

딸기 고설 수경재배 시스템 개발을 위한 기초연구(1) - 배지온 특성 -

A basic study on a high-bed hydroponic system for strawberry (1)

이기명 전하준 박규식 박재완 송영준 배상일 이한용
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

K. M. LEE H. J. JEON K. S. PARK J. W. PARK Y. J. SONG S. I. BAE H. Y. LEE

1. 서론

딸기의 배양액 온도에 대한 반응은 지상부와 지하부가 서로 다르며, 13-23℃ 범위에서는 고온일수록 흡수작용이 촉진되기 때문에 잎 등 지상부 생육은 촉진되고, 저온일수록 호흡작용에 의한 소모가 적어지기 때문에 뿌리의 생육은 촉진된다. 또한 뿌리부는 저온일수록 색이 희고, 굵고, 분지하기 어렵게 되며, 고온에서는 가늘게 되고, 분지하기 쉽게 된다. 또한, 고온일수록 뿌리의 신장속도는 빠르지만, 노화가 빠르고 신장이 정지하기 쉽다. 배지온을 높게 관리하면, 지상부의 생육은 촉진되지만 뿌리가 빈약하게 된다.

그런데, 같은 고온이라도 흡수작용과 호흡작용 양자에 관계가 깊은 주간은 지상부의 생육을 촉진하며, 지하부의 생육을 억제하지만, 흡수작용에 관계가 없는 야간의 고온은 뿌리의 생육을 억제하는 작용은 크지만, 지상부의 생육을 촉진하는 효과가 적다.

따라서, 배지온을 야간은 낮게, 주간은 높게 관리하는 일교차가 있으면, 뿌리의 생육도 좋고, 잎 등 지상부의 생육도 양호하게 된다. 그래서, 양분흡수속도는 18℃에서 가장 빠르기 때문에 주간은 18℃를 유지할 필

요가 있다. 야간의 배지온이 10℃ 전후로 저하하여도, 주간은 배지온이 18℃ 전후로 되면, 굳이 가온하지 않아도 좋다. 그러나, 18℃ 전후의 배지온으로 되는 시간이 짧거나, 야간의 배지온이 아주 낮아지는 경우에는 생육이 떨어진다.

이상과 같이 딸기에 있어서 배지온은 다른 과채류와는 다른 생육특성을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 배지 내 온도 관리를 위하여 먼저 온실내 온도에 따른 배지온의 변화를 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치

그림 1, 2는 온실내 온도가 저하하였을 때 배지온 변화 특성을 알아보기 위한 시험장치이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 길이 2.4m, 높이 1.2m, 폭 1.5m의 챔버를 설치하여 챔버내 온도를 -3℃까지 설정할 수 있는 냉방기(2PS)를 설치하고 챔버내 설정온도에 따른 배지온 변화를 측정할 수 있도록 구성하였다.

배지온 변화는 베드별(플랜트형, V형), 배지 종류별(왕겨, 펠라이트, 왕겨80%+피트모스20%, 펠라이트80%+피트모스20%), 멀칭 유무별로 온도분포와 처리별 온도변화 특성

을 분석하여 온실내 야간온도의 변화에 따른 배지온의 변화 모델을 도출하고자 하였다. 그림 1에서 베드 1, 베드 2는 베드를 2열로 설치하여 4개의 베드를 설치하였으며, 동일한 온도조건에서 4가지 배지에 대한 멀칭유무의 처리 조건에 대한 시험을 할 수

있도록 하였다.

또한 배지온이 저하하였을 때 지하수 (13-15℃)를 배지 내에 설치한 파이프 내에 흘려 온도상승효과를 분석하고자 하였으며, 이 때 지하수의 유량을 설정하기 위하여 디지털 유량계를 설치하였다.

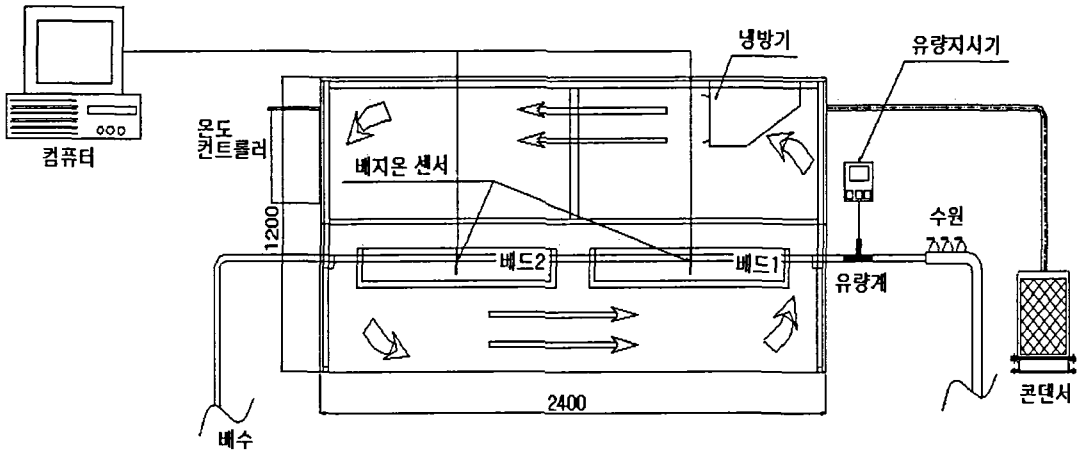


그림 1 온실내 온도변화에 따른 배지온 변화 시험장치 구성도

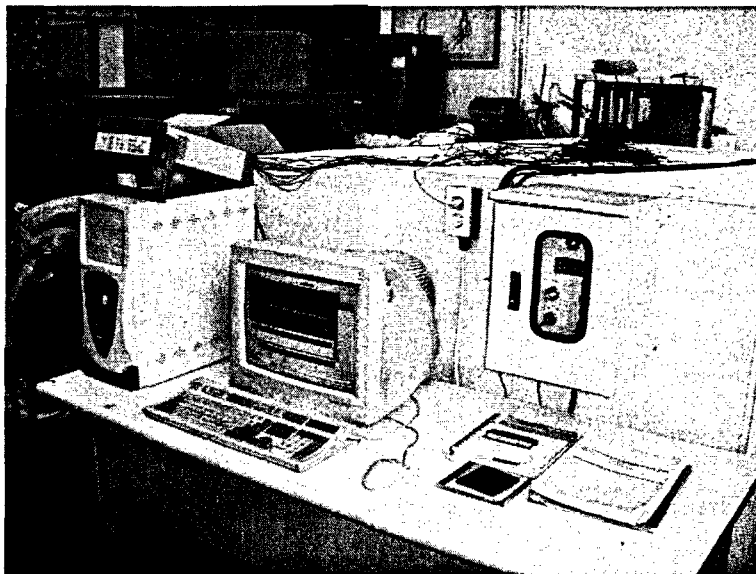


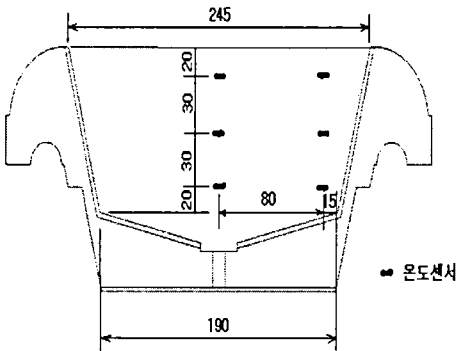
그림 2 온실내 온도변화에 따른 배지온 변화 시험장치

나. 실험재료

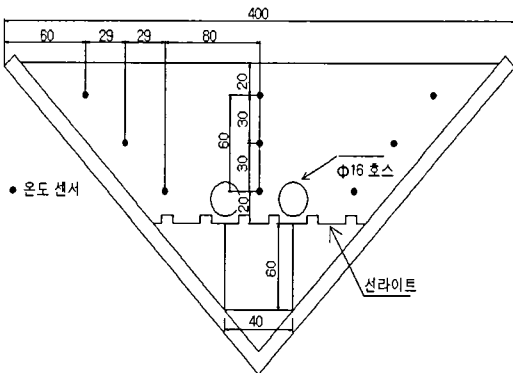
1) 베드 종류

가) 플랜트형 베드 그림 3의 (a)에 나타난 바와 같이 길이 75cm의 딸기 재배 전용 플랜트의 단면과 온도센서 설치 위치를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와같이 플랜트 중앙부에 길이별 3개소 벽면한쪽에 3개소의 6개소에 온도센서를 설치하고 반대쪽 벽면은 대칭으로 간주 하였다.

나) V형 베드 : 그림 3의 (b)에 나타난 바와 같이 30mm 스티로폼을 V자형을 붙여 폭400mm, 높이 240mm의 연속된 베드를 설치하고 깊이 100mm 지점에 파형 선라이트를 깔고 그 밑에다 40×60mm 플라스틱 사각 콜게이트 파이프를 설치하였다.



플랜트형 베드



V형 베드

그림 3 베드별 배지내 온도센서 설치 위치

2) 배지 종류

가) 플랜트형 베드 : 왕겨, 펄라이트, 왕겨 80%+피트모스20%, 펄라이트80%+피트모스 20% 및 멀칭 유무별

나) V형 베드 : 펄라이트80%+피트모스 20% 및 멀칭 유무별

V형 베드에서 왕겨, 펄라이트 단독 배지와 왕겨80%+피트모스20% 배지를 제외한 것은 플랜트형 베드의 재배를 통한 배지 실험에서 펄라이트80%+피트모스20% 배지가 재배 상 좋은 결과를 얻었기 때문이다.

다 실험방법

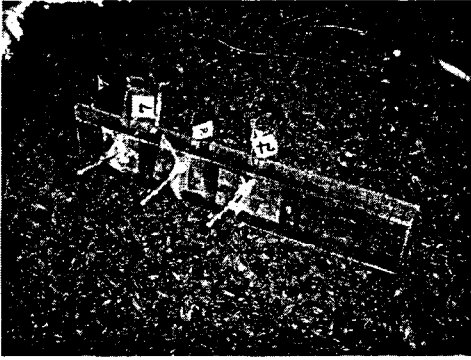
1) 플랜트형 베드

배지내 온도의 측정은 그림 3에서 보는 바와 같이 베드 중앙부의 배지 깊이별로 상(20mm), 중(50mm), 하(80mm) 3개소, 중앙으로부터 80mm의 위치(딸기정식 위치)에 상중하 3개소에 센서(T형 서모커플)를 설치하고 반대측은 대칭이라고 보고 베드 중앙 단면의 온도분포 특성을 파악하고자 하였다.

2) V형 베드

배지내 온도 측정은 베드 중앙부에는 그림 4의 플랜트형 베드와 같이 센서(T형 서모커플)를 설치하고 좌우측에는 그림 3과 같이 각각 중앙부와 같은 높이로 3개씩의 센서를 설치하여 온도분포를 파악하고자 하였다.

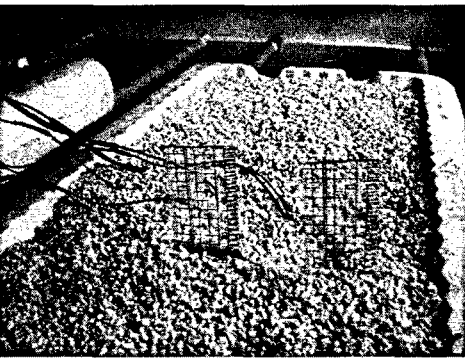
온도 센서의 설치는 그림 5와 같이 T형 서모커플을 플라스틱 스케일에 고정하여 배지 내에서 측정 위치를 유지하도록 하였다.



a) 온도센서



b) 온도센서설치(왕겨)



c) 온도센서 설치(펄라이트)



d) 챔버내 베드 설치

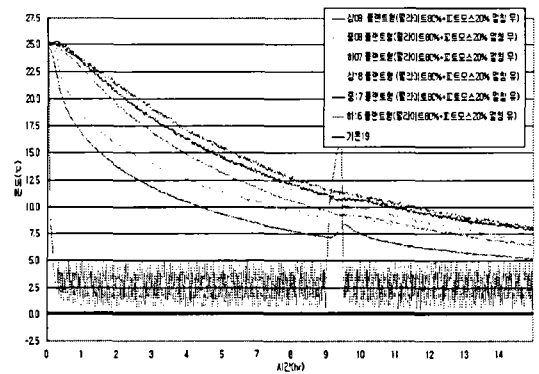
그림 4 배지내 온도 측정 센서 설치

3. 결과 및 고찰

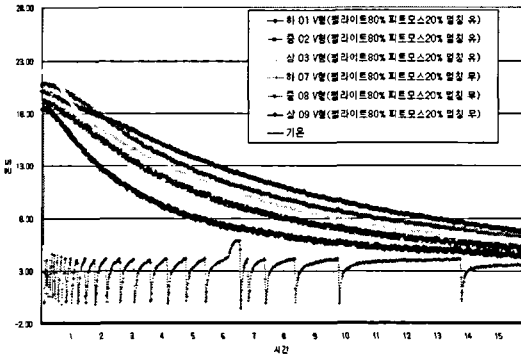
가. 베드별 온실내 기온에 따른 배지온 변화 모델

1) 베드내 온도 변화 특성

그림 5의 (a), (b)는 베드별 배지내 각 위치별 온도변화 곡선중 3.2°C의 예를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와같이 베드별 위치별 온도변화는 크게 차이를 보였으며, 이번 분석에서는 평균온도로서 비교하고자 하였다.



(a) 플랜트형 실내온도 3.2°C



(b) V형 실내온도 3.2°C

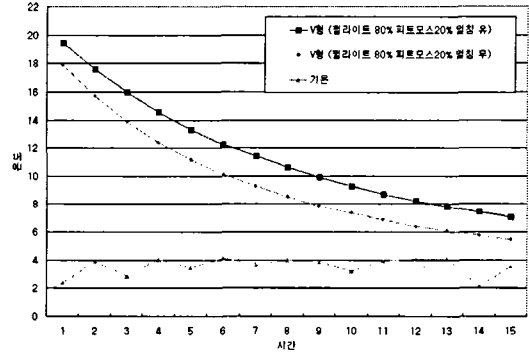
그림 5 베드별 배치내 각 위치별 온도 변화
(배지: 펠라이트80% 피트모스20%)

그림 6의 (a), (b), (c)는 V형 베드에 대하여 온실내 온도를 3.2°C, 5.0°C, 6.7°C로 하였을 경우 펠라이트80%+피트모스20% 배지의 멀칭 유무에 따라 베드 내부의 평균온도 강하 분포를 나타낸 것으로 배지 상부에 멀칭을 한 경우가 멀칭을 하지 않은 경우에 비하여 온도강하가 느리게 나타남을 보여 주어 15시간 경과후 멀칭 유무에 따른 평균온도차는 실내온도 3.2°C에서 1.6°C, 실내온도 5.0°C에서 1.4°C, 실내온도 6.7°C에서 1.7°C로 나타났다.

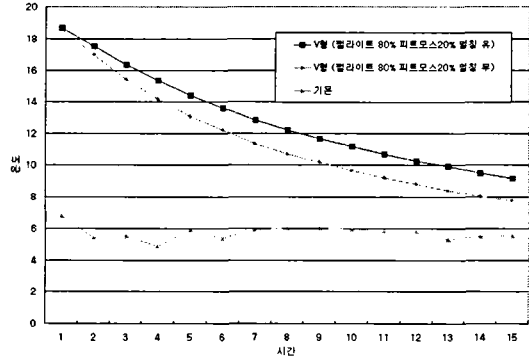
V형 베드와 플랜트형 베드를 비교하기 위하여 그림 7의 (a), (b), (c)는 베드별(플랜트형, V형), 온실내 온도를 3.2°C, 5.0°C, 6.7°C로 하였을 경우 펠라이트80%+피트모스20% 배지의 멀칭 유무에 따라 베드 내부의 평균온도 변화를 나타냈다. 그림 7에서 보면 베드의 종류에 따라, 멀칭의 유무에 따라 다소 차이는 있지만 V형보다 플랜트형이 초기 온도 강하가 급격히 이루어 졌으며, 시간이 지남에 따라 온도강하는 느리게 나타남을 보여주고 있다.

특히 V형 배지 상면을 멀칭한 경우에서

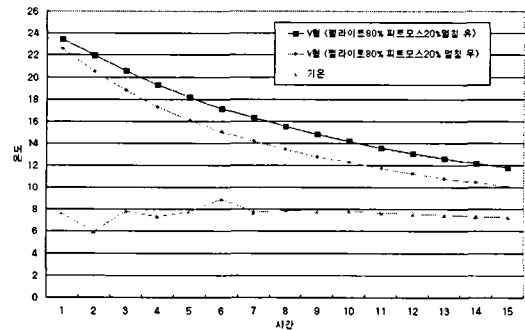
가장 느린 온도 강하를 보여 플랜트형 보다 V형의 배치온 저하가 작게 일어났다. 이것 으로부터 V형 베드가 뿌리 온도 유지를 위하여 유리하다는 결론을 얻었다.



(a) 실내온도 3.2°C

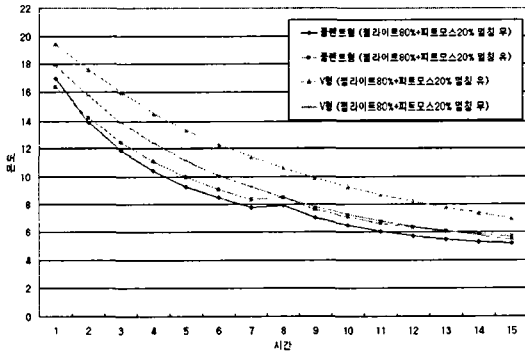


(b) 실내온도 5.0°C

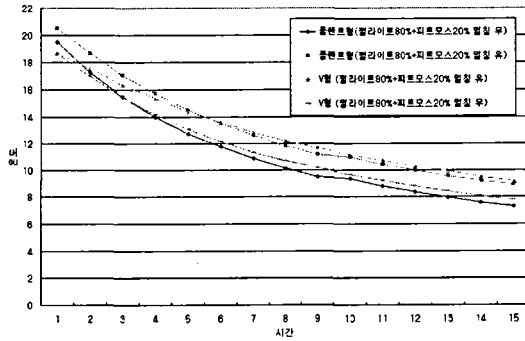


(c) 실내온도 6.7°C

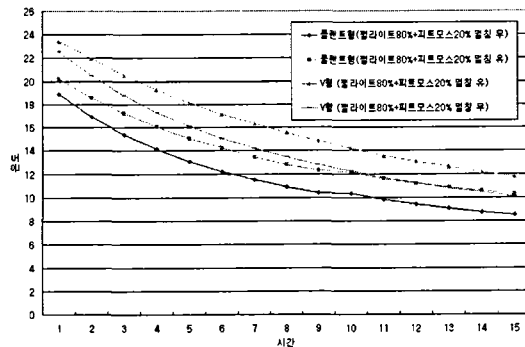
그림 6 실내온도별 멀칭 유무에 따른
배치내 평균온도 변화
(베드:V형, 배지:펠라이트80%+ 피트모스20%)



(a) 실내온도 3.2℃



(b) 실내온도 5.0℃



(c) 실내온도 6.7℃

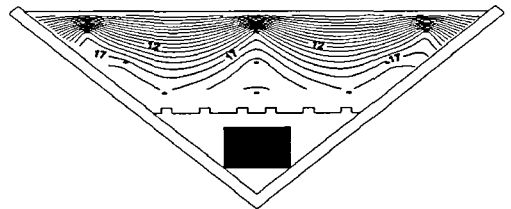
그림 7 실내온도별, 매트별 배지내
평균온도 변화
(배지:필라이트80%+ 피트모스20%)

2) 매트내 온도 분포 특성

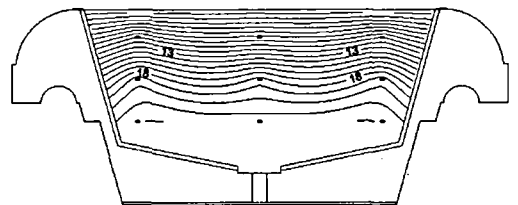
배지내 온도분포는 그림 8에 나타난 바와 같이 배지별로 크게 차이를 보였다. 저온(3.2℃) 환경에서 초기 배지내 온도는 플랜

트형 매트 필라이트80%+피트모스20% 에서 하층 22.6℃, 중간층 23℃, 상층 23.5℃였던 것이 1시간후 하층이 21.9℃로 변화 했으며 5시간후 하층 12.6℃, 중간층 10.5℃ 상층 6.3℃로, 10시간후 하층 8℃, 중간층 6.9℃ 상층 4.9℃까지 저하하는데 비하여 V형 매트 필라이트80%+피트모스20%는 하층 20.4℃, 중간층 19.1℃, 상층 18.5℃ 에서 1시간후 하층18.1℃로, 5시간후 하층 11.9℃, 중간층 10.5℃ 상층 8.1℃로, 10시간후 하층 8℃, 중간층 6.9℃, 상층 5.6℃까지 저하함을 보여 V형 필라이트80%+피트모스20% 온도 저하가 대단히 늦음을 보여주고 있다.

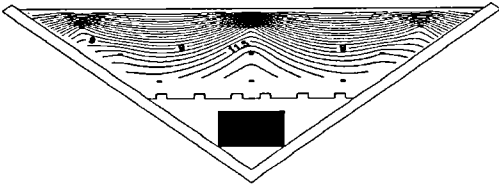
따라서 온실내 저온이 뿌리 생육에 미치는 영향을 고려할 때 V형 필라이트80%+피트모스20%가 플랜트형 필라이트80%+피트모스20% 보다 유리하다고 판단된다.



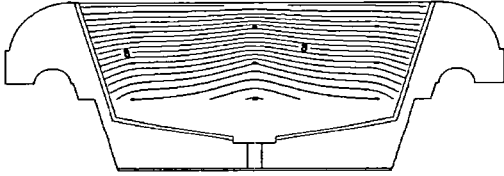
필라이트80%+ 피트모스20% 1시간후



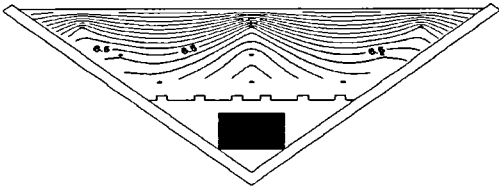
필라이트80%+ 피트모스20% 1시간후



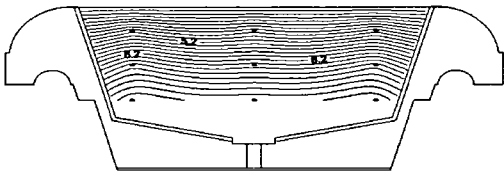
펄라이트80%+피트모스20% 5시간후



펄라이트80%+피트모스20% 5시간후



펄라이트80%+피트모스20% 10시간후



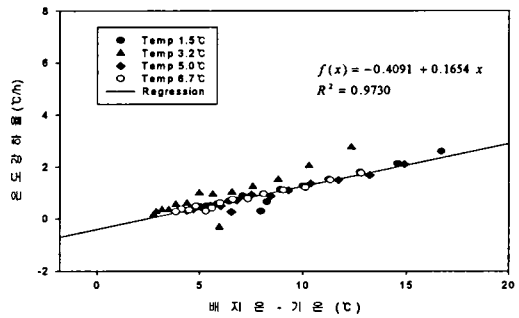
펄라이트80%+피트모스20% 10시간후

그림 8 저온(3.2℃)시 V형, 플랜트형 무멀칭 배지온 분포 변화 비교

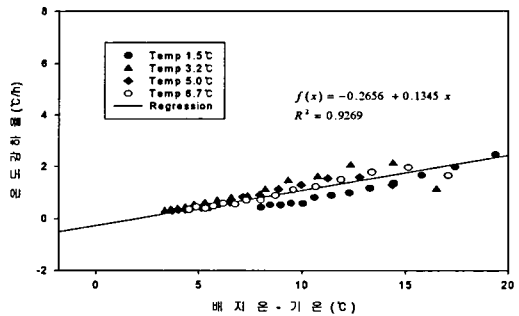
3) 온도 강하 패턴

그림 9의 (a)와 (b)는 배지온과 온실내 기온차에 따른 온도강하율(시간당 온도강하)을 나타낸 것으로 그림 9의 (a)는 플랜트형 베드 펄라이트80%+피트모스20% 배지를, 그림 9의 (b)는 V형 베드 펄라이트80%+피트모스20% 배지의 멀칭 시의 예를 보인 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 외기온 1.5, 3.2, 5.0, 6.7℃에 대한 저온 노출 1시간 간

격의 배지 중간층의 온도변화에 대한 기온과의 차를 횡축으로 잡고, 그 때의 시간당 배지온 강하량인 온도 강하율을 종축으로 잡았을 때 플랜트형 베드 펄라이트80%+피트모스20% 배지에서는 상관(R^2)이 0.9730이고, V형 베드 펄라이트80%+피트모스20% 배지에서는 0.9269로 깊은 관계가 있음을 보여주고 있다. 이것을 이용하여 1일 온실내 기온 변화패턴을 가지고 그림 10의 예와 같이 오후 7시부터 다음날 오전 7시까지의 12시간 배지온 실측치와 예측치를 비교하여 플랜트형에서 1.25℃, V형에서 1.0℃의 오차가 나타나 비교적 오차가 적게 나타나 예측 모델로 이용 가능한 것으로 판단된다.

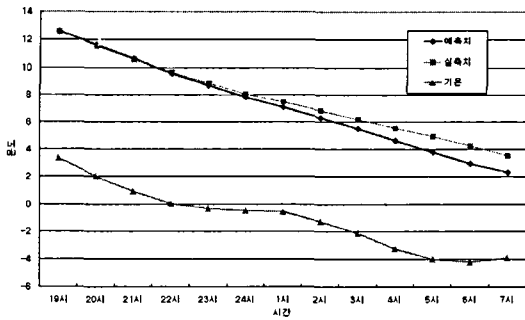


(a) 플랜트형 베드

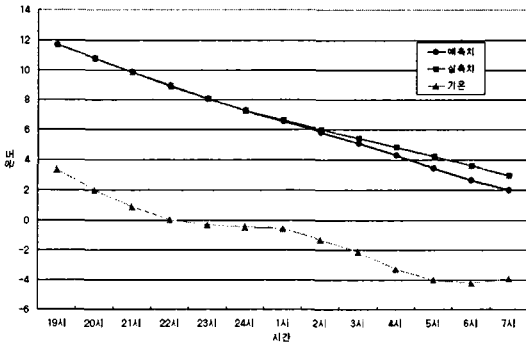


(b) V형 베드

그림 9 베드별 배지온과 온실내 기온차에 따른 온도강하율 (배지:펄라이트80%+피트모스 20% 멀칭유 중간면)



(a) 플랜트형



(b) V형

그림 10. 배드별 온실내 온도 강하 추정
(멀칭유 중간면)

4. 결론

최근 딸기의 고설 수경재배가 국내에 보급되기 시작하였다. 그러나 재배 시스템에 대한 자료 부족으로 재배 시스템의 설계 및 시공에 많은 어려움이 나타나고 있다.

이에 본 연구에서는 딸기 고설 수경 재배 시스템 개발을 위한 기초 연구의 일부로서 배지내 온도 특성을 구명하기 위한 것으로 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 배지의 멀칭 유무에 따라 베드내 평균 온도 변화 특성으로 배지 상면을 멀칭 한 경우에서 온도강하가 느리게 나타나 멀칭을

하는 것이 배지온 유지에 유리하다고 판단된다.

나. V형 베드의 온도 강하가 플랜트형 베드의 온도 강하보다 느리게 나타났으며, 특히 V형 배지 상면을 멀칭 한 경우에서 가장 느린 온도 강하를 보였다. 온실내 저온이 뿌리 생육에 미치는 영향을 고려할 때 V형 베드가 플랜트형 베드보다 유리하다.

다. 배지온과 온실내 기온차에 따른 온도 강하율의 상관관계는 플랜트형 베드 펠라이트80%+피트모스20% 배지에서는 상관(R^2)이 0.9730이고, V형 베드 펠라이트80%+피트모스20% 배지에서는 0.9269로 깊은 관계가 있음을 보여주고 있다. 이것을 이용하여 야간의 배지별 층별 배지내 온도 강하를 추정할 수 있는 모델을 개발하였다.

5. 참고문헌

- (1) 이기명 : 1995, 고온기 시설채소 안정 생산을 위한 환경관리 기술, 한국시설원예연구회, 원예작물 주년 생산기술의 체계화에 관한 세미나, 19-31.
- (2) 지성한. 2000. 최신 양액재배. 한국양액재배연구회. 298-307.
- (3) 宇田川雄二. 2004. 경상남도농업기술원 농업기술전문교재. 고설 딸기재배 실용기술. 50-60
- (4) 日本施設園芸協會 : 1991, 施設園芸における效率的エネルギー-利用, 環境制御方式導入の手引.
- (5) 中川行夫 : 1972, 施設内の環境と調節, 誠文堂新光社.

- (6) Cheong, J.W. 2001. Current status of strawberry growing and prospects for export. Year 2001 textbook for agricultural technology education. Growing strawberry. Gyongbuk Prov. RDA.
- (7) Fukuyama, T., H. Nonami, K. Katayama and Y. Hashimoto. 1995. Improvement of hydroponic culture medium by adding calcium-zeolite. *Acta Hort.* 396:115-122.
- (8) Guler, H. G., C. Olympos and D. Gerasopoulos. 1995. The effect of the fruit quality of hydroponically grown melons (*Cucumis melo* L.). *Acta Horticulturae.* 379:261-265.
- (9) Harun, R.M.R., D.A. Hall, R.A.K. and G.M. Hitchon. 1991. Melon cultivation in organic and inorganic substrates. *Acta Horticulturae.* 294:105-108.
- (10) Itaki, T., K. Sasaki and Y. Udagawa. 1995. Practical technics for hydroponics. Nougyoudenkyou, Tokyo.
- (11) Iwasaki, Y., T. Sasaki, Y. Chiba and M. Saigusa. 1999. Comparison between soil and rockwool as substrates utilizing a drained nutrient solution for growing tomatoes in a closed fertigation system. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 68(6):1161-1169.
- (12) Kahn, B.A. and J.L. Schroeder. 1999. Root characteristics and seed yields of cowpeas grown with and without added nitrogen fertilizer. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 34:1238-1239.
- (13) Kim, K.Y., T.C. Seo, and Y.C. Kim. 1999. Effect of the milliequivalent ratio of K to Ca in the nutrient solution on the growth, yield and blossom end rot of tomatoes grown by perlite culture in hot season. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:652-656.
- (14) Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. Inc., San Diego.
- (15) Meagher, J. W. and P. T. Jenkins. 1970. Interaction of *Meloidogyne hapla* and *Verticillium dahliae* and the control of wilt in strawberry. *Australia Jour. Exp. Agric. and Animal Husbandry.*
- (16) Mendlinger, S. and M. Fossen. 1993. Flowering, vegetative growth, yield and fruit quality in muskmelons under saline conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(6):868-872.
- (17) Nakabayashi, K., K. Yamazaki and S. Shimane. 1992. Effects of foliar supply and controlling nutrient solution on the quality of musk melon. *Japan. J. Soil Sci. Plant Nutri.* 63(6):705-708.
- (18) Nishizawa, T. and Y. Hori. 1989. Photosynthesis and translocation of recently assimilated carbon in vegetative and dormant stage of strawberry plants. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 57:633-641.