

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE GENÓTIPOS DE MINIMELANCIA EM HIDROPONIA

Gabriel Nachtigall Marques, Roberta Marins Nogueira Peil, Fernanda Carini, Douglas Schulz Bergmann da Rosa e Isabel Lago

RESUMO

O presente trabalho objetivou caracterizar a dinâmica do crescimento (da produção e da partição de massa seca) e os índices de crescimento de genótipos de minimelancia cultivados em sistema hidropônico e ambiente protegido no sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. As parcelas foram constituídas por quatro genótipos e as subparcelas por 11 épocas de avaliação de plantas. Os genótipos expressaram tendência crescente em relação ao acúmulo de massa seca (MS) total da planta, com crescimento do tipo sigmoidal. Para todos os genótipos, a taxa de crescimento relativo da cultura decresceu em função da idade da planta. O genótipo 'Extasy' apresentou

maior crescimento vegetativo aéreo a partir da metade do ciclo de cultivo, menor intensidade de crescimento dos frutos no início e maior intensidade ao final do ciclo de cultivo que os demais. Até a metade do ciclo de cultivo, as folhas foram os principais drenos de assimilados. Os frutos representaram de 1 a 5% da MS total da planta no início da frutificação e de 70 a 76% da MS total da planta no fim do ciclo. Em cultivo hidropônico e ambiente protegido, 'Extasy' apresenta maior crescimento vegetativo aéreo, maior índice de área foliar a partir da metade do ciclo de cultivo e, inicialmente, reduzida taxa de crescimento relativo de frutos.

Introdução

Nos centros consumidores, um segmento que tem crescido muito nos últimos anos é o das mini-hortaliças. Neste contexto, em função do seu diferencial mercadológico e do alto valor agregado, acredita-se que o cultivo de minimelancias (também conhecidas como *Personal Size*, *Ice Box* ou *Baby*) possa tornar-se uma alternativa viável para a diversificação do rol de culturas exploradas em propriedades dedicadas à produção de hortaliças (Gonçalves *et al.*, 2009).

O cultivo em ambiente protegido é uma das principais técnicas empregadas na maior parte do mundo para adequar as condições ambientais, especialmente em

relação a temperatura do ar, às exigências das plantas cultivadas, possibilitando o alcance de elevadas produtividades por diversas culturas. Adicionalmente, o ambiente protegido promove a proteção contra as adversidades climáticas, desfavorece a ocorrência de doenças e, por conseguinte, possibilita a redução de aplicações de agrotóxicos. A elevada eficiência no uso da água também é atribuída à utilização de ambiente protegido (Duarte *et al.*, 2011; Marques *et al.*, 2014).

Uma prática que vem crescendo substancialmente no Brasil como sistema alternativo de produção em ambiente protegido é o cultivo hidropônico. O cultivo hidropônico proporciona maior rendimento e qualidade da produção, bem

como, redução da ocorrência de doenças, havendo também maior controle do crescimento das plantas e desvinculando a produção da qualidade do solo (Duarte e Santos, 2012).

Uma vez que a cultura da minimelancia é explorada comercialmente há poucos anos no país, existem poucas informações disponíveis sobre a adaptação de diferentes genótipos, principalmente em condições de ambiente protegido e cultivo hidropônico. Neste sentido, a análise de crescimento é uma ferramenta que pode ser utilizada para produzir conhecimentos e informações referentes ao crescimento e comportamento de genótipos, permitindo escolher os mais adaptados ao sistema de cultivo proposto (Hunt *et al.*, 2002).

A análise de crescimento se baseia fundamentalmente no fato de que cerca de 90% da massa seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento resulta da atividade fotossintética (Benincasa, 2003). Assim, entende-se que o estudo da massa das culturas é uma importante ferramenta para se quantificar o crescimento das plantas e, portanto, permitir estabelecer relações entre diferentes variáveis, tais como condições de cultivo e genótipos.

Diversos autores já realizaram trabalhos acerca da dinâmica de crescimento de várias hortaliças, como o pepineiro, a abobrinha italiana e o meloeiro (Peil e Gálvez 2002; Strassburger *et al.*, 2011; Melo *et al.*, 2014). No entanto, não há relatos de estudos que

PALAVRAS CHAVE / Ambiente Protegido / *Citrullus lanatus* / Cultivo sem Solo / Partição de Massa Seca / Taxa de Crescimento /

Recebido: 18/12/2014. Modificado: 24/12/2015. Aceito: 30/12/2015.

Gabriel Nachtigall Marques. Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia e Doutorando em Agronomia em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Brasil. Bolsista CAPES, Endereço: Programa de Pós-Graduação em Sistemas

de Produção Agrícola Familiar, Departamento de Fitotecnia, UFPel, Brasil. e-mail: gabrielnmarques@hotmail.com

Roberta Marins Nogueira Peil. Engenheira Agrônoma e Doutora em Agronomia, Universidad de Almería, España. Professora, UFPel, Brasil.

Fernanda Carini. Engenheira Agrônoma e Mestranda em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. UFPel, Brasil. Bolsista CNPq, Brasil.

Douglas Schulz Bergmann da Rosa. Engenheiro Agrônomo e

Mestrando em Agronomia em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. UFPel, Brasil. Bolsista CNPq, Brasil.

Isabel Lago. Engenheira Agrônoma e Doutora em Engenharia Agrícola. Professora da Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

GROWTH ANALYSIS OF MINI-WATERMELON GENOTYPES IN HYDROPONIC SYSTEM

Gabriel Nachtigall Marques, Roberta Marins Nogueira Peil, Fernanda Carini, Douglas Schulz Bergmann da Rosa and Isabel Lago

SUMMARY

The aim of the present work was to characterize the growth dynamics (dry mass production and partitioning) and the growth rates of mini-watermelon genotypes grown in hydroponic system in a greenhouse in the south of Rio Grande do Sul State, Brazil. The plots were composed by the four genotypes and the subplots by 11 plant evaluation dates. The genotypes expressed a growing tendency in relation to the accumulation of total plant dry mass (DM), with a sigmoidal growth curve. For all genotypes, the crop relative growth rate decreased in relation to plant age. The 'Extasy' cultivar

showed a higher vegetative growth after the middle of the crop cycle, and the fruit growth intensity was lower in the early part of the crop cycle and higher at the end, as compared to the others. Until half crop cycle, leaves were the main assimilate sinks. Fruits comprised 1 to 5% of the total plant DM production at the beginning of fruiting and 70 to 76% of the total plant DM at the end of the crop cycle. The 'Extasy' cultivar showed a higher vegetative growth, a higher leaf area index from the half of the crop cycle and a lower initial relative growth rate of fruits in hydroponic system in a greenhouse.

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE GENOTIPOS DE MINI-SANDÍA EN HIDROPONIA

Gabriel Nachtigall Marques, Roberta Marins Nogueira Peil, Fernanda Carini, Douglas Schulz Bergmann da Rosa y Isabel Lago

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la dinámica del crecimiento (de la producción y partición de materia seca) y los índices de crecimiento de los genotipos de mini-sandía cultivados en sistema hidropónico y ambiente protegido en el sur del Estado de Río Grande do Sul, Brasil. Las parcelas consistieron en cuatro genotipos y las subparcelas en 11 períodos de evaluación. Los genotipos expresaron una tendencia creciente al acúmulo de materia seca (MS) total, con un crecimiento sigmoidal. Para todos los genotipos, la tasa de crecimiento relativo del cultivo disminuyó en función de la edad de la planta. El genotipo 'Extasy' presentó mayor crecimiento vegetativo aéreo

a partir de la mitad del ciclo de cultivo, una pequeña intensidad de crecimiento de los frutos al inicio y mayor intensidad al final del ciclo de cultivo que los demás. Hasta la mitad del ciclo de cultivo, las hojas fueron los principales sumideros de asimilados. Los frutos representaron de 1 a 5% de la MS total de la planta en el inicio de la fructificación y de 70 a 76% de la MS total de la planta en el fin del ciclo. En hidroponía y ambiente protegido, el genotipo 'Extasy' tiene mayor crecimiento vegetativo aéreo, mayor índice de área foliar desde la mitad del ciclo de cultivo e, inicialmente, menor tasa de crecimiento relativo de los frutos.

objetivassem elucidar o comportamento da produção e partição de massa seca de diferentes genótipos da cultura da minimelancia, ainda mais em se tratando do cultivo em ambiente protegido e sistema hidropônico.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a dinâmica do crescimento da produção e da partição de massa seca, e os índices de crescimento de genótipos de minimelancia em sistema hidropônico sob ambiente protegido no sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia, no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no Município de Capão do Leão, RS, Brasil (31°52'S, 52°21'O e 13m acima do nível do mar). O clima

dessa região caracteriza-se por ser temperado, de verão quente, sendo, pela classificação de Köppen do tipo Cfa (Kuinchtner e Buriol, 2001).

Para a realização do experimento, utilizou-se uma casa de vegetação modelo 'Teto em Arco' de estrutura metálica, coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade (150µm de espessura) com as seguintes dimensões: 10,0×21,0m e 5,0m de altura máxima. O manejo do ambiente da casa de vegetação foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura diária das portas e cortinas laterais.

Sementes de quatro genótipos híbridos de minimelancia foram semeadas em cubos de espuma fenólica (2,5×2,5×3,8cm) no dia 30/10/2011. Os cubos foram dispostos em bandejas plásticas simples (38×58×9cm) e inicialmente irrigados somente com água, mantendo-se uma lâmina de ~1,0cm. Aos 11 dias após a

semeadura, quando a totalidade das plântulas apresentava as folhas cotiledonares completamente abertas, passou-se a empregar solução nutritiva a 50% da concentração original. No dia 29/11/2011 (30 dias após a semeadura), quando as mudas apresentavam de 3 a 4 folhas definitivas, foram transplantadas para o sistema de cultivo hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes; Cooper, 1979), utilizando-se o espaçamento linear de 0,37m, correspondendo a densidade de plantio de 3,1 plantas/m² (Marques *et al.*, 2014).

O sistema NFT foi constituído por 12 canais de madeira (7,5m de comprimento e 0,35m de largura), dispostos em seis linhas duplas, com distância entre linhas duplas de 1,2m e distância entre linhas simples de 0,5m. Os canais foram apoiados sobre cavaletes galvanizados de 0,5m de altura máxima, instalados de forma a proporcionar

uma declividade de 2% para o escoamento da solução nutritiva. Internamente, os canais de madeira foram revestidos com filme de polietileno dupla face branco-preto, de maneira a formar canais de plástico. Na cota mais baixa destes canais, encontrava-se um canal coletor, com a função de coletar e conduzir o drenado da solução nutritiva até o reservatório. Utilizou-se um reservatório de solução nutritiva de polietileno com capacidade de 1000 litros enterrado na extremidade de cota mais baixa do sistema de cultivo hidropônico.

Através de tubulação de PVC de 25mm de diâmetro, um conjunto motobomba de 3/4 HP impulsionava a solução nutritiva contida no reservatório para as extremidades de maiores cotas dos canais, na vazão de 4l·min⁻¹ por canal. O fornecimento da solução foi programado por um temporizador, fornecendo

fluxos intermitentes de irrigação de 30min a cada hora no período das 8:00 às 19:00.

Foi utilizada a solução nutritiva empregada por Marques *et al.* (2014) no cultivo de minimelancia em hidroponia, cuja condutividade elétrica (CE) estimada é de $1,8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. O monitoramento da CE e do pH da solução nutritiva era realizado diariamente através de condutivímetro e pHmetro digital manual. As correções eram necessárias quando a CE sofria variações acima ou abaixo de 20%. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5, corrigido com ácidos ou bases quando necessário.

As plantas foram conduzidas verticalmente, tendo a haste primária como principal, através de tela de tutoramento de polietileno. 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. Os frutos foram sustentados por meio de redes plásticas fixadas na tela.

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas pelos genótipos de minimelancia 'Beni Kodama' (Sakama®), 'Extasy' (Hazera®), 'Ki Kodama' (Sakama®) e 'Taiyo' (Sakama®) e as subparcelas pelas épocas de coletas de plantas (avaliações), que foram realizadas no momento do transplante (0) e aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias após o transplante (DAT).

Em cada avaliação, as plantas amostradas (uma por repetição, exceto para a avaliação final, em que foram utilizadas duas plantas por repetição) foram fracionadas em raiz, caule, folhas e frutos (quando os possuíam). Foi medida a área foliar acumulada, através de equipamento integrador de área foliar (LI-COR, modelo 3100). Os frutos colhidos durante o ciclo produtivo, as folhas e caules originados de podas, desfolhas antecipadas e

desponta foram somados às frações correspondentes. Todas as frações das plantas foram secas em estufa a 65°C até peso constante, e depois, pesado em balança de precisão. Assim foi determinada a produção de massa seca da planta e de suas frações.

A partir dos dados de produção de massa seca (MS) e área foliar, foram calculados a partição da MS entre os órgãos da planta, a taxa de crescimento absoluto (TCA) dos órgãos vegetativos aéreos e de frutos, a taxa de crescimento relativo (TCR) da cultura e de frutos, o índice de área foliar (IAF) e a razão de área foliar (RAF), conforme Benincasa, (2003).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, a partir da qual, os efeitos dos genótipos, das épocas de avaliação e a interação entre genótipo e época foram analisados pelo teste F ($p<0,05$). As médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O efeito da época de amostragem foi representado através da análise de regressão. Para a escolha da equação de regressão foram utilizados os critérios de significância estatística pelo teste F ($p<0,05$), significado biológico e valor do coeficiente de determinação (R^2).

Resultados e Discussão

Houve interação significativa ($p<0,05$) entre os fatores genótipo e época de coleta para as variáveis MS de caule, de folhas, de frutos e total da planta, IAF, RAF e TCR de frutos. Para a TCA dos órgãos vegetativos aéreos e dos frutos e para TCR da cultura, não houve interação significativa.

Os dados de produção de MS acumulada das folhas, caule e total da planta, apresentaram tendência sigmoide para todos os genótipos (Figuras 1A, 1B e 1D). A produção de MS dos frutos apresentou comportamento linear em relação à época de coleta (Figura 1C).

A análise geral dos resultados indica que o crescimento

das plantas seguiu o padrão sigmoide (Figura 1D). Até os 35 DAT, a produção de MS da planta apresentou tendência exponencial, coincidindo com o período de maior crescimento dos órgãos vegetativos aéreos (Figuras 1A e 1B). No início do ciclo, quando as plantas são jovens, o fator limitante para o crescimento é a interceptação de radiação solar. Nesta etapa, a planta destinou a maior parte dos fotoassimilados à formação de estruturas vegetativas da parte aérea, objetivando incrementar o número e a área dos órgãos fotossintetizantes, conforme constatado pelo aumento no IAF (Figura 2A), os quais, também, na fase vegetativa, foram os principais drenos de fotoassimilados, fato constatado pela maior relação MS folhas/MS total observada até os 35 DAT (Tabela 1).

À medida que o IAF (Figura 2A) foi se elevando, o crescimento da planta entre os 35 e 56 DAT (Figura 1D) seguiu um padrão aproximadamente linear. Esta fase se caracterizou pela formação e crescimento dos frutos (Figura 1C). Esta condição levou a um aumento substancial da MS total (Figura 1D) e uma redução da intensidade de crescimento vegetativo (Figuras 1A e 1B). A intensidade de crescimento das plantas diminuiu na fase final (Figura 1D), devido à queda na produção de MS das frações folhas e caule (Figuras 1A e 1B), a qual é explicada pelo processo natural de senescência das plantas. À medida que os frutos tornam-se os principais drenos da planta, há a redistribuição de fotoassimilados para esses órgãos, ocasionando a intensificação da abscisão e senescência foliar (Taiz e Zeiger, 2009).

Os genótipos analisados expressaram semelhante padrão de produção de MS das folhas até 28 DAT (Figura 1A), e dos caules, até 21 DAT (Figura 1B). Desde então, houve variações significativas entre os genótipos no decorrer das épocas de amostragem, observando-se, de maneira

geral, os maiores valores para 'Extasy'. Contudo, na última época de coleta não houve diferença com significância estatística entre os genótipos.

Além disso, até 35 DAT, para todos os materiais genéticos estudados, evidenciou-se acentuado e contínuo crescimento vegetativo da parte aérea (Figuras 1A e 1B). A partir deste ponto, que coincidiu com o início do crescimento dos frutos na planta (Figura 1C), houve tendência à estabilização, com breves oscilações da produção de MS dos órgãos vegetativos aéreos, seguido de posterior decréscimo ao fim do ciclo de cultivo (Figuras 1A e 1B).

Com o decorrer do ciclo da cultura, houve elevação contínua da produção de MS dos frutos (Figura 1C), caracterizando o comportamento linear desta variável, e do total da planta (Figura 1D), para todos os genótipos. Assim, a produção de MS dos frutos atingiu valores máximos entre 242,3 e 287,6 g/planta aos 70 DAT. Elevação contínua da MS de frutos e do total da planta também foi constatado por Aumonde *et al.* (2011a), estudando o crescimento do híbrido de minimelancia 'Smile®' em cultivo no solo. Entretanto, o referido autor observou crescimento lento até os 28 dias após o transplante, quando obteve valores de MS total inferiores a 20 g/planta. Este fato não foi constatado para os genótipos cultivados em sistema hidropônico, onde na mesma época de amostragem foram obtidos valores médios superiores a 50 g/planta. Nos estádios iniciais do ciclo de vida, a planta possui sistema radicular pouco desenvolvido, fazendo com que a absorção de água e nutrientes minerais seja reduzida em cultivo no solo. Por outro lado, em sistema hidropônico, a alta disponibilidade de água e de nutrientes ofertados à planta propiciam condições ótimas de nutrição, consequentemente, há maior produção de biomassa.

O IAF expressa a relação entre a área foliar e a área de solo ocupada pela cultura. É

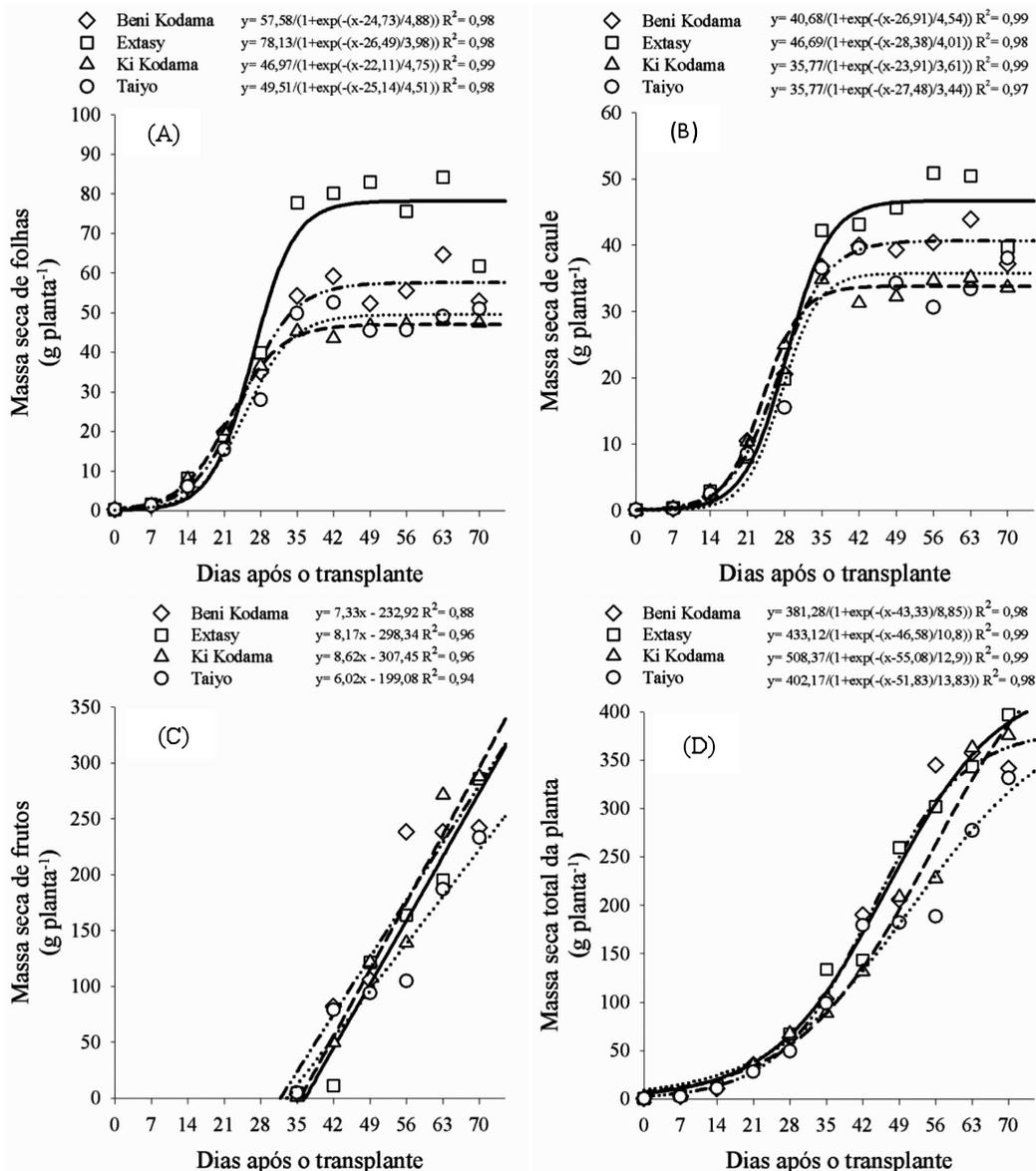


Figura 1. Produção de massa seca das folhas (A), dos caules (B), dos frutos (C) e da planta (raízes+folhas+caules+frutos) (D) de ‘Beni Kodama’ (-----), ‘Extasy’ (————), ‘Ki Kodama’ (— — —) e ‘Taiyo’ (-----) cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico

um importante índice a ser considerado para a avaliação da expansão do aparato fotossintético e da interceptação da radiação solar (Peil e Gálvez, 2002). Até os 28 DAT, os genótipos apresentaram similaridade em relação ao IAF (Figura 2A). A partir dos 35 DAT e até o final do ciclo de cultivo, ‘Extasy’ se destacou por atingir sempre valores superiores. Os valores máximos de IAF atingidos foram de 2,62 e 2,02, respectivamente, para ‘Beni Kodama’ e ‘Ki Kodama’ aos 56 DAT, e de

3,25 e 2,01 aos 63 DAT, para ‘Extasy’ e ‘Taiyo’, respectivamente. Após o alcance dos valores máximos, houve decréscimo do IAF até o fim do ciclo de cultivo, para todos os genótipos. A tendência de declínio do IAF, a partir de seu ponto máximo, é explicada pela senescência foliar, a qual é aumentada após o momento em que as estruturas reprodutivas (frutos) são priorizadas em relação à partição de foto-assimilados (Lopes *et al.*, 2011). O declínio do IAF ao final do ciclo de cultivo

caracteriza um comportamento geral, já observado em pesquisas realizadas com minimelancia (Aumonde *et al.*, 2011a), melancia convencional (Braga *et al.*, 2011) e, também, com o tomateiro (Lopes *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2013).

Os valores de IAF máximos observados para ‘Extasy’ e ‘Beni Kodama’ são superiores aos valores entre 0,52 a 1,46, observados em pesquisas anteriores com minimelancia tutorada ‘Smile[®]’ em cultivo no solo, respectivamente, com densidades de 1,6 plantas/m²

(Aumonde *et al.*, 2011a) e 4,76 plantas/m² (Campagnol *et al.*, 2012). Isso permite supor que a maior área foliar seja uma característica inerente aos genótipos desta análise de crescimento, em especial ‘Extasy’ e ‘Beni Kodama’.

A RAF, dada pela relação área foliar/MS total da planta, é uma componente morfofisiológica que expressa a área foliar útil para a fotossíntese. Na prática, é a área foliar que está sendo usada pela planta para produzir 1g de MS (Benincasa, 2003). Os genótipos de minimelancia analisados comportaram-se de modo semelhante em relação à RAF no decorrer do ciclo da cultura, demonstrando gradativo declínio (Figura 2B). Segundo Benincasa (2003), à medida que a planta cresce, aumenta o sombreamento das folhas superiores sobre as folhas inferiores, levando à diminuição da RAF. Logo, esta afirmação é mais perceptível analisando conjuntamente os dados de IAF (Figura 2A), pois a RAF apresenta dinâmica oposta ao IAF. Assim, do início do ciclo até que se atinjam os valores ótimos de IAF, em que ocorre a máxima interceptação da radiação solar incidente, os valores de RAF tendem a serem maiores. No decorrer do ciclo, com o aumento da área foliar, há maior dificuldade de penetração dos raios solares no interior do dossel, necessitando a planta adaptar-se a esta nova condição aumentando a eficiência fotossintética e resultando em baixa RAF, isto é, a planta utiliza uma menor área foliar para produzir um grama de MS.

Por outro lado, o decréscimo da RAF indica que progressivamente a quantidade de assimilados destinados às folhas é diminuída, em função do desenvolvimento das estruturas de sustentação e reprodutivas em detrimento do investimento em área foliar (Lopes *et al.*, 2011). Aumonde *et al.* (2011a), trabalhando com a minimelancia ‘Smile[®]’, também observou a diminuição da RAF com a idade da planta. Este comportamento não é exclusivo da

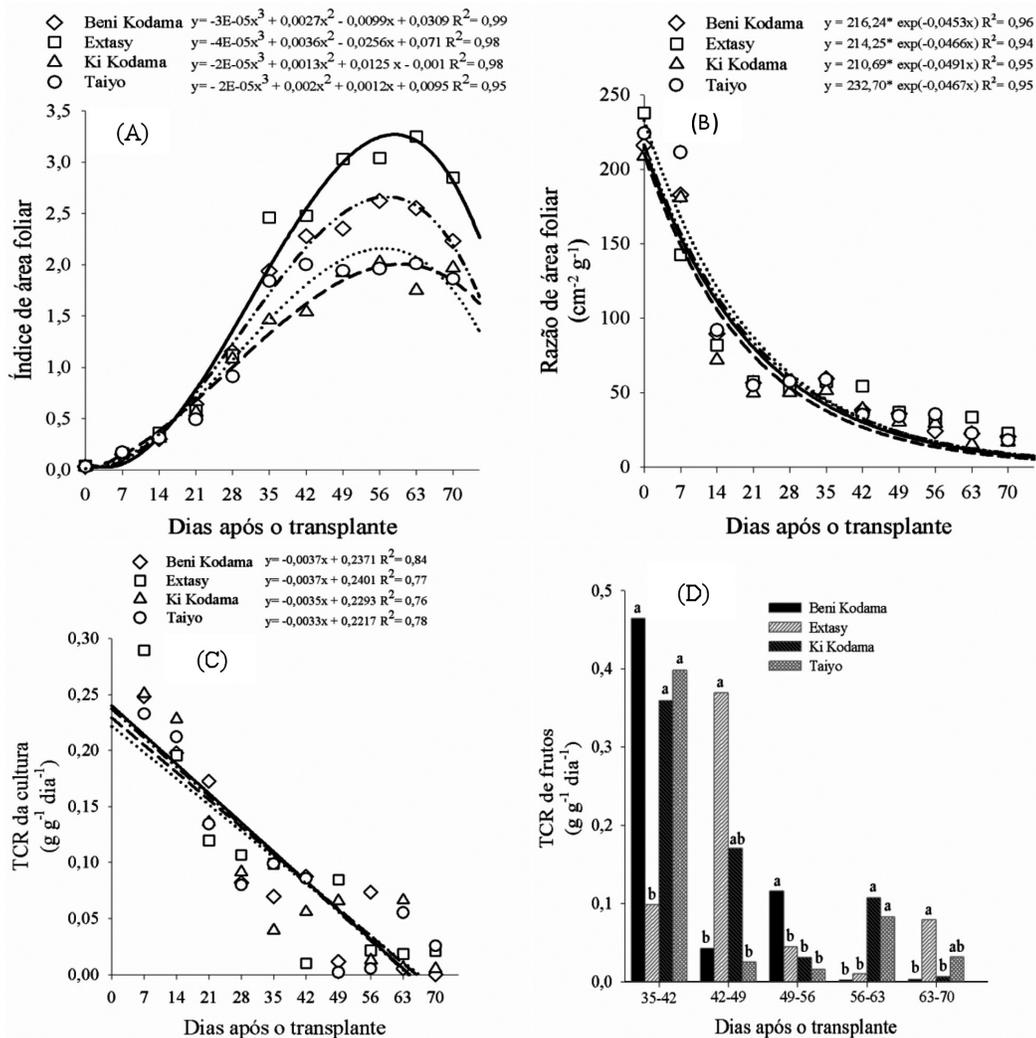


Figura 2. Evolução do índice de área foliar (A), da razão de área foliar (B), da taxa de crescimento relativo (TCR) da cultura (C) e de frutos (D) de ‘Beni Kodama’ (-----), ‘Extasy’ (———), ‘Ki Kodama’ (— — —) e ‘Taiyo’ (-----) cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico

cultura da minimelancia, pois também já foi observado para o tomateiro (Lopes *et al.*, 2011) e para a cultura do pimentão (Silva *et al.*, 2010).

A Tabela I expressa a dinâmica da partição de MS entre os órgãos da planta dos diferentes genótipos ao longo do ciclo de cultivo. De maneira geral, as folhas foram os principais drenos de fotoassimilados até os 35 DAT, representando, de acordo com o genótipo, de 64 a 85% da MS total das mudas no dia do transplante (0 DAT), reduzindo-se este valor para 51 a 58% aos 35 DAT.

No entanto, a partir do início da frutificação, houve severas modificações na partição de MS. No início do período

generativo (35 DAT), os frutos representavam, em média, 3% da MS total da planta (Tabela I). A partir de 42 DAT, exceto para ‘Extasy’, que demonstrou ser um pouco mais tardio, esta proporção aumentou notavelmente, coincidindo com o período em que houve um aumento acelerado do IAF (Figura 2A). Desta maneira, a partir dos 49 DAT os frutos já eram os principais drenos de fotoassimilados das plantas de todos os genótipos. Ao final do ciclo de cultivo, os genótipos não apresentavam diferenças estatísticas e os frutos representavam, em média, 72% da MS da planta. A análise de partição de MS de minimelancia ‘Smile[®]’ cultivada no solo indica o valor de

apenas 42% de MS destinada aos frutos (Aumonde *et al.*, 2011b). Já para melancias convencionais, pesquisas indicam que os frutos representam entre 63,9% (Braga *et al.*, 2011) e 69% (Grangeiro e Cecílio Filho, 2004) da MS acumulada ao final do ciclo de cultivo.

Em relação à dinâmica da partição da MS para a fração caule, não foi constatada diferenças significativas entre os genótipos em todas as datas de avaliação (Tabela I). No entanto, no dia do transplante a fração caule representava, em média, 12% do total da planta, atingindo o valor médio máximo de 36% aos 35 DAT. Posteriormente, em razão do início da frutificação, este valor decresceu continuamente

até 70 DAT, correspondendo a apenas 10% da MS total da planta.

Entre o transplante (0 DAT) e os 14 DAT, foram observadas variações significativas entre genótipos no que se refere à partição de MS para as raízes (Tabela I). Aos 7 DAT, as raízes representavam entre 36 e 42% da MS total das plantas. As diferenças e os valores foram diminuindo com o decorrer do ciclo de cultivo, de maneira que, a partir dos 21 DAT não houve mais diferenças entre genótipos e, com o surgimento dos frutos (35 DAT), o valor médio foi de 7,5%, diminuindo para 2,5% ao final do ciclo. Resultados semelhantes foram obtidos por Prado *et al.* (2011) e Martinazzo *et al.* (2015) com a cultura do tomateiro, indicando que nas hortaliças de fruto, o crescimento radicular diminui significativamente com o início do período de crescimento generativo. Além disso, sabe-se que as raízes frequentemente representam uma pequena fração da MS total das culturas em casa de vegetação (Peil e Gálvez, 2005). Isso é intensificado em condições de cultivo sem solo, nas quais o fornecimento de água e nutrientes minerais se encontra próximo ao ótimo, podendo-se obter um elevado crescimento da parte aérea com um reduzido sistema radicular (Prado *et al.*, 2011), conforme observado nesta pesquisa.

De modo geral, as TCA dos órgãos vegetativos aéreos e dos frutos seguiram dinâmicas semelhantes para todos os genótipos (Figura 3). No início do ciclo de cultivo, a TCA dos órgãos vegetativos aéreos (folhas+caules) foi baixa. A partir dos 7 DAT, esta aumentou, até alcançar os valores máximos entre 21 e 28 DAT, para ‘Ki Kodama’ (Figura 3C), e entre 28 e 35 DAT, para os demais genótipos (Figuras 3A, 3B e 3D), reduzindo-se consideravelmente depois. Assim, pode-se considerar que o aparato fotossintético de ‘Ki Kodama’ encontrava-se praticamente formado aos 28 DAT e o dos demais genótipos aos 35

TABELA I
DINÂMICA DA PARTIÇÃO DE MASSA SECA* DE QUATRO GENÓTIPOS
DE MINIMELANCIA CULTIVADOS EM AMBIENTE PROTEGIDO E
SISTEMA HIDROPÔNICO NO CULTIVO DE PRIMAVERA/VERÃO

	Dias após o transplante (DAT)										
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
Massa seca vegetativa / Massa seca total											
Beni Kodama	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	0,97 a	0,58 b	0,49 a	0,31 b	0,33 b	0,29 a
Extasy	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	0,97 a	0,92 a	0,53 a	0,46 a	0,48 a	0,28 a
Ki Kodama	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	0,99 a	0,67 b	0,45 a	0,41 ab	0,25 b	0,24 a
Taiyo	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a	0,95 a	0,56 b	0,49 a	0,47 a	0,32 b	0,30 a
Massa seca de frutos / Massa seca total											
Beni Kodama	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,03 a	0,42 a	0,51 a	0,69 a	0,67 a	0,71 a
Extasy	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,03 a	0,08 b	0,47 a	0,54 b	0,52 b	0,72 a
Ki Kodama	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,01 a	0,33 a	0,55 a	0,59 ab	0,75 a	0,76 a
Taiyo	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,05 a	0,44 a	0,51 a	0,53 b	0,68 a	0,70 a
Massa seca de folhas / Massa seca total											
Beni Kodama	0,73 b	0,40 a	0,56 a	0,55 a	0,55 a	0,53 a	0,31 b	0,25 a	0,16 b	0,18 b	0,15 a
Extasy	0,73 b	0,46 a	0,59 a	0,60 a	0,59 a	0,58 a	0,56 a	0,32 a	0,25 a	0,27 a	0,16 a
Ki Kodama	0,85 a	0,50 a	0,58 a	0,57 a	0,54 a	0,51 a	0,35 b	0,24 a	0,22 ab	0,13 b	0,13 a
Taiyo	0,64 c	0,53 a	0,55 a	0,54 a	0,56 a	0,51 a	0,29 b	0,25 a	0,26 a	0,18 b	0,15 a
Massa seca de caule / Massa seca total (ns)											
Beni Kodama	0,11	0,11	0,20	0,29	0,32	0,36	0,21	0,19	0,12	0,12	0,11
Extasy	0,14	0,12	0,21	0,25	0,29	0,32	0,30	0,18	0,17	0,16	0,10
Ki Kodama	0,12	0,12	0,20	0,28	0,37	0,39	0,26	0,17	0,16	0,10	0,09
Taiyo	0,11	0,10	0,21	0,30	0,31	0,37	0,22	0,19	0,17	0,12	0,11
Massa seca de raiz / Massa seca total											
Beni Kodama	0,16 b	0,40 ab	0,24 a	0,15 a	0,12 a	0,08 a	0,05 a	0,04 a	0,03 a	0,03 a	0,03 a
Extasy	0,12 b	0,42 a	0,19 b	0,15 a	0,11 a	0,07 a	0,06 a	0,04 a	0,04 a	0,04 a	0,02 a
Ki Kodama	0,03 c	0,38 ab	0,22 ab	0,14 a	0,09 a	0,08 a	0,06 a	0,04 a	0,03 a	0,02 a	0,02 a
Taiyo	0,25 a	0,36 b	0,24 ab	0,15 a	0,12 a	0,07 a	0,05 a	0,05 a	0,04 a	0,03 a	0,03 a

* Representada pelas relações MS órgãos/MS total.

Médias na coluna seguidas pela mesma letra, para cada variável e época de avaliação, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns: diferenças não significativas.

DAT. Entre os genótipos, 'Extasy' apresentou a maior TCA dos órgãos vegetativos aéreos no período entre 28 e 35 DAT (fim da fase vegetativa - início da frutificação), o que ocasionou um maior crescimento vegetativo deste genótipo a partir dos 35 DAT, representado pelos maiores valores de MS de folhas (Figura 1A) e IAF (Figura 2A).

A partir do início da frutificação, houve incremento acelerado da TCA dos frutos (Figura 3) em detrimento da TCA dos órgãos vegetativos aéreos de todos os genótipos, demonstrando que os frutos e os órgãos vegetativos competiram fortemente pelos assimilados. As maiores TCA dos frutos, entre 11,7 e 18,9 g/planta e dia, se contrapuseram às menores taxas de crescimento dos órgãos vegetativos e vice-versa, coincidindo com os padrões cíclicos entre crescimento dos frutos e crescimento vegetativo, já observado

anteriormente para outras culturas de crescimento indeterminado, como o pepineiro (Marcelis, 1994; Peil e Gálvez, 2002). As diferenças entre genótipos nos valores de TCA de frutos observadas no decorrer do ciclo não refletiram em diferenças estatísticas em relação à produção de MS dos frutos ao final do ciclo (Figura 1C).

A TCR expressa o incremento de MS em relação à biomassa pré-existente (Santos *et al.*, 2015). A análise de regressão dos dados de TCR da cultura demonstrou significância estatística para o modelo linear em todos os genótipos analisados. Os maiores valores foram obtidos no início do ciclo da cultura, aos 7 DAT, demonstrando tendência ao decréscimo em função da idade da planta (Figura 2C).

Os valores iniciais muito elevados correspondem a um padrão característico, já que as plantas jovens crescem muito em relação ao seu peso. A

diminuição posterior é ocasionada pelo aumento proporcionalmente menor do aparato fotossintético, consequência do início do desenvolvimento dos frutos. O comportamento da TCR seguiu a intensidade de crescimento das folhas (Figura 1A). Com o aumento da massa acumulada pela planta, ocorre aumento da necessidade de fotoassimilados para a manutenção dos órgãos já formados (Lopes *et al.*, 2011). Desta forma, a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento (TCR) tende a ser menor (Benincasa, 2003). Assim, a tendência de decréscimo dos valores de TCR em função da idade da planta é comum e pôde ser verificada em diversas culturas, como abobrinha italiana (Strassburger *et al.*, 2011), o meloeiro (Melo *et al.*, 2014) e o pimentão (Silva *et al.*, 2010).

Para a TCR de frutos houve interação significativa entre genótipos e épocas de amostragem de plantas (Figura 2D), ou

seja, para esta variável, as respostas dos genótipos foram influenciadas pela idade da planta. De forma geral, as maiores taxas de crescimento de frutos ocorreram entre os 35 e 49 DAT. 'Beni Kodama', 'Ki Kodama' e 'Taiyo' apresentaram as maiores TCR de frutos no início da frutificação, no período compreendido entre 35 e 42 DAT, 0,464, 0,359 e 0,398g·g⁻¹/dia, respectivamente. Já 'Extasy' expressou dinâmica inicial oposta, atingindo, entre 35 e 42 DAT, a TCR de frutos de somente 0,098 g g⁻¹/dia e, entre 42 e 49 DAT, o valor máximo de 0,37g·g⁻¹/dia. A elucidação deste comportamento torna-se possível com a análise dos dados de partição de MS (Tabela I), através das relações entre MS frutos e MS total aos 42 DAT, as quais foram de 0,08 para 'Extasy', enquanto que para 'Beni Kodama', 'Ki Kodama' e 'Taiyo' os valores ficaram entre 0,33 e 0,44. Isso explica a diferença obtida na TCR de frutos de 'Extasy', pois aos 42 DAT, os principais órgãos drenos ainda eram as folhas neste genótipo. À medida que se inicia a colheita, há a reformulação do balanço entre fonte e drenos, consequentemente influenciando as taxas de crescimento (Duarte *et al.*, 2008). Após os 49 DAT, até o final do ciclo de cultivo, foram observadas algumas diferenças significativas entre os genótipos, porém, todos apresentaram TCR de frutos menores que no início da frutificação (Figura 2D).

A produtividade de frutos dos genótipos 'Extasy' e 'Ki Kodama' foi estatisticamente similar, contabilizando 16,61 e 15,73kg·m⁻², respectivamente. Por outro lado, os valores mais baixos de produtividade foram conferidos por 'Beni Kodama' e 'Taiyo' (11,01 e 11,38kg·m⁻²) (Figura 4). Estes resultados são considerados positivos frente aos demais trabalhos realizados com minimelancias. Em cultivo no solo, Ramos *et al.* (2009) obtiveram as produtividades de 59,96 e 72,05t·ha⁻¹ (equivalente a 6,00 e 7,20kg·m⁻²) para as cultivares 'Extasy' e 'Smile'. Campagnol

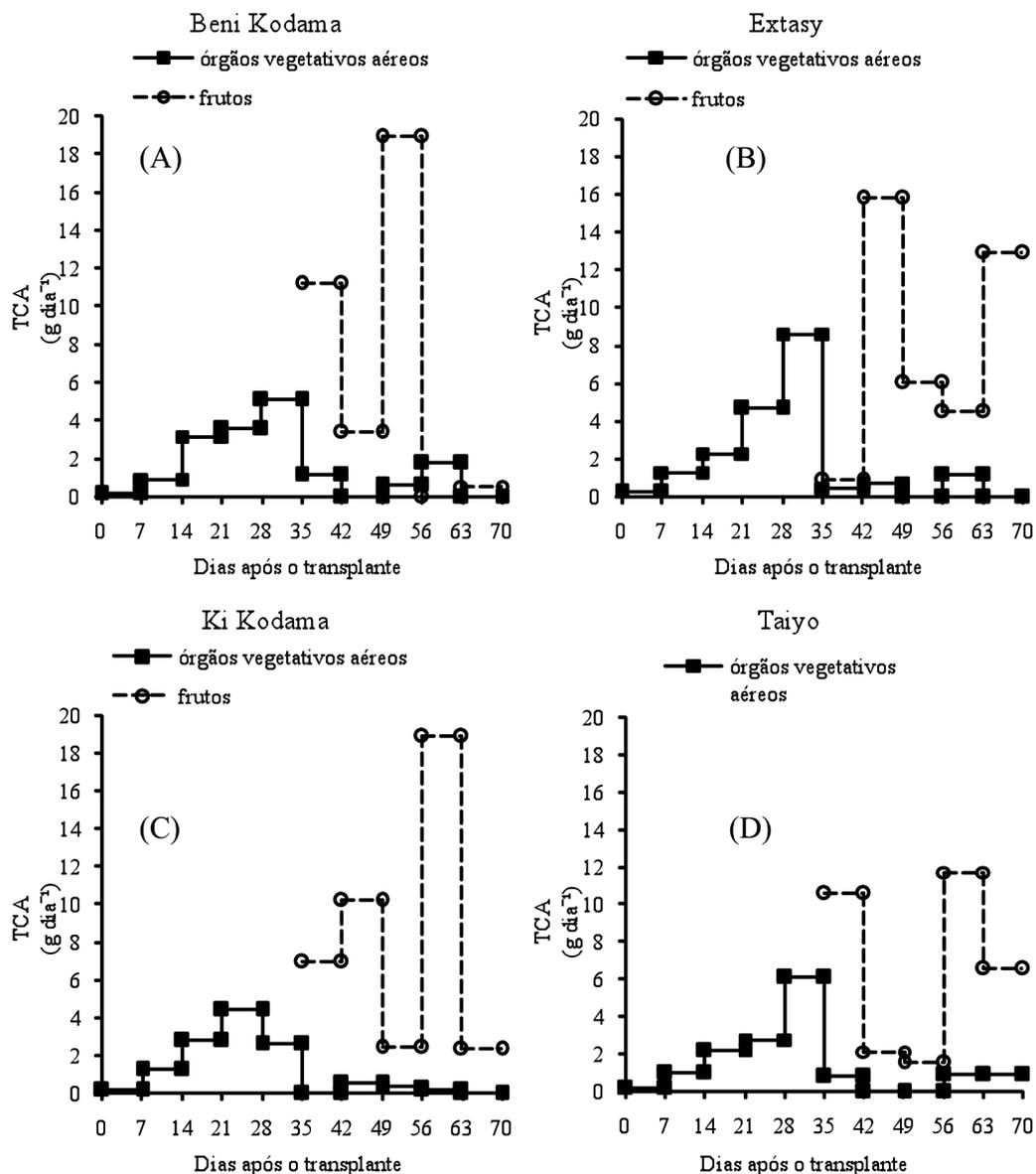


Figura 3. Taxa de crescimento absoluto (TCA) de órgãos vegetativos aéreos e de frutos de quatro genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico

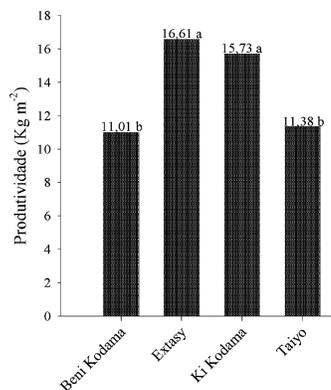


Figura 4. Produtividade de genótipos de minimelancia cultivados em ambiente protegido e sistema hidropônico.

et al. (2012), com o híbrido de minimelancia ‘Smile’ em casa de vegetação, obtiveram o rendimento referente a 5,7kg·m⁻². Além do alto potencial produtivo dos genótipos, o elevado rendimento de frutos obtido neste experimento também é atribuído a elevada densidade de plantas (3,1 plantas/m²), proporcionada pelo cultivo hidropônico em ambiente protegido.

Conclusões

Em cultivo hidropônico e ambiente protegido, todos os

genótipos estudados expressam tendência crescente em relação ao acúmulo de MS total da planta, com crescimento do tipo sigmoidal. Dentre os genótipos avaliados, ‘Extasy’ apresenta maior crescimento vegetativo aéreo, maior índice de área foliar a partir da metade do ciclo de cultivo e, inicialmente, reduzida taxa de crescimento relativo de frutos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq e à FAPERGS pelos auxílios financeiros.

Aumonde TZ, Lopes NF, Moraes DM, Peil RMN, Pedó T (2011a) Análise de crescimento do híbrido de minimelancia Smile® enxertada e não enxertada. *Interciência* 36: 677-681.

Aumonte TZ, Pedó T, Lopes NF, Moraes DM, Peil RMN (2011b) Partição de matéria seca em plantas do híbrido de minimelancia Smile® enxertada e não enxertada. *Rev. Bras. Biociênc.* 9: 387-391.

Benincasa MMP (2003) *Análise de Crescimento de Plantas: Noções Básicas*. FUNEP. Jaboticabal, Brasil. 41 pp.

Braga DF, Negreiros MZ, Freitas FCL, Granjeiro LC, Lopes WAR (2011) Crescimento de melancia ‘Mickylee’ cultivada sob fertirrigação. *Caatinga* 24: 49-55.

Campagnol R, Mello SC, Barbosa JC (2012) Vertical growth of mini watermelon according to the training height and plant density. *Horticult. Bras.* 30: 726-732.

Cooper AJ (1979) *The ABC of NFT*. Grower. Londres, RU. 181 pp.

Duarte LA, Schöffel ER, Mendez MEG, Schallenberger E (2011) Alterações na temperatura do ar mediante telas nas laterais de ambientes protegidos cultivados com tomateiro. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.* 15: 148-153.

Duarte TS, Santos OS (2012) História da hidroponia. Em Santos OSdos (Ed.). *Cultivo Hidropônico*. Universidade Federal de Santa Maria. Brasil. pp. 2-10.

Duarte TS, Peil RMN, Montezano EM (2008) Crescimento de frutos do meloeiro sob diferentes relações fonte: dreno. *Horticult. Bras.* 26: 342-347.

Gonçalves MM, Schiedeck G, Schwengber EJ, Medeiros CAB (2009) *Produção de Minimelancia em Sistema Orgânico no Sul do Rio Grande do Sul como Alternativa para a Diversificação das Áreas de Tabaco*. Circular Técnica 83. Embrapa Clima Temperado. Brasil. 6 pp.

Granjeiro LC, Cecilio Filho AB (2004) Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. *Horticult. Bras.* 22: 93-97.

Hunt R, Causton DR, Shipley B, Askew P (2002) A modern tool for classical plant growth analysis: technical note. *Ann. Bot.* 90: 485-488.

Kuinchtner A, Buriol, GA (2001) Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Discipl. Sci.* 2: 171-182.

- Lopes WAR, Negreiros MZ, Dombroski JLD, Rodrigues GSO, Soares AM, Araújo AP (2011) Análise do crescimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. *Horticult. Bras.* 29: 554-561.
- Marcelis LFM (1994) A simulation model for dry matter partitioning in cucumber. *Ann. Bot.* 74: 43-52.
- Marques GN, Peil RMN, Lago I, Ferreira LV, Perin L (2014) Fenologia, consumo hídrico, rendimento e qualidade de minime-lancia em hidroponia. *Rev. Fac. Agron.* 113: 57-65.
- Martinazzo EG, Perboni AT, Posso DA, Aumonde TZ, Bacarin MA (2015) Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de tomateiro cv. Micro-Tom submetidas ao nitrogênio e piraclostrobina. *Semina: Ciênc. Agr.* 36: 3001-3012.
- Melo DM, Charlo HCO, Castoldi R, Braz LT (2014) Dinâmica do crescimento do meloeiro rendilhado 'Fantasy' cultivado em substrato sob ambiente protegido. *Biotemas* 27(2): 19-29.
- Peil RMN, Gálvez JL (2002) Growth and biomass allocation to the fruits in cucumber: effect of plant density and arrangement. *Acta Hort.* 588: 75-80.
- Peil RMN, Gálvez JL (2005) Reparto de matéria seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Rev. Bras. Agrociênc.* 11: 5-11.
- Prado RM, Santos VHG, Gondim ARO, Alves AU, Cecílio Filho AB, Correia MAR (2011) Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raisa cultivado em sistema hidropônico. *Semina: Ciênc. Agr.* 32: 19-30.
- Ramos ARP, Dias RCS, Aragão CA (2009) Densidades de plantio na produtividade e qualidade de frutos de melancia. *Horticult. Bras.* 27: 560-564.
- Reis LS, Azevedo CAV, Albuquerque AW, Júnior JFS (2013) Índice de área foliar e produtividade de tomate sob condições de ambiente protegido. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.* 17: 386-391.
- Santos LA, Soratto RP, Fernandes AM, Gonsales JR (2015) Crescimento, índices fisiológicos e produtividade de cultivares de feijoeiro sob diferentes níveis de adubação. *Ceres* 62: 107-116.
- Silva PIB, Negreiros MZ, Moura KKCF, Freitas FCL, Nunes GHS, Silva PSL, Grangeiro LC (2010) Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. *Pesq. Agropec. Bras.* 45: 132-139.
- Strassburger AS, Peil RMN, Fonseca LAda, Aumonde TZ, Mauch CR (2011) Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. *Acta Sci.* 33: 283-289.
- Taiz L, Zeiger E (2009) *Fisiologia Vegetal*. 4ª ed. Artmed. Porto Alegre, Brasil. 819 pp.