.cm^{-1} , tomando-se o cuidado de repor, diariamente, no depósito, o volume evapotranspirado apenas com água. No início da frutificação, formularam-se duas soluções-estoque (g.L^{-1}): **Solução A** – fosfato monopotássico (90), sulfato de magnésio (150) e nitrato de potássio (125); **Solução B** – nitrato de cálcio (200), ácido bórico (1,5), sulfato de cobre (0,1), quelato de ferro (FeEDDHA) (15), sulfato de manganês (0,75), molibdato de amônio (0,05) e sulfato de zinco (0,25). Com base na redução da condutividade elétrica da solução do tanque e medida após a reposição do volume de água consumido, adicionavam-se volumes iguais dessas duas soluções. A CE foi mantida entre 1,3 e 1,5 mS.cm^{-1} e o pH apenas monitorado durante o desenvolvimento das plantas. No

tratamento vertical, por se tratar de um sistema aberto, a solução era preparada e aplicada ao sistema sem o reaproveitamento do excesso percolado.

c) **Condução da cultura:** os tratos culturais comuns aos três sistemas, como a retirada de folhas velhas ou em excesso e de estolhos, foram sempre executados na mesma época, seguindo-se os mesmos critérios. Procedimento igual foi adotado para o controle fitossanitário, até mesmo quando a incidência de determinada praga ou doença era maior em um tratamento que em outro.

2.3. Coleta de dados

a) **Frutos:** foram colhidos no estágio de 70% avermelhado até totalmente maduro. A colheita teve início em 10 de setembro de 2000, dois meses após o transplante das mudas, estendendo-se até 2 de janeiro de 2001. As características químicas relacionadas ao sabor dos frutos foram avaliadas pela análise de amostras compostas extraídas uma de cada parcela do experimento. Retiraram-se 18 frutos por amostra, maduros e de tamanho uniforme, os quais foram avaliados quanto ao pH, acidez total titulável e sólidos solúveis (oBrix), de acordo com a recomendação do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

b) **Estolhos:** a partir de outubro de 2000, os estolhos emitidos foram retirados das plantas e seu número avaliado.

c) **Concentração de nutrientes nas folhas:** por ocasião da terceira florada (novembro de 2000), as folhas coletadas, seguindo-se a recomendação de TRANI e RAIJ (1997), foram submetidas à análise química dos teores de nutrientes de acordo com o método em uso pelo Laboratório de Análise de Solo e Plantas do Instituto Agrônomo.

d) **Radiação fotossinteticamente ativa:** utilizando-se um sensor quântico (Sensor quantic LICOR LI-190SA), mediu-se a radiação solar fotossinteticamente ativa (400 a 700 nm) incidente em plantas localizadas em diferentes posições e alturas do tratamento vertical.

2.4. Delineamento experimental

Os três sistemas de cultivo: solo, hidropônico-NFT e hidropônico-vertical configuravam os tratamentos principais e foram arrançados na forma de blocos ao acaso, com três repetições. A fim de estudar também a possível ocorrência de um gradiente entre os pontos de entrada e de saída da solução nutritiva no caso do tratamento hidropônico-NFT e aumentar a precisão experimental na comparação entre as médias, cada parcela de todos os tratamentos foi subdividida em três partes iguais. O delineamento final ficou sendo o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições em blocos; os sistemas de cultivo constituíram

as parcelas principais e a posição dentro das parcelas, as subparcelas. Quando se consideraram na análise estatística os meses de avaliação, estes constituíram as subsubparcelas. Analisaram-se os dados pelo programa estatístico SANEST, utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias (STEEL e TORRIE, 1960).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1, constam os resultados referentes às avaliações de massa e número de frutos por metro quadrado, a massa de frutos por planta e a massa média de frutos em função dos sistemas de cultivo e dos meses de avaliação. Devido aos elevados coeficientes de variação obtidos em setembro (início da frutificação) para a característica massa de frutos, somente foi encontrada diferença estatística entre o NFT e os demais sistemas de cultivo para o número de frutos por metro quadrado.

Para a produção de massa de frutos por área, ocorreram diferenças estatísticas de 5% apenas nas colheitas realizadas em outubro e dezembro, sendo o tratamento vertical o mais produtivo. A produção do sistema NFT foi superior ao Solo apenas em dezembro. Para o número de frutos por área, observou-se o mesmo comportamento obtido para a produção, contudo com diferença também em setembro, quando o tratamento NFT foi inferior aos demais. O sistema vertical apresentou os maiores valores em relação ao NFT e Solo em outubro; em dezembro os três sistemas diferiram entre si, com a seguinte ordem decrescente de número de frutos: Vertical > NFT > Solo.

Com relação à massa de frutos por planta, ocorreram diferenças em novembro e dezembro. Em novembro, verificou-se supremacia dos sistemas NFT e Solo em relação ao Vertical; em dezembro, a massa de frutos por planta no sistema NFT foi superior à do Solo, porém ambas não diferiram do tratamento Vertical.

A massa média dos frutos apresentou diferenças apenas em novembro e dezembro, tendo o tratamento NFT proporcionado os maiores valores, diferindo estatisticamente apenas do tratamento Solo.

Na comparação entre os três sistemas de cultivo para os valores acumulados no período de setembro a dezembro, observou-se que o tratamento Vertical foi superior aos demais quanto à massa e ao número de frutos por área, não ocorrendo diferenças entre NFT e Solo. Com relação à massa de frutos por planta, os sistemas NFT e Solo não diferiram entre si, porém foram superiores ao Vertical.

Com relação aos valores médios obtidos de setembro a dezembro, apenas a massa e o número de frutos por área foram maiores no sistema Vertical em relação aos demais que não diferiram entre si.

Quadro 1. Massa de frutos por área e por planta, número de frutos por área e massa média de frutos de moranguero em função do mês de avaliação e sistemas de cultivo. Instituto Agronômico, Jundiaí (SP), 2000

Sistema de cultivo	Mês de avaliação				Total
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
	Massa de frutos por metro quadrado⁽¹⁾, g				
Vertical	181,0 a	3.783,6 a	885,4 a	3.861,7 a	2.177,9 A
Hidropônico-NFT	65,5 a	1.799,0 b	906,7 a	1.475,6 b	1.061,7 B
Solo	364,8 a	2.023,0 b	713,6 a	888,6 c	997,5 B
CV (%)	112,6	26,1	31,7	8,2	41,4
Média	203,8 C	2.555,2 A	835,3 B	2.075,3 A	-
CV (%) = 50,7					
	Massa de frutos por planta⁽¹⁾, g				
Vertical	4,8 a	101,3 a	23,7 b	103,4 ab	58,3 A
Hidropônico-NFT	5,6 a	154,6 a	77,7 a	126,5 a	91,1 A
Solo	43,8 a	186,7 a	65,9 a	82,0 b	94,6 A
CV (%)	210,3	35,2	33,8	15,0	66,1
Média	18,1 D	147,6 A	55,8 C	104,0 B	-
CV (%) = 39,1					
	Número de frutos por metro quadrado⁽¹⁾, n°				
Vertical	15,6 a	451,1 a	115,7 a	640,6 a	305,8 A
Hidropônico-NFT	5,9 b	190,4 b	119,0 a	233,5 b	137,2 B
Solo	15,9 a	239,1 b	111,6 a	153,3 c	130,0 B
CV (%)	43,4	24,2	33,3	8,4	32,2
Média	12,5 C	293,5 A	115,4 B	342,4 A	-
CV (%) = 56,9					
	Massa média do fruto⁽¹⁾, g				
Vertical	11,6 a	8,4 a	7,7 a	6,0 ab	8,4 A
Hidropônico-NFT	11,3 a	9,4 a	7,7 a	6,3 a	8,7 A
Solo	15,7 a	8,5 a	6,4 b	5,8 b	9,1 A
CV (%)	22,5	8,7	8,0	3,8	18,2
Média	12,9 A	8,7 B	7,3 C	6,0 D	-
CV (%) = 17,2					

(¹) Para cada característica avaliada, valores seguidos por letras iguais não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam médias entre os meses de avaliação (na horizontal) ou entre os sistemas de cultivo (média e total, na vertical); letras minúsculas comparam sistemas de cultivo em cada mês de avaliação (na vertical).

A menor precocidade apresentada pelas plantas do tratamento NFT com relação ao número de frutos, provavelmente está ligada ao menor desenvolvimento vegetativo inicial que tiveram em função das baixas temperaturas da solução nutritiva de julho e agosto de 2000. CARBONARI (1973) observou que no plantio tardio, devido às temperaturas mais baixas, ocorreu menor desenvolvimento vegetativo, insuficiente para suportar a floração. Reforçando essa observação, PASSOS (1997) atribuiu o melhor crescimento vegetativo no período crítico à elevação da temperatura do solo, pelo uso do plástico preto ou mesmo do solo desnudo em relação ao solo com cobertura orgânica, sugerindo efeito positivo do melhor desempenho vegetativo na precocidade da produção de frutos.

Em relação à distribuição da produção ao longo dos meses de colheita, os tratamentos hidropônicos apresentaram comportamento semelhante ao natural da cultura no solo, alternando picos de maiores e menores colheitas. O tratamento Vertical apresentou maior amplitude de produção por área, além de alta produção em períodos de grande procura. Observou-se, também, uma redução nos valores da massa média dos frutos durante a colheita. Resultados semelhantes foram obtidos por PASSOS (1997) quando comparou ambientes de cultivo e coberturas do solo e por GUSMÃO (2000), em sistema hidropônico NFT.

A produção por planta do sistema vertical, 233 g.planta⁻¹, mostra-se representativa quando relacionada a outros experimentos com sistemas verticais, como os de MORARD (1984) e LINARDAKIS e MANIOS (1990), os quais atingiram, respectivamente, 250 e 225 g.planta⁻¹. Contudo, é importante considerar que esses experimentos foram realizados em condições climáticas diferentes e cultivares diversas.

A produtividade (kg.m⁻²) alcançada pelo sistema Vertical, cerca de 100% superior aos outros tratamentos, revela o grande potencial desse sistema para a produção de morangos em ambiente protegido.

É extremamente importante ressaltar que as bases para comparação são confiáveis, pois a produtividade no tratamento Solo, mesmo com o plantio em julho e com apenas quatro meses de colheita, atingiu 3,84 kg.m⁻², o que corresponde a 357 g.planta⁻¹. Essa produtividade se mostra adequada quando comparada com as obtidas por PASSOS (1997), com 3,21 kg.m⁻² e 289 g.planta⁻¹ e PIRES (1998), com 493 g.planta⁻¹. Esses dois trabalhos foram realizados com a mesma cultivar, em condições climáticas semelhantes e em ambiente protegido, nos quais efetuou-se o plantio na época considerada ótima. Contudo, o histórico relacionado às condições fitossanitárias foi diferente para cada experimento.

No sistema NFT, obteve-se a produtividade de 364 g.planta⁻¹ (4,25 kg.m⁻²) que, comparada com os dados

obtidos por TAKEDA (1999), revela-se um resultado expressivo. Esse autor em seis meses de colheita, em plantio realizado na Califórnia, obteve a seguinte produtividade: Camarosa 408 a 445 g.planta⁻¹, Chandler 335 a 395 g.planta⁻¹ e Sweet Charlie 313 a 341 g.planta⁻¹. Trabalhando também no sistema NFT, GUSMÃO (2000), nas condições de Jaboticabal e com apenas três meses de colheita, obteve para a cultivar Campinas, a produtividade de 2,45 kg.m⁻², em torno de 223 g.planta⁻¹.

Os resultados referentes à contagem do número de estolhos emitidos pelas plantas em função dos meses de avaliação e tratamentos encontram-se no quadro 2. Essa característica tem sido considerada importante para estimar o desenvolvimento vegetativo, uma vez que, temperatura e fotoperíodo exercem influência direta na diferenciação das gemas. DUARTE-FILHO et al. (1999) relatam eficiência de temperaturas acima de 23 °C e 15 horas de luz na iniciação de estolhos, com prejuízo na emissão de flores.

De maneira geral, os tratamentos NFT e Solo proporcionaram menores valores de número de estolhos por área que o tratamento Vertical. O contrário ocorreu com o número de estolhos por planta. Convém salientar que no tratamento Vertical, o número de plantas por área foi três vezes maior que o número de plantas nos tratamentos NFT e Solo. Essa diferença, entretanto, não explica a menor ocorrência do número de estolhos por planta no tratamento vertical, que foi menos da metade dos demais tratamentos. É provável que isso decorra do sombreamento proporcionado às plantas localizadas nos estratos inferiores da sacola Vertical, onde a incidência de radiação na superfície das folhas acompanhou essa queda de produção. Como relatado anteriormente, existe uma correlação estreita entre desenvolvimento vegetativo, acúmulo de reservas e conseqüente florescimento e frutificação. ODA e YANAGI (1997) observaram em diversas cultivares a relação direta existente entre área foliar e produção.

Em função dos meses de avaliação, verifica-se que o tratamento Vertical apresentou número de estolhos por área superior aos demais tratamentos nos meses de dezembro a fevereiro, não diferindo, em janeiro, do tratamento Solo. A exemplo do ocorrido com a produção de frutos por planta, na produção de estolhos por planta, o tratamento Vertical proporcionou menores valores que os demais tratamentos no período de novembro a fevereiro, sendo semelhante ao NFT em janeiro. O tratamento Solo foi superior aos demais em outubro e janeiro, sem apresentar, entretanto, diferenças com o NFT em novembro e fevereiro, sendo inferior ao NFT em dezembro, a exemplo do ocorrido com a produção de frutos.

A diminuição na produção de frutos e de estolhos por planta, ocorrida no tratamento Vertical, pode ser

Quadro 2. Número de estolhos emitidos por metro quadrado e por planta em cada tratamento no período de outubro de 2000 a fevereiro de 2001. Instituto Agronômico, Jundiaí (SP)

Mês/ano	Sistema de cultivo ⁽¹⁾			Média	CV %
	Vertical	Hidropônico-NFT	Solo		
Número de estolhos por m²					
Outubro/00	21,3 b	12,8 b	69,0 a	34,4 C	47,3
Novembro/00	110,3 a	99,1 a	73,4 a	94,3 B	24,5
Dezembro/00	295,6 a	242,4 b	189,0 c	242,4 A	9,8
Janeiro/01	157,2 a	60,8 b	130,4 a	116,1 B	20,2
Fevereiro/01	173,7 a	87,0 b	82,2 b	114,3 B	4,7
Média	151,6 A	100,5 B	108,8 B	-	29,1
Total	758,2 A	502,2 B	544,1 B	-	7,9
Número de estolhos por planta					
Outubro/00	0,57 b	1,10 b	5,91 a	2,5 C	46,6
Novembro/00	2,95 b	8,48 a	6,29 a	5,9 B	28,9
Dezembro/00	7,93 c	20,72 a	16,16 b	14,9 A	13,8
Janeiro/01	4,22 b	5,21 b	11,15 a	6,9 B	31,5
Fevereiro/01	4,65 b	7,46 a	7,02 a	6,4 B	5,8
Média	4,1 A	8,6 A	9,3 A	-	36,9
Total	20,33 B	42,92 A	46,50 A	-	11,8

(¹) Para cada característica avaliada, valores seguidos por letras iguais não diferem estatisticamente a 5% pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam médias entre os meses de avaliação (na vertical) ou médias e totais entre os sistemas de cultivo (na horizontal); letras minúsculas comparam sistemas de cultivo em cada mês de avaliação (na vertical).

explicada por menores valores dessas características obtidas em plantas dispostas nos estratos inferiores das sacolas de cultivo, onde a incidência de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi cerca de 50% da ocorrida nos estratos superiores.

O quadro 3 apresenta os resultados referentes aos teores de nutrientes nas folhas de plantas crescidas nos três sistemas de cultivo. Comparativamente aos valores da faixa de suficiência proposta por MILLS e BENTON-JONES (1996), observa-se que os teores de nutrientes obtidos neste trabalho são adequados e, portanto, as diferenças encontradas para a produção de frutos e de estolhos não podem ser explicadas por deficiência nutricional.

Embora tenham sido encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os teores de nutrientes nas folhas de plantas cultivadas nos diferentes sistemas de cultivo, a magnitude dessas diferenças é muito pequena. Destacam-se os menores teores de N, K, B e de Zn encontrados em folhas de plantas crescidas no Solo em comparação com os de plantas oriundas dos dois sistemas hidropônicos.

Os resultados referentes às características químicas da polpa de frutos provenientes dos três sistemas de cultivo encontram-se no quadro 4. Comparando-se os

resultados dos dois sistemas hidropônicos, os valores de pH foram semelhantes, enquanto os teores de sólidos solúveis (°Brix), acidez total (expressa em % de ácido cítrico) e relação sólidos solúveis/acidez total (SST/AT) foram diferentes. O sistema vertical apresentou menores valores de sólidos solúveis totais (°Brix) e relação sólidos solúveis/acidez total, sendo, entretanto, superior em acidez total. Os frutos provenientes do cultivo em Solo apresentaram em relação ao sistema Vertical menor pH, maior teor de sólidos solúveis (°Brix) e semelhantes valores de acidez total e (SS/AT). Comparativamente ao sistema hidropônico-NFT, as características dos frutos do sistema em Solo foram semelhantes quanto ao pH e teor de sólidos solúveis (°Brix), sendo maior em acidez total e menor na relação sólidos solúveis/acidez total.

CARVALHO et al. (2000), em experimento que visou à comparação de 29 clones de morango, aplicando-se a técnica estatística dos componentes principais (PCA), estabeleceram os seguintes critérios de classificação relacionados ao sabor: teor de sólidos solúveis (°Brix) e relação entre teor de sólidos solúveis (°Brix) e acidez total. Tomando-se a cultivar Campinas como referência e seguindo-se uma escala crescente de graus brix, definiu-se a classificação dos clones estudados em: inferior, semelhante e superior a ela, quando os valores obtidos

Quadro 3. Teores de nutrientes em folhas de morangueiro cultivado em diferentes sistemas de produção, no período de julho de 2000 a fevereiro de 2001. Instituto Agrônomo Jundiaí (SP)

Nutriente	CV	Sistema de cultivo ⁽¹⁾			Faixa de suficiência ⁽²⁾
		Solo	NFT	Vertical	
	%				
		g.kg ⁻¹			
Nitrogênio	4,0	27,1 c	29,6 b	31,8 a	21 - 40
Potássio	8,8	18,6 b	22,9 a	24,9 a	11 - 25
Fósforo	8,4	7,0 a	7,8 a	7,0 a	2,0 - 4,5
Cálcio	17,6	12,4 a	11,1 a	14,4 a	6 - 25
Magnésio	9,9	3,7 b	4,2 b	5,1 a	2,5 - 7,0
		mg.kg ⁻¹			
Boro	16,9	47,8 b	108,4 a	116,6 a	25 - 60
Cobre	37,3	28,5 a	26,5 a	32,0 a	6 - 20
Ferro	35,7	267,9 a	186,6 a	246,2 a	50 - 250
Manganês	18,3	87,4 b	124,8 b	368,2 a	30 - 350
Zinco	3,6	28,0 c	36,9 b	46,9 a	20 - 50

(¹) Para cada nutriente, valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. (²) Faixa de suficiência proposta por MILLS e BENTON-JONES (1996) para folhas coletadas de morangueiro no estágio do florescimento.

Quadro 4. Características químicas da polpa de morango produzido em três sistemas de cultivo, no período de julho de 2000 a fevereiro de 2001. Instituto Agrônomo, Jundiaí (SP)

Sistema de cultivo	Característica da polpa do fruto ⁽¹⁾			
	pH	Sólidos solúveis (SS) °Brix	Acidez total (AT) % ácido cítrico	SS/AT
Vertical	3,8 a	7,0 b	0,89 a	7,93 b
Hidropônico-NFT	3,8 a	7,7 a	0,81 b	9,54 a
Solo	3,7 b	7,8 a	0,94 a	8,37 b
CV (%)	1,1	3,0	4,9	7,0

(¹) Para cada característica, valores seguidos por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

eram menores que 7,9, entre 7,9 e 9,4, e maiores que 9,4 respectivamente. Portanto, os resultados deste trabalho para os valores de sólidos solúveis (°Brix) estão inferiores à média obtida por CARVALHO et al. (2000) para a cultivar Campinas. Além do efeito varietal, o valor de sólidos solúveis (°Brix) também pode ser afetado por condições ambientais e nutricionais durante o cultivo de plantas, conforme relatos na literatura para outras culturas (MORGAN, 1999). Os resultados obtidos por GUSMÃO (2000), em frutos de morangueiro das cultivares Seascape e Campinas, cultivadas em sistema hidropônico, foram de 9,15 e 7,56; 0,50 e 0,61; e 18,3 e 12,4 para as características: teor de sólidos solúveis (°Brix), acidez total e relação sólidos solúveis/acidez total respectivamente. Os valores obtidos neste trabalho são semelhantes aos valores de sólidos solúveis (°Brix), superiores aos de acidez total e inferiores aos da relação

sólidos solúveis/acidez total relatados por GUSMÃO (2000) para a cultivar Campinas.

4. CONCLUSÕES

1. No sistema vertical, embora as produções de frutos e de estolhos por planta tenham sido menores que nos demais sistemas estudados, houve melhor aproveitamento interno do ambiente protegido, com reflexos positivos no rendimento por área e maior facilidade de manejo da cultura, incluindo as operações de transplante, limpeza das plantas, colheita de frutos e remoção de estolhos.

2. As vantagens de manejo também se aplicam ao sistema hidropônico-NFT apesar de não ter apresentado diferenças de produção em relação ao cultivo convencional.

3. Os sistemas hidropônicos apresentaram melhor distribuição da produção ao longo do ciclo, diferindo do pico característico do sistema convencional.

AGRADECIMENTOS

Às empresas Multiplanta Tecnologia Vegetal pela doação de mudas matrizes, Queen Gil e Hydrogood – Hidroponia Moderna pelo material utilizado na realização do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTELHO, J.S. A situação da cultura do morangueiro no Estado de Minas Gerais. In: DUARTE, J.F.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; FADINI, M.A.M. (Eds.). SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., Pouso Alegre, 1999. Morango: tecnologia de produção e processamento. *Anais... Caldas*: EPAMIG, 1999. p.125-127.
- CAMARGO, L. de S.; IGUE, T. Experiência sobre o efeito da cobertura do solo na produção do morangueiro. *Bragantia*, Campinas, v.32, n.6, p. 149-160, 1973.
- CAMARGO, L.S.; PASSOS, F.A. Morango. In: FURLANI, A.M.C.; VIEGAS, G.P. (Eds.). *O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p.411-432
- CAÑADAS, J.J.M. Sistemas de cultivo en sustrato: A solución perdida y con recirculación del lixiviado. In: FERNÁNDEZ, M. F.; CUADRADO GOMES, I. M. *Cultivos sin suelo II*: Curso Superior de Especialización. 2.ed. Almería: Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Fundación para Investigación Agraria en la Provincia de Almería e Caja Rural de Almería, 1999. p.173-205.
- CARBONARI, R. *Influência da época de plantio na produção de algumas variedades de morangueiro* (Fragaria spp.). 1973. 131f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.
- CARVALHO, C.R.L.; PASSOS, F.A.; FERREIRA, M.M.C.; TANAKA, M.A. de S.; BETTI, J.A. Avaliação de clones de morangueiro por análise dos componentes principais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, São Pedro. *Horticultura Brasileira* v.18 (suplemento), Brasília: SOB/FCAV-UNESP, 2000. p.495-497.
- CRUZ, P.C. A situação da cultura do morangueiro no Estado de São Paulo. In: DUARTE, J.F.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; FADINI, M.A.M. (Eds.). SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., 1999, Pouso Alegre. Morango: tecnologia de produção e processamento. *Anais... Caldas*: EPAMIG, 1999. p.129-130.
- DUARTE-FILHO, J.; CUNHA, R.J.P.; ALVARENGA, D.A.; PEREIRA, G.E.; ANTUNES, L.E.C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.198, p.30-35, 1999.
- GOTO, R.; TIVELLI, S.B. *Produção de hortaliças em ambiente protegido*: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. 319p.
- GUSMÃO, M.T.A. *Análise do comportamento da cultura do morangueiro* (Fragaria x ananassa Duch.) em condições de cultivo hidropônico. 2000. 61f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p.392-395.
- LARSON, K.D.; SHAW, D.V. Relative performance of strawberry genotypes on fumigated and nonfumigated soils. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.120, n.2, 274-277, 1995.
- LINARDAKIS, D.K.; MANIOS, V.I. Hydroponic culture of strawberries in plastic greenhouse in vertical system. *Acta Horticulturae*, The Hague, n.287, p.317-326, 1990.
- MARIM, A.J.; COSTA, H.; BALBINO, J.M. de S. Situação da cultura do morangueiro no Estado do Espírito Santo. In: DUARTE, J.F.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; FADINI, M.A.M. (Eds.). SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., 1999, Pouso Alegre. Morango: tecnologia de produção e processamento. *Anais... Caldas*: EPAMIG, 1999. p.131-133.
- MARTÍNEZ, F.C. Sistemas de cultivo hidropônicos. In: FERNÁNDEZ, M.F.; CUADRADO-GOMES, I.M. *Cultivos sin suelo II*: Curso Superior de Especialización. 2. ed. Almería: Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Fundación para Investigación Agraria en la Provincia de Almería e Caja Rural de Almería, 1999. p.207-228.
- MILLS, H.A.; BENTON-JONES, J. Jr. *Plant analysis handbook*. Athens, Georgia, USA: Micromacro Publishing, 1996. v.2, 422p.
- MORAES, C.A.G. de; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.105-113, 1999.
- MORARD, P. Nutrition control of strawberries hydroponically grown in vertical columns using percolate analysis. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6., 1984, Luterén. *Proceedings... Luterén*: ISOSC, 1984. p.393-399.

- MORGAN, L. Fruit flavour and hydroponics. In: THE BEST OF PRACTICAL HYDROPONICS AND GREENHOUSES. Narrabeen, Austrália: Casper Publications, 1999. p.152-157.
- ODA, Y.; YANAGI, T. Growth delay of 'hokowase' strawberry plants grow in forcing culture. *Acta horticultrae*, The Hague, v.2, n.439, p.589-596, 1997.
- ORSI, A.C.; COSTA, P.C.; GRASSI-FILHO, H. Substratos naturais para o cultivo hidropônico do tomateiro híbrido Momotaro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000. São Pedro, *Horticultura Brasileira*, Brasília, (suplemento), v.18. p.258-259, 2000.
- PASSOS, F. A.; TRANI, P.E. Hortaliças: Morango. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed.rev.atual. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- PASSOS, F.A. *Influência de sistemas de cultivo na cultura do morango* (Fragaria x ananassa Duch.). 1997. 105f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PIRES, R.C. de M. *Desenvolvimento e produtividade do morangueiro sob diferentes níveis de água e coberturas do solo*. 1998. 116f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PIRES, R.C.M.; PASSOS, F.A.; TANAKA, M.A.S. Irrigação do morangueiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.198, p.52-58, 1999.
- RESENDE, L.V.; MALUF, W. R. Influência do túnel plástico de cultivo forçado e da cobertura morta do solo na incidência de mancha de micoserela no cultivo de morangueiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.11, n.1, p.94, 1993.
- RONQUE, E.R.V. A situação da cultura do morango no Paraná. In: DUARTE, J.F.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.E.C. ; FADINI, M.A.M. (Eds.). SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., 1999, Pouso Alegre. Morango: tecnologia de produção e processamento. *Anais...* Caldas: EPAMIG, 1999. p.119-123.
- SANTOS, A.M. Situação da cultura do morango no Estado do Rio Grande do Sul. In: DUARTE, J.F.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.E.C. ; FADINI, M.A.M. (Eds.). SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., 1999. Pouso Alegre. Morango: tecnologia de produção e processamento. *Anais...* Caldas: EPAMIG, 1999. p.115-117.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw-Hill, 1960. 481p.
- TAKEDA, F. Strawberry production in soilless culture systems. *Acta Horticulturiae*, The Hague, v.1, n.481, p.289-295, 1999.
- TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças: composição química e diagnose foliar. In: RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed.rev.atual. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. p.160-164. (Boletim Técnico, 100).