

EFEITO DA DENSIDADE DE PLANTAS SOBRE A PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO CULTIVADO EM ESTUFA DE PLÁSTICO¹

NEREU AUGUSTO STRECK², GALILEO ADELI BURIOL³ e FLAVIO MIGUEL SCHNEIDER⁴

RESUMO - Avaliou-se a produtividade do tomateiro em resposta à densidade de plantas cultivado no interior de estufa de plástico em Santa Maria, RS. Os tratamentos foram 20.000, 30.000, 40.000 e 50.000 plantas/ha. Utilizou-se o híbrido Monte Carlo do grupo Salada, com hábito de crescimento indeterminado e frutos pluriloculados, conduzido com uma haste por planta e fileiras espaçadas de 1 m. O experimento foi realizado em dois períodos, com sementeiras em 5/7/91 (período inverno-primavera) e 17/2/92 (período outono-inverno). A produtividade precoce de frutos foi crescente linear com o aumento da densidade de plantas no período inverno-primavera e crescente quadrática na época de outono-inverno. A produtividade total de frutos comercializáveis foi crescente quadrática com o aumento da densidade de plantas no período inverno-primavera, e não houve tendência de resposta no período outono-inverno. A máxima produtividade precoce, acumulada até a 5ª inflorescência, e o total de frutos comercializáveis de tomateiro, estimados pelas equações de regressão, foram obtidos com densidades próximas a 40.000 plantas/ha.

Termos para indexação: cultivo protegido, horticultura, manejo cultural.

EFFECT OF PLANT DENSITY ON TOMATO YIELD INSIDE A PLASTIC GREENHOUSE

ABSTRACT - Yield response of 'Monte Carlo' tomato (an indeterminated growth variety) to plant density inside a plastic greenhouse was evaluated at Santa Maria, Rio Grande do Sul State, Brazil. Treatments were: 20,000, 30,000, 40,000, and 50,000 plants/ha. Tomato plants were conducted by one stem and spaced 1.0 m between rows. The experiment was carried out in two crop-seasons: winter-spring and autumn-winter. Plants were sown on 7/5/91 and 2/17/92, respectively. In winter-spring season the early fruit yield and the total marketable fruit amount were raised by plant density increase. In autumn-winter season the early fruit yield was raised by plant density increase but the total marketable fruit amount was not affected by plant density. The higher early fruit yield, the fruit yield accumulated until the 5th cluster, and the total marketable fruit amount were obtained in plant densities near to 40,000 plants/ha.

Index terms: protected cropping, horticulture, crop management.

¹ Aceito para publicação em 4 de dezembro de 1995.

Trabalho realizado com recursos financeiros da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

² Eng. Agr., M.Sc., Prof. Assist., Dep. de Fitot., Centro de Ciências Rurais (CCR), Univ. Fed. Santa Maria (UFSM), CEP 97119-900 Santa Maria, RS.

³ Eng. Agr., Dr., Prof. Tit., Dep. de Fitot., CCR, UFSM. Pesquisador do CNPq.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., Prof. Tit. do Dep. de Fitot., CCR, UFSM. Pesquisador do CNPq.

INTRODUÇÃO

O cultivo do tomateiro a céu aberto no Estado do Rio Grande do Sul, em função das suas exigências térmicas, somente é possível nos meses mais quentes do ano. Na região de Santa Maria ocorrem temperaturas mínimas do ar iguais ou inferiores a 13°C, prejudiciais ao desenvolvimento do pólen do tomateiro (Bickford & Dunn, 1978) e iguais ou inferiores a 8°C, temperatura base de crescimento

da planta de tomateiro (Takahashi & Sugiyama citado por Genta & Tanaka, 1983) desde o mês de abril até outubro (Buriol, 1976; Estefanel et al., 1988).

Entretanto, com a utilização de estufas e túneis cobertos com filme de polietileno transparente, seu cultivo é possível também nos meses mais frios do ano. Estes ambientes protegidos, além de permitir o cultivo do tomateiro nesta época do ano, proporcionam produção de frutos de melhor qualidade e elevada produtividade, que segundo Robledo & Martin (1981) é de aproximadamente quatro vezes a produção a céu aberto.

O cultivo de tomateiro em estufas e túneis cobertos com plástico é uma técnica recente no Rio Grande do Sul e ainda carente de informações referentes ao manejo da cultura nestes ambientes, tais como tratamentos fitossanitários, cultivares e tratamentos culturais.

Vários autores têm demonstrado que o aumento da densidade de plantas de tomateiro, cultivado a céu aberto ou em estufa, eleva a produtividade precoce e o total de frutos por unidade de área (Odland, 1949; Moore et al., 1958; George & Peirce, 1969; Fery & Janick, 1970a; Fery & Janick, 1970b; Csizinszky, 1980; Borreli, 1983; Campos et al., 1987; Rumpel & Babik, 1987; Stanley et al., 1988) e reduz o número e o peso médio de frutos por planta (Vittum & Tapley, 1953; Vittum & Tapley, 1957; Moore et al., 1958; Fery & Janick, 1970a; Csizinszky, 1980; Campos et al., 1987). A resposta da interação densidade de plantas x produtividade de frutos origina uma curva parabólica típica, com decréscimos de produtividade em ambos os lados a partir do ótimo (Halliday citado por Mitchell, 1972). A densidade de plantas de tomateiro para atingir a produtividade máxima de frutos varia com a cultivar e o ambiente (Kays & Nicklow, 1974; Stoffela et al., 1988). Em cultivo a céu aberto, Rumpel & Babik (1987) relataram a densidade de 60.000 plantas/ha como a mais econômica para cultivo comercial. Campos et al. (1987) apontam maior produtividade de frutos de tomateiro indeterminado na densidade de 40.000 plantas/ha.

O presente trabalho objetiva avaliar a influência da densidade de plantas de tomateiro cultivado em estufa de plástico sobre a produtividade de frutos, nas condições de Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no interior de uma estufa de plástico instalada no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, RS (latitude: 29°43'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95 m). A estufa utilizada foi do modelo Capela com 250 m², coberta com polietileno transparente de baixa densidade (PEDB), aditivado anti-UV, com 100 µm de espessura e transmissividade média em torno de 80% (Buriol et al., 1995).

Os tratamentos foram 20.000 (T1), 30.000 (T2), 40.000 (T3) e 50.000 (T4) plantas/ha, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de plantas, com nove plantas por fileira, no espaçamento de 1 m entre fileiras e 0,50 m (T1), 0,33 m (T2), 0,25 m (T3) e 0,20 m (T4) entre plantas. As duas fileiras centrais formaram a área útil da parcela. Utilizou-se o híbrido Monte Carlo, do grupo Salada, com hábito de crescimento indeterminado e frutos pluriloculados. O experimento foi conduzido em dois períodos, com semeaduras em 5/7/91 (denominado período inverno-primavera) e 17/2/92 (denominado período outono-inverno).

As plântulas foram produzidas em copos de papel jornal (400 cm³) no interior da estufa e transplantadas nos dias 3/8/91 e 7/3/92, respectivamente, nos períodos inverno-primavera e outono-inverno, quando as mesmas apresentavam 4-5 folhas definitivas.

O solo da estufa foi previamente corrigido e adubado de acordo com as recomendações da análise química realizada no Laboratório de Análise de Solo da UFSM para a cultura do tomateiro. O preparo do solo foi convencional, mediante enxada rotativa. Antes do cultivo outono-inverno, aplicou-se esterco bovino na dosagem de 20 t/ha.

As plantas foram conduzidas com auxílio de fitas de plástico verticais, com uma haste por planta. As ramificações axilares foram eliminadas periodicamente (desbrota) e a poda apical das plantas foi realizada na altura de 2 m. O teor de umidade do solo foi mantido sempre próximo à capacidade de campo (-0,3 atm), medida por dois tensiômetros de cápsula porosa instalados em duas entrelinhas da estufa, a 10 cm de profundidade. A irrigação foi realizada através de mangueiras perfuradas.

A ventilação da estufa foi realizada abrindo-se as cortinas laterais nos dias ensolarados no período entre 8 h e 12 h nos dias frios (temperatura do ar no interior da estufa às 12 h igual ou inferior a 20°C) e entre 8 h e 16 h nos dias quentes (temperatura do ar no interior da estufa às 12 h superior a 20°C). Nos dias chuvosos e nublados, a estufa permaneceu fechada.

Em 12 e 16 plantas/tratamento no período inverno-primavera e outono-inverno, respectivamente, escolhidas ao acaso, foram registradas as datas de ocorrência do início de floração e início de maturação de cada uma das inflorescências. Considerou-se como início de floração o dia em que a primeira flor em cada inflorescência destas plantas estava completamente aberta e como início de maturação o dia em que o primeiro fruto em cada inflorescência apresentou mudança de coloração verde para vermelha. Neste trabalho considerou-se a inflorescência inferior das plantas como a 1ª inflorescência, a imediatamente acima da inflorescência inferior como a 2ª inflorescência e assim sucessivamente.

Os frutos foram colhidos duas vezes por semana no cultivo de inverno-primavera e uma vez por semana no cultivo outono-inverno. Os frutos foram colhidos em cada inflorescência da planta separadamente, contados e determinado o peso da sua massa fresca. Foram considerados não comercializáveis os frutos rachados, descoloridos e/ou defeituosos. O período de colheita foi de 22/10/91 a 27/12/91 e de 10/6/92 a 21/8/92, respectivamente, nos cultivos de inverno-primavera e outono-inverno. A produtividade precoce de frutos foi considerada como a soma do peso da massa fresca dos frutos comercializáveis das três primeiras colheitas. Os dados fenológicos e de produtividade foram submetidos à análise de regressão, sendo as variáveis dependentes a duração dos subperíodos emergência-início de floração e início de floração-início de maturação de cada uma das inflorescências, a produtividade precoce de frutos, a produtividade de frutos comercializáveis acumulada até a 5ª inflorescência e a produtividade total de frutos comercializáveis e a variável independente a densidade de plantas.

Durante os dois períodos experimentais foram registradas diariamente a temperatura e a umidade relativa do ar por um termo-higrógrafo instalado no interior de um abrigo meteorológico, localizado no centro da estufa, a 1,5 m de altura. No período inverno-primavera (1991) foram perdidos os registros do termo-higrógrafo de 23 dias. A temperatura média diária do ar foi obtida pela média aritmética das temperaturas mínima e máxima diárias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A duração dos subperíodos emergência-início de floração e início de floração-início de maturação das inflorescências das plantas não foi influenciada pela densidade de plantas, de acordo com a análise de regressão (teste F não significativo a $P < 0,05$ e

$r^2 = 1,2\%$). Os tratamentos T3 e T4 (40.000 e 50.000 plantas/ha) apresentaram apenas cinco inflorescências até a altura de poda (2 m), enquanto as plantas dos tratamentos T1 e T2 apresentaram sete e seis inflorescências, respectivamente. Evidencia-se, assim, o efeito do adensamento de plantas sobre o alongamento dos entrenós do tomateiro, por causa, principalmente, da competição por radiação solar.

O peso médio de frutos produzidos nas diferentes inflorescências da planta é um importante componente da produtividade do tomateiro. Quanto menor for a redução no tamanho dos frutos nas inflorescências superiores da planta, maior será a produtividade total. A análise das variáveis peso médio e produtividade comercial de frutos comercializáveis em cada inflorescência foi realizada até a 5ª inflorescência porque T3 e T4 apresentaram apenas cinco inflorescências/planta. Na Tabela 1 observa-se que no período inverno-primavera apenas os frutos da 1ª inflorescência nas densidades de 20.000, 30.000 e 40.000 plantas/ha foram maiores estatisticamente que os frutos da 2ª, 3ª, 4ª e 5ª inflorescências. Na densidade de 50.000 plantas/ha não houve diferença significativa no peso médio de frutos entre as inflorescências. No período outono-inverno, frutos maiores foram colhidos da 3ª inflorescência, com diferenças significativas nas densidades de 30.000, 40.000 e 50.000 plantas/ha.

Dois aspectos importantes podem ser considerados nestes resultados. Primeiro, o de que o híbrido Monte Carlo utilizado apresenta características desejáveis no que se refere ao tamanho de frutos até a 5ª inflorescência, ou seja, o peso médio de frutos diminuiu pouco até esta inflorescência. Segundo, o de que condições ambientais, em função da época de cultivo, possivelmente influenciaram o crescimento dos frutos. O crescimento máximo da planta de tomateiro é obtido quando a temperatura média do ar é de 18 a 24°C e a umidade relativa entre 50 e 60% (Cermenó, 1978). No cultivo inverno-primavera, na maior parte do período de crescimento dos frutos, a temperatura média diária do ar foi mais elevada e dentro da faixa ótima requerida pelo tomateiro, e a umidade relativa mínima diária do ar foi menor em relação ao mesmo período no cultivo de outono-inverno (Fig. 1).

TABELA 1. Peso médio de frutos (g) colhidos na 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª inflorescências de tomateiro, híbrido Monte Carlo, cultivado em estufa de plástico. Santa Maria, RS¹.

Cultivo	Tratamento (pls./ha)	Inflorescência					C.V. (%)
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Inverno- -primavera (1991)	20.000	281a	213b	206b	208b	207b	18,7
	30.000	252a	200b	189b	205b	174b	14,6
	40.000	229a	168b	159b	190b	181b	15,3
	50.000	221a	156a	162a	193b	144a	18,2
Outono- -inverno (1992)	20.000	109a	108a	125a	149a	120a	21,0
	30.000	131ab	121b	178a	146ab	151ab	15,4
	40.000	121b	212b	159a	136ab	129ab	11,6
	50.000	117b	119b	167a	141ab	116b	16,6

¹ Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade de erro.

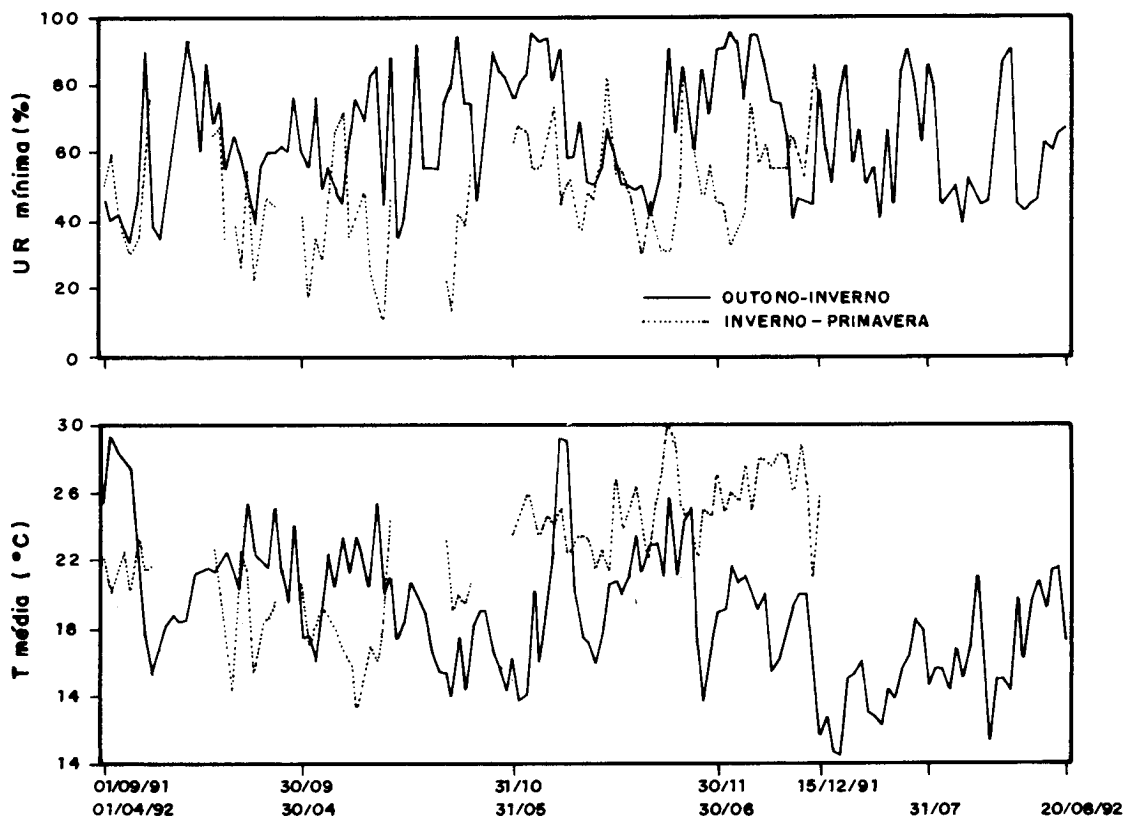


FIG. 1. Temperatura média (T média) e umidade relativa mínima (UR mín.) diária do ar no subperíodo início de floração da 1ª inflorescência-início de maturação da 5ª inflorescência do tomateiro, híbrido Monte Carlo, cultivado em estufa de plástico. Santa Maria, RS, Brasil, 1991 e 1992.

Analisando-se ainda os dados da Tabela 1, observa-se uma tendência de diminuição do peso médio de frutos à medida que aumenta a densidade de plantas, efeito mais pronunciado no período inverno-primavera. Esta resposta do tomateiro é esperada e foi demonstrada por vários autores (Vittum & Tapley, 1953; Vittum & Tapley, 1957; Moore et al., 1958; Fery & Janick, 1970a; Csizinszky, 1980; Campos et al., 1987) e é decorrente do aumento da competição entre plantas (Mitchell, 1972; Campos et al., 1987).

As curvas das equações estimadas pela análise de regressão para as variáveis produtividade precoce de frutos, produtividade de frutos comercializáveis acumulada até a 5ª inflorescência e produtividade total de frutos comercializáveis são apresentadas nas Figs. 2, 3 e 4. As equações da Fig. 3 estão na Tabela 2.

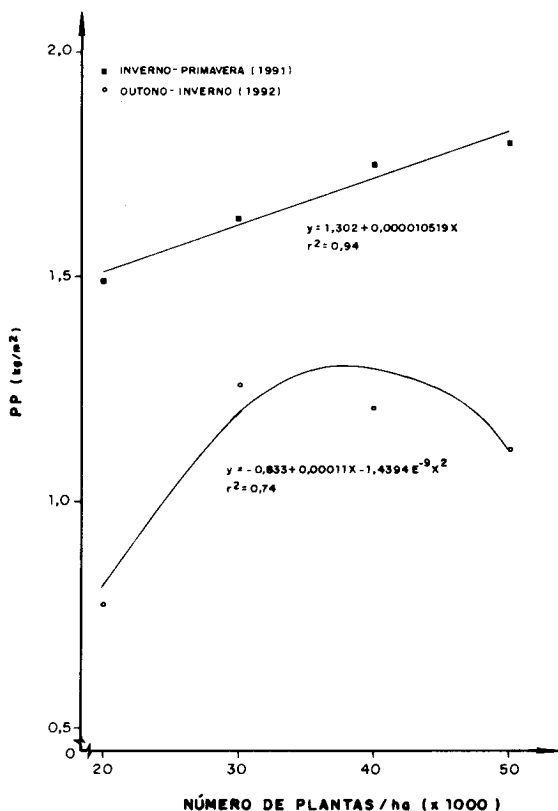


FIG. 2. Relação entre densidade de plantas e produtividade precoce de frutos (PP) de tomateiro, híbrido Monte Carlo, cultivado em estufa de plástico. Santa Maria, RS, Brasil, 1991 e 1992.

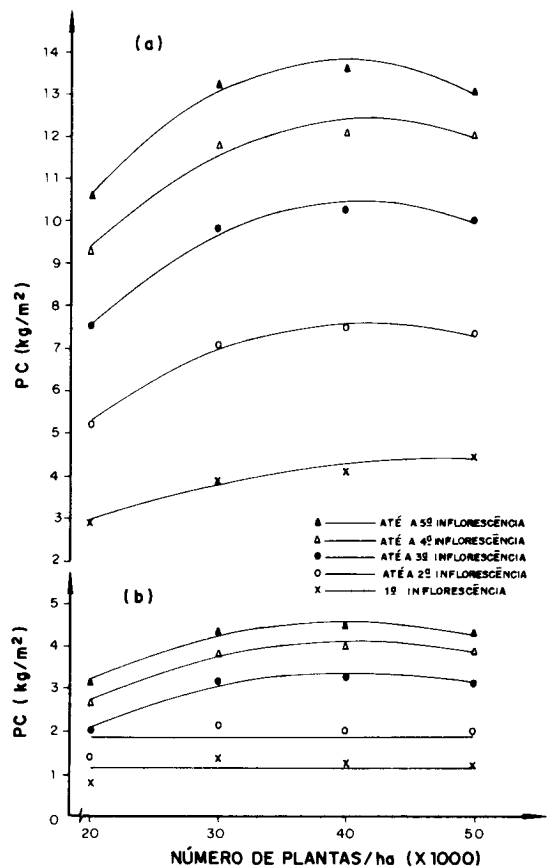


FIG. 3. Relação entre densidade de plantas e produtividade de frutos comercializáveis (PC) de tomateiro acumulada até a 5ª inflorescência, híbrido Monte Carlo, cultivado em estufa de plástico no período inverno-primavera (a) e outono-inverno (b). Santa Maria, RS, Brasil, 1991 e 1992.

A produtividade precoce de frutos teve um comportamento crescente linear com o aumento da densidade de plantas na época inverno-primavera. Já na época outono-inverno, a resposta foi crescente quadrática, com ponto de máxima eficiência técnica na densidade de 38.210 plantas/ha.

A produtividade de frutos comercializáveis colhidos na 1ª inflorescência e a acumulada até a 2ª, 3ª, 4ª e 5ª inflorescências apresentou resposta crescente quadrática na época de inverno-primavera, sendo os pontos de máxima eficiência técnica 48.955, 41.705, 40.975, 41.557 e 39.862 plantas/ha, respectivamente.

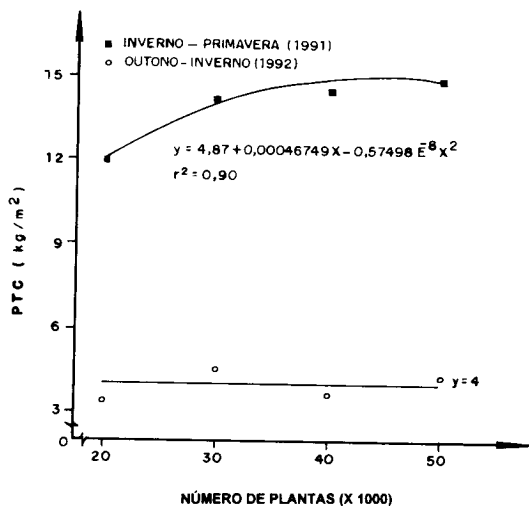


FIG. 4. Relação entre densidade de plantas e produtividade total de frutos comercializáveis (PTC) de tomateiro, híbrido Monte Carlo, cultivado em estufa de plástico. Santa Maria, RS, Brasil, 1991 e 1992.

TABELA 2. Equações obtidas com a análise de regressão significativas ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F entre número de plantas/ha de tomateiro (X) e produtividade de frutos comercializáveis ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) na 1ª inflorescência (Y1) e acumuladas até a 2ª (Y2), 3ª (Y3), 4ª (Y4) e 5ª (Y5) inflorescências. Santa Maria, RS.

Equação	r^2
Período inverno-primavera (1991)	
$Y_1 = 0,37 + 0,000164X - 1,675E^{-9}X^2$	0,92
$Y_2 = -0,858 + 0,000406X - 4,8675E^{-9}X^2$	0,99
$Y_3 = -0,554 + 0,000538X - 6,565E^{-9}X^2$	0,94
$Y_4 = 1,217 + 0,000539X - 6,485E^{-9}X^2$	0,91
$Y_5 = 1,167 + 0,000634X - 7,9525E^{-9}X^2$	0,95
Período outono-inverno (1992)	
$Y_1 = 1,14$	
$Y_2 = 1,88$	
$Y_3 = -1,54 + 0,00024X - 2,93E^{-9}X^2$	0,89
$Y_4 = -1,103 + 0,000254X - 3,31E^{-9}X^2$	0,92
$Y_5 = -0,755 + 0,000265X - 3,305E^{-9}X^2$	0,95

Na época de outono-inverno, a produtividade de frutos comercializáveis obtida na 1ª inflorescência e acumulada até a 2ª inflorescência não dependeram da densidade de plantas. Já a produtividade de frutos comercializáveis até a 3ª, 4ª e 5ª inflorescências teve também comportamento crescente quadrático, com pontos de máxima eficiência técnica em 40.955, 40.968 e 40.091 plantas/ha, respectivamente.

A importância de estudar a produtividade de frutos acumulada nas inflorescências do tomateiro tem um aspecto prático importante. Em geral, a colheita do tomateiro de hábito de crescimento indeterminado em estufa no Rio Grande do Sul é feita durante aproximadamente dois meses, com as plantas apresentando seis a oito inflorescências. No cultivo em estufa busca-se maior produtividade, qualidade e precocidade. Técnicas de manejo que procuram antecipar e diminuir o período de colheita das culturas assumem particular importância para os agricultores, uma vez que permitem escalonar colheitas de modo a maximizar o aproveitamento da área da estufa e obter melhor preço. O comportamento crescente quadrático da produtividade de frutos comercializáveis acumulada até a 5ª inflorescência, com o aumento da densidade de plantas nos dois períodos de cultivo, sugere que há possibilidade de concentrar o período de produção. Aumentando-se a população de plantas diminuiu-se o número de inflorescências por planta, porém a produtividade aumentou. Enquanto na densidade de 20.000 plantas/ha colheu-se frutos até a 7ª inflorescência, na densidade de 50.000 plantas/ha foram colhidos frutos até a 5ª inflorescência. Com isso diminuiu-se o período de produção, já que os subperíodos emergência-início de floração e início de floração-início de maturação dos frutos, em cada inflorescência, não mostraram ser afetados pela densidade de plantas.

A produtividade total de frutos comercializáveis foi crescente de forma também quadrática, com o aumento da densidade de plantas na época inverno-primavera. O ponto de máxima eficiência técnica foi de 43.862 plantas/ha. Já no período outono-primavera, não houve tendência significativa de resposta.

A produtividade do tomateiro é uma função do número de plantas por unidade de área, do número

de frutos colhidos por planta e do peso médio dos frutos (Vittum & Tapley, 1957). De maneira geral, a resposta do tomateiro à densidade de plantas, no que se refere à produtividade total de frutos comercializáveis obtida neste experimento, foi similar aos resultados relatados por outros autores (Odland, 1949; Moore et al., 1958; George & Peirce, 1969; Fery & Janick, 1970a; Fery & Janick, 1970b; Csizinszky, 1980; Borreli, 1983; Campos et al., 1987; Rumpel & Babik, 1987; Stanley et al., 1988), principalmente na época inverno-primavera. Com o aumento da densidade de plantas, a produtividade de frutos por unidade de área cresce assintoticamente, ou seja, aumenta a uma taxa decrescente (Fery & Janick, 1970a). Intensifica a competição por água, radiação solar e nutrientes (Mitchell, 1972) e também aumenta a sobreposição e o sombreamento das folhas, com redução na sua área e, conseqüentemente, diminuição na taxa fotossintética (fixação de carbono) e na eficiência fotossintética por planta (Rodriguez & Lambeth, 1975).

Com base nos valores de máxima eficiência técnica, infere-se que a maior produtividade do híbrido Monte Carlo, conduzido com uma haste em estufa de plástico, é obtida com densidade próxima a 40.000 plantas/ha.

Não foi analisado neste experimento a distribuição do tamanho dos frutos em classes, em função da densidade de plantas. Portanto, sugere-se que, em trabalhos futuros, especial atenção seja dada a este componente da produtividade do tomateiro.

CONCLUSÃO

A variação da densidade de plantas influencia a produtividade do tomateiro cultivado em estufa de plástico. A máxima eficiência técnica é obtida em densidades próximas a 40.000 plantas/ha.

REFERÊNCIAS

- BICKFORD, E.D.; DUNN, S. **Lighting for plant growth**. New York: Kent State University Press, 1978. 221p.
- BORRELI, A. Influenza della densità d'investimento e della cimatura sulla produzione del pomodoro coltivado in serra. **Rivista della Ortofloro-frutticoltura Italiana**, Firenze, v.76, p.113-122, 1983.
- BURIOL, G.A. Intensidade das temperaturas mínimas e datas de ocorrência de níveis térmicos prejudiciais aos cultivos. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.6, n.1, p.27-42, 1976.
- 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.01-04, 1995.
- CAMPOS, J.P. de; BELFORD, C.C.; GALVÃO, J.D.; FONTES, P.C.R. Efeito da poda da haste e da população de plantas sobre a produção do tomateiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.192, p.198-208, 1987.
- CERMENO, Z.C. **Tomate, pimiento y berinjena en invernadero**. Madrid: Ministério de Agricultura, 1978. 248p.
- CSIZINSZKY, A.A. Response of tomatoes to fertilizer rates and within row plant spacing in two and four row production systems. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Gainesville, n.93, p. 241-243, 1980.
- ESTEFANEL, V.; MANFRON, P.A.; SACCOL, A.V.; BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; HELDWEIN, A.B. Análise das temperaturas mínimas ocorridas em Santa Maria, RS. II. Probabilidades das datas de ocorrências das temperaturas mínimas do ar compreendidas no intervalo de -1 a 9°C. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.18, n.1, p.1-14, 1988.
- 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, 1970a.
- FERY, R.L.; JANICK, J. Effect of planting pattern and population pressure on the yield response of tomato. **HortScience**, East Lansing, v.5, n.5, p.443-444, 1970b.
- GENTA, H.; TANAKA, M. **Estudios sobre temperaturas en horticultura de primor**. Montevideo: Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", 1983. 24p.
- GEORGE, B.F.; PEIRCE, L.C. The influence of population density and competition on phenotypic stability of tomato plants. **Journal of the American**

- Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.94, p.65-67, 1969.
- KAYS, S.J.; NICKLOW, C.W. Plant competition: influence of density on water requirements, soil gas composition, and soil compaction. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.99, n.2, p.166-171, 1974.
- 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.
- ROBLEDO, F.P.; MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi Prensa, 1981. 552p.
- RODRIGUEZ, B.P.; LAMBETH, 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**, Den Haag, v.220, p.229-234, 1987.
- STANLEY, C.D.; SCHUSTER, D.J.; JONES, J.B. Plant-row-spacing effect on insect activity, bacterial spot severity, and yield for staked-tomato production in West Florida. **Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.47, p. 212-214, 1988.
- STOFFELA, P.J.; LOCASCIO, S.J.; EVERETT, P.H. Yields of two tomato cultivars differing in shoot growth at several plant populations and locations. **HortScience**, East Lansing, v.23, n.6, p.991-993, 1988.
- VITTUM, M.T.; TAPLEY, W.T. Spacing and fertility level studies with a determinate-type tomato. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v.61, p.339-342, 1953.
- VITTUM, M.T.; TAPLEY, W.T. Spacing and fertility level studies with a past-type tomato. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v.69, p.323-326, 1957.