

| 과제구분                | 기본연구                    | 수행시기 |      | 전반기              |     |
|---------------------|-------------------------|------|------|------------------|-----|
| 연구과제 및 세부과제명        |                         | 연구분야 | 수행기간 | 연구실              | 책임자 |
| 새로운 수경재배 기술체계 확립 연구 |                         | 채소   | '09  | 농업기술원<br>원예산업연구과 | 심상연 |
| 배액전극센서시스템 재배부 개선 연구 |                         | 채소   | '09  | 농업기술원<br>원예산업연구과 | 심상연 |
| 색인용어                | 배액전극센서, 수경재배, 관수법, 토마토, |      |      |                  |     |

## ABSTRACT

This experiment was implemented to introduce the drainage electrode irrigation system as early as possible after transplanting in order to save the nutrient solution in a convenient way. Drainage electrode irrigation method was introduced 15, 19 or 22 days after transplanting after irrigation was firstly controlled by time clock. Time clock method was also treated as a control plot. Drainage electrode method could be adopted from 15 days after transplanting, 15 days earlier than the present introducing time. The growth and yield was better in treatments with drainage electrode method. Water and fertilizer use efficiency were the highest in the treatment of 15 days, the lowest in time clock treatment.

**Key words** : Drainage level sensor, Irrigation management, Soilless culture, Solanum lycopersicum

## 1. 연구목표

국내에서 연구된 자루재배를 위한 효율적인 급액 관리법으로 배액전극관수시스템이 있다. 배액전극 관수시스템은 관수된 배양액이 배지를 적시고 배출되는 배액을 집액구에 일정량 모은 후 흡습포를 통하여 식물이 재흡수하면 집액구의 수위가 내려가 전극센서에 감지되고 이것을 기준으로 관수하는 시스템으로 식물체의 생육단계와 기상환경에 따라 식물체가 소모하는 만큼만 관수되는 관수시스템이다(심 등, 2006). Time clock 에 의한 급액제어는 장치 자체가 간단하고 재배자의 경험을 기초로 하여 급액을 제어할 수 있기는 하지만 날씨에 따라 급액횟수나 1회당 급액량을 조절하지 않으면 배지가 과습 해지거나 건조해지기 쉽다(松野, 1990). 또한 재배환경, 작물의 종류 및 생육단계에 따라 정밀하게 급액 제어하는데 한계를 지니고 있다(Smith, 1988; Choi 등, 2001). 일사량에 의한 급액제어는 작물의 수분흡수량과 일사량과의 상관관계를 이용하여 적산일사량이 일정 수준에 도달하면 급액이 이루어지도록 하는 방법이다(Hanan, 1967; Maree, 1981; Hartmann 과 Zengerle, 1985; 加藤, 1994). 이 급액제어 방법은 Time clock에 의한 급액제어보다 식물의 생리적인 면을 고려한 급액제어 방법이며, 또한 다른 급액제어 방법보다 실용화의 가능성이 높다고 알려져 있다(De Graff, 1988; Roh 와 Lee, 2001). 관수 경제성 면에서의 배양액은 용수와 비료의 혼합물이므로, 효율을 고려할 경우 수확량에 대한 용수 이용효율(WUE: water use efficiency)과 비료이용효율(FUE: fertilizer use efficiency)을 모두 고려해야 한다. WUE와 FUE는 각각 단위 소요된 용수나 비료의 양이 생산한 수확량을 의미하는데, WUE와 FUE는 토양재배와 수경재배간에도 다르다(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 있다. WUE와 FUE를 높이는 방법으로는 관수량을 줄이는 방법이 가장 단순한 방법이다. FUE만을 위해서는 배양액의 농도나 조성을 적절히 하는 방법이 있다. 배액전극관수시스템은 다른 관수법에 비해 경제적으로나 식물체 관수관리 면에서 WUE와 FUE를 높이는 가장 단순하면서도 효과적인 관수법이다. 그러나 정식 후 작물의 뿌리 활력이 배액을 소모하지 못하면 운영할 수 없는 시스템으로 정식 후 식물의 뿌리 발육과 수분흡수양상을 알 필요가 있다. 그에 따라 배액전극법을 적용할 수 있는 시점이 결정되며 이는 곳 WUE와 FUE를 높이는 배양액 관리법이 될 것이다.

본 시험은 기존에 개발되어 실용화 단계에 있는 배액전극 관수시스템(집액용기 안의 배액 높이에 따라 설정된 센서에 의해 급액)의 핵심기술인 재배틀을 최적의 상태로 개선하고 내구성 있는 자재로 금형성형 생산하여 개발된 재배틀의 제어성능을 평가하고 적정 적용 기술을 개발하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구는 2009년 5월 14일부터 2009년 12월 31일까지 경기도농업기술원 한국형 유리온실과 1-2W 형 3연동 비닐하우스에서 수행되었다. 2008년 개발된 배액전극관수시스템의 재배틀을 기존의 스티로폼에서 내구성 있는 FRP재질로 금형생산 하여 규격화하고 전극센서시스템의 적용시점을 구명하고자

공시작물 토마토(로꾸산마루, 사카다종묘)를 이용하여 급액관리법 적용시점을 각각 정식 후 15, 19, 22일 전극법 관수제어 시작과 대조구(타이머 관수)시점으로 처리하였다.

사용 배양액은 토마토용 Yamazaki 배양액 이었으며, 배양액의 회색은 자동 공급 장치(GH-2000, 가화텍)를 이용하였다. 관수 제어는 일사량과 배액전극법 처리별로 급액 하였다. 1회 관수량은 배액을 10% 선에서 관수 시간으로 조절 하였다. 측지는 5cm 이상일 때 제거했으며 수확이 종료된 화방 이하의 하엽은 제거하였다. 5화방 개화 후 상위 엽 2매를 남겨두고 적심하여 5단 적심 외대 가꾸기로 재배하였다. 개화 후 매주 월, 수, 금에 착과제로 토마토 톤을 살포했다.

급배액량은 weighing sensor를 사용하여 재배되고 있는 자루베드를 매달아 측정하였다. weighing sensor는 load cell (model: SB-50L, CAS Corporation)을 사용했으며, 최대 허용중량은 50kg였다. 중량값은 indicator(NY-501A, CAS Corporation)를 통해 24channel multiplexer (MOXA)에 연결되도록 설계하였다. multiplexer에 모든 종류의 처리에서 계측되는 값을 받은 후, 전용 software인 Multi Indicator Data Acquisition System (MIDAS2000)에서 계측값을 처리, 저장하도록 구축했다. 중량 감소는 1분마다 측정하였다.

사용한 재배틀은 배지가 놓이는 부분, 집액구 부분으로 나뉜다. 집액구 부분은 배지부분보다 5cm 낮았다. 배지는 펠라이트자루(W300 × L1,000 × H150mm, 건곤지오텍)를 사용하였다. 배지와 집액구 부분 사이에는 친수성흡습매트를 깔아서 모세관현상을 이용해서 두 부분 간에 배양액 이동을 원활히 하는 역할을 하도록 했다. 각 mat는 폭 48 × 길이 110cm으로 잘랐으며, 이를 각각의 배지아래 바닥에 부착시킨 다음, 실험용 베드에 위치시켰다. 이 때 배지의 바닥은 폭 10 × 길이 20cm로 중앙부를 기준으로 균형을 맞추어 3군데의 절단면을 내고 주변에 양면테이프를 붙이고 친수성흡습매트를 배지 밑면에 배양액 이동의 심지 역할을 하도록 붙였다.

2009년 6월 25일 본엽 7~8매, 1화방 출현시 정식하였다. 펠라이트자루는 정식 전날 1시간가량 포수한 후, 정식 직전 배액구를 뚫은 다음, 자루 당 3개의 구멍을 내고 한 구멍마다 2그루씩 정식 하였다. 재식간격은 40cm로 하였다. 전년도에 연구 개발하여 상품화 시킨 배액전극관수시스템의 재배부를 개선하여 규격화한 재배틀의 급액제어 성능과 식물체의 증산작용에 의한 배지 수분변화를 조사하였다. 재배시 측지는 7cm 이상에서 제거했으며, 뿌리발달을 위해 지제부로부터 5마디까지의 측지는 제거하지 않았다. 2009년 6월 30일부터 매주 3회 맑은 날에 착과제(토마토톤)를 살포하였다. 수확은 토마토가 80%정도 착색 되었을 때 처리별, 화방별로 하였고, 상품과와 기형과(배꼽썩이, 창문과), 당도 등을 조사하였다. 2009년 8월 10일에 1단 수확을 시작으로 8월 17일에 2단, 8월 22일에 3단 수확을 시작하였다. 수확은 3단까지 조사하였으며, 수확종료는 9월 3일 이었다.

생육조사는 2009년 8월 6일과 9월 3일 2차례 실시하였고, 처리별로 12주씩 무작위 선정하여 생체중, 초장, 엽장, 엽폭, 경경, 마디수 등을 측정하였다. 엽장과 엽폭은 선정된 개체의 가장 긴 잎을 선정해 측정하였다. 또한 실험기간 중 급액과 배액의 pH와 EC를 조사하였고, 사용된 급액량을 조사하여 WUE(water use efficiency, 용수이용효율)와 FUE(fertilizer use efficiency, 비료이용효율)를 계산하였다. 통계처리에는 SAS 통계패키지를 이용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

배액전극관수시스템의 기존 스티로폼 재배틀에서 문제가 되고 있는 누수와 내구성, 제어정확성을 해결하고자 그림 1과 같이 재배틀을 설계하고 금형을 제작하여 FRP 재질로 생산하여 규격화 하였다. 새로 제작된 재배틀은 기존 스티로폼 베드에 비해 누수와 설치 용이성, 전극센서 설치 등 사용과 설치, 취급 면에서 우수하였으며 관수제어 정확성도 우수한 결과를 나타내었다.

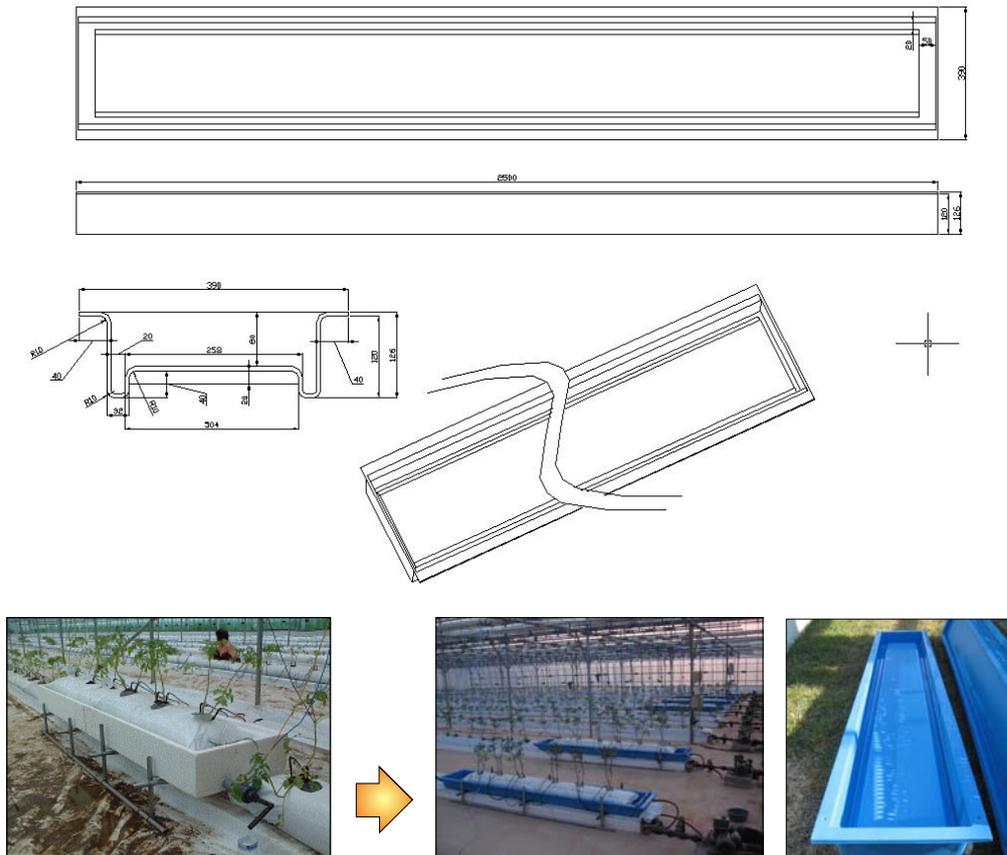


그림 1. 개선된 시작기 도면 및 제품

타이머법으로 급액제어를 하다가 정식 후 15, 19, 22일에 각각 배액전극제어법을 적용한 결과(그림. 2), 기존의 정식 1개월 이후에 배액전극제어법 적용하는 관행보다 2주 앞당긴 15일차 처리부터 작물이 배액전극제어법에 반응하는 것으로 나타났다(표 1). 또한 기존의 연구결과(Sim 등, 2006a, b, c)와 같이 배액전극제어법은 타이머제어법에 비해 재배기간 중 기상환경 변화에서도 식물체의 요구에 능동적으로 급액회수가 변하며 배지의 무게 즉 배지내 수분함량이 안정적으로 유지되었다. 일중 배지의 수분함량 변화는 배액전극제어법을 적용한 이후부터 5% 내의 편차범위 안에서 안정적으로 유지되었다.

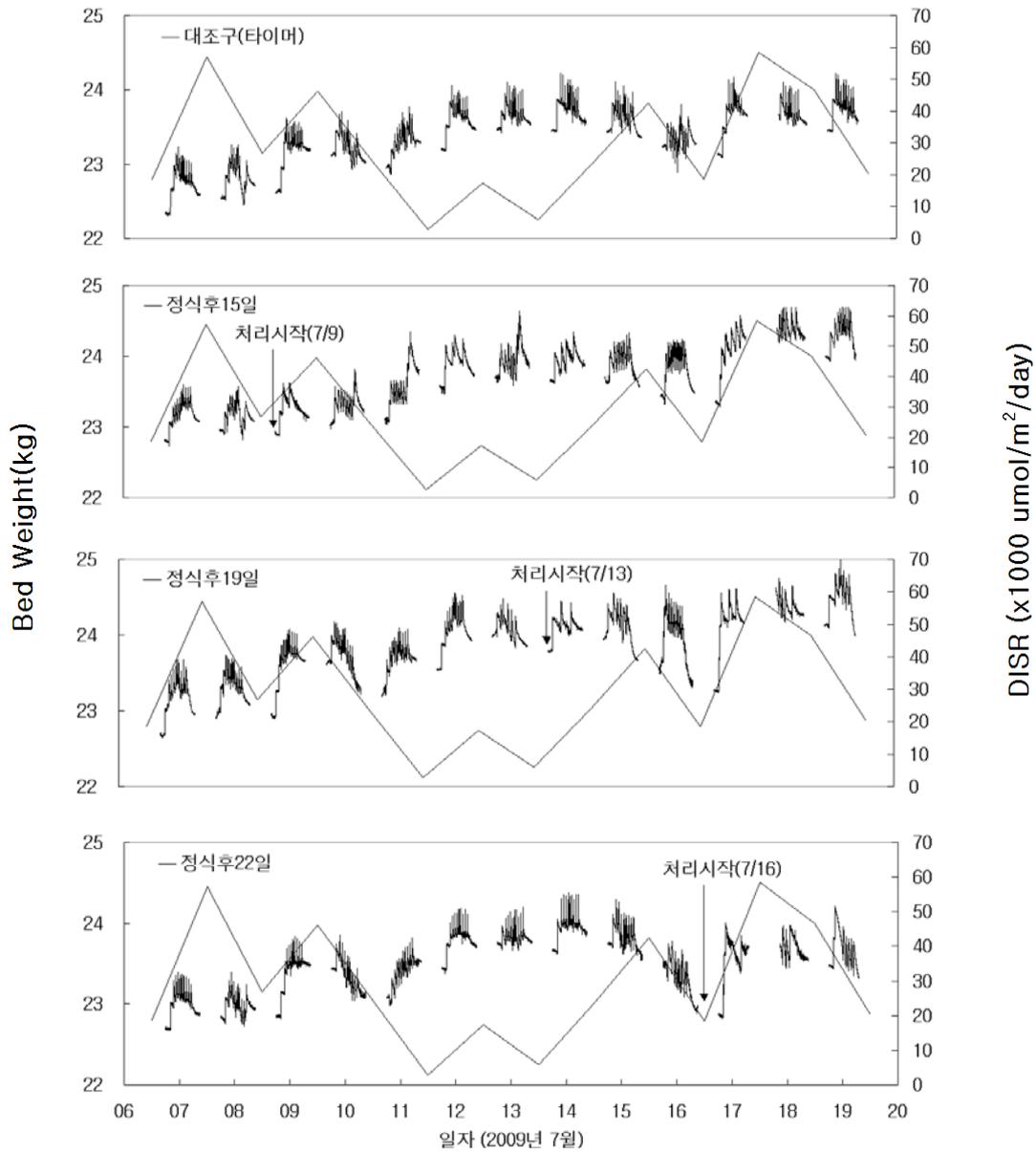


그림 2. 배액전극관수법 적용시기에 따른 배지무게 변화

- \* Timer : 타이머관수 매일 11회(8시, 9시20분, 10시30분, 11시30분, 12시30분, 1시, 1시30분, 2시, 3시, 4시, 5시) 급액
- \* DISR(적산일사량) : Daily integrated solar radiation(umol/m<sup>2</sup>/sec).

표 1. 시험처리별 일사량에 따른 관수 횟수 비교

| 월 일                         | 7/9  | 7/10 | 7/11 | 7/12 | 7/13 | 7/14 | 7/15 | 7/16 | 7/17 | 7/18 | 7/19 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| DISR <sup>z</sup>           | 26.9 | 46.2 | 24.2 | 2.8  | 17.3 | 5.9  | 23.6 | 42.5 | 18.5 | 58.5 | 46.6 |
| 처 리                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 정식 후 15일<br>전극법관수           | 3    | 8    | 7    | 5    | 7    | 4    | 7    | 11   | 6    | 6    | 7    |
| 정식 후 19일<br>전극법관수           | 11   | 11   | 11   | 11   | 6    | 3    | 6    | 10   | 5    | 6    | 7    |
| 정식 후 22일<br>전극법관수           | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 7    | 4    | 6    | 7    |
| 대조구<br>(타이머관수) <sup>y</sup> | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   |

<sup>z</sup>적산일사량 : Daily integrated solar radiation(umol/m<sup>2</sup>/sec).

<sup>y</sup>타이머관수 : 매일 11회(8시, 9시20분, 10시30분, 11시30분, 12시30분, 1시, 1시30분, 2시, 3시, 4시, 5시) 급액

배액전극제어법을 적용하기 이전에는 배액율이 높고 일일변화폭도 큰 경향을 보였으나, 타이머법과 비교하여 배액전극제어법을 적용한 이후 작물이 배액전극제어법에 적응하여 배액률도 점차 15~25% 사이로 안정되어가는 양상을 보였다(그림. 3). 배액전극제어법을 적용한 처리구의 경우, 급액량과 배액률이 적산일사량(DISR)에 효율적으로 반응한 데 반해, 타이머법은 실험기간 내내 날씨에 상관없이 급액이 되어, 비가 오거나 흐린 날은 배액률이 60~90%였고, 맑고 더운 날에는 배액률이 10% 이하일 때도 있어서 배액률이 매우 불규칙 한 것으로 나타났다.

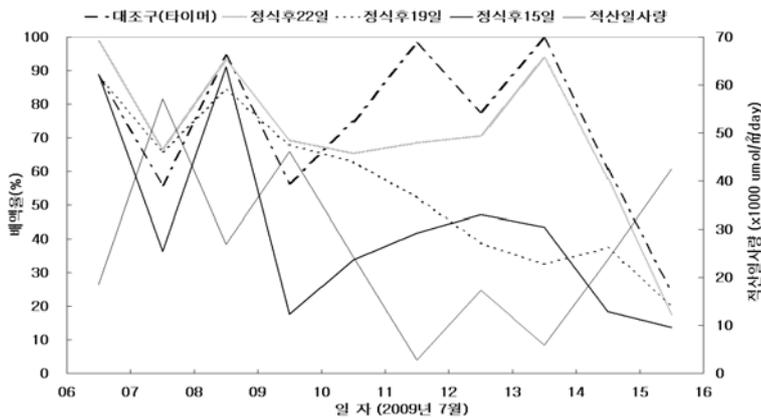


그림 3. 배액전극관수법적용 시기에 따른 배액율 변화

생육조사에서 초장은 정식 후 15일처리에서 가장 크고, 정식 후 19일, 정식 후 22일, 타이머법 처리 순으로 작아졌다. 또한 엽폭도 정식 후 15일과 정식 후 19일 처리에서 넓었다. 이를 통해 배액전극제 어법이 토마토 펠라이트 자루재배에서 작물의 생육과 배지내 수분조절에 가장 바람직한 제어법이라는 보고(Sim 등, 2006a, b)를 확인하였다. 또한 배액전극제어법을 적용하는 시기가 빠를수록 작물의 초장과 엽폭 생육이 통계적 유의성을 갖는 범위 안에서 빨라짐을 알 수 있었다(표 2). 엽장과 경경, 마디수는 차이가 없었으며, 생체중은 타이머관수 처리에서 가장 큰 경향을 나타냈지만 통계적 유의성은 없었다.

표 2. 시험처리별 토마토의 생육 비교

| 처 리 <sup>2</sup> | 초장<br>(cm)        | 엽장<br>(cm) | 엽폭<br>(cm) | 경경<br>(mm) | 마디수<br>(개) | 생체중<br>(g/주) |
|------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 정식 후 15일 전극법관수   | 165a <sup>y</sup> | 45.5       | 40.7a      | 12.6       | 24.2       | 628          |
| 정식 후 19일 전극법관수   | 158b              | 46.3       | 40.5a      | 12.2       | 22.4       | 623          |
| 정식 후 22일 전극법관수   | 154c              | 44.0       | 37.0b      | 12.7       | 23.1       | 537          |
| 대조구(타이머관수)       | 149d              | 44.6       | 38.9ab     | 12.3       | 23.0       | 708          |

<sup>2</sup>정식 후 15일(7월 9일), 19일(7월 13일), 22일(7월 16일), 대조구(타이머 관수)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

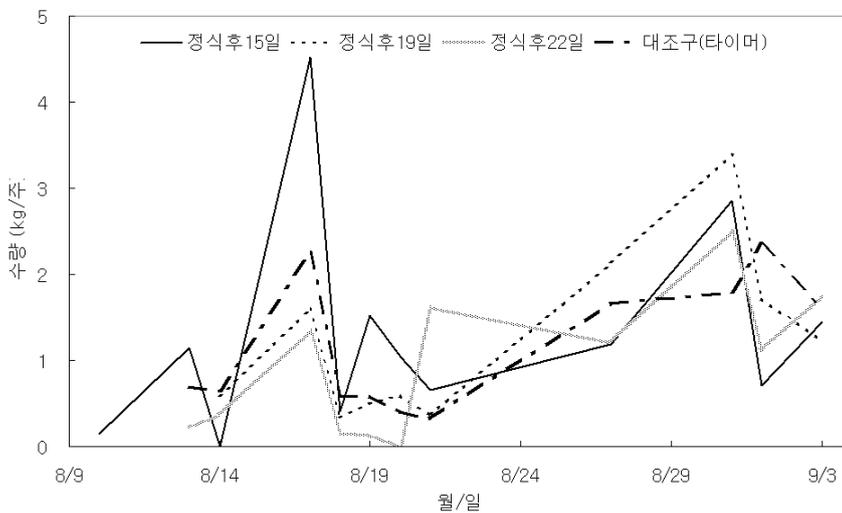


그림 4. 배액전극관수법적용 시기에 따른 토마토의 수확기와 수량

총수확량과 상품과량은 정식 후 15일 처리에서 가장 높았으며, 정식 후 22일 처리에서 가장 낮았다. 기형과 발생은 정식 후 19일 처리에서 가장 적었고, 타이머관수에서 가장 많았다. 따라서 상품과율이 정식 후 19일 처리에서 가장 높고, 타이머관수처리가 가장 낮았다. 평균과중과 당도는 처리간 차이를 보이지 않았다(표 3).

수확시기는 정식 후 15일, 타이머관수, 정식 후 19, 정식 후 22일 순으로 나타났다(그림. 4). 따라서 생식생장도 배액전극제어법 적용시기가 빠른 순서였다. 이에 따라 배액전극제어법이 영양생장과 생식생장 모두에서 작물이 요구하는 적정 함수율을 만족시키는 매우 효과적인 관수방법임을 알 수 있었다(Sim 등, 2006a, b).

표 3. 시험처리별 토마토의 수량 비교

| 처 리 <sup>z</sup> | 총수량<br>(g/주)        | 상품수량<br>(g/주) | 평균과중<br>(g/주) | 기형과<br>(g/주) | 당도<br>(°Brix) | 상품과율<br>(%) |
|------------------|---------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| 정식 후 15일 전극법관수   | 1,304a <sup>y</sup> | 1,245a        | 189           | 59.3b        | 5.7           | 95.5b       |
| 정식 후 19일 전극법관수   | 1,034b              | 1,005b        | 199           | 28.7c        | 5.5           | 97.2a       |
| 정식 후 22일 전극법관수   | 816c                | 752c          | 192           | 63.8b        | 5.8           | 92.2b       |
| 대조구(타이머관수)       | 1,051b              | 933b          | 188           | 117.8a       | 5.7           | 88.8c       |

<sup>z</sup>정식 후 15일(7월 9일), 19일(7월 13일), 22일(7월 16일), 대조구(타이머 관수)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

실험기간동안 사용된 용수량과 비료량을 단순계산 한 결과는 타이머관수 처리에서 가장 많았고, 정식 후 15, 정식 후 19, 정식 후 22일 처리 순으로 많았다. 급액제어의 효율을 판단하기 위해 실험기간 중 사용된 급액량을 조사하여 WUE(water use efficiency, 용수이용효율)와 FUE(fertilizer use efficiency, 비료이용효율)를 계산한 결과, 1kg의 과실을 수확하는데 정식 후 15일 처리가 57.2L의 물과 32.9g의 비료를 소비하여 가장 경제적이었다. 이러한 결과는 Bhattarai 등(2006)이 토양실험에서 보고한 WUE 78(L/kg), Martin과 Thorstenson(1988)이 토양실험에서 보고한 WUE 69(L/kg) 보다도 경제적인 것이었다. 반면, 타이머관수 처리에서는 80.5L의 물과 46.3g의 비료를 소비하여 정식 후 15일 처리와 비교할 경우 물소비 및 비료소비량이 약 41%정도 높아서 상대적으로 경제성이 낮았다. 물론 타이머관수 처리에서 급액회수를 조절함으로써 소비량을 조절하여 경제성을 높일 수는 있으나 근본적으로 과다관수의 경향을 해소하기는 어려울 것으로 사료된다. 정식 후 19, 정식 후 22일 처리는 정식 후 15일 처리보다 약간 많았으나 통계상으로 유사한 결과를 보였다. 따라서 배액전극제어법 처리시기를 빨리 적용할수록 경제적임을 알 수 있었다(표 4).

표 4. 수량에 따른 용수 및 비료 이용량 비교 (조사기간 : 6. 25 ~ 9. 3)

| 처 리 <sup>2</sup> | 용수소요량<br>(L/주) | 비료소요량<br>(g/주) | 상품수량<br>(kg/주) | 용수이용량<br>(L/kg)    | 비료이용량<br>(g/kg) |
|------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| 정식 후 15일 전극법관수   | 71.1           | 40.8           | 1.245          | 57.2b <sup>y</sup> | 32.9b           |
| 정식 후 19일 전극법관수   | 64.9           | 37.2           | 1.005          | 65.2b              | 37.5b           |
| 정식 후 22일 전극법관수   | 48.4           | 27.8           | 0.752          | 64.4b              | 37.0b           |
| 대조구(타이머관수)       | 75.0           | 43.0           | 0.933          | 80.5a              | 46.3a           |

<sup>2</sup>정식 후 15일(7월 9일), 19일(7월 13일), 22일(7월 16일), 대조구(타이머 관수)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

실험결과 배액전극제어법은 타이머법에 비해 작물의 생육시기별로 변화하는 수분요구에 적극적으로 반응하며, 배액율을 비교적 균일하게 유지하는 급액제어법이며, 토마토의 영양생장과 생식생장에 효과적인 급액제어법이며, WUE와 FUE를 분석한 결과 경제적 경쟁력도 갖추고 있음을 확인하였다. 따라서 배액전극제어법의 적용시기가 빠를수록 용수량과 비료량을 절약하고, 생산량도 증가하여 경제적이 라 할 수 있다.

상기 시험결과 관행 배액전극제어법 적용 시작시점인 정식 후 30일에서 시기를 앞당겨서 정식 후 15일부터 배액전극제어법을 적용하여도 토마토의 생육에 문제가 없으며, 배액전극관수 적용시점을 앞 당김에 따라 그에 따른 비료와 용수 절감의 경제적 이익이 있음을 도출하였다. 그러나 본 실험은 작물 의 생육에 적절한 외부환경(기온, 습도, 광도)을 유지하기 어려운 하절기에 수행된 것이므로, 뿌리생 장이 다른 시기(동절기)에 대해서는 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 적 요

배액전극관수시스템의 핵심기술인 재배틀을 최적의 상태로 개선하고 내구성 있는 자재로 금형성형 생산하여 개발된 재배틀의 제어성능을 평가하고 배액전극제어법 적용시기를 가능한 앞당기고, 배양액 을 절감하기 위하여 정식후 15일, 19일, 22일에 배액전극제어법을 적용하는 3개 처리와 대조구(타이머 관수) 처리를 두고 시험한 결과는 다음과 같다.

- 가. 기존 스티로폼 베드보다 내구성과 관수 정확성을 고려한 FRP 재배틀을 설계하여 금형완성 한 결과 기존의 베드와 같이 관수제어성이 우수하였으며 취급이나 내구성이 개선되었다.
- 나. 배액전극관수제어 가능 시점을 알아보기 위해 기존 정식 후 1개월간의 활착기는 타이머로 관수

한 후 전극법을 적용하던 방법을 2주 앞당긴 15일후 적용 처리부터, 19일후, 22일후 배액전극 관수법을 처리한 결과 15일후부터 적용해도 작물이 반응하는 것으로 나타났다.

- 다. 배액전극관수법적용 시기에 따른 배지무게 변화는 전극법을 적용한 시점부터 안정적으로 유지되었으며 급액횟수도 일사량에 따른 식물체의 수분요구도에 따라 능동적으로 급액되었다.
- 라. 배액율도 일사량에 따라 배액전극관수법 적용시점부터 효율적으로 반응하였으며 생육 및 수량도 정식후 15일 처리에서 높았다.
- 마. 배액전극제어법의 적용시기가 빠를수록 용수량과 비료량을 절약하고, 생산량도 증가하여 정식후 15일 처리가 경제적인 것으로 나타났다.
- 바. 이상의 결과로 볼 때 재배틀의 성형생산은 내구성과 제어용이성 면에서 우수하였으며 관수시점 적용은 정식 후 15일부터 적용하는 것이 경제적인 것으로 판단된다.

## 5. 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.
- Choi, E.Y., Lee, Y.B. and J.Y. Kim. 2001. Determination of total integrated solar radiation range for the optimal absorption by cucumber plant in different substrates. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):271-274. (in Korean)
- De Graff, R. 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and measuring the amount of drainage water. *Acta Hort.* 229:219-231.
- Hanan, J.J. 1967. A solar integrator for greenhouse use. Colorado Flower Grower's Association, Bulletin 203.
- Hartmann, H.D. und K.H. Zengerle. 1985. Neue Methode zur Optimierung der Bewaesserung. *Gemuese* 21(5):227-229.
- Maree, P.C.J. 1981. Dependence of water requirements of *Lycopersicon esculentum* planted in rockwool on incoming solar radiation. *Acta. Hort.* 115:59-67.
- Roh, M.Y. and Y.B. Lee. 2001. Amount of water absorption, net CO<sub>2</sub> assimilation rate, growth and yield of cucumber plant as affected by irrigation control method in substrate culture. *Kor. J. Soc. Hort. Sci.* 42(1):38-42.
- 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.

- Sim, S.Y., Lee, S.Y., Lee S.W., Seo, M.W., Lim, J.W., Kim, S.J. and Kim, Y.S. 2006a. Characteristics of Root Media Moisture in Various Irrigation Control Methods for Tomato Perlite Bag Culture. Journal of Bio-Environment Control, 15(3):225~230.
- Sim, S.Y., Lee, S.Y., Lee S.W., Seo, M.W., Lim, J.W., Kim, S.J. and Kim, Y.S. 2006b. Appropriate Set Time in Irrigation System by Time Clock in Tomato Perlite Bag Culture. Journal of Bio-Environment Control, 15(4):327~334.
- Sim, S.Y., Lee, S.Y., Lee S.W., Seo, M.W., Lim, J.W., Kim, S.J. and Kim, Y.S. 2006b. Desirable Particle Size Distribution of perlite for Tomato Bag Culture. Journal of Bio-Environment Control, 15(3):231~238.
- Smith, D.L. 1988. Rockwool in horticulture. p. 24-35, 47-72. Grower Books, London.
- 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<sub>2</sub> 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.

## 6. 연구결과 활용제목

○ 수경재배용 재배틀 산업재산권 출원(디자인등록 출원번호 30-2009-0055966)

## 7. 연구원 편성

| 세부과제                 | 구분    | 소속               | 직급    | 성명   | 수행업무   | 참여년도 |
|----------------------|-------|------------------|-------|------|--------|------|
|                      |       |                  |       |      |        | '09  |
| 배액전극센서 시스템 재배부 개선 연구 | 책임자   | 농업기술원<br>원예산업연구과 | 농업연구사 | 심상연  | 세부과제총괄 | ○    |
|                      | 공동연구자 | "                | 농업연구사 | 이수연  | 조사분석   | ○    |
|                      |       | "                | "     | 이상우  | 조사분석   | ○    |
|                      |       | "                | 농업연구관 | 서명훈  | 결과검토   | ○    |
|                      |       | "                | "     | 김순재  | 시험지도   | ○    |
|                      | 상명대학교 | 교수               | 김영식   | 시험지도 | ○      |      |