

# 토양수분계측 및 물보충이 용이한 텐시오미터의 개발 Development of Tensiometer for Automatic Water Filling in Tube and Monitoring of Soil Moisture

김기덕 · 김태영 · 조일환 · 남은영 · 문보흠<sup>1</sup>  
원예연구소 시설재배과 · <sup>1</sup>고양선인장시험장

Ki Deog Kim\* · Tae Young Kim · Il Hwan Cho · Eun Young Nam · Bo heum Mun  
*Div. of Protected Cultivation, National Horticultural Research Institute,  
RDA, Suwon 441-440, Korea*

## 서 론

근래의 농업기술은 눈부시게 발전하여 왔으며, 이러한 농업기술은 전자계측분야의 기술개발에 힘입어 나날이 새로운 기술이 모색되어지고 있다.

또한 농업분야에서의 자동화는 노동력의 절감과 재배환경의 최적조절에 의한 생산성 및 품질향상을 시도하고 있으나 아직도 미진한 점이 많다.

한편 강우가 차단되어 있는 시설재배에서 관수노력은 관수설비의 발달로 크게 줄어든 반면, 효율적인 물의 이용과 토양수분의 정밀관리를 위한 관수자동화는 발달하지 못하고 있는 실정이다.

관수시기를 알기 위한 방법으로 식물의 경직경변화, 일사량, 토양수분센서 등을 이용한 여러 가지 방법이 연구되고 있다. 현재 작물재배에 이용되는 토양수분계측센서로는 TDR센서, FD센서, 텐시오미터 등이며, 또한 텐시오미터를 이용한 작물별 관개시점에 관한 연구도 이뤄져지고 있으나 이들 각각의 센서들은 단점을 가지고 있어, 아직도 이들 센서를 이용한 관수자동화가 널리 보급되지 못하고 있다.

이중 텐시오미터는 1908년 Burton E. Livingstone에 의해 최초로 고안되어, soil suction의 기계적인 계이지에 의한 계측 및 ON/OFF 관수펌프제어와 pressure transducer를 이용한 연속계측이 가능한 텐시오미터들이 개발되어 이용되고 있다. 또한 이들 텐시오미터는 토양수분상태에 따라 다공질의 세라믹컵을 통하여 텐시오미터 내부의 물이 빠져나오기도 하고 다시 토양수분이 증가하면 평형이 이루어질 때까지 토양수분이 내부로 유입된다. 이러한 텐시오미터를 이용하여 토양수분관리를 할 때, 실제 토양조건에서 따라서는 2 3일에 한번씩 텐시오미터 튜브내에 물을 보충해 주어야 하는데, 텐시오미터는 이러한 물보충의 번거로움을 해결하는 방향으로 개선되어 지고 있다.

이에 본 연구에서는 텐시오미터를 이용한 정밀계측에 의한 관수자동화를 실현하기 위하여 관수개시점에 이르면 텐시오미터 튜브의 물이 자동으로 보충되고, 일정한 시간 동안 관수할 수 있는 관리가 편리한 텐시오미터를 개발하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1) 텐시오미터의 구성

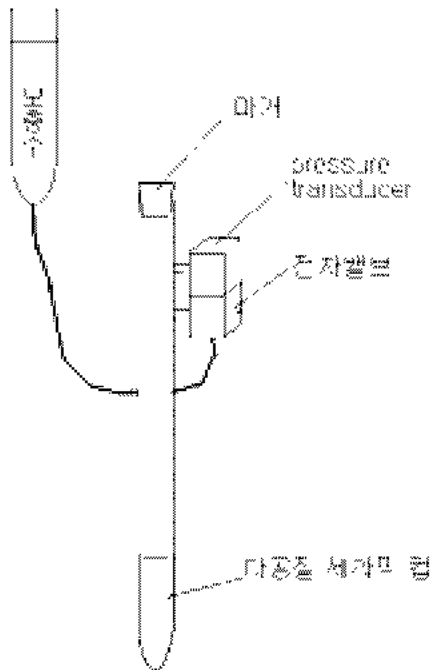


그림 26. 개발 텐시오미터의 모식도

1 5V의 출력이 나온다. 이와 같은 transducer가 대기압조건에서 출력값의 안정성을 검토하기 위하여 일정한 시간동안 data logger(Li 1000, Licor, USA)를 이용하여 연속계측하여 출력값의 변화를 조사하였다.

또한 시판되고 있는 텐시오미터의 압력 게이지와 pressure transducer를 동일한 튜브에 연결시켜 놓고 pressure transducer의 출력값과 압력변화의 관계를 비교측정하였다.

### 3) 텐시오미터 튜브내 수위에 따른 압력의 변화

텐시오미터의 압력의 변화는 다공질 세라믹 컵을 통한 물의 유입에 의해 일어난다. 물량의 변화에 따른 압력의 변화의 측정은 튜브내에 일정한 높이로 물을 채우고 밀폐시킨후 튜브내의 물을 주사기를 이용하여 배출시킴에 따른 압력의 변화를 측정하였다.

### 4) 포장에서의 텐시오미터를 이용한 자동관수의 실제

고추를 재배하면서 식재부위 15cm떨어진 부위에 텐시오미터를 20cm 깊이로 설치하고, 보충용 물용기는 1m상부에 매달아 두었으며, 계기값의 연속계측은 data

토양수분의 상태에 따라 0~80kPa 정도의 장력에서는 물은 통과되나 공기는 통과되지 않는 다공질 세라믹 컵과 물로 채워지는 경질 튜브, 그리고 압력의 변화를 표시하는 pressure transducer로 구성하였으며, 물의 관내 유입을 제어하는 전자밸브와 물보충시 공기 배출을 위한 전자밸브 등 2개의 전자밸브로 구성하였다.

튜브내의 물보충은 압력변환계가 관수 개시점에 이르면 두 개의 전자밸브가 동시에 열려 공급되고, 물보충의 정지는 튜브내에 뜨개를 두어 상한에 이르면 전자밸브가 닫히도록 하였으며, 관수시간 조정은 타이머에 의하여 일정한 시간이 경과한 후 펌프가 정지하도록 하였다.

### 2) 개발 텐시오미터의 성능검토

텐시오미터에 이용한 pressure transducer는 12~24V DC의 전원이 공급되어 작동되며, 압력의 변화에 따라

logger(Li 1000, Licor, USA)를 이용하였다. 계기값이 15kPa에 이르면 자동으로 물보충되며, 20분동안 관수되도록 하였다. 동시에 물이 자동으로 보충되지 않는 텐시오메터를 이용하여 토양의 수분장력을 연속계측하였다.

## 결과 및 고찰

### 1) 개발 텐시오메터의 성능검토

그림2는 개발한 텐시오메터에 부착한 transducer의 대기압조건에서 출력값의 안정성을 검토하기 위하여 측정한 결과이다. 계측값은 시간이 경과하더라도 매우 안정적인 값을 유지하였다. 적용한 pressure transducer는 1.5V의 출력이 나오며, 상한과 하한을 설정할 수 있는 것을 사용하였다.

그림3은 개발한 텐시오메터와 시판되는 텐시오메터의 압력변화에 따른 계기값을 보여주고 있다. 기계적인 게이지의 압력변화는 적어도 5kPa이상에서 게이지 눈금이 변화하기 시작한 반면, transducer는 대기압조건(0kPa)에서부터 압력이 변함에 따라 즉각적인 반응을 보였으며, 시판되는 계기와도 매우 유사한 변화(그림3)를 보여, 사용한 pressure transducer를 텐시오메터에 적용하는 것이 무리가 없는 것으로 판단되었다.

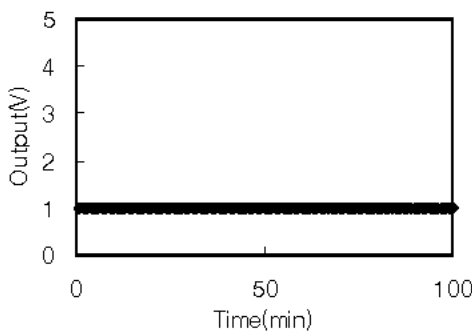


그림2. 대기압상태에서의 디지털 압력센서의 값의 안정성

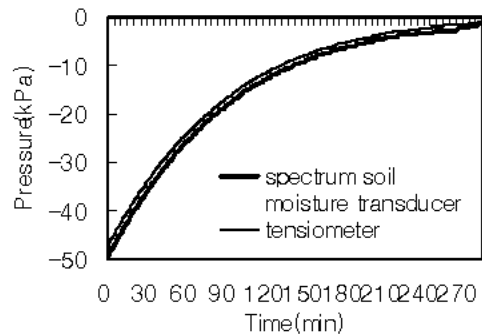


그림3. 일반 텐시오메터 압력변환장치와의 비교

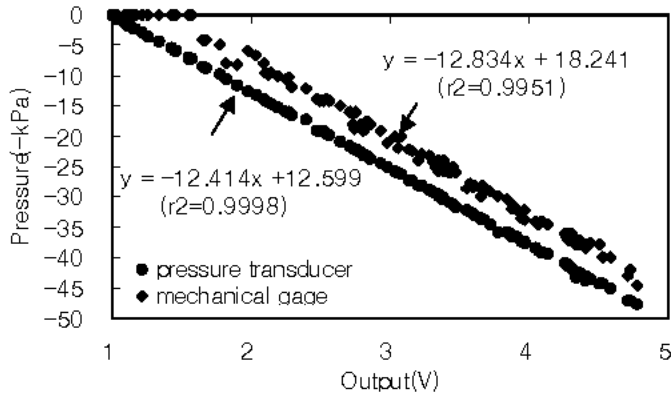


그림4. 기계적인 압력게이지와 pressure transducer와의 압력변화비교

### 3) 텐시오미터 튜브내 수위에 따른 압력의 변화

텐시오미터의 압력의 변화는 수분감소에 따라 2차곡선상으로 증가하였으며(그림5), 튜브내 상부 공기층(b)과 수위(a)의 비율별 수분감소에 따른 압력의 변화는 a/b의 비율이 낮을수록 급격한 변화를 보인 반면, 그 비율이 높아지면 변화는 완만하였다(그림6). a/b의 비율이 작은 것은 튜브내 수위가 높게 유지되고 있다는 것을 의미하는 것으로, 이러한 조건에서는 물이 조금만 빠져도 압력의 변화가 크다는 것을 알 수 있었다. 따라서 이와 같은 결과는 텐시오미터에서 물이 빠져 수위가 낮아지면 물이 빠지는 양에 비하여 압력의 변화가 작으므로 계측감도를 증가시키기 위해서는 물을 다시 채워야 함을 의미하는 것으로 판단하였다.

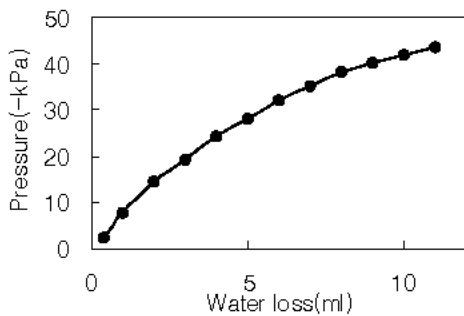


그림 5. 텐시오미터 튜브내 수분감소에 따른 압력변화

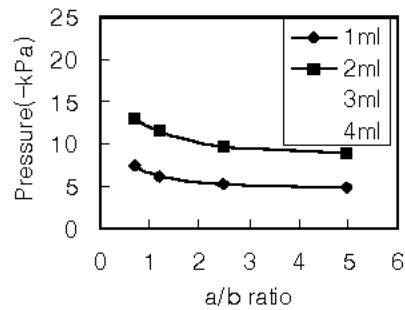


그림 6. a/b 비율별 튜브내 수분감소에 의한 압력변화

### 4) 포장에서의 텐시오미터를 이용한 자동관수의 실제

그림 8은 개발한 텐시오미터를 가지고 고추재배포장의 자동관수했을 때의

토양수분상태의 변화를 TDR센서로 계측한 것이다. 텐시오메터가 관수개시점인 15kPa(↑)에서 관수되면 텐시오메터의 전자밸브가 열리면서 튜브내 물이 보충되고 계기값은 0으로 되며, 물이 포러스 컵에 도달하게 되기까지는 계속 낮아지다가 약3시간이 경과한 시점(↓)에서 실제적인 토양수분상태를 계측하는 것으로 나타났다.

텐시오메터는 토양중의 물의 매트릭포텐셜을 측정하는 것으로 뿌리가 감지하는 수분상태를 가장 정확하게 알수 있는 방법중의 하나이다. 그러나 텐시오메터를 이용하여 관수자동화를 하는데 수시로 튜브내에 물을 보충해야 하는 번거로움과 센서 관리상의 어려움으로 인하여 관수자동화에 이용할 수 있는 센서임에도 널리 보급되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 새로이 개발된 텐시오메터는 이러한 단점을 보완한 것으로 앞으로 널리 이용될 것으로 판단된다.



그림7. 개발한 텐시오메터(좌), 관수제어기와 기계식 게이지형 텐시오메터(우)

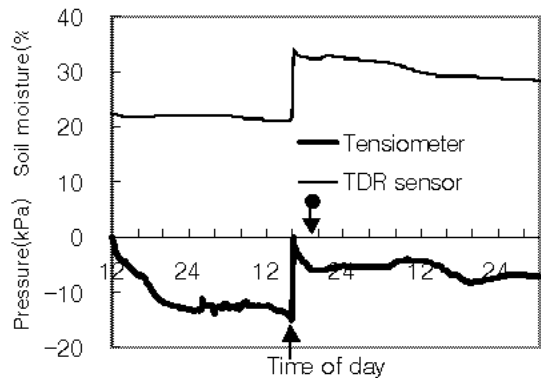


그림8. 개발한 텐시오메터(하)를 이용한 관수시 토양수분상태 변화

## 요약 및 결론

본 연구는 수분센서를 이용하여 시설재배토양에서의 관수자동화와 토양수분의 정밀관리를 실현하고자, 기존의 텐시오메터가 가지고 있는 단점을 개선하고자 하였다. 텐시오메터의 물보충을 전자밸브와 수위접점을 이용하여 자동화하여 물보충의 번거로움을 회피할 수 있었다. 토양수분의 계측과 관수의 자동화를 위하여는 1.5V(DC)의 출력 및 관수접점이 나오도록 조절할 수 있는 pressure transducer을 사용하였고, 시판되는 텐시오메터와 비교하였을 때, 출력값은 유사한 경향을 보였다. 또한 이를 이용한 고추재배에서 토양수분을 계측하면서 안정적으로 수분관리를 할 수 있어, 개발된 텐시오메터를 이용하면 관수의 노력절감은 물론 토양의 수분을 더 정밀관리 할 수 있을 것으로 판단되었다.

## 인용문헌

1. 농림부. 2000. 센서네트워크에 의한 과수원 관비 최적화시스템 개발.

2. 김진현, 김철수. 1995. 마이크로컴퓨터에 의한 시설재배의 자동화에 관한 기초연구 (Ⅱ) 자동화 시스템의 종합제어기 개발 . 한국농업기계학회지 20(1):73-86.
3. 이변우. 1997. 온실재배 토마토의 경직경 변화에 의한 관개시기 진단. 한국생물환경조절학회지 6(4):250-257.
4. Or, Dani. 2001. History of soil science. Who invented the tensiometer. Soil Sci. Sic. Amer. J. 65:1-3.
5. 양원모. 1999. 세라믹 종류, 두께 및 소성온도에 따른 식물개체 제어형 세라믹 자동점적관수시스템의 점적성능. 생물환경조절학회지 8(4):257-264.