

## Improvement of Method for Supplying the Nutrient Solution at Expanded Rice Hull Substrates during Hydroponic Culture of Tomato Plants

Kim, Kyung Hee\* · Lim, Sang Hyon · Kim, Sung Il · Yoo, Keun Chang<sup>1</sup>

Kangwon Provincial Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea.

<sup>1</sup>Division of Applied Plant Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

### Abstract

Plant roots are affected by the root zone environment rather than substrate material itself. It is important to provide a suitable environment for the roots by amending the substrate and adjusting supply of the nutrient solution. In an expanded rice hull substrates, 1.5 L nutrient solution was supplied on each day at different frequency. In rice hull substrate, plant growth and yield were the greatest in the treatment where a 1.5 L nutrient solution was supplied as 24 equal aliquots, whereas in perlite substrate plant growth and yield were the greatest in the treatment with 16 aliquots. Nitrogen deficiency symptoms caused by early decomposition of rice hulls by microorganisms was recovered by increasing solution EC from 1.7 to EC 2.0 dS · m<sup>-1</sup> for 25 days after planting. Plant growth and yield increased in the treatment of EC 3.0 dS · m<sup>-1</sup>, but the cause for this increase is not clear.

**Key words:** tomato, medium, water potential

\*Corresponding author

<sup>1)</sup>본 연구는 '99 농촌진흥청 지역농업기술개발 과제로 수행되었음.

### 서 론

고형배지경으로 토마토를 재배할 경우 양액관리는 맑은 날을 기준으로 1일 1.0~2.0 L 정도를 분할 급액하고 근권 EC는 2.0~2.5 dS · m<sup>-1</sup> 정도 수준에서 유지하도록 권장하고 있다(정 등, 1999). 그러나 이것은 기준에 불과하며 재배 환경과 작물 생육에 따라 재배자가 가감하는 것이 중요하다.

급액관리는 증발산량과 작물의 생육상태 및 배지의 종류에 영향을 받는다. 따라서 배지의 수분특성이 다르다면 급액관리의 기준도 달라야 한다. 팽연화왕겨 배지는 펄라이트에 비해 보수력(water potential)과 용기용수량(C·C: container capacity)은 좋으나 근권내 수분의 총량은 빨리 낮아지는 경향이 있어 실제로 식물체가 이용 가능한 수분은 팽연화왕겨가 약간 적으며, 이것은 흡수속도가 떨어지고 공극의 구조가 다른데서 오는 차이로 판단된다. 이것은 증산이 시작될 경우 팽연화왕겨경에서 좀더 빠른 시간 내에 수분을 소모하여

상대적으로 잦은 급액이 필요함을 의미한다.

또한 유기배지는 부숙과 연계되어 근권 EC가 일시적으로 불안정해지는 현상이 나타나기도 한다. 유기물의 분해과정에서 pH가 높아지는 이유는 부숙에 의해 미생물이 활성화되면서 NO<sub>3</sub>의 소모가 급격히 많아지고 암모니아화 과정이 이루어지기 때문인데(Smith, 1992; Sohn, 1996), 팽연화왕겨도 8% 가량의 부숙이 이루어지므로(Yun, 1996) C/N율의 인위적인 조절이 없을 경우 작물과 미생물간의 경합에 의한 일시적인 질소부족 현상이 나타날 수도 있다. 실제로 Kim 등(2000)의 보고에 의하면 팽연화왕겨를 배지로 하는 토마토 양액재배시 배액내 NO<sub>3</sub> 함량은 펄라이트 대비 최고 7 mmol · L<sup>-1</sup> 부족하였고, 급액개시 후 20~25일까지 영향을 미친다고 하였다.

이러한 점들이 팽연화 왕겨를 배지로 하는 양액재배에서 배지의 특성에 적합한 급액방법의 확립이 필요한 이유이며 Kim 등(2000)도 팽연화왕겨를 배지로 할 경우 급액법 개선이 필요함을 제시한 바 있다.

따라서 본 연구는 수분특성에 맞는 급액횟수의 조정과 Kim 등(2000)의 보고에서 제시한 초기 NO<sub>3</sub>의 부족을 해결하기 위한 일시적 급액농도 보정 방법을 비교 분석하여 급액개선 방안을 모색하기 위하여 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 팽연화왕겨 배지에 적합한 급액횟수

급액횟수는 1일 8회, 12회, 16회, 24회로 설정하였고, 급액량은 맑은 날 1일 1.5 L를 균등 분할 급액하였고, 생육시기, 환경 등을 고려하여 같은 비율로 가감하였다. 토마토 재배는 2월 하순 정식하는 춘천지역 반촉성 작형으로 재배하였고, 하우스 모모따로 품종을 1월 상순에 50공 tray에 파종하여 55일간 육묘한 본엽 6-7매의 직접정식묘를 사용하여, 재식거리 120 cm×20 cm로 2단 적심 재배하였다. 베드는 폭 30 cm, 높이 10 cm의 관행 스티로폼베드를 사용하였고 배지량은 주당 8 L로 하였다.

양액은 아마자키 토마토액(정 등, 1999)을 사용하였고 급액 EC는 생육초기 1.7 dS·m<sup>-1</sup>로 관리하다가 정식 20일 후 2.3 dS·m<sup>-1</sup>로 높여주고, 정식후 40일부터 2.0 dS·m<sup>-1</sup>로 관리하였다. 토마토 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 '농사시험연구조사기준'에 의하였다.

### 2. 초기 질소부족 현상과 해결 방안

정식 후 25일간의 급액농도를 처리별로 EC 1.7, 2.0, 2.5, 3.0 dS·m<sup>-1</sup>로 하고 이후 2.3 dS·m<sup>-1</sup>로 일괄 급액하였으며, 착과 후 생육종료일까지는 2.0 dS·m<sup>-1</sup>로 유지하며 작물의 생육을 조사하였다. 배액은 집수구를 두고 매일 오전 9시에 시료를 채취하여 ion-chromatography(Dx-120: Dionex)로 양이온은 CS12A (4×250 mm) 컬럼을 음이온은 AS14(4 mm) 컬럼을 사용하여 분석하였다.

배지내 미생물상의 조사를 위해 펠라이트구와 팽연화 왕겨구를 EC 1.7 dS·m<sup>-1</sup>의 동일 급액 조건으로 하여 토마토를 재배하였고 세균, 방선균, 곰팡이류로 나누어 세균류는 K.B. agar 배지, 방선균은 E.A.C agar 배지, 곰팡이류는 Martin's Rosebengal agar 배지를 이용하였으며 조성표는 Table 1과 같다.

10일 간격으로 채취한 배지 시료는 4°C 냉장고에

**Table 1.** Composition of microbial media for the microbe count

|   | K. B agar | E. A. C agar | Martin's Rosebengal agar |
|---|-----------|--------------|--------------------------|
| Agar  | 15 g      | 15 g         | 20 g                     |
| Dextrose  | -         | 1 g          | 10 g                     |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                 | 1.5 g     | 0.5 g        | -                        |
| MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O            | 1.5 g     | 0.2 g        | 0.5 g                    |
| Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | -         | trace        | -                        |
| Eggalbumin                                      | -         | 0.25 g       | -                        |
| Cyclohexamid                                    | -         | 0.04 g       | -                        |
| Streptomycin                                    | -         | -            | 30 mg                    |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                 | -         | -            | 1 g                      |
| Peptone   | 20 g      | -            | 5 g                      |
| Rosebengal (1%)                                 | -         | -            | 3.3 ml                   |
| Glycerol  | 15        | -            | -                        |

보관하면서 실험에 이용하였으며 시료 10 g에 멸균수 90 mL를 혼합하여 shaking 한 후 세균류는 106배, 방선균류와 곰팡이류는 104배로 희석하고 0.1 mL씩 auto pipet을 이용하여 접종하였다. 접종 후 열소독된 유리병을 이용하여 시료를 배지에 골고루 묻도록 하고, petridish를 크린랩으로 막고 배지가 위로 가도록 뒤집은 상태로 28°C 항온인큐베이터에서 배양하였으며 처리 후 3~5일에 균배양 상태를 보고 시기를 선택하여 평판계수법으로 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 급액횟수와 배지종류에 따른 토마토 생육반응

Table 2에서 팽연화왕겨는 초장과 엽수에서 처리간 유의성이 없었고 당도도 유의성은 없으나 팽연화왕겨와 펠라이트 공히 급액횟수가 많아질수록 낮아지는 경향이였다. 경경은 팽연화왕겨가 펠라이트에 비해 1 mm 정도 짧은 것으로 조사되었으나 이것은 왕겨에서 칼륨이 용출되는데 따른 반응으로 보이며 경이 짧은 것이 생육에 어떠한 영향이 있는지는 확실치 않았다.

수량은 펠라이트의 경우 급액횟수가 증가함에 따라 1일 16회 급액처리까지 증수된 후 24회 처리에서는 크게 떨어지는 결과를 보였는데 이것은 잦은 관수에 의해 배지가 너무 많은 수분을 보유하므로써 통기성의 불량이 원인인 것으로 판단된다(Fig. 1).

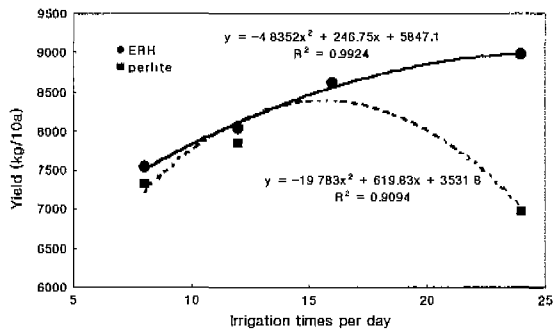
이러한 결과는 베드구조에 따른 배수성의 차이와도 연관되는 것으로 생각된다. 예를 들어 배수 및 통기성

토마토 양액재배시 팽연화 왕겨 배지에 적합한 급액방법 개선

**Table 2.** Effects of irrigation times of nutrient solution per day on the growth and fruit quality of tomato cultivated in perlite and expanded rice hulls (ERH) media.

| Media   | Irrigation times | Plant height (cm)   | No. of leaves | Stem diameter (mm) | Fruit weight (g) | Brix  |
|---------|------------------|---------------------|---------------|--------------------|------------------|-------|
| ERH     | 8                | 207.6a <sup>2</sup> | 30.5ab        | 19.0abc            | 134.1b           | 6.6a  |
|         | 12               | 208.7a              | 30.4ab        | 19.8ab             | 140.5a           | 6.4a  |
|         | 16               | 209.7a              | 30.6ab        | 20.1a              | 138.5a           | 6.3ab |
|         | 24               | 207.4a              | 30.7ab        | 19.8ab             | 140.1a           | 6.3ab |
| Perlite | 8                | 221.9a              | 31.7a         | 18.4c              | 127.0c           | 6.2ab |
|         | 12               | 210.4a              | 30.9ab        | 18.5bc             | 131.5bc          | 6.3ab |
|         | 16               | 214.7a              | 31.2ab        | 18.9abc            | 134.2b           | 6.2ab |
|         | 24               | 209.3a              | 29.3b         | 18.6bc             | 123.4c           | 5.9b  |

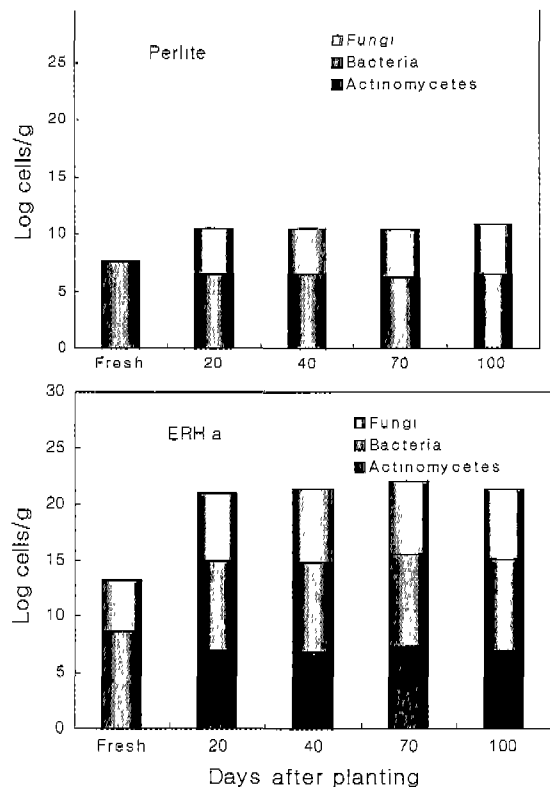
<sup>2</sup> Duncan's multiple range test, *P* = 0.05



**Fig. 1.** Effect of irrigation times of nutrient solution per day on the yield of tomato between ERH and perlite media.

을 개선하기 위해 바닥에 많은 구멍을 만든 산소베드 (상품명 : 청원온실)의 경우는 펄라이트를 사용할 경우에도 1일 16회 이상에서 더욱 좋은 생육반응을 보일 것이고, 자루재배시 배액구를 제한한다면 상대적으로 적은 횟수의 급액에서 좋은 생육반응을 나타낼 것이다. 따라서 급액횟수의 문제는 재배시스템에 따른 상대적인 개념이므로 배지재료 반으로 고정적인 급액횟수를 제시하기에는 무리가 있으며 단지 본 시험의 조건, 즉, 관행 과채류 재배용 스티로폼 베드에 한하는 결과이다. 결국 팽연화왕겨의 경우 같은 조건의 펄라이트 보다는 상대적으로 잦은 급액조건에서 증수될 것으로 생각된다.

본 시험에서 팽연화왕겨 처리 중 수량이 가장 높은 1일 24회 분할급액 처리는 하루에 1.5~2.0 L를 급액한다고 가정할 때 62~83 mL가 1회에 급액되는 것이며, 이것은 Benoit(1992)가 암면에서 제시한 하루 20~30회 분할급액에 1회 75 mL 급액에 근접하는 수준이었다.



**Fig. 2.** Effect of media on the growth of microbes. Note that the growth of Actinomycetes on the 20th day in the ERH a media.

**2. 팽연화 왕겨 배지를 이용한 양액재배시 근권내 미생물상의 변화**

Fig. 2에 의하면 Kim 등(2000)이 보고한 팽연화 왕겨 배지에서 초기 NO<sub>3</sub>의 부족은 Smith(1992)의 주장대로 미생물의 활성화에 의한 것으로 판단되었다. 정식 20일 이후 나타난 전체 미생물 수의 안정이 정식 후

100일째까지도 유지되었으며 곰팡이와 세균의 변화는 생육 전기간 동안 거의 없는데 반해, 방선균은 새 재료에 비해 20일까지 크게 늘어난 것을 볼 수 있었다.

또한 펄라이트는 새 재료에서 고온으로 가공된 재료의 특성상 곰팡이가 발견되지 않았고 작기가 진행되는 과정에서도 방선균이 검출되지 않아서 부숙이 없는 무기물 재료로서의 특성을 볼 수 있었다(Fig. 2).

**3. 초기 급액농도 보정에 의한 NO<sub>3</sub> 부족 경감**

정식 후 25일간의 급액 EC 보정은 관행처리구인 EC 1.7 dS·m<sup>-1</sup>와 2.0 dS·m<sup>-1</sup>는 초기 15일까지 배액 EC가 비슷하게 유지되었으나 정식 후 15일에서 25일 사이에 EC 1.7 dS·m<sup>-1</sup> 처리구의 배액 EC가 1.5 dS·m<sup>-1</sup> 이하로 떨어졌다가 정식 후 30일이 지나면서 2.0 dS·m<sup>-1</sup> 처리구와 비슷한 수준으로 안정되었다.

EC 2.5 dS·m<sup>-1</sup> 처리구와 3.0 dS·m<sup>-1</sup> 처리구에서는 급액 EC가 높은 만큼 상대적으로 배액 EC도 높 이졌고, EC 1.7 dS·m<sup>-1</sup> 처리구에서 정식 후 15일에서 25일 사이에 나타났던 배액EC가 낮아지는 현상은 나타나지 않았다. EC 2.3 dS·m<sup>-1</sup>로 동일 급액이 적용된 정식 25일 이후에는 처리간 배액 EC의 차이가

점차 작아지며 정식 후 40일을 지나면서 처리간 비슷한 수준의 배액을 보였다(Fig. 3).

Table 3은 처리간 토마토의 생육과 수량에 관한 것으로 정식 후 20일이 지난 상태에서 토마토의 생육은 EC 3.0 dS·m<sup>-1</sup> 처리구의 초장이 58.7 cm로 1.7 dS·m<sup>-1</sup> 처리구의 53.9 cm에 비해 유의성 있는 차이를 보 였고 엽수와 chlorophyll 함량에서도 같은 경향이였다. 또한 최종수량에 있어서도 1.7 dS·m<sup>-1</sup> 처리구의 7,447 kg/10a에 비해 3.0 dS·m<sup>-1</sup> 처리구는 9,363 kg/10a로 큰 차이를 보여 작물 생육이 과비상태에서 이루어지고 있었던 것으로 판단하기는 어려우며, 당도는 유의성은 없으나 급액농도가 높을 경우 당도가 높아진다는 일반적인 경향에 부합되었다.

Fig. 3과 Table 3의 결과는 왕겨를 배지로 할 경우 부숙과정에서 용출되는 생육저해 물질에 의한 피해가 급액농도를 높임으로서 완화된다는 Lee(1999)의 주장 과도 연관이 있는 것으로 생각될 수도 있다. Fig. 3에서 정식 후 15~25일 사이에 배액 EC의 일시적 감소가 1.7 dS·m<sup>-1</sup> 처리에서만 나타나고 급액 EC 2.0 dS·m<sup>-1</sup> 처리와 비교하여 2.5와 3.0 처리에서는 상대 적인 배액 EC의 상승만이 있었던 것으로 미루어 급액 농도를 높이는 것이 단지 NO<sub>3</sub>의 부족을 보완하는 역할만은 아닌 것으로 판단된다. 즉, 초기 25일간의 급액 EC를 2.0 dS·m<sup>-1</sup> 정도 수준으로 약간 높여주는 경우는 급액 EC를 높임으로서 정식초기에 발생하는 NO<sub>3</sub> 부족을 완화하는 효과로 생각할 수 있으나 급액 EC를 2.5~3.0 dS·m<sup>-1</sup> 수준으로 높여줄 경우의 영향은 다른 요인인 것으로 생각되었다.

결과적으로 팽연화왕겨를 배지로 하는 토마토 양액 재배에서 급액 EC를 초기 25일 동안 높여 줌으로 인 해 작물의 생육과 수량에 긍정적인 영향을 미친 것은 사실이나 이러한 효과는 단지 식물체와 미생물간의 양

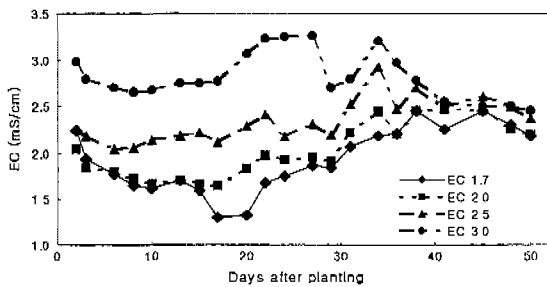


Fig. 3. Change of electrical conductivity in ERH media as affected by controlled electrical conductivity of Yamazaki nutrient solution.

Table 3. Growth and yield responses of 25-day-old tomato plants by the EC control of the nutrient solution.

| EC <sup>x</sup> | Growth <sup>z</sup> |               |                    |  | Brix | Yield (kg · 10a <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|---------------------|---------------|--------------------|--|------|---------------------------------|
|                 | Plant height (cm)   | No. of leaves | Stem diameter (cm) | Chlorophyll (mg · g <sup>-1</sup> F · W) |      |                                 |
| 1.7             | 53.9b <sup>z</sup>  | 10.6b         | 0.83ab             | 40.3b                                    | 6.7a | 7447c                           |
| 2.0             | 54.9ab              | 12.0a         | 0.81ab             | 42.2ab                                   | 6.7a | 8467b                           |
| 2.5             | 56.7ab              | 12.2a         | 0.79b              | 43.4ab                                   | 6.8a | 8683b                           |
| 3.0             | 58.7a               | 12.3a         | 0.87a              | 43.8a                                    | 7.2a | 9363a                           |

<sup>z</sup> 20 days after planting.

<sup>y</sup> Duncan's multiple range test, P=0.05

<sup>x</sup> suppling EC condition for 25days of plant growth.

## 토마토 양액재배시 팽연화 왕겨 배지에 적합한 급액방법 개선

분경합을 보충해주는 효과만으로 생각하기는 어려우며 다른 요인도 있을 것으로 판단된다.

### Literature cited

1. Kim, K.H., S.H. Lim, Y.I. Nangung, and K.C. Yoo. 2000. Evaluation on the physical and chemical properties of expanded rice hulls as hydroponic culture medium. J. Bio-environment Control. 9(2):73-78 (in Korean).
2. Lee, J.W. 1999. Improvement of physicochemical properties of rice hull-based substrate for raising seedlings. Ph.D. Diss. Seoul National University, Korea (in Korean).
3. Smith, K.E. 1992. Pine bark as a seedling medium. Acta Hort. 319:395-400.
4. Sohn, B.K., J.H. Hong, and K.J. Park. 1996. Comparative studies on static windrow as aerated static pile composting of the mixture of cattle manure and rice hulls. J. Kor. Soc. Soil. Sci. Fert. 29:404-410.
5. Yun, S.Y. 1996. Study on Composting of the Popped Rice Hulls. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 29:124-129 (in Korean).
6. 김광희. 1995. 三訂 農事試驗研究調查基準. 農村振興廳. p. 317-322.
7. 鄭淳柱, 徐範錫, 李範宣. 1999. 환경친화적 양액 재배. 전남대학교 출판부. p. 154-155

## 토마토 양액재배시 팽연화 왕겨 배지에 적합한 급액방법 개선

김경희 · 임상현 · 김성일 · 유근창<sup>1</sup>  
강원도 농업기술원 · 강원대학교 원예학과

### 적 요

팽연화왕겨 배지는 펠라이트와 수분특성이 달라서 펠라이트는 과채류 재배용 스티로폼베드에서 재배할 경우 1일 1.5~2.0L씩의 급액량을 1일 16회로 분할하여 급액한 처리에서 가장 좋은 생육을 보였으나 팽연화왕겨는 1일 16~24회로 분할 급액할 경우 높은 수량성을 보였다. 또한, 토마토 재배시 정식 후 25일간 급액 EC를 높여줌으로써 우수한 생육 및 수량을 얻을 수 있었으며 초기 부숙이 급속히 진행되는 과정에서 발생하는 NO<sub>3</sub>의 부족을 보완할 수 있을 것으로 판단되었다.

주제어 : 토마토, 배지, 보수력