Journal of Bio-Environment Control, 10(2):106-110, (2001)

Durability of the Expanded Rice Hull as a Hydroponic Culture Medium

Lim, Sang Hyon* · Kim, Kyung Hee · Ahn, Mun Sub · Yoo, Keun Chong[1]

Kangwon Provincial Agricultural Research & Extension Services, Chunchon 200-150, Korea.
[1]Division of Applied Plant Science, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

Abstract

In an effort to evaluate the economic value and durability of the expanded rice hull as substrates, changes in the physical and chemical properties of material and plant growth in that substrate were studied. Using an electron microscope, the structure of used and new expanded rice hull substrate was examined. Considerable decomposition was found in the substrate which had been used one to three times. Compactness and lowered porosity in the used substrates were probably caused by decomposition. The results of cation analysis showed the possible destruction of cell wall of rice hulls. Abundant Ca^{2+} in the substrates used for two to three times also indicated the possibility of decomposition. In tomato yield compariso, 15.2% more yield of tomato fruit in a new substrates indicated the negative effects of decomposition of one-time used substrates. Yield decreased in the substrates used for three times. If perlite substrates is used for three years before renewal and the cost of the perlite renewal is counted, 65.3% saving in the cost will be realized with the use of an expanded rice hull substrate. Another positive effect of the expanded rice hull substrate is the decrease of environmental contamination.

Key words: tomato, organic method, composting, rice hulls

*Corresponding author

[1] 본 연구는 '99 농촌진흥청 지역농업기술개발 과제로 수행되었음.

서 론

1970년대 이후 산업화에 따라 도시화가 진행되면서 농업구조도 기업농으로의 전환이 시작되었다. 생태계 내에서 자연스럽게 이동하던 유기물의 순환고리가 끊어지기 시작했으며 이러한 문제는 농업의 지속성과 결부되어 매우 심각한 문제를 동반하게 되었다. 대체로 이러한 물질순환 문제는 축산분뇨를 중심으로 연구되어 왔으나 유기물 자원으로써 농산부산물도 물질순환에 중요한 위치를 차지한다. 따라서 시설농업에서 육묘용 상토 또는 배지재료로서 팽연화왕겨의 이용은 국내 생산 유기물의 농업생태계내 순환이라는 점에서 의미가 있다. 그러나 일반적으로 유기물 재료는 사용기간이 짧아 재료의 교체에 소요되는 노력이 문제가 된다. 육묘용 상토의 경우는 1회 사용하며 70일 내외의 육묘기간 동안 문제가 없으면 되므로 유기물 사용의 방법상 문제점이 많지 않다. 그러나 양액재배 배지재료의 경우는 다르다. 토마토 연 2작 재배의 경우에도 1회 사용기간이 120~150일 정도이며 장기재배시에는 250~300일 정도 기간동안 문제가 없어야 하고 재사용이 가능하다면 더욱 좋다. 유기물이 부숙되면서 용출되는 양분과 pH의 변화는 물론이고 사용기간이 Lim 등(1995)이 주장한 바와 같이 90일에 불과하다면 재료가 저렴하다고 하더라도 교체 비용 상승이나 장기재배 1작기를 유지할 수 없다는 점에서 문제가 있다. Kim 등(2000)은 그의 '팽연화왕겨 배지의 이화학성에 관한 보고'에서 초기 15일을 전후로 나타나는 배액 pH 상승, NO_3의 일시적 부족현상 등 부숙에 따른 문제점을 지적한 바 있으나 초기 용출 이후 안정성이 유지되는 부분에 대해 언급하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 팽연화왕겨를 양액재배용 배지로 사용할 경우 장기간에 걸쳐 나타나는 문제점을 중심으로 배지의 사용 가

능기간을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험배지

팽연화왕겨 배지는 유기물이므로 부숙을 통한 이화학성의 변화가 점진적으로 이루어진다. 따라서 이러한 연속적인 변화 과정 중 어느 시기까지 사용이 가능한지를 제시하기는 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 춘천지역에서 일반적으로 사용되는 토마토 반촉성, 조숙 또는 억제작형을 기준으로 몇 작기까지 배지로 사용하기에 문제가 없는지를 조사하였다. 미사용 팽연화왕겨를 대조구로 하여 토마토 양액재배용 배지로 각각 1회, 2회, 3회 사용한 팽연화왕겨를 재료로 토마토 재배시험을 수행하였다. 각 재료의 내역을 살펴보면 1회 사용재료는 억제작형 토마토재배시 125일 급액한 재료를 사용하였고, 2회 사용재료는 134일과 120일 동안 토마토 반촉성과 억제재배에 사용된 재료를 사용하였으며, 3회 사용재료는 140일, 124일 및 110일 동안 각각 억제, 조숙, 억제작형에서 사용한 재료를 이용하였다. 결국 신선(fresh)재료, 125일, 254일, 그리고 374일 동안 사용한 재료를 이용하여 토마토 재배시험을 수행하였으며 기존 사용한 기간에 본 시험에 소요된 기간을 합산할 경우 각각 120일, 245일, 374일 및 494일 동안의 사용 가능성을 검정한 시험이었다.

2. 시험전후 배지의 부피변화

배지의 물리성이 악화되는 정도를 보기 위해 작물 정식 전 두상살수를 통해 배지를 다져 높이를 15 cm로 맞추고 토마토를 양액재배 하였으며 작기가 끝난 후 급액 중단에 의해 배지가 건조해지기 전에 높이를 측정하여 차이를 구하였다. 처리간 차이를 좀 더 확실하게 보기 위해 시험구를 별도로 설치하여 본 시험구보다 배지량이 많은 15 cm 깊이로 처리하였고 측정위치간 차이에 의한 오차를 줄이기 위해 처리간 10회 반복 측정하였다.

3. 부숙도 측정

장(1995)이 사용한 원형여지크로마토그래피법은 비교적 간단한 방법으로 0.5% $AgNO_3$ 용액에 충분히 담가 놓았다가 건조시킨 NO. 2. 여지에 1% NaOH로 60분 동안 재료를 침출시킨 용액을 스포이드로 중앙부에 1방울 점적시키고 12시간 경과후 외곽 띠의 형성과 중앙부의 색을 관찰하였다. 장(1995)이 제시한 판별 방법에서 크로마토그램은 유기물의 폴리머화가 진행된 정도에 따라 분리가 일어나는데 미부숙 상태는 백색-분홍색을 띠고, 외곽은 원형, 원주는 갈대색을 띤다, 부숙되비는 붉은색-제비꽃색을 띠고, 외곽은 불규칙하며, 원주는 뾰족하고 명확한 테두리를 나타낸다.

4. 팽연화왕겨 배지경의 양액관리

팽연화왕겨를 이용한 토마토 양액재배시 배양액의 관리 방법은 Kim 등(2000)이 사용한 재배법에 준하였다. 펄라이트경에서 주로 사용하는 과채류 재배용 스티로폼베드에 주당 8 L씩 배지 재료를 채우고 하루 1.5 L를 12회로 분할하여 급액하였다. 양액은 야마자끼 토마토액으로 생육초기에는 1.7 $dS \cdot m^{-1}$, 1단 착과 후 3단 착과까지는 2.3 $dS \cdot m^{-1}$, 이후 수확종료 시까지 2.0 $dS \cdot m^{-1}$로 급액하였다.

생육조사는 정식 후 50일에 실시하였고 100 cm×20 cm로 2단 밀식재배하였다. 생육조사 기준은 농촌진흥청 '농사시험연구 조사기준'에 의하였다.

결과 및 고찰

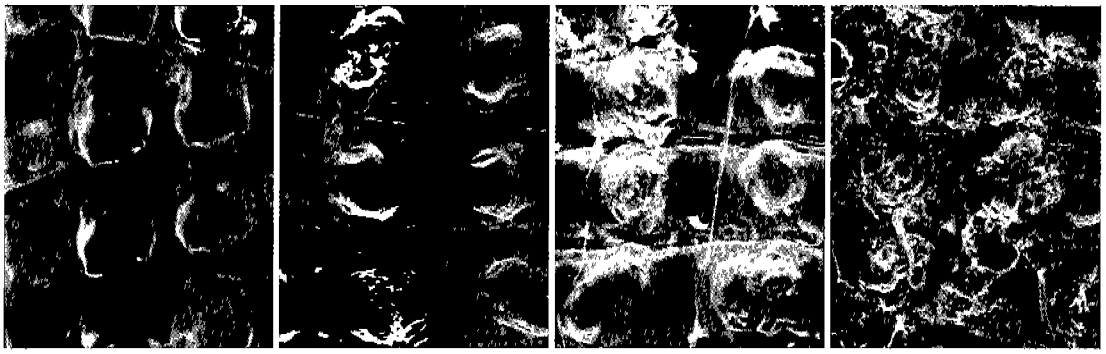
1. 배지의 이화학성 변화

배지별 CEC는 신선한 재료는 37 $cmol \cdot kg^{-1}$이며, 사용횟수가 증가할수록 42.5, 178.0, 251.6 $cmol \cdot kg^{-1}$으로 높아지는 경향이었다(Table 1). 치환성 양이온은 K^+가 신선한 재료에서 24.6 $cmol \cdot kg^{-1}$으로 높다가 1회, 2회 사용재료에서 12.3~12.7 $cmol \cdot kg^{-1}$을 유지하였고, 3회 사용재료는 3.6 $cmol \cdot kg^{-1}$으로 낮아져 초기에 용출이 심하고 후기로 갈수록 적어졌다. Ca^{++}는 신선한 재료와 1회 사용한 재료에서는 3.6~2.9 $cmol \cdot kg^{-1}$으로 적은 용출을 보이다가 2회 사용한 재료에서는 25.9 $cmol \cdot kg^{-1}$으로 급격히 높아졌고 3회 사용시 18.6 $cmol \cdot kg^{-1}$으로 약간 낮아진 것으로 미루어 2작기 사용 후기부터 3작기 사용시기까지 많은 용출이 있었을 것으로 판단되었다. Mg^{++}의 용출은 사용기간이 오래된 배지일수록 용출량이 늘어나는 경향이었다(Table 1).

결국 K^+는 빠르게 용출되고 Mg^{++}는 완만하게 용출

Table 1. The electrical conductivity and mineral composition change from the nutrient solutions obtained from the reused expanded rice hulls (ERH).

No. of used times	pH (1:5)	EC ($dS \cdot m^{-1}$)	Ex.cation ($cmol \cdot kg^{-1}$)			CEC ($cmol \cdot kg^{-1}$)	Water content (%, by vol.)
			Ca	Mg	K		
Fresh	6.6	0.63	3.6	1.8	24.6	37.0	63.7
1	6.8	1.57	2.9	3.2	12.3	42.5	47.4
2	6.9	1.83	25.9	3.8	12.7	178.0	45.4
3	6.9	1.82	18.6	5.8	3.6	251.6	46.2



fresh[z] 1st[y] 2nd[x] 3rd[w]

Fig. 1. Morphological change of the ERH media before and after nutrient culture.
[z] Fresh : before use. [y] 1st : used one time. [x] 2nd : used two times. [w] 3rd : used three times.

되는 경향을 보여 초기 K^{+}의 급액농도 조절과 농도 과다에 의한 영향이 구명될 필요가 있었다. Ca^{++}는 세포벽 등 구조물을 이루는 역할을 하기 때문에 2회 사용 시에 급격하게 용출되는 점으로 미루어 물리성이 크게 나빠지고 있음을 추정할 수 있었다.

전자현미경으로 관찰된 배지의 표면 관찰 결과는 1회 사용 배지와 2회 사용 배지에서 왕겨 표면의 돌출 부위가 일부 부서진 모습이 관찰되었고 3회 사용 재료에서는 표면의 원형을 구분할 수 없을 정도로 심하게 부서져 있었다(Fig. 1).

또한 재료별로 다져짐 정도를 보기 위해 재배 전후 배지의 높이를 비교한 시험에서도 유사한 결과를 보였다. Table 2에서 보는 바와 같이 사용기간이 오래된 배지일수록 2, 4, 5, 7 cm로 높이의 감소 폭이 커져 배지의 부피가 감소하고 이로 인해 통기성이 불량해지고 있음을 짐작할 수 있었다.

Table 2. Comparison of ERH media before and after nutrient culture.

Treat.	Fresh (cm)	1st (cm)	2nd (cm)	3rd (cm)
Before (A)	15	15	15	15
After (B)	13	11	10	8
A-B	2	4	5	7

사용 횟수가 증가함에 따라 부숙이 촉진되고 이로 인해 물리성이 악화된다는 지표는 원형 여지 크로마토그래피를 이용한 부숙도 판별에서도 나타났다. Fig. 2에 나타난 것처럼 30일 경과 시 외곽의 갈색 선이 선명해지기 시작하여 2회 사용한 배지에서는 내부가 진한 갈색으로 변화하고 외곽 선에서 나타난 흐린 테두리 부분이 없어지며 외곽 선이 더욱 선명해지는 반응을 보였다.

결과적으로 2회 사용한 배지에서의 Ca^{++}의 다량 용출과 원형여지크로마토그래피로 본 부숙도 판별 결과 팽연화 왕겨는 양액재배용 배지로 2작기 정도 사용이 가능할 것으로 예측되었다.

2. 토마토의 생육반응

토마토 양액재배 결과 신선한 재료보다 1회 사용 재료를 가지고 재 사용한 처리구에서 오히려 높은 수량을 보였는데 신선한 재료를 사용한 처리구에 비하여

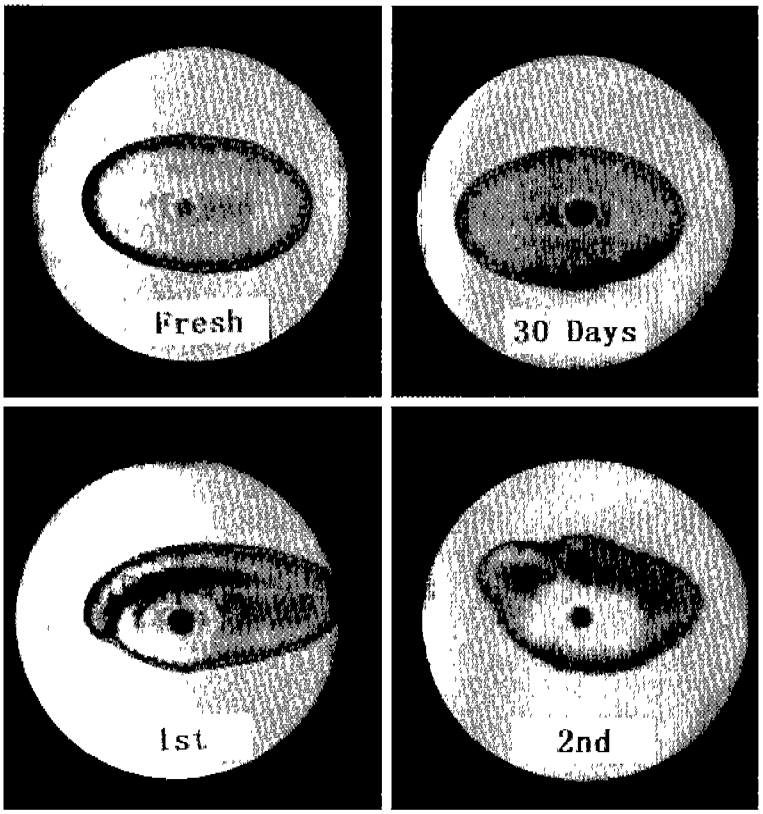


Fig. 2. Circular chromatographic analysis of reused ERHs for humification discrimination.
Fresh: before use. 30days: after planting. 1st: used one time. 2nd: used two times.

Table 3. Effect of re-use of ERH on the plant growth, quality, and yield of tomatoes.

Treat.	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	No. of leaves	Chlorophyll content (mg · g^{-1} F · W)	Brix	Fruit weight (g)	Yield (kg/plant)
Fresh	197.1a[z]	1.53a	28.0a	39.4a	6.8a	182.2a	1.105b
1st	196.1a	1.61a	27.7a	39.0a	6.8a	184.1a	1.273a
2nd	200.1a	1.71a	27.8a	40.9a	6.8a	143.3a	0.723c
3rd	199.5a	1.76a	28.2a	41.5a	6.9a	135.6a	0.749c

[z] Duncan's multiple rang test, P=0.05

15.2% 증수되었다. 이것은 처음 사용한 재료에서는 Kim(2000)이 보고한 급액초기 NO_3 부족 및 pH 상승, Lim(1995)과 Lee(1999) 등이 주장한 부숙과정중의 유기산 용출에 의한 생육 지연이 원인인 것으로 추정되었다(Table 3).

3. 팽연화왕겨 배지의 경제성

펄라이트경에서 사용기간이 경과할수록 수량이 떨어지기는 하지만 일반적으로 3년 정도 사용하는 것이 경제적인 것으로 알려져 있다. 이것은 팽연화왕겨 배지의 사용기간을 1년(2작)으로 볼 때 3배 정도의 수명을 가진다고 할 수 있다. 따라서 경제성은 3년간을 기준으로 비교하였다.

펄라이트 배지의 재료비는 10a당 19,200 L가 소요되며, 인건비 140천원을 포함하여 3,020천원이 소요된다. 같은 양의 팽연화왕겨의 경우 1회 사용량에 대한 재료비는 397천원이 소요되나 세 번의 배지재료를 교체해야 하므로 인건비 420천원, 운반비 240천원 포함

1,971천원이 소요된다. 이것은 펄라이트 대비 65.3% 수준의 비용으로 10a당 3년간 1,049천원의 비용이 절감된다.

이와 같은 계산은 펄라이트 사용시 추가되는 배지 소독비용, 잔근 제거, 계속 사용에 의한 수량감소, 펄라이트 사용시 보다 약간 높은 수량 등의 계산하기 어려운 요인들을 감안하지 않은 것으로 이를 감안하면 경제성은 보다 높을 것으로 기대되었다.

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. Journal of 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. Lim, J.H., I.S. Kim, B.S. Choi. 1995. Effect of amount of rice hulls mixture on growth and yield of tomato by nutriculture media. RDA. J. Agri. Sci. 37(1):363-366 (in Korean).
4. 김광희. 1995. 三訂 農事試驗研究調査基準. 農村振興廳. p. 317-322.
5. 장기운. 1995. 부산물비료 품질 고급화를 위한 금후 발전방안. 유기성 폐기물 비료화의 문제점과 대책 심포지움. 한국토양비료학회. p. 70-112.

양액재배용 팽연화 왕겨의 적정 사용기간

임상현* · 김경희 · 안문섭 · 유근창[1]

강원도 농업기술원 · [1]강원대학교 원예학과

적 요

양액재배용 배지로 팽연화 왕겨를 사용할 경우 반촉성 및 억제 재배용으로 사용 가능한 횟수는 3회 사용시 Ca^{++}의 다량 용출로 인한 배지의 다져짐이 나타나며 원형여지크로마토그래피상의 부숙도 판정에서도 2작기 경과동안 거의 부숙되는 것으로 미루어 2회까지 사용이 안정적인 것으로 판단되었다. 2회 사용일수의 합산이 245일 이고 정상적인 급액은 이루어지지 않았으나 30일 정도의 재사용전 기간 동안에도 습윤상태를 유지한 것으로 미루어 장기재배 1작기에도 사용이 가능한 것으로 판단되나 펄라이트의 적정 사용기간에 비해 1/3 정도로 사용기간은 짧은 편이었다. 교체비용을 포함한 배지 재료비는 펄라이트 대비 65.3% 정도로 경제적이었다.

주제어 : 토마토, 유기물, 퇴비화