

## 토마토 자루재배 충진용 펄라이트의 적정 입도분포

심상연<sup>1</sup> · 이수연<sup>1</sup> · 이상우<sup>1</sup> · 서명훈<sup>1</sup> · 임재욱<sup>1</sup> · 김순재<sup>1</sup> · 김영식<sup>2\*</sup>  
<sup>1</sup>경기도농업기술원, <sup>2</sup>상명대학교

### Desirable Particle Size Distribution of Perlite for Tomato Bag Culture

Sang Youn Sim<sup>1</sup>, Su Yeon Lee<sup>1</sup>, Sang Woo Lee<sup>1</sup>, Myeong Whoon Seo<sup>1</sup>,  
Jae Wook Lim<sup>1</sup>, Soon Jae Kim<sup>1</sup>, and Young Shik Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Gyeonggi Province Agricultural Research & Extension Services, Hwasung-si 445-972, Korea

<sup>2</sup>Sangmyung University, San 98-20 Anso-dong Cheonan Choongnam 330-720, Korea

**Abstract.** The physical properties of seven perlites different in particle size distribution were investigated to develop perlite bag culture in Korea. Particle sizes of 1.0-2.8 mm and larger than 2.8 mm were rather evenly distributed in S-1 (1.2-5 mm), S-2 (0.15-5 mm) and S-5 (Parat No. 1). Larger particles were less in S-3 (1-3 mm), S-4 (Parat No. 2), S-6 (OTAVI) and S-7 (Agroperl B-3). S-4, S-6 and S-7 contained lots of particles less than 1 mm in size. Total porosity was similar among substrates with the value of 59~62%. Container capacity was between 35-40% regardless of substrates except in S-2 with 27.7%. Water content, which was about 60% at 0 kPa, was decreased sharply at 4.90 kPa regardless of substrates, which meant the easily available water was plenty in any kind of perlite tested. Substrates, S-1, S-2 and S-3 with different particle size distribution, were investigated to evaluate for perlite bag culture. Six tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Rokkusanmaru) were planted in a perlite bag of 40 liters with the dimension of 120 cm in length and 34 cm in width. The amount of nutrient solution supplied and its drainage dependent on daily integrated radiation didn't show any regular trend during the growth. Roots in the bag were distributed evenly in S-1 and S-2 than in S-3. Plant grown in S-1 showed the highest total and marketable yield of 8,628 and 7,759 kg/10a, respectively. The number of small size fruits and malformed fruits were more in S-3. Consequently, S-1 with the particle size distribution of 1.2-5 mm is suggested as desirable substrate for perlite bag culture.

**Key words :** daily integrated solar radiation, drainage, hydroponics, perlite culture, root staining

\*Corresponding author

## 서 언

우리나라의 수경재배면적은 90년대 급성장에 이어 2001년에는 2,008호 736ha, '04년 2,176호 847ha로 증가하고 있으며 이중 펄라이트 배지경 재배는 823호가 304.8ha로 36%를 점유하고 있다(RDA, 2005).

현재 국내에서 이루어지고 있는 펄라이트 배지경 재배는 베드충진 방식을 사용하고 있으며 사용자가 배지를 임의충진 함으로써 재배환경이 농가마다 다르므로 표준화된 펄라이트 수경재배 기술 발전을 기대하기 곤란한 실정이며, 이에 따른 배양액관리 체계화 미흡에 의해 용수와 비료의 효율적 이용도가 낮으므로 자루

방식에 의한 표준화로 재배환경의 균일화와 배양액 관리의 체계화가 필요하다. 또한, 베드충진 방식의 재배에서는 베드 설치 및 배지 충진 작업에 과도한 시간과 경비가 많이 투입되며, 악성 노동력이 많이 소요되고 있어 자루 방식에 의한 표준화로 재배시설 설치작업 시간과 경비, 악성 노동력 절감의 효과가 크므로 개선할 필요가 있다. 현재, 유럽과 미국에서는 배지의 종류에 관계없이 자루재배가 표준인 사실이 한국에 자루재배를 도입해야 할 필요성을 암시하고 있다.

펄라이트 자루재배에서는 자루 하부에 자유 배양액이 고여 있는 한, 작물에 의해 소모되는 배양액이 모세관 현상에 의해 충분히 상부로 올라가기 때문에 항

상 안정된 수분분포 곡선을 가지고 있는 장점이 있기 때문에(Hall 등, 1989) 자루 하단부에서 일정 높이의 위치에 배액구를 만드는 것이 일반적이다.

작물의 생육은 배지의 물리성, 화학성 및 미생물적 특성에 많은 영향을 받는데 물리성은 재료의 종류, 구성재료 입자의 크기, 용기의 모양과 크기, 충진시의 진압정도, 수분상태 등 여러 가지 요인들에 의해 달라진다(Milks 등, 1989; Nelson, 1991).

따라서 본 실험에서는 국내·외에서 생산 가능한 펄라이트의 특성을 조사하여 제품 생산성 및 경제성을 고려한 펄라이트의 적정 입경 및 밀도 범위 설정과 자루 충진 용으로 적합한 펄라이트를 개발하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

토마토 자루재배 충진용 펄라이트의 적정 입도분포를 구명하기 위해서 두 가지 실험을 수행했다.

첫 번째 실험은 자루재배에 적합한 펄라이트 배지의 선별을 위하여 입도분포가 다른 7가지 배지를 대상으로 물리·화학적 특성 및 수분특성을 조사했다. 조사한 배지는 국내 시판용 펄라이트 배지 5종류 및 Spain의 대표적 펄라이트 회사인 Agroperl 및 Otavi의 자루용 제품 각각 1종류였다(Table 1). 입도 분포 및 수율 조사를 위해 조사 대상 perlite를 15리터씩 수집한 후, ROTAP-II sieve shaker(Model RX-94-1, W.S. Tyler, USA)로 분류하여 입도 분포 및 수율을 조사했다. 이 용된 sieve는 미국 표준규격 번호 3(직경 5.6mm), 5(4mm), 7(2.8mm), 14(1.0mm), 25(710 $\mu$ m), 35(500 $\mu$ m), 45(335 $\mu$ m), 60(250 $\mu$ m), 80(180 $\mu$ m) 및 140(106 $\mu$ m) 등 13단계였다. 입경분포 조사는 Bilderback과 Fonteno(1993)의 방법에 따라 수행하였다. 펄라이트의

수분특성 등 물리성 분석은 Choi 등(1997)의 방법에 따라 행했다.

두 번째 실험은 물리적 특성을 조사한 7가지 배지 중에서 물리적 특성이 다른 국내 시판용 2가지 배지와 새롭게 제작한 배지에 대하여 재배 적응성을 평가하기 위해서 수행되었다. 본시험은 경기도농업기술원의 벼로형 유리온실에서 2004년에 실시하였다. 재배 작물로는 완숙도마토 로꾸산마루(사카타종묘, 일본)를 사용하였으며, 펄라이트 입도분포가 다른 3가지 배지, S-1(1.2~5mm)과 대립인 S-2(0.15~5mm), 소립인 S-3(1~3mm)로 펄라이트 자루를 제작하여 사용하였다. S-1은 새롭게 시험제작한 배지이며, S-2와 S-3은 국내 수경재배용 시판 펄라이트 배지이다. 시험구 배치는 완전임의배치 4반복이었으며, 반복당 5개체씩을 사용했고 한 자루당 6그루를 식재했다. 자루 규격은 길이 120×폭 34cm(배지량 40 리터, 흑백비닐 두께 0.1mm)였다.

식재부위에 점적관을 설치하고, 정식 하루 전 배지를 배양액으로 포수하였다. 정식 직전에 배액 홈을 자루 하부에서 3cm 위에 수평방향으로 5cm 크기로 그루사이에, 자루 당 3군데에 만들었다. 강광을 회피하여 3월 29일 오후 4시경 정식하고, 배액될 때까지 충분히 관수하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 4반복으로 5단 적심 외대가꾸기 재배하였다. 실험 중 관수는 06-16시 사이에 적산일사량(ISR: Integrated solar radiation)에 의해 행했다. 단, 5월11일부터는 10시 및 14시에 타이머로 급액하고 그 이외의 시간에는 ISR에 의해 급액 하였다. ISR에 의해 급액 할 경우 ISR 설정값 및 급액지속시간은 배액율이 20% 정도가 되도록 생육단계에 따라 달리했다. 배양액은 Yamazaki 토마토 전용 배양액이었으며, 배양액의 공급은 자동 공급장치(Agronic 4000, Spain)를 이용하였다. 공급 배양액의 pH는 6.0, EC는 1.2dS·m<sup>-1</sup>이었으며 배액의 pH는 7.56, EC는

Table 1. Types of perlites for test.

Label	Product name	Maker
S-1	New	Gungon(Korea)
S-2	Greento-hydroponic(for seedling)	Gungon(Korea)
S-3	Greento-pera103(for seedling)	Gungon(Korea)
S-4	Parat No. 2(for hydroponic culture)	Samson(Korea)
S-5	Parat No. 1(for hydroponic culture)	Samson(Korea)
S-6	OTAVI(for hydroponic culture)	Otavi(Spain)
S-7	Agroperl B-3(for hydroponic culture)	Agroperl(Spain)

1.12dS·m<sup>-1</sup>이었다. 일사량은 SONDA Radiacion solar (Sistemas electronics progres SA, Spain) 센서를 사용하여 측정하였다. 배지와 배액량은 저울 센서(SB series, CAS, Korea)에 매달아 무게를 측정하였으며, multi-channel static amplifier(AI-1600, CAS, Korea)를 통해 컴퓨터에 저장하였다.

토마토는 5단 재배하였고 측지는 5cm 이하에서 제거했으며, 화방당 착과수는 조절하지 않았다. 줄기는 양쪽으로 V자 형태로 외줄 유인하였고 착과를 위해 정식 초기에 토마토란을 살포하였으며 후기에는 나투 벌을 투입하여 수정시켰다. 수확은 1주일에 1~2회 실시하였으며 수확종료 화방 이하는 적엽하였다. 생육조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2003)에 따라 조사하였고 수량은 상품과중, 열과, 당도, 100g 이하 소형과, 기형과, 상품수량을 조사하였다. 통계 처리에는 SAS 통계패키지를 이용하였다.

2004년 8월 7일 하루 전에 관수를 중단한 펄라이트 자루에 식물체 지상부를 제거하고 지제부를 중으로 관통하여 절단한 후 Acetate orcein 염색약을 절단한 면으로 부터 30cm 위치에서 소형 스프레이분무기를 사용해 전체적으로 골고루 살포하여 뿌리 세포와 1시간 동안 반응시킨 후 분사노즐(에어스프레이건)을 사용하

여 절단면의 30cm 전면에서 perlite 입자가 절단면에서 떨어지지 않도록 주의하면서 물로 세척하여 반응을 멈추게 한 후 디지털 카메라로 촬영하고 image acquisition program(i-Solution, Korea)으로 분석하여 뿌리 분포를 관찰하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 펄라이트 특성

펄라이트는 진주암, 흑요암 또는 이에 준하는 석질을 갖는 암석을 분쇄한 후 소성 팽창시켜 제조한 것으로 국가기술표준원이 입도에 의해 펄라이트를 구분(KSSN, 2001)하고 있다(Table 2). 이 중에서 수경재

**Table 2.** Classification of particle size in perlite by Korean Standards.

Classification	Particle size distribution
0.3 less then	0.3 mm> particle size 60% over
0.15-0.6	0.15-0.6 mm particle size 60% over
0.3-1.2	0.3-1.2 mm particle size 60% over
0.6-2.5	0.6-2.5 mm particle size 60% over
1.2-5	1.2-5 mm particle size 60% over
2.5-10	2.5-10 mm particle size 60% over

**Table 3.** Distribution (%) of particle sizes in the different types of perlites for testing.

Particle size distribution	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7
> 5.6 mm	0.1	0	0	0	0	0.25	0
5.6~4.0 mm	16.22	9.99	0	0.23	0.21	3.77	4.13
4.0~2.8 mm	41.34	52.08	8.85	8.61	40.12	11.71	18.13
2.8~2.0 mm	24.62	31.51	58.56	21.81	41.45	11.43	16.05
2.0~1.4 mm	10.86	3.97	21.25	15.55	10.08	11.15	14.45
1.4~1.0 mm	4.34	0.33	4.85	21.31	3.92	9.53	11.25
Particles larger than 1.0 mm	97.48	97.88	93.51	67.51	95.78	47.84	64.01
1.0~0.71 mm	0.69	0.21	1.09	15.29	1.34	7.75	8.53
710~500 μm	0.56	0.22	0.56	13.51	0.98	9.25	8.77
500~335 μm	0.31	0.29	0.55	2.65	0.72	7.75	9.41
335~300 μm	0.23	0.17	0.17	0.14	0.08	0.20	0.13
300~250 μm	0.12	0.37	0.33	0.28	0.22	7.85	0.99
250~180 μm	0.11	0.41	0.49	0.14	0.28	12.37	3.05
180~150 μm	0.14	0.13	0.15	0.10	0.14	3.03	0.13
150~106 μm	0.14	0.17	0.86	0.17	0.24	2.03	2.21
< 106 μm	0.22	0.15	2.29	0.21	0.22	1.93	2.77
Particles smaller than 1.0 mm	2.52	2.12	6.49	32.49	4.22	52.16	35.99

배용으로 사용하고 있는 것은 0.6-2.5 및 1.2-5의 범주에 해당하는 것으로 조사되었다.

바람직한 배지는 적정 보수성과 통기성을 가진 것이어야 한다. 이를 위해 입도분포를 조사한 결과(Table 3), 수경재배에 사용되는 펄라이트는 1.0mm 이상의 입자가 47.8% 이상, 1mm 이하의 입자가 52.2% 이하를 점유하는 것으로 조사되었다. 제품별로는 큰 차이를 보였는데, S-1, S-2 및 S-5에서는 1.0-2.8mm의 입자가 39.82%, 35.81% 및 55.45%이었고, 2.8mm 이상의 입자가 57.56%, 62.07% 및 40.33%로 비교적 고르게 분포하였다. S-3, S-4, S-6 및 S-7에서는 1.0-2.8mm의 입자가 84.66%, 58.67%, 32.11% 및 41.75 %이었고, 2.8mm 이상의 입자가 8.85%, 8.84%, 15.73% 및 22.26%로 비교적 대립이 적게 분포하였다. 특히, S-4, S-6 및 S-7은 1mm 이하의 입자가 많이 분포하였다.

화학적 특성은 SiO<sub>2</sub> 70~78%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11~14%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.5~2.0%, Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.0~5.0%, K<sub>2</sub>O 1.0~4.0%, CaO 0.2~2.0%, pH 6~8 등으로 나타났다.

배지별 물리적 특성을 조사한 결과(Table 4), 공극률은 59~62% 정도로 제품간 큰 차이를 보이지 않았다. 용기용수량은 S-2에서 27.7%로 낮은 것을 제외하고는 35~40% 사이의 수치를 나타내었다. 이는 총공극량과 용기용수량 사이에는 큰 상관성이 존재하지 않는 것을 시사한다. Poiseuille's law에 의하면 모세관에서 물 이동속도는 입자 반지름의 4승에 비례하므로 자루 내 입도분포는 매우 중요한 인자이다. 또한 펄라이트 재배시 배지 하부로 갈수록 산소는 감소, 이산화탄소와 에틸렌은 증가하는 경향을 보이는데, 분석한 배지의 경우는 산소농도 5.4%, CO<sub>2</sub>농도 8.7%, ethylene 농도 8.3×10<sup>-5</sup>% 정도이었다. 기상은 모든 배지에서

20% 이상으로 나타났다. 배지에서 겉보기 자유공간(apparent free space, AFP)이 10% 이상이면 산소가 식물생육의 제한요인이 되지 않으므로(Bunt, 1988) 모든 펄라이트 배지에서 산소부족의 염려는 없는 것으로 나타났다. 단, 이산화탄소의 용해도는 산소의 25배이므로 이산화탄소의 원활한 배출을 위해서도 보수력이 생육제한인자가 아닌 한은 입도가 큰 것이 좋은 것으로 사료된다. 가비중(부피비중)과 진비중에는 큰 차이가 없었으나, S-3, S-6 및 S-7이 낮은 경향을 보였다(Table 4). 용기용수량이 작은 배지는 높은 기상 비율을 나타냈는데 기상율의 증가는 식물재배 시 토양통기성을 좋게 하여 작물생육에 바람직하며 모든 제품에서 액상 및 기상은 적정 범위 안에 있었다. 총 함수량도 용기용수량과 유사한 경향을 나타냈다(Table 4).

펄라이트를 pressure plate extractor를 사용하여 0, 0.37, 4.90, 9.81 및 1,470kPa의 수분장력 하에서 잔존하는 수분량을 측정하였다(Fig. 1). 모두 0kPa에서는 약 60%정도의 수분을 보유하고 있었으나 4.90kPa에서

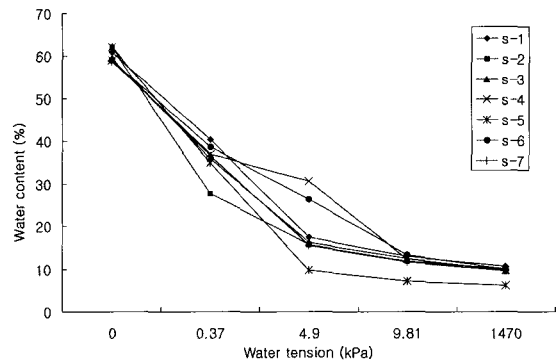


Fig. 1. Moisture retention-Water content curve of various perlite types.

Table 4. Physical properties of various expanded perlites for testing.

Substrate	TP <sup>z</sup> (% vol.)	CC <sup>y</sup> (% vol.)	AS <sup>x</sup> (% vol.)	Bulk density (g·cm <sup>-3</sup> )	Particle density (g·cm <sup>-3</sup> )	Total water (g H <sub>2</sub> O/347.5 cm <sup>3</sup> )	Water retention (g H <sub>2</sub> O/cm <sup>3</sup> )
S-1	60.99	40.37	20.61	2.04	5.22	140.3	0.403
S-2	62.08	27.74	34.34	2.04	5.39	96.4	0.277
S-3	59.57	35.98	23.60	4.98	2.01	125.0	0.360
S-4	59.00	36.94	22.06	2.00	4.89	128.4	0.369
S-5	62.20	34.87	27.34	2.08	5.51	121.2	0.349
S-6	59.12	38.69	20.43	1.95	4.76	134.5	0.387
S-7	58.96	36.61	22.35	2.00	4.86	127.2	0.366

<sup>z</sup>TP: total porosity, <sup>y</sup>CC: container capacity, <sup>x</sup>AS: air space.

## 토마토 자루재배 충진용 펄라이트의 적정 입도분포

급격히 감소하였고, 9.81kPa까지 감소한 후 1,470kPa까지는 유사한 수준을 유지하였다. 제품별로는 S-2에서 급격히 잔존하는 수분 함량이 감소하였다. Gabriëls 등 (1986)과 Verdonck와 Penninck(1986)은 용기용수량부터 50cm(4.90kPa)의 토양 수분장력에 존재하는 수분을 쉽게 이용될 수 있는 수분(easily available water)이라고 하였고, 50cm(4.90kPa)부터 100cm(9.81kPa)까지의 토양 수분장력 하에 존재하는 수분을 완충수(buffering water)라고 하였다. 그리고 1.5MPa에 존재하는 것은 무효수(unavailable water, UAW)라고 하였다. 본 연구에서 배지 종류에 관계없이 4.90kPa에서 존재하는 수분이 많지 않았는데, 이는 모든 배지에서 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분 양이 많음을 시사한다.

Verdonck와 Penninck(1986)은 배지 내에 존재하는 공극을 30-300 $\mu$ m의 입자간 공극(inter-aggregate pores)과 10-30 $\mu$ m의 입자내 공극(intra-aggregate pore)으로 구분하였다. 그들은 배지를 구성하는 입자의 직경이 작아질수록 입자간 공극이 작게 형성되어 수분 보유함량이 증가하나 배지의 구성입자에 강하게 흡착되어 식물이 흡수할 수 있는 유효수의 양이 감소함을 지적한 바 있다. Table 3에 나타난 바와 같이 작은 입자가 많은 제품이 보수성이 높되 유효수 감소의 원인이 된다고 판단되었다. 작은 입자들이 갖는 강한 모세관력에 의해 많은 수분을 보유하더라도, 결국 높은 모세관력 때문에 무효수의 양이 증가하게 되는데 특히 작은 입자가 극히 적은 제품에서 무효수의 양이 매우 적게 나타났다.

배지별 고유 특성 중 입도분포의 결과만을 고려할 때 S-4, S-6, S-7에서 보수성이 높고 토양 통기성이 낮을 것으로 예상되었다. 수분특성 등의 물리적 성질을 고려할 때 S-2는 보수성이 낮은 것으로 나타났다. 재배 중에 물리화학적 성질이 변하는 것을 고려해서 배지를 선정해야 하는데, 펄라이트의 경우 안정성이 뛰어난 점을 고려하여 S-2 이외의 배지들은 사용상 문제가 없을 것으로 판단되었다.

## 2. 토마토 재배 적응성 평가

펄라이트는 재배 도중 입자가 부서질 수 있으며(Willumsen, 1993), 중력 등에 의해 다져지거나, 특히 작은 입자들은 자루 내에서 하부로 이동할 수 있고(Marfa 등, 1992), 자루 내에서의 물리적 성질은 재배 기간에 따라 달라질 수 있다(Orozco와 Marfa, 1995). 배지의 수분보유력은 뿌리발달에 따라 증가하고 건습의 반복 등에 의해 변화된다(Wever 등, 2004). 그러므로 배지 고유의 물리적 특성만을 이용하여 실제 재배에 사용하는 것에는 어려움이 따른다. 이에 따라 첫 번째 실험에서 얻은 물리적 특성을 바탕으로 7가지 배지 중에서 물리적 특성이 다른 국내 시판용 2가지 배지와 새롭게 제작한 배지에 대하여 재배 적응성을 평가하였다. 사용한 펄라이트는 새롭게 개발한 S-1(1.2~5mm)과 대립인 S-2(0.15~5mm), 소립인 S-3(1~3mm)이었다.

생육일수에 따라 일사량과 급액량 및 배액율을 조사

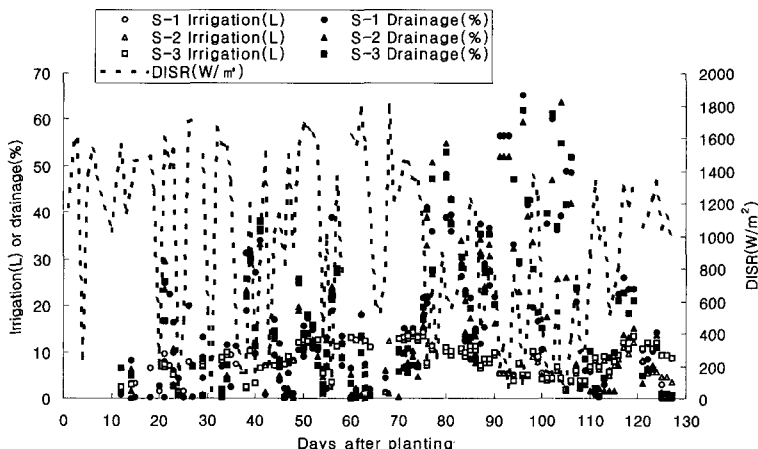


Fig. 2. Amounts of irrigation and drainage by daily integrated solar radiation of different perlite types in tomato perlite bag culture.

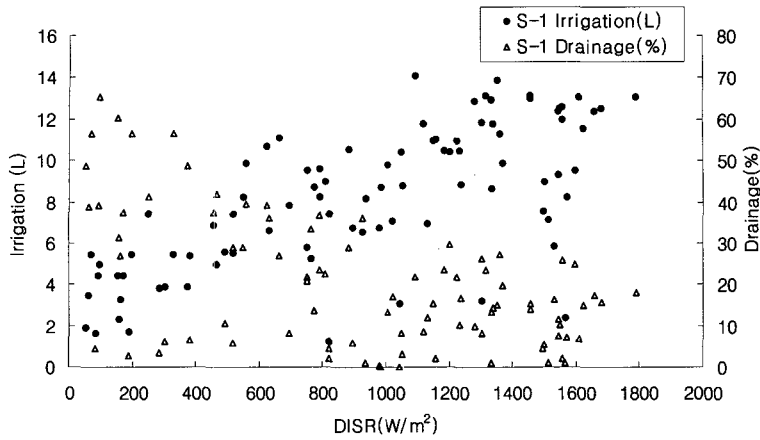


Fig. 3. Relation between irrigation and drainage by DISR(daily integrated solar radiation) in tomato perlite bag culture using S-1 substrate.

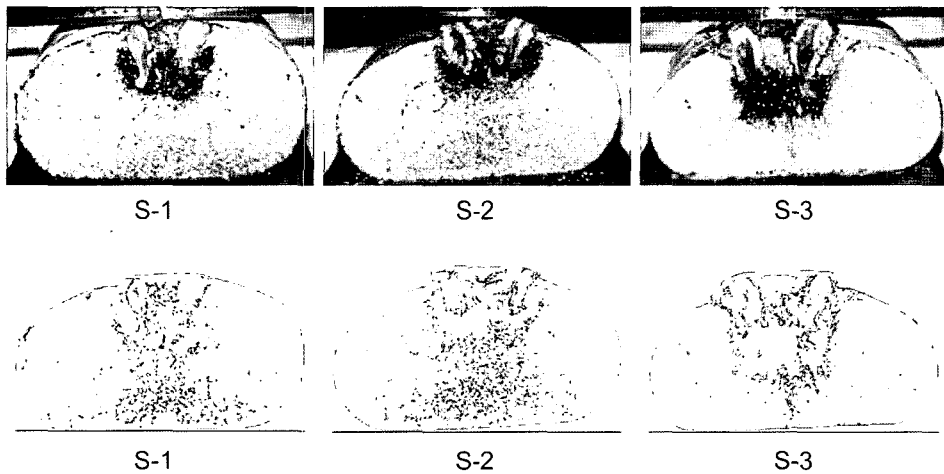


Fig. 4. Distribution of root mass on the cross section of perlite bag. The upper pictures were taken after roots were stained and the lower images show root distribution analyzed by the image acquisition program.

한 결과, 배지간에 일정한 경향을 발견하기 어려웠으며, 처리 간에 급액 및 배액의 차이는 인정되지 않았다 (Fig. 2).

일일적산일사량에 따른 급액량과 배액율을 조사한 결과, 배지 종류에 관계없이 일일적산일사량에 비례해서 급액량은 증가하고, 배액율은 반비례하는 경향을 나타냈다(Fig. 3).

배지 종류별 자루단면의 뿌리분포를 나타낸 결과 (Fig. 4), S-1과 S-2에서 S-3에 비해 뿌리 분포량이 많은 것으로 나타났다. 이는 공극이 큰 대립입자가 많은 배지에서 식물체의 뿌리 생장이 왕성했기 때문인 것으로 생각된다.

펄라이트 배지 입도분포의 모든 처리에서 생육은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 5). 수량은 S-1(입도 1.2~5mm) 처리가 다른 처리에 비해 총수량과 상품수량이 각각 8,628kg/10a, 7,759kg/10a으로 다소 높았다 (Table 6). 과실 당도는 처리 간 차이가 없이 4.9~5.1 °Brix 수준이었으며, 소형과와 기형과는 S-3에 비해 S-1과 S-2에서 비교적 적게 나왔다.

공시한 펄라이트 배지는 물리적 성질에 차이가 있음에도 불구하고 모두 자루재배용으로 사용가능한 것으로 나타났다. 3그룹을 식재한 30L 크기의 펄라이트 자루에서 토마토를 재배 실험한 기존의 보고(Hitchon 등, 1991)에서도 세립, 중립 및 조립으로 입자분포가

토마토 자루재배 충진용 펄라이트의 적정 입도분포

**Table 5.** Growth characteristics of tomato in perlite bag culture with the different particle sizes.

Perlite particle size <sup>z</sup>	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)
S-1	159	43.5	44.2	18.0	857
S-2	149	41.7	42.6	16.6	867
S-3	161	41.9	44.7	19.1	989

<sup>z</sup>S-1 (φ1.2~5 mm), S-2 (φ0.15~5 mm), S-3 (φ1~3 mm).

**Table 6.** Yield and fruit quality of tomato in perlite bag culture with the different particle sizes.

Perlite particle size <sup>z</sup>	Total yield (g/Plant)	Marketable yield (g/Plant)	Small fruit <sup>y</sup> (g/Plant)	Malformed fruit (g/Plant)	Sugar contents (°Brix)
S-1	9,145 <sup>x</sup> a	8,515 a	409 b	222 b	4.9
S-2	8,470 b	7,930 b	318 c	221 b	5.1
S-3	8,961 a	7,902 b	472 a	586 a	5.0

<sup>z</sup>S-1 (φ1.2~5 mm), S-2 (φ0.15~5 mm), S-3 (φ1~3 mm)

<sup>y</sup>Small fruit : fruit weight under 100g

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

서로 다르더라도 수확량이 차이가 없었는데, 이는 펄라이트가 물리성이 서로 다르더라도 수분함량이 충분하고 통기성이 전체적으로 양호하기 때문이다. 근권 온도 안정성 및 관수 안정성 등에 따라 자루재배에 적합한 입도분포에 차이가 있을 수 있겠으나 이상의 연구결과를 볼 때, 입도분포가 1.2-5mm인 것이 약간이나마 더 나은 것으로 나타났다.

펄라이트 자루용 배지를 생산하는 첫 번째 단계는 사용하는 원석의 선택에 있다. 국내 생산 펄라이트를 조사한 결과 중국 및 몽골에서 원석을 수입하는 것이 가장 경제적이었으며, 중국산은 지역에 따른 수입원가에 차이가 없었다. 단, 하남성 등의 중국산은 팽창율이 0.13인데 반해, 내몽골산은 팽창율이 0.18로 높아 진비율이 적고 생산단가가 저렴하고 보수성이 높아 개발 원석으로 사용하는 것이 적합한 것으로 조사되었다. 분말의 유무에 대해 조사한 결과, 펄라이트 자루재배를 행하고 있는 유럽의 경우, 경제적인 이유에 따라 분말을 포함하는 것이 일반적인 것으로 나타나, 개발하는 배지도 제품수율에 의한 경제성(생산성)을 위해 분말을 제거하지 않기로 1차 결정하였다. 입도분포가 넓은 것은 입자가 불균일하여 자루 하단부에 가는 것이 쌓이고 따라서 수분보유량이 많으며, 겨울에 추우면 배지 하단 부분이 너무 차서 뿌리가 다치기 쉽기 때문에 특히 겨울재배가 어려울 수 있다는 염려가 있다. 따라

서 균일한 것을 사용하는 것이 좋지만 가격 문제 때문에 선별하지 않되, 향후 온도 실험을 통하여 개선 및 확립해 갈 필요가 있다. 또한 자루 내 장소에 따른 양수분 차이 정도에 따라서 배지 입도의 변화 및 관수주기 등이 결정될 수 있는데, 향후 연구를 통하여 이를 확립해 가도록 할 계획이다

이상의 연구결과에 의해 다음과 같은 배지를 선정하였으며, 자루를 제작하여 실제 생산, 사용하였다.

원석 채광 장소: 내몽골

입도분포: 1.2-5mm (1.0mm 이상 60%, 이하 40%)

easily available water: 30%

제품수율: 100%

피복재: 흑백PE필름, 비닐두께 0.1mm

## 적 요

토마토 펄라이트 자루재배법의 확립을 위한 기초 연구로, 입도분포가 다른 7가지 충진용 펄라이트를 대상으로 물리성 및 수분특성을 조사했다. S-1(1.2-5mm), S-2(0.15-5mm) 및 S-5(Parat No. 1)에서는 1.0-2.8mm의 입자 및 2.8mm 이상의 입자가 비교적 고르게 분포하였다. (1-3mm), S-4(Parat No. 2), S-6(OTAVI) 및 S-7(Agroperl B-3)에서는 1.0-2.8mm의 입자가

84.66, 58.67, 32.11 및 41.75%이었고, 2.8mm 이상의 입자가 8.85, 8.84, 15.73 및 22.26%로 비교적 대립이 적게 분포하였다. 특히, S-4, S-6 및 S-7은 1mm 이하의 입자가 많이 분포하였다. 공극률은 59~62% 정도로 제품간 큰 차이를 보이지 않았다. 용기용수량은 S-2에서 27.7%로 낮은 것을 제외하고는 35~40% 사이의 수치를 나타내었다. 모든 배지는 수분장력 0kPa에서는 약 60%정도의 수분을 보유하고 있으나 4.90kPa에서 급격히 감소하여, 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분량이 많았다.

물리적 특성을 조사한 7가지 배지 중에서 입도분포가 다른 3가지 배지 S-1, S-2 및 S-3에 대하여 자루재배 적응성을 평가하였다. 공시 토마토는 로꾸산마루(사카타종묘)이었다. 자루 규격은 길이 120×폭 34cm(배지량 40리터, 흑백PE비닐 두께 0.1mm)였다. 생육일수에 따라 일사량과 급액량 및 배액율을 조사한 결과, 배지 간에 일정한 경향을 발견하기 어려웠으며, 처리 간에 급액 및 배액의 차이는 인정되지 않았다. 배지 종류별 자루단면의 뿌리분포를 나타낸 결과, S-1과 S-2에서 S-3에 비해 뿌리 분포량이 많은 것으로 나타났다. 모든 처리에서 생육은 비슷하였다. 수량은 S-1 처리가 다른 처리에 비해 총수량이 8,628kg/10a로 다소 높았다. 과실 당도는 처리간 차이가 없이 4.9~5.1°Brix 수준이었으며, 소형과와 기형과는 S-3에서 많이 나왔다. 이상 연구결과에서 입도분포가 1.2-5mm인 것이 바람직한 것으로 나타났다.

**주제어** : 배액량, 뿌리염색, 수경재배, 적산일사량, 펄라이트재배

## 사 사

이 논문은 농림기술개발사업 연구비에 의하여 연구되었음.

## 인 용 문 헌

1. Bilderback, T.E. and W.C. Fonteno. 1993. Improving

nutrient and moisture retention in pine bark substrate with rockwool and compost combinations. *Acta Hort.* 342:265-272.

2. Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman, London. pp.1-61.

3. Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red pepper in plug system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:618-624 (in Korean).

4. Gabriëls, R., O. Verdonck, and O. Mekers. 1986. Substrate requirements for pot plants in recirculating water culture. *Acta Hort.* 178:93-100.

5. Hall, D.A., R.A.K. Szmidt, and G.M. Hitchon. 1989. Glasshouse crop production in inert rooting media. *Aspects of Applied Biology* 22:333-339.

6. Hitchon, G.M., D.A. Hall, and R.A.K. Szmidt. 1991. Hydroponic production of glasshouse tomatoes in Sardinian plaster-grade perlite. *Acta Hort.* 287:261-266.6.

7. Korea Standards Service Network(KSSN). 2001. KS F 3701 Perlite. Seoul, Korea.(in Korean)

8. Marfa, O., A. Martinez, R. Orozco, L. Serrano, and F.X. Martinez. 1992. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342:339-348.

9. Milks, R.R., W.C. Fonteno, and R.A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrate: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:57-61.

10. Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operations and management. 4th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA. pp. 171-207.

11. Orozco, R. and O. Marfa. 1995. Granulometric alteration, air-entry potential and hydraulic conductivity in perlites used in soilless cultures. *Acta Hort.* 408:147-161.

12. Rural Development Administration(RDA). 2003. Survey standard of agriculture experiment. Suwon, Korea (in Korean).

13. Rural Development Administration(RDA). 2005. Hydroponic culture dissemination present status 2004. Suwon, Korea (in Korean).

14. Verdonck, O. and R. Penninck. 1986. Air content in horticultural substrate. *Acta Hort.* 178:101-105.

15. Wever, G., J.S. Nowak, O.M. De Sousa Oliveira, and A. van Winkel. 2004. Determination of hydraulic conductivity in growing media. *Acta Hort.* 648:135-143.

16. Willumsen, J. 1993. Assessment of fluctuations in water and air contents of pot substrates during plant growth. *Acta Hort.* 342:371-378.