

배지내 EC와 함수율이 착색단고추의 과병무름증과 배꼽썩음과 발생에 미치는 영향

유 근¹ · 최동근¹ · 배종향² · 곽성희^{1*}

¹전북대학교 생물자원과학부 원예학전공, ²원광대학교 원예 · 애완동식물학부(생명자원과학연구소)

Effects of Substrate EC and Water Content on the Incidence of Brown Fruit Stem and Blossom End Rot in Glasshouse Sweet Pepper

Geun Yu¹, Dong Geun Choi¹, Jong Hyang Bae², and Sunghye Guak^{1*}

¹Faculty of Biological Resources Science, Department of Horticulture,
Chonbuk National University, Jeonju 560-756, Korea

²Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Abstract. The objective of this study was to determine the effects of substrate water content and electrical conductivity (EC) on the incidence of brown fruit stem and blossom end rot in glasshouse sweet pepper (*Cap-sicum annuum* cv. Special). Three levels of water content and EC had been treated since the first fruit reached 3cm in diameter: that is, 49 (low), 65 (medium), and 86% (high) for water content, and 2.4 (low), 4.2 (medium) and 6.3dS·m⁻¹ (high) for EC. Shoot growth was reduced with decreasing water content, and it was lower in both high and low EC treatments than medium EC treatment. Fruit weight at harvest was greater in both medium and high water content treatments than low water content treatment (158g vs 146g). High EC reduced fruit weight compared to or low EC treatments. The incidence of brown fruit stem increased with increasing water content and with decreasing EC. The highest incidence was shown in the high water content/low EC treatment (38%), which was considerably higher than 2.4% of the low water content/high EC treatment. Blossom end rot occurred in general in the low water content and/or high EC conditions. These results indicated that substrate water content and EC should be controlled differently according to the growth stage, to reduce the incidence of blossom end rot and brown fruit stem in glasshouse sweet pepper. First, to reduce blossom end rot incidence, water content should be maintained high (86%) and EC low (2.4dS·m⁻¹) until 5weeks after fruit set. Secondly, to reduce brown fruit stem incidence, water content should be maintained low (49%) and EC high (6.3dS·m⁻¹), especially after completion of fruit growth.

Key words : electrical conductivity, root pressure

*Corresponding author

서 언

최근 시설재배 착색단고추의 동계작형에서 과병무름 증상이 문제되고 있다(Lee 등, 2005; Yu 등, 2006). 이 증상은 주지에 인접한 과병의 탈리층 부분이 갈색으로 변하고 부패하는 증상으로 과실의 상품성을 저하시킨다. 사실 과병무름증상을 가진 과는 판매등급이 가장 낮은 C등급으로 판매되고 있다. Yu 등(2006)은 착색단고추(cv. Special)의 과병무름증은 특히 동계작형에

서 시설 내 높은 야간습도와 관련이 있으며, 증상이 나타나기 시작하는 시기는 과비대가 종료되고 과실의 착색이 시작되는 시점이라고 보고하였다. 지금까지 과병무름증의 발생 원인에 대한 체계적인 연구 결과는 없지만 과병무름증의 발생은 상승된 뿌리압이 1차적 원인이고, 뒤이은 fusarium의 감염이 2차적 원인인 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2005). 동계작형에서 외부 온도가 상당히 떨어지는 시기에 가온이 충분치 않거나 또는 환기횟수가 감소하여 실내습도(특히, 야간)가 높

아질 경우 뿌리압이 상승하고 이는 결국 과병무름증의 발생으로 이어질 수 있다. 착색단고추의 뿌리압은 배지 EC와 함수율 수준에 좌우될 수 있다. 즉, EC가 낮고 함수율이 높을 경우에 뿌리를 통한 수분의 흡수는 증가하여 뿌리압은 상승하게 된다. 따라서 본 실험에서는 배지 EC와 함수율을 달리하여 관리했을 경우 생육과 과병무름증의 발생 정도가 어떻게 영향을 받는지를 조사하였다.

또한 배꼽썩음과의 발생 정도도 조사하였는데, 이 장애는 동절기 재배의 초기에 나타나며 증상은 과실의 하단부가 갈변하여 마르거나 부패하는 것으로(Lee 등, 2005) EC가 높고 배지의 수분이 부족할 경우에 발생하는 것으로 알려져 있다(Saure, 2000).

재료 및 방법

본 실험은 김제애농영농조합법인의 벤로형 유리온실에서 2004년 10월 10일부터 2005년 3월 30일까지 6개월간에 걸쳐 수행하였다. 공시품종은 적색계 'Special' (Enza Zaden Co., The Netherlands)로 파종과 이식 관리는 Yu 등(2006)의 실험과 동일하게 하였다. 35일간 육묘한 묘는 암면배지(7.5×15×100cm)에 3주씩 33cm 간격, 2열로 11월 24일에 정식하였다. 암면배지는 Yu 등(2006)의 실험과 동일한 양액으로(EC 3.0 dS·m⁻¹, pH 5.5) 포수하였다. 정식 후 7일간은 관주를 1일에 5회씩(회당 150mL) 실시하였고, 그 이후로부터 첫 번째 착과된 과일이 3cm에 도달할 때까지 1~2회 관주하였으며 함수율은 55~65%로 유지하였다. 본 실험에서 배지의 온도는 20~25°C로 유지되어 뿌리의 발달이 양호하였다.

첫 번째 착과된 과일의 직경이 3cm 정도 되었을 때 배지의 EC와 함수율을 각각 세 수준으로 달리하여 처리하였다. 고수준 함수율은 86.2±0.72%, 중간수준 함수율은 65.4±0.82%, 그리고 저수준 함수율은 48.8±0.94%로 하였다. 함수율은 수동 관주로 관주량을 달리하고 암면에 배수구의 위치를 달리함으로 조절되었다. 즉, 고수준 함수율은 200mL 양액을 하루 2회(오전 9시, 오후 3시) 관주하고 암면의 측면에 배수구를 5cm 가량 수평으로 절개함으로 가능하였다. 중간수준과 저수준에서는 각각 150과 100mL의 양액이 관주되었고, 암면에 배수구는 두 처리 공히 측면 하단부로부터

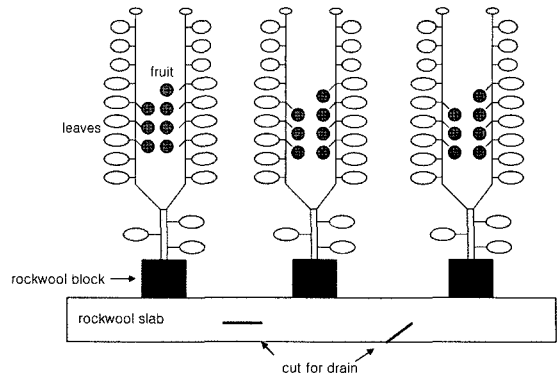


Fig. 1. A representative diagram showing sweet pepper plants transplanted on the rockwool slab. Each plant was branched at the third node. A horizontal or slash cut made on the rockwool slab indicates the degree of drainage, with a horizontal cut being less drained than a slash cut.

터 5cm 가량 45도 각도로 절개하여 함수율을 조절하였다(Fig. 1).

EC의 고수준은 6.3±0.09dS·m⁻¹, 중간수준은 4.2±0.04dS·m⁻¹, 그리고 저수준은 2.4±0.05dS·m⁻¹로 하였다. 배지의 pH는 각 수준 동일하게 5.6~6.2범위로 조정하였다. 함수율과 EC는 각각 수분함량측정기(WCM-H, Grodan Co., The Netherlands)와 EC측정기(CM-D2, Elmeco Co., The Netherlands)를 사용하여 측정하였다. 환경제어 및 측정은 Priva 컴퓨터(Integrow 718, The Netherlands)를 사용하였다. 실험구배치는 완전임의배치법으로 하나의 암면배지를 1반복으로 3반복하였다.

줄기의 유인과 착과는 Fig. 1처럼 하였으며, 1그룹 착과는 12월 20일과 30일 사이에 이뤄졌고, 착과수는 주당 7개로 조정하였다. 주(週)당 과일과 줄기의 생장율은 낙화 직후부터 7일 단위로 10:00~12:00에 측정하였다. 수확은 2월에 한꺼번에 이뤄졌으며, 수확된 과실 중에서 과병무름증과 배꼽썩음과의 발생 정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

식물 생육과 과중에 미치는 영향

생육 초기에 줄기생장은 주(週)당 약 12cm로 최고로 유지되다가 착과가 이뤄진 후 함수율 수준에 상관없이 감소하기 시작하여 착과 후 5~6주째에 최저를 기록하였는데 대체적으로 함수율이 낮을수록 감소율은 빨라지는 경향을 보였다(Fig. 2). 줄기생장률은 다시

배지내 EC와 함수율이 착색단고추의 과병무름증과 배꼽썩음과 발생에 미치는 영향

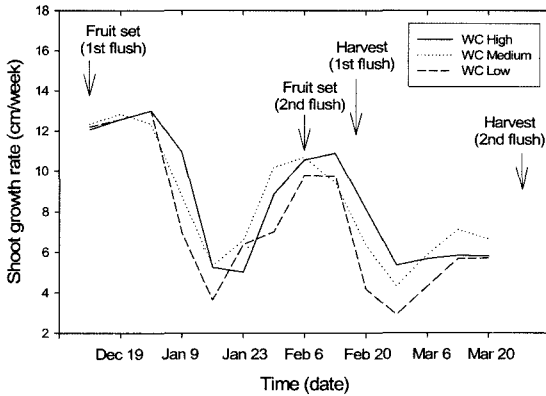


Fig. 2. Changes in shoot growth rate of sweet pepper plants treated with various rates of water content. For water content, High, Medium, and Low represent 86, 65, and 59%, respectively.

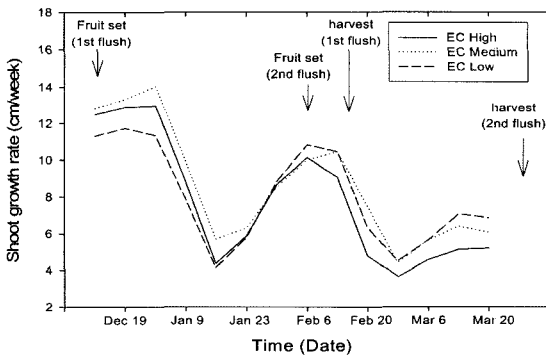


Fig. 3. Changes in shoot growth rate of sweet pepper plants treated with various rates of EC. For EC, High, Medium, and Low represent 6.3, 4.2, and 2.4dS·m⁻¹, respectively.

증가하기 시작하여 착색기에 최고가 되었는데, 이 기간 역시 저수준 함수율에서 생장률의 증가가 가장 적은 경향을 보였다. 1그룹의 전체 생육기간 동안 평균 1주일 당 줄기생장률은 고수준, 중간수준, 및 저수준 함수율 처리에서 각각 6.4, 6.3, 그리고 5.8cm였다.

Fig. 3은 배지 EC가 줄기생장률에 미치는 영향을 보여주는데, 생육초기 생장은 중간수준(4.2dS·m⁻¹), 고수준(6.3dS·m⁻¹), 그리고 저수준(2.4dS·m⁻¹) EC 처리 순서로 좋았다(예: 착과 후 2주째; $p=0.04$). 착과 2주 후부터 생장률은 감소하기 시작하여 착과 후 5주째에 최저가 되었는데 EC수준 간 유의성은 관찰되지 않았다. 2그룹 착과 이후 줄기생장률은 1그룹 때와 비교했을 때 적었는데, 고수준 EC처리가 중간수준 또는 저수준 처리보다 더 적은 경향을 보였다. 이는 2그룹 착

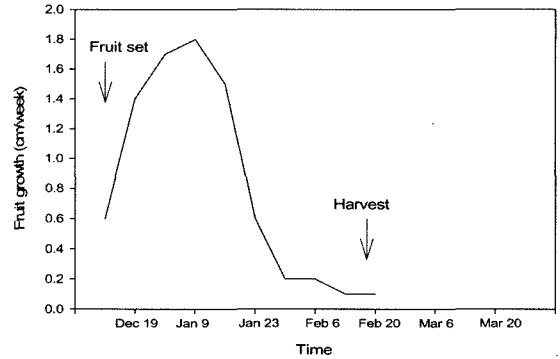


Fig. 4. Changes in fruit growth rate of glasshouse sweet pepper, regardless of EC and water content treatments.

Table 1. Effects of substrate water content and EC on fruit weight of glasshouse sweet pepper. For water content, High, Medium, and Low represent 86, 65, and 59%, respectively. For EC, High, Medium, and Low represent 6.3, 4.2, and 2.4dS·m⁻¹, respectively.

Treatments		Fruit weight (g)
Water content (WC)	EC	
High	High	154.2
High	Medium	160.3
High	Low	160.5
Medium	High	153.2
Medium	Medium	161.8
Medium	Low	160.5
Low	High	133.2
Low	Medium	140.0
Low	Low	135.0

Water content mean

High	158.3
Medium	158.5
Low	136.0

EC mean

High	146.8
Medium	154.0
Low	152.0

Significance

WC	****
EC	**
WC×EC	NS

NS, **, **** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.01$ or 0.0001, respectively.

과이후 성장을 위한 환경조건(예: 광량, 온도)이 1그룹 때 보다 불리하여 고수준 EC처리가 오히려 성장을 억제하였기 때문으로 생각된다. 1그룹의 생육기간동안 평균 주(週)당 줄기생장률은 고수준, 중간수준, 및 저수준 EC에서 각각 6.1, 6.5, 그리고 5.9cm였다.

Fig. 4는 처리에 상관없이 과실의 일반적인 성장을 변화를 보여주고 있다. 착과 후부터 생장률은 급격히 증가하다가 착과 후 3주째에 최고를 기록하였고, 그 후에 급격히 감소하여 착과 후 6주째에는 생장이 거의 멈추었다. 수확 시 과중은 EC보다는 함수율 수준에 의해서 더 많은 영향을 받았다(Table 1). 즉, 함수율이 저수준일 경우 고수준이나 중간수준에 비해서 약 15% 정도 감소하였고, 고수준 EC처리가 중간수준 또는 저

수준처리에 비해서 약 4% 정도 감소하였는데, 이는 고수준 EC처리에서 예상되는 수분흡수의 감소가 원인인 것 같다. 이러한 결과는 정상적인 과일생장을 위해 배지함수율은 65% 이상으로, EC는 4.2dS·m⁻¹ 이하로 유지될 필요가 있음을 나타내준다.

과중을 등급별로 구분하였을 때 160g 이상의 대과 생산은 EC수준보다는 함수율수준에 의해서 더 많은 영향을 받았는데, 저수준일 경우 현저하게 감소하였다(Table 2). EC가 미치는 영향을 보면 대체적으로 중간수준이 저수준 또는 고수준에 비해서 대과의 생산이 좋았다. Cantore 등(2000)과 Delfine 등(2000)은 착색 단고추에 수분공급을 근권에 부분적으로 했을 때 생체중 및 건물중이 모두 감소하였다고 보고하였다. 반면,

Table 2. Effects of substrate water content and EC on the distribution of fruit weight of glasshouse sweet pepper. For water content, High, Medium, and Low represent 86, 65, and 59%, respectively. For EC, High, Medium, and Low represent 6.3, 4.2, and 2.4dS·m⁻¹, respectively.

Treatments		Distribution of fruit weight (%)					
Water content (WC)	EC	80~100g	101~120g	121~140g	141~160g	161~180g	181~200g
High	High	4.8	7.1	19.0	14.3	42.9	11.9
High	Medium	4.8	7.1	4.8	19.0	47.6	16.7
High	Low	2.4	2.4	9.5	28.6	45.2	11.9
Medium	High	0	9.5	16.7	35.7	31.0	7.1
Medium	Medium	4.8	7.1	2.3	19.0	57.1	9.5
Medium	Low	4.8	0	14.3	21.4	47.6	11.9
Low	High	16.7	16.7	26.2	28.6	11.9	0
Low	Medium	11.9	11.9	21.4	33.3	21.4	0
Low	Low	4.8	19.0	26.2	42.9	7.1	0
Water content mean							
High		4.0	5.6	11.1	20.6	45.2	13.5
Medium		3.2	5.6	11.1	25.4	45.2	9.5
Low		11.1	15.9	24.6	34.9	13.5	0
EC mean							
High		7.1	11.1	20.6	26.2	28.6	6.4
Medium		7.1	8.7	9.5	23.8	42.1	8.7
Low		4.0	7.1	16.7	31.0	33.3	7.9
Significance							
WC		*	*	**	*	***	***
EC		ns	ns	Q*	ns	Q*	ns
WC×EC		ns	ns	ns	ns	ns	ns

NS, *, **, ***Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05, 0.01$ or 0.001 , respectively. Q=quadratic.

Kang 등(2001)은 고추에서 비슷한 처리로 어떠한 수확량 감소를 관찰하지 못하였다. Tadesse와 Nichols(2003)는 난방 온실에서 NFT(Nutrient Film Technique)방식으로 EC를 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0dS·m⁻¹ 수준으로 관리하였을 때 과실생장과 생산량은 저수준에 비해 고수준 EC처리에서 감소되었다고 보고하였다.

과병무름증과 배꼽썩음과 발생

Table 3은 배지함수율과 EC조건에 따른 과병무름증과 배꼽썩음과의 발생률을 보여준다. 과병무름증 발생

Table 3. Effects of substrate water content and EC on the incidence of brown fruit stem and blossom end rot in glasshouse sweet pepper. For water content, High, Medium, and Low represent 86, 65, and 59%, respectively. For EC, High, Medium, and Low represent 6.3, 4.2, and 2.4dS·m⁻¹, respectively.

Treatments		Incidence rate (%)	
Water content (WC)	EC	Brown fruit stem	Blossom end rot
High	High	19.1	9.5
High	Medium	18.6	0
High	Low	38.1	0
Medium	High	11.9	2.4
Medium	Medium	16.7	0
Medium	Low	28.6	0
Low	High	2.4	16.7
Low	Medium	7.1	9.5
Low	Low	11.9	7.2
Water content mean			
High		28.6	3.2
Medium		19.1	0.8
Low		7.2	11.1
EC mean			
High		11.1	9.5
Medium		17.5	3.2
Low		26.2	2.4
Significance			
WC		****	****
EC		**	**
WC×EC		NS	NS

NS, **, **** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.01$ or 0.0001, respectively.

률은 함수율이 높을수록, EC가 낮을수록 증가하였는데, 가장 높은 발생율은 고수준 함수율/저수준 EC 조합처리구에서 38.1%로 2.4%의 저수준 함수율/고수준 EC 처리구에 비해서 현저히 높았다. 이러한 조건들은 뿌리압 발생에 유리한 것으로, 과병무름증의 발생은 뿌리압과 밀접한 연관이 있는 것으로 알려져 있다. Yu 등(2006)은 동계작형 착색단고추(cv. Special)에서 과실비대가 종료된 후 야간습도를 낮게 유지함으로 과병무름증 발생을 상당히 경감할 수 있다고 보고하였다.

배꼽썩음과의 발생은 배지함수율이 고수준(3.2%)이나 중간수준(0.8%)일 경우 저수준의 11.1%보다 낮았다(Table 3). EC처리에서는 고수준에서 9.5%로 중간수준의 3.2%나 저수준의 2.4%보다 발생률이 유의하게 높았다. 본 연구 결과는 Dorji와 Behboudian(2003)의 연구결과와 비슷하였는데, 그는 착색단고추의 관수방법을 달리했을 때 일반관수는 부분관수(Partial irrigation)보다 23%, 부족관수(Deficit irrigation)보다는 40%정도 많게 작과가 이루어졌고, 배꼽썩음과는 일반관수에서 9.3%, 부분관수에서 20.4%, 그리고 부족관수에서 29.5%가 발생하였다고 보고하였다. Tadesse와 Nichols(2003)는 온실에서 NFT방식으로 착색단고추에 EC를 2.0~10.0dS·m⁻¹ 범위에서 처리하였을 때 높은 EC조건에서 식물에 의한 물의 흡수가 감소되고 배꼽썩음과가 증가하였다고 보고하였다. 토마토에서 근권부의 염도, 수분스트레스 및 NH₄⁺의 독성이 증가하게 되면 식물과 과실의 생장이 감소하고 배꼽썩음과의 발생이 증가한다고 보고되었다(Cuartero와 Fernandez-Munoz, 1999). Adams와 Ho(1992)는 토마토의 압면재배에서 과실의 칼슘의 감소는 배꼽썩음과를 발생시키지만, 염분농도와 배꼽썩음과의 발생은 꼭 일차적인 관계가 있는 것은 아니라고 보고하였다. Obreza 등(1996)은 단지 수분스트레스가 토마토의 배꼽썩음과를 발생시킨다고 보고하였다. Saure(2000)는 생리적으로 지베렐린의 증가와 칼슘의 감소가 배꼽썩음과의 발생에 영향을 크게 미치며, 수분흡수가 가장 받을 경우 과실의 수분이 증산에 이용되는 관계로 과실의 일부 세포가 파괴되어 배꼽썩음과가 발생된다고 보고하였다.

이러한 결과들을 종합해 볼 때, 동절기 착색단고추 재배에서 생산성을 저해하는 과병무름증과 배꼽썩음과의 발생을 경감하기 위해서는 생육기별로 배지함수율과 EC를 구분해서 관리할 필요가 있다. 먼저, 과병무름

증상이 나타나기 시작하는 착색기에는(Yu 등, 2006) 배지함수율은 낮게(49%), 그리고 EC는 높게($6.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) 관리하므로 과병무름증의 발생이 억제될 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 배꼽썩음과의 발생을 예방하기 위해서는 착과 후 5주까지 배지함수율은 높게(86%), 그리고 EC는 낮게($2.4\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) 유지하면 효과가 있을 것으로 예상된다. 하지만 배지함수율과 EC를 생육기별로 구분하여 처리할 때 과중이나 생산량에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 향후 이뤄져야 할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구의 목적은 배지함수율과 EC수준이 시설 착색단고추(적색계 ‘Special’)의 과병무름증과 배꼽썩음과의 발생에 미치는 영향을 구명하는 것이었다. 첫 번째 착과 된 과일의 직경이 3cm정도 되었을 때 배지의 EC와 함수율을 각각 세 수준으로 달리하여 처리하였다. 즉, 함수율은 49, 65, 86%로, EC는 2.4, 4.2, 6.3 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 달리하였는데 각각에서 세 수준은 저수준, 중간, 고수준으로 명명하였다. 줄기생장은 함수율이 감소할수록 감소하였고, EC가 고수준이나 저수준일 때 중간수준에 비해서 적었다. 수확 시 과중은 중간수준 이상의 함수율처리구가 저수준 함수율보다 더 높았으며 (158g vs 146g), 고수준 EC처리구는 중간수준 이하의 EC처리구에 비해서 적었다. 과병무름증 발생은 함수율이 높을수록, EC가 감소할수록 증가하였다. 가장 높은 발생률은 고수준 함수율/저수준 EC 처리구로 약 38%의 발생률을 보였는데, 이는 저수준 함수율/고수준 EC 처리구의 2.4%보다 훨씬 더 높았다. 배꼽썩음과는 대개 배지함수율이 적고 EC가 높았을 때 발생하였다. 이러한 결과들은 동계작형 착색단고추 재배에서 생산성을 저해하는 과병무름증과 배꼽썩음과의 발생을 경감하기 위해서는 생육기별로 배지함수율과 EC를 구분해서 관리할 필요가 있음을 보여준다. 먼저, 과병무름증상이 나타나기 시작하는 착색기에는 배지함수율은 낮게(49%), 그리고 EC는 높게($6.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) 관리하여 과병무름증의 발생을 억제하고, 그리고 배꼽썩음과의 발생을 예방하기 위해서는 착과 후 5주까지 배지함수율

은 중간(65%) 수준 이상으로, EC는 낮게($2.4\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) 유지할 필요가 있다.

주제어 : 뿌리압, 전기전도도

인 용 문 헌

1. Adams, P. and L.C. Ho. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *J. Hort. Sci.* 67:827-839.
2. Cantore, V., F. Boari, and A. Caliandro. 2000. Effect of split-root-system water stress on physiological and morphological aspects of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Hort.* 537:321-328.
3. Cuartero, J. and R. Fernandez-Munoz. 1999. Tomato and salinity. *Sci. Hort.* 78:83-125.
4. Delfine, S., A. Alvino, F. Loreto, M. Centritto, and G. Santarelli. 2000. Effects of water stress on the yield and photosynthesis of field-grown sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Hort.* 537:223-229.
5. Dorji, J. and M.H. Behboudian. 2003. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. *Sci. Hort.* 104:140-144.
6. Kang, S., L. Zhang, X. Hu, Z. Li, and P. Jerie. 2001. An improved water use efficiency of hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Sci. Hort.* 89:257-267.
7. Lee, J.P., J.H. Lee, D.J. Myung, S.D. Lee, and B. Hellemans. 2005. Glasshouse environments and paprika production technology. Sion Publication. p. 117-120.
8. Obreza, T.A., D.J. Pitts, R.J. McGovern, and T.H. Spreen. 1996. Deficit irrigation of micro-irrigated tomato affects yield, fruit quality, and disease severity. *J. Prod. Agri.* 9:270-275.
9. Saure, M.C. 2000. Blossom end rot of tomato - a calcium - or a stress-related disorder. *Sci. Hort.* 90:193-208.
10. Tadesse, T. and M.A. Nichols. 2003. The effect of conductivity on the yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Acta Hort.* 609:197-199.
11. Willumsen, J., K.K. Petersen, and K. Kaack. 1996. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. *J. Hort. Sci.* 71:81-98.
12. Yu, G., J. Kim, and S. Guak. 2006. Effect of cultivation time on the incidence of brown fruit stem of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Bio-Env. Con.* 15(2):162-166.