Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29(6):568-574, 2011

토마토 펄라이트 베드재배시 배액전극 제어법에 적합한 측정틀 설계

김성은[1*] · 김영식[1+] · 심상연[2]

[1]상명대학교, [2]경기도농업기술원

Design of Measuring Trays in the Irrigation System Using Drainage Electrodes for Tomato Perlite Bed Culture

Sung Eun Kim[1*+], Young Shik Kim[1+], and Sang Youn Sim[2]

[1]Plant Science and Technology, Sangmyung University, Cheonan 330-720, Korea
[2]Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Hwasung 445-300, Korea

Abstract. Measuring tray as a component in irrigation control system using drainage electrodes was designed and applied for tomato perlite bed culture, and the effectiveness of the irrigation control system was investigated in terms of cultural development and cultivation costs. Five different types of measuring trays equipped with drainage electrodes were tested and the traditional tray was used as the control equipped with time clock. After the first experiment, "Tube-2" was removed because of instability of water content in the substrate. After second experiment, "Tube-1" was removed because of instability of water content in the substrate and low plant yields. In third experiment, "Up-Board" exhibited the best stability in water contents and yields as well as efficiencies in water and fertilizer utilization. The "Up-Board" was the most economical and the easiest system among the tested trays. Therefore, the "Up-Board" system was concluded as the excellent design to apply for the control method using drainage electrodes for tomato perlite bed culture.

***Additional key words*:** hydroponics, irrigation management, nutrient solution, *Solanum lycopersicum*

서 언

현재 국내에서 이루어지고 있는 펄라이트 배지경 재배의 방법에는 베드충진 방식과 자루 방식이 있다. 자루 방식은 재배환경의 균일화와 배양액 관리의 체계화가 가능하며, 재배시설의 표준화로 설치작업 시간과 경비, 악성 노동력의 절감효과를 얻을 수 있다(Sim et al., 2006b). 유럽과 미국에서는 이미 배지의 종류에 관계없이 자루 방식의 재배가 표준으로 사용되고 있으며, 국내에서도 점차 자루 방식으로 전환되고 있다. 그러나 우리나라에서는 많은 농가들이 베드충진 방식을 사용하고 있다. 베드충진 방식은 사용자가 배지를 임의충진 함으로써 재배환경이 농가마다 달라서 표준화된 펄라이트 수경재배 기술 발전을 기대하기 곤란한 실정이며, 이에 따른 배양액관리 체계화 미흡에 의해 용수와 비료의 효율적 이용도가 낮다. 또한, 베드충진 방식의 재배에서는 베드 설치 및 배지 충진 작업에 많은 시간과 경비가 투입되며, 악성 노동력이 많이 소요된다(Sim et al., 2006b).

급액제어 방법으로는 타이머 제어법이 일반적으로 사용되고 있으며, 일사량 제어법과 배액전극 제어법의 이용도 확대되고 있다(Sim et al., 2006c). 배액전극 제어법(Kim, 2003)과 심지법(Albaho and Green, 2004) 혹은 Passive 제어법 등은 모세관 현상과 물의 부착력을 이용하여 배지내 수분함량을 제어하는 방법이다. 배액전극 제어법은 측정틀 바닥에 친수성 매트가 있어 배지로부터 나오는 배액이 집액되었다가 배지가 건조해지면 측정틀의 배액이 다시 모세관 현상에 의해 배지로 재흡수되는 것을 이용하여 급액을 제어하는 방법이다. 배액전극 제어법은 배지 상부에서 급액이 이루어지므로 심지법 혹은 Passive 제어법이 가지는 배지 상부의 염류집적이나 작물생육에 수동적인 수분공급의 문제점을 상당부분 해결할 수 있는 급액제어 방법이다. Sim

***Corresponding author:** kimsuda72@hanmail.net

※ Received 7 July 2011; Accepted 21 September 2011. 이 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임. 이 논문은 농촌진흥청 연구비에 의하여 연구되었음.

et al.(2006a)은 토마토 펄라이트 자루재배에서 타이머 제어법과 일사량 제어법, 배액전극 제어법을 비교 실험한 결과 배액전극 제어법이 작물의 생육과 배지내 수분조절에 가장 바람직한 제어법이라고 보고했다.

베드충진 방식은 단점이 많음에도 불구하고 현재 농가에 많이 보급되어 있기 때문에 본 연구는 베드충진 방식에 배액전극 제어법을 적용하기 위해서 수행되었다. 토마토 펄라이트 베드재배에서 급액제어 방법으로 배액전극 제어법을 적용할 경우, 배양액관리 체계화에 따른 용수와 비료의 효율적 이용도를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

재료 및 방법

본 연구는 2009년 8월 13일-2011년 1월 17일까지 경기도 농업기술원 양지붕식유리온실(폭 9.6m, 길이 16m, 측고 4.6m, 동고 7m)과 플라스틱복층하우스(3연동, PE 이중피복, 폭 21.9m, 길이 24.4m, 측고 3.05m, 동고 4.85m)에서 3차에 걸쳐 수행되었다.

1차 실험은 농가에서 일반적으로 사용되고 있는 베드형태와 가장 유사하도록 측정틀 모형 다섯 가지를 설계하여 배액전극 제어법을 적용한 처리 5개-Tube 1, Tube 2, Up-Tube-2, Up-Board, Touch 와 타이머 제어법을 적용한 처리 1개를 대조구로 두어, 베드충진 방식에 배액전극 제어법의 적용이 가능한 처리를 선발하기 위해 수행되었다(Fig. 1). 토마토는 대과종 하우스첼린지(다끼이 종묘, 일본)를 사용하여 2009년 8월 13일 50공 플러그육묘판(상토 : 피트모스)에 파종했으며, 양지붕식유리온실에서 1일 1회(오전 11시 30분) 관수하며 육묘하였다. 육묘중 비료를 시비하지는 않았다. 2009년 9월 22일 본엽 6-7매 전개시 정식하였다. 펄라이트 베드(W 310 × L 930 × H 210mm, 용량 60L)는 정식전 1시간동안 정식용 양액으로 포수한 후, 베드 당 6개체씩 정식하였다. 재식간격 40cm, 줄 간 간격은 1.8m이었다.

2차 실험은 1차 실험에서 배액전극 제어법의 적용이 가능하다고 선발된 4개 처리에서 토마토를 5단까지 재배하여 생육과 수확량이 우수한 3개 처리를 선발하였다. 토마토는 대과종 도태랑골드(다끼이 종묘, 일본)를 사용하였으며 파종은 2009년 12월 9일에, 정식은 2010년 1월 26일에 실시하였다.

3차 실험은 2차 실험에서 선발한 측정틀 세 가지에 배액전극 제어법을 적용한 처리와 타이머 제어법을 적용한 측정틀 한 가지를 대조구로 하여 실험하였다. 토마토는 대과종 메디슨(신젠타 종묘, 유럽)을 사용하였으며 파종은 2010년 7월 20일에, 정식은 2010년 8월 30일에 하였다.

파종, 육묘, 재식간격, 줄 간 간격 및 배양액 등 기타의 재배환경은 2차와 3차 모두 1차 실험과 동일하게 수행하였다. 작물의 활착을 위하여 정식 후 30일간은 타이머 제어법으로 급액하였고, 정식 30일 후부터 실험처리를 하였다. 타이머 제어법으로 급액하는 동안의 급액량은 생육단계와 배액률을 고려하여 1회당 36, 70, 130mL/그루로 점차 늘렸다. 사용한 배양액은 Yamazaki 토마토 전용배양액이었으며, pH 6.5, EC 1.0dS·m^{-1}로 조정하였다. EC는 생육단계에 따

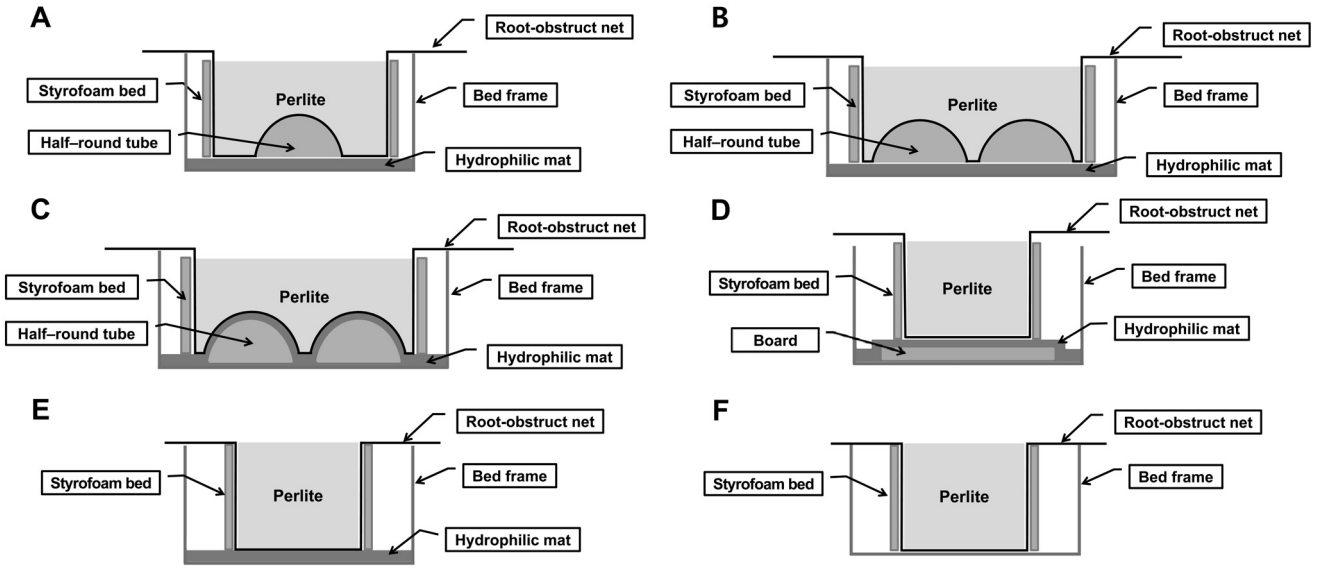

Fig. 1. The schematic design of the measuring trays. A, Tube-1, place the half-round tube on the hydrophilic mat, B, Tube-2, place two half-round tubes on the hydrophilic mat, C, Up-Tube-2, place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, D, Up-Board, place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, E, Touch, only the hydrophilic mat under the net, F, Timer, same as Touch but controlled by a timer.

라 0.2dS·m^{-1}씩 상향조정하였으나 1.8dS·m^{-1}는 넘지 않았다.

전실험기간 동안의 배액전극 제어법과 타이머 제어법은 동일하게 적용되었다. 배액전극 제어법은 Kim(2003)의 방법에 준해서 적용하였다. 배액전극 제어법은 측정틀의 가운데에 배지를 올려놓고, 관수 후 배액이 발생하면 배지보다 아래 부분에 배액이 모이도록 하고, 배지의 밑면보다 낮은 일정 높이의 부분에 배액구를 만들어 배액이 배액구보다 높을 경우에는 배액구를 통해서 배액이 배출되도록 하는 장치를 구축한 것이다. 배지와 측정틀 사이에는 친수성 매트가 연결되어 있어 배지가 건조해지면 측정틀의 배액이 모세관 현상에 의해 배지로 재흡수되는 현상을 이용하여 점적관으로 급액을 개시하는 제어법으로 배양액의 공급은 자동공급장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하여 공급하였다. 타이머 제어법은 11회/일(8시, 9시 20분, 10시 30분, 11시 30분, 12시 30분, 1시, 1시 30분, 2시, 3시, 4시, 5시) 급액하였다.

각 처리는 급액제어용 측정틀과 급액과 배액의 계측을 위한 weighing bed와 weighing sensor로 구성하였다. Weighing sensor로는 Load cell(model: SB-50L, CAS Corporation, Korea)을 사용하였으며, 중량값은 indicator(MIDAS-2000, CAS Corporation, Korea)를 통해 24channel multiplexer (MOXA Corporation, Korea)에 연결되도록 설계하였고 1분마다 저장하였다.

재배시 측지는 7cm 이상에서 제거했으며, 지제부의 측지는 제거하지 않았다. 1단 개화 후부터 매주 3회, 맑은 날에 착과제(토마토톤, 영일화학)를 1,000배 희석하여 살포하였다. 수확은 과실이 완전착색 되었을 때 처리별, 화방별로 수확하였고 상품과와 기형과(배꼽썩음과, 창문과 등), 소과(100mg 이하), 당도 등을 조사하였다.

생육조사는 매 실험마다 5단 수확이 완료되면 처리별로 30주씩 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. 통계처리에는 SAS 통계패키지를 이용하였다.

결과 및 고찰

펄라이트 베드충진 방식에 배액전극 제어법을 적용하여 재배할 경우, 급액제어가 가능한가를 구명하기 위한 실험의 결과는 다음과 같다. 다섯 개의 처리구와 대조구로 이용한1차 실험에서 Tube-2 처리의 배지내 수분함량이 가장 불안정한 것으로 나타났다(Fig. 2). Tube-2 처리에서는 배지무게 변화의 범위가 2kg 내외로 변화가 가장 심하였고, 다른 네 가지 처리에서는 1kg 내에서 안정적이었다. 대조구(Timer)

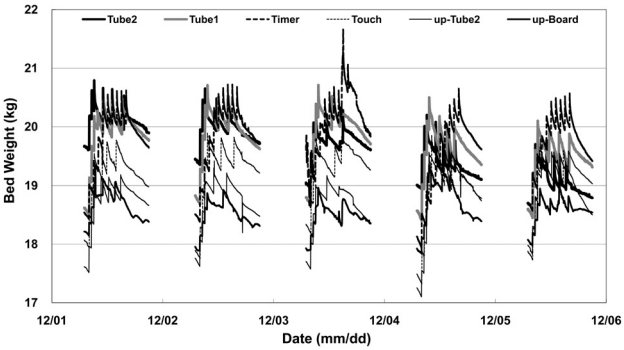

Fig. 2. Perlite bed weight in various treatments (1st experiment). Tube-1: place the half-round tube on the hydrophilic mat, Tube-2: place two half-round tubes on the hydrophilic mat, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Touch: only the hydrophilic mat under the net, Timer: same as Touch but controlled by a timer.

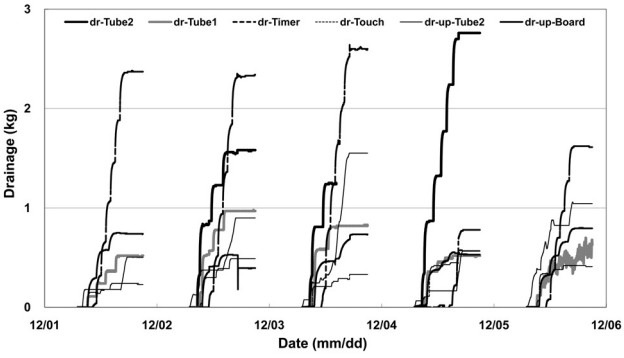

Fig. 3. Drainage weight in various treatments (1st experiment). Tube-1: place the half-round tube on the hydrophilic mat, Tube-2: place two half-round tubes on the hydrophilic mat, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Touch: only the hydrophilic mat under the net, Timer: same as Touch but controlled by a timer.

의 경우에는 배지무게의 변화가 3kg 이상으로 매우 컸으나 대조구임으로 처리 선택에서 제외하였다. 배액전극 제어법은 배지와 측정틀 사이에 친수성 매트가 연결되어 있어 배지가 건조해지면 측정틀의 배액이 모세관 현상에 의해 배지로 재흡수되는 현상을 이용하여 점적관으로 급액신호가 발생한다. 배액전극 제어법의 장점은 작물이 필요로 하는 수분에 대해 급액시스템이 적극적으로 반응하는 것으로 Tube-2 처리의 배지내 수분함량이 가장 불안정한 것으로 조사되었다. 이는 Tube-2 처리가 친수성 매트 위에 반달배수관을 2개 설치하여 배지와 친수성 매트가 닿는 부분이 매우 적었기 때문에 배액의 재흡수가 거의 이루어지지 않아서 배지무게가 안정적이지 않았던 것으로 사료된다(Fig. 3). 첫 번째로 제외하였습니다. 배액률도 대조구(Timer)와 Tube-2 처리에서는 2-90%까지 큰 편차를 보였다(Fig. 4). 또한, 대조구

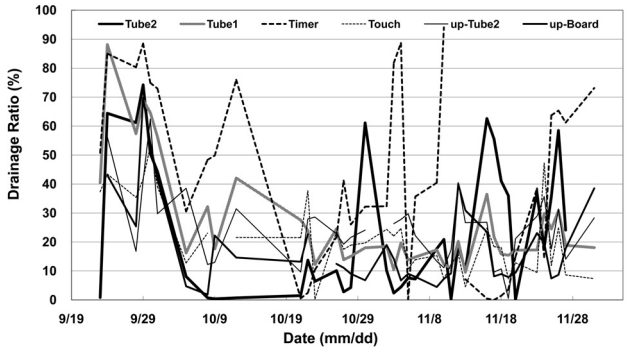

Fig. 4. Drainage ratio (%) in various irrigation treatments (1st experiment). Tube-1: place the half-round tube on the hydrophilic mat, Tube-2: place two half-round tubes on the hydrophilic mat, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Touch: only the hydrophilic mat under the net, Timer: same as Touch but controlled by a timer.

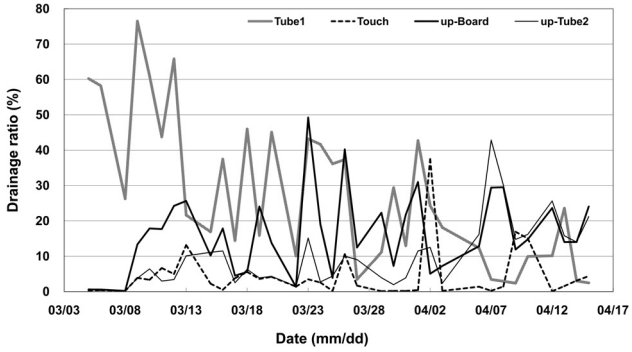

Fig. 5. Drainage ratio (%) in various irrigation treatments (2nd experiment). Tube-1: place the half-round tube on the hydrophilic mat, Touch: only the hydrophilic mat under the net, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat.

(Timer)는 일일적산일사량(DISR: daily integrated solar radiation)과 상관없이 급액이 실험자(재배자)의 경험에 기초하기 때문에 날씨의 변화에 대해 급액횟수나 1회 급액량을 수동적으로 조절하여야 하는 단점(Matsuno, 1990)이 있었으며, 날씨에 상관없이 급액이 되어져 흐린 날은 과습되기 쉽고, 맑고 더운 날에는 건조해지기 쉬웠다(Figs. 2, 3, and 4).

2차 실험에서는 1차 실험에서 배지내 수분함량이 가장 불안정한 Tube-2 처리를 제외한 Tube-1, Touch, Up-Tube2, Up-Board 처리에 배액전극 제어법을 적용하였다. 1차 실험에서와 같이 배지내 수분함량의 안정성을 조사하였으며, 작물의 생육과 수확량을 비교하였다.

배지내 수분함량 안정성은 1차 실험에서와 같이 배지무게 변화가 1kg 내에서 안정적으로 유지되었다(data not shown). 배액량과 배액률은 네 가지 처리 모두 1차 실험에서의 Timer 처리에서나 Tube-2 처리에서보다는 안정적인 5-40% 내에서 유지되었다(Fig. 5). 이러한 결과로 배액전극 제어법이 일일적산일사량(DISR)에 따라 급액량과 배액률에 많은 영향을 미치며(Kim et al., 2010a), 생육시기에 관계없이 작물이 필요로 하는 고유의 적정 함수율 변화에 적극적으로 대처가 가능하다는 보고(Kim et al., 2010b)를 확인할 수 있었다. 또한 베드충진 재배방식에서 배액전극 제어법을 적용했을 때, 자루재배 방식과 유사하게 작물의 요구에 능동적으로 급액횟수가 변하며 배지내 수분함량이 안정적으로 유지되는 배액전극 제어법의 장점을 확인하였다. 그러나 처리간의 배액량과 배액률을 비교하면 전 실험기간동안 Touch 처리에서는 배액률이 너무 낮았고, Tube-1 처리에서는 5-40%의 큰 편차를 나타내어 단점으로 지적되었다.

2차 실험에서 작물을 수확기까지 재배하여 생육을 조사한 결과, 초장은 Up-Tube-2 처리에서 가장 컸으며, Touch, Up-Board, Tube-1 처리의 순서로 조사되었다. 마디수는 Touch, Tube-1, Up-Board, Up-Tube-2 처리의 순서로 많았다. 생체중은 Up-Board 처리와 Tube-1 처리에서 우수했으나 통계적 유의성은 없었다(Table 1).

총수확량은 Up-Tube-2, Up-Board, Tube-1, Touch 처리 순으로 많았고, 상품과량 또한 Up-Tube-2 처리에서 가장 많았고, Up-Board 처리에서 두 번째로 많았다. Tube-1 처리와 Touch 처리에서는 통계처리 결과 상품과량이 같은 것으로 나타났다. 총수확량과 상품과량은 처리간 유의성이 있었으나, 100g 미만과와 기형과 및 당도는 처리간 차이가 없었다(Table 2).

3차 실험은 2차 실험에서 배지의 수분함량과 생육 및 수확량에서 성적이 우수한 Up-Tube-2, Up-Board, Touch 처리를 선택하고, Timer 처리를 대조구로 두어 실시하였다.

배지의 수분함량 안정성은 1차와 2차 실험에서 검증되어 세 처리 모두 1kg 범위 내에서 안정적으로 움직였다(Fig. 6). 배액량과 배액률 또한 배액전극 제어법을 적용한 Up-Tube-2, Up-Board, Touch 처리에서 5-20% 내외의 안정적인 양상으로 조사되었다(Fig. 7). 단, Timer 처리에서는 1차 실험에서와 같이 5-60% 내외의 매우 큰 편차를 나타내었지만 대조구인 점을 감안하여 본 실험의 목적인 배액전극 제어법 적용이 가능한 처리 선택에서 제외되었다.

작물 생육을 조사한 결과, 배액률이 가장 많고 균일하지 못했던 Timer 처리와 비교적 균일한 배액률을 보인 배액전극 제어법 처리에서 모두 비슷한 초장과 분지수를 나타내었다. 이는 An et al.(2005)의 실험에서 배액률이 높을수록 초장이 길고, 분지수가 많아져 도장한다는 보고와는 차이가

Table 1. Growth characteristics of tomato cultivated in perlite bed culture with various treatments (2nd experiment, June 15, 2010).

Treatment[z]	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Number of node	Fresh weight (g/plant)
Tube-1	202 c[y]	52.0 a	59.0 a	13.5 a	27.1 ab	1,327 a
Touch	207 ab	50.9 a	59.1 a	13.0 a	27.4 a	1,209 a
Up-Board	204 bc	53.8 a	58.1 a	14.7 a	26.3 bc	1,325 a
Up-Tube-2	211 a	52.4 a	59.4 a	13.7 a	25.9 c	1,263 a

[z]Tube-1: place the half-round tube on the hydrophilic mat, Touch: only the hydrophilic mat under the net, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

Table 2. Fruit yields and quality of tomato plants cultivated in perlite bed culture with various treatments (2nd experiment, June 15, 2010).

Treatment[z]	Total yield (g/plant)	Marketable yield (g/plant)	Average fruit weight (g/plant)	Marketable yield ratio (%)	Sugar contents (°Brix)
Tube-1	1,737 c[y]	1,609 c	127.3 a	92.6 a	5.4 a
Touch	1,665 d	1,543 c	121.9 a	92.7 a	5.6 a
Up-Board	1,873 b	1,777 b	95.4 a	94.9 a	5.5 a
Up-Tube-2	2,080 a	2,009 a	70.1 a	96.6 a	5.7 a

[z]Tube-1: place the half-round tube on the hydrophilic mat, Touch: only the hydrophilic mat under the net, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P =0.05.

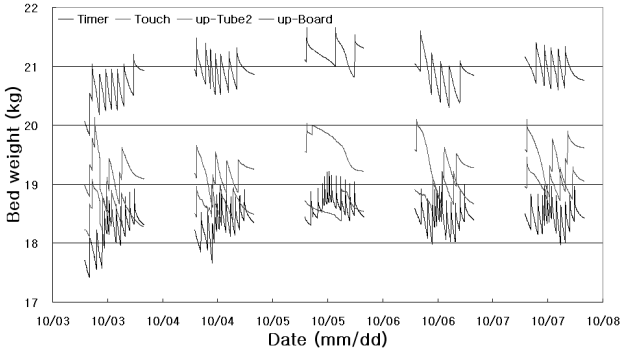

Fig. 6. Perlite bed weight in various treatments (3rd experiment). Touch: only the hydrophilic mat under the net, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Timer: same as Touch but controlled by a timer.

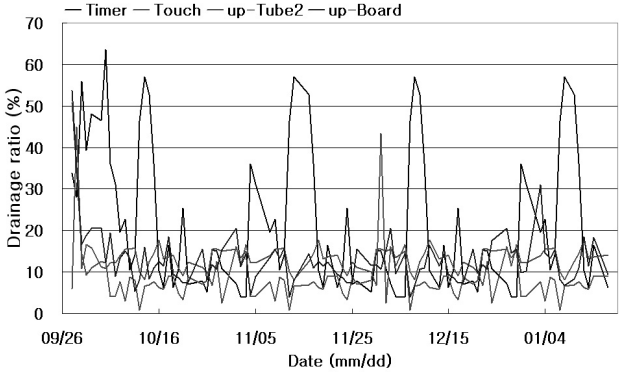

Fig. 7. Drainage ratio (%) in various treatments (3rd experiment). Touch: only the hydrophilic mat under the net, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Timer: same as Touch but controlled by a timer.

있었다. 생체중량은 Up-Board 처리에서 가장 우수했으나 통계적 유의성은 없었다(data not shown).

3차 실험에서도 2차 실험에서와 같이 총수확량과 상품과량에서 처리간 차이가 있었으며, 소과 발생량에서도 처리간 차이가 있었다(Table 3). 총수확량과 상품과량은 2차 실험과 동일하게 Up-Tube-2 처리에서 가장 많았고, Up-Board 처리에서 많았다. Timer 처리에서는 소과 발생량이 배액전극 제어법 처리들에 비해 두 배까지 많았고, 통계적 유의성은 없었으나 기형과의 발생도 많았다.

급액제어 방법의 효율을 판단하기 위해 실험기간 중 사용된 급액량을 조사하여 WUE(water use efficiency, 수분이용효율)와 FUE(fertilizer use efficiency, 비료이용효율)를 계산한 결과, 1kg의 과실을 수확하는데 배액전극 제어법에서는 14.1-21.8L의 물과 8.1-12.5g의 비료를 소비한 반면, 타이머 제어법에서는 39.1L의 물과 22.5g의 비료를 소비한 것으로 나타났다. 즉, 배액전극 제어법에서는 타이머 제어법에 비해 WUE와 FUE가 약 36% 정도 높아 1kg의 과실을 수확하는데 물과 비료를 절약 할 수 있는 것으로 밝혀졌다(Table 4). 배액전극 제어법 처리간의 차이에서는 Up-Board 처리에서 WUE와 FUE가 가장 경제적이었다. 이러한 결과는 Bhattarai et al.(2006)이 토양실험에서 보고한 WUE 78($L \cdot kg^{-1}$), Martin and Thorstenson(1988)이 토양실험에서 보고한 WUE 69

Table 3. Fruit yields and quality of tomato plants cultivated in perlite bed culture with various treatments (3rd experiment, January 15, 2011).

Treatment[z]	Total yield (g/plant)	Marketable yield (g/plant)	Average fruit weight (g/plant)	Malformed fruit (g/plant)	Marketable yield ratio (%)	Sugar contents (°Brix)
Touch	3,121 b	2,941 c	128 d	53.2 a	94.2 a	5.5 a
Up-Board	3,249 ab	3,013 b	178 b	58.8 a	92.7 a	5.8 a
Up-Tube-2	3,297 a	3,091 a	151 c	55.1 a	93.8 a	5.7 a
Timer	2,731 c[y]	2,436 d	228 a	67.3 a	89.2 a	5.7 a

[z]Touch: only the hydrophilic mat under the net, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Timer: same as Touch but controlled by a timer.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

Table 4. Water use efficiency (WUE) and fertilizer use efficiency (FUE) of tomato in perlite bed culture in various treatments (3rd experiment).

Treatment[z]	Water (L/plant)	Fertilizer (g/plant)	Marketable yield (kg/plant)	WUE (L/kg)	FUE (g/kg)
Touch	52.8 a	30.3 a	2.9 a	18.2 c	10.4 c
Up-Board	42.2 a	24.2 a	3.0 a	14.1 d	8.1 d
Up-Tube-2	67.5 a	38.7 a	3.1 a	21.8 b	12.5 b
Timer	93.9 a	53.9 a	2.4 a	39.1 a[y]	22.5 a

[z]Touch: only the hydrophilic mat under the net, Up-Tube-2: place two half-round tubes beneath the hydrophilic mat, Up-Board: place perforated plastic board lay on the hydrophilic mat, Timer: same as Touch but controlled by a timer.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

($L \cdot kg^{-1}$) 보다도 매우 경제적인 것이었다. WUE와 FUE는 토양재배와 수경재배 간에도 차이가 있으며(Rouphael et al., 2005), WUE와 FUE를 높이는 방법으로는 환경관리(Zabri and Burrage, 1998), 재배법(Abou-Hadid et al., 1993), 배양액관리(Warren and Bilderback, 2004) 등 여러 가지가 있는데, 이 실험에서 급액관리 방법의 중요성을 확인할 수 있었다. 배액전극 제어법 처리간의 차이도 통계적 유의성이 있었으며, WUE와 FUE 및 상품과량을 종합적으로 고려하면 Up-Board 처리를 선택하는 것이 가장 경제적이었다. 또한 측정틀 제작이 간편하여 소요되는 노동력과 기술력을 고려할 때에도 가장 좋은 처리방법으로 판단되었다. 배지경 재배시 배액률은 보통 20-30%로 유지하는 것이 좋은 것으로 알려져 있으나(Roh, 1997; Schon and Compton, 1997), 본 실험의 배액전극 제어법을 적용한 처리 중에서 Up-Board 처리와 Up-Tube-2 처리에서는 10-20% 범위로 유지되었다 (Fig. 7). 이 범위의 배액률은 생육이나 수확량에 좋은 영향을 주었고, Timer 처리에서보다 배액률이 적어서 WUE와 FUE가 높아져서 경제성을 높여주었다.

초 록

토마토 펄라이트 베드재배에서 급액방법으로 배액전극 제어법을 적용하기 위한 적정 측정틀 개발을 위해 본 실험이 수행되었다. 작물로는 대과종 토마토를 사용하였고, 재배방법은 자루재배와 동일하게 적용하였으며, 급액제어 방법으로 배액전극 제어법을 적용한 다섯 가지 측정틀 처리와 타이머 제어법을 적용한 한 가지 측정틀 처리를 대조구로 하였다. 1차 실험에서는 배지의 수분함량 안정성 조사로 가장 불안정한 Tube-2 처리를 제외하였고, 2차 실험에서는 배지의 수분함량 안정성과 생육과 수확량을 조사하여 성적이 가장 나빴던 Tube-1 처리를 제외하였다. 3차 실험에서 배지의 수분함량 안정성과 생육 및 수확량에서 우수하였으며, WUE와 FUE가 가장 높았던 Up-Board 처리를 선택하였다. Up-Board 처리는 여섯 가지 처리 중에서 가장 경제적이며 측정틀 제작도 용이하여 베드충진 방식에서 배액전극 제어법을 적용하기에 가장 우수한 측정틀 설계였다.

추가 주요어 : 수경재배, 급액관리, 배양액, *Solanum lycopersicum*

인용문헌

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.

Albaho, M.S. and J.L. Green. 2004. Comparative study on the effect of two greenhouse production system on selected tomato

cultivars. Acta Hort. 648:91-97.
An, C.G., Y.H. Hwang, H.S. Yoon, H.J. Hwang, G.M. Shon, G.W. Song, and B.R. Jeong. 2005. Effect of drain ratio during fruiting period on growth and yield of sweet pepper in rockwool culture. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:256-260.
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 Hort. 108:278-288.
Kim, Y.S. 2003. Possibility of water management in hydroponics by electrical signal. Ind. Sci. Res. of Sangmyung Univ. 14:1-10.
Kim, S.E., S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2010a. Application time of Irrigation management by drainage level sensor in tomato perlite bag culture. J. Bio-Environ. Con. 19:19-24.
Kim, S.E., S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2010b. Control of daily first drainage time by irrigation management with drainage level sensor in tomato perlite bag culture. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28:409-414.
Martin, B. and Y.R. Thorstenson. 1988. Stable carbon isotope composition (13C), water use efficiency, and biomass productivity of *Lycopersicon esculentum*, *Lycopersicon pennellii*, and the F1 hybrid. Plant Physiol. 88:213-217.
Matsuno, A. 1990. The guide book of rockwool culture-Retarding culture of tomato plant. p. 33-41. The national agricultural cooperative union, Tokyo.
Roh, M.Y. 1997. Development of irrigation control system Base 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.
Schon, M.K. and M.K. Compton. 1997. Comparison of cucumbers grown in rockwool or perlite at two leaching fractions. Hort-Technol. 7:30-33.
Sim, S.Y., S.Y. Lee, S.W. Lee, M.W. Seo, J.W. Lim, S.J. Kim, and Y.S. Kim. 2006a. Characteristics of Root Media Moisture in Various Irrigation Control Methods for Tomato Perlite Bag Culture. J. Bio-Environ. Con. 15:225-230.
Sim, S.Y., S.Y. Lee, S.W. Lee, M.W. Seo, J.W. Lim, S.J. Kim, and Y.S. Kim. 2006b. Desirable particle size distribution of perlite for tomato bag culture. J. Bio-Environ. Con. 15:231-238.
Sim, S.Y., S.Y. Lee, S.W. Lee, M.W. Seo, J.W. Lim, S.J. Kim, and Y.S. Kim. 2006c. Appropriate set time in irrigation system by time clock in tomato perlite bag culture. J. Bio-Environ. Con. 15:327-334.
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.
Zabri, A.W. and S.W. Burrage. 1998. The effects of vapour pressure deficit (VPD) and enrichment with CO_2 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.