

## 시설방향이 시설내 환경과 축성재배 토마토 생육에 미치는 영향

최영하<sup>1\*</sup> · 박경섭<sup>2</sup> · 강남준<sup>2</sup> · 김홍림<sup>1</sup> · 곽용범<sup>1</sup> · 김형득<sup>1</sup> · 구대회<sup>2</sup> · 조명환<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>원예특작과학원 남해출장소, <sup>2</sup>원예특작과학원 시설원예시험장

## Effects of Greenhouse Orientation on the Greenhouse Environment and the Growth of Tomato in Forcing Culture

Young Hah Choi<sup>1\*</sup>, Kyoung Sub Park<sup>2</sup>, Nam Jun Kang<sup>2</sup>, Hong Lim Kim<sup>1</sup>, Yong Bum Kwak<sup>1</sup>,  
Heung Deug Kim<sup>1</sup>, Dae Hoe Goo<sup>2</sup>, and Myoung Hwan Cho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Namhae 668-812, Korea

<sup>2</sup>Protected Horticulture Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Busan 618-300, Korea

**Abstract.** This experiment was conducted to investigate the effect of greenhouse orientation on the greenhouse environment and the growth and yield of tomato cv 'Momotaro-Yoku' in forcing culture. The photosynthetic photon flux density (PPFD) of a.m. was higher in north-south orientation than that in east-west orientation and it was opposed in the p.m. Mean PPFD of a day was higher in east-west orientation than that in north-south orientation because the light transmitting area became larger in east-west orientation with decrease of incidence angle. The PPFD at 60 cm point above ground of all furrows was poor due to shadows near plants and it was higher in north-south orientation than that in east-west orientation. The air temperature in the greenhouse was higher in east-west orientation than that in north-south orientation but there was no significant difference since mid February as solar altitude goes up. The soil temperature was some higher in east-west orientation than that in north-south orientation and there was not significant difference among ridges. In east-west orientation, as ripening was promoted, high early yield of tomato were obtained. So total yield was greater about 8% in east-west orientation than that in north-south orientation. Therefore, it was considered that east-west orientation is more advantageous than north-south orientation for forcing culture of tomato.

**Key words :** furrow, harvesting date, PPFD, ridge, shade

### 서 론

시설의 방향은 동서동과 남북동 두 가지로 크게 분류하며 시설의 구조와 형태, 재배시기, 작물의 종류, 바람의 방향, 지형적인 특성 등에 따라 결정된다. 지금까지는 주로 지형, 즉 시설이 설치되는 부지의 형태에 따라 시설방향이 결정되었다. 부지의 형태가 문제가 되지 않는 곳은 시설의 종류에 따라 다르다. 유리온실의 경우, 외지붕형이나 3/4식 온실은 동서동으로 하는 것이 일반적인데 남북동에 비해 투광율이 좋기 때문이다.

양지붕형과 연동형의 경우는 남북동으로 주로 설치하고 있는데 연중 채광이 좋아 장기재배에 좋고 여름철 이용에도 유리하다.

플라스틱 하우스의 경우 연동형은 남북동으로, 단동형의 경우에는 동서동으로 많이 설치하고 있다. 왜냐하면 단동형 플라스틱 하우스를 이용한 시설작물의 동계 재배 시에는 동서동이 남북동에 비해 투광량이 많아 작물재배에 유리하다는 내용의 많은 보고(Lee와 Moon, 1998; Lee 등, 1999; Nelson, 1991; William, 1998; Kim, 2005)가 있기 때문이다.

국내에서의 온실에 관한 연구는 대부분 온실의 구조, 자재 및 환경관리 방법에 관한 내용들이다. 시설의 방향과 시설내 미기상에 관해서 연구한 결과(Yeon 등,

\*Corresponding author: yhchoi@rda.go.kr  
Received November 2, 2009; Revised November 9, 2009;  
Accepted November 20, 2009

2001; Choi 등, 2003)는 거의 없으며 국외의 시험결과를 인용, 기술 한 것이 대부분(Lee와 Moon, 1998; Lee 등, 1999)이다.

지금까지는 동계재배용 단동형 플라스틱 하우스는 관련 자료들을 근거로 하여 가능한 한 동서동으로 설치하고 있지만 직접작물을 재배한 경험(Choi 등, 2003)이나 일부 재배농가의 의견을 들어볼 때 반드시 동서동이 유리하지 않은 않았고 재배하는 작물의 종류에 따라 달라지는 경우가 많다고 한다. 토마토를 대상으로 한 실증시험(Choi 등, 2008)에서 반축성재배의 경우에는 남북동이 다소 유리하였다. 따라서 본 연구는 토마토 축성재배시 시설방향이 시설내 환경과 생육에 미치는 영향을 검토하고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

단동형 하우스(폭 6m, 길이 32m, 높이 3.2m)를 동서방향(E-W)과 남북방향(N-S) 각 2동씩을 설치하여 시험에 이용하였다. 'Momotaro-Yoku 토마토(Takii Co., Japan)를 2008년 10월 6일에 두둑너비 60cm, 고랑너비 30cm로 하여 5이랑을 만든 후 포기사이 35cm 간격으로 정식하였다. 정식 후 점적호스(Netafim Co., Israel)를 설치하고 흑색비닐(0.03mm)로 멀칭하였다. 시비는 토마토 한방비료(Coseal Co., Korea)를 물 20리터 당 A액(N:P:K = 8.5:5.0:26.0) 1,360g, B액(N:P:K = 11.0:0:0) 760g을 녹인 후 100배로 희석하여 사용하였다. 작과를 위해 토마토톤(4-CPA)을 11~12월에 100배, 1~2월에 80배, 3월에 120배로 처리하였다.

온도관리는 주간에 28°C 이상이면 축창 및 천창환기가 될 수 있도록 하였고, 야간에는 전기방열기(Samdae Co., Korea)를 이용하여 최저 5°C 이하로 떨어지지 않도록 하였다. 기타 관리는 농진청 표준영농교본 토마토 재배법에 준하였다. 생육조사는 초장, 엽수, 생체중, 엽록소함량(SPAD-502, Minolta, Japan) 및 수확개시기 등을 조사하였다. 수확은 2월 2일부터 4월 13일까지 4~5일 간격으로 하였다.

시설 미기상은 시설방향 및 이랑별로 기온, 지온, 습도, 일사량 등을 경시적으로 조사하였다. 온·습도는 HOBO H8 Pro logger(Onset Co., USA), 광합성 유효광량자속 밀도(photosynthetic photon flux density, PPF)는 LI190SB quantum sensor(Campbell Scientific,

Inc., USA)로 각각 측정하였다.

### 결과 및 고찰

2008년 11월부터 2009년 3월까지 월평균 광합성 유효광량자속밀도(PPFD)를 식물체 상부의 차광되지 않은 지점에서 조사한 결과(Fig. 1), 3월이 가장 높았고, 2월, 11월, 1월, 12월 순으로 낮았다. 2월과 11월은 비슷한 경향을 보였다. 11월부터 2월까지 오전 중에는 남북동이 오후에는 동서동이 높았다. 그 이유는 오후로 들면서 태양방위에 따라 남쪽면의 태양광 입사각이 작아지게 되는데, 이때 동서동은 남쪽 측면의 대부분이 영향을 받지만 남북동은 남쪽면 마구리 부분만 영향을 받기 때문이다. 그리고 이 시기의 태양고도는 30° 전후로 입사각이 커서 반사광이 많으므로(Lee와 Moon, 1998) 시설 내로 입사되는 PPF가 태양고도 보다는 방위의 영향을 더 많이 받게된다. 3월에는 밀도가 현저히 높아졌으며 남북동이 동서동보다 높았다. 따라서 반축성재배 시에는 남북동이 동서동 보다 유리하다는 것을 알 수 있었다. 즉 반축성재배 시 생육초기에는 동서동이 수광면에서 유리하지만 생육성기로 들면서 남북동이 유리해져서 결과적으로는 남북동의 생산성이 높아지게 된다(Choi 등, 2008).

시설방향별로 식물체 상부와 고랑 위 60cm 지점의 월평균 광합성 유효 광량자속 밀도를 조사한 결과(Table 1), 식물체 위의 PPF는 Fig 1과 같이 12월과 1월에는 동서동이 남북동 보다 높았으며 2월에는 차이가 없었고 3월에는 남북동이 높았다. 고랑위 60cm 지점의 PPF는 식물체 상부의 30~40% 정도였다. 모든 고랑에서 PPF는 동서동이 남북동 보다 낮았으나 큰 차이는 없었다. 고랑 간에는 남북동은 서쪽 고랑이, 동서동은 남쪽고랑이 높은 경향이였다. 남북동의 가장 동쪽고랑과 동서동의 가장 북쪽 고랑이 PPF가 높은 것은 이랑이 겹치지 않아 차광이 적고 옆 동 피복재의 반사광 영향 때문인 것으로 생각된다.

월평균 기온과 지온을 조사한 결과(Table 2), 1월이 가장 낮았고 다음이 12월, 2월, 11월 순이었다. 시설방향 간에는 동서동이 남북동보다 다소 높았는데, 12월에 그 차이가 가장 컸고 1월, 2월로 갈수록 줄어들다가 3월에는 남북동이 높아졌다. Fig. 1의 PPF와 유사한 경향이였다. 시설방향별 월평균 기온과 지온 차

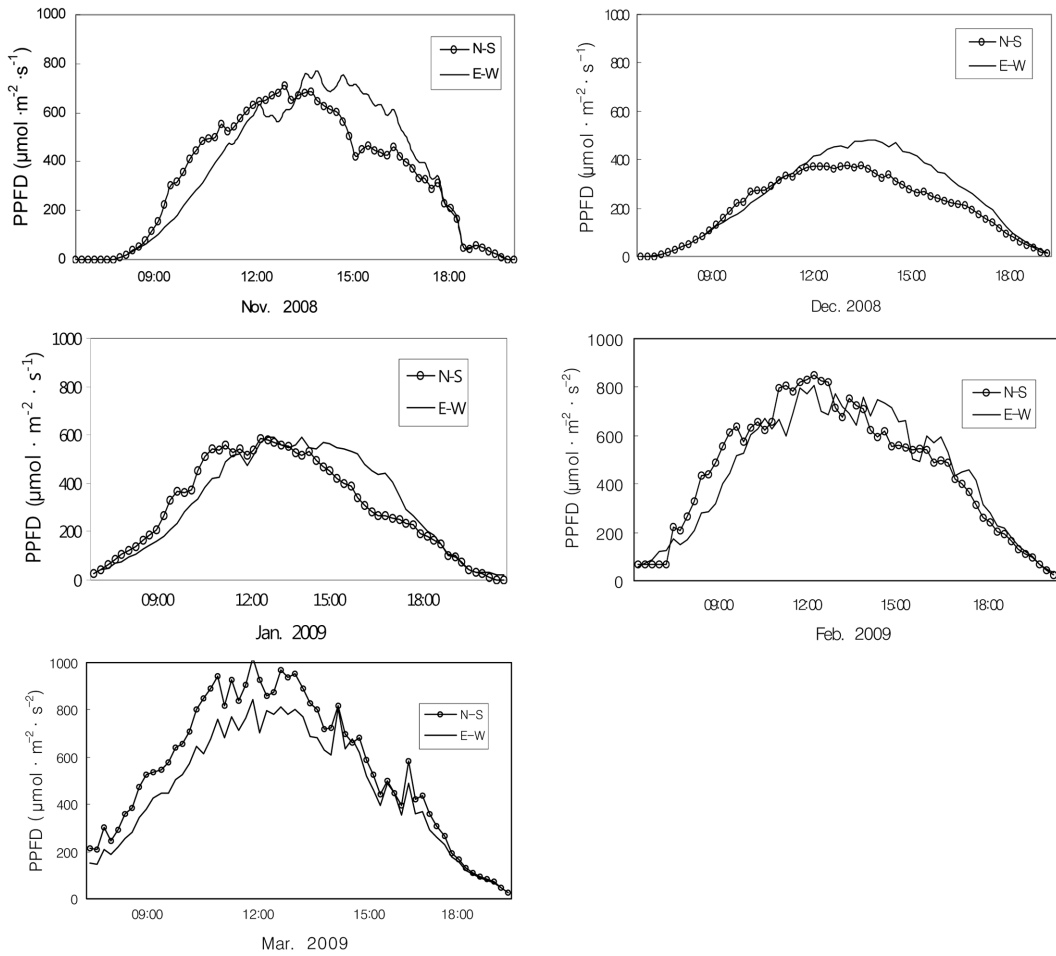


Fig. 1. Changes of monthly PPFD in tomato grown greenhouses of north-south and east-west orientation.

Table 1. Comparison of monthly average PPFD at different positions in tomato grown greenhouses of north-south and east-west orientation.

Greenhouse orientation	Measuring position <sup>z</sup>	PPFD ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )			
		Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
N-S	Top of plant	251	321	405	696
	1st Furrow <sup>y</sup>	131	155	198	281
	2nd	112	130	167	249
	3rd	105	126	160	232
E-W	Top of plant	288	345	409	605
	1st furrow	118	122	165	255
	2nd	102	109	142	228
	3rd	96	112	135	220
	4th	107	119	139	236

<sup>z</sup>60 cm height above the ground of furrow

<sup>y</sup>from the right side of greenhouse

이가 그다지 크지 않지만 적산온도로 환산할 때 상당한 차이가 있어 작물의 생육과 수량에 영향을 미칠 것으로 생각된다(Heuvelink, 1989).

동일 시설방향에서 이랑 간에는 기온 및 지온차이가 거의 없었다. 기온은 대류 탕으로 시설의 전후와 상하의 차이는 있었으나 이랑 위 동일지점에서는 차이가 없었다. 지온도 흑색비닐로 멀칭한데다가 지표면에 직사광이 거의 닿지 않아 차이가 없었으나 동서동의 가장 남쪽 이랑이 미미하게 높았다. 시설 양 측면의 두 이랑은 외부환경의 영향을 받을 것으로 생각했으나 차이가 없었는데 이는 보온을 위하여 두꺼운 천막지를 양 측면에 설치하였기 때문인 것으로 판단되었다.

정식 후 30일과 60일에 토마토 생육을 조사한 결과 (Table 3), 초장은 정식 후 30일 경에 남북동이 동서

시설방향이 시설내 환경과 축성재배 토마토 생육에 미치는 영향

**Table 2.** Comparison of monthly mean air and soil temperature in tomato grown greenhouses of north-south and east-west orientation.

Greenhouse orientation	Ridge order	Mean temperature (°C)									
		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.	
		Air <sup>z</sup>	Soil <sup>y</sup>	Air	Soil	Air	Soil	Air	Soil	Air	Soil
N-S	1st	16.6	17.3	14.5	16.6	13.2	15.4	16.2	17.3	18.3	19.3
	3rd	16.7	17.4	14.6	16.6	13.3	15.5	16.3	17.4	18.4	19.4
	5th	16.7	17.3	14.6	16.5	13.3	15.6	16.3	17.4	18.4	19.5
E-W	1st	17.2	17.9	15.4	17.3	13.8	15.8	16.7	17.7	18.4	19.3
	3rd	17.0	17.6	15.4	17.0	13.8	15.7	16.5	17.5	18.2	19.2
	5th	17.0	17.2	15.2	16.9	13.7	15.6	16.4	17.4	18.0	19.1

<sup>z</sup>measured at 60 cm height above ridge

<sup>y</sup>measured at 10 cm soil depth

**Table 3.** Growth of tomato grown under different greenhouse orientations and ridge locations.

Greenhouse orientation	Ridge	Plant height (cm)		No. of leaves (ea/pl)	Fresh weight (g/pl)	Chlorophyll content (SPADunit)	Harvesting date
		30 <sup>z</sup>	60				
N-S	1st	41	92	14	375	45.2	Feb. 16
	2nd	43	93	13	372	46.0	Feb. 23
	3rd	42	92	14	380	45.2	Feb. 16
	4th	41	94	14	384	44.5	Feb. 16
	5th	43	95	13	376	46.5	Feb. 16
E-W	1st	34	88	14	390	47.0	Feb. 2
	2nd	35	84	14	382	46.5	Feb. 2
	3rd	34	86	14	387	47.0	Feb. 9
	4th	35	88	13	390	48.0	Feb. 16
	5th	33	83	13	380	47.2	Feb. 16

<sup>z</sup>days after planting

동보다 길었으나 정식 후 60일 경에는 차이가 없었다. 엽수, 생체중, 엽록소 함량 등도 차이가 없었다. 수확 개시일은 동서동이 빨랐는데 그 이유는 시설내로 투과 되는 PPFD가 높아서 평균기온과 지온이 높았고(Table 2), 가장 남쪽이랑은 전체 화방이, 두 번째 이랑은 상부의 화방이 직사광을 받기 때문에 과실의 온도가 상승하여 숙기가 빨라진 것으로 생각되었다. Charles와 Harris(1972), De Koning ANM(1989), Jones 등 (1989) 등도 토마토의 수확기를 지배하는 가장 큰 요인은 온도라고 하였다.

과실 수량을 조사한 결과(Table 4), 시설방향 간에는 동서동이 남북동보다 8% 많았는데, 주 원인은 동서동의 남쪽 두 이랑의 수량이 많았기 때문이다. 특히 이 두 이랑은 수확개시일이 빨라서(Table 3) 초기수량이 많았다. 동서동은 고랑내부의 PPFD가 남북동 보다 낮았지만(Table 1) 수량이 많은 이유는 작물체의 상위

부분과 남측의 잎들이 강한 광을 지속적으로 받을 수 있어 광합성에 유리하였고(Cockshull 등, 1992), 고랑 내부는 광도가 낮아서 광합성에 미치는 영향이 미미하였기 때문에 생각되었다. 이랑별 수량은 동서동의 경우 남측이랑에서 많았는데 이는 전술한 바와 같이 직사광을 잘 받은 것이 주 요인이었고 지온이 미미하게 높았던 것도 한 요인으로 작용하였다. 한편 남북동은 동측이랑에서 수량이 많았는데, 광합성 효율이 높은 오전(Baevre, 1990; Kinet, 1977)에 광을 잘 받았기 때문으로 생각되었다.

고랑의 PPFD(Table 1)와의 관련성에 있어서 동서동은 고랑의 PPFD가 높은 남쪽이랑에서 수량이 많은 경향이었으나 남북동은 고랑의 PPFD와는 반대의 경향이였다. 따라서 고랑의 PPFD는 수량과 큰 상관성이 없었는데, 그 이유는 PPFD가 근본적으로 낮았기 때문으로 생각된다. 평균과중과 상품율은 시설방향이나 이랑

**Table 4.** Comparison of yield and fruit weight of tomato grown different greenhouse orientations and ridge positions.

Greenhouse orientation	Ridge	Yield (kg/10a)				Fruit weight (g)	Marketable yield <sup>c</sup> (%)
		Feb.	Mar.	Apr.	Total		
N-S	1st <sup>b</sup>	2,220	2,435	1,890	6,545	183	87
	2nd	1,745	2,560	2,280	6,585	184	88
	3rd	1,870	2,850	2,075	6,795	184	86
	4th	2,065	2,830	1,960	6,855	185	88
	5th	2,230	2,460	2,280	6,970	189	87
E-W	1st	3,650	2,485	1,705	7,840	187	88
	2nd	3,270	2,500	2,165	7,935	189	86
	3rd	2,345	2,570	2,130	7,045	183	87
	4th	2,170	2,645	2,065	6,880	183	86
	5th	2,110	2,600	1,910	6,620	183	85
Significance <sup>x</sup>							
Greenhouse orientation(A)		*	NS	NS	*	NS	NS
Ridge(B)		*	NS	NS	NS	NS	NS
A × B		NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>a</sup>Fruit weight was 100~250 g and did not occur physiological disorder and damage by disease and pest

<sup>b</sup>from the right side of greenhouse

<sup>x</sup>NS, \* indicate not significant and significant at  $p \leq 0.05$

간에 큰 차이가 없었다.

결론적으로 축성재배와 같은 저온기 재배시에 시설 방향에 따른 수량 차이는 PPFd에 기인하는 기온과 과실온도 차이, 이로 인한 숙기의 차이, 그에 따른 초기수량의 차이가 주 요인으로 생각되었다.

### 적 요

시설 내 PPFd는 오전에는 남북동이, 오후에는 동서동이 높았다. 일평균 PPFd는 동서동이 높았는데, 이는 태양광의 입사각이 작아질 때 동서동의 수광면적이 증가되기 때문인 것으로 조사되었다. 고랑위 60cm 높이의 PPFd는 전 고랑에서 남북동이 동서동보다 높았으나 수량과는 관련이 없었다. 평균 기온은 동서동이 높았으나 2월중순 이후로는 태양고도가 높아짐에 따라 차이가 없었다. 저온은 동서동이 다소 높았고 이랑 간에 차이가 없었다. 과실수량은 동서동이 8% 많았는데, 이는 남쪽이랑의 과실이 수확기가 빨라서 초기수량이 많았기 때문이다. 동계 단동형 비닐하우스를 이용한 토마토 축성재배는 반축성재배와는 달리, 동서동 시설을 이용하는 것이 유리하였다.

**주제어** : 고랑, 광합성유효광량자속밀도, 수확기, 이랑, 차광

### 인 용 문 헌

- Baevre, O.A. 1990. Effects of light on flowering and fruiting in the tomato. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 4:225-232.
- Charles, W.B. and R.E. Harris. 1972. Tomato fruit-set at high and low temperatures. *Canadian Journal of Plant Science* 52:497-506.
- Choi, Y.H., J.K. Kwon, J.H. Lee, H.C. Rhee, D.K. Park, and Y.B. Park. 2003. Growth and yield of tomato and cucumber plants according to ridge position in a glasshouse oriented from east to west in winter season. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:475-477.
- Choi, Y.H., N.J. Kang, K.S. Park, H. Chun, M.H. Cho, S.Y. Lee, and Y.C. Um. 2008. Effect of greenhouse orientation on the environment of greenhouse and the growth and yield of tomato and oriental melon. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26:380-386.
- Cockshull, K.E., C.J. Graves, and C.R.J. Cave. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *The Journal of Horticultural Science* 67:11-24.
- De Koning, ANM. 1989. The effect of temperature on fruit growth and fruit load of tomato. *Acta Horticulturae* 248:329-336.
- Heuvelink, E. 1989. Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Horticulturae* 38:11-22.
- Jones, J.W., E. Dayan, H. Keulen, and H. Challa. 1989. Modeling tomato growth for optimizing greenhouse temperature and dioxide concentrations. *Acta Horticulturae* 248:285-294.

시설방향이 시설내 환경과 축성재배 토마토 생육에 미치는 영향

9. Kim, H.J. 2005. Solar environment in greenhouse, pp. 177-178. In: Choi, Y.H. and H.J. Kim (eds.). Protected horticulture. 2nd ed. RDA, Suwon, Korea.
10. Kinet, J.M. 1977. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. *Scientia Horticulturae* 6:15-26.
11. Lee, B.I., M.G. Kim, B.W. Kim, D.K. Moon, W. Moon, K.W. Park, J.C. Park, H.Y. Park, K.C. Yoo, Y.B. Lee, J.M. Lee, J.S. Lee, S.J. Chung, H.D. Chung, and J.M. Hwang. 1999. Protected horticultural science. 2nd ed. Hyangmoon press, Seoul, Korea.
12. Lee, B.I. and W. Moon. 1998. Protected horticulture. 2nd ed. Korea National Open University Press, Seoul, Korea.
13. Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management. 4th ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.
14. William, J.R. 1998. Glazing materials, structural design, and other factors affecting light transmission in greenhouses. Greenhouse glazing and solar radiation transmission workshop, pp. 1-8. Center for Controlled Environment Agriculture, Rutgers University, Cook College.
15. Yeon, I.K., Y.S. Shin, S.G. Bae, and S.K. Choi. 2001. Effect of planting time and ridge location on the growth of oriental melon (*Cucumis melo L. var. makuwa Makino*) in greenhouse. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:679-681.