

온실 토양가온 및 토양소독 시스템†

Soil heating and sterilization system in greenhouse

김영복*

박중춘**

정희원

Y. B. Kim

J. C. Park

1. 서론

본 연구에서는 온실내 토양의 소독과 근권가온과 관련하여 그 필요성과 방법, 근권가온과 토양소독 겸용시스템을 개관하고 지표열수토양가온시의 토양내 온도변화를 측정 분석하므로써 온실내 토양소독과 가온시스템 개발의 기초자료를 확보하고자 하였다.

가. 근권가온

물고기를 양식하면 물고기는 적정 수온 지역을 찾아 이동하게 될 것이지만 식물은 스스로 적정온도지역으로 이동할 수가 없다. 따라서 겨울철 재배가 많은 시설원예에서는 작물별·재배작형별·성장시기별로 근권부를 포함하여 적정온도를 조성해주어야 할 것이다. 재배 적정온도에 대한 연구는 많이 이루어져 왔으며, 자연상태의 적정온도 탐색도 도움이 될 것이다. 이에 노지재배에서의 근권부온도 변화분석도 필요하게 되며, 이와 관련하여 김영복 등(2000)은 한국의 지온을 지역별로 깊이별로 방정식을 만들어 분석한 바 있다. 작물의 재배에 필요한 적정온도가 결정되면 이를 조성해주기 위한 노력이 필요하게 되는데 이를 위해 근권부가온을 하게 된다. 근권부가온에 의한 효과는 여러 작목에 대해 많은 연구가 이루어졌으며, 예를 들면 참외의 경우 지온 21 ℃로 하므로써 수확기를 10일 단축하고 초기수량 265 % 증가한다고 하였고(성주 과채류시험장), 오이의 경우 표 1에 나타낸 바와 같이 설정온도에 따라 수량이 달라지는 것을 확인한 바 있다(이재욱, 1994). 그리고 농업공학연구소에서는 비닐하우스용 지중가온 기준을 표 2와 같이 설정한 바 있다.

표 1 오이 근권가온 효과

지중 20 cm위치 지온설정 온도	무가온구	20 ℃	25 ℃	30 ℃
10a당 초기수량(kg)	1,796	3,200	4,328	4,154
폴리에틸렌 액셀 파이프 직경 20 mm, 간격 20 cm, 깊이 35 cm 로 매설				

† 본 연구는 2005년 지역농업 클러스터 기술개발지원사업으로 수행.
 * 경상대학교 농업생명과학대학 농업시스템공학부 생물산업기계공학전공.
 ** 경상대학교 농업생명과학대학 식물자원환경학부 원예학전공

표 2 지중가온 기준설정

파이프 종류	파이프직경 (mm)	매설깊이 (cm)	매설간격 (cm)	온수보일러 용량(kcal/hr)	지중배관유입 온수온도(℃)
PE	내경 : 15, 외경 : 19	30	60	34,000	45
* 농가보급형 자동화온실 (1-2W형) 300평, * 온도 설정기준 : 근권부온도 20℃					
* 하우스 내부온도 13℃					

나. 토양소독

1) 토양소독 의의 및 방법

토양병해의 발생은 대부분 연작장애에 의한 토양열화, 지력저하가 요인이다. 토양병원균의 내열성은 그다지 높지 않으며, 특히 습도가 높은 조건에서 가열에 약해 약 60℃ 이상으로 가열하면 비교적 단시간에 사멸한다. 토양소독은 토양 깊이 침투하도록 하고, 균일하게 소독 되도록 한다. 토양소독의 방법은 작물과 병원균의 특성에 따라 충분히 검토하여 선택하고 적정 실시한다. 토양소독방법의 선택에서 최근 환경친화적 방제가 강조되고 있으며, 태양열 소독이나 지중가온소독, 생태적 방제와 같은 환경친화적 방제가 추천된다.

토양소독법에는 물을 뿌려 가열하는 소토법(燒土法), 훈증제를 이용한 화학소독법, 호스를 통해 증기를 공급 침투시키는 증기소독법, 70~95℃ 정도의 고온수를 관수 튜브를 통하여 묘아래 20cm 부근의 지온이 55~60℃에 상승할 때까지 주입하는 열수주입법, 토양에 유기물을 혼합한 후 충분히 담수하여 비닐피복에 의해 온도를 유지함으로써 토양을 산소부족 상태, 즉 환원상태로 유지하여 병원균의 대다수를 사멸시키는 토양의 환원화에 의한 소독법, 잘 밀폐한 온실내의 토양을 벼짚이나 옥수수짚 등 유기물을 작게 썰어 석회와 혼합하여 로타리해서 이랑을 만든 다음 관수 후 비닐을 30~50일간 덮어두어 지표면 온도가 60~70℃ 까지 올라가게 하여 병발생을 억제하는 태양열소독법 등이 있다.

2) 태양열소독 및 토양가온 겸용시스템

최근에는 태양열 소독과 겸하여 지중 난방에 의한 가온을 실시하면 시설비를 줄이면서 두 가지 목적을 달성할 수 있기 때문에 그 겸용시스템이 도입되고 있다. 그것은 방열관을 지중 50~60cm 부근에 매설. 여름철에는 80~90℃, 겨울철에는 40~50℃ 정도의 온수를 순환시켜 겨울철에는 근권부 토양가온목적으로 이용하고 여름철에는 태양열 소독과 병행하여 토양소독용으로 사용한다. 이 방법은 깊이 80cm 근처까지 50℃ 정도의 온도까지 소독 가능한 것으로 알려져 있으며, 처리깊이는 열수나 증기소독에 비해 2~3배에 달한다. 설비비가 많이 들지만 증수에 의한 효과와 함께 겨울철 지중가온겸용이라는 장점이 있다. 그 시스템을 예시하면 다음과 같다(김영복 등, 2004).

- 직경 13 mm의 폴리프로필렌제의 경량 만곡 가능한 재질의 파이프를 매설
- 순환액은 에틸렌글리콜 혹은 프로필렌글리콜 액체로서 물보다 정비유지에 편리
- 매설깊이는 60 cm 정도, 매설간격은 40~80 cm 범위
- 펌프의 제어는 토양 중에 매설된 길이 25 cm 정도의 센서에 의해 제어.

2. 재료 및 방법

최근 지표면에 배관을 하여 지하수를 공급하거나 온수를 공급하여 지중온도조절과 온실내 냉난방을 시도하는 농가가 등장하고 있다. 본 연구에서는 이와 관련하여 지표배관에서 고온수를 배출하여 지중으로 흘러보낼 때 지중의 온도변화와 분포를 측정분석하여 가온과 소독의 가능성을 살펴보고자 하였다. 측정은 경남 진주시 금산면에 있는 피망재배농가를 대상으로 수행되었으며, 기간은 묘를 정식하기 전후의 기간으로서 2004. 9. 7~9. 13 사이에 실시하였다. 측정항목은 깊이별 지온과 온실내 기온이었으며, 토양의 온도는 작물재배위치의 중앙지점에서 지표아래로 10 cm 간격으로 7점, 지표면상단 10 cm 지점의 공기온도, 지표가온 및 냉각을 위한 입구 및 출구 튜브 표면온도 각각 한 점, 기온튜브가 설치되지 않은 위치의 지표면으로부터 1 cm, 5 cm 지점 각각 한 점을 측정하였다. 측정현장을 사진 1에 나타내었다. 측정은 지표면에 설치된 파이프를 통해서 고온수를 공급하여 지중가온을 하는 과정과 정식후 온도를 조절하기 위하여 지하수를 공급하는 과정에서의 지온변화를 분석하였다.



사진 1 측정장치가 설치된 모습

3. 결과 및 고찰

지표면에 설치한 배관을 통해 온수와 지하수를 공급하였을 경우 지온이 변하는 것을 나타내면 그림 1, 2와 같다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 지표면 물공급튜브의 표면온도변화를 보면 공급측과 회수측의 온도차이가 별로나지 않는 바 이는 물이동속도가 빠르고 이동량이 열공급에 충분하기 때문으로 보인다. 지표면온도는 고온수를 공급할 때를 제외하고는 공기온도와 비슷하게 변동하고 있었으며 온실 내 기온은 특별히 가열하지 않는 한 20~30 ℃ 범위를 나타내었다. 그런데 기온과 지표면온도가 주간과 야간 큰 차이가 없는 기간에 물공급부보다 물회수측의 온도가 상당히 높게 나타난 기간이 있는데 그것은 주간의 기온이 높은 날에 나타나고 있다. 이것은 기온이 높은 날은 온실커버에 의한 복사에너지가 지표면에 도달하여 검은색의 튜브표면에서 흡수되어 물을 가열하기 때문으로 판단된다. 이 온도가 지표면 온도보다 상당히 높은 것으로 보아 여름철 복사에너지가 지표면을 가열하여 기온상승을 유발하는 효과를 상당히 줄여줄 수 있을 것으로 판단된다. 지온의 변화를 살펴보면 지표면온도가 60 ℃ 이상이였다 하더라도 지속적이지 못하면 지중 10 cm 위치에서의 온도는 약 56 ℃ 정도에 도달하였다가 금방 하강하는 것을 알 수 있었고 지중 20 cm 위치에서는 약 37 ℃ 정도까지 상승하였다가 하강하였다. 온도상승영향은 지중깊이 들어갈 수록 줄어들어 지중 30 cm 이하에서는 그다지 변동하지 않는 것으로 나타났다. 전체적으로 볼 때 지중 10 cm 이하의 지온은 특별히 가열하지 않는 한 밤낮의 지온 변동은 별로 없는 것으로 나타났

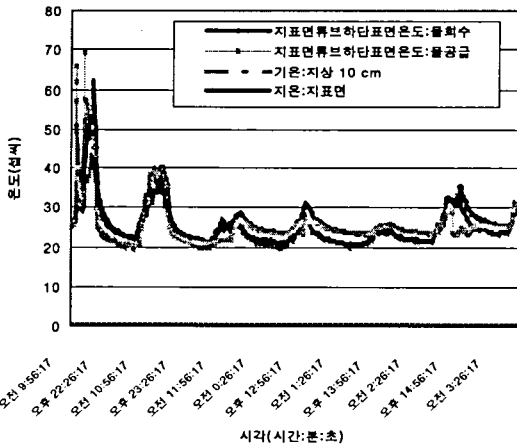


그림 1 온실내 기온, 지표면온도, 물공급류브의 온도 변화

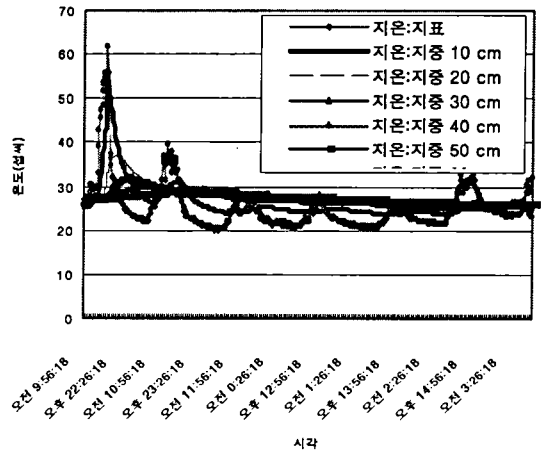


그림 2 지표면 고온수 공급후의 경시별 지온의 변화

고 그러한 현상은 더 깊은 위치로 내려갈수록 심화되었다. 한편 최고온도가 나타나는 시점은 열전달시간에 따라 지중깊이 들어갈수록 지연되어 나타났다. 한편, 지중 깊이별 · 경시별 온도분포와 변화를 살펴보면 그림 3과 같다. 지표면을 가열한 날의 오후 30분 간격으로 측정한 값을 나타내었는데 가열초기 지표면 최고온도가 약 62 °C이었다가 서서히 하강하여 한시간 후에는 45 °C 정도까지 하강하는 것을 알 수 있었다. 지중온도변화는 그림에서 보듯이 지중 20 cm 이하는 거의 변화가 없는 것을 알 수 있고 지중 10 cm 에서는 시간경과에 따라 56~45 °C범위에서 변하는 것을 알 수 있다.

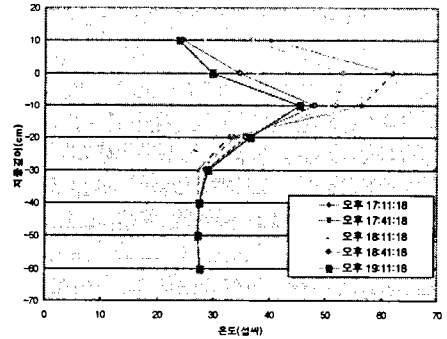


그림 3 지표면 고온수공급 후의 기온과 지중 깊이별 · 경시별 온도분포

5. 참고문헌

1. 김영복, 이승규, 김성태. 한국의 지온예측과 지리적 영향 분석. 2000. 한국농업기계학회 지 제25권 제6호 497-502
2. 이재욱. 온수 지중가온이 동계 시설오이의 근권환경, 생육 및 수량에 미치는 영향. 1994. 경북대학교 학사학위 논문
3. 신용습. 참외 지중가온 재배기술. 상북도농촌진흥원 성주과채류시험장
4. 김영복. 2004. 시설원예의 선진사업화를 위한 신기술 도입과 교육지도 컨설팅 사업 2004년 결과보고서. 경상남도 시설원예 특화사업단.