

환기처리에 의한 수박의 시듦증 발생 기작

조일환¹ · 안중훈¹ · 이우문¹ · 문지혜¹ · 이주현¹ · 최병순¹ · 손선혜¹ · 최은영¹ · 이상규¹ · 우영희^{2*}

¹국립원예특작과학원 채소과, ²한국농수산대학

Wilted Symptom in Watermelon Plant under Ventilation Systems

Ill-Hwan Cho¹, Joong-Hoon Ann¹, Woo-Moon Lee¹, Ji-Hye Moon¹, Joo Hyun Lee¹, Byung-Soon Choi¹,
Seon-Hye Son¹, Eun-Young Choi¹, Sang-Gyu Lee¹, and Young-Hoe Woo^{2*}

¹Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science,
Rural Development Administration, Suwon 440-706, Korea

²Department of Vegetable, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Hwaseong 445-760, Korea

Abstract. Occurrence of wilted symptom in watermelon plant (*Citrullus lanatus* L.) is known to be caused by physiological disorder. The symptom results in the loss of fruit production and thus the economical loss of watermelon growers. The incidence of symptom is often found from the middle of March to the end of May in the major watermelon crop production areas of Korea (i.e. Uiryeong, Gyeongnam (lat 37°56'64"N, long 126°99'97"E)). Despite of extensive information about the physiological disorder, little study has been conducted to understand a relationship between the wilted symptom and accompanying environment factors (e.g. temperature). This study aimed to investigate effects of environmental conditions amended by a forced-ventilation system on physiological characteristics of watermelon and incidence of the wilted symptom. Watermelon plants were grown from January to May, 2009 with either the forced-or natural-ventilation treatment in a greenhouse located in the Uiryeong. In the result, the forced-ventilation treatment decreased the air, leaf and root-zone temperature approximately 4.5°C, 5°C and 3°C, respectively, compared to the natural-ventilation. The fruit growth rate was maximized twice during the entire growing period. The higher rate of fruit growth was observed under the natural-ventilation than the forced one. Maximization of the fruit growth rate (approximately 430 g per day) was first observed by 12 days after fruiting under the natural-ventilation treatment, while the second one (approximately 350 g per day) was observed by 24 days after fruiting. The wilted symptom started occurring by 22 days after fruiting under the natural-ventilation, whereas no incidence of the symptom was found under the forced-ventilation treatment. Interestingly, the forced-ventilation lowered the fruit growth rate (approximately 320 g per day) compared to the natural one. Maximization of the fruit growth rate under the forced-ventilation was found at 4 days later than that under the natural one. This result coincided with a slower plant growth under the forced-ventilation treatment. These results suggest that the forced-ventilation slows down extension growth of fruit and plant, which may be associated with lowering leaf temperature and saturation deficit. We suggest the hypothesis that the forced-ventilation may alleviate stress of the wilted symptom by avoiding extreme water evaporation from leaves due to high temperature and thus by reducing competition between leaves and fruits for water. More direct and detailed investigations are needed to confirm the effect of the forced ventilation.

Additional key words: *Citrullus lanatus*, forced-ventilation, leaf temperature, saturation deficit, wilted symptom

서 언

수박의 재배면적은 30,451ha(2000)에서 매년 조금씩 감소하여 20,756ha(2008)로 약 1,000ha가 감소하였다. 반면 단위면적당 수량은 2000년에 3,030kg/10a가 2008년에는

4,128kg/10a로 1,000kg이상 증수되었다. 증수의 요인은 내병성 품종육성 및 새로운 재배기술 등의 개발로 생각된다. 새로운 재배기술 등이 개발되어 증수되고 있음에도 불구하고 1990년 후반부터 수박 최대 주산지인 경상남도 의령과 함안 등을 중심으로 발생되기 시작한 수박시듦증에 대한 정확한 기작 해명 및 대책연구 없이, 생산현장에서는 시듦증이 발생되면 수확을 포기하거나 시설외부에 차광망을 씌우

*Corresponding author: wooyh612@korea.kr

※ Received 25 January 2010; Accepted 16 February 2010.

거나 보온터널 위에 부직포 등으로 차광하여 줌으로서 식물체가 시드는 것을 다소 억제시켜 수확하고 있다. 시듦증이 발생한 식물체에서 수확한 수박은 상품성이 떨어져 정상적인 유통이 되지 않고 있는 실정이다. 경남지역의 재배작형은 벼 수확이 종료되면 이동식 간이 무가온 비닐하우스를 설치하여 빠른 농가에서는 1작으로 10월 상순에 정식하여 익년 1월 중순에 수확하고 연이어 2-3회를 추가하여 5월 하순 경에 종료한다. 이와 같은 답리작 작형에서는 재배시기를 앞당기기 위하여 무경운 연작을 계속 함으로서 시듦증 등의 생리장해가 발생되고 있다.

시듦증 발생원인으로는 여러 환경요인에 따른 근권부의 수분 흡수력 저하 및 잎과 과실간의 수분경합 즉 식물체내의 수분불균형이 1차적인 원인으로 추정할 뿐 밝혀지지 않았다(Huh 등, 2003; Lee 등, 1995; Mansoori와 Jaliani 1996; Pivonia, 1997; Sanders, 1999). 관련 연구로 대목, 토양수분, 토양 이화학적, 기상조건, 비배관리 방법 등의 영향을 조사한 결과들이 보고되었다(Huh 등, 2003; Lee 등, 1995; Mansoori와 Jaliani 1996; Pivonia, 1997). 또한, 비닐하우스내 35°C 설정의 자동환기는 관행의 온도관리보다 시설내 기온이 3°C, 상대습도가 7% 낮게 유지되어 수박 초세가 양호하였고 시듦증 발생이 감소하였다(Kwon 등, 2002). 이와 같이 선행연구들은 단편적인 몇 가지 기술을 접목시켜서 부분적으로 시듦증 발생 감소에 대하여 효과를 인정하고 있다.

본 연구에서는 수박시듦증의 발생시기가 3월 중순 이후 일사량이 높아지는 시기라는 것과 착과 후 20일-25일에 발생하는 것에 주목하여 이 시기에 강제환기처리와 관행처리를 비교하면서, 기상환경 및 생체정보 분석과 착과 후 20-25일째에 과실생장속도 등을 구명하여 시듦증 발생 기작을 구명하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2009년 1월 상순부터 5월 중순까지 경남 의령군 용덕면 수박 작목반에서 수행하였다. 실험하우스는 면적이 480m²(폭 6m, 길이 80m, 높이 2.2m)인 단동형 이중구조 비닐하우스2동(강제환기, 관행)을 이용하였다. 비닐하우스내는 폭이 2.4m의 이랑을 2줄로 만들고 지주를 이용하여 터널을 설치하고, 야간에는 보온을 위하여 비닐 한 겹과 15온스 다겹보온덮개(캐시미어 1겹 + 폴리폼(1mm) 4겹 + 부직포 2겹 + 폴리프로필렌 1겹)를 덮어 주었다. 수박대목은 FR참박(세미니스 코리아), 수박품종은 ‘스피드꿀수박’(농우바이오)을 이용하였으며, 인근 공정육묘장에서 주문 후 구입하여 이용하였다. 파종은 1월 8일, 정식은 2월 16일에 하였으며 재식거리는 주간거리 50cm간격으로 심어 주당 3정굴

을 유인하였다. 관수는 분수호스를 이용하여 토양상태, 기상상태 등을 고려하여 주기적으로 하였다. 시비는 기비로 퇴비 2,500kg/10a, N:P:K=6-5-5kg/10a, 추비로 N:K=8-5kg/10a을 2회 분시하였다. 기타 방제 등 관리는 농가관행 방법에 준하였다. 수박시듦증 발생기작을 구명하기 위하여 식물체 생육을 조절하는 방법으로 Fig. 1과 같은 환기시스템을 이용하였다. 환기관리는 시설 내부기온이 35°C 이상이 되면 자동으로 환기팬을 작동시켜 시설내로 외부의 찬공기의 유입과 내부의 더운 공기 배출이 동시에 이루어지도록 하였다. 환기팬을 통하여 외부로부터 유입되는 공기는 시설내부에 균일하게 확산시키기 위하여 덕트를 이용하였다(Fig. 1). 환기시스템의 작동개시 시기는 정식 후 완전히 착근이 이루어진 3월 1일부터 하였다. 농가에서 관행적인 환기는 3월 중순경까지 밀폐하였다가 3월 하순경부터 시설내 기온이 높아짐에 따라 시설측면의 비닐을 뚫어 환기하였다.

환경 계측방법으로 광도는 quantum light sensor(Item # 36681, Spectrum, USA)를 이용하여 광합성유효복사량(photo-synthetically active radiation, PAR)을 측정하였고, 엽온은 CC열전대선(Copper & Constatan)을 이용하여 측정하였고, 데이터는 데이터로그(CR-10X, Campbell Scientific Inc)를 이용하여 10분 간격으로 수집하였다.

착과 후 경시적으로 비대되는 과실의 생체중을 구하기 위하여 착과 후 4일 간격으로 과실 12개씩을 적과하여 실제 과중을 계측하였고, 비중은 실제 중량 계측한 과실을 물에 침수시켜 흘러나온 물량을 계측하여 비중상수(1.026)를 구하였다. 착과 상태의 과실 10개를 고정 선택하여 4일 간격으로 과경과 과고를 구하여, 과실의 부피($V=4/3\pi abc$)에 비중(1.026)을 곱하여 과중을 계산하였다. 여기에서 과경의 1/2을 r(반지름; $r=a=b$)로 과고의 1/2을 c(높이)로 하였다. 생육

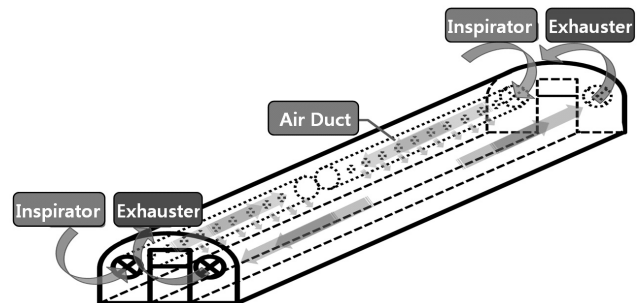


Fig. 1. Schematic diagram of the forced-ventilation system in the greenhouse (6 m wide x 80 m long x 2.2 m high). The ventilator is located at the sidewall of the greenhouse drawing in outside air and distributing it through the duct. Each of the holes in the duct was made per 1.5 m interval in 15 cm diameter, and the airflow rate was 75 m³·min⁻¹. The two speed fans without the duct are equipped on the doors at each end of the greenhouse pulling out inside hot air.

조사는 처리당 6주를 취하여 초장, 경경, 엽수, 마디수, 생체중, 당도를 측정하였다. 일비액량은 오전 11시경에 줄기의 지체부 20cm부분을 절단하고 절단부위에 시험관을 삽입하여 30분간 근압에 의하여 도관을 통하여 유출된 량을 측정하였다. 또한 일비액의 양이온성분 분석은 원자흡광광도계를 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

착과 후 22일째(4월 18일) 수박시듦증이 발생 시작한 시기의 시설 내·외부 기상환경을 보면 Fig. 2-5와 같다. 일사량이 비닐하우스의 외피복과 1중 커튼을 통과하면서 약 25% 광량이 감소하여 시설내부에 도달하였다(Fig. 2). 환기처리에 의한 시설내부 기온과 수박 엽온을 보면 강제환기처리로 시설내부 기온이 관행시설보다 4.5℃ 정도 낮아 최고기온이 33℃를 넘지 않았고, 수박 엽온은 관행에서는 최고 40℃를 상회하였으나 강제환기처리에서는 35℃로 약 5℃ 낮게 유지되었다. 일사량이 높아지는 10시-16시까지는 시설내부 기온보다 엽온이 높게 유지되어 상당히 수분 스트레스를 받고

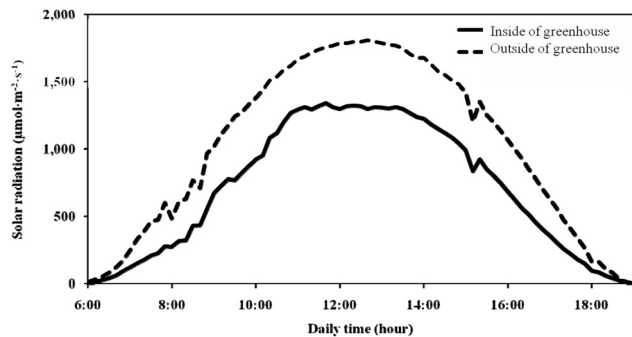


Fig. 2. Typical profiles of daytime solar radiation inside and outside of the greenhouse during a clear day from March to May, 2009 in Uiryeong (lat 37°56'64"N, long 126°99'97"E).

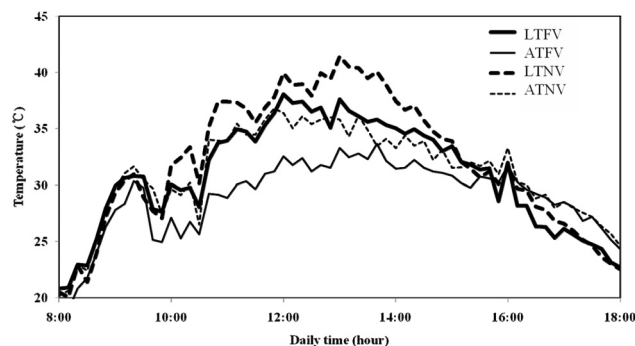


Fig. 3. A comparison of typical daytime profiles of air and leaf temperatures in the greenhouses treated with either the forced- or natural-ventilation during a clear day. LTFV; leaf temperature of forced ventilation, ATFV; air temperature of forced ventilation, LTNV; leaf temperature of natural ventilation, ATNV; air temperature of natural ventilation.

있음을 알 수 있다(Fig. 3). 시설내부 지온은 강제환기처리에서 16시경에 최대 3℃ 이상 낮았다. 이는 낮 동안의 지표면에 도달한 복사열이 최대 축적되는 시기가 16시경이며 그 이후로는 역으로 지중으로부터 열전도가 지상방향으로 이동되면서 지온이 낮아져 일출되기 직전이 가장 낮은 지온을 유지하였다(Fig. 4). 상대습도의 변화는 일사량이 높아짐에 따라 낮아졌고 강제환기처리에서 관행에 비하여 다소 높은 경향을 보이고 있는데 이것은 시설외부의 습공기가 환기팬을 통하여 시설내부로 유입되었고, 환기로 식물체온이 관행에 비하여 비교적 낮게 유지되었기에 수분 스트레스 없이 순조

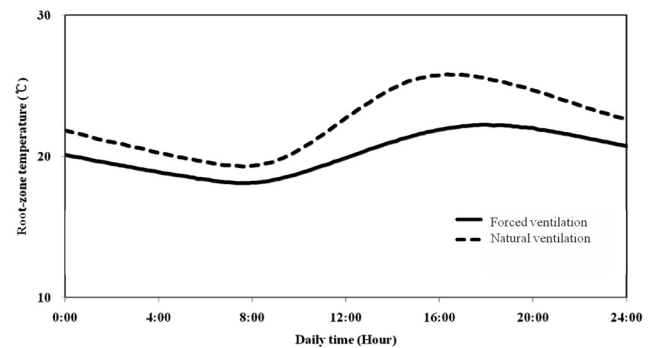


Fig. 4. A comparison of typical daytime profiles of root-zone temperature in the greenhouses treated with either the forced- or natural-ventilation during a clear day.

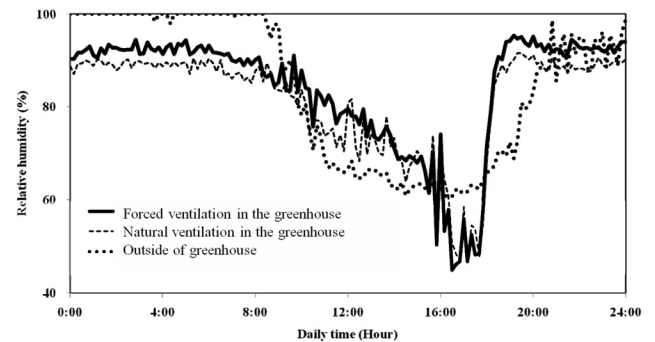


Fig. 5. A comparison of typical daytime profiles of relative humidity in the greenhouses treated with either the forced- or natural-ventilation during a clear day.

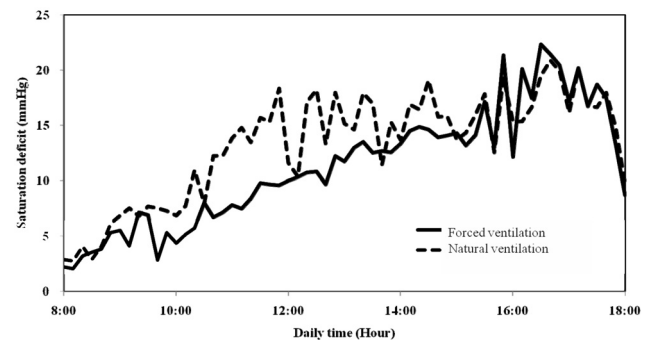


Fig. 6. A comparison of typical daytime profiles of saturation deficit in the greenhouses treated with either the forced- or natural-ventilation during a clear day.

Table 1. Response of plant height, stem diameter, numbers of leaves and nodes, fresh weight and soluble solids concentration of watermelon to the forced-ventilation treatment.

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of leaves	No. of nodes	Fresh weight (g/plant)		Sugar content (°Brix.)
					leaves	stem	
Forced-ventilation	416 b	10.1 a ^z	79 a	34 b	881 a	863 a	9.1 a
Natural-ventilation	483 a	10.4 a	88 a	41 a	892 a	947 a	9.9 a
	*	ns	ns	*	ns	ns	ns

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

ns, *Non-significant or significant at $P\leq 0.05$.

Values represent mean values of four samples per treatment.

Table 2. Response of quantity of root exudates and mineral concentrations in the exudates to the forced-ventilation treatment.

Treatment	Quantity of root exudates (mL/plant/30 min)	Mineral concentrations in the exudates (ppm)		
		K	Ca	Mg
Forced-ventilation	7.2 a ^z	578	267	55
Natural-ventilation	7.6 a	458	235	49
	ns	*	ns	ns

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

ns, *Non-significant or significant at $P\leq 0.05$.

Values represent mean values of four samples per treatment.

롭게 증산되었기 때문에 다소 높은 상대습도가 유지된 것으로 생각된다(Fig. 5). Fig. 6은 처리 시설별 하루 중 수박 식물체의 수분스트레스 정도를 나타내기 위하여 포차(saturation deficit)의 변화를 나타내었다. 관행시설내의 포차의 변화는 일사량이 높아짐에 따라 높은 포차와 급격한 변화를 보이고 있어 엽의 증산에 많은 저항이 있음을 알 수 있고, 반면 강제환기처리에서는 비교적 낮은 포차에 완만한 변화를 보이고 있어 수분스트레스가 낮음을 알 수 있다(Fig. 6).

Table 1에는 강제환기처리에서 수박 생육이 지연되었음을 나타내고 있다. 특히 강제환기처리에서 생육후기인 5월 5일에는 당도가 0.8°Brix 정도 낮았으나 수확시기(5월 18일)에는 차이를 보이지 않았다. 이는 수박재배농가에서 시들방지를 위하여 환기시설을 이용 시에는 충분한 생육기간 확보가 필요함을 나타내고 있다. 근압과 증산류에 의하여 도관을 통하여 이동되는 일비액량과 일비액내의 무기성분 농도를 나타내었다(Table 2). 관행에서 일비액 배출속도가 0.4mL/p/0.5h 높았다. 이것은 일비액을 채취하기 위하여 줄기를 절단시 지상부 생육이 왕성한 관행처리에서 엽 등에서 생성된 증산류의 수분 이동력이 다소 컸기 때문에 일비액 배출속도가 다소 빨랐다. 반면 흡수된 K, Ca, Mg의 일비액 농도는 강제환기처리에서 모두 높게 나타났다(Fig. 7). 특히 강제환기처리에서 Ca 농도가 높은 것은 광합성산물이 근권부로의 전류가 많아 뿌리 생장이 양호하다는 것을 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 기존연구에서 근권부에서 Ca

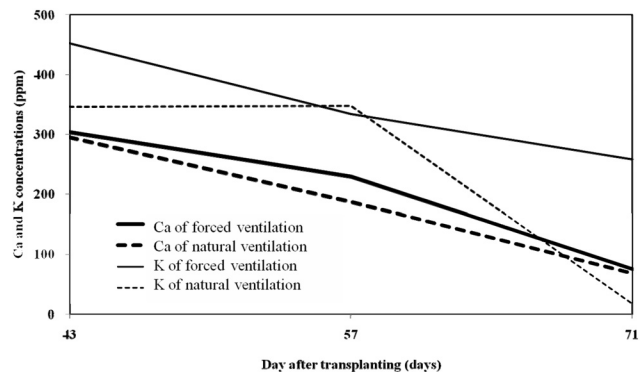


Fig. 7. Changes in the calcium (Ca) and potassium (K) concentrations of the root exudates collected from the plants grown in the greenhouses treated with either the forced- or natural-ventilation.

흡수부위는 유근의 선단에서 이루어지고 흡수된 Ca은 내피를 통하여 근의 외측부터 중심부로 이동하고, 뿌리의 생육이 악화되거나 조기 노화되면 내피의 카스파리선(Casparian strip)이 형성되고(Kramer, 1983), 일단 형성되면 Ca의 흡수에 크게 영향을 미친다(Kirkby, 1979; Kramer, 1983; Mengel and Kirkby, 1987; Scaife and Clarkson, 1978)는 보고와 일치한다. 정식 후 일비액내의 K, Ca의 경시적 농도변화로 생육이 진행됨에 따라 흡수농도가 낮아지는 것을 알 수 있고, 관행에 비하여 강제환기처리의 일비액 농도가 높게 유지하고 있었다. 이는 강제환기처리에 비하여 관행에서 지속적으로 근권부의 노화가 진행되고 있는 것으로 생각된다. 수박

시들증 발생의 1차적인 원인은 지상부환경의 고온관리로 엽, 초장 등이 지상부 생육이 왕성한 반면 근권부로의 광합성산물의 전류가 지연되어 뿌리생육이 악화되고 노화가 촉진되어, 엽의 증산작용에 의하여 생성된 왕성한 증산류로 수동적으로 이동되는 필요 수분량과 근권부로 부터의 근압 등 근활력 저하로 인한 흡수저해 즉 식물체내 수분 불균형이라고 생각된다.

착과후 일수에 따라 과실의 생장은 관행에서 과실비대 속도를 보면 2차례의 최대성장기가 있는데 1차는 착과 후 12일째, 2차는 착과후 24일째로 시들증 발생 개시는 착과후 22일째부터 나타나기 시작하여 점진적으로 발생되었다(Fig. 8). 반면 강제환기처리에서는 과실 생장이 조절됨으로써 1차례에 걸친 최대 성장기가 관행보다 4일 늦은 착과후 16일경에 과실성장속도는 320g/일로 나타났고 시들증없이 정상적으로 성장하였다. 본 논문에서는 시들증 발생기작에 대한 직접적인 실험을 통해 입증하지는 않았지만 본 실험에서 얻은 결과들을 고찰하여 다음과 같은 기작을 제시한다. 과실 성장 2차 최대기인 착과후 22일경부터 시들증이 발생하는 것은 다음의 원인에 기인한다고 본다. 주요한 Sink로서 과실이 성장하는 데는 사관으로부터의 광합성산물의 전류와 도관으로부터의 이동되는 수분으로 이루어지는데, 이시기에 광합성작용은 비교적 정상적으로 이루어져(자료 미제시) Sink로의 전류가 순조로운 반면 근권부로부터 도관을 통하여 이동되는 증산류는 증산작용이 활발한 엽으로 수동적으로 이동되는 수분과 Sink로서 과실로 이동되려는 수분 경합이 이루어져 식물체내의 수분균형이 붕괴 되는 것이 시들증상으로 나타난다고 생각한다. 저자의 선행 연구에서 토마토의 대표적인 생리장해인 배꼽썩음과 발생기작을 해명하였는데 그 발생원인이 토마토 식물체내의 과실과 엽의 수분경합인 것으로 밝혀다(Nishina 등, 1992). 이 실험에서, 토마토 과실 최대 성장기에 과실에만 국소 송풍한 결과 과실표면의

수증기전달율이 높아져 과실표면으로부터 증산의 촉진을 확인하였다. 이에 따라 도관으로부터 과실로의 수분유입이 원활해졌고, 주로 수분과 함께 이동하는 칼슘도 과실로 유입이 충분히 유지되어 배꼽썩음과 발생을 방지하였다고 보고하였다. 이와 같은 과실과 엽의 수분경합 기작과 그 결론은 수박 생육기에 환기처리하여 식물체 생육을 조절함으로써 과실과 엽의 수분균형이 이루어져 시들증이 방지되었다고 하는 위 가설을 뒷받침 한다. 그러나 1차의 최대성장기에는 430g/일로 2차의 350g/일 보다 더 많은 수분이 필요했음에도 불구하고 2차 최대성장기 직전인 22일째에 시들증이 나타나는 것은 금후 검토 과제로 생각된다. 강제환기처리에서 착과 후 33일경에는 과실 성장속도가 관행보다 빨라지는 역전현상을 나타내고 있다. 이는 강제환기처리로 인하여 시설내 기온을 낮추고 포차의 변화를 완만하게 하여 수분스트레스를 저하시키기 때문에 초기생장을 조절하여 후기성장까지 높이기 때문으로 생각된다. 관행적으로 수박 시설재배 농가에서 온도관리는 되도록 보온을 하여 고온관리 하는 것은 눈에 보이는 과실생장이 빠르기 때문으로 생각된다. 이와 같은 고온관리는 시들증도 동반하기 때문에 효율적인 시설재배 온도관리 방법으로 시들증 발생위험 시기인 착과 후 22일 전후 몇 일간만 적극적인 환기 등으로 식물체내의 수분 균형을 조절하여 시들증을 방지하면서 고온관리를 계속 하면 과실 숙기도 앞당길 수 있을 것으로 생각된다.

초 록

수박(*Citrullus lanatus* L.)의 시들증은 생리장해라고 알려져 있다. 품질 및 수량을 저하시키고 큰 경제적 손실을 가져오는 이 증상은 주로 한국의 수박 주산지인 의령이나 함안 지역에서 기온이 높아지는 3월 중순 이후부터 시작하며 해에 따라 발생 양상이 차이가 있다. 수박 생리장해에 대한 많은 연구가 수행되고 있으나 시들증의 발생 기작에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 시들증 발생 기작을 해명하기 위하여 강제환기 처리를 하였으며 경남 의령군 용덕면에서 2009년 1월-5월까지 수행하였다. 관행처리에 비해 강제환기 처리는 시설내 기온, 엽온 및 근권부의 온도를 각각 약 4.5, 5, 3°C 정도 낮게 유지시켰고 포차도 낮게 유지시켰다. 전 생육기간 동안 관행 및 강제환기 처리 모두에서 과실 생육속도가 최대를 보이는 시기가 두 차례 관찰되었고 관행에서 그 속도와 시기가 더 빠른 것으로 관찰되었고, 첫 번째 최대기는 착과 후 12일에(350g/일), 그 두 번째는 착과 후 24일에(350g/일) 관찰되었다. 시들증은 착과 후 22일에 관행처리에서만 발생하기 시작하였다. 강제환기 처리에서 과

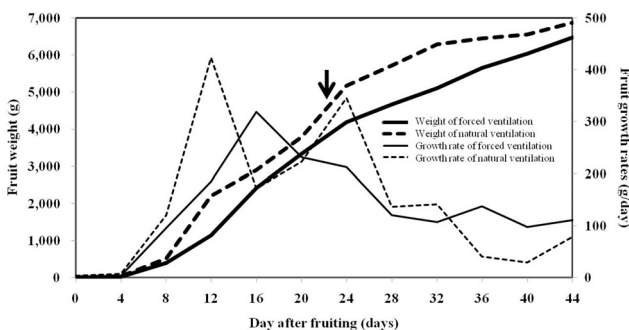


Fig. 8. Changes in the weight and growth rate of fruits harvested from plants grown in the greenhouses treated with either the forced- or natural-ventilation. Arrow indicates the first day of wilted symptom occurrence in the leaves grown under the natural ventilation.

실 생육최대기는 관행처리에서 보다 4일 늦게 관찰되었다 (350g/일). 동시에 식물체 생육속도도 강제환기가 관행처리 보다 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 강제환기가 전 생육기간 동안 엽온 및 포차를 낮게 유지함으로써 식물체 및 과실의 생육속도를 조절했다는 것을 보여준다. 따라서 강제환기가 건전한 생육을 유도하고 식물체의 증산을 조절함으로써 엽과 과실간 수분경합을 줄여 시들증을 방지시킨다는 가설을 제시한다. 금후 직접적이고 정밀한 실험을 통해 강제환기효과에 대한 식물체내의 수분균형의 연구가 기대 된다.

추가 주요어 : *Citrullus lanatus*, 강제환기, 엽온, 포차, 시들증

인용문헌

- Huh, Y.C., Y.H. Woo, J.M. Lee, and Y.H. Om. 2003. Growth and fruit characteristics of watermelon grafted onto citrullus rootstock selected for disease resistance. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44:649-654.
- Kirkby, E.A. 1979. Maximizing calcium uptake by plants. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 10:89-113.
- Kramer, P.J. 1983. Water relations of plants, p. 351-421. In: *Plant and soil water relationships*. Academic Press, New York.
- Kwon, S.W., K.D. Choi, K.K. Lee, J.S. Choi, and Y.K. Choi. 2002. Effect of forced air-circulation on growth and sudden wilt watermelon in semi-forced culture. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20 (Suppl. 1): 92. (Abstr.)
- Lee, S.G., J.S. Lee, K.Y. Kim, J.H. Chung, S.O. Yoo, and J.H. Bae. 1995. Effect of irrigation control on the quality and yield of watermelon (*Citrullus vulgaris* S.) in high density staking cultivation under rain-shelter. *RDA J. Agric. Sci. Soil Fert.* 37:245-249.
- Mansoori, B. and N.K.H. Jaliani. 1996. Control of soilborne pathogens of watermelon by solar heating. *Crop Protection* 15:423-424.
- Mengel, K. and E.A. Kirby. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. p. 455-473.
- Nishina, H., I.H. Cho, M. Tanaka, and Y. Hashimoto. 1993. Prevention of occurrence of blossom-end rot of tomato fruits by air flow to fruits and analysis of the mechanism. *Jpn. Shita J.* 5:26-38.
- Pivonia, S. 1997. Sudden wilt of melons in southern Israel fungal agents and relationship with plant development. *Plant Disease* 81:1264-1268.
- Sanders, D.C. 1999. Yield response of watermelon to planting density, planting pattern, and polyethylene. *HortScience* 34:1221-1223.
- Scaife, M.A. and D.T. Clarkson. 1978. Calcium related disorders in plants a possible explanation for the effect of weather. *Plant and Soil* 50:723-725.