

온실 환경인자가 식물체내 수분이동에 미치는 영향

- 토마토, 가지, 케일을 중심으로 -

Effects of mass flow of water in the stem of plant by meteorological elements in greenhouse.

- Tomato, Eggplant, Kale -

전 종 길* · 정 성 립 · 김 경 원 · 오 병 기

농업기계화연구소

Jeun, J.G* · Jeung, S.R. · Kim, G.W. · Oh, B.G.

National Agricultural Mechanization Research Institute

1. 서 론

최근 식물체내의 수분상태나 흡수되는 물의 량을 측정 또는 제어하기 위하여 레이저 경류계측센서나 열수지경류센서 등이 이용⁽¹⁾되고 있으며, 특히 열수지경류센서는 줄기 속을 흐르는 물의 량을 직접 측정하므로 생육단계에 따른 수분흡수량은 물론 하루중의 시간대별로 수분소비량을 측정^{(2),(3)}하는 것이 가능하다. 이러한 식물의 생체정보를 센싱하는 것은 식물체에 적합한 환경을 조성하기 위하여 매우 중요한 것이다.

본 연구는 온실내 기상인자가 식물체내의 수액흐름량에 얼마나 밀접한 관계를 가지는가를 알아보기 위하여 수행되었으며, 공시작물을 토마토, 가지, 케일을 대상으로 하였으며, 토마토에 대하여는 온도, 습도, 탄산가스농도, 토양수분, 실내풍속과의 상호관계를, 가지, 케일에 대하여는 온도, 습도, 일사량, 탄산가스농도와와의 상호관계에 대하여 측정 분석하였다. 앞으로 이러한 기초 데이터를 토대로 기상요소의 변화에 따른 작물생육 환경관리를 보다 적절하게 조절하는 것이 가능하리라고 본다.

2. 실험장치 및 방법

온실내 환경인자(온도, 습도 등)가 식물체내 수분이동과의 상관관계를 파악하고자 지붕형 PC온실(폭7.6mx길이24m)에 fig.1과 같이 식물체내 수액흐름량을 측정하기 위하여 수액흐름측정장치(Flow32, B.M.P社)를 설치하고, 온실 바닥면에서 작물체 높이의 중간지점인 약 70cm 높이에 수액흐름 센서를 설치하였다.

환경계측은 데이터 수집장치(CR10X, Campbell Scientific Inc)를 이용하여 온도 및 습도 센서(HMP35C, Campbell Scientific Inc), 일사량센서(LI-190SA, LI-COR, Inc), 탄산가스 센서(하니社), 토양수분센서(CS615, Campbell Scientific Inc), 풍속센서(Model 8455, TSI Inc)를 사용하였다.

공시작물로 토마토는 5월 30일, 가지는 3월 16일, 케일은 6월 5일에 정식한 것을 사용하였다.

토마토는 8월 15,16,18일(3일간)의 기상데이터를, 가지와 케일은 7월 24일에서 27일까지(4일간)의 기상데이터를 사용하여 분석하였다.

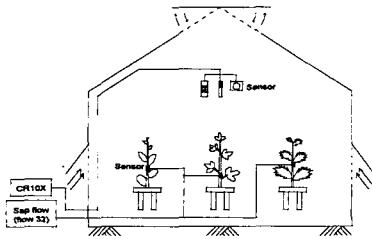


fig.1. A schematic diagram of measuring system constructed in this experiment.

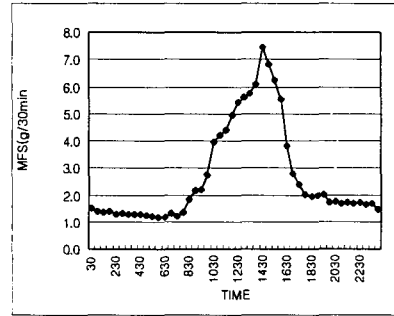


fig.2. Graph between mass flow in stems of tomato and time(h) measured by sap flow meter(MFS).

3. 결과 및 고찰

(1) 토마토(tomato)

fig.2는 토마토(tomato)의 수액흐름량을 30분 단위로 측정된 것을 그래프화한 것으로 오전 0시에서 08시까지는 수액흐름량이 시간당 3g 정도로 거의 일정하게 흐르다가, 해뜰 무렵인 08시경에서부터 오후 2시 30분경까지는 급격하게 수액흐름량이 증가하는 경향을 보였다. 오후 2시 30분경에는 15g으로 야간에 비해 약 5배 증가하는 것으로 나타났다. 오후 2시 30분 이후부터 해질 무렵까지는 급격하게 수액흐름량이 감소하는 경향을 보였다.

토마토의 수액흐름량(Y), 실내온도(X₁), 실내습도(X₂), 토양수분(X₃), 탄산가스농도(X₄), 실내풍속(X₅)로 했을 때, 토마토의 수액흐름량 관계식(Y)과 상관계수(R)는 다음과 같았다.

$$Y_1 = 6.197 + 3.308X_1, R_1 = 0.930 \text{ (토마토의 수액흐름량과 실내온도와의 상관계수)}$$

$$Y_2 = 101.076 - 13.109X_2, R_2 = 0.910 \text{ (토마토의 수액흐름량과 실내습도와의 상관계수)}$$

$$Y_3 = 0.202 - 0.001X_3, R_3 = 0.493 \text{ (토마토의 수액흐름량과 토양수분과의 상관계수)}$$

$$Y_4 = 491.1 - 2.917X_4, R_4 = 0.423 \text{ (토마토의 수액흐름량과 탄산가스농도와의 상관계수)}$$

$$Y_5 = 0.025 + 0.026X_5, R_5 = 0.724 \text{ (토마토의 수액흐름량과 실내풍속과의 상관계수)}$$

이 관계식에 의하면, 토마토의 수액흐름량에 가장 밀접한 환경인자는 실내온도로 상관계수가 0.930이었다. 그 다음이 실내습도로 상관계수가 0.910, 실내풍속은 0.724이었으며, 토양수분(0.493)과 탄산가스농도(0.423)는 상대적으로 낮게 나타났다.

이들 5가지의 환경인자들과 수액흐름량과의 다중 관계식 Y는

$Y = -12.7 + 0.14X_1 - 0.02X_2 + 122.3X_3 - 0.02X_4 + 12.1X_5$ 로 나타났다. 다중 상관계수 $R = 0.967$ 로 매우 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

(2) 가지(eggplant)

fig.3은 가지(eggplant)의 수액흐름량을 30분 단위로 측정된 것을 그래프화한 것으로, 시간당 가지의 수액흐름량은 80~200g 정도였다.

가지의 수액흐름량(Y), 실내온도(X₁), 실내습도(X₂), 일사(X₃), 탄산가스농도(X₄)로 하였

을 때, 수액흐름량 관계식(Y)과 상관계수(R)는 다음과 같았다.

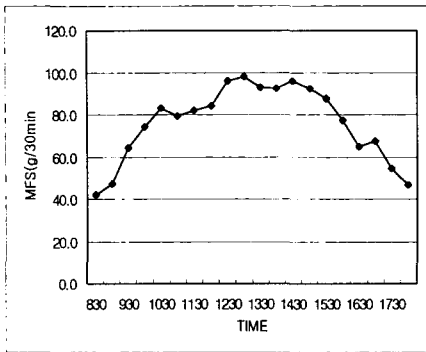


fig.3. Graph between mass flow in stems of eggplant and time(h) measured by sap flow meter(MFS).

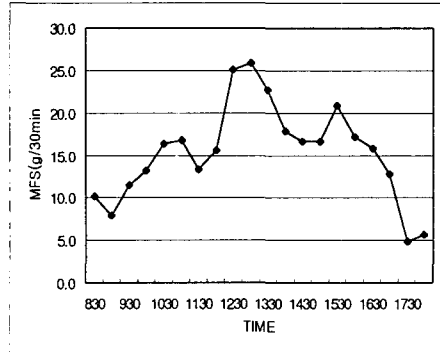


fig.4. Graph between mass flow in stems of kale and time(h) measured by sap flow meter(MFS).

$Y_1 = -143.538 + 6.98X_1$, $R_1 = 0.702$ (가지의 수액흐름량과 실내온도와의 상관계수)

$Y_2 = 190.9 - 1.827X_2$, $R_2 = 0.672$ (가지의 수액흐름량과 실내습도와의 상관계수)

$Y_3 = 53.957 + 0.289X_3$, $R_3 = 0.537$ (가지의 수액흐름량과 일사와의 상관계수)

$Y_4 = 786.2 - 1.276X_4$, $R_4 = 0.682$ (가지의 수액흐름량과 탄산가스농도와의 상관계수)

이상 관계식과 상관계수에 의하면, 가지의 수액흐름량과 밀접한 환경인자의 순서는 실내 온도, 탄산가스농도, 실내습도, 일사순으로 나타났다. 여기서, 실내온도(0.702), 탄산가스농도(0.682), 실내습도(0.672)는 거의 비슷한 상관계수를 나타내었다.

이들 4가지의 환경인자들과 수액흐름량과의 다중 관계식 Y는

$Y = -623.4 + 19.9X_1 + 3.7X_2 - 0.06X_3 - 0.3X_4$ 로 나타났다. 다중 상관계수 $R = 0.73$ 으로 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

(3) 케일(kale)

fig.4는 케일(kale)의 수액흐름량을 30분 단위로 측정한 것을 그래프화 한 것으로, 오전대에는 시간당 20~30g의 수액흐름량을 보이다가 오후 4시전까지는 30~50g/h으로 증가하였다.

케일의 수액흐름량(Y), 실내온도(X_1), 실내습도(X_2), 일사(X_3), 탄산가스농도(X_4)로 하였을 때, 수액흐름량 관계식(Y)과 상관계수(R)는 다음과 같았다.

$Y_1 = -39.219 + 1.73X_1$, $R_1 = 0.543$ (케일의 수액흐름량과 실내온도와의 상관계수)

$Y_2 = 43.062 - 0.44X_2$, $R_2 = 0.506$ (케일의 수액흐름량과 실내습도와의 상관계수)

$Y_3 = 9.751 + 0.0729X_3$, $R_3 = 0.422$ (케일의 수액흐름량과 일사와의 상관계수)

$Y_4 = 243.3 - 0.410X_4$, $R_4 = 0.682$ (케일의 수액흐름량과 탄산가스농도와의 상관계수)

이상 관계식에 의하면, 케일의 수액흐름량과 탄산가스농도와의 상관계수는 0.682로 가장 높게 나타났으며, 실내온도(0.543)와 실내습도(0.506)는 0.5 정도였으며, 일사와의 상관계수는 0.422로 상대적으로 낮게 나타났다.

이들 4가지의 환경인자들과 수액흐름량과의 다중 관계식 Y는 $Y=260.9+1.84X_1+0.99X_2+0.02X_3-0.66X_4$ 로 나타났다. 다중 상관계수 $R=0.733$ 으로 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

온실내 환경인자가 식물체내의 수액흐름량과의 상호영향관계를 분석하기 위하여 공시작물을 토마토, 가지, 케일을 대상으로 시험한 결과는 다음과 같았다.

- (1) 토마토(Tomato)의 경우, 수액흐름량과 실내온도 및 실내 상대습도와의 상관계수는 0.9이상으로 높게 나타났으며, 그 다음이 실내풍속으로 0.724, 토양수분(0.493)과 탄산가스농도(0.423)는 상대적으로 낮게 나타났다.
- (2) 가지(Eggplant)의 경우, 수액흐름량과 실내온도와의 상관계수는 0.702로 가장 높게 나타났으며, 다음이 탄산가스농도로 0.682, 실내습도는 0.672로 거의 비슷한 경향을 보였으며, 일사량과의 상관계수는 0.537로 나타났다.
- (3) 케일(Kale)의 경우, 수액흐름량과 탄산가스농도와의 상관계수는 0.682로 상대적 높게 나타났으며, 실내온도(0.543)와 실내습도(0.506)는 0.5 정도였으며, 일사와의 상관계수는 0.422로 상대적으로 낮게 나타났다.

참고문헌

1. 양원모, 糠谷 明. 1998. 열수지 경류센서에 의한 멜론 경류량의 측정. 생물생산시설환경. 제7권. 제3호.
2. 朝創利員. 1993. 莖熱收支法によるメロン果實への水分移動量の測定. 園學雜. 62 : 294-295.
3. Baker, J. M. and C. H. M. van Bavel. 1987. Measurement of mass flow of water in the stems of herbaceous plants. Plant Cell and Environment 10 : 777-782.