

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE PLANTAS E DA PODA APICAL DRÁSTICA NA PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO EM ESTUFA DE PLÁSTICO¹

NEREU AUGUSTO STRECK², GALILEO ADELI BURIOL, JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO³ e MIGUEL ANGELO SANDRI⁴

RESUMO - Avaliou-se o efeito simultâneo da densidade de plantas e da poda apical sobre a produtividade do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), var. Monte Carlo, cultivado em estufa de plástico no período inverno-primavera, em Santa Maria, RS. As densidades comparadas foram: 20.000, 40.000, 80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹ conduzidas com duas e três inflorescências planta⁻¹ e 30.000 e 40.000 plantas ha⁻¹ conduzidas com sete inflorescências planta⁻¹. A produtividade de frutos comercializáveis nas densidades de 80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹ conduzidas com três inflorescências planta⁻¹ foi similar aos tratamentos com sete inflorescências, tomados como testemunhas. Nos tratamentos com duas e três inflorescências planta⁻¹, 80% da produção foi colhida em cinco semanas, enquanto que nos tratamentos testemunhas, em sete semanas.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, cultivo protegido.

EFFECT OF PLANT DENSITY AND DRASTIC PRUNNING ON TOMATO YIELD INSIDE A PLASTIC GREENHOUSE

ABSTRACT - Yield response of "Monte Carlo" tomato (*Lycopersicon esculentum*), to high plant densities and pruning systems inside a plastic greenhouse was evaluated at Santa Maria, RS State, Brazil. Treatments were: 20,000, 40,000, 80,000 and 100,000 plants ha⁻¹ pruned at 2nd or 3rd cluster and 30,000 and 40,000 plants ha⁻¹ pruned at 7th cluster. Tomato plants were conducted by one stem. The experiment was carried out during winter-spring crop-season. Marketable fruit yield was higher when plants were grown at 80,000 and 100,000 plants ha⁻¹ densities with three clusters. These yields were similar to the treatments with seven clusters. It was observed a significant reduction in fruit harvest period in the treatments with drastic pruning without substantially reduce yield.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, protected cropping.

¹ Aceito para publicação em 18 de novembro de 1997.

Trabalho parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

² Eng. Agr., M.Sc., Dep. de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mail: nereu@ccr.ufsm.br.

³ Eng. Agr., Dr., Dep. de Fitotecnia, UFSM. Bolsista do CNPq.

⁴ Acadêmico do Curso de Agronomia, UFSM. Bolsista do Programa PIBIC - CNPq/UFSM.

INTRODUÇÃO

O tomateiro é a principal espécie olerícola cultivada em estufa de plástico no Estado do Rio Grande do Sul. As cultivares atualmente utilizadas são de crescimento indeterminado, exigindo tutoramento, poda, desbrote e amarrações freqüentes (Poerschke et al., 1995). A prática usual consiste em usar densidades entre 30.000 e 40.000 plantas ha⁻¹ e conduzi-las com uma haste e um número de inflorescências entre seis e oito por planta.

O período de colheita do tomateiro, conduzido em cultivo protegido, dura de 50-60 dias, sendo possível dois cultivos por ano. No primeiro, cultivo de outono-inverno, o transplante é feito entre o final de fevereiro e o início de março, e a colheita ocorre em maio, junho e julho. No segundo, cultivo de inverno-primavera, o transplante vai de julho até início de agosto, e a colheita de outubro a dezembro (Poerschke et al., 1995; Streck et al., 1996). No último cultivo, parte da colheita em ambiente protegido coincide com a colheita do tomateiro cultivado a céu aberto, que começa no início de dezembro. Assim, a busca de práticas que concentrem a produção das estufas na entressafra é importante para regularizar o abastecimento e obter preços mais elevados.

Outro fato observado na prática atual de condução das plantas em dois períodos anuais de cultivo em estufa é que os frutos localizados nas inflorescências superiores são pequenos (Streck et al., 1996) e freqüentemente muitos deles não atingem o ponto de colheita em julho e dezembro, respectivamente nos cultivos de outono-inverno e inverno-primavera, sendo eliminados junto com as partes vegetativas. Essa

fração da biomassa da planta não é convertida em rendimento e tem ainda o inconveniente de dificultar a penetração da radiação solar no dossel.

Uma alternativa que tem sido sugerida para minimizar este problema e concentrar a produção é a poda da gema apical após a segunda e a terceira inflorescência. Mas considerando-se que modificando a altura de poda interfere-se na área foliar e, conseqüentemente, no sombreamento das folhas, a densidade em que se obtém a maior produtividade certamente difere da recomendada no cultivo convencional em estufa, onde as plantas são conduzidas com seis a oito inflorescências, que é de 30.000 a 40.000 plantas ha⁻¹ para o híbrido Monte Carlo (Streck et al., 1996). Borraz et al. (1991) demonstraram que a maior produtividade de tomateiro cultivado em sistema hidropônico protegido no México foi alcançada com densidades entre 200.000 e 230.000 plantas ha⁻¹ e entre 160.000 e 200.000 plantas ha⁻¹ em plantas conduzidas com uma e duas inflorescências planta⁻¹, respectivamente, dependendo da cultivar. Silva Junior et al. (1992) obtiveram maior produtividade de tomateiro conduzido com três inflorescências planta⁻¹, cultivado a campo em Santa Catarina, na densidade de 80.000 plantas ha⁻¹. Pimpini & Gianquinto (1994) mostraram que, em cultivo protegido e no solo na Itália, o uso de alta densidade (190.000 e 230.000 plantas ha⁻¹) e poda a uma inflorescência planta⁻¹ resultou em um período de produção de 24 dias, mas a produtividade foi a metade da alcançada nos tratamentos de 80.000 e 123.000 plantas ha⁻¹, com três inflorescências planta⁻¹, ou 40.000 plantas ha⁻¹, com quatro inflorescências planta⁻¹, cujo período de produção foi de 42 a 44 dias.

Tais trabalhos mostram que existem diferenças de resposta do tomateiro a essa técnica associadas a condições ambientais (local), tipo de manejo (cultivo convencional, protegido e hidropônico) e variedade. No Rio Grande do Sul, o cultivo protegido do tomateiro é feito quase que totalmente no solo e sem fertirrigação, não se tendo conhecimento de trabalhos de alta densidade associados à poda drástica nessas condições. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da densidade de plantas associada à poda apical drástica sobre a produtividade e a duração da colheita do tomateiro em cultivo protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS (latitude: 29°43'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95 m), em estufa tipo Capela (240 m² e relação área/volume de 3,5) coberta com polietileno de baixa densidade de 100 µm de espessura, no período inverno-primavera. Utilizou-se o híbrido Monte Carlo, com semeadura em 26/06/95 e transplante em 02/08/95. O preparo do solo, implantação e manejo da cultura foram realizados segundo as recomendações observadas para a produção comercial em estufa de plástico.

Os tratamentos foram o número de inflorescências e a densidade de plantas, comparados simultaneamente em um delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições, e arranjo dos tratamentos em um fatorial 4x2. As plantas foram podadas a duas e três inflorescências e comparadas em densidades de 20.000, 40.000, 80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹. As plantas dos tratamentos testemunhas foram podadas a sete inflorescências, com densidades de 30.000 e 40.000 plantas ha⁻¹. Todas as plantas foram conduzidas com haste única. A poda apical foi efetuada deixando-se três folhas acima da última inflorescência.

A colheita foi realizada duas vezes por semana, separando-se os frutos em comercializáveis e não-comercializáveis. Os comercializáveis foram classificados em duas classes, de acordo com as normas em vigor do Ministério da Agricultura: Classe I, com diâmetro equatorial entre 80 e 120 mm, e Classe II, entre 50 e 80 mm. Em cada uma dessas classes determinou-se a massa da matéria fresca e o número de frutos por planta. Os frutos menores que 50 mm e com defeitos ou com podridão foram considerados não-comercializáveis. Os resultados foram submetidos à análise de regressão, sendo a variável independente a densidade de plantas. Estudou-se também a interação entre os fatores densidade de plantas e número de inflorescências por planta.

Estimou-se a eficiência da conversão da radiação solar global incidente em matéria fresca de frutos (EC) por meio da relação $EC = MF/Rg_i$ (Cockshull et al., 1992), onde MF é a massa da matéria fresca de frutos (g m⁻²), e Rg_i a densidade de fluxo de radiação solar global incidente no interior da estufa durante o ciclo da cultura (MJ m⁻²). A estimativa da densidade de fluxo de radiação solar global diária incidente no interior da estufa foi realizada a partir do brilho solar real diário medido por um heliógrafo Campbell-Stokes, instalado na Estação Climatológica Principal do Departamento de Fitotecnia e localizada a aproximadamente 100 m ao sul da estufa. Para esta estimativa foram usadas as equações do modelo de Angstrom, modificado por Prescott (1940) e Penman (1948), com coeficientes linear e angular mensais determinados para Santa Maria (Estefanel et al., 1990). A transmissividade média à radiação solar global do polietileno da estufa foi considerada como sendo igual a 70% (Buriol et al., 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1a mostra os resultados de produtividade total de frutos comercializáveis expresso em massa da matéria fresca e número de frutos nas diferentes densidades de plantas. Esses dois componentes da produtividade apresentaram resposta crescente ao aumento da densidade de plantas, principalmente entre 20.000 e 80.000 plantas ha⁻¹, tanto nas conduzidas com duas como com três inflorescências. O efeito da densidade sobre a produtividade total de matéria fresca de frutos ajustou-se a um modelo do tipo quadrático com ponto de máxima eficiência técnica de 95.278 plantas ha⁻¹ em plantas podadas a duas inflorescências, e de 113.232 plantas ha⁻¹ nas podadas a três inflorescências; este último ponto ficou fora da faixa de densidades usadas. Para avaliação do número de frutos, observou-se um modelo linear. As plantas conduzidas com três inflorescências e nas duas maiores densidades (80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹) atingiram produtividade e número de frutos semelhantes às conduzidas com sete inflorescências e densidade de 40.000 plantas ha⁻¹.

A massa da matéria fresca de frutos com diâmetro entre 80 e 120 mm, Classe I, foi crescente até a densidade de 80.000 plantas ha⁻¹, diminuindo a seguir (Fig. 1b). A resposta da produtividade nessa classe à densidade de plantas ajustou-se a um modelo quadrático, com ponto de máxima eficiência técnica de 66.871 e 76.157 plantas ha⁻¹ nos tratamentos com duas e três inflorescências planta⁻¹, respectivamente. A partir da densidade de aproximadamente 50.000 plantas ha⁻¹ as plantas podadas a três inflorescências apresentaram produtividade similar às conduzidas com sete inflorescências nessa classe. O número de frutos mostrou um comportamento similar, com resposta também quadrática e pontos de máxima eficiência técnica de 68.674 e 80.297 plantas ha⁻¹, nos tratamentos com duas e três inflorescências planta⁻¹, respectivamente.

A massa da matéria fresca e o número de frutos com diâmetro entre 50 e 80 mm, Classe II, foi crescente até a maior densidade (Fig. 1c). Entretanto, foi somente nas densidades mais altas (80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹) que essas plantas atingiram produtividade semelhante à obtida nas plantas conduzidas com sete inflorescências. A resposta de produtividade nessa classe à densidade de plantas se ajustou a um modelo linear.

Os resultados da massa da matéria fresca e número de frutos não-comercializáveis não são apresentados, pois representaram uma fração muito pequena da produção total (em torno de 5%).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram comportamento semelhante aos relatados na literatura, ou seja, a produtividade responde ao aumento da densidade de plantas até um valor máximo, passando a diminuir após (Odland, 1949; Moore et al., 1958; Fery & Janick, 1970; Campos et al., 1987; Rumpel & Babik, 1987; Streck et al., 1996). Tal fato está associado ao aumento da sobreposição e do sombreamento das folhas, reduzindo a área foliar e a taxa fotossintética por planta (Fery & Janick, 1970; Mitchell, 1972; Rodriguez & Lamberth, 1975).

A Fig. 2 mostra a massa da matéria fresca média dos frutos separadamente na produtividade total (a) e nas Classes I (b) e II (c). Observa-se que a massa dos frutos diminuiu linearmente com o aumento da densidade de plantas. Apenas nos frutos da Classe II, nas plantas conduzidas com duas inflorescências, não houve efeito significativo da densidade. Nas densidades superiores a 40.000 plantas ha⁻¹, com poda drástica ocorreu maior produção de frutos com diâmetro menor do que os produzidos em plantas com sete inflorescências, ou seja, altas densidades tendem a produzir maior proporção de frutos menores dentro de cada classe, confirmando resultados obtidos por Heuvelink (1996).

O tamanho potencial dos frutos do tomateiro depende da sua posição na inflorescência e da cultivar, mas o tamanho que eles atingem depende também do total de assimilados produzidos pela área fotossintetizante e do número de frutos que competem por esses assimilados (Ho, 1980, citado por Cockshull & Ho, 1995). Como o total de assimilados de uma planta é diretamente proporcional à fotossíntese, a qual é uma função da densidade de fluxo de radiação solar incidente, da concentração de CO₂ atmosférico e da área foliar, e com o aumento da densidade de plantas há redução da área foliar por planta e aumento do sombreamento, é de se esperar que a massa fresca média de frutos diminua com o aumento da densidade de plantas. Esse comportamento foi verificado neste trabalho e corrobora os de Vittum & Tapley (1957), Fery & Janick (1970), Campos et al. (1987), Borraz et al. (1991), Pimpini & Gianquinto (1994) e Cockshull & Ho (1995).

A distribuição temporal da produção de frutos no período de colheita em cada um dos tratamentos é mostrado na Fig. 3. Observa-se que as plantas conduzidas com duas inflorescências têm uma tendência a concentrar a produção de frutos entre a segunda e a quarta semanas após o início do período de colheita. Por outro lado, as plantas com três inflorescências mostraram maior dispersão da produção entre a segunda e a

sexta semanas, aproximadamente. Nos dois casos existe uma marcante diferença em relação às plantas com sete inflorescências, que concentram sua produção após a sexta semana. Como consequência, nos tratamentos com poda drástica aproximadamente 80% da produção foi colhida até a quinta semana, enquanto que nos tratamentos com poda das plantas após a sétima inflorescência, 80% da produção foi colhida até a sétima semana e a última colheita foi predominantemente de frutos verdes. No caso deste ensaio, a colheita iniciou em 24/10/95 em todos os tratamentos. Assim, na quarta semana de novembro, 80% da produção já tinha sido colhida nos tratamentos de poda drástica, enquanto que nos tratamentos testemunhas aconteceu na segunda semana de dezembro.

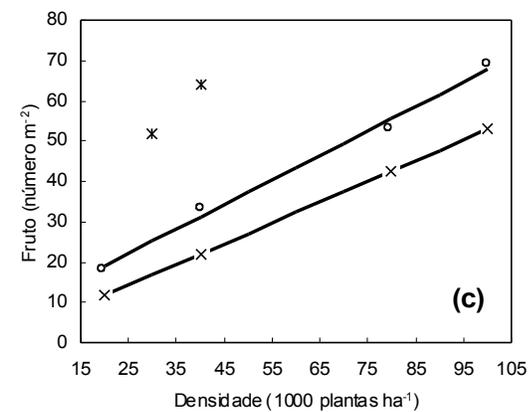
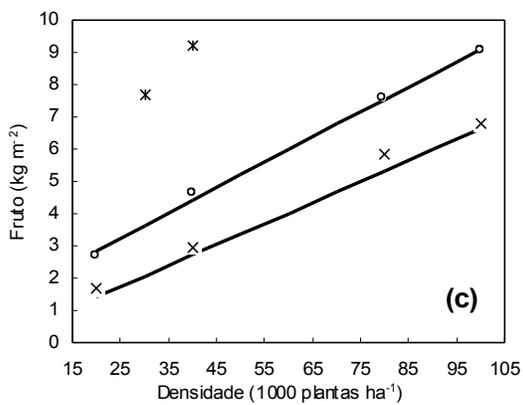
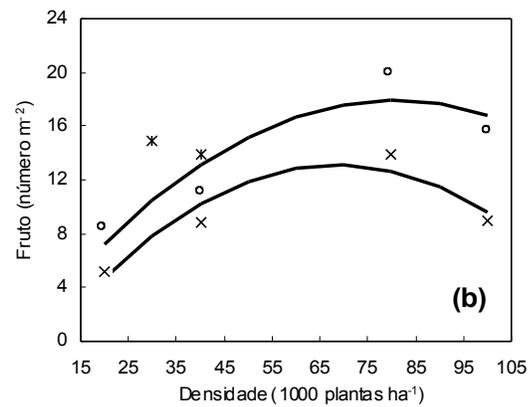
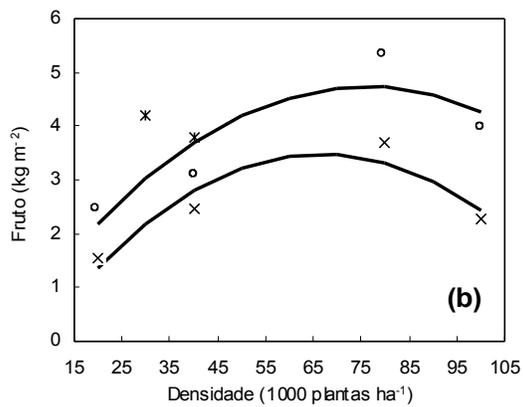
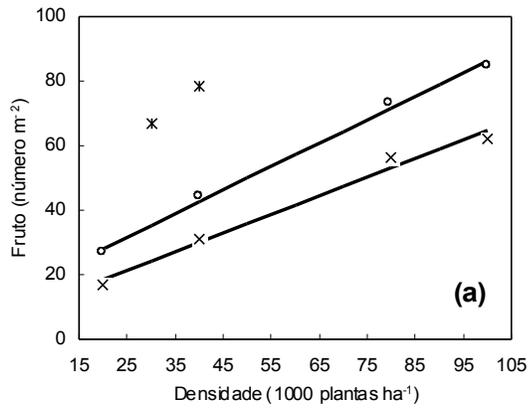
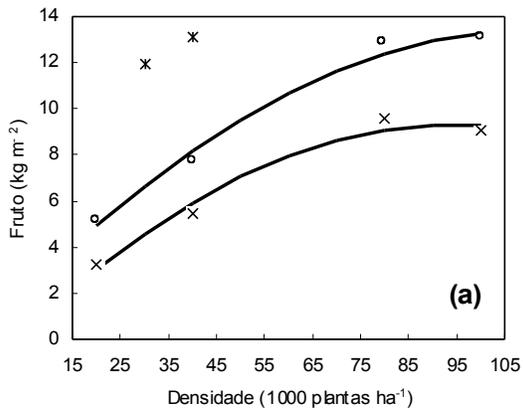


FIG. 1. Relação entre densidade de plantas e produtividade de matéria fresca (kg m⁻²) e número de frutos m⁻² comercializáveis total (a), na Classe 80-120 mm (b) e na Classe 50-80 mm (c) de tomateiro conduzido com duas (x), três (o) e sete (x) inflorescências planta⁻¹ em estufa de plástico. Santa Maria, RS, Brasil, 1995.

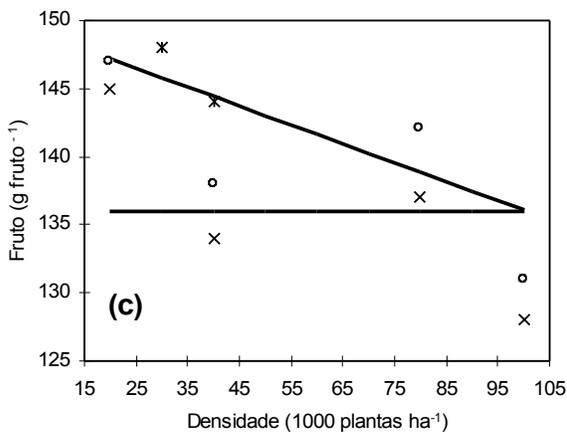
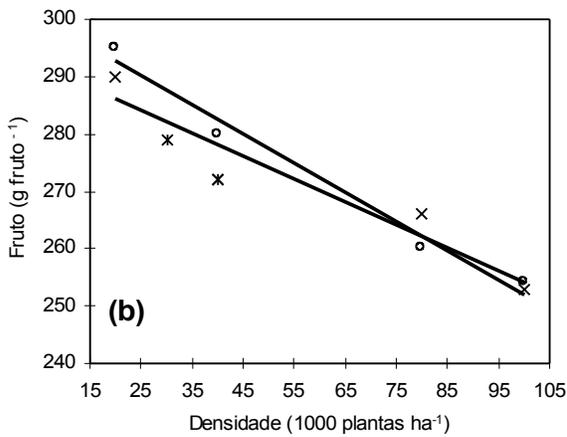
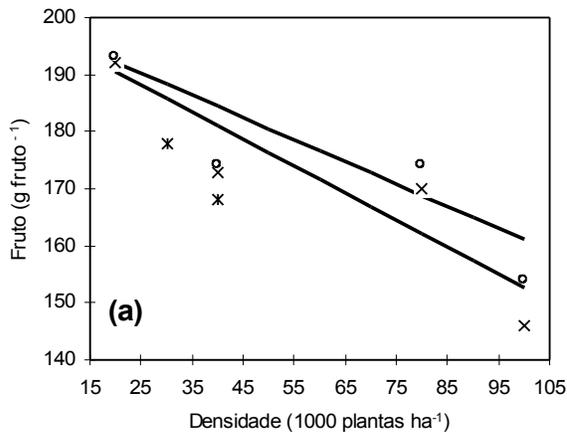


FIG. 2. Relação entre densidade de plantas e massa da matéria fresca média de frutos comercializáveis (g fruto⁻¹) na produtividade total (a), na Classe 80-120 mm (b) e na Classe 50-80 mm (c) de tomateiro conduzido com duas (x), três (o) e sete (x) inflorescências planta⁻¹ em estufa de plástico. Santa Maria, RS, Brasil, 1995.

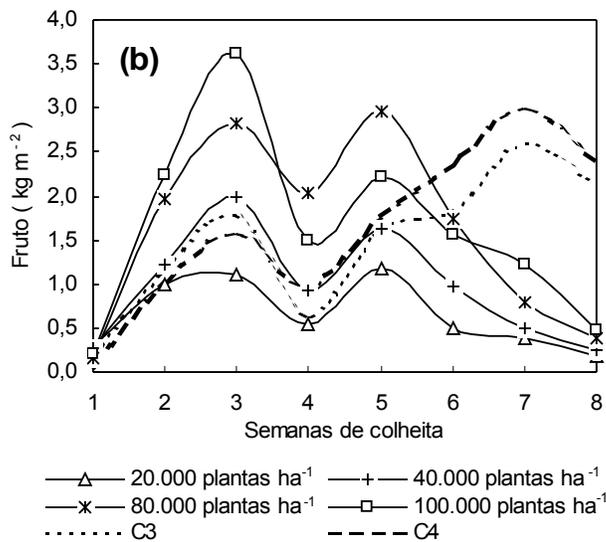
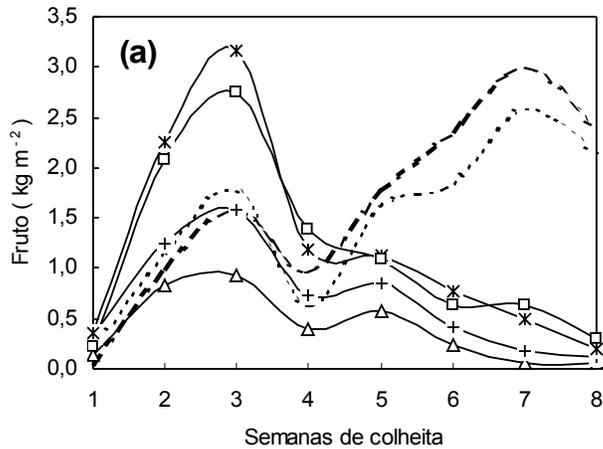


FIG. 3. Produtividade de frutos comercializáveis (kg m⁻²) por semana nas densidades e alturas de poda de tomateiro cultivado em estufa de plástico (a: duas inflorescências planta⁻¹, b: três inflorescências planta⁻¹ e C3 e C4=30.000 plantas ha⁻¹ e 40.000 plantas ha⁻¹, respectivamente, com sete inflorescências planta⁻¹). Santa Maria, RS, Brasil, 1995.

Os resultados deste trabalho mostram que é possível obter uma produtividade do tomateiro com poda drástica semelhante ao manejo de condução convencional mediante o aumento da densidade de plantas. Tais resultados estão de acordo com os relatados na literatura. Borraz et al. (1991) propuseram o uso de alta densidade associado à poda drástica de tomateiro em cultivo hidropônico protegido, para elevar a produtividade e possibilitar quatro a cinco cultivos por ano. Silva Junior et al. (1992) sugeriram a poda drástica como mecanismo de escape contra a alta incidência de doenças, pela redução do ciclo da cultura em cultivo a céu aberto. Já Pimpini & Gianquinto (1994) mostraram que essa técnica permite concentrar e antecipar o período de colheita de frutos de tomateiro cultivado em estufa. Os dados aqui apresentados mostram que essa técnica pode ser utilizada para concentrar a produção nas épocas mais favoráveis à comercialização ou à produtividade da cultura também nas condições de cultivo protegido do Sul do Brasil.

A análise de variância mostrou interação significativa entre densidade e número de inflorescências por planta nos parâmetros da produtividade do tomateiro (Figs. 1 e 2). A produção de frutos de uma planta de crescimento indeterminado, como o tomateiro, depende de uma interação complexa entre as partes vegetativas produtoras (fontes) e os compartimentos de estocagem dos assimilados (drenos). Resultados mostrados por Heuvelink (1996) indicam que a fração de assimilados distribuída para os frutos do tomateiro em plantas sem poda apical é constante e não depende da densidade. O tamanho dos frutos seria função do número total de frutos existente na planta. Os resultados do presente trabalho indicam que as observações daquele autor se verificam também em plantas submetidas à poda drástica e com valor de matéria seca total muito menor. Este trabalho sugere também que nos cultivos protegidos uma proporção importante da biomassa total fixada é perdida nas partes jovens da planta, onde os frutos não atingem a maturação. Conseqüentemente, a prática sistemática da poda apical seria necessária para aumentar o rendimento potencial permitido pela radiação solar disponível. Isto pode ser verificado pelo cálculo da eficiência de conversão da radiação solar em matéria fresca de frutos (EC) (Tabela 1). Considerando-se a EC em todo o ciclo da cultura, as plantas conduzidas com três inflorescências nas densidades de 80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹ tiveram EC similar às conduzidas com sete inflorescências a 40.000 plantas ha⁻¹ (em torno de 7,6 g MJ⁻¹). Ao considerar-se apenas o período do ciclo onde se concentrou 80% da produção em cada tratamento, a EC aumentou apenas nas plantas podadas a duas inflorescências. Os valores de EC encontrados neste experimento estão distantes dos 20 g MJ⁻¹ relatados por Cockshull et al. (1992), na Inglaterra.

TABELA 1. Eficiência de conversão da radiação solar global incidente em massa de matéria fresca de frutos (g MJ⁻¹) de tomateiro cultivado em estufa de plástico. Santa Maria, RS, Brasil, 1995.

Densidade (plantas ha ⁻¹)	Inflorescências por planta	Eficiência	
		Ciclo inteiro ¹	Até 80% da produção ²
20.000	2	1,89	2,13
	3	3,02	3,07
40.000	2	3,17	3,54
	3	4,51	4,51
80.000	2	5,60	6,06
	3	7,53	7,45
100.000	2	5,31	5,64
	3	7,63	7,31
30.000	7	6,98	6,05
40.000	7	7,66	6,62

¹ Radiação solar global incidente da semeadura até a última colheita.

² Radiação solar global incidente da semeadura até o dia em que foi colhida 80% da produção total.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho conclui-se que existe a possibilidade de concentrar o período de produção do tomateiro quando cultivado em ambiente protegido. A prática a ser adotada seria a poda drástica mantendo três inflorescências planta⁻¹ e uma densidade entre 80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹. A produtividade obtida seria similar à obtida com manejo convencional (sete inflorescências). Essa se constitui em uma alternativa quando houver perda das mudas na época recomendada e para concentrar a produção em épocas de maior preço. Deve-se ressaltar, porém, que o uso de altas densidades de plantas implica em aumento do custo de sementes e poderá aumentar o risco de doenças pelo microambiente favorável que se forma na base das plantas (Silva Junior et al., 1992). Neste trabalho não foram observadas diferenças aparentes de sanidade das plantas entre os tratamentos. No cultivo do tomateiro em estufas existe uma dificuldade natural de ventilação quando as plantas são conduzidas com 6-8 inflorescências, provocada pela elevação do índice de área foliar. Com poda drástica este problema é minimizado. Por outro lado, o inconveniente de utilizar um maior número de sementes de alto custo de aquisição poderia ser amenizado pela condução das plantas com mais de uma haste, como foi observado por Cockshull & Ho (1995) e Poerschke et al. (1995).

CONCLUSÃO

A adoção de poda drástica (três inflorescências por planta) e de densidade equivalente a 80.000 a 100.000 plantas por hectare possibilita a redução do período de colheita de sete para quatro a cinco semanas do tomateiro (híbrido Monte Carlo) cultivado em ambiente protegido.

REFERÊNCIAS

- BORRAZ, J.C.; CASTILLO, F.S.; ROBLES, P.E. Efectos del despunte y la densidad de poblacion sobre dos variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en hidroponia bajo invernadero. **Revista Chapingo**, México, v.15, n.73/74, p.26-30, 1991.
- BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; PETRY, C.; SCHNEIDER, F.M. Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.1-4, 1995.
- CAMPOS, J.P. de; BELFORD, C.C.; GALVÃO, J.D. Efeito da poda da haste e da população de plantas sobre a produção do tomateiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.113, p.198-208, 1987.
- COCKSHULL, K.E.; GRAVES, C.J.; CAVE, C.R.J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.67, n.1, p.11-24, 1992.
- COCKSHULL, K.E.; HO, L.C. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.70, n.3, p.395-407, 1995.
- ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F.M.; BERLATO, M.A.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS. I - Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.20, n.3/4, p.203-218, 1990.
- FERY, R.L.; JANICK, J. Response of the tomato to population pressure. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.95, n.5, p.614-624, 1970.
- HEUVELINK, E. **Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1996. 326p.
- MITCHELL, R.L. **Crop growth and culture**. Ames: Iowa State University Press, 1972. 349p.
- MOORE, J.N.; KATTAN, A.A.; FLEMING, J.W. Effect of supplemental irrigation, spacing, and fertility on yield and quality of processing tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.71, p.356-368, 1958.
- ODLAND, M.L. Interrelation of spacing, variety and interplanting on yield and fruit size of tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, St Joseph, v.53, p.393-401, 1949.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London**, v.193, p.120-145, 1948.
- PIMPINI, F.; GIANQUINTO, G. Influence of pinching, crop density and different growing methods on fresh market tomatoes grown under protected cultivation for early production. **Acta Horticulturae**, v.357, p.343-352, 1994.
- POERSCHKE, P.R.C.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; ESTEFANEL, V. Efeito de sistemas de poda sobre o rendimento do tomateiro cultivado em estufa de polietileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.3, p.379-384, 1995.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Transactions of the Royal Society of South Australia**, Adelaide, v.64, n.1, p.114-118, 1940.
- RODRIGUEZ, B.P.; LAMBERTH, V.N. Artificial lighting and spacing as photosynthetic and yield factors in winter greenhouse tomato culture. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.100, n.6, p.694-697, 1975.
- RUMPEL, J.; BABIK, I. Effect of plant density on yield and quality of transplant tomatoes. **Acta Horticulturae**, Dean Haag, v.220, p.229-234, 1987.
- SILVA JUNIOR, A.A.; MULLER, J.J.V.; PRANDO, H.F. Poda e alta densidade de plantio na cultura do tomate. **Revista Agropecuária Catarinense**, Itajaí, v.5, n.1, p.57-61, 1992.
- STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M. Efeito da densidade de plantas sobre a produtividade do tomateiro cultivado em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.2, p.105-112, 1996.

VITTUM, M.T.; TAPLEY, W.T. Spacing and fertility level studies with a past-type tomato. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.69, p.323-326, 1957.