

저온기 펄라이트 자루재배시 배지의 최적 온도조절 방법 구명

Appropriate Substrate Temperature Control in Winter Perlite Bag Culture

심상연¹ · 이수연¹ · 이상우¹ · 서명훈¹ · 임재욱¹ · 김순재¹ · 김영식^{2*}

¹경기도농업기술원, ²상명대학교

Sang Youn Sim¹, Su Yeon Lee¹, Sang Woo Lee¹, Myeong Whoon Seo¹, Jae Wook Lim¹, Soon Jae Kim¹, and Young Shik Kim^{2*}

¹GyeongGi-Do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung-si 445-300, Korea

²Sangmyung University, San 98-20 Anso-dong Cheonan Choongnam 330-720, Korea

서 론

근권온도는 작물생육에 매우 중요한 인자이다. 온도가 너무 높거나 낮으면 광합성이나 광합성산물의 partitioning(Gosselin et al., 1984), 물과 영양(Kuiper, 1964; Cornillon, 1977; Passioura, 1988) 및 전체적인 생육(Cooper, 1973; Shishido et al., 1979) 등에 나쁜 영향을 미친다. 10L 크기의 펄라이트 배지를 함유한 용기에서 과프리카를 대상으로, 12°C에서 20°C로 근권온도를 높이면 도관액의 이동속도가 250% 빨라지므로 20°C까지는 근권온도가 높을수록 생육에 좋다(Kafkafi, 2001). 근권온도가 낮으면 질산염, 인산염 및 칼륨의 체내 이동속도가 떨어진다(Kafkafi, 2001). 고품배지경은 그 특성상 배지의 온도 변화가 크다. 수경재배에서는 근권온도가 용기의 특성에 따라 다를 수 있는데(Fretz, 1971; Verma, 1979; Ingram, 1981), 배지를 감싼 용기의 용적이 작을수록 온도변화가 클 수 있다(Giuffrida, 2001). 이와 같은 이유로 토마토 펄라이트 자루재배에서 근권온도를 높이는 것이 생육에 좋은 것을 알 수 있는데, 가온시각 및 기온기간 또한 식물생육과 경제성을 고려할 때 매우 중요하게 고려되어야 할 인자이다. 오이의 경우 일출 전에 가온을 일찍 하는 것이 생육에 좋았다(권준국, 2004). 이는 작물은 일출과 더불어 광합성을 시작할 수 있지만, 시설 내 온도가 광합성 속도의 장애가 될 정도로 낮은 상태에 있기 때문이다. 한편으로는 야간에 호흡속도를 줄이기 위해 생육에 지장을 초래하지 않는 범위에서 저온관리를 한다(Choi et al., 2001). 특히 기온보다는 지온의 상승속도가 느리기 때문에 적극적으로 지온관리를 하는 것이 좋다(Heuvelink, 1989).

본 연구에서는 토마토 펄라이트 자루재배에서 저온기 가온 방법을 달리함으로써 효율적이고 경제적인 방법을 찾고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구는 2005년 10월 27일부터 경기도농업기술원 한국형 유리온실과 실험실에서 수행되었다. 공시품종인 대과용 토마토 630(SAKATA, Japan)을 2005년 10월 27일 50공 공정

육묘 판에 과중하였다. 육묘는 양지붕 유리 온실 내에서 자체 개발한 분사 형 육묘 시스템을 이용했으며, 1일 1회(오전 11:30) 관수 하였다. 2005년 12월 22일 본엽이 6매 일 때 정식 하고, 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 작물은 펠라이트 자루재배법으로 실험하였다. 스티로폼 판에 비닐과 온수관을 깔 후, 자루(W 340 * L 1,200 * H 150mm, 용량 40L)를 놓았다. 정식 전날 포수한 후, 정식 직전 배액 구를 뚫은 다음, 펠라이트 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 배액구는 자루의 한쪽 면에만 그루와 그루 사이의 정중앙에 바닥에서 3cm 높이에 5cm 길이로 만들었다. 재식간격은 40cm로 하였다. 줄 간 간격은 2m였다.

2005년 12월 26일부터 처리를 시작했다. 처리는 자루의 경제적 온도조절 방법을 구명하기 위해서 최저 근권 온도를 15℃로 고정하는 처리구(15), 13℃로 유지하다가 일출 1시간 전부터 일출 1시간 후까지 2시간동안은 온도를 15℃로 올렸다가 그 이후에는 13℃로 유지하는 처리구(13-1), 13℃로 유지하다가 일출 2시간 전부터 일출 2시간 후까지 4시간동안은 온도를 15℃로 올렸다가 그 이후에는 13℃로 유지하는 처리구(13-2) 및 온도 제어를 하지 않는 무처리의 4 가지였다. 처리당 4개의 자루를 사용했다. 기온은 최저온도를 12℃로 설정했다.

가온은 길이 5cm 크기의 pt100 센서를 사용해 실험구 정중앙에 위치한 배지에서 수직으로 정가운데의 온도를 측정하고 온도가 처리에 따라 설정온도 아래로 떨어졌을 경우 40℃ 온수를 펠라이트 자루 아래에 네 줄로 설치해 놓은 엑셀관을 통해 순환시켜 조절하였다. 온수관 입구쪽과 반대쪽에서 5, 6번째 식물 사이에, 배지 상단으로부터 5cm와 10cm의 깊이에 지름 5cm 크기의 온도센서(thermistor, AUTOMATA)를 꽂고 CR10X로 온도 자료를 수집했다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액이었으며, 공급 시 pH 6.0, EC 1.2 이었다. 그리고 작물의 생육단계에 따라 2006년 1월 12일 EC 1.4, 2006년 2월 27일 1.8로 EC를 점차 높여서 급액하였다. 배양액의 공급은 자동 공급 장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 관수는 타이머법으로 7시, 10시, 12시, 2시, 4시에 관수하였다. 이후로는 배액율 10% 선에서 관수 시간을 조절하였다. 측지는 5cm 이상에서 제거했다. 수확이 종료된 화방 이하의 하엽은 수확종료시 제거하였다. 2006년 1월 3일부터 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 튼을 살포했다. 수확은 2006년 3월 6일부터 토마토가 90%정도 착색 되었을 때 처리별, 그루별, 화방별로 수확하여 100g이하(소과), 100g~200g, 200~300g, 300g~400g, 400g이상의 중량, 기형과(배꼽, 창문), 당도 등을 조사하였다. 최종 생육조사는 2006년 5월 17일 처리별로 10주씩 생체중, 초장, 엽장, 엽폭, 경경, 마디수 등을 측정하였다.

결과 및 고찰

실험 기간 중에서 대표적으로 가장 혹한기에 해당되었던 1월 5일 ~1월 8일 및 2월 2일 ~2월 5일의 배지 표면으로부터 5cm 및 10cm 깊이의 온도변화를 나타냈다. 전체적으로 시설 내 기온은 설정온도인 12℃ 이하로 내려가지 않아 양호하게 제어됐음을 알 수 있었다.

배지온도의 제어는 Pt100을 자루의 한가운데에 설치하여 행했는데, 자루의 높이가 15cm인데 반해 센서의 길이가 5cm였기 때문에 측정 부위인 표면으로부터 5cm 및 10cm의 부위의 온도는 제어온도와 약간 다르게 나타났다. 또한, 아무리 정확하게 측정센서와 제어센서를 설치했다더라도 약간의 위치 차이로 인해 온도의 편차가 약간 감지되었다.

배지온도 처리간에는 무가온 처리구의 배지 온도가 실험기간 내내 가장 낮아 야간온도의 효과가 주간에 까지 미침을 알 수 있었다. 1월 5일 ~1월 8일 기간 중의 배지온도에서, 일중 최고온도를 보이는 처리구는 예상외로 13-2였다. 이는 15°C 처리구에서는 야간에 계속 배지 하부의 난방관에 온수가 순환되는 반면, 13°C 처리구에서는 일출 전 1 혹은 2시간 전부터 높게 가온되는 바람에 상대적으로 더운 온수가 배지 하부에 정체되어 늦게 까지 정체된 온수의 효과 때문에 온도가 올라간 것으로 추정된다. 이것은 10cm의 온도가 5cm의 온도에 비해 더 차이가 큰 것으로 증명된다. 즉, 온수의 정체효과가 하부로 갈수록 강하게 작용했기 때문이다. 정체된 온수효과가 끝나는 오전 8시경부터 13°C 처리구에서 근온이 강하게 시작했으며, 일중 기온의 상승에 따라 15°C나 무가온 처리구와 동일한 양상을 보였다.

일중 온도변화를 보면, 배지온도는 5cm 위치보다는 10cm 위치에서 최저온도가 높고 최고온도는 낮은 경향을 보였으나, 13-2 처리구에서는 최고온도 차이가 크지 않았다. 시설 내 대기온도가 12°C 이상이였기 때문에 처리간 온도 차이는 크지 않았다(Fig. 1, 2, 3, 4).

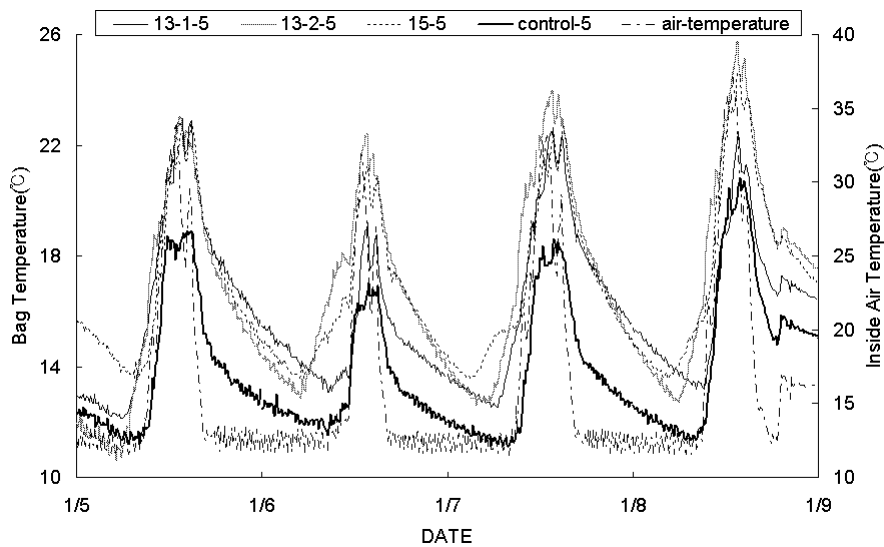


Fig. 1. Substrate temperature in the depth of 5cm according to different substrate temperature (Jan, 5 ~Jan, 8). 15°C: 15°C constant in substrate temperature, 13-1: 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2: 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control: uncontrolled.

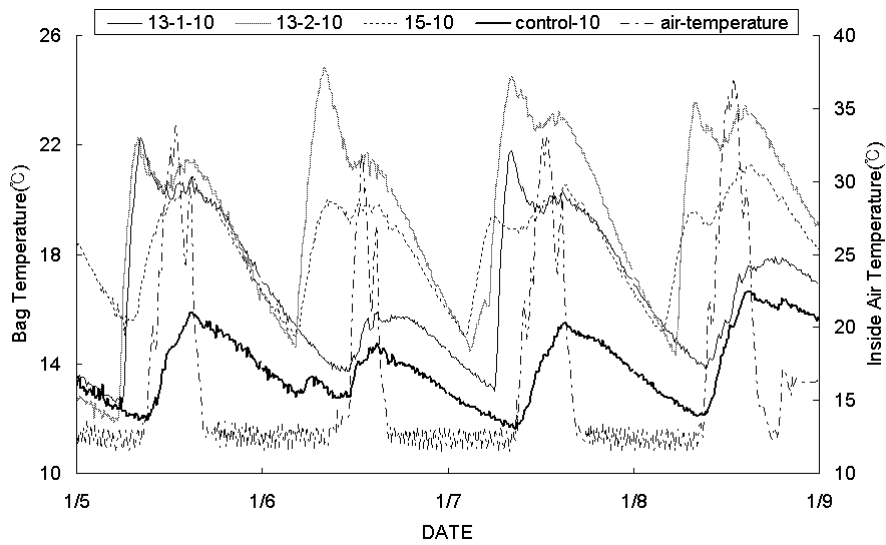


Fig. 2. Substrate temperature in the depth of 10cm according to different substrate temperature (Jan, 5 ~Jan, 8). 15°C: 15°C constant in substrate temperature, 13-1: 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2: 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control: uncontrolled.

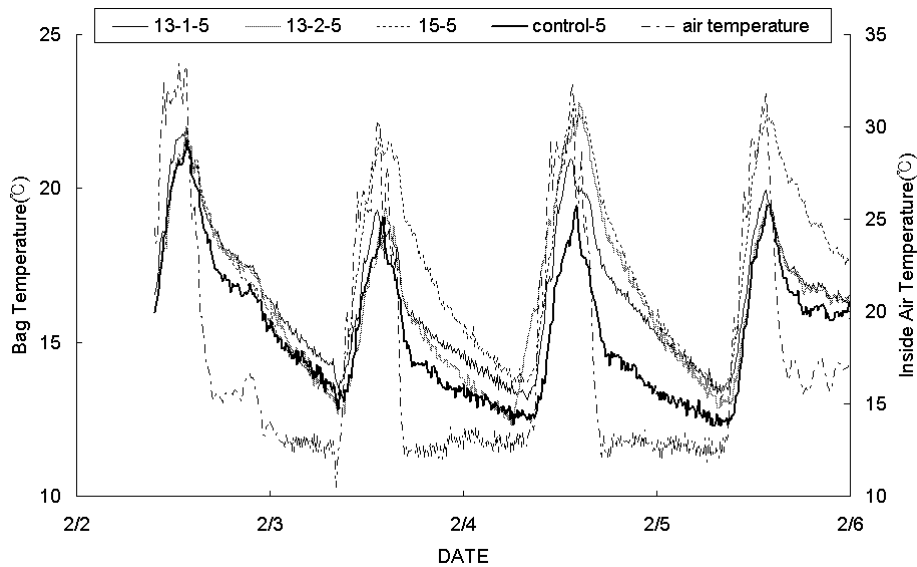


Fig. 3. Substrate temperature in the depth of 5cm according to different substrate temperature (Feb, 2 ~Feb, 5). 15°C: 15°C constant in substrate temperature, 13-1: 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2: 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control: uncontrolled.

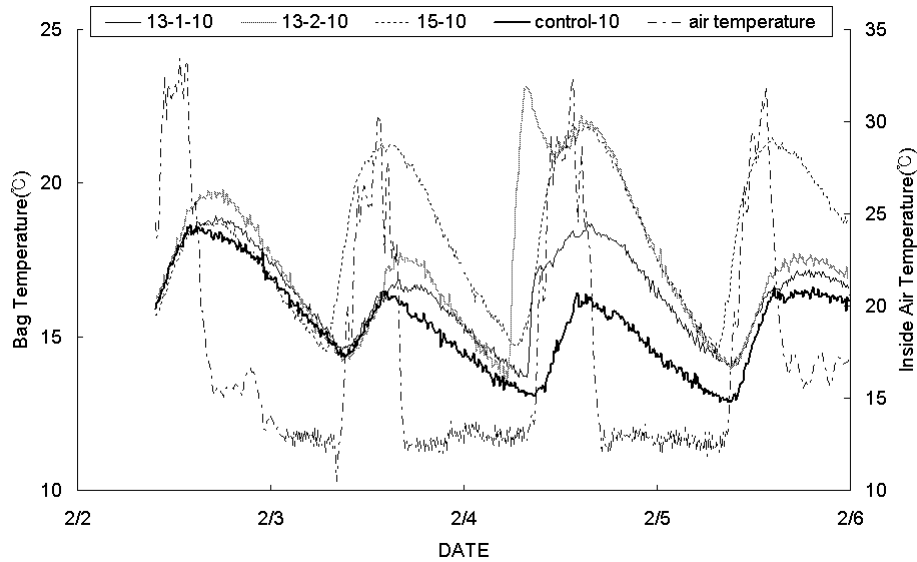


Fig. 4. Substrate temperature in the depth of 10cm according to different substrate temperature (Feb, 2 ~Feb, 5). 15°C: 15°C constant in substrate temperature, 13-1: 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise, 13-2: 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise, Control: uncontrolled.

근권온도 처리별 토마토 최종 생육을 비교한 결과, 처리간 차이가 인정되지 않았다. 최종 생육조사는 2006년 5월 17일 실시했는데, 5단 적심했기 때문에 차이가 없었던 것으로 추정된다(Table 1).

Table 1. The growth characteristics in different substrate temperatures

Treatment ^z	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Nodes (nodes/plant)	Fresh weight (g/plant)
15°C	176.9	51.9	51.7	12.1	21.6	742.6
13-1	180.2	51.8	51.5	11.8	21.4	681.3
13-2	177.4	51.2	48.8	12.5	21.3	713.6
Control	178.2	50.9	51.7	12.5	21.8	742.6

^z 15°C: 15°C constant in substrate temperature

13-1: 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise

13-2: 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise

Control: uncontrolled

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

근권온도 처리별 토마토 수확량을 비교한 결과, 가온처리구에서 무처리구에 비해 수확량이 많았으나, 가온 처리구간에는 유의차가 없었다. 당도는 처리간 차이가 인정되지 않았다 (Table 2). 수확은 2006년 3월 6일부터 행해졌는데, 13°C로 가온하되 일출 전후로 15°C로 상승시키는 것과 15°C로 가온하는 것은 큰 차이가 없으므로, 연료비를 절감하는 방안의 한 가지로 시간에 따라 가온 설정을 달리하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

Table 2. Tomato yield in different substrate temperatures

Treatment ^z	Total yield (kg/Plant)	Marketable yield (kg/Plant)	Malformed fruit (kg/Plant)	Small fruit <100g (kg/Plant)	Brix (°Bx)	Index (%)
15°C	3.286 a ^y	3.164 a	0.028	0.093	4.7	96.3
13-1	3.249 a	3.075 a	0.021	0.104	4.4	96.2
13-2	3.230 a	3.119 a	0.044	0.111	4.6	95.2
Control	2.882 b	2.742 b	0.008	0.132	4.9	95.1

^z 15°C: 15°C constant in substrate temperature

13-1: 13°C but 15°C for 2 hours from one hour before sunrise

13-2: 13°C but 15°C for 4 hours from two hours before sunrise

Control: uncontrolled

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

요약 및 결론

토마토 펠라이트 자루재배에서 저온기 근권 가온 방법을 달리함으로써 효율적이고 경제적인 방법을 찾기 위하여, 최저 근권 온도를 15°C로 고정하는 처리구(15), 13°C로 유지하다가 일출 1시간 전부터 일출 1시간 후까지 2시간동안은 온도를 15°C로 올렸다가 그 이후에는 13°C로 유지하는 처리구(13-1), 13°C로 유지하다가 일출 2시간 전부터 일출 2시간 후까지 4시간동안은 온도를 15°C로 올렸다가 그 이후에는 13°C로 유지하는 처리구(13-2) 및 온도 제어를 하지 않는 무처리의 4 가지처리를 두고 토마토 펠라이트 자루재배를 하였다. 일중 온도변화를 보면, 배지온도는 5cm 위치보다는 10cm 위치에서 최저온도가 높고 최고온도는 낮은 경향을 보였으나, 13-2 처리구에서는 최고온도 차이가 크지 않았다. 시설 내 대기온도가 12°C 이상이었기 때문에 처리간 온도 차이는 크지 않았다. 근권온도 처리별 토마토 최종 생육을 비교한 결과, 처리간 차이가 인정되지 않았다. 토마토 수확량을 비교한 결과, 가온처리구에서 무처리구에 비해 수확량이 많았으나, 가온 처리구간에는 유의차가 없었다. 당도는 처리간 차이가 인정되지 않았다. 수확은 2006년 3월 6일부터 행해졌는데, 13°C로 가온하되 일출 전후로 15°C로 상승시키는 것과 15°C로 가온하는 것은 큰 차이가 없었다.

이상의 결과에서, 연료비를 절감하는 방안의 한 가지로 시간에 따라 가온 설정을 달리하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 농림기술개발사업 연구비에 의하여 연구되었음.

인용문헌

1. Choi, Young Hah, Joon Kook Kwon, Han Cheol Rhee, Dong Kum Park, and Jae Han Lee. 2001. Effects of night temperatures on growth, yields of tomato and green pepper in the glasshouse cultivation and its impact on heating costs. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:385-388.
2. Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth. *Commonw. Bur. Hortic. Plant Crops Res. Rev.* 4:1-73.
3. Cornillon, P. 1977. Effect de la temperature des racines sur l'absorption des elements mineraux par la tomate. *Ann. Agron.* 28:409-423.
4. Fretz, T.A. 1971. Influence of physical conditions on summer temperatures in nursery containers. *HortScience* 6:400-401.
5. Giuffrida, F. 2001. Temperature of substrates in relation to trough characteristics. *Acta Hort.* 559:647-654.
6. Gosselin, A. and M.J. Trudel. 1984. Interactions between root and night air temperatures on leaf area development and photosynthesis of tomato plants cv. Vendor. *Can. J. Plant Sci.* 65:185-192.
7. Heuvelink, E. 1989. Present status of greenhouse crop production in Europe and its prospective in the 21st century. *The international symposium on the strategy of protected horticultural industries toward 21st century.* p. 51-74.
8. Ingram, D.L. 1981. Characterization of temperature fluctuations and woody plant growth in white poly bags and conventional black containers. *HortScience* 16:762-763.
9. Kafkafi, U. 2001. Root zone parameters controlling plant growth in soilless culture. *Acta Hort.* 554:27-38.
10. Kuiper, P.J.C. 1964. Water uptake of higher plants as affected by root temperature. *Meded. Land-bouwhogesch. Wageningen* 64:1-11.
11. 권준국, 강남준, 이재한, 강경희, 최영하. 2004. 조조가온기간이 시설재배 오이의 생육과 수량 및 난방부하에 미치는 영향. *J. Bio-Environ. Con.* 13:245-250.
12. Passioura, J.B. 1988. Water transport in and to roots. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 39:245-265.
13. Shishido, Y. and Y. Hori. 1979. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. 3. Distribution pattern as affected by air and root temperatures in the night. *Tohoku J. Agric. Res.* 30:87-94.
14. Verma, B.P. 1979. Container design for reducing root zone temperature. *Proc. Southern Nurs. Assoc. Res. Conf.* 24:179-182.