

Fenología, consumo hídrico, rendimiento e qualidade de minimelancia em hidroponia

Marques, Gabriel Nachtigall^{1,2,3}; Roberta Maríns Nogueira Peil¹; Isabel Lago¹; Liana Viviam Ferreira¹; Laís Perin¹

¹Universidade Federal de Pelotas-UFPel. Caixa postal 354, CEP: 96010-900, Pelotas, RS, Brasil; ²Avenida Engenheiro Ildefonso Simões Lopes, travessa 2, n° 15, Pelotas/RS-Brasil, CEP: 96060-290; ³gabrielnmarques@hotmail.com

Marques, Gabriel Nachtigall; Roberta Maríns Nogueira Peil; Isabel Lago; Liana Viviam Ferreira; Laís Perin (2014) Fenología, consumo hídrico, rendimiento e qualidade de minimelancia em hidroponia. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (1): 57-65

Com o objetivo de determinar a soma térmica das fases fenológicas, quantificar o consumo hídrico, determinar a eficiência no uso da água (EUA), bem como o rendimento e a qualidade de frutos, dois híbridos de minimelancia, 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]', foram cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido em ciclo de primavera/verão no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no município de Capão do Leão, RS. Os genótipos apresentaram comportamento similar em relação ao volume total e diário de água consumida durante o ciclo de cultivo, à eficiência no uso da água, ao rendimento e às características químicas dos frutos. Para ambos genótipos, a demanda máxima diária de água foi de 1,5 litro planta⁻¹ dia⁻¹, a demanda total foi de cerca de 73-76 litros planta⁻¹ e 80% desta demanda ocorreu durante a fase fenológica III (plena frutificação). O maior consumo hídrico médio por unidade de radiação solar global exterior (R_g) ocorreu na fase fenológica III (68,8 ml planta⁻¹ MJ m⁻²), período no qual ambos genótipos acumularam mais graus dia. Os híbridos 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]' apresentaram rendimento de frutos de 12,56 e 9,37 kg m⁻², respectivamente, e média do teor de sólidos solúveis totais de 10,3°Brix. 'Rapid Fire[®]' salientou-se pela elevada EUA na produção de frutos, da ordem de 52,77 g L⁻¹. 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]' são genótipos potencialmente de alto rendimento de frutos, com alta eficiência no uso da água e com características químicas compatíveis às exigências do mercado.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus* L., genótipos, ambiente protegido, lisímetros, eficiência no uso da água.

Marques, Gabriel Nachtigall; Roberta Maríns Nogueira Peil; Isabel Lago; Liana Viviam Ferreira; Laís Perin (2014) Phenology, water consumption, yield and quality of mini watermelon crop in hydroponics. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (1): 57-65

With the aim to determine the thermal time in phenological phases, quantify the water consumption, determine the water use efficiency (WUE), as well as fruit yield and quality, two mini watermelon hybrids, 'Rapid Fire[®]' and 'Smile[®]', were grown in hydroponic system and greenhouse conditions during spring / summer crop-season at "Universidade Federal de Pelotas", in Capão Leão, RS. The obtained results indicated that 'Rapid Fire[®]' and 'Smile[®]' showed similar total and daily volume of water consumption during the crop cycle, WUE, fruit yield and fruit chemical characteristics. For both genotypes, the maximum daily water consumption was 1.5 liter plant⁻¹ day⁻¹; the total water consumption was about 73-76 liters plant⁻¹ and 80% of the demand occurred during phenological stage III (maximum fruiting). The highest average water consumption per unit of solar radiation outside (R_g) occurred in phenological stage III (68.8 ml plant⁻¹ MJ m⁻²), during which both genotypes accumulated more degree day. The hybrids 'Rapid Fire[®]' and 'Smile[®]' showed fruit yield of 12.56 and 9.37 kg m⁻², respectively, and an average solid soluble content of 10.3°Brix. 'Rapid Fire[®]' highlighted by its very high WUE for fruit production, 52.77 g L⁻¹ on average. 'Rapid Fire[®]' and 'Smile[®]' are potentially high fruit yielding genotypes, which present a high WUE and chemical characteristics compatible to the market requirements.

Keywords: *Citrullus lanatus* L., genotypes, greenhouse, lysimeters, water use efficiency.

Recibido: 08/08/2013

Aceptado: 11/04/2014

Disponibile on line: 10/05/2014

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

Impulsionado pela crescente demanda de produtos dotados de alta qualidade aos grandes centros consumidores, o cultivo hidropônico de hortaliças vem se destacando como um sistema de produção alternativo e capaz de suprir a intensa demanda dos mercados com hortaliças de excelência no que se refere aos atributos de qualidade (Andriolo, 2002).

Há pouco tempo, as minimelancias (também conhecidas como *Personal Size*, *Ice Box* ou *Baby*) foram introduzidas no mercado brasileiro. Para os consumidores o reduzido tamanho é o fator determinante para sua compra, facilitando o transporte e o armazenamento em geladeiras domésticas (Gonçalves et al., 2009). Em pesquisa recente, Rodrigues (2011), estudando a densidade de plantio de minimelancia do genótipo 'Rapid Fire[®]' em sistema hidropônico e ambiente protegido, obteve produção superior aos tradicionais sistemas de cultivo no solo, demonstrando o potencial dos sistemas de cultivo sem solo para a cucurbitácea em questão.

A utilização de sistemas fechados de cultivo sem solo, como é o caso do sistema hidropônico NFT [Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (Cooper, 1979)], mostra-se promissora e vem possibilitando aumento da produtividade de hortaliças (Fagan et al., 2009). Esse aumento na produtividade, em parte, se deve ao uso mais eficiente da água e nutrientes, uma vez que as perdas do sistema são mínimas (Gálvez & Peil, 2000; Adams, 1981). No entanto, por se tratar de uma cultura pouco estudada, surgem dúvidas em relação ao comportamento da minimelancieira e ao manejo da água mais adequado, principalmente em novos sistemas de produção.

Concomitantemente, o estudo da fenologia das culturas desempenha importante função na avaliação das respostas das plantas, permitindo a caracterização da duração das fases de desenvolvimento (Pedro Júnior et al., 1994), o que pode auxiliar no planejamento e no manejo da cultura (Falcão et al., 2003). Neste sentido, tornam-se necessários estudos enfocando as fases fenológicas e o consumo de água pela cultura.

A quantificação do consumo hídrico de culturas diferenciadas, como é o caso da minimelancia produzida em sistemas hidropônicos, assume grande importância no que tange a geração de informação, pois são inexistentes dados que relatem o consumo de água pela cultura na literatura. Este fato, além de dificultar o aumento e estabelecimento de cultivos comerciais, também torna árduo o desenvolvimento de pesquisas com a cultura. De acordo com Caron & Heldwein (2000), o consumo de água é influenciado por uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos ao cultivo, como por exemplo, a disponibilidade de água, a demanda evaporativa da atmosfera, as características genéticas das culturas e cultivares e, a área foliar da planta.

Adicionalmente, a determinação da eficiência no uso da água (EUA) é uma medida importante que relaciona o crescimento (massa seca produzida) e o consumo hídrico (Kramer, 1983; Kramer & Boyer, 1995). Também pode ser entendida como o rendimento total dos frutos por unidade de água utilizada.

A produtividade da melancia é determinada pela combinação de dois componentes: número e peso médio de frutos colhidos. Por outro lado, a qualidade de hortaliças de frutos está relacionada com o grau de aceitabilidade de determinado produto pelo consumidor, sendo que algumas propriedades ou atributos inerentes ao fruto são determinantes neste processo (Chitarra & Chitarra, 2005). A caracterização química viabiliza a avaliação da qualidade de frutos de melancia, sendo que o teor de sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (ATT) são os atributos mais utilizados (Chitarra & Chitarra, 1990).

Vários fatores influenciam o consumo hídrico e a eficiência no uso da água, o rendimento e a qualidade final de frutos de melancia, tais como, clima, genótipo e sistema de cultivo.

O presente trabalho objetivou determinar a soma térmica das fases fenológicas e quantificar o respectivo consumo hídrico, determinar a EUA, bem como o rendimento e a qualidade de dois genótipos híbridos de minimelancia, 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]', cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação modelo "teto em arco" situada no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no Município do Capão do Leão, RS, cuja localização geográfica é latitude 31°52' Sul e longitude 52°21' Oeste, com altitude média de 13 m. O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo, pela classificação de Köppen do tipo Cfa (Köppen & Geiger, 1928). O manejo do ambiente da casa de vegetação foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura diária das cortinas laterais.

Durante o período compreendido entre o transplante e a colheita final foram coletados os valores máximos e mínimos de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no interior da estufa agrícola através de um termo-higrômetro digital. A temperatura média foi de 26,3 °C, com média das mínimas de 18,6 °C e das máximas de 34 °C. A umidade relativa média foi de 66,6 %, com média das mínimas de 39,8 % e das máximas de 93,4 %. Os valores de radiação solar global exterior (R_g) foram obtidos a partir de dados da estação agroclimatológica da UFPel, localizada a 500 metros do local onde foi realizado o experimento.

Foram utilizadas sementes híbridas de minimelancia (*Citrullus lanatus* L.) de dois genótipos, 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]'. A semeadura foi realizada no dia 05 de novembro de 2011, em espuma fenólica disposta em bandejas plásticas simples (38cm x 58cm x 9cm). Dez dias depois (quando as plântulas apresentavam as folhas cotiledonares completamente abertas), iniciou-se a subirrigação com solução nutritiva a 50% (condutividade elétrica de 0,9 dS m⁻¹) da concentração original. No dia 12 de dezembro de 2011, quando as mudas apresentavam de 4 a 6 folhas definitivas, foi realizado o transplante para os canais de cultivo.

O sistema hidropônico NFT foi composto por seis canais de cultivo de madeira (0,30 m de largura e 7,5 m

de comprimento) dispostos em linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2 m e distância entre linhas simples de 0,5 m, ocupando uma área de 52,5 m². A densidade populacional foi de 3,1 plantas m⁻² e espaçamento entre plantas de 0,37 m, de acordo com as indicações de Rodrigues (2011). Para proporcionar o escoamento da solução nutritiva até os reservatórios, os canais foram instalados com 2% de declividade e revestidos com filme de polietileno dupla face, de maneira a formar canais de plástico que conduziam o lixiviado da solução nutritiva até o reservatório.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições. Cada bloco correspondeu a um canal duplo de cultivo, no qual constaram os dois genótipos de minimelancia (um em cada canal simples, correspondendo cada canal simples a uma parcela experimental com 20 plantas de mesmo genótipo). Para quantificar o consumo hídrico e determinar a EUA dos dois genótipos separadamente, cada parcela experimental demandou um conjunto motobomba de baixa potência, um sistema de tubulação de PVC e um reservatório graduado individual de 100 litros, instalados abaixo do nível do solo para possibilitar a coleta do lixiviado da solução nutritiva.

O fornecimento de solução nutritiva foi realizado através de fluxos intermitentes, programados através de um temporizador. As motobombas foram acionadas durante 30 minutos a cada 1 hora, no período das 8:00 às 19:00.

A solução nutritiva empregada foi a proposta por Requena García (1999), apresentando a seguinte composição de macroelementos (em mmol L⁻¹): 12,8 de NO₃⁻, 1,4 de H₂PO₄⁻, 2,0 de SO₄⁻², 0,8 de NH₄⁺, 6,0 de K⁺, 4,0 de Ca⁺² e 1,7 de Mg⁺². Devido à falta de recomendação quanto à concentração de micronutrientes, utilizaram-se as quantidades indicadas por Casas Castro (1999) para a cultura do meloeiro que são as seguintes: Fe: 4,0; Mn: 0,56; Zn: 0,26; B: 0,22; Cu: 0,03; Mo: 0,05; expressos em mg L⁻¹.

O pH da solução nutritiva foi mantido na faixa de 5,5 a 6,5 (monitorado com pHmetro digital manual), sendo corrigido com soluções ácidas ou básicas, quando necessário. A condutividade elétrica foi mantida em torno de 1,8 dS m⁻¹ (monitorada com condutímetro digital manual), sendo corrigida com solução concentrada ou água quando ocorriam variações na ordem de 10% abaixo ou acima deste valor.

As plantas foram conduzidas verticalmente através de tela de tutoramento de polietileno, tendo a haste primária como principal. A partir da 9ª até a 11ª axila foliar, se permitiu o crescimento de hastes secundárias, despontadas após o surgimento da 2ª folha. Permitiu-se a frutificação somente em hastes secundárias localizadas a partir da 12ª axila foliar da haste primária. Foi realizada a retirada de todas as flores hermafroditas da haste principal. O raleio foi feito de maneira que houvesse a fixação de um único fruto por haste secundária, conservando uma distância mínima de dois nós (na haste principal) entre hastes secundárias com frutos. Os frutos foram sustentados por meio de redes plásticas fixadas na tela. Também, foi realizada a prática da desfolha que consiste na retirada de folhas provenientes de podas e desponta, além daquelas folhas danificadas por insetos e doenças.

Foram registradas as datas de aparecimento das fases fenológicas para os dois genótipos de minimelancia. Para esta avaliação, foram marcadas cinco plantas de cada genótipo em cada bloco, totalizando 15 plantas por genótipo. Em ambos os híbridos estudados, foi identificada a expressão sexual andromonóica (flores masculinas e hermafroditas). Considerando o hábito de floração das plantas e baseado na escala fenológica geral das cucurbitáceas (Phenological growth stages and BBCH), de autoria de Feller et al. (1995), o ciclo de desenvolvimento da minimelancia foi dividido em fases obedecendo aos seguintes critérios: a) crescimento vegetativo (I): do transplante até a data média do aparecimento da primeira flor masculina nas plantas marcadas; b) florescimento e início da frutificação (II): do aparecimento da primeira flor masculina até a data média de aparecimento do primeiro fruto nas plantas marcadas (foi contabilizado como fruto aquelas flores hermafroditas que apresentavam ovário com diâmetro transversal de 2 cm); c) Plena frutificação (III): do aparecimento do primeiro fruto até a data média do início do surgimento de frutos em ponto de colheita; d) Colheita (IV): do início do surgimento de frutos em ponto de colheita até o final da colheita. O ponto de colheita dos frutos foi definido baseado nas orientações de Dias & Lima (2010), onde são considerados em ponto de colheita aqueles frutos que apresentam a gavinha oriunda do mesmo nó completamente seca. Para testar a precisão deste critério de definição de ponto de colheita, foram amostrados alguns frutos provenientes de plantas não marcadas e que possuíam a gavinha oriunda do mesmo nó do fruto completamente seca. Nestes frutos, foi analisado o teor de sólidos solúveis totais (SST) com refratômetro manual. Os valores obtidos foram superiores a 9 °Brix, o que segundo a União Européia, são valores adequados.

A soma térmica diária (STd, °C dia), foi calculada de acordo com Arnold (1960), através da seguinte fórmula: STd = (Tmed - Tb) . 1 dia; em que Tmed é a temperatura média do ar, calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diárias do ar, e Tb é a temperatura base para emissão de nós na melancia. Foi utilizada a temperatura base de 7°C, determinada por Lucas et al. (2012). A soma térmica acumulada (STa) para as diferentes fases fenológicas foi calculada através da soma dos valores de STd.

Cada conjunto composto por um canal de cultivo (20 plantas) e um reservatório de solução nutritiva formaram um lisímetro, de maneira semelhante ao descrito por Valandro et al. (1999) e Peil et al. (2012) para avaliação de consumo hídrico em sistemas de cultivo sem solo. Através da graduação dos reservatórios de solução nutritiva na faixa de 0 a 100 litros, foram determinados os volumes de solução repostos aos sistemas a partir de um volume inicial. As diferenças entre o valor de referência e a leitura anterior representaram o volume consumido pelas plantas em determinados períodos. As reposições foram feitas conforme a intensidade do consumo de solução nutritiva, sempre até que se atingisse o volume de referência.

Ao fim do ciclo de cultivo, por ocasião da última colheita, no dia 22 de fevereiro de 2012 (73 dias desde

o transplante) foi realizado o somatório dos volumes de solução nutritiva adicionados por reservatório. Conhecendo-se o volume total consumido (desde o transplante até a colheita final) por parcela experimental e dividindo-o pelo número de plantas (20) obteve-se o consumo total em litros por planta.

Também, foi determinado o consumo hídrico dos genótipos durante o período referente a cada fase fenológica da cultura e, relacionando consumo hídrico por unidade de R_g . Para estas variáveis, foi realizada uma análise bifatorial, onde o primeiro fator foi o genótipo (com dois níveis) e o segundo fator foi a fase fenológica (com quatro níveis).

Cinco plantas por repetição (no total, 15 plantas por genótipo), ao final do ciclo, foram fracionadas em quatro partes (raiz, caule, folhas e frutos) e pesadas separadamente em balança analítica, obtendo-se a massa fresca das frações. Os frutos colhidos durante o ciclo produtivo e as folhas originadas de desfolhas antecipadas foram contabilizados e somados às frações correspondentes. Foi medida a área foliar acumulada, através de equipamento integrador de área foliar (LICOR, modelo 3100). Após, colocou-se o material em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 65 °C, até atingirem massa seca constante. A EUA foi determinada pelas relações entre a produção de massa fresca de frutos, massa seca total e de frutos e o volume de água consumido por planta.

As avaliações referentes à caracterização química foram realizadas em três frutos de cada genótipo. O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi analisado com refratômetro manual a partir de uma gota de suco retirada da parte central da polpa; a acidez total titulável (ATT), utilizando-se 10 ml de suco diluídos em 90 ml de água destilada, cuja diluição foi titulada com solução de

hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1; e o índice de maturação foi obtido a partir da relação SST/ATT.

Os dados foram submetidos à análise de variância com 5% de probabilidade de erro. Para o consumo hídrico acumulado em função da idade da planta, realizou-se análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A soma térmica acumulada (STa) em diferentes fases de desenvolvimento dos genótipos de minimelancia 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]' é apresentada na Tabela 1. Os dois híbridos completaram o ciclo total com 1953,7 °C dia acumulados durante o período compreendido entre a sementeira e a colheita final. Na etapa de produção de mudas, que compreendeu o período da sementeira até o dia do transplante (plantas com 4 a 6 folhas definitivas), foram acumulados 542,85 °C dia (5/11/2011 – 11/12/2011) para os dois híbridos estudados. Em relação à fase de crescimento vegetativo (I) (compreendida entre o transplante e o início do florescimento), observou-se que 'Rapid Fire[®]' necessitou de menor tempo térmico (197,85 °C dia) em relação à 'Smile[®]' (300,75 °C dia). No entanto, a maior diferença entre os genótipos ocorreu na fase de florescimento ao início da frutificação (II), quando 'Rapid Fire[®]' acumulou 40% mais graus dia que 'Smile[®]' (Tabela 1). Dentre as fases fenológicas estudadas, para ambos genótipos, a maior STa ocorreu na fase de plena frutificação (III), contabilizando 802,90 °C dias para 'Rapid Fire[®]' e 852,70 °C dia para 'Smile[®]'. O ciclo desde o transplante até a colheita final contabilizou um período de 73 dias para ambos genótipos, sendo acumulados 1410,85 °C dia.

Tabela 1. Soma térmica acumulada (STa) nas fases fenológicas de produção de mudas, crescimento vegetativo (I), florescimento e início da frutificação (II), plena frutificação (III) e colheita (IV) de dois genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico no cultivo de primavera/verão de 2011/2012.

Fase Fenológica	Genótipos			
	Rapid Fire [®]		Smile [®]	
	Período	STa (°C dia)	Período	STa (°C dia)
Produção de mudas	05/11/2011 - 11/12/2011	542,85	05/11/2011 - 11/12/2011	542,85
I	12/12/2011 - 22/12/2011	197,85	12/12/2011 - 28/12/2011	300,75
II	23/12/2011 - 06/01/2012	256,70	29/12/2011 - 03/01/2012	104,00
III	07/01/2012 - 15/02/2012	802,90	04/01/2012 - 15/02/2012	852,70
IV	16/02/2012 - 22/02/2012	153,40	16/02/2012 - 22/02/2012	153,40
Ciclo Total		1953,75		1953,75

Para a variável consumo hídrico acumulado por fase fenológica, os dados expressos na Tabela 2 evidenciam interação com significância estatística entre os fatores experimentais genótipo e fase fenológica. As diferenças estatísticas entre os genótipos ocorreram somente na fase II, quando 'Rapid Fire[®]' consumiu mais do que o dobro de água que 'Smile[®]'. A compreensão deste fato torna-se possível quando realizada a análise simultânea das Tabelas 1 e 2, visto que o genótipo 'Rapid Fire[®]' apresentou maior STa na fase de florescimento e início da frutificação (II). Portanto, pode-se inferir que existe relação direta entre o consumo hídrico e o tempo térmico de cada fase fenológica. Porém, o consumo hídrico acumulado ao final do ciclo de cultivo não variou entre os genótipos (Tabela 2). Os genótipos 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]' apresentaram consumo hídrico (desde o transplante até a colheita final) de 75,74 e 73,13 litros planta⁻¹, respectivamente. Observou-se também que o consumo total de água pela planta de minimelancia varia em função da fase fenológica, atingindo o valor máximo na fase III (plena frutificação) para ambos genótipos. Nesta fase, cuja duração correspondeu a 41% e 44% do ciclo dos genótipos estudados (Tabela 1), os volumes de água consumidos foram 61,10 e 61,23 litros planta⁻¹ (Tabela 2), respectivamente, representando 80,7 e 83,7 % do volume total consumido por 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]'. Resultados semelhantes foram obtidos por Fagan et al. (2009), os quais também constataram elevado consumo de água pela planta de meloeiro na fase de crescimento de frutos. Nesta fase as plantas apresentam uma grande expansão da área foliar e elevadas taxas de fotossíntese e transpiratória, repercutindo em significativos acréscimos no consumo de água. Assim, o ápice do consumo de água deu-se no período no qual a planta atingiu elevados valores de IAF resultando em acentuado aumento da transpiração. Os maiores valores de IAF foram observados dentro do período de crescimento dos frutos, porém pode-se dizer, em menor escala, que os frutos também contribuíram para elevação do consumo de água, pois grande parte dos fotoassimilados é destinada para a sua formação (Taiz & Zeiger, 1999).

A análise de variância dos dados de consumo hídrico diário não revelou significância estatística para o fator genótipo e para a interação genótipos x fase fenológica (Tabela 2). Por outro lado, através da análise do fator fase fenológica, constatou-se que as médias de consumo diário dos genótipos são estatisticamente superiores na fase fenológica III. Os volumes médios diários máximos de solução nutritiva consumidos foram de 1,528 e de 1,424 litros planta⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, para 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]', corroborando os resultados obtidos com a variável consumo hídrico acumulado para esta mesma fase.

Os valores acumulados de radiação solar global (R_g) recebida em cada fase fenológica por 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]' são apresentados na Figura 1. Conforme verificado na Tabela 2, os maiores valores de consumo hídrico acumulado e diário ocorreram na fase fenológica III. Em média, 58% da R_g total recebida no período experimental concentrou-se nesta fase.

A Tabela 3 apresenta os resultados do consumo de água pela planta por unidade de R_g. Também não houve diferenças significativas para o fator genótipo e para a interação genótipos x fase fenológica. Porém, a média do consumo de água por unidade de R_g foi estatisticamente superior na fase fenológica III, contabilizando um consumo hídrico médio de 68,8 ml planta⁻¹ para cada unidade de R_g disponibilizada (MJ m⁻²).

Os resultados reforçam as afirmações de outros autores que demonstraram haver relação direta entre o consumo hídrico e a radiação solar. Associado à grande expansão da área foliar e ao crescimento dos frutos verificados na fase fenológica III, de acordo com Stanghellini (1993), dentre os elementos meteorológicos, a radiação solar é o que apresenta maior capacidade de influenciar a evapotranspiração das culturas em ambiente protegido. Dalmago et al. (2006) obteve relação linear positiva entre evapotranspiração e R_g para a cultura do pimentão, indicando que há aumento do consumo hídrico à medida que ocorre a elevação da transpiração, motivado por elevação da disponibilidade de radiação solar.

Tabela 2. Consumo hídrico acumulado e diário nas diferentes fases fenológicas de dois genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico no cultivo de primavera/verão de 2011/2012. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05). ^{ns}: diferenças não significativas a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Genótipo	Fases Fenológicas				Total
	I	II	III	IV	
Consumo hídrico acumulado (litros planta ⁻¹)					
Rapid Fire [®]	1,37 aC	8,74 aB	61,1 aA	4,53 aC	75,74 ns
Smile [®]	3,09 aB	4,22 bB	61,23 aA	4,58 aB	73,13
Média	2,23	6,48	61,16	4,55	74,43
Consumo hídrico diário (litros planta ⁻¹ dia ⁻¹)					
Rapid Fire [®]	0,125 ^{ns}	0,583 ^{ns}	1,528 ^{ns}	0,647 ^{ns}	1,04 ^{ns}
Smile [®]	0,182	0,703	1,424	0,654	1,00
Média	0,153 C	0,643 B	1,476 A	0,651 B	1,02

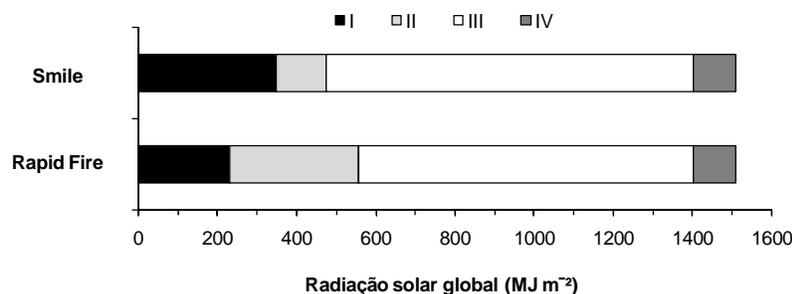


Figura 1. Radiação solar global exterior (R_g) acumulada nas fases fenológicas de crescimento vegetativo (I), florescimento e início da frutificação (II), plena frutificação (III) e colheita (IV) de dois genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico no cultivo de primavera/verão de 2011/2012.

Tabela 3. Consumo hídrico acumulado por unidade de radiação solar global exterior (R_g) nas diferentes fases fenológicas de dois genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico no cultivo de primavera/verão de 2011/2012. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}: diferenças não significativas a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Genótipo	Fases Fenológicas				Total
	I	II	III	IV	
Consumo hídrico acumulado por unidade de R_g (ml planta ⁻¹ MJ m ⁻²)					
Rapid Fire [®]	6,0 ^{ns}	26,8 ^{ns}	72,4 ^{ns}	41,3 ^{ns}	50,1 ^{ns}
Smile [®]	8,8	33,7	65,2	41,8	48,4
Média	7,4 D	30,2 C	68,8 A	41,5 B	49,2

A partir da análise de regressão polinomial dos dados de consumo hídrico acumulado no decorrer do ciclo da cultura de minimelancia (Figura 2), observa-se que ambos genótipos seguem um modelo de evolução com tendência sigmoidal. Inicialmente, nas fases vegetativa e de florescimento ao início da frutificação [até aproximadamente 25 dias após o transplante (DAT)] o incremento do consumo hídrico foi baixo. À medida que a planta expandiu a área foliar e emitiu os frutos, na fase de frutificação plena, houve um aumento do consumo hídrico com tendência linear (entre os 28-30 DAT até 60-66 DAT), havendo maior demanda de água para que sejam cumpridas suas funções metabólicas e para o crescimento dos frutos. No período final (maturação/colheita de frutos), há significativa redução da intensidade do consumo hídrico devido à redução da absorção de água pela melancieira em função da proximidade com a fase de senescência.

Os valores de eficiência na uso da água (EUA) na produção de massa fresca (MF) de frutos, na produção de MS de frutos e na produção de MS total da planta, bem como a relação entre a área foliar da planta e o consumo hídrico (AF/CH) não apresentaram diferenças significativas entre genótipos pelo teste F (Tabela 4).

A EUA na produção de frutos (MF de frutos) foi de 52,77 e 38,58 g L⁻¹ para os genótipos 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]', respectivamente. Os valores obtidos na literatura para outros genótipos em cultivo no solo são de 35,6 g L⁻¹ (Fernández et al., 2007) e de 39,21 g L⁻¹ (Tingwu et al., 2003). Nogueira (2008), estudando o

consumo hídrico e a EUA do híbrido 'Smile[®]', também em cultivo convencional, obteve a EUA de 45,87 g L⁻¹. Assim sendo, há similaridade entre os dados obtidos neste experimento com os dados de pesquisas realizadas com o genótipo 'Smile[®]' (Nogueira, 2008) e também com outros genótipos (Fernández et al., 2007; Tingwu et al., 2003). No entanto, o valor médio de EUA de 52,77 g L⁻¹, obtido com o híbrido 'Rapid Fire[®]', destaca-se quando comparado a outros valores, pois não foram encontrados relatos de maior eficiência no uso da água para produção de frutos de minimelancia.

Quando relacionada a EUA com a produção de MS de frutos, foram obtidos os valores de 2,35 e 1,55 g L⁻¹ (gramas de massa seca de frutos produzida com 1 litro de água) para os genótipos 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]', respectivamente (Tabela 4). Apesar das diferenças numéricas consideráveis a favor de 'Rapid Fire[®]', devido ao elevado coeficiente de variação observado para esta variável, não foi possível indicar diferenças estatisticamente significativas entre os genótipos. Da mesma forma, mesmo 'Rapid Fire' apresentando maior valor de EUA na produção de MS total da planta (3,29 g L⁻¹) em relação a 'Smile' (2,66 g L⁻¹), não houve diferença significativa entre os genótipos.

De acordo com Caron & Heldwein (2000) o consumo de água tem relação direta com a área foliar da planta, pois quanto maior for o índice de área foliar (IAF), maior será a superfície transpiratória. Uma vez que a área foliar das plantas de ambos genótipos foi muito semelhante (3924,6 cm² para 'Rapid Fire[®]' e 3755,6

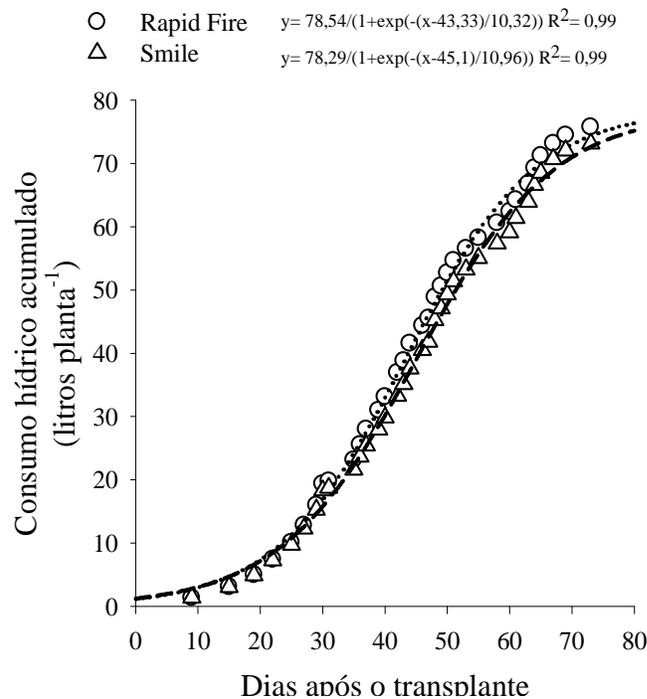


Figura 2. Consumo hídrico acumulado em função do número de dias após o transplante de dois genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico no cultivo de primavera/verão de 2011/2012.

Tabela 4. Eficiência no uso da água na produção de massa fresca de frutos (MF frutos), massa seca de frutos (MS frutos), massa seca total da planta (MS planta) e relação entre área foliar e consumo hídrico (AF/CH) de dois genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e cultivo hidropônico no cultivo de primavera/verão de 2011/2012. ^{ns}: diferenças não significativas a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Genótipo	Eficiência no uso da água			
	MF (frutos) g L ⁻¹	MS (frutos) g L ⁻¹	MS (planta) g L ⁻¹	AF/CH cm ² L ⁻¹
Rapid Fire [®]	52,77 ^{ns}	2,35 ^{ns}	3,29 ^{ns}	51,49 ^{ns}
Smile [®]	38,58	1,55	2,66	51,36
CV(%)	18,87	51,43	37,44	2,61

cm² para 'Smile[®]'), a relação AF/CH também não diferiu (51,49 cm² L⁻¹ para 'Rapid Fire[®]' e 51,36 cm² L⁻¹ para 'Smile[®]') (Tabela 4).

Na Tabela 5, analisando os valores das variáveis número de frutos, peso médio de frutos (PM) e produtividade, não foram constatadas diferenças significativas entre os genótipos de minimelancia estudados. Os dados de produção por planta e rendimento deste experimento, quando comparados a outros da literatura, foram bastante positivos. Os valores médios obtidos de rendimento foram de 12,56 e 9,37 kg m⁻², correspondendo a 4,05 e 3,02 kg planta⁻¹, respectivamente, para 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]' (Tabela 5).

Nogueira (2008), avaliando a produção do híbrido de minimelancia 'Smile[®]' em função da fertirrigação, em casa de vegetação com tutoramento verticalizado,

obteve rendimento de 4,8 kg m⁻² e produção média de 1,2 kg planta⁻¹. Campagnol et al. (2012), também trabalhando com o híbrido 'Smile[®]', em casa de vegetação, testando diferentes sistemas de condução de plantas, e assumindo a constância de um único fruto por planta, obtiveram a produtividade média de 5,7 kg m⁻² e PM de frutos de 1,44 kg. Os dados de peso médio (PM) de frutos (Tabela 5) são em média 1,82 e 1,68 kg, respectivamente, para os genótipos 'Rapid Fire[®]' e 'Smile[®]'. Estes resultados são considerados positivos, visto que a massa fresca média adequada para o comércio oscila na faixa de 1 a 3 Kg. Nota-se que, comparados ao valor obtido por Campagnol et al. (2012), os dados de PM de frutos obtidos neste experimento foram superiores, mesmo havendo maior número de frutos fixados por planta.

Tabela 5. Número, peso médio (PM), rendimento, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT em % de ácido cítrico em 100 ml de suco) e índice de maturação (SST/ATT) de frutos de dois genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e cultivo hidropônico no cultivo de primavera/verão de 2011/2012. ns: diferenças não significativas a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Genótipo	Nº Frutos	PM (Kg)	Rendimento (Kg m ⁻²)	SST (°Brix)	ATT (% Ác. cítrico)	SST/ATT
Rapid Fire®	2,22ns	1,82ns	12,56ns	10,3ns	0,12ns	86,0ns
Smile®	1,77	1,68	9,37	9,4	0,13	71,4
CV (%)	6,94	4,14	8,64	13,07	2,92	12,04

Os dados dos indicadores de qualidade SST, ATT e índice de maturação (SST/ATT), não demonstraram diferença estatística entre os genótipos (Tabela 5). O valor médio de SST de 10,3 °Brix, obtido no presente trabalho com 'Rapid Fire®', foi superior ao resultado encontrado por Rodrigues (2011), que no mesmo sistema de cultivo, obteve o valor médio de 8,8 °Brix. Em relação ao teor de SST do genótipo 'Smile®', de 9,4 °Brix (Tabela 5), foi superior ao valor de 7,86 °Brix obtido por Ramos et al. (2009) com o mesmo genótipo em cultivo convencional e sistema rasteiro, e inferior aos 11,2 °Brix e 10,5 °Brix obtidos por Nogueira (2008) e Campagnol et al. (2012), respectivamente, ambos trabalhando com cultivo verticalizado em ambiente protegido e cultivo no solo. O valor de SST é considerado excelente quando situado em torno de 10 °Brix, o que denota elevado conteúdo de açúcares totais (Hurst, 2000). Para ambos genótipos, os valores de SST encontram-se acima do valor mínimo de 9 °Brix recomendado pela União Europeia (Dias & Lima, 2010). Assim, pode-se dizer que o cultivo hidropônico não reduz a concentração de açúcares das frutas, como muitas vezes propagado.

A análise titulométrica revelou baixos valores de ATT para ambos os híbridos estudados, apresentando 0,12 e 0,13 g de ácido cítrico em 100 ml⁻¹ de suco. Cecílio Filho & Grangeiro (2004) obtiveram valor médio de 0,25 g de ácido cítrico em 100 ml⁻¹ de suco com melancias sem sementes em cultivo convencional, enquanto que Costa et al. (2004), trabalhando com a cultura do meloeiro em sistema hidropônico obtiveram valor máximo de 0,16 g de ácido cítrico 100 ml⁻¹.

A relação SST/ATT proporciona uma boa ideia de equilíbrio entre estas duas variáveis, conquistando maior representatividade do que a medição individual do teor de açúcares e acidez (Chitarra & Chitarra, 1990). Através desta relação é possível obter uma aproximação do real sabor dos frutos, sendo que para algumas culturas já foi determinada a relação na qual o fruto apresenta melhor sabor. Com a cultura da melancia cultivada no solo, Cecílio Filho & Grangeiro (2004) obtiveram valores máximos de SST/ATT em torno de 50:1, e Ramos et al. (2009) valores na faixa de 18,5:1 até 23,7:1. No presente trabalho foram obtidos elevados valores da relação SST/ATT, de 86,0:1 e 71,4:1 para 'Rapid Fire®' e 'Smile®', respectivamente. A elevada SST/ATT pode induzir a interpretações equivocadas, supervalorizando a qualidade dos frutos

em situações nas quais o teor de sólidos solúveis e acidez são muito baixos (Cecílio Filho & Grangeiro, 2004). No entanto, no presente trabalho, apesar dos baixos valores de ATT, os valores elevados da relação SST/ATT, são oriundos também dos valores relativamente elevados de SST, o que indica que os frutos apresentavam sabor doce.

CONCLUSÃO

Os híbridos de minimelancia 'Rapid Fire®' e 'Smile®' apresentam comportamento similar em relação ao volume total e diário de água consumida durante o ciclo de cultivo, à eficiência no uso da água, ao rendimento e às características químicas dos frutos. Para ambos genótipos, sob condições de cultivo em casa de vegetação, cultivo hidropônico e ciclo de primavera/verão, a demanda máxima diária de água é de 1,5 litros planta⁻¹ dia⁻¹; a demanda total é de cerca de 73-76 litros planta⁻¹ e 80% desta demanda ocorre durante a fase fenológica III (plena frutificação). Os híbridos estudados apresentam maior consumo hídrico médio por unidade de R_g na fase fenológica III (68,8 ml planta⁻¹ MJ m⁻²). O período que ocorre maior acúmulo de graus dia é, também, na fase fenológica III para ambos genótipos. 'Rapid Fire®' e 'Smile®' são genótipos potencialmente de alto rendimento de frutos, com alta eficiência no uso da água e com características químicas compatíveis às exigências do mercado.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, P.** 1981. Nutrient- Film Culture. Agricultural Water Management. Amsterdam. 471pp.
- Andriolo, J.L.** 2002. Olericultura geral: princípios e técnicas. Santa Maria: UFSM. 158pp.
- Arnold, C.Y.** 1960. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences 76: 682-692.
- Campagnol, R., S.C. Mello & J.C. Barbosa.** 2012. Vertical growth of mini watermelon according to the training height and plant density. Horticultura Brasileira 30: 726-732.
- Caron, B. O. & A.B. Heldwein.** 2000. Consumo d'água e coeficiente de cultura para o meloeiro cultivado em

- estufa plástica na primavera. Revista Brasileira de Agrometeorologia 8: 19-25.
- Casas Castro, A.** 1999. Formulación de La solución nutritiva: parámetros de ajuste. En: Cultivo sin suelo II. Milagros, M.F. & I.M.C. Gómez. Ed. Almería: Curso Superior de Especialización/DGIFA/FIAPA/Cajá Rural de Almería. pp.57-266.
- Cecílio Filho, A.B. & L.C. Grangeiro.** 2004. Qualidade de frutos de melancia sem sementes em função de fontes e doses de potássio. Ciência e Agrotecnologia. 28: 574-580.
- Chitarra, M.I.F. & A.B. Chitarra.** 1990. Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE. 320pp.
- Chitarra, M.I.F. & A.B. Chitarra.** 2005. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA. 785pp.
- Cooper, A.J.** 1979. The ABC of NFT. Grower Books. Ed. London. 181pp.
- Costa, C.C., A.B. Cecílio Filho, R.L. Cavarianni & J.C. Barbosa.** 2004. Concentração de potássio na solução nutritiva e a qualidade e número de frutos de melão por planta em hidroponia. Ciência Rural 26: 731-736.
- Dalmago, G.A., A.B. Heldwein, A.H. Nied, E.L. Grimm & C.R. Pivetta.** 2006. Evapotranspiração máxima da cultura de pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. Ciência Rural 36:785-792.
- Dias, R. de C.S. & M.A.C. de Lima.** 2010. Colheita e pós-colheita. En: Sistemas de produção de melancia. Embrapa informação tecnológica/Embrapa semiárido. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/>>. Último acesso: fevereiro de 2013.
- Fagan, E.B., S.L. Petter, J. Simon, E. Borcioni, G.L. da Luz & P.A. Manfron.** 2009. Eficiência do uso de água no meloeiro hidropônico. Bioscience Journal 25:37-45.
- Falcão, M.A. de, C.R. Clement & J.B.M. Gomes.** 2003. Fenologia e produtividade da sorva (*Couma utilis* (Mart.) Muell. Arg.) na Amazônia Central. Acta Botanica Brasílica 17: 541-547.
- Feller, C., H. Bleiholder, L. Buhr, H. Hack, M. Hess, R. Klose, U. Meier, R. Stauss, T. Van Den Boom & E. Weber.** 1995. Phänologische Entwicklungsstadien von Gemüsepflanzen: II. Fruchtgemüse und Hülsenfrüchte. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz 47: 217-232.
- Fernández, M.D., A.M. González, J. Carreño, C. Pérez & S. Bonachela.** 2007. Analysis of on-farm irrigation performance in Mediterranean greenhouses. Agricultural Water Management 89: 251-260.
- Gálvez, J.P. & R.M.N. Peil.** 2000. La modernidad del sistema de producción hortícola en El sudeste español. Plásticultura 119: 44-81.
- Gonçalves, M.M., G. Schiedeck, E.J. Schwengber & C.A.B. Medeiros.** 2009. Produção de Minimelancia em Sistema Orgânico no Sul do Rio Grande do Sul como alternativa para a Diversificação das Áreas de Tabaco. Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica 83.
- Hurst, W.C.** 2000. Harvest and handling. En: Commercial watermelon production. Mizelle Jr., W.O., Ed. Univ. of Georgia, Athens, Coop. Ext. Serv. Publ. B-996. pp. 23-26.
- Köppen, W. & R. Geiger.** 1928. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm.
- Kramer, P.J.** 1983. Water relations of plants. New York: Academic Press. 489pp.
- Kramer, P.J. & J.S. Boyer.** 1995. Water relations of plants and soils. London: Academic Press. 495pp.
- Lucas, D.D.P., N.A. Streck, M.P. Bortoluzzi, R. Trentin & I.C. Maldaner.** 2012. Temperatura base para a emissão de nós e plastocrono de plantas de melancia. Revista ciência agrônômica 43: 288-292.
- Nogueira, C.C.P.** 2008. Ferrirrigação em minimelancia (*Citrullus lanatus*) tutorada em ambiente protegido. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’. Piracicaba, Brasil. 74pp.
- Pedro Júnior, M.J., P.C. Sentelhas, C.V. Pommer & F.P. Martins.** 1994. Determinação da temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para a videira ‘Niagara Rosada’. Revista Brasileira de Agrometeorologia 2: 51-56.
- Peil, R.M.N., A.S. Strassburger & L.A. Fonseca.** 2012. Growth, Water Consumption and Use Efficiency of Summer Squash Crop in Closed Rice Husk Medium Growing System. Acta Horticulturae (no prelo).
- Ramos, A.R.P., R.C.S. Dias & C.A. Aragão.** 2009. Densidades de plantio na produtividade e qualidade de frutos de melancia. Horticultura Brasileira 27: 560-564.
- Requena, G.** 1999. Cultivo Hidropônico de La Sandía. En: Cultivos sin suelo II. Fernández, M.F. & I.M.C. Gómez. Ed. Almería: Dirección General de Investigación y Formación para Investigación Agraria en la Provincia de Almería / Caja Rural de Almería 5: 573-579.
- Rodrigues, S.** 2011. Produção e partição de biomassa, produtividade e qualidade de minimelancia em hidroponia. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil. 80pp.
- Stanghellini, C.** 1993. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions. Acta Horticulturae 335: 295-304.
- Taiz, L. & E. Zeiger.** 1999. Plant Physiology. 2ª ed. Sunderland: Sinauer Associates, Massachusetts (US). 792pp.
- Tingwu, L., X. Juan, L. Guangyong, M. Jianhua, W. Jianping, L. Zhizhong & Z. Jianguo.** 2003. Effect of Drip Irrigation with Saline Water on Water Use Efficiency and Quality of Watermelons. Water Resources Management 17: 395-408.
- Valandro, J., L.J. Andriolo & G.A. Buriol.** 1999. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. Revista Brasileira de Agrometeorologia 7: 189-193.