



CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Produção de cultivares de morangueiro em sistema semi-hidropônico sob diferentes substratos e densidades populacionais

Production of strawberry cultivars in a semi - hydroponic system under different substrates and population densities

Francisco Olmar Gervini Menezes Júnior¹; João Vieira Neto¹; Renata Sousa Resende¹

RESUMO

O cultivo semi-hidropônico do morangueiro é uma atividade em expansão no Alto Vale do Itajaí – SC, sendo escassas para a região informações quanto ao comportamento de cultivares, substratos e densidades populacionais. Foram testadas dois cultivares (“Albion” e “San Andreas”), cinco substratos (Tecnomax Mo®; “Biguaçú” - 25% de casca de pinus semicompostada, 25% de casca de arroz e 50% de casca de arroz incinerada, v:v; CIC25/CP75 - 25% de casca de arroz incinerada e 75% de casca de pinus semicompostada, v:v; CIC50/CP50 - 50% de casca de arroz incinerada e 50% de casca de pinus semicompostada, v:v; e CP100 - 100% de casca de pinus semicompostada, v:v) e três densidades populacionais (21,3 plantas m⁻², 18,7 plantas m⁻² e 16,0 plantas m⁻²). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x5x3), com 4 repetições. Avaliaram-se os componentes de produção e produtividade. Concluiu-se que o cultivar San Andreas é mais produtivo que Albion; os substratos utilizados, a exceção de CP100, podem ser utilizados para o cultivo semi-hidropônico sem prejuízos à produtividade; a densidade populacional que proporciona a maior produtividade é de 16 plantas m⁻².

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa, cultivo fora solo, população de plantas.*

ABSTRACT

The semi - hydroponic cultivation of the strawberry is an expanding activity in the Alto Vale do Itajaí - SC, however, there is little knowledge for that region related to the behavior of cultivars, substrates and population densities. Treatments were composed of two cultivars (“Albion” and “San Andreas”), five substrates (Tecnomax Mo®; “Biguaçú” - 25% semi-composted pine bark, 25% rice husk and 50% incinerated rice husk, v: v; CIC 25 / CP75 - 25% incinerated rice husk and 75% of semi-composted pine bark, v: v; CIC50 / CP50 - 50% of incinerated rice husk and 50% semi-composted pine bark, v:v; and CP100 - 100% semi-composted pine bark, v: v; and three population densities (21.3 plants m⁻², 18.7 plants m⁻² and 16.0 plants m⁻²). A randomized complete block design used in a factorial scheme (2x5x3), with four replications. Production components and yield productivity were evaluated. Cultivar “San Andreas” is more productive than Albion; the substrates tested in the assay, with the exception of CP100%, can be used without losses in productivity yield losses in a semi-hydroponic system; the population density that provides the highest productivity is 16 plants m⁻².

Keywords: *Fragaria x ananassa, soilless culture, plant population.*

¹ Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Ituporanga/SC - Brasil.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é uma atividade em expansão no Brasil, o que se deve ao grande retorno econômico gerado pela cultura (SILVEIRA & GUIMARÃES, 2014). No Estado de Santa Catarina, a produção, antes concentrada na região metropolitana de Florianópolis, Planalto Sul e Litoral Sul, tornou-se opção rentável para agricultores familiares do Alto Vale do Itajaí.

Um dos principais problemas do cultivo do morangueiro no solo é a alta incidência de doenças dos sistemas da parte aérea e radicular, oriundas do replantio de mudas nas mesmas áreas ao longo dos anos. Essa prática, além de onerar os custos de produção e aumentar a possibilidade de contaminação por agrotóxicos, tem por consequência perdas na qualidade e produtividade dos frutos (ANDRIOLO et al., 2002; GIMÉNEZ et al., 2008; ZORZETO, 2011).

Nesse contexto, o cultivo do morangueiro em ambiente protegido sobre bancadas em substratos, denominado semi-hidropônico, surge como alternativa tecnológica (ANDRIOLO et al., 2002). O sistema permite a otimização da mão-de-obra, melhor condição de trabalho, maior controle no manejo de água e nutrientes e redução na incidência de doenças e pragas. Além disso, como há menor incidência de doenças, o uso de agrotóxicos pode ser reduzido ou substituído por práticas culturais, uso de agentes de controle biológico e produtos alternativos, sem afetar a rentabilidade, ao mesmo tempo em que melhora a qualidade nutricional da fruta. Os frutos são colhidos em bancadas afastadas do solo, o que reduz a possibilidade de contaminação microbiológica e possibilita estender o período de colheita por mais de dois meses (GIMÉNEZ et al., 2008; PORTELA et al., 2012; ALVES, 2015).

A nível mundial, em escala comercial, o cultivo em substratos é a principal técnica de cultivo sem solo (PARDOSSI et al., 2011). Contudo, o cultivo do morangueiro em substratos em ambiente protegido apresenta diversos desafios no Brasil. Entre esses, citam-se: a grande diversidade de substratos (comerciais e formulados), a falta de padronização dos substratos quanto as suas características físicas e químicas, até mesmo dentro de um mesmo lote da mesma marca comercial, a baixa quantidade de estudos quanto aos cultivares que melhor se adaptam ao cultivo nas diferentes condições climáticas e densidade de plantas que otimizem a produção em sacos de cultivo, denominados "slabs" (ALVES, 2015).

De acordo com Schafer et al. (2015), o avanço do cultivo em ambiente protegido e em recipientes culminou com a necessidade de utilização de substratos com formulações e características distintas. Dentre essas, as características físicas e químicas dos substratos se destacam por sua relevância e por serem fatores determinantes no manejo e controle de qualidade dos cultivos (SCHMITZ et al., 2002). As características físicas dos substratos são responsáveis por determinar a capacidade de retenção e disponibilidade de água para as plantas, bem como a oxigenação do meio, e dificilmente podem ser alteradas após o substrato ter sido acondicionado no recipiente, ao contrário do que ocorre para as características químicas, que podem ser modificadas em função de técnicas utilizadas no cultivo (ABAD & NOGUERA, 1998).

Um bom substrato para o cultivo será aquele que permita o adequado crescimento e desenvolvimento vegetal. Não existindo um substrato ideal, uma vez que as espécies vegetais apresentam necessidades distintas de água, oxigênio e nutrientes. As características mais limitantes para o crescimento das plantas de um substrato são: elevada capacidade de retenção de água facilmente disponível, suficiente disponibilidade de ar, salinidade reduzida; pH ligeiramente ácido e moderada capacidade

de tamponamento, e ausência de sementes de espécies indesejáveis, patógenos e substâncias tóxicas (ABAD & NOGUERA, 1998; ZORZETO, 2011; REBELO et al., 2014).

No Brasil, têm sido utilizados como substratos para o cultivo do morangueiro, materiais puros ou em misturas (enriquecidos ou não com nutrientes), a casca de arroz (incinerada, carbonizada, crua ou semicarbonizada), a casca de pinus (semidecomposta), as turfas ("sphagnum" e preta), a fibra de coco e a vermiculita (FURLANI & FERNANDES JÚNIOR, 2004; PEREIRA et al., 2006; GIMÉNEZ et al., 2008, COSTA & LEAL, 2008; ZORZETO, 2011). No Alto Vale do Itajaí-SC, os produtores têm utilizado diversos substratos. Inicialmente, como não existiam indicações específicas, o substrato utilizado vinha a granel (ou ensacado) do município de Biguaçu-SC. Esse substrato, muito utilizado por produtores de município de Rancho Queimado-SC, é composto basicamente por casca de arroz incinerada (50% de cinza), casca de arroz semicarbonizada (25%) e casca de pinus semidecomposta (25%). Recentemente, outros substratos comerciais se encontram disponíveis, entre esses o substrato Tecnomax MO®, indicado especificamente para o cultivo do morangueiro no sistema semihidropônico.

As cultivares de morangueiro diferem em relação a sua adaptação ao meio, e, dessa forma, o desempenho satisfatório em uma região pode ser completamente diferente em outra com condições ambientais distintas (UENO, 2004). A escolha de cultivares e época de plantio tem por base sua reação ao fotoperíodo (dias curtos ou neutros) e altitude média de cultivo, respectivamente. Nas regiões do Alto Vale do Itajaí em altitudes médias inferiores a 600 m têm sido recomendados, de forma empírica, para o cultivo semi-hidropônico os cultivares "Albion" e "San Andreas", sendo considerados cultivares neutros em relação ao fotoperíodo (COSTA et al., 2014). Normalmente, as mudas adquiridas pelos produtores são produzidas na Argentina ou do Chile, sendo vernalizadas sob condição natural antes de serem comercializadas. Devido a isso, em geral, são plantadas tardiamente em junho ou julho. Outro aspecto a ser considerado no plantio intimamente relacionado a produtividade é o espaçamento entre plantas. Dependendo do vigor do cultivar, o aumento ou a redução no espaçamento de plantas (aumento ou redução da densidade populacional), diferentes respostas serão observadas quanto aos componentes de produção (PARANJPE et al., 2008; COSTA et al., 2014). O espaçamento ideal entre plantas é aquele que permite a máxima interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel vegetal e que ao mesmo tempo permita a máxima fração de matéria seca para os frutos. A população de plantas interfere na absorção da radiação solar e, portanto, no equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a produtividade de frutos (SCHVAMBACH et al., 2002). De acordo com GIMENEZ et al. (2008) e PEREIRA (1989), citados por ALVES (2015), o aumento da densidade de plantio, em geral, reduz a produção individual das plantas, no entanto, o incremento do número de plantas por unidade de área compensa a redução individual da produção até uma determinada população de plantas, sendo essa uma das vantagens do cultivo fora do solo. Nas regiões produtoras de morango semihidropônico de Santa Catarina, os produtores têm utilizado densidades populacionais de até 30,7 plantas m⁻².

Nas condições climáticas do Alto Vale do Itajaí - SC inexistem estudos relacionados ao cultivo semi-hidropônico do morangueiro. O presente experimento teve por objetivo avaliar os componentes de produção de cultivares de morangueiro em sistema semi-hidropônico em diferentes substratos e densidades populacionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado de 25/06/2015 a 29/01/2016, em ambiente protegido, na Epagri/Estação Experimental de Ituporanga, tendo como coordenadas geográficas aproximadas a latitude de 27°38' S, longitude de 49°60' W e altitude de 475 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cfa. O ambiente protegido utilizado foi o modelo em arco com 27,0 m de comprimento, 8 m de largura, pé-direito de 4,0 m, altura de 5,5 m, janela zenital, calhas coletoras de água, antecâmara (4,5 x 4,0 m), disposto no sentido 132°SE, estrutura metálica (ferro galvanizado), cobertura de PEBD, com aditivo UV e espessura de 150 µm. As laterais do mesmo são móveis e o ambiente protegido foi mantido aberto durante praticamente todo o período experimental e fechado apenas quando da incidência de chuva ou ventos fortes. Em seu interior, para o acompanhamento das variáveis micrometeorológicas, foi instalada uma estação meteorológica de registro automático Davis® (Figura 1).

Utilizou-se o sistema de cultivo semi-hidropônico, onde cinco bancadas (15,40 x 0,70 m, espaçadas entre si em 0,80 m) em desnível de 0,25% foram construídas sobre palanques de sustentação de madeira tratada, a 0,70 m de altura média acima do solo. Sobre estes palanques foram fixadas travessas verticais e transversais de madeira, que sustentaram recipientes (slabs) de 1,25 x 0,30 m (distanciados lado a lado na bancada em 0,15 m), com os substratos e o sistema de fertirrigação. O sistema de fertirrigação foi formado por dois tanques interligados, um com solução nutritiva (1.000 L) e outro com água coletada da chuva (3.000 L), sistema Venturi, moto-bomba [3 KW HP-cv, 0,75 (100)], temporizador ("timer"), manômetro regulado a 15 PSI, filtro de anéis, linha distribuidora de 3/4" de polegada e linhas de distribuição, de solução nutritiva ou água aos "slabs" formada por mangueiras de gotejamento com gotejadores espaçados em 10 cm.

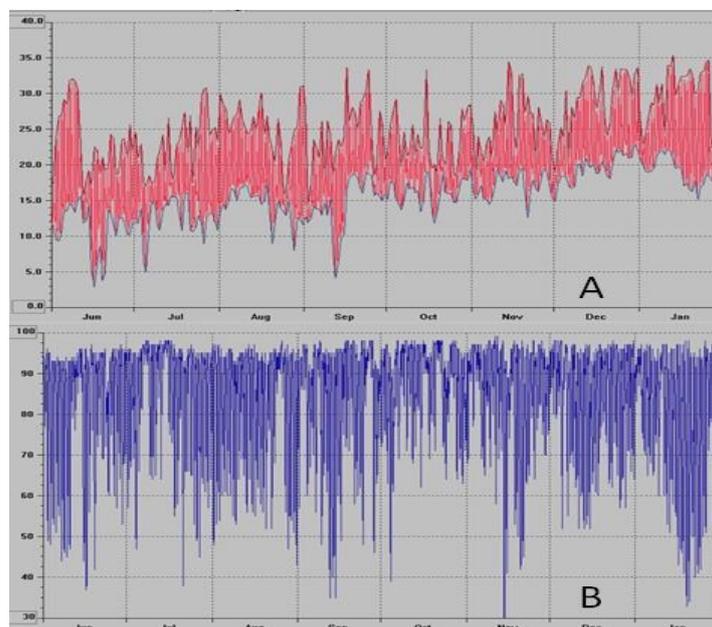


Figura 1. Temperaturas médias, máximas e mínimas - °C (A) e umidade do ar – UR% (B) referentes aos meses de junho de 2015 a janeiro de 2016. Epagri, Ituporanga, SC.

Mudas com diâmetro de coroa de 1,2 cm ± 2 mm foram transplantadas para os "slabs" em 25/06/2015. Até o período de pegamento as plantas foram irrigadas apenas com água coletada da chuva. Após esse período, iniciou-se o fornecimento de solução nutritiva. Para permitir um melhor desenvolvimento das mudas foram retiradas todas as flores que surgiram até que as plantas

apresentassem em média 4 a 5 folhas definitivas (10/08/2015). A coleta de dados foi realizada de 25/06/2015 a 29/01/2016. Durante o período experimental foram registrados o pH e a condutividade elétrica do reservatório de solução nutritiva e dos drenados dos substratos (Tabela 1).

Utilizou-se por base a solução nutritiva para o cultivo do morangueiro citada por Moraes & Furlani (1999) modificada. Macronutrientes na fase vegetativa (em mmol L⁻¹): 12,00 de NO₃⁻; 1,25 de H₂PO₄⁻; 8,19 de K⁺; 5,50 de Ca²⁺; 1,85 de Mg²⁺ e 1,87 de SO₄²⁻. Macronutrientes na fase reprodutiva (em mmol. L⁻¹): 14,17 de NO₃⁻; 1,25 de H₂PO₄⁻; 9,70 de K⁺; 6,46 de Ca²⁺; 1,85 de Mg²⁺ e 1,87 de SO₄²⁻. Em ambas as fases foram adicionados micronutrientes na seguinte concentração (em mg L⁻¹): 0,51 de B; 0,51 de Cu; 0,51 de Mn; 0,21 de Zn; 0,085 de Mo e 2,00 de Fe.

Tabela 1. Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) do reservatório de solução nutritiva (Res.) e dos drenados dos substratos a partir do fornecimento de soluções nutritivas (Inicial), valores médios das leituras (Média) e ao final do experimento (Final) durante o período experimental. Epagri, Ituporanga, SC.

Propriedade	Res.	Substratos				
		Tecnomax	Biguaçú	CIC50CP50	CIC25CP75	CP100
Inicial						
pH	5,9	5,7	6,4	6,1	5,8	6,2
CE (mS cm ⁻¹)	1,9	3,30	0,51	0,34	0,50	0,36
Média						
pH	5,9	6,1	6,6	5,7	5,7	5,8
CE (mS cm ⁻¹)	2,33	2,39	1,19	1,67	1,61	1,50
Final						
pH	6,4	5,9	5,4	5,9	5,6	5,5
CE (mS cm ⁻¹)	2,37	2,96	3,27	2,98	2,98	3,08

Os tratamentos fitossanitários foram realizados, quando necessário, com agrotóxicos convencionais recomendados para a cultura nas doses recomendadas pelo fabricante (clorfenapir, abamectina, difenoconazol, azoxistrobina + difenoconazol, fluazinam e pirimetanil) e alternativos (leite a 10%, óleo de neem a 0,5%, ácaro predador – *Neoseiulus californicus* e fosfatomonopotássico a 1%).

Os tratamentos consistiram de dois cultivares neutros em relação ao fotoperíodo ("Albion" e "San Andreas"), cinco substratos (dois comerciais e três formulados) e três densidades populacionais (D1 - 21,3 plantas m⁻², D2 - 18,7 plantas m⁻² e D3 - 16,0 plantas m⁻²). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2x5x3), com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de um slab, sendo nele acondicionadas, conforme o tratamento, de 6 a 8 plantas.

Utilizaram-se como substratos comerciais o Tecnomax morango® - TEC (composição a base de casca de pinus compostada, casca de arroz carbonizada, vermiculita expandida e carvão vegetal) e denominado "Biguaçú" - BIG (composto por 25% de casca de pinus semicompostada, 25% de casca de arroz e 50% de casca de arroz incinerada, em volume). Os três substratos formulados foram: CIC25/CP75 (25% de casca de arroz incinerada e 75% de casca de pinus semicompostada, em volume), CIC50/CP50 (50% de casca de arroz incinerada e 50% de casca de pinus semicompostada, em volume) e CP100 (100% de casca de pinus semicompostada, em volume). Os slabs utilizados, filme dupla face, possuíam volume aproximado de 40 litros de substrato. Para permitir a drenagem, coleta e análise (pH e condutividade elétrica) da solução drenada os slabs foram perfurados na base com 8 orifícios pequenos.

A caracterização física e química dos substratos foi feita no Laboratório de Análise de Substratos para Plantas da Faculdade de Agronomia do Departamento de Horticultura e Silvicultura da UFRGS (Tabela 2). Foram realizadas 47 colheitas (01/09/2015 a 29/01/2016), sendo avaliados: número de frutos por área (NFA), produtividade total de frutos comerciais (PTC), biomassa média de frutos (BMF), produção de frutos por planta (PFP).

Tabela 2. Propriedades físicas e químicas dos substratos utilizados no experimento.

Propriedade	Tecnomax	Biguaçú	CIC50CP50	CIC25CP75	CP100
pH (H ₂ O)	5,55	6,57	5,84	6,00	6,20
CE (mS cm ⁻¹)	0,79	0,13	0,17	0,10	0,07
DU (kg m ⁻³)	684,59	543,15	624,41	711,85	684,51
DS (kg m ⁻³)	359,61	303,52	246,65	277,39	288,14
UA (%)	47,47	43,98	60,50	61,03	57,90
PT (%)	83,92	86,66	84,99	88,33	88,17
EA (%)	36,22	35,11	24,49	36,68	41,00
AFD (%)	7,56	18,31	25,16	9,67	5,79
AT (%)	1,66	5,41	7,02	2,90	1,34
AD (%)	9,22	23,72	32,18	12,57	7,13
AR (%)	38,49	27,83	28,33	39,09	40,07
CRA – 10 (%)	47,70	51,56	60,51	51,66	47,17
CRA – 50 (%)	40,14	33,25	35,35	41,99	41,41
CRA – 100 (%)	38,49	27,83	28,33	39,09	40,07

pH – potencial hidrogeniônico, determinado em água, diluição 1:5 (v/v); CE - condutividade elétrica, obtida em solução 1:5 (v/v); DU – densidade úmida; DS – densidade seca; UA – umidade atual, PT – porosidade total; EA – espaço de aeração; AFD – água facilmente disponível; AT – água tamponante; AR – água remanescente; CRA 10, 50 e 100 = capacidade de retenção de água sob sucção da 10, 50 e 100 cm de coluna de água determinado em base volumétrica – v/v.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando ocorreu significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% de significância utilizando o programa estatístico NTIA (EMBRAPA, 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis analisadas, a exceção do cultivar San Andreas para a variável biomassa média dos frutos, houve interação significativa ($P < 0,01$) entre os fatores analisados: cultivar, substrato e densidade populacional.

3.1. Número de frutos por área (NFA)

Os maiores NFA para "San Andreas" em ordem decrescente foram obtidos pelas combinações dos tratamentos: CIC25/CP75 – D3 (1099 frutos m⁻²), CIC50/CP50 – D2 (837 frutos m⁻²), BIG – D1 (870 frutos m⁻²). Por sua vez, para "Albion" se destacaram, na mesma condição: TEC – D2 (713 frutos m⁻²), CIC50/CP50- D3 (601 frutos m⁻²), CIC50/CP50 – D1 (601 frutos m⁻²), CIC25/CP75 – D1 (591 frutos m⁻²) e BIG – D1 (573 frutos m⁻²) (Tabela 3).

Os dados médios para a máxima produção de frutos por área revelam, para os tratamentos mais produtivos, que "San Andreas" apresentou NFA 36,16% superior a "Albion" (Tabela 4). Os maiores valores de NFA registrados para o cultivar "San Andreas" podem estar relacionados ao alto vigor do cultivar "Albion". Em plantas de morangueiro vigorosas e de crescimento vegetativo avantajado há um maior sombreamento e dificuldade de penetração da radiação solar no interior do dossel, o que reduz a radiação interceptada e a taxa fotossintética (FREEMAN, 1981; STRASSBURGER et al., 2011; PORTELA et al., 2012).

Verificou-se, também que ambos os cultivares possuem adaptação às densidades populacionais de 16,0 a 21,3 plantas m⁻². Alves (2015), em sistema semi-hidropônico, também não verificou diferenças significativas para o número de frutos por área de quatro cultivares de morangueiro ("Albion", "Portola", "Aromas" e "Monterey") para densidades populacionais 14,1 a 23,5 plantas m⁻², enquanto Portela et al. (2012), em sistema NFT ("nutrient film technique"), verificou o aumento do NFA ao elevar a densidade de plantas de 9,3 para 15,0 plantas por m⁻². No presente experimento é possível que a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos mais produtivos esteja relacionada ao uso de densidades maiores que as utilizadas por Portela et al. (2012) e, por conseguinte, a pressões populacionais maiores.

Os cultivares se mostraram adaptados a grande maioria dos substratos. O menor valor médio para o NFA foi observado com o substrato CP100 (Tabela 4). Tal comportamento pode ser atribuído ao maior espaço de aeração (41,00%) e menor água disponível (7,13%) deste substrato em relação aos demais.

O espaço de aeração corresponde ao volume de espaços vazios ocupados pelos macroporos, ou seja, aqueles que se esvaziam após o substrato ser drenado a 10 hPa de tensão e são preenchidos por ar (ou, água liberada entre 0 e 10 hPa de tensão). De acordo com Abad et al. (1993), citado por Abad & Noguera (1998), são considerados valores ideais para substratos hortícolas a faixa de 20 a 30%. Um elevado espaço de aeração, embora permita a oxigenação das raízes, pode representar uma baixa disponibilidade de água às plantas.

Segundo Alves (2015), a capacidade de retenção de água (CRA) é um fator que pode interferir no desenvolvimento e produção das plantas. Esta propriedade está relacionada aos microporos, e os valores considerados ideais se situam entre 25 e 35% (DE BOODT & VERDONCK, 1972; CATTIVELLO, 1991; SCHAFER et al., 2008). Nesse sentido, o substrato CP100 foi aquele que apresentou o maior espaço de aeração (41%) e a menor água disponível (7,13%), bem acima ou abaixo dos valores considerados ideais para as referidas propriedades. É possível que uma maior frequência de fertirrigação para o substrato CP100 proporciona-se um maior número de frutos por área. Contudo, em sistemas de cultivo sem solo "abertos" (sem recirculação da solução nutritiva) tal manejo aumentaria o custo de produção e provocaria maiores impactos negativos ao ambiente.

3.2. Produtividade total de frutos comerciais por área (PTC)

Os maiores PTC para "San Andreas" em ordem decrescente foram obtidos pelas combinações dos tratamentos: CIC25/CP75 – D3 (12,16 kg m⁻²), BIG – D1 (9,13 kg m⁻²) e BIG – D2 (9,03 kg m⁻²). Por sua vez, para "Albion" se destacaram, na mesma condição: TEC – D2 (8,37 kg m⁻²), CIC25/CP75 – D1 (7,85 kg m⁻²) e CIC50/CP50- D3 (6,75 kg m⁻²) (Tabela 3).

A PTC do cultivar "San Andreas" é em média, ao se considerar os tratamentos mais produtivos, superior em 24,23% em relação a "Albion" (Tabela 3). Seguindo-se a mesma lógica de discussão adotada na análise NFA, verifica-se a maior produtividade para a o cultivar "San Andreas", o que possivelmente está associado ao biótipo vegetal, plantas menos vigorosas em relação a "Albion", e melhor adaptação do cultivar ao sistema de produção na altitude de 475 m.

Os cultivares se mostraram adaptados a grande maioria dos substratos. Da mesma forma que para NFA, o menor valor médio para o PTC foi também observado com o substrato CP100, o que se deve ao maior espaço de aeração e menor água disponível deste substrato em relação aos demais.

Em relação a densidades populacionais, observou-se que na média, para cultivares e substratos, a redução das densidades populacionais concorre para o aumento da PTC (Tabela 4). Assim, ao se reduzir a densidade populacional de 21,3 para 16,0 plantas m⁻², a PTC passou de 6,53 kg m⁻² para 7,27 kg m⁻², ou seja, um acréscimo de 10,2%. No entanto, Portela et al. (2012), com o cultivar "Camino Real", ao aumentar a densidade populacional de 9,3 para 15,0 plantas m⁻², observaram resposta linear do aumento da densidade populacional com a produtividade. De acordo com Shaw (2004), citado por Costa et al. (2014), o cultivar "Camino Real", possibilita o cultivo em densidades maiores, devido as plantas serem compactas. Verifica-se no presente experimento, que embora as colheitas tenham sido realizadas em um período de tempo maior (150 dias, de setembro de 2015 a janeiro de 2016), as produtividades máximas alcançadas foram muito superiores as obtidas por Alves (2015).

Paranjpe et al. (2008) estudaram a relação entre a densidade de plantas (de 8,8 a 28,6 plantas m⁻²) e a produtividade do cultivar "Sweet Charlie" em substrato de casca de pinus. Nesse trabalho, observaram que o aumento da densidade de plantas aumentou linearmente à produtividade comercial sem prejuízos ao tamanho médio de frutos. Nesse trabalho, os autores relatam o uso de ciclos de fertirrigação de 2 minutos de fornecimento de solução nutritiva com intervalos de 90 minutos num período de 24 horas, recebendo cada planta aproximadamente 150 mL de solução por dia. Em contraposição no presente trabalho a solução nutritiva foi fornecida diariamente, apenas 2 a 3 vezes ao dia por dois a três minutos. Ao considerar que cada gotejador enviou 25 mL de solução nutritiva por minuto, e a presença de aproximadamente 12,5 gotejadores por "slab", o fornecimento máximo de solução nutritiva variou de 352 e 469 mL por planta dia⁻¹ da maior a menor densidade de plantas, respectivamente. Embora se tenha fornecido maior quantidade de solução nutritiva, os intervalos de fertirrigação utilizados foram muito maiores que os usados por Paranjpe et al. (2008). Portanto, substratos com maior espaço de aeração e menor água disponível, como a casca de pinus (CP100) requerem manejo de fertirrigação diferenciado.

Ao se considerar o sistema proposto no presente experimento, em que os sacos de cultivo são horizontalizados e possuem menor altura (o que aumenta a capacidade de retenção da solução nutritiva) em relação a sacolas de cultivo, o manejo de fertirrigação e substratos utilizados, e as

produtividades alcançadas, verifica-se que a densidade de plantas ideal deva estar em aproximadamente 16,0 plantas m⁻².

Tabela 3. Médias do número de frutos (NFA) e produtividade total de frutos comerciais por área (PTC) dos cultivares (C) San Andreas (SA) e Albion (A), nos substratos (S) e densidades populacionais D1 (21,3 plantas m⁻²), D2 (18,7 plantas m⁻²) e D3 (16,0 plantas m⁻²). Epagri/EEITU – Ituporanga (2015).

		NFA (frutos m ⁻²)			PTC (kg m ⁻²)		
C	S	D1	D2	D3	D1	D2	D3
SA	TEC	554 Bd	488 Cc	748 Ab	6.267 Bd	6.046 Bc	8.707 Ab
	BIG	870 Aa	787 Ba	714 Cc	9.132 Aa	9.030 Aa	6.672 Bd
	CIC25/CP75	761 Bb	802 Ba	1099 Aa	7.020 Bc	7.213 Bb	12.165 Aa
	CIC50/CP50	803 Ab	837 Aa	703 Bc	7.925 Ab	7.671 ABb	7.211 Bc
	CP100	657 Bc	711 Bb	772 Ab	5.792 Cd	7.439 Bb	9.194 Ab
A	TEC	600 Ba	713 Aa	563 Bab	6.886 Bb	8.370 Aa	6.270 Ca
	BIG	573 Aa	485 Bc	541 ABb	5.338 Ac	5.707 Ab	5.652 Ab
	CIC25/CP75	591 Aa	479 Bc	463 Bc	7.854 Aa	4.612 Bc	4.849 Bc
	CIC50/CP50	601 Aa	574 Ab	601 Aa	4.882 Cc	5.811 Bb	6.748 Aa
	CP100	419 Bb	524 Acb	471 ABc	4.181 Cd	5.767 Ab	5.247 Bbc
CV %	3,18			2,62			

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

3.3. Biomassa média de frutos

Para “San Andreas” não houve interação entre as variáveis analisadas. Assim, independente do substrato utilizado e densidade populacional o BMF foi de 13,7 g fruto⁻¹. Por sua vez, para “Albion”, os maiores BMF em ordem decrescente foram obtidos pelas combinações dos tratamentos: CIC25/CP75 – D1 (19,3 g fruto⁻¹), CIC50/CP50 – D2 (17,8 g fruto⁻¹), BIG – D3 (15,6 g fruto⁻¹), TEC – D3 (15,0 g fruto⁻¹) e CP100-D3 (12,8 g fruto⁻¹) (Tabela 5). Isso indica que para o cultivar “Albion” os substratos e densidades populacionais interagem em relação ao BMF, o que provavelmente se deve ao maior vigor vegetativo do cultivar.

Não houve diferenças significativas entre “San Andreas” e “Albion” para o BMF, a exceção do tratamento CIC25/CP75 – D1 (11,04 g fruto⁻¹), cuja média dos cultivares foi de 13,9 g fruto⁻¹ (Tabela 4).

Paranjpe et al. (2008), em seu estudo com o cultivar “Sweet Charlie” em substrato de casca de pinus e diferentes densidades populacionais também não verificaram diferenças significativas do PMF para as densidades populacionais. Cantliffe et al. (2007), ao estudar a influência de diferentes substratos (casca de pinus, perlita e turfa) e recipientes de cultivo (“containers”) na BMF não observaram diferenças significativas para o cultivar “Sweet Charlie”. Enquanto Zorzeto (2011) observou menor BMF em substratos com maior porosidade, a exemplo da casca de arroz, os quais favorecem a aeração do ambiente radicular, mas prejudicam a retenção de água, sendo inadequados para o cultivo do morangueiro. Portanto as diferenças encontradas, possivelmente, referem-se a adaptação e reação diferencial dos cultivares aos meios de cultivo.

3.4. Produção de frutos por planta

As maiores PFP para "San Andreas" em ordem decrescente foram obtidos pelas combinações dos tratamentos: TEC – D3 (1.160,9 g planta⁻¹), CIC25/CP75 – D3 (760,4 frutos planta⁻¹), CP100 – D3 (574,7 g planta⁻¹), BIG – D2 (483,8 g planta⁻¹) e CIC50/CP50 – D3 (450,8 g planta⁻¹). A PFP do referido cultivar em média foi de 470,8 frutos planta⁻¹ (Tabela 5). Houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as combinações dos fatores. Como se pode observar, destaca-se o tratamento TEC – D3 com a maior produção de frutos por planta. Verifica-se, também a tendência de densidades populacionais menores, em geral, serem mais produtivas para o cultivar.

Para "Albion", TEC – D2 (448,5 g planta⁻¹), CIC50/CP50 – D3 (421,6 g planta⁻¹) e CIC25/CP75 – D1 (368,2 g planta⁻¹), apresentaram as maiores produções por planta e, em média, a PFP do cultivar foi de 319,1 g planta⁻¹ (Tabela 5).

Verifica-se que a produção por planta do cultivar "San Andreas" foi superior nas condições experimentais, na média dos tratamentos em 32,2% em relação ao cultivar "Albion" (Tabela 4). Essa maior produção do cultivar "San Andreas" por planta, está logicamente relacionada ao maior número de frutos por área e maior produtividade total de frutos comerciais por área.

Dijkstra et al. (1993), com o cultivar "Elsanta" no sistema semi-hidropônico horizontal, em "slabs" preenchidos com turfa, observaram aumento linear da produtividade com o aumento da densidade de plantas de 4,3 a 8,5 plantas m⁻². Alves (2015) ao comparar diferentes cultivares de morangueiro em sistema semi-hidropônico, em sacolas tendo como substrato casca de arroz carbonizada, também observou o aumento de PFP ao elevar a densidade populacional de 14,1 para 23,5 plantas m⁻². Em ambos os experimentos, o aumento da densidade de plantas reduziu a produção de frutos por planta. Estes resultados concordam com observado no presente ensaio, onde o aumento populacional de 16,0 plantas m⁻² (D3) para 21,3 plantas m⁻² tende a reduzir o NFP. Contudo, cabe ressaltar que as populações utilizadas neste ensaio, são muito superiores, àquelas utilizadas pelos autores anteriormente citados.

Zorzeto (2011) observou menor PFP em substratos com maior porosidade, a exemplo da casca de arroz, com frequências de fertirrigação de 2 a 4 vezes ao dia, concluindo que estes favorecem a aeração do ambiente radicular, mas prejudicam a retenção de água, sendo inadequados para o cultivo do morangueiro.

No presente experimento para "San Andreas" e "Albion" a combinação dos fatores (densidade populacional e substrato) onde foram obtidas as menores PFP foi observada em CP100 – D1, 271,5 e 196,0 g planta⁻¹, respectivamente. Isso indica que uma maior densidade populacional em substratos com maior porosidade há necessidade de um manejo de fertirrigação diferente do adotado no experimento. Possivelmente, o uso deste substrato poderia proporcionar resultados melhores em sistemas de cultivo fechados, onde as fertirrigações são mais frequentes. Isso evitaria o desperdício de solução nutritiva, reduziria custos de produção e minimizaria problemas ambientais.

Tabela 4. Número de frutos (NFA) e produtividade total de frutos comerciais por área (PTC), biomassa de frutos (BMF) e produção de frutos por planta (PFP) para os cultivares San Andreas (AS) e Albion (A), nos substratos (S) e densidades populacionais D1 (21,3 plantas m⁻²), D2 (18,7 plantas m⁻²) e D3 (16,0 plantas m⁻²). Epagri/EEITU – Ituporanga (2015).

S	D	NFA (frutos m ⁻²)		PTC (kg m ⁻²)		BMF (g fruto ⁻¹)		PFP (g planta ⁻¹)	
		SA	A	SA	A	SA	A	SA	A
TEC	D1	554 A	600 A	6.267 B	6.886 A	14,9 A	14,6 A	293,8 A	322,8 A
	D2	488 B	713 A	6.046 B	8.370 A	13,7 A	14,8 A	323,9 B	448,5 A
	D3	748 B	563 B	8.707 A	6.270 B	15,0 A	15,1 A	1.160,9 A	391,9 B
BIG	D1	870 A	573 B	9.132 A	5.338 B	13,7 A	13,6 A	428,2 A	250,3 B
	D2	787 A	485 B	9.030 A	5.707 B	13,3 A	14,0 A	483,8 A	305,7 B
	D3	714 A	541 B	6.672 A	5.652 B	13,7 A	15,6 A	417,1 A	353,3 B
CIC25 /CP75	D1	761 A	591 B	7.020 B	7.8574A	11,0 B	19,3 A	329,0 A	368,2 A
	D2	802 A	479 B	7.213 A	4.612 B	11,9 A	11,5 A	386,5 A	247,1 B
	D3	1099 A	463 B	12.165 A	4.849 B	15,4 A	12,6 A	760,4 A	303,1 B
CIC50 /CP50	D1	803 A	601 B	7.925 A	4.882 B	14,1 A	11,4 A	371,5 A	228,8 B
	D2	837 A	574 B	7.671 A	5.811 B	12,9 A	17,8 A	411,0 A	311,3 B
	D3	703 A	601 B	7.211 A	6.748 A	12,8 A	12,9 A	450,8 A	421,6 A
CP100	D1	657 A	419 B	5.792 A	4.181 B	14,4 A	11,6 A	271,5 A	196,0 B
	D2	711 A	524 B	7.439 A	5.767 B	13,2 A	13,8 A	398,6 A	308,9 B
	D3	772 A	471 B	9.194 A	5.247 B	14,0 A	12,8 A	574,7 A	328,1 B
CV %		3,18		2,62		13,90		3,65	

Médias seguidas pela mesma letra (maiúsculas entre duas colunas na linha para SA e A) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 5. Médias da biomassa dos frutos (BMF) e produção de frutos por planta (PFP) dos cultivares (C) San Andreas (SA) e Albion (A), nos substratos (S) e densidades populacionais D1 (21,3 plantas m⁻²), D2 (18,7 plantas m⁻²) e D3 (16,0 plantas m⁻²). Epagri/EEITU – Ituporanga (2015).

C	S	BMF (gramas fruto ⁻¹)			PFP (gramas planta ⁻¹)		
		D1	D2	D3	D1	D2	D3
SA	TEC	14,9 ^{ns}	13,7 ^{ns}	14,9 ^{ns}	293,8 Bcd	323,9 Bc	1160,9 Aa
	BIG	13,7 ^{ns}	13,3 ^{ns}	13,7 ^{ns}	428,2 Ba	483,8 Aa	417,1 Bd
	CIC25/CP75	11,0 ^{ns}	11,9 ^{ns}	15,4 ^{ns}	329,0 Cc	386,5 Bb	760,4 Ab
	CIC50/CP50	14,1 ^{ns}	12,9 ^{ns}	12,8 ^{ns}	371,5 Bb	411,0 Abc	450,8 Ad
	CP100	14,4 ^{ns}	13,2 ^{ns}	13,9 ^{ns}	271,5 Cd	398,6 Bb	574,7 Ac
A	TEC	14,6 Aab	14,8 Aab	15,1 Aa	322,8 Cb	448,5 Aa	391,9 Bab
	BIG	13,6 Ab	14,0 Aab	15,6 Aa	250,3 Cc	305,7 Bb	353,3 Abc
	CIC25/CP75	19,3 Aa	11,5 Bb	12,6 Ba	368,2 Aa	247,1 Cc	303,1 Bd
	CIC50/CP50	11,4 Bb	17,8 Aa	12,9 Aba	228,8 Ccd	311,3 Bb	421,6 Aa
	CP100	11,6 Ab	13,8 Aab	12,8 Aa	196,0 Bd	308,9 Ab	328,1 Ad
CV%	13,90			3,65			

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

4. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais pode-se concluir que o cultivar San Andreas é mais produtivo que o Albion; os substratos testados, a exceção de CP100, podem ser utilizados para o cultivo semi-hidropônico sem prejuízos à produtividade; a densidade populacional que proporciona a maior produtividade é de 16 plantas m⁻².

5. REFERÊNCIAS

ABAD-BERJÓN, Manuel; NOGUERA Patricia Murray. **Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigacion**. In: CADAHIA, Carlos Lopez. **Fertirrigacion**. Ed. Mundi-Prensa. Madri. 1998. 475p. Cap.8. p.287-342.

ALVES, Marina Costa. **Densidade de plantio e conservação pós colheita de cultivares de morangueiro em sistema de produção fora do solo**. Pelotas: UFPel, 2015. Dissertação, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

AMERI, Atefe; TEHRANIFAR, Ali; SHOOR, Mahamoud; DAVARYNEJAD Gholam Hossein. Effect of substrate and cultivar on growth characteristic of strawberry in soilless culture system. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 56, p. 11960-11966, 2012.

ANDRIOLO, Jerônimo Luiz.; BONINI, Jorge. V., BOEMO, Moisés P. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p.24-27, 2002.

CANTLIFFE, Daniel J; PARANJPE, Ashwin V; STOFFELA, Peter J; LAMB, E Elizabeth M; POWEL, Charles A. Influence of soilless media, growing containers, and plug transplants on vegetative growth and fruit yield of "Sweet Charlie" strawberry grown under protected culture. **Proceedings Florida State**, Gainesville, v. 120, p.142:150. 2007.

CATTIVELLO, C. Physical properties of commercial substrates and their relationships. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.294, p.207-214, 1991.

COSTA, Edilson; LEAL, Paulo Ademar Martins. Avaliação da biomassa foliar de morangueiro hidropônico em diferentes ambientes protegidos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p.1941-1952, 2008.

COSTA, Andréa Ferreira; ROSSI, Drieli Aparecida; LEAL, Nilton Rocha. **Origem, evolução e o melhoramento do morangueiro**. In: ZAWADNEAK, Maria Aparecida Cassilha; SCHUBER, Joselia Maria; MÓGOR, Átila Francisco. **Como produzir morangos**. Ed. UFPR. Curitiba p. 33-68. 2014.

COSTA, Edilson; LEAL, Paulo Ademar Martins. Avaliação da biomassa foliar de morangueiro hidropônico em diferentes ambientes protegidos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n. 6, p.1941-1952. 2008.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.26, p37-44, 1972.

DIJKSTRA, J; DE BRUIJN, J; SCHOLTENS, A; WIJSMULLER, JM. Effects of plant distance and peat volume on strawberry production in bag and bucket culture. **Acta Horticulturae**, 348, 180-184. 1993.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário – ferramental estatístico**. Campinas: EMBRAPA/CNPTIA, 1997. 258p.

FREEMAN, B. Response of strawberry fruit yield to plant population density. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Victory, v.21, p. 349-353, 1981.

FURLANI, Pedro Roberto; FERNANDEZ JÚNIOR, Flávio. Cultivo hidropônico de morango em ambiente protegido. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO & ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL**. Pelotas. Anais... Pelotas: CORRÊA ANTUNEZ, L.E. et al., (eds.). EMBRAPA, v. 2, p.102-115, 2004.

IMÉNEZ, Gustavo; ANDRIOLO, Jerônimo Luiz; GOTO, Romy. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 273-279, 2008.

MARTINEZ, Hermínia Emília Prieto; BARBOSA, José Geraldo. **O uso de substratos em cultivos hidropônicos**. Viçosa: UFV, 1999, 49p. (Cadernos didáticos, 42).

MORAES, Carlos Alberto Gemeinder.; FURLANI, Pedro Roberto. Cultivo de hortaliças de fruto em hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.105-113. 1999.

PARANJPE, Ashwin V; CANTLIFFE, Daniel J; STOFELLA, Peter J; LAMB, Elizabeth M; POWELL, Charles A. Relationship on plant density to fruit yield of "Sweet Charlie" strawberry grown in a pine bark soilless medium in a high-roof passively ventilated greenhouse. **Scientia Horticulturae**, n. 115, 117-123p. 2008.

PARDOSSI A., CARMASSI G., DIARA C., INCROCCI L., MAGGINI R., MASSA D. **Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture**. Pisa: Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, Università di Pisa. 63p. 2011.

PEREIRA, Ivan dos Santos; MESSIAS, Rafael da Silva; SILVEIRA, Carlos Augusto Posser; ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; PILLON, Clenio Nailton. Avaliação de diferentes substratos para o cultivo do morango. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 3; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2**, 2006, Pelotas. **Resumos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.101-106. 2006.

PORTELA, Isabelita Pereira, PEIL, Roberta Marins; RODRIGUES, Silvana; CARINI, Fernanda. Densidade de plantio, crescimento, produtividade e qualidade das frutas de morangueiro "Camino Real" em hidroponia. 2012. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v34, n3, p792-798. 2012.

REBELO, José Angelo. **Produção de hortaliças em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2014, 156p. (Boletim didático, 107).

SCHAFER, Gilmar; SOUZA, Paulo Vitor Dutra; FIOR, Claudimar Sidnei. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v.21, n.3, p299-306. 2015.

SCHMITZ, José Antônio Kroeff; SOUZA, Paulo Vítor Dutra; KÄMPF, Atelene Normann. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944. 2002.

SCHVAMBACH, Jacques Leandro; ANDRIOLO, Jerônimo Luiz; HELDWEIN, Arno Bernardo. Produção e distribuição da matéria seca do pepino para conserva em diferentes populações de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p. 35-41, 2002.

SILVEIRA, Georgeton Soares Ribeiro; GUIMARÃES, Bernardino Cangussu. Aspectos sociais e econômicos da cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte - Mg, v. 35, n. 279, p.7-10, mar./abr., 2014.

STRASSBURGER, André Samuel; PEIL, Roberta Marins Peil; SCWENGBER, José Ernani; MEDEIROS, Carlos Alberto Barbosa; MARTINS, Denise de Souza. Crescimento do morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no canteiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.2, p.223-226, 2011. UENO, Bernardo. Manejo integrado de doenças do morango. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2. Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 69-77, 2004.

ZORZETO, Thais Queiroz. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria* x *ananassa* Duch.)**. Campinas: IAC, 2011. Dissertação, Instituto Agronômico de Campinas - IAC. 2011.