

## Stabilization of Rhizosphere pH during Tomato Cultivation Using Expanded Rice Hull Substrate<sup>1)</sup>

Lim, Sang Hyon\* · Kim, Kyung Hee · Chun, Shin Jae · Yoo, Keun Chang<sup>1</sup>

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

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

### Abstract

In countries that consumes rice as a main staple, rice hulls are natural resources composed of a large amount of organic compounds and high uniformity in size. Rice hulls are expanded to get rid of a defect in untreated rice hulls and to be used as a hydroponic substrate. Research on rice hulls is continuing for the agricultural application. This research was conducted to stabilize rhizosphere pH of the expanded rice hull substrates because of high pH caused by repeated use in ERH(expanded rice hull) substrates and without increasing the cost of developing new substrates. Sphagnum peatmoss (pH 3.0 - 4.0) were mixed with the expanded rice hulls substrate in the ratio of 10% (v/v), and this ratio kept the pH range of 6.0 to 6.5 in the root area of tomato plants during growth and at the time of harvest of tomato fruits. Also absorption of nutrients was highly increased. The yield increased from 1,051 to 1,266 kg per tomato plant which were harvested by two clusters.

**Key words:** organic method, rice hulls

\*Corresponding author

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

### 서 론

왕겨는 배지재료로서 구비조건인 재료의 균일도, 작업성, 공급의 편의성 면에서 개발 가능성이 있으며 부숙처리 60일 경과 후에도 부숙도가 8% 수준에 머무르는 화학적으로 안정된 구조를 가지고 있다(Yun, 1996). 그러나 왕겨의 흡수조건을 개선하기 위해 팽연화 시키면 흡수가 용이한 만큼 부숙속도가 빨라질 수밖에 없다.

유기물의 부숙은 pH를 상승시킨다(Smith, 1992). 양액재배시에는 질소를 비롯한 여러 무기양분을 유기물 배지에 공급하여 미생물 활성을 조장하는데, 적절한 수분함량과 통기성이 조절되는 급액 조건은 더욱 빠른 부숙을 조장한다. 육묘상토로서 부숙시킨 팽연화 왕겨(ERH)를 사용한 연구(Lee, 1999)나 왕겨 성형배지 개발에 왕겨 혼탄을 사용한 연구(Lee, 1996)는 이러한 왕겨의 불안정성을 극복하기 위한 대안으로 생각된다. 그러나 혼탄화나 부숙처리 과정은 대량생산이 어렵고 재료의 단가가 상승되는 문제점이 있어

제한적으로 이용되어 왔다. 따라서 팽연화왕겨를 배지 재료로 사용하기 위해서는 복잡한 처리과정을 거치지 않고 부숙에 의한 화학적 불안정성을 해결하는 것이 중요하다. 유기물은 생태계 내에서 쉽게 순환되는 친환경 자원이다.

본 연구는 국내에서 생산되는 유망한 유기물인 왕겨를 자원화할 목적으로 Kim 등(2000)이 보고한 팽연화 왕겨를 배지로 한 양액재배시 초기 pH 상승문제를 해결하기 위해 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 급액 pH 조절에 의한 근권 pH 안정

필라이트를 이용한 양액재배시 사용되는 과채류용 스티로폼 성형베드에 8 L/주의 팽연화왕겨를 채우고 멀칭한 후 황산을 사용하여 공급배양액의 pH를 각각 6.0, 4.0, 3.0으로 조절하여 생육 전기간에 걸쳐 급액 하였다.

정식 전에 배지에 물이 충분히 흡수되도록 하였고,

공급배양액의 EC는 야마자키토마토액을 사용하였고 EC는 초기  $1.7 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 점차  $2.3 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 까지 높은 후 착과시기부터는  $2.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조정하여 재배 종료시까지 유지하였으며 재배기간 중 배지 세척은 실시하지 않았다. 급액량은 1일 10회씩 timer에 의해 제어하였고  $1.5 \text{ L/주}$ 를 기준으로 날씨에 따라 임의로 가감하였다. 토마토묘는 TKS-2 상토로 직경 9cm 비닐포트에서 육묘한 “하우스 도태랑”(다끼이종묘)묘종을  $100 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  간격으로 정식하여 2화방 위로 3엽을 남기고 적심하였다. PHS-120과 PK-33 센서(한스시스 템)를 점적 위치 바로 아래 베드 바닥면에 감지부가 위치하도록 설치하고 data logger를 이용하여 근권부의 경시적인 pH와 EC를 측정하여 기록하였다.

**2. 피트모스 혼합에 의한 근권 pH 안정**

팽연화왕겨는 Kim 등(2000)이 제시한 틈새 간극 8 mm, 날 높이가 3 mm로 조정된 왕겨 팽연분쇄기(GH 602 : 푸른엔지니어링)에서 생산된 것을 사용하였고, 팽연화왕겨와 pH 3.0~4.0 수준의 sphagnum peat-moss(premier promoss : canada)를 각각 9:1과 8:2(v/v)로 혼합하여 팽연화왕겨 단독 처리와 비교하였다. 흡수속도의 측정은 지름 10 cm의 투명 아크릴 관에 시료를 채우고 1분간 sieve shaker(RP-09 : CISA)로 처리하여 색소를 첨가한 증류수에 기준선까지 잠기도록 하고 경과 시간별로 흡수높이를 측정하였다(Lee, 1997). 생육조사는 농촌진흥청 ‘시험연구사업 조사기준’에 의하여 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 공급 배양액의 pH 조절**

공급배양액의 pH가 다른 세 가지 처리구에서 배액의 pH는 공급배양액의 pH에 크게 영향을 받을 것이라는 예측과 달리 급액 개시 후 25일까지 큰 차이를 보이지 않다가 이후 완만하게 낮아지는 대조구의 경향을 따랐는데 단지 낮아지는 폭이 대조구에 비해 커서 급액 pH 3.0 처리구는 급액 개시 50일 경과 후의 배액 pH가 5.0 이하로 떨어졌다(Fig. 1).

pH가 낮은 배양액을 공급할 경우 배지의 pH는 점차 낮아졌으나 적정수준인 6.0~6.5에 도달하기까지 30~40일이 소요되었고 이 중 pH 3.0 처리구는 50일 이후에 적정치보다 낮아지는 반응을 보여 공급배양액의 pH 재조정이 필요한 것으로 판단되었다. 또한 정식 후 초기의 pH를 적정 수준으로 교정하기 위해 공급배양액의 pH를 더 낮추는 것은 급액시 일시적으로 뿌리의 피해가 우려되는 수준이었다. 이와 같은 결과로 볼 때 유기물 배지에서 급액 pH를 조정하는 것만으로는 배액 pH를 제어하기가 어려운 것으로 생각된다(Fig. 1).

공급배양액의 pH 4.0 처리구는 차이가 크지는 않지만 대조구보다 적정 수준에 근접하는 배액의 pH가 유지되었음에도 불구하고 생육에 있어서는 초장, 엽수, 경경 등 대부분의 생육지표에서 오히려 좋지 않았고 수량에 있어서도 대조구의  $1,038 \text{ kg/plant}$ 에 비해  $1,015 \text{ kg/plant}$ 로 떨어지는 결과를 나타냈다(Table 1).

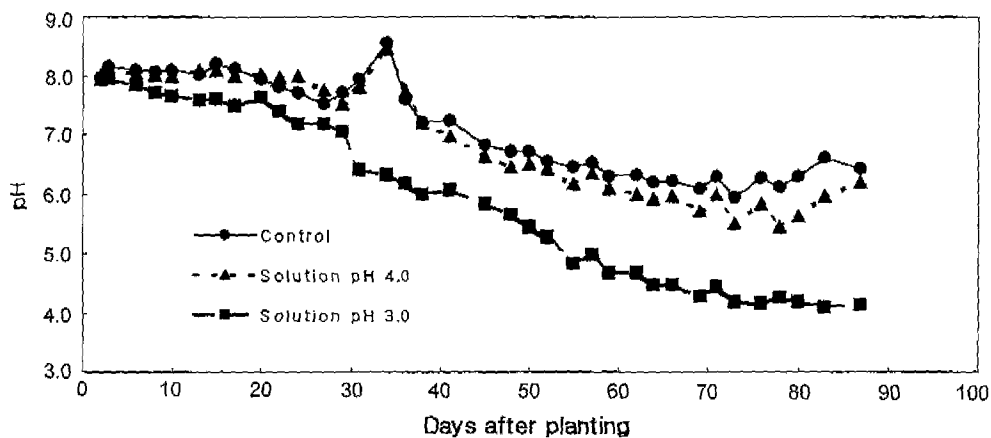


Fig. 1. Effect of the pH of nutrient solution supplied on the pH of used nutrient solution in the ERH medium.

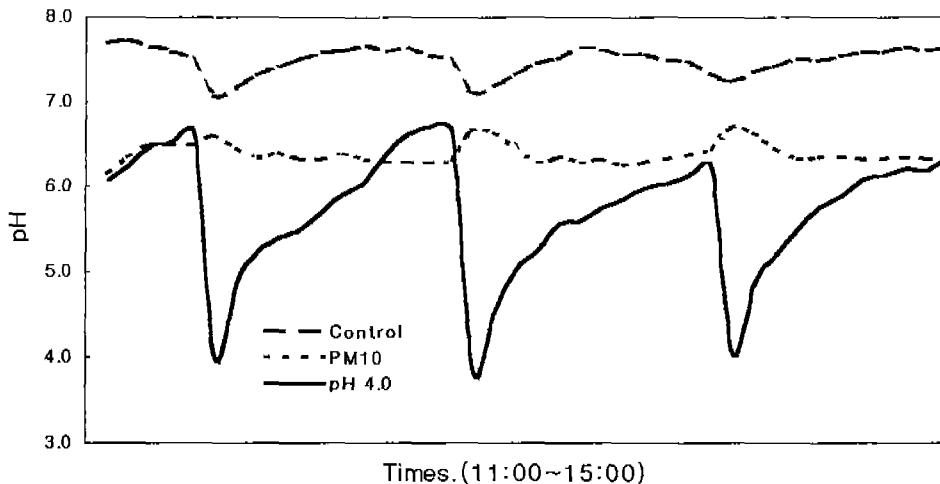
양액재배용 팽연화 왕겨 배지의 근권 pH 안정화

**Table 1.** Effects of nutrient solution pH on the plant growth, fruit quality, and yield in expanded rice hull culture of tomato.

Treatment	Plant height (cm)	No. of leaves	Stem diameter (cm)	Brix	Fruit weight (g)	Yield (kg/plant)
Control <sup>z</sup>	104.9a <sup>y</sup>	15.2a	1.1a	6.58b	242.4a	1.038a
pH4.0	104.3a	15.1a	1.0a	6.80ab	226.0ab	1.015a
pH3.0	101.2a	14.8a	1.0a	7.20a	221.3b	0.982a

<sup>z</sup> Control : pH 6.0~6.5.

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



**Fig. 2.** Effects of PM 10 (mix. sphagnum peatmoss 10%) and pH 4.0 (suppling nutrient solution pH 4.0) on the changes of the root zone.

Fig. 2는 근권 pH의 경시적 변화 그래프로 급액 개시 후 15일째 맑은 날 AM 11:00~PM 3:00까지 3회 급액된 근권의 pH 변화를 측정하였다. 대조구의 1개 범위는 7.0~7.5 사이였으나 배양액의 pH 4.0 처리구는 pH 4.0~6.5 범위의 큰 폭으로 등락을 반복하였다. 급액 직후에는 공급배양액의 pH에 영향을 받아 4.0 수준으로 급격하게 떨어졌다가 다음 급액까지 80분 동안에 pH가 6.0~6.5 수준으로 상승하였다. 배액의 pH는 하루동안 배액을 모아 두었다가 매일 같은 시간에 측정하여 일일 총배액의 평균 pH를 측정하였다. 따라서 급액이 집중되는 시기에는 pH가 낮아지고 밤에는 높아졌으며, 급액 직후와 직전의 pH 변화 폭이 매우 커서 근권 pH가 심한 변화를 보였다. Fig. 2의 결과로 근권 pH의 급등 및 급락이 작물 생육에 부정적인 영향을 준 것으로 판단되며 팽연화왕겨 배지에서 pH 상승의 문제는 공급배양액의 pH 조절로 해결할 수 없는 것으로 생각되었다.

**2. 피트모스 혼합에 따른 배지의 물리성 변화**

일반적으로 sphagnum peatmoss는 pH 3.0~4.0 수준으로 알려져 있으므로 pH가 높은 팽연화왕겨와 혼합할 경우 혼합비율에 따라 적절한 수준의 pH를 유지할 수 있을 것으로 판단하였다. 그러나 이화학적 특성이 다른 두 가지 재료를 혼합하여 생기는 변화는 pH 이외에도 양·수분 흡수특성이 달라질 수 있다. Peatmoss는 함수율이 높은 재료이므로(Nelson, 1991) 팽연화왕겨가 가지는 초기 수분흡수의 어려움을 보완할 수 있을 것으로 생각되었는데 본 시험에서도 이러한 점이 흡수속도의 변화로 나타났다. Fig. 3의 흡수속도 측정에서 흡수된 배지의 높이가 2 cm 이후 흡수력이 현저하게 저화되는 팽연화왕겨에 비해 sphagnum peatmoss 혼합처리구의 기올기는 초기 6 cm까지 급격히 상승되었다가 흡수된 배지의 높이가 7~11 cm 수준에서 흡수가 둔화되었다. 10%의 sphagnum peatmoss를 혼합한 것만으로도 흡수속도의 변화는 만족한 수준이었고, 20%나 50%를 혼합한 경우에도 더 이상

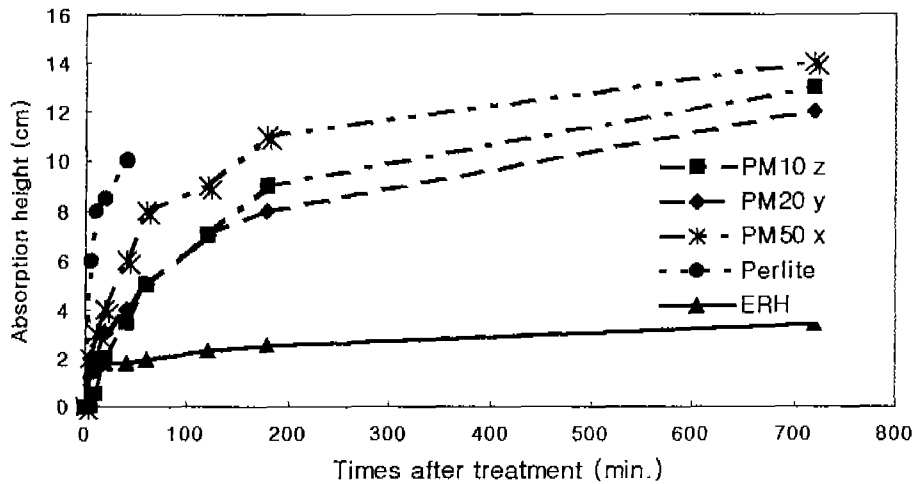


Fig. 3. Effect of sphagnum peatmoss on the water absorption of the ERH media.  
<sup>2</sup>ERH : Peatmoss = 9 : 1 (V/V), <sup>3</sup>ERH : Peatmoss = 8 : 2 (V/V), <sup>4</sup>ERH : Peatmoss = 5 : 5 (V/V).

의 큰 변화는 일어나지 않았다. 이러한 변화는 팽연화 왕겨를 배지로 사용하는 농가에서 불편하게 생각할 수 있는 정식 전 미리 수분을 흡수시키는 작업의 문제를 다른 배지를 사용할 경우와 차이가 없는 수준으로 개선할 수 있을 것으로 생각되었다. 물론 펄라이트의 경우는 그보다 더 나은 수주 형성 능력을 가졌으나, sphagnum peatmoss 10% 혼합으로 팽연화왕겨의 흡수속도가 600분내에 10 cm 높이에 도달하는 수준으로 개선되었다. 배지의 깊이가 일반적으로 7~10 cm 정도인 점을 감안하면 팽연화왕겨 혼합배지에서 그 이상의 흡수력 향상은 큰 의미를 없을 것으로 판단되었다.

또한, 10%(v/v) 수준의 sphagnum peatmoss 혼합으로 침출액의 pH를 팽연화왕겨 6.6에 비해 5.8로 0.8정도 낮아진 반면 EC는 0.5 dS · m<sup>-1</sup>, Total-N은 0.17% 상승하였다. 팽연화왕겨 단용에 비해 sphagnum peatmoss 10% 혼합배지에서 치환성 양이온인 K가 7.6 cmol · kg<sup>-1</sup>, Ca가 2.9 cmol · kg<sup>-1</sup>, Mg가 2.0 cmol · kg<sup>-1</sup>씩 많이 용출되었다(Table 2). 이와 같이 양분이 많이 용출되는 것은 용출되는 성분이 일정하지 않을

경우 양액재배용 배지로 사용하기에 양액조성을 정확하게 조절하기가 어려워질 우려가 있어 긍정적인 특성이라고 할 수는 없다.

### 3. 팽연화왕겨와 피트모스 혼합배지에서 근권 pH와 토마토 생육

무처리 팽연화왕겨에서 높은 수분을 유지한 배액 pH가 sphagnum peatmoss 혼합처리구에서는 펄라이트와 비슷한 수분을 유지하였고 변화의 폭은 오히려 펄라이트보다 작아 안정적이었다. sphagnum peatmoss 20% 혼합처리와 10% 혼합처리간의 차이는 크지 않았으나 20% 혼합처리는 적정 수준인 pH 6.0~6.5 보다 약간 낮아지는 경향이였다(Fig. 4).

대체로 sphagnum peatmoss 10% 혼합처리구의 pH가 적정 수준 내에서 유지되었으며, 펄라이트는 초기 8일간 pH 7.0 수준이였다가 곧 적정수준을 유지하였고, sphagnum peatmoss 20% 혼합처리구는 pH 5.5~6.0 수준을 유지하여 큰 문제는 없으나 대체로 약간 낮았다. 대조구의 경우에도 생육 전기간 동안 배액 pH

Table 2. Effect of peatmoss on the changes of chemical characteristics.

Media	pH (1:10)	EC (dS · m <sup>-1</sup> )	T-N (%)	Ex. cation (cmol · kg <sup>-1</sup> )		
				K	Ca	Mg
ERH	6.6	0.36	0.26	25.3	3.3	1.5
PM10 <sup>2</sup>	5.8	0.41	0.43	32.9	6.2	3.5

<sup>2</sup>ERH : Sphagnum peatmoss=9 : 1 (V/V).

양액재배용 팽연화 왕겨 배지의 근권 pH 안정화

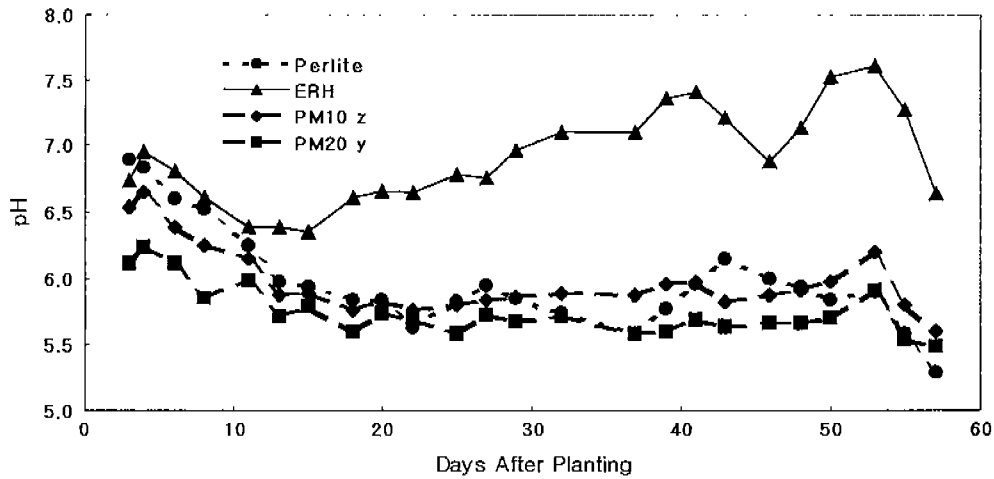


Fig. 4. Effect of the ratio of sphagnum peatmoss in ERH media on the drained nutrient solution pH. <sup>z</sup>PM10; 90% ERH + 10% peatmoss, <sup>y</sup>PM20; 80% ERH + 20% peatmoss

Table 3. Effect of the ratio of sphagnum peatmoss in ERH on the plant growth, quality and yield of tomato fruits.

Mixture ratio	Plant height (cm)	No. of leaves	Stem diameter (cm)	Chlorophyll (mg/g F · W)	Brix	Fruit weight (g)	Yield (kg/plant)
ERH	103.7a <sup>z</sup>	15.2a	1.1a	42.8a	6.5a	245.4a	1.051b
ERH90 : PM10	102.9a	15.4a	1.1a	43.6a	6.8a	235.9a	1.266a
ERH80 : PM20	101.1a	15.1a	1.1a	42.5a	6.8a	231.4a	1.153ab

<sup>z</sup> Duncan's multiple range test,  $P=0.05$ .

7.0 전후를 유지하여 적정 범위 내는 아니지만 장애가 나타나는 수준은 아니어서 토마토 반축성재배 시에는 큰 문제는 없는 것으로 판단되었다(Fig. 4).

Table 3에서 초장, 엽수, 경경, 엽록소 등은 차이를 보이지 않았고, 당도와 과중에서도 차이가 없었으나 수량에서는 sphagnum peatmoss 10% 혼합처리구에서 유의성있는 차이를 보이는 긍정적 효과가 있었다. 상품수량에서 sphagnum peatmoss 10% 혼합처리구가 1,266 kg/plant로 가장 좋았으며 20% 혼합 시에는 10% 혼합처리보다 오히려 약간 감소하는 결과를 얻었다. Fig. 3과 Table 2의 결과를 고려할 때 증수 효과가 pH 교정에 의한 요인만으로 판단하기는 어려우나 팽연화왕겨에 sphagnum peatmoss를 10% 정도 혼합한 것이 생육 전기간 동안 적절한 수준의 pH 교정 효과를 보였으며, 토마토 양액재배용 배지로 사용하기에 무리가 없는 것으로 생각되었다(Table 3).

팽연화왕겨 배지에서 pH의 문제는 재배환경에 따라서 영향이 크게 나타날 수 있는 배지의 안정성과 결부된 문제이다. 본 시험을 통해 나온 결과에서 높은

pH의 문제가 토마토의 생육과 수량에 큰 영향을 준 것 같지는 않다. 그러나 팽연화왕겨배지를 사용할 경우 나타날 수 있는 근권 pH 상승의 문제를 해결할 수 있는 방안으로 sphagnum peatmoss의 혼합은 약간의 배지 재토비 상승을 감안하더라도 재배의 안정성을 고려할 때, 필요한 조치라고 판단된다. 또한 정식전 팽연화왕겨의 흡수성을 향상시킬 수 있는 점에서도 긍정적 영향을 미쳤다.

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, C.I. 1996. Physical and chemical properties of bonded rice hull-based growing medium for rockwool substitute. 원예용 배지의 특성과 활용에 관한 심포지움. 한국시설원예연구회 p. 59-76 (in Korean).
3. Lee, J.W. 1999. Improvement of physicochemical pro-

- erties of rice hull-based substrate for raising seedlings. Ph.D. Diss. Seoul National University, Korea (in Korean).
4. Lee, K.K. 1997. Development of substrates for the fruit vegetable nutrient solution culture with several mineral residues and extruded rice chaff. Ph. D. Diss. Kon-Kuk University, Korea (in Korean).
  5. Nelson, P.V. 1991. Greenhouse Operation and Management. 4th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. p. 171-207.
  6. Smith, K.E. 1992. Pine bark as a seedling medium. Acta Hort. 319:395-400.
  7. Yun, S.Y. 1996. Study on composting of the popped rice hulls. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 29(2):124-129 (in Korean).
  8. 김광희. 1995. 三訂 農事試驗研究調查基準. 農村振興廳. p. 317-322.

## 양액재배용 팽연화 왕겨 배지의 근권 pH 안정화

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

### 적 요

본 연구에서는 팽연화왕겨를 이용한 토마토 양액재배시 높은 근권 pH를 적정 수준으로 유지하기 위해 공급배양액의 pH를 낮추는 방안과 배지 내에 pH 3.0~4.0 수준의 sphagnum peatmoss를 혼합하는 두 가지 방법을 시도하였다. 급액 pH를 낮추는 방법은 근권 pH의 경시적 변화가 매우 커서 뿌리에 장애가 있는 것으로 판단되며, 유의성은 없으나 수량이 약간 감소하는 경향을 보였다. Sphagnum peatmoss를 혼합하는 방법은 10%(v/v) 혼합처리에서 안정적인 pH 수준이 생육 전기간에 걸쳐 유지되었으며 수분 특성 개선 등의 부수적인 효과가 있어 유의성 있는 증수 효과를 보여 팽연화왕겨를 이용한 양액재배시 높은 근권 pH의 문제는 sphagnum peatmoss를 10%(v/v) 혼합하는 처리로 해결할 수 있을 것으로 판단되었다.

---

**주제어** : 토마토, 유기물