

토마토 코이어 자루재배시 적정 급액마감시각 구명

김성은¹ · 심상연² · 이문행³ · 김영식^{1*}
¹상명대학교, ²경기도농업기술원, ³부여토마토시험장

Appropriate Daily Last Irrigation Time in Coir Bag Culture for Tomato

Sung Eun Kim¹, Sang Youn Sim², Moon Hang Lee³, and Young Shik Kim^{1*}

¹Sangmyung University, 300 Anseo-dong, Cheonan, Chungnam 330-720, Korea

²Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung, Gyeonggi 445-300, Korea

³Buyeo Tomato Experiment Station, CARES Buyeo 323-814, Korea

Abstract. This research was performed to determine the appropriate daily last irrigation time to enhance the plant growth and the water and fertilizer use efficiencies in coir bag culture for tomato plant. The time to finish the daily irrigation was set by 1, 2, 3 and 4 hours before the sunset. The water content in the substrate was greatly affected by the last irrigation time. The earlier the last time, the greater the daily fluctuation of water contents in the substrate. The daily irrigation times were not affected by using irrigation management system controlled by drainage electrodes or the physiochemical properties of coir. The growth characteristics were not significantly different among the treatments. The highest marketable yields were obtained in the treatment finishing two hours before sunset, and the lowest yields were obtained in the the treatment finishing 4 hours before sunset. Based on the result from surveying quantity of irrigated water for 128 days of the experiment period, the water and fertilizer use efficiencies were lowest in the treatment finishing 4 hours before sunset, and the highest in the treatment finishing 2 hours before sunset. In terms of plant growth, yields, water and fertilizer use efficiencies, 2 hours before sunset treatment was determined as the most economical and desirable irrigation schedule.

Key words : hydroponics, irrigation management, irrigation schedule, nutrient solution, *Solanum lycopersicum*

서 론

피트모스를 대체할 유기배지로 주목받고 있는 코이어는 암면이나 펄라이트 배지에 비해 가격이 저렴하고, 사용 후 처리가 친환경적이라는 장점으로 최근 사용이 늘고 있다. 그러나 배액의 재사용과 급액관리의 어려움 등의 단점도 갖고 있다. 코이어 배지의 특성에 관한 연구는 많이 진행되었으나, 배양액 조성이나 급액관리와 같은 재배기술과 관련된 연구는 아직 미흡한 단계이다(Irungu 등, 2007; Koyama 등, 2009; Vaughn 등, 2010).

수경재배에서 급액제어법과 급액관리는 용수와 비료

를 아끼면서 생산성을 높이는 중요한 인자이므로 토마토재배에서도 이에 관한 연구가 많이 진행되고 있다(Bonachela 등, 2010; Roupael 등, 2005; Sezen 등, 2010; Wu과 Kubota, 2008). 특히, 급액관리는 배지 내 적정 수분함량의 유지와 변화폭의 조절을 위해 행해지며, 작물생육에 직접적인 영향을 미친다. 급액관리에 관여하는 인자로는 급액시간대, 급액간격, 급액횟수, 일회급액량 등이 있는데, 이러한 인자들을 가지고 최적의 급액 스케줄을 구성하여 작물의 생육을 최적화하고 수확량을 극대화 하는 것이 급액관리의 목표이다. Park 등(2003)은 오이의 수경재배에서 급액 스케줄이 오이의 생육과 수확량 향상에 미치는 영향이 크다고 보고하였다. 급액간격이나 급액횟수는 타이머 제어법이나 일사량 제어법에서는 중요한 고려인자이지만, 배액전극 제어법에서는 작물의 수분요구에 적극적으로 반

*Corresponding author: youngskim@ymail.com
Received September 5, 2011; Revised March 22, 2012;
Accepted March 23, 2012

응하여 자동으로 수분공급이 이루어지기 때문에 그다지 중요하지 않은 인자이다(Kim 등, 2011). 토마토 수경재배에서는 근권제한이나 극단적인 급액횟수관리를 통한 고당도 토마토재배가 시도되고 있는데 과실비대의 억제와 총수확량의 감소 및 과피경도가 높아져 식감이 떨어지는 등 생산성과 품질의 문제점들이 보고되고 있다(Araki, 1994a; Ohkawa과 Hayashi, 1996). 또한 Rubio 등(2010)은 고추재배에서 WUE(Water Use Efficiency)를 높이기 위한 방법으로 급액횟수관리를 실험하기도 했다. 급액시간대는 급액이 이루어지지 않는 시간대의 배지 내 수분함량을 결정짓기 때문에 매우 중요하며, 이전의 토마토 필라이트 자루재배 실험에서 고온기에는 일몰 2시간 전에 급액을 마감하는 것이 수확량 및 용수이용효율에서 가장 적합한 것으로 나타났다(Sim 등, 2009).

수경재배의 급액 스케줄을 구성할 때 고려되는 여러 사항들 중에서 경제성도 매우 중요하다. 효용체감의 법칙에 의해 배양액 공급량을 늘리는 비용의 증가분이 수확량 증가에 의한 수익 증가분보다 높을 경우에는 효율이 떨어지는 것이므로 효율이 높은 배양액 관리를 행해야 한다. 배양액은 용수와 비료의 혼합물이므로, 효율을 고려할 경우 수확량에 대한 용수이용효율(WUE: water use efficiency)과 비료이용효율(FUE: fertilizer use efficiency)을 모두 고려해야 한다(Sim 등, 2009). WUE와 FUE는 각각 단위 소요된 용수나 비료의 양이 생산한 수확량을 의미하기도 하며, 단위 수확량에 대한 용수나 비료의 양으로 나타내기도 한다. 전자는 수확량을, 후자는 용수나 비료의 양을 중요시할 때 사용하기 편리한 차이점이 있다. WUE와 FUE는 상황에 따라 차이가 있으며, 토양재배와 수경재배간에도 다르다(Rouphael 등, 2005). WUE와 FUE를 높이는 방법으로는 환경관리(Zabri와 Burrage, 1998), 재배법(Abou-Hadid 등, 1993), 배양액관리(Warren과 Bilderback, 2004) 등 여러 가지가 있다. WUE와 FUE를 높이는 방법으로는 급액량을 줄이는 방법이 가장 단순한 방법이며, 이를 위해서는 급액개시시각, 급액간격, 급액횟수, 급액마감시각 등이 적절해야 한다. 또한 FUE만을 위해서는 배양액의 농도나 조성을 조절하는 방법도 있다.

WUE와 FUE를 높이는 가장 단순하면서도 효과적인 방법인 일일 급액량을 줄이기 위해서는 먼저 배지 내

수분함량과 식물의 수분흡수양상을 알 필요가 있다. 일부 작물의 경우 오후 늦은 시각 혹은 야간에 급액하는 경우도 있지만 대부분 급액 적정 시간대가 있다. 오전의 배양액은 작물 생육에 많이 사용되며, 오후 늦은 시간대의 과다 수분은 오히려 해로운 경우까지 있다(Kang 등, 2006; Kang과 Choi, 2009; Rhee 등, 2008). 따라서 오후에 배지 내 수분함량을 적게 함으로써 식물 생육을 좋게 유지하고, 한편으로는 WUE와 FUE를 높이는 배양액 관리법을 강구할 필요가 있다. 본 실험은 토마토 코이어 자루재배시 일중 급액마감시각을 달리함으로써 최적 생장을 유지하면서도 WUE와 FUE를 높이는 급액방법을 도출하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

본 연구는 2010년 8월 30일부터 2011년 1월 17일까지 경기도농업기술원 벤로형 유리온실(폭 21.9m, 길이 24.4m, 측고 3.05m, 동고 4.85m)에서 수행하였다. 실험에 사용된 토마토는 2010년 7월 20일에 호반육묘(호반영농조합법인, Korea)에서 40일간 파종, 육묘한 대과종 토마토 메디슨(신젠타코리아, Korea)을 사용하였다. 파종은 36공 플러그육묘판에 피트모스를 상토로 사용하여 파종한 후, Yamazaki 토마토 전용배양액을 pH 6.5, EC 0.5dS·m⁻¹로 조정하여 1일 1회 급액하였다. 2010년 8월 30일 본엽 6~7매 전개 시 벤로형 유리온실에 정식하였다. 코이어 자루(W 150×L 1,200×H 120mm, 용량 22L)는 EC가 0.5dS·m⁻¹ 이하로 조정된 것을 사용하였다. 정식 전날 양액(pH 6.5, EC 1.0dS·m⁻¹)으로 포수한 후, 정식 직전 배액구를 뚫고, 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식하였다. 배액구는 자루의 한쪽 면에만 그루와 그루 사이의 정중앙에 바닥에서 3cm 높이에 수평으로 5cm 길이로 만들었다. 재식간격 40cm, 줄 간 간격은 1.8m로 V자 유인하였다. 정식 후 시험 처리 전까지는 타이머 제어법으로 급액관리 하였으며, 1회 급액량은 그루당 30초/회(약 38~40mL)씩 공급하였고, 1일 급액 시간은 8시~17시(총 9회)로 하였다. 정식 4주차부터 Kim(2003)의 방법에 준해서 배액전극 제어법을 적용하여 급액하였다. 실험에 사용한 배양액은 Yamazaki 토마토 전용배양액(pH 6.5, EC 1.0dS·m⁻¹)이었으며, EC는 2주마다 0.2dS·m⁻¹씩 상향조정하여 1.6dS·

m⁻¹까지 높여 주었다. 배양액의 공급은 자동공급장치 (Agronic 4000, Spain)를 이용하였다.

실험처리로는 급액마감시간에 따라 일몰 1시간 전부터 4시간 전까지 4단계로(SS-1, 2, 3, 4) 나누어 처리하였다. 일몰시간은 기상청 자료를 참고로 하여 일주일마다 처리시간에 반영하였다. 2010년 8월 30일 일몰 시간이 19시 5분일 때, 급액마감 시간을 처리별로 일몰 1시간 전인 18시 5분, 2시간 전인 17시 5분, 3시간 전인 16시 5분, 4시간 전인 15시 5분으로 시작하였다. 그리고 일주일 단위로 약 15~20분씩 빨라져서 실험 종료시기인 2011년 1월 10일의 급액마감 시간은 일몰시간이 17시 32분이었으므로 각각의 마감처리시간은 16시 32분, 15시 32분, 14시 32분, 13시 32분이었다. 실험특성상 실험은 단구제였으며, 각 처리당 3반 복했으며, 반복당 15개체를 사용하였다.

각 처리는 급액제어용 재배틀과 급액과 배액의 계측을 위해 weighing bed와 weighing sensor로 구성하였다. Weighing sensor로는 Load cell(model: SB-50L, CAS Corporation, Korea)을 사용하였으며, 중량값은 indicator(AI-1600, CAS Corporation, Korea)를 통해 24channel multiplexer(MOXA Corporation, Korea)에 연결되도록 설계하였고 1분마다 저장하였다.

재배시 측지는 7cm 이상에서 모두 제거했으며, 2010년 9월 27일부터 매주 3회 맑은 날에 착과제(토마토톤, 영일화학)를 500배 희석하여 살포하였다. 적엽은 수확이 끝난 화방 이하에서, 적화 및 적과는 기형과 발생률이 높은 1번과 6번 이하에서 실시하여 화방당 과실이 3~4개 수확되도록 조절하였다. 수확은 과실이 90% 정도 착색되었을 때 수확하였고, 1화방에서 5화방까지의 과실을 상품과(100~400g 내외의 둥근 구형), 기형과(배꼽썩음과, 창문과, 난형과 등) 및 소과(100g 이하)로 나누어 조사하였다. 2010년 11월 14일에 1단 수확을 시작으로 2011년 1월 14일에 5단 수확을 종료하였다.

생육조사는 농촌진흥청의 농업과학기술 연구조사 분석기준에서 제시하는 항목과 조사방법에 준하여 2011년 1월 17일에 실시하였다. 처리별로 15개체의 생체중, 초장, 엽장, 엽폭, 경경, 마디수 등을 측정하였다. 각각의 개체에서 가장 긴 잎을 선정하여 엽장과 엽폭을 측정하였고, 경경은 배지에 가장 가까운 지제부의 넓은 부분을 측정하였다.

실험처리가 작물의 성장양상에 미치는 영향을 알아보기 위해 각 처리별로 30개체를 무작위로 선발하여 주 1회(수요일), 성장강도(경경)와 성장균형 정도(개화위치)를 조사하여 식물생육지표를 작성하였다. 경경은 성장점의 위치를 유인줄에 표시한 후 주 1회 같은 시간에 1주일 전의 성장점 위치에 있는 줄기 직경을 측정하였고, 그 부분이 화방이나 마디인 경우 바로 아래 부분을 측정하였다. 원형이 아닌 경우 굵은 곳의 줄기를 측정하였다. 개화위치는 성장점의 끝 부분에서 개화한 최상위 화방이 달려있는 화경(줄기)의 밑 부분까지의 거리를 측정하였다(Fig. 1). 이 자료를 바탕으로 횡축에는 개화위치, 종축에는 경경을 바탕으로 식물생육지표를 작성했으며, 작물의 성장양상 판단에 사용하였다.

정식일 부터 141일 동안의 재배기간 중 사용한 총 용수량 및 비료량을 이용하여 WUE(Water Use Efficiency) 및 FUE(Fertilizers Use Efficiency)를 계산하였다. 본 실험에서 WUE와 FUE는 단위 상품과량에 대한 용수량(L/kg) 혹은 단위 상품과량에 대한 비료량(g/kg)으로 정의하여 계산하였다. 통계처리에는



Fig. 1. Method to measure the stem diameter at the uppermost flowering truss. The upper arrow and the lower arrow show the place of growing tip and the uppermost flowering truss.

SAS 통계패키지를 이용하였다.

결과 및 고찰

배지 내 수분함량은 작물이 재식된 배지자루의 무게를 측정함으로써 추정하는 방식을 취하였다. 처리별 배지자루의 무게 절대량은 작물의 하중에 따라 차이가 있었는데, 본 실험에서는 무게 변화가 중요한 지표이기 때문에 처리별로 기준 무게를 2kg씩 차이를 두어 표현하였다(Fig. 2). 처리간 배지 내 수분함량은 급액횟수에 따라 차이가 나는데, 급액횟수는 1일 적산일사량과 급액마감시각의 영향을 받았다. 급액마감시각이 가장 빠른 SS-4 처리와 가장 늦은 SS-1 처리에서의 일일 급액횟수 차이는 4회 이상으로 예상하였으나, 본 실험에서는 1-2회에 그쳤다. 이는 다양한 1일 적산일사량에서 식물체의 요구에 능동적으로 급액횟수가 변화하며 배지 내 수분함량을 안정적으로 유지하는 배액전극 제어법의 특성과 보수력이 큰 코이어 배지의 물리적 특성 때문으로 사료된다. Sim 등(2009)의 실험에서는 급액마감시각이 빠를수록 급액횟수가 적었는데, 이는 보수성이 매우 낮은 펄라이트 배지를 이용하였기 때문에 배지의 물리적 특성이 급액관리에 영향을 주는 것으로 사료된다. 따라서 급액시스템과 스케줄을 관리할 때, 배지의 물리성을 반드시 고려해야 한다고 판단된다. 일일수분함량 변화는 급액마감시각에 따라 차이가 뚜렷이 나타났는데, 급액마감시각이 빠를수록 일일수분함량 변화폭은 크게 나타났다.

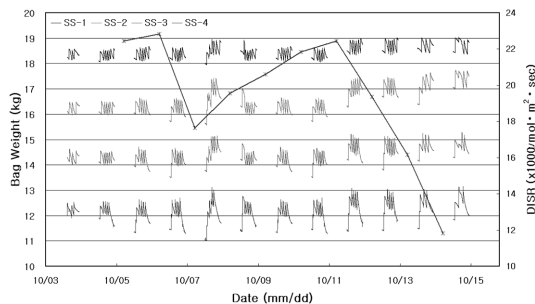


Fig. 2. Coir bag weight and daily integrated solar radiation according to treatments by the last irrigation time. SS-1, Irrigation was ended 1 hour before sunset; SS-2, Irrigation was ended 2 hours before sunset; SS-3, Irrigation was ended 3 hours before sunset; SS-4, Irrigation was ended 4 hours before sunset; DISR, daily integrated solar radiation.

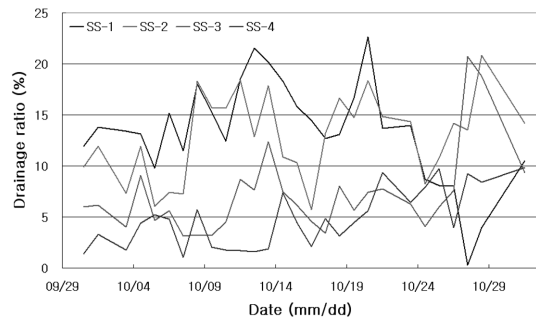


Fig. 3. Drainage ratio (%) in various irrigation management methods. SS-1, Irrigation was ended 1 hour before sunset; SS-2, Irrigation was ended 2 hours before sunset; SS-3, Irrigation was ended 3 hours before sunset; SS-4, Irrigation was ended 4 hours before sunset.

SS-1 처리에서는 배액을 변동폭이 처리구 중에서 가장 컸고, SS-2 처리와 SS-3 처리에서도 5~20% 내외의 배액률을 나타내었다(Fig. 3). SS-1 처리와 SS-2 처리는 배지경 재배시 적정 배액률인 20~30%라는 보고(Roh, 1997; Schon와 Compton, 1997)와 유사하게 나타났다. 단, 10월 28일에 SS-1 처리에서 배액률이 급감했는데, 이는 자루에서 코이어 디스트가 빠져나와서 배액구를 막아 배액이 불량했기 때문이었다. SS-4 처리에서의 배액률은 전 실험기간동안 10% 이하로 낮게 나타났는데, 이는 급액마감 이후 익일 급액개시까지 배지의 수분함량이 낮아지면서 다른 처리에 비해 급액횟수 감소 및 이에 따른 배액 발생량이 적었기 때문이었던 것으로 사료된다.

토마토는 생육기간 동안 영양생장과 생식생장을 동

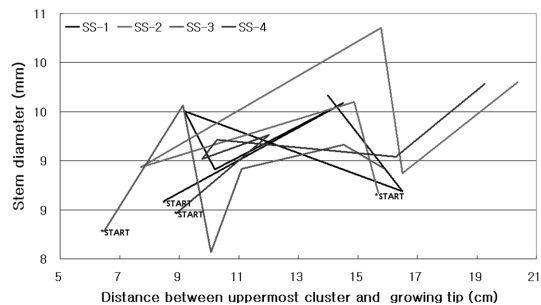


Fig. 4. Plant Development Index from Oct. 6, 2010 to Nov. 10, 2010. Asterisks show the start day for the measurement. SS-1, Irrigation was ended 1 hour before sunset; SS-2, Irrigation was ended 2 hours before sunset; SS-3, Irrigation was ended 3 hours before sunset; SS-4, Irrigation was ended 4 hours before sunset.

Table 1. Growth characteristics of tomato cultivated in coir bag with various daily last irrigation time treatments (January 15, 2011).

Treatment ^z	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Number of node	Fresh weight (g/plant)
SS-1	256 ^y	43.4	47.2	11.1	32.8	724
SS-2	235	44.0	42.7	12.3	31.1	679
SS-3	259	45.1	46.1	12.3	31.4	748
SS-4	254	44.4	47.8	11.9	32.0	758

^zSS-1, Irrigation was ended 1 hour before sunset; SS-2, Irrigation was ended 2 hours before sunset; SS-3, Irrigation was ended 3 hours before sunset; SS-4, Irrigation was ended 4 hours before sunset.

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

시에 하는 작물이다. 생장강도(경경)와 생장상(개화위치)을 그래프로 나타낸 식물생육지표(Stradiot와 Battistel, 2003)를 실험기간동안 조사하여 급액마감시각 처리가 작물의 생장양상에 어떤 영향을 미치는지를 판단하였다(Fig. 4). 모든 실험구에서 실험초기보다 초세와 영양생장이 강해지는 양상을 나타내었다. 토마토는 생육 기간 동안 영양생장과 생식생장을 반복하며 생장의 균형을 이루는 것이 좋은데, SS-1 처리구에서는 초세는 약했지만 생장의 균형적인 측면은 가장 좋았다. SS-2 처리구는 초세가 가장 강하고, 생식생장에 비해 영양생장이 강해지는 양상이었으나 비교적 균형적인 것으로 판단하였다.

최종 생육은 급액마감시각 처리간에 통계적 유의차가 없었는데(Table 1), 필라이트 자루배지시 급액마감시각 처리를 실험한 Sim 등(2009)의 생육조사 결과와도 같았다.

급액마감시각 처리별 수확량을 비교한 결과(Table 2), 총수확량은 SS-1 처리에서 가장 많았으나 상품과량은 SS-2 처리에서 가장 많았다. SS-1 처리에서는 100g 미만과 발생이 가장 많았고 기형과의 발생도 많았는데, 배지의 과습이 토마토의 과번무를 초래하여 과

실비대를 지연시키거나 생리장해과 발생의 원인이 된다는 Cho 등(1998)과 Choi 등(1999)의 보고와 유사하였다. 급액마감시각이 빠를수록 상품과율이 높게 나타났는데 이는 적당한 수분 스트레스가 과실발달에 유리하다고 보고한 Araki(1994b)의 실험결과로도 설명할 수 있었다.

급액마감시각 처리별 128일 동안의 배양액 급액량을 조사한 결과, 급액마감시각에 관계없이 소요된 배양액량이 비슷하였다(Table 3). 그 이유는 배액전극 제어법으로 급액관리를 하였기 때문이었다. 배액전극 제어법은 급액개시 명령이 배액의 양에 의해 이루어지며, 이 양은 배지 내 수분함량과 연동되도록 설계되어 있다. 급액마감시각이 빠를수록 급액마감부터 익일 급액시작까지 배지의 수분함량이 낮으며 배지가 건조하게 된다. 따라서 아침 첫 급액시 급액이 행해져도 여전히 배지 내 수분함량이 낮아, 수 회 급액이 계속되어 일일 급액횟수와 급액량은 전체 처리구들에서 비슷하였다(Fig 2). 단위 상품과량 당 사용된 용수량(WUE)은 SS-2 처리구에서 상품과 1kg을 생산하는데 물 21.6L가 사용되었으며, SS-4 처리구에서 23.0L로 가장 많았다. SS-4 처리에서는 SS-2 처리에서와 사용된 용수량은

Table 2. Yield and fruit quality of tomato cultivated in coir bag with various daily last irrigation time treatments (January 15, 2011).

Treatment ^z	Total yield (kg/plant)	Marketable yield (kg/plant)	Small fruit < 100 g (g/plant)	Malformed fruit (g/plant)	Marketable yield ratio (%)
SS-1	3.16a ^y	2.99b	89.8a	62.7b	94.9
SS-2	3.11b	3.03a	36.9b	45.8c	97.4
SS-3	3.02c	2.91c	36.8b	73.5a	96.4
SS-4	2.89d	2.83d	39.2b	23.4d	97.9

^zSS-1, Irrigation was ended 1 hour before sunset; SS-2, Irrigation was ended 2 hours before sunset; SS-3, Irrigation was ended 3 hours before sunset; SS-4, Irrigation was ended 4h ours before sunset.

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

Table 3. Water use efficiency (WUE) and fertilized use efficiency (FUE) with irrigation methods.

Treatment ²	Water (L/plant)	Fertilizer (g/plant)	Marketable yield (kg/plant)	WUE (L/kg)	FUE (g/kg)
SS-1	66.4	38.1	2.99b	22.2b ³	12.7b
SS-2	65.4	37.5	3.03a	21.6c	12.4c
SS-3	64.2	36.9	2.91c	22.1b	12.7b
SS-4	65.2	37.4	2.83d	23.0a	13.2a

²SS-1, Irrigation was ended 1 hour before sunset; SS-2, Irrigation was ended 2 hours before sunset; SS-3, Irrigation was ended 3 hours before sunset; SS-4, Irrigation was ended 4 hours before sunset.

³Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

유사했으나 수확량이 적어서 WUE가 나쁜 것으로 나타났다. 전 실험구에서 동일한 배양액 농도와 조성을 사용했으므로 단위 상품과량 당 사용된 비료량(FUE)도 WUE의 결과와 같았다. 본 실험에서 조사된 WUE와 FUE는 Bhattarai 등(2006)이 토양실험에서 보고한 WUE 78(L/kg), Martin and Thorstenson(1988)이 토양실험에서 보고한 WUE 69(L/kg) 보다도 매우 경제적이었으며, 펠라이트 배지를 사용한 Giuffrida 등(2007)와 Sim 등(2009)의 실험결과 보다도 경제성이 우수하였다.

실험결과 식물생육에서는 처리간 차이가 없었고, 수확량, WUE, FUE은 SS-2 처리에서 가장 좋았다. 일몰 1시간 전에 급액을 중단하는 것은 배지를 과습하게 하여 100g 미만과와 기형과 발생의 원인이 되며, 일몰 4시간 전에 급액을 중단하는 것은 작물의 생육과 수확량에 부정적 영향을 주어 WUE와 FUE가 나빠지게 되므로 바람직하지 않은 것으로 사료된다. 따라서 토마토 코이어 자루재배시 급액마감은 일몰 2시간 전에 하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 또한, 최종생육조사만으로는 실험처리의 결과를 반영하는 것이 부족한 것으로 판단되는데, 이를 보완하기 위해 실험기간동안 식물생육지표를 함께 조사하여 비교 분석하는 것이 좋은 방법이라고 사료된다. 왜냐하면 최종생육조사에서는 처리간의 통계적 유의성이 없더라도 수확량이나 식물생육지표 조사에서는 처리간 차이가 있는 것으로 나타나기 때문이다. 따라서 작물의 생육을 표현함에는 기존의 생육조사와 식물생육지표(Fig. 4)를 함께 분석하여 평가하는 것이 자료의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 연구결과는 펠라이트 자루배지와 같이(Sim 등, 2009) 배액구를 배지하단에서 3cm 위에 개설하여 배지하부에 일정량의 저장된 배양액이 있는 경우의 결과로, 배지의 종류나 작물의 특성에 따라

통기성 확보를 위해 배액구를 더 아래에 개설할 경우에는 적정 급액마감시각이 달라 질 수 있다. 일중 급액시간대 이내에서는 배액구 아래의 물의 양이 크게 배지 수분함량에 기여하지는 않으나(Marfa 등, 1993), 일중 급액횟수에는 영향을 미친다(Fig. 2). 또한 계절이나 급액제어 시스템에 따라 배지내 수분함량 특성에 차이가 있을 수 있으므로 이를 고려해야 할 것이다. 코이어 배지의 경우 보수성이 크기 때문에 펠라이트 자루배지와 달리 배지의 하단에 배액구를 개설하여 통기성을 개선시키는 것이 더 좋을 것으로 사료된다.

적 요

코이어 자루재배시 일중 급액마감시각을 달리함으로써 최적 생장을 유지하면서도 용수이용효율(WUE)와 비료이용효율(FUE)을 높이기 위해 실험을 실시하였다. 급액마감시각에 따라 일몰 1시간 전부터 4시간 전까지 4단계로 나누어 처리한 결과, 하루 동안의 배지 내 수분함량은 마감시각의 영향을 크게 받는 것으로 나타났는데, 급액마감시각이 빠를수록 일일 수분함량 변화폭이 컸다. 그러나 일일급액횟수는 급액마감시각의 영향이 크지 않았는데 이는 급액제어 시스템으로 배액전극 제어법을 사용한 것과 코이어 배지의 이화학적 특성 때문으로 판단되었다. 최종 생육은 통계적 유의차를 보이지 않았다. 상품과량은 일몰 2시간 전 처리에서 가장 많았고, 4시간 전 처리에서 가장 적었다. 급액마감시각 처리별 128일 동안의 급액량을 조사한 결과, WUE와 FUE는 일몰마감 4시간 전 처리에서 가장 낮았고, 2시간 전 처리에서 가장 높았다. 식물생육, 수확량 및 WUE와 FUE 등의 면에서 일몰 1시간 전 처리와 4시간 전 처리는 경제적인 면에서 바람직하지 않았고, 2시간 전에 급액을 마감하는 것이 가장 경제성

이 좋을 것으로 사료된다.

주제어 : 급액관리, 급액일정, 배양액, 수경재배, *Solanum lycopersicum*

사 사

이 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원으로 수행되었음.

이 연구는 농촌진흥청 연구비의 지원에 의해 이루어진 것임.

인 용 문 헌

- Abou-Hadid, A.F., M.Z. El-Shinawy, A.S. El-Beltagy, and S.W. Burrage. 1993. Relation between water use efficiency of sweet pepper grown under nutrient film technique and rockwool under protected cultivation. *Acta Hort.* 323:89-96.
- Araki, Y. 1994. Relationship between plant water status and water movement in tomato. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 62:121-128.
- Araki, Y. 1994. Growth of greenhouse-grown tomato irrigated on the basis of plant or soil moisture status. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 63:91-97.
- Bhattarai, S.P., L. Pendergast, and D.J. Midmore. 2006. Root aeration improves yield and water use efficiency of tomato in heavy clay and saline soils. *Scientia Horticulturae* 108:278-288.
- Bonachela, S., J. Quesadaa, R.A. Acuña, J.J. Magán, and O. Marfà. 2010. Oxyfertigation of a greenhouse tomato crop grown on rockwool slabs and irrigated with treated wastewater: Oxygen content dynamics and crop response. *Agricultural Water Management* 97:433-438.
- Cho, I.H., E.H. Lee, T.Y. Kim, Y.H. Woo, and Y.S. Kwon. 1998. Effects of high humidity on occurrence of tomato blossom-end rot. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:247-249.
- Choi, Y.H., H.C. Rhee, G.B. Kweon, J.H. Lee, D.K. Park, and J.K. Kwon. 1999. Effects of soil moisture, night temperature, humidity and harvesting interval on cracking fruit of cherry tomato. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:169-173.
- Giuffrida, F., C. Leonardi, and O. Marfa. 2007. Substrate reuse in tomato soilless cultivation. *Acta Hort.* 801:1577-1582.
- Irungu, A.P.M., P.K. Chege, D.T. Moabi, and T. Yamashita. 2007. Effect of coconut coir media on bitter melon (*Momordica charantia* L.) growth and yield in an energy-saving hydroponic system. *Journal of Tropical Agriculture* 51:177-182.
- Kang, N.J. and Y.H. Choi. 2009. Influence of irrigation levels on plant growth and fruit quality in *Lycopersicon esculentum* Mill. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:93-101.
- Kang, N.J., M.W. Cho, J.K. Kweon, H.C. Rhee, and Y.H. Choi. 2006. Effects of deficit irrigation by different soil moisture-based water potential on total soluble solids and fruit yields in fresh tomato. *J. Bio-Env. Con.* 15:335-339.
- Kim, Y.S. 2003. Possibility of water management in hydroponics by electrical signal. *Industrial Science Researches of Sangmyung University* 14:1-10.
- Kim, S.E., S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2011. Appropriate each irrigation quantity in irrigation system controlled by drainage level sensor for perlite bag culture of tomato. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29:36-42.
- Koyama, S., H. Urayama, K. M. P. D. Karunaratne, and T. Yamashita. 2009. Effects of coir application on soil properties and cucumber production as a reuse model of organic medium used in soilless culture. *J. Tropical Agriculture and Development* 53: 7-13.
- Marfa, O., A. Martinez, R. Orozco, L. Serrano, and F.X. Martinez. 1993. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II. Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342:339-348.
- Martin, B. and Y.R. Thorstenson. 1988. Stable carbon isotope composition (^{13}C), water use efficiency, and biomass productivity of *Lycopersicon esculentum*, *Lycopersicon pennellii*, and the F1 hybrid. *Plant Physiology* 88:213-217.
- Ohkawa, H. and G. Hayashi. 1996. Production of high soluble solids tomato by hydroponics used for capillary mat and root restriction sheet. *J. Japan. Soc. Hort. Sic.* 65:366-367 (Abstr.).
- Park, S.K., Y.H. Lee, Y.B. Lee, K.M. Yu, D.H. Lee, and S.Y. Choi. 2003. Effects of irrigation amount on growth and yield in cucumber fertigation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(suppl. II):51.
- Rhee, H.C., M.W. Cho, Y.C. Um, J.M. Park, and J.H. Lee. 2008. Control of irrigation amount for production of high quality fruit in melon fertigation cultivation. *J. Bio-Env. Con.* 17:288-292.
- Roh, M.Y. 1997. Development of irrigation control system based on integrated solar radiation and nutrient solution suitable for closed system in substrate culture of cucumber. PhD. Diss., Univ. of Seoul, Seoul, Korea.
- Rouphael, Y., G. Colla, M. Cardarelli, S. Fanasca, A. Salerno, C.M. Rivera, A. Rea, and F. Karam. 2005. Water use efficiency of greenhouse summer squash in relation to the method of culture: Soil VS. soilless. *Acta Hort.* 697:81-86.

22. Rubio, J.S., F. Rubioa, V. Martínez, and F. García-Sánchez. 2010. Amelioration of salt stress by irrigation management in pepper plants grown in coconut coir dust. *Agricultural Water Management* 97:1695-1702.
23. Schon, M.K. and M.K. Compton. 1997. Comparison of cucumbers grown in rockwool or perlite at two leaching fractions. *HortTechnology* 7:30-33.
24. Sezen, S.M., G. Celikel, A. Yazar, S. Tekin, and B. Kapur. 2010. Effect of irrigation management on yield and quality of tomatoes grown in different soilless media in a glasshouse. *Scientific Research and Essay* 5:41-48.
25. Sim, S.Y and Y.S. Kim. 2009. Improvement of water and fertilizer use efficiency by daily last irrigation time for tomato perlite bag culture. *J. Bio-Env. Con.* 18: 408-412.
26. Stradiot, P. and Battistel, P. 2003. Improved plant management with localised crop heating and advice on distance in the Mediterranean climate. *Acta Hort.* 614: 461-467.
27. Vaughn, S.F., A.D. Nathan, A.B. Mark, and L.E. Roque. 2010. Lesquerella press cake as an organic fertilizer for greenhouse tomatoes. *Industrial Crops and Products* 32:164-168.
28. Warren, S.L. and T.E. Bilderback. 2004. Irrigation timing: Effect on plant growth, photosynthesis, water-use efficiency and substrate temperature. *Acta Hort.* 644: 29-37.
29. Wu, M. and C. Kubota. 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae* 116:122-129.
30. Zabri, A.W. and S.W. Burrage. 1998. The effects of vapour pressure deficit (VPD) and enrichment with CO₂ on photosynthesis, stomatal conductance, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) grown by NFT. *Acta Hort.* 458:351-356.