

펄라이트배지살균기 개발을 위한 기초연구

A Basic study for development of a sterilizer of perlite in nutriculture

김동익*	장유섭*	김승희*	이공인*	이중섭**
정회원	정회원	정회원	정회원	비회원
D.E.Kim	Y.S.Chang	S.H.Kim	G.I.Lee	J.S.Lee

1. 서론

우리나라의 양액재배면적은 '92년 13.2ha에서 꾸준히 증가하여 '99년말 현재 648ha에 이르고 있으며 펄라이트를 이용한 배지재배면적이 그 중 약 50%를 차지하고 있다. 양액재배로 주년생산이 가능해지고 또한 생산성이 향상되어 농가소득이 크게 증대되었다. 그러나 배지로 사용되고 있는 펄라이트는 작물재배기간동안에 병원균에 감염되거나 여러 작기 계속 사용으로 배지의 물리성이 악화되어 펄라이트를 소독 후 재사용하거나 새것으로 교체하고 있다. 사용 후 폐기되는 펄라이트는 토양오염과 함께 경제적 손실을 가져오고 있다. 특히 재배기간 중에 병원균에 감염된 배지는 그 다음 재배하는 작물도 똑같은 병에 걸리기 때문에 재사용하기 위해서는 배지살균이 전제되어야만 한다. 병에 걸린 배지를 재사용하기 위해서는 배지를 살균하기 위한 장치를 개발하여 사용년한을 다소 늘릴 필요가 있다.

양액살균에 관한 연구로써 순환식 고품배지경 양액재배에서 배출되는 잉여양액을 양액성분의 변화없이 근부위조병균, 역병균, 근부병균, 청고병균을 완전살균하여 재이용할 수 있는 전기가열식 양액살균장치를 개발하였는데 가열온도 70℃에서도 완전살균이 가능하였다고 한다.¹⁾ 그러나 양액살균장치는 재배기간 중 배출되는 잉여양액을 살균하는 것으로 재배작기가 끝나고 작물을 심기 전에 병원균에 감염된 배지를 살균하는 장치의 개발은 아직 되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 펄라이트배지살균기 개발을 위한 기초연구로써 펄라이트양액재배베드의 형상과 규격을 조사하고, 병원균의 살균실험을 통해 병원균 살균온도와 시간에 따른 병원균 살균율을 조사하고, 펄라이트배지살균기 개발을 위한 기초실험을 목적으로 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 베드형태 및 규격

농가에 설치되어 있는 베드의 형태와 규격 그리고 설치방법이 펄라이트배지살균기 개발에 있어서 배지수거장치와 본체의 크기를 결정하는 데 중요한 인자이므로 6개도의 10여 농가에 설치되어 있는 베드의 형태와 규격을 조사하였다.

* 농업기계화연구소 생물생산기계과

** 원예연구소 원예환경과

나. 펄라이트의 가열 특성

배지살균을 위한 기계적인 작업이 가능하려면 빠른 시간 내에 펄라이트의 온도를 높여야 하므로 가온방식은 중요하게 된다. 따라서 펄라이트 온도를 빨리 올릴 수 있는 방법을 찾기 위해 가온방식에 따른 펄라이트온도변화를 조사하였다. 마이크로파 가열에 의한 펄라이트의 온도변화는 가정용 전자렌지에 완전히 건조된 펄라이트와 물을 흡습시킨 펄라이트를 200ml씩 비닐봉투에 넣어 전자렌지에 가열시킨 후 꺼낸 다음 즉시 온도측정기(HI92804C, HANA사)를 사용하여 온도를 측정하였다. 온수 가열에 의한 펄라이트의 온도변화는 망사망에 넣은 펄라이트를 가열된 수조에 담갔다 꺼낸 다음 즉시 온도를 측정하였다. 물은 3kW 용량의 히터봉을 사용하여 가열하였다. 수온은 PID제어가 되는 Temperature controller(DX07, 한영전자)에 의해 정밀하게 조절되도록 하였다.

다. 병원균 살균

공시재료는 역병균(*Phatophthora capsici*)을 사용하였으며, 공시재료는 원예연구소 원예환경과에 의뢰하여 역병균을 접종한 배지(Corn meal agar)에 5~10mm로 잘게 자른 토마토 뿌리를 꽂아 역병균이 뿌리에 옮겨붙도록 하였다. 일주일 경과하여 병균이 완전히 옮겨붙은 토마토 뿌리와 배지를 스테인레스로된 사각플레이트에 펄라이트와 토마토뿌리 그리고 배지를 넣어 잘 섞은 다음 항온항습기(150AT/L, JEIO tech사)에 넣어 28℃, 80%RH에서 일주일간 배양하였다. 감염된 뿌리가 섞여있는 150g의 펄라이트를 가열된 수조에 넣었다 꺼낸 다음 항온항습기에 넣어 2일간 두었다가 토마토뿌리만을 골라 배지에 넣은 다음 2일간 배양하여 병균의 재증식 유무를 조사하였다. 살균시간은 30초, 1, 3, 5, 10분으로 나누어 1차 실험한 결과 1분간 처리에서도 병균의 증식이 관찰되지 않아 2차 실험에서는 살균온도마다 살균시간을 달리하여 실험하였다.

라. 배지수거장치와 살균장치

펄라이트배지를 수거하기 위한 장치는 1/2HP(감속비 1/60)용량의 감속모터에 연결된 바퀴의 구동에 의해 주행되며, 수거장치가 베드 위를 지나가면서 버킷컨베이어로 펄라이트를 수거하는 구조로 되어있다. 수거장치의 크기는 1200×1000×1100(L×W×H, mm)이고, 수거컨베이어의 크기는 2340×230mm이다. 컨베이어에 부착된 버킷의 용량은 500ml, 설치간격은 146cm, 컨베이어의 속도는 7.38m/min이었으며 장치의 주행속도는 7cm/sec이었다. 배지수거장치 구조는 그림 1에서 보는 바와 같다. 펄라이트를 가열하기 위한 가온장치는 그림 2에서 보는 바와 같이 가스순간온수기와 히터봉에 의해 각각 살균수조로 유입되는 물과 살균수조내의 물을 가온하도록 되어있다. 살균수조내에는 러그가 부착된 컨베이어가 장착되어 있어 수거장치에서 수거한 배지가 살균수조에 들어가면 펄라이트는 물에 뜨게 되지만 계속 펄라이트가 유입되면 먼저 들어간 펄라이트는 가라앉게 되고 가라앉은 펄라이트는 컨베이어에 의해 이동하며 배출되게 되어 있다. 가스순간온수기의 용량은 13,000kcal/hr이고 히터봉 용량은 3kW/h이다. 가온장치의 크기는 1040×1060×1560(L×W×H, mm)이고, 컨베이어의 크기는 1290×230이었다.

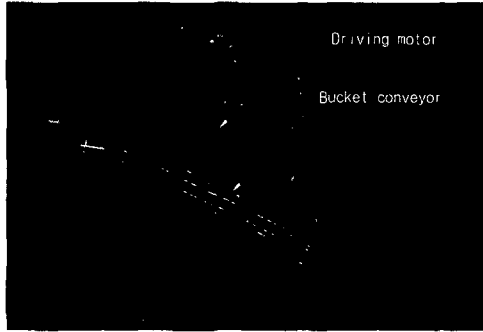


Fig. 1. The schematic diagram of system for conveying perlite.

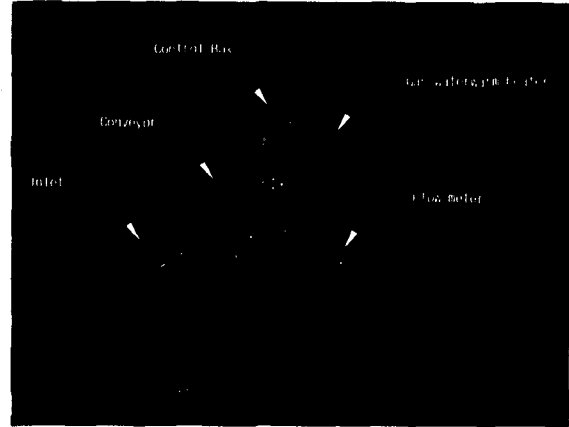


Fig. 2. The schematic diagram of sterilization system

3. 결과 및 고찰

가. 베드 형태 및 규격

펄라이트 양액재배 농가는 지역마다 다른 형상의 베드를 사용하고 있었는데 그림 3에서 보는 바와 같이 바닥이 평평한 형태, 양쪽으로 볼록한 형태 그리고 가운데 부분이 볼록한 형태이었다. 양액재배 베드를 제조하는 회사에서 제품개발을 계속하고 있으므로 여러 유형의 베드가 보급되고 있다. 그러나 현재 전체적으로 많이 보급되어 있는 베드 형태는 바닥이 평평한 형태로 바깥

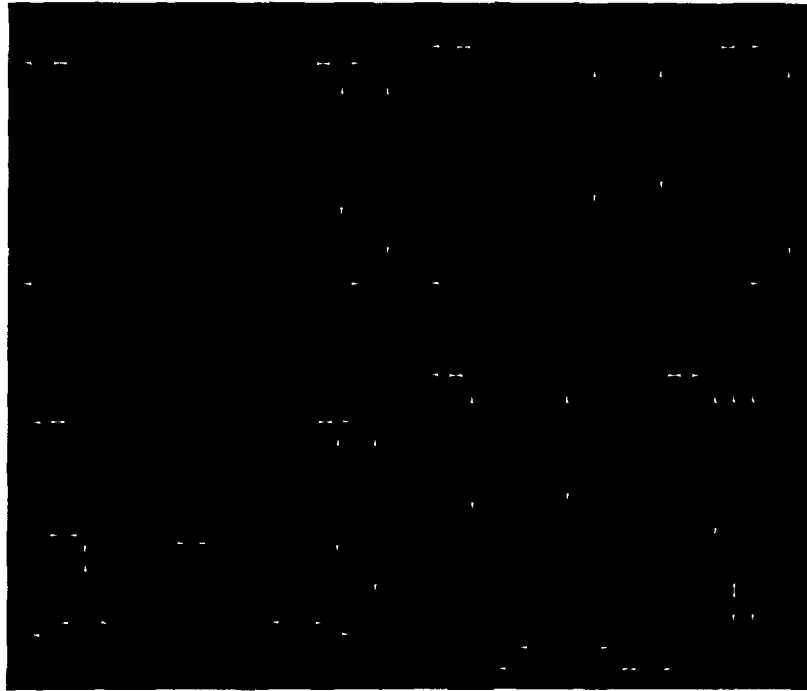


Fig. 3. The type of bed for perlite hydroponics

폭은 37~38cm, 안쪽폭은 30cm이었으며, 전체높이는 19~21cm, 안쪽높이는 14.5cm이었으며, 농가에서는 베드를 바닥에 설치하거나 파이프로 만든 벤치위에 설치하였다. 바닥에 설치하는 경우의 베드높이는

가장 높은 쪽이 22.5~28cm이었고, 벤치 위에 설치하는 경우는 가장 높은 쪽이 48cm정도로 표 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Size of bed for perlite hydroponics

Item	Width(inside) (cm)	Height(inside) (cm)	Thickness (cm)	Top height of bed (cm)
Dimension	37~38(30)	19~21(14.5)	3.5~4	22.5~28(ground) 48(bench type)

나. 가열방식에 따른 온도변화

펄라이트를 히터봉으로 가열된 온수에 넣은 경우에는 온수에 넣자마자 수온에 근접하게 도달하였으며, 마이크로파로 가열한 경우에는 건조조건과 습윤 조건에 따라 온도상승속도가 달랐는데 건조시에는 완만한 상승을 나타내었으며, 습윤시에는 급격한 상승을 나타내었다. 온수에 의한 가온이 초기에 빠른 것은 온수가 펄라이트 표면과 직접 접촉하면서 빠른 속도로 열교환이 이루어졌기 때문일 것으로 생각된다.

Table 2. Perlite temperature changes on heating method

heating time (sec)	heating by hot water with electric heater (°C)	heating by microwave(°C)	
		dryness	wetness
0	27.8	28.4	28.4
30	82.8	34.7	65.4
60	82.9	41.4	80.1
90	83.1	44.3	86.1
120	83.0	45.1	93.0

다. 살균온도와 살균시간

역병균 살균실험결과 온수온도가 90°C인 경우에는 5초간 경과하여도 살균율이 100%가 되었으며, 온수온도가 80°C인 경우에는 10초경과시까지는 75%의 살균율을 나타내었으며, 15초간 경과시에는 100%의 살균율을 나타내었으며, 온수온도가 70°C인 경우에는 20초 경과시까지는 50%의 살균율을 나타내었으며, 30초 경과시에는 75%, 45초 경과시에는 100%의 살균율을 나타내었다. 살균온도가 높아지면 그에 따라 살균시간은 점차 짧아졌다.

Table 3. Sterilization rate on the water temperature and submerged time

Water temperature ($^{\circ}\text{C}$)	submerged time (sec)	killed rate (%)
70	10	50
	20	50
	30	75
	45	100
80	5	75
	10	75
	15	100
90	5	100
	10	100
	15	100

라. 수거 및 가온 성능

배지수거장치의 수거성능은 표 4에서 보는 바와 같이 수거깊이가 4, 7, 10cm일때는 배지수거량은 각각 3.82, 5.58, 6.18 l/min로 수거깊이가 깊어짐에 따라 수거량은 증가하였지만 증가정도는 둔화되는 경향이였다. 이것은 버킷의 수거용량을 초과하는 펄라이트는 버킷에서 흘러내리면서 진행해가는 컨베이어 옆으로 밀려나기 때문으로 판단된다.

Table 4. Conveying amount on the application depth

Item	Application depth(cm)		
	4	7	10
Conveying amount of perlite (l/min)	3.82	5.58	6.18

가스 순간온수기를 통과한 물의 온도는 그림 4에서 보는바와 같이 분당 유입량이 5.4 l 일 때 72 $^{\circ}\text{C}$ 로 가장 높았는데 이것은 가스순간온수기에 내장된 과열방지장치가 작동하기 때문에 유입량이 적을 때는 간헐연소를 하기 때문이고, 유입량이 많을 때는 온수기의 열량이 유입량을 데우기에는 열량이 모자라기 때문이다. 살균장치를 통과한 후 온도변화는 그림 5에서 보는 바와 같이 수온이 65 $^{\circ}\text{C}$ 인 살균장치를 통과한 후 펄라이트 온도변화는 59 $^{\circ}\text{C}$ 에서부터 천천히 내려가 지하 2.5cm에서는 10분 경과 후 10 $^{\circ}\text{C}$ 정도 하강하는 것으로 나타났으며, 지하 5cm에서는 10분 경과 후 3 $^{\circ}\text{C}$ 정도 하강하는 것으로 나타났다.

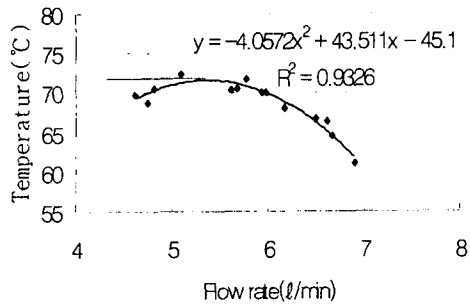


Fig. 4. Water temperature of outlet of gas waterwarm heater on the flow rate

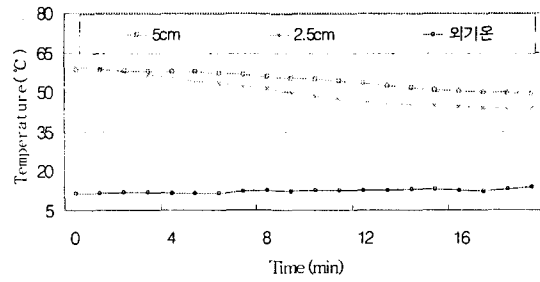


Fig. 5. Temperature changes of perlite after passing water tank in 65°C for sterilization at perlite depth on the time.

4. 요약 및 결론

본 실험에서는 농가에 설치되어 있는 베드의 형상과 규격 및 설치방법을 조사하고, 마이크로파 가열방식과 온수에 의한 가열방식에 따른 펄라이트의 온도변화를 비교하고, 살균실험으로써 역병균의 살균온도에 따른 살균시간을 조사하고, 배지수거장치와 살균장치의 성능을 평가하여 펄라이트배지살균기의 설계에 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

가. 농가에 많이 보급되어 있는 베드 형태는 바닥이 평평한 형태로 내폭은 30cm이었으며, 바닥면으로 부터의 높이는 14.5cm이었으며, 베드높이는 바닥에 설치하는 경우 높은 쪽이 22.5~28cm이었고, 벤치 위에 설치하는 경우에는 높은 쪽이 48cm로 설치방식과 베드높이가 다양하였다.

나. 펄라이트의 가온실험을 한 결과 온수에 넣은 경우에는 넣자마자 수온에 근접하였으며, 마이크로파로 가열한 경우에는 건조조건과 습윤 조건에 따라 온도상승속도가 달랐는데, 건조시에는 완만한 상승을 나타내었으며, 습윤시에는 급격한 상승을 나타내었다.

다. 온수온도가 90°C인 경우에는 5초간 경과하여도 100%의 살균율을 나타내었으며, 살균온도가 낮아지면 그에 따라 살균시간도 길어지는 것으로 나타났다.

라. 배지수거장치의 컨베이어의 깊이가 깊어짐에 따라 수거량은 증가하였으며, 수거깊이가 4, 7, 10cm일때는 각각 3.82, 5.58, 6.18 l/min이었으며, 살균장치를 통과한 후 온도변화는 10분경과 후 지하 2.5cm에서는 10°C정도, 지하 5cm에서는 3°C정도 낮아졌다.

5. 참고문헌

1. 이공인 등. 1998. 전기가열식 양액살균장치 개발. 농업기계학회 동계학술대회 논문집 3(1). p. 187-192.
2. Paul V. nelson. 1991. Greenhouse operation and management 4th ed. prentice hall. p. 209-229.
3. 이윤수, 유갑희. 1996. 시설재배작물의 병해관리. 강원대학교출판부. p. 68-206.
4. Robert W. Langhans. 1983. Greenhouse management 2nd ed. p. 155-169.