

지중관수 방법에 의한 용수절감 효과

김진현 김철수 김태욱 홍지향

Effect on Saving Water of Underground Trickle Irrigation

J. H. Kim C. S. Kim T. W. Kim J. H. Hong

Abstract

Water consumption at the farm is up to 48 percent of water resource of South Korea while manufacturing industry's is only 9.6%. The area of arable land is 2,077,067 ha and 27 percent of it is used for growing fruits and vegetables using furrow or surface irrigation at the greenhouse.

Surface irrigation at the greenhouse for fruits and vegetables has problems such as over watering and insufficient supply of water to the fine roots of the plant. However, the research on the new method of irrigation to save water usage is few. The characteristics of soil wetting was measured for using surface irrigation and underground trickle irrigation method where water was supplied at 10, 15, 20, and 25 cm beneath the surface ground. Followings are summary of this study.

1. The efficiency of underground trickle irrigation was expected to be as high as twice of surface irrigation such as drip watering or sprinkling.
2. This improvement could be possible by using less than 50% of irrigation water than surface irrigation to supply similar amount of water near fine roots.
3. Surface irrigation causes soil compaction as deep as 20 cm below the surface ground which reduces soil porosity and root respiration ending up developing less fine roots.
4. Underground trickle irrigation can prevent overdamping in the greenhouse since it does not over wet the surface soil. At winter, the amount of agricultural chemical usage could be reduced since this irrigation method does not develop blight or crop disease from condensation of water vapor.

Keywords : Underground trickle irrigation, Irrigation, Irrigation water reduction, Underground irrigation

1. 서론

우리나라도 인구의 증가와 산업의 발달에 따라 수자원 부족량이 2006년에는 약 1억톤, 2011년에는 약 18억톤으로 예상되고 있다. 수자원 부족에 큰 영향을 주는 요인으로 농업용수가 포함된다. 농업용수는 전체 수자원의 48%를 차지하고 있어 큰 비중을 차지하고 있다.

농업에 이용되는 경지면적은 2,089,259 ha이며 이중에서 고랑관개나 지표면 관수를 하는 작물은 주로 채소와 과수 및 시

설재배가 해당된다. 채소의 재배면적은 279,874ha, 과수의 재배면적은 163,291 ha, 시설재배의 경지면적은 101,777ha로써 전체 570,910 ha이 되며, 전체작물 면적의 26.1%에 달한다(농업기계연감, 2003).

채소와 과수 및 시설재배에서의 관행적인 관수 방법은 점적관수나 분수호스 관수가 대부분이다. 이러한 관수 방법은 토양의 지표면에 관수함으로써 증발량 손실과 생육시기에 따라 세근까지 관수가 되지 않는 등의 문제로 생장에도 영향을 미치고 있으며, 지표면 관수의 일반적인 문제점은 다음과 같

This study was conducted by research fund supported by the Rural Development Administration. This article was submitted for publication in August 2004, reviewed in January 2005, and approved for publication by the editorial board of KSAM in April 2005.

The authors are Jin-hyun Kim, Chul-soo Kim, Tae-wook Kim, Ji-hyang Hong, Sangju National University. The corresponding author is J. H. Kim, Professor, Dept of Mechanical Engineering, Sangju National University, 386 GajangDong, Sangju, Kyung Buk, 742-711, Korea; E-mail : <jinhyun@sangju.ac.kr>

이 요약할 수 있다.

- 가. 지표면 0~20 cm 까지 토층을 과밀하게 하여 토양공극을 차단하며 지내력을 증가시켜, 뿌리의 호흡을 억제하여 세균의 발달을 억제시킨다.
 - 나. 지표면 관수는 증발에 의한 손실과 지표면의 과습으로 시설재배의 경우 결로현상으로 인한 병해를 유발하므로 과다한 병충해방제가 요구된다.
 - 다. 지표면에 양액을 공급함으로써 염류가 집적되어 토양산성화를 촉진한다.
 - 라. 생육 초기에 근근이 지표면으로 올라와 냉해를 받거나 야간의 난방온도를 올려야 하는 문제점을 안고 있다.
- 이와 관련하여 사탕수수의 근근분산에 대한 연구에서 평균 뿌리의 영역은 관수위치에 따라 이동되며 관수점이 근역의 발달에 밀접한 관계가 있다고 하였다(Charles 등, 1985).
- 따라서 본 연구에서는 지중관수를 통하여 지표면 관수의 문제점을 지적하고 관개용수를 절감할 수 있는 관수방법의 기초연구로 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험장치

1) 토양조 및 계측장치

토양조의 크기는 200×200×90cm로 제작하였으며, 관개수가 토양에 도달되는 시간을 계측하기 위하여 토양조 내에 Fig. 1과 같이 크기 5×5 cm인 격자를 만들어 설치하고 격자에 온도센서(T-type thermocouple) 91개를 설치하여 관개수가 도달되는 시점을 계측하도록 하였다. 관개수가 계측위치에 도달되는 것을 측정하기 위해 관개수를 가온하여 공급하였다. 계측시스템은 산업용 컴퓨터와 계측제어용 Software(Wizcon-7.02, SCADA, ISRAEL)를 사용하였다.

Fig. 2는 실험용 토양조에 온도센서를 격자형으로 부착하는 것이며, Fig. 3은 토양조 및 컴퓨터 계측시스템을 나타내고 있다.

2) 수조와 수중펌프

관개수를 저장하기 위하여 지름 24 cm, 높이 40 cm의 원형 PVC 수조를 사용하였다. 공급수량은 지표면 관수와 지중

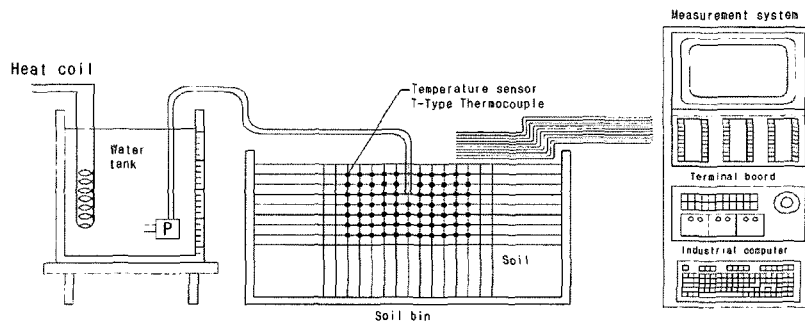


Fig. 1 The experimental device for measurement of the soil wetted pattern.

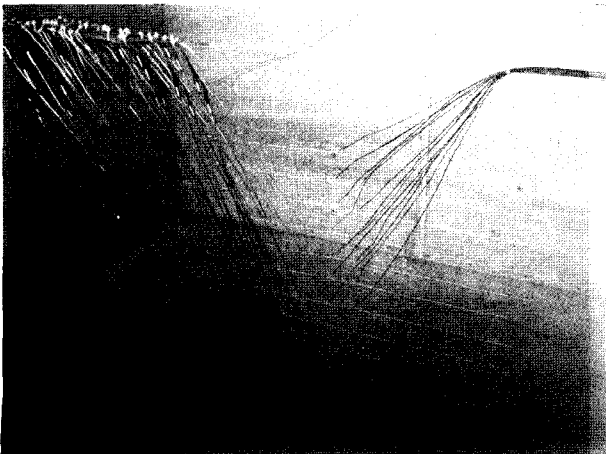


Fig. 2 Temperature sensor for soil wetted pattern measurement.

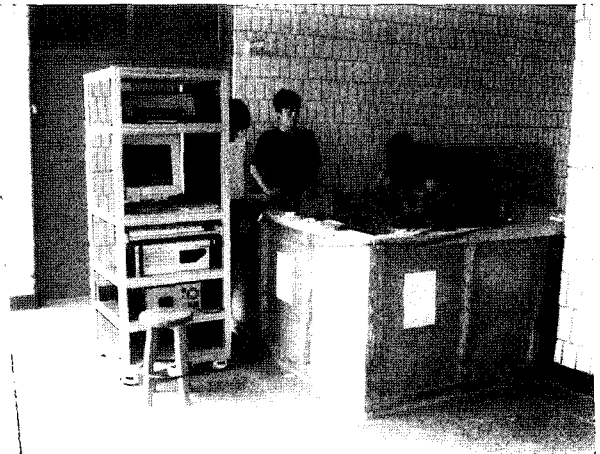


Fig. 3 Soil bin and measurement system.

관수를 모두 4.5 l로 공급하였다. 관개수가 토양에 가습되는 위치를 정확하게 예측하기 위해 전열 코일(3 kW)을 이용하여 약 70°C까지 가온한 물을 공급하였다. 또한 펌프는 수중펌프(Submersible motor pump, 20 W, 40W)를 사용하였으며, 관수용 공급관은 지름 2 mm의 튜브와 밸브 조리기(링거용 밸브)를 사용하여 0.225 l/min로 공급용량을 설정하였다. 지중관수의 공급시간은 약 15분으로 시설재배 현장의 공급 조건과 거의 유사하게 하였다.

지표면 관수 시험으로 사용한 튜브는 농가에서 가장 많이 사용하는 형태의 분수호스를 이용하였으며, 분수호스의 분수공 간격은 10 cm, 분수공의 지름 1 mm인 6개 분수공을 시험에 사용하였다. 공급시간 및 수량은 약 85분간 4.5 l가 공급되었다.

3) 토양 다짐

실험조의 토양을 현장의 상태로 재현하는 것은 매우 어렵다. 현장 토양은 대부분 지표면 15~20 cm 부근까지는 다소 부드러우나, 20 cm 하단부터는 일반적으로 미경운되어 상당히 단단한 경향을 나타내고 있다. 토양의 다짐정도를 예측하기 위해 Cone Penetrometer(길이 40 cm, 원추각 40°, 원추길이 50 mm)를 사용하였으며, 토양조의 토양 지지력이 1.08~1.18 kN/mm²(1.1~1.2 kgf/cm²)정도가 되도록 다짐하였다. 토양조의 토양은 온도센서를 매설할 때, 토양을 5 cm씩 투입하고 나무롤러를 이용하여 다진 후 다시 지름 10 cm의 나무해머를 이용하여 다졌다. 토양조의 다짐은 비교적 일정하게 다져져 지지력이 균일한 반면에 포장의 토양은 일반적으로 지표면 15~20 cm를 기준으로 상부는 토양조보다 지지력이 약하고 하부는 단단하여 시험토양을 현장과 같이 재현하는 것은 거의 불가능 하였다.

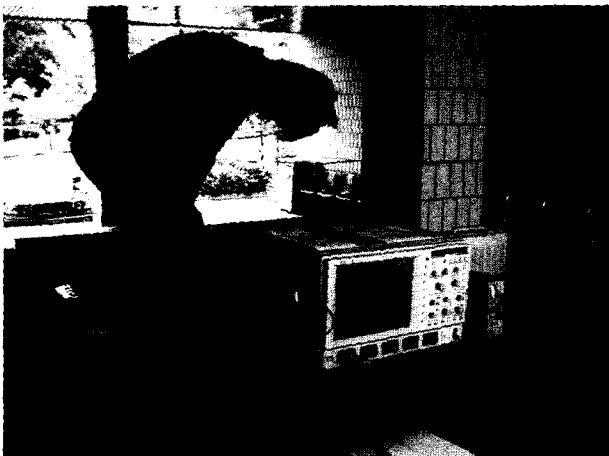


Fig. 4 Measurement of the bearing capacity of soil.

Fig. 4는 토양조의 다짐에 의한 지지력 측정 장면을 보여 주며, 토양의 지지력 측정 자료를 얻기 위해 Data Storage (LeCroy LT 344, 500 MHz, GERMANY)를 이용하였다.

4) 토양 지지력

지중관수의 습윤전도도를 산출하기 위해 가능하면 현장의 토양으로 재생시켜야 하지만, 토양조의 토양을 현장의 상태로 재현하는 것은 매우 어렵다. 또한 예측용 온도 센서를 매설하는 과정에서 토양의 층이 파괴되기 때문에 토양의 다짐은 실험에서 상당히 중요한 요소가 되므로 토양의 다짐정도를 예측하여 현장의 다짐정도와 비교하여야 한다. Fig. 5는 토양조의 토양을 Cone Penetrometer로 측정하였을 때 지지력을 나타내고 있다. 그림과 같이 약 25 cm 깊이까지는 지지력이 증가하나 그 후 지지력이 떨어지는 것을 알 수 있다. 이것은 토양을 균일하게 다졌을 때, Cone Penetrometer의 원추형 선단으로 인하여 삽입 후 토양저항의 감소로 지지력이 떨어지는 것으로 판단되었다. 다짐에 의한 토양조의 토양 지지력은 1.1~1.2 kg/cm² 정도로 나타났다.

Fig. 6은 현장 토양의 다짐정도를 나타내는 것으로 지표면 15 cm~20 cm 부근까지는 다소 부드러우나 20 cm 하단부터

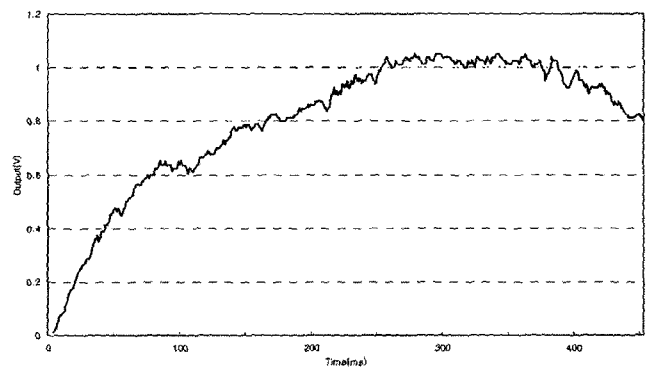


Fig. 5 The bearing capacity of sample soil.

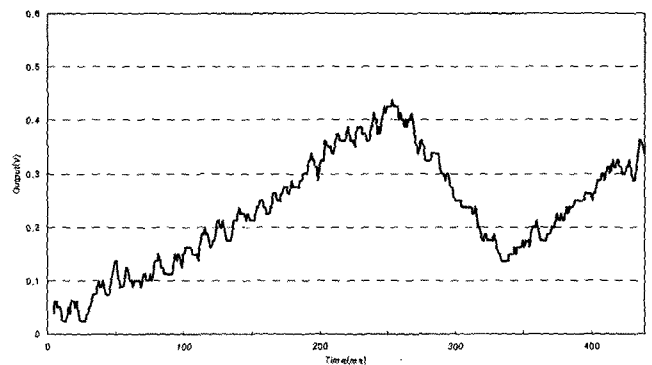


Fig. 6 The bearing capacity of field soil.

는 토양조의 토양보다 약 2배가량 지지력이 높은 것을 알 수 있다.

나. 토양조건

지중관수에 사용한 토양은 삼각좌표분류법상 Silty Sand에 해당하며, 토양의 물리적인 특성은 Table 1과 같다. 토양에 관개수를 공급하여 습한 상태의 토양 함수비는 대략 27~30%에 해당되었다. 토양 함수비는 토양의 종류나 물리적, 화학적인 상태에 따라 달라지지만 본 연구에서는 지중관수 시험시 공시토양의 함수비는 16.2~18.5%(깊이 10~30 cm)에서 시험하였다.

다. 실험방법

토양의 습윤 양상은 토양 속의 수분이 임의의 위치에 도달되는 시간을 측정하여 분석할 수 있다. 토양수분이 임의의 위치에 도달되는 것을 측정하는 것은 쉽지 않으며, 과거에는 Gypsum Block을 이용하여 측정하였으나, Block의 크기가 수분의 이동에 영향을 주게 되므로 오차가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 온도센서를 이용하여 온수가 도달되는 시간을 측정하는 방법을 선택하였다. 실험은 각각의 방법에 따라 3반복하여 실험하였다. 토양의 습윤체적을 구하기 위해 온도센서의 위치별 최종 도달 Point를 컴퓨터의 측정 데이터에서 구하고, 관수 후 1시간 지난 시점에서 최종 습윤단면을

측정데이터와 비교하기 위해 토양을 절개하였다.

온도를 측정하기 위하여 사용된 프로그램은 산업용 측정제어 프로그램인 Wizcon-7.02(SCADA)를 이용하여 Fig. 7과 같이 출력되도록 하였다. 온도센서의 매설은 실시간으로 데이터를 확인하기 위해 Fig. 8과 같이 91점의 온도센서를 토양조의 센서 위치조건과 동일하게 하였다

3. 결과 및 고찰

가. 지표면 관수시 습윤 패턴

Fig. 9는 지표면 관수시의 수평 방향의 토양습윤 패턴을 보여주고 있으며, Fig. 10은 관수 종료 직후의 수직방향 습윤 패턴을 나타내고 있다. 또한 Fig. 11은 공급시간에 따른 수평방향의 습윤 패턴을 보여주고 있으며, Fig. 12는 공급시간에 따른 수직방향의 습윤 패턴을 나타내고 있다.

그림에서와 같이 수평방향의 습윤은 관수점을 중심으로 일정한 형태를 보여주고 있다. 그리고 수직방향의 습윤 패턴은 표면보다 약 10 cm 깊이에서 타원형태로 나타났으며 최종 깊이는 17 cm까지 습윤되었다. 여기서 토양이 관개수로 인한 습윤 상태일 때, 토양 함수비는 27.2%이었으며 주변의 건조 토양은 평균함수비는 18.5%로 측정되었다. 최종 습윤체적은 27,412.5 cm³으로 나타났으며, 토양의 비중은 2.0이었다. 그리고 내부의 체적을 일정한 유선으로 추정할 때, 습윤체적은

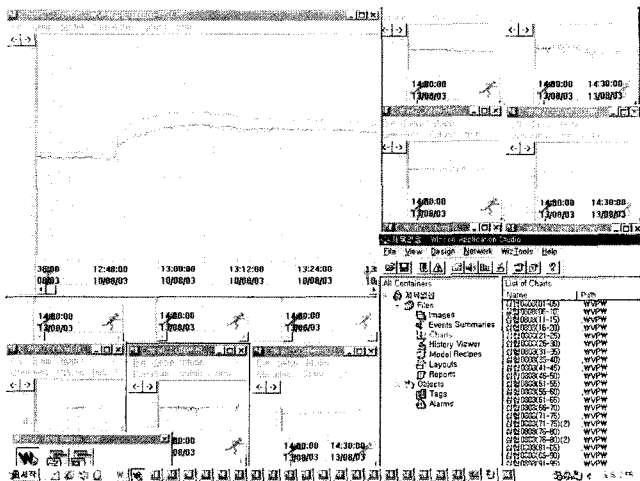


Fig. 7 The monitoring graphics for the soil temperature measurements.

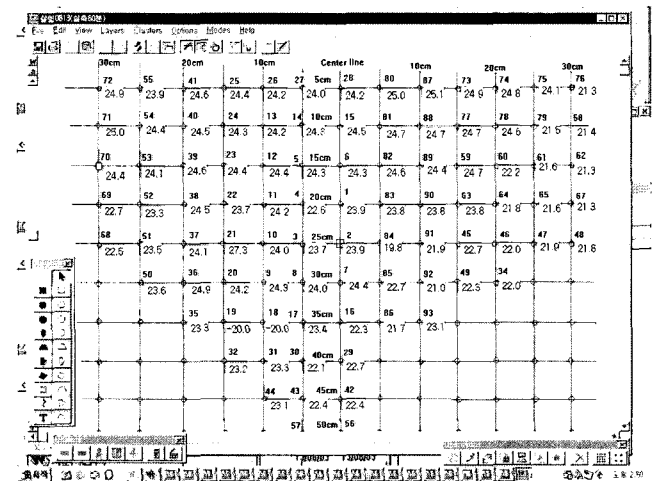


Fig. 8 The measurement monitor of the soil temperature.

Table 1 Physical characteristic of sample soil.

Soil Classification	Specific gravity	Dry bulk density (g/cm ³)	Soil depth (cm)	W _n (%)	W _L (%)	I _p	G _s
Silty sand	2.12	1.19	10~30	1.32	42.2	2.63	70.9

4,791.7 cm³으로써 공급수량 4.5 l의 체적과 유사하게 나타났다.

또한 지표면의 관수는 표면의 과습상태가 지중으로 전도되

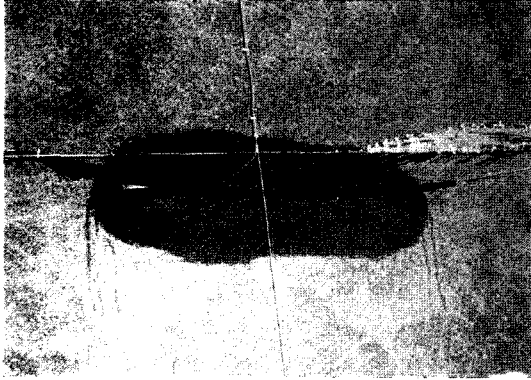


Fig. 9 Horizontal wetted pattern of surface irrigation.



Fig. 10 Vertical wetted pattern of surface irrigation.

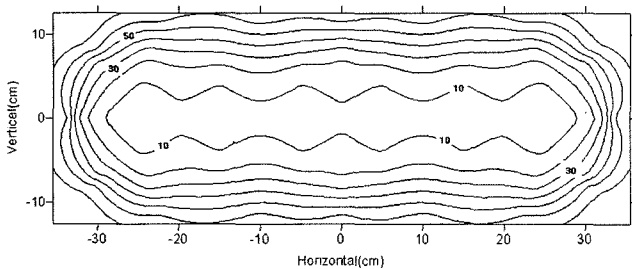


Fig. 11 The horizontal section isotherm lines of surface irrigation.

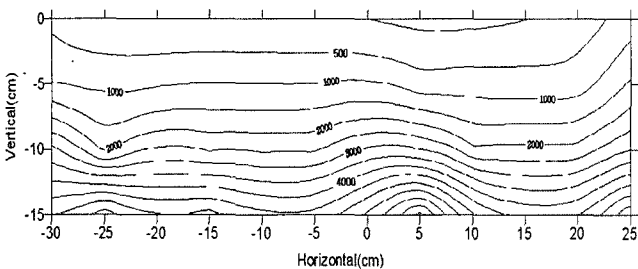


Fig. 12 The vertical section isotherm lines of surface irrigation.

는 것이 일정시간 이후에는 거의 이루어지지 않으며 지표면에서 수분이 공기 중으로 증발되므로 관수의 손실량이 큰 것으로 추정된다.

수직 방향의 진행거리를 D_v 라 하고 수평방향 진행거리를 D_H 라 하면, 지표면 관수에서 나타난 수직방향 전도이론식은 $D_v(\text{cm}) = 365.55 \times e^{0.92}$ 로 나타났으며, 표면의 관수가 수직 방향에 비해 수평방향으로 습윤되는 거리가 약 2배 정도가 됨을 알 수 있다. 따라서 일반 농가에서 가장 많이 사용되는 분수호스는 지표면을 과습하게 하는 반면에 중력의 영향이 크지 않음을 보여주고 있다.

나. 관수깊이에 따른 지중관수의 습윤 패턴

1) 관수깊이 10 cm의 습윤 패턴

지중 10 cm에 관수를 하였을 때, 지표면에 나타나는 습윤 패턴은 Fig. 13과 같다. 그림에서와 같이 관개수가 지표면으로 솟아올라 표면이 낮은 부분으로 흘러감을 알 수 있다. 지표면으로 솟아오르는 것은 이론적으로는 전도되는 시간보다 짧게 1분도 소요되지 않았다. 이것은 지중의 수직 또는 수평으로 미처 습윤되기 전에 공급튜브를 따라 수관이 형성되고 대부분의 관개수는 표면으로 올라오므로 지중에는 거의 습윤되지 않은 것으로 판단되었다. 지중에서 관개수의 이동은 토양의 압력에 의해 이동되지만 관개수의 공급 압력이 적을 때는 진행속도가 비교적 느린 것으로 생각된다. 본 연구에서는 습윤부분과 건조부분의 토양함수비는 약 8.4%가 차이났다. 또한 건조시 토양 함수비 16%의 경우에 토양압력은 32 kPa이었으며, 습윤시에는 12~20 kPa로 나타났다.

2) 관수깊이 15 cm의 습윤 패턴

Fig. 14는 지중 15 cm 관수의 습윤 패턴을 나타내고, Fig. 15는 공급시간에 따른 습윤확산 선도를 나타내고 있다. 그림에서와 같이 습윤패턴이 다소 비대칭형으로 나타났으나 전체

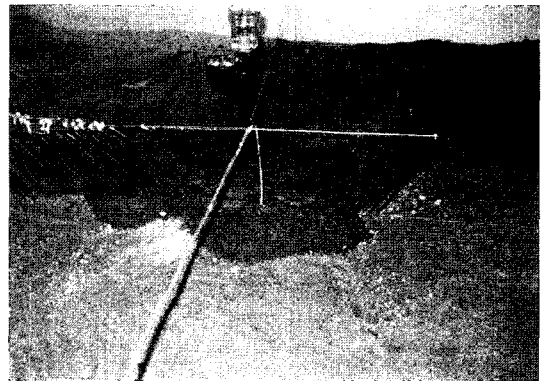


Fig. 13 Horizontal wetted pattern of underground irrigation (10 cm).

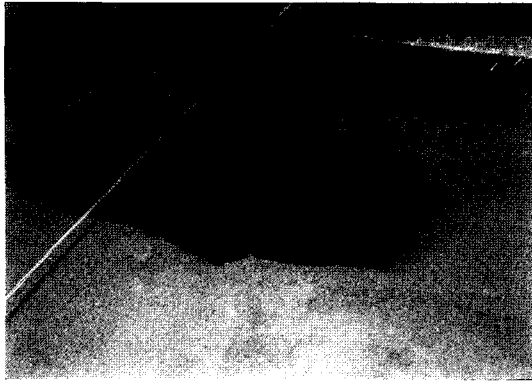


Fig. 14 Vertical wetted pattern of underground irrigation (15 cm).

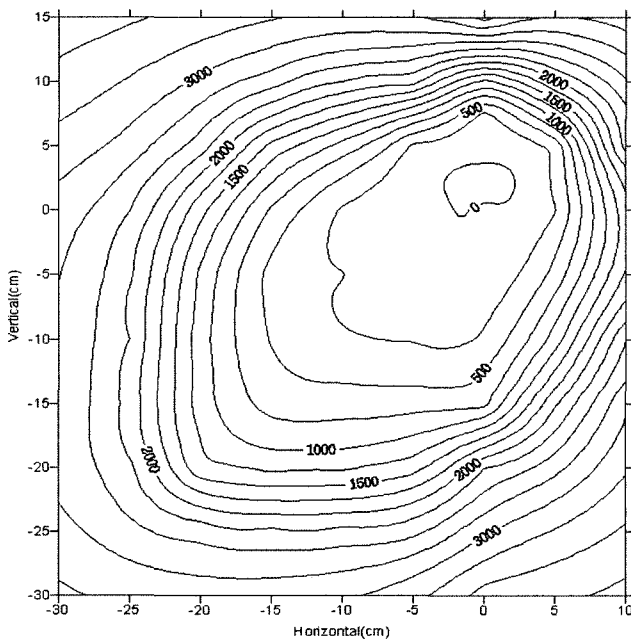


Fig. 15 The vertical section isotherm lines of underground irrigation (15 cm).

적으로는 타원형의 모양을 보여주고 있다. 상부로 진행한 습윤의 패턴은 표면에 거의 도달되었으나 분출되지는 않았으며 지중으로 약 42.5 cm까지 이동되었다. 습윤패턴의 모양은 전체적으로 둥근 형태로써 지름이 약 40.25 cm의 대칭형이었으며, 수직 방향의 폭이 40.5 cm, 수평 방향의 폭이 40 cm로 나타났다. 관수점을 기준으로 지표면방향으로 13 cm, 하단으로 27.5 cm, 좌측 15 cm, 우측 25 cm의 형태를 나타내었다.

습윤확산 패턴에서 알 수 있듯이 수평 이동은 토양압력에 의해 이동되고, 하단으로는 토양압력과 중력에 의해 이동되며, 상단부로는 토양압력과 중력의 영향을 받은 만큼 관개수가 이동됨을 의미하고 있다.

따라서 지중관수 15 cm에서는 하단부로는 토양압력과 중력의 영향이 삼투에너지보다 약 2배 가까이 큰 것을 알 수 있

었다. 이것은 공시로 사용한 토양이 Silty Sand이므로 토양압력이 비교적 크지 않기 때문으로 추정되며 중력의 영향이 토양압력의 영향에 비해 약 30% 정도 작용되는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 토양압력은 토성이나 토양 함수비, 토양의 물리적인 특성에 크게 좌우되기 때문에 시험의 조건에 따라 크게 달라질 수 있다.

또한 전체 습윤체적은 34,125 cm³이며, 이것은 지표면 관수에 비해 1.24 배의 습윤체적을 보여주고 있다. 이와 같이 지표면 관수에 비해 습윤체적이 큰 것은 지표면 관수의 경우에는 수분 확산의 영역이 수평면과 수직방향으로 제한되어 있어 삼투에너지는 적용되지 않아 습윤체적에 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 지중관수는 관수점에서 상단방향으로 삼투에너지가 작용되어 이동할 수 있어 확산이 더욱 용이하기 때문으로 생각된다.

수직전도식은 $D_v(\text{cm}) = 15.80 \times e^{0.86}$ 으로 지수값에 있어서 Sandy Loam의 0.68(2 l/hr)보다 약간 높게 나타났다(Philip, 1957). 이것은 공시토양으로 사용한 Silty Sand가 토양압력보다 중력의 영향이 크기 때문으로 볼 수 있다. 수평전도식은 $D_H(\text{cm}) = 18.4 \times e^{0.82}$ 로 나타나 수직전도식과 유사하였다.

3) 관수깊이 20 cm의 습윤 패턴

관수깊이 20 cm의 습윤 패턴은 Fig. 16과 같다. 그리고 Fig. 17은 공급시간에 따른 습윤확산 선도를 나타내며 지표면으로 17 cm까지 상승하였다. 반면에 지중으로는 23 cm까지 확산되어 관수깊이 15 cm의 습윤 패턴과 비슷한 모양을 나타내었다.

전체적인 습윤의 모양은 둥근형이었으며 습윤체적은 33,493 cm³이었다. 이것은 지표면 관수의 습윤체적에 비해 1.22 배 가량 크고, 관수깊이 15 cm의 습윤 패턴과는 거의 유사한 체적을 보여주고 있다.

습윤패턴의 모양은 지름이 약 40 cm의 대칭형이었으며 수직방향, 수평방향 모두 40 cm로 둥근 형태로 나타났다. 관수점을 기준으로 지표면방향으로 17 cm, 하단 수직방향으로 23 cm, 좌측 15 cm, 우측 25 cm의 형태를 나타내었다.

습윤확산 모양에서 알 수 있듯이 수평방향 이동은 관수깊이 15 cm의 경우와 같았으며 하단 수직방향으로는 관수깊이 15 cm의 경우보다 조금 작게 나타났다. 이것은 토양의 시험의 조건에 따라 다소 달라진 것으로 추정되며 전체적인 패턴은 지중관수 15 cm와 유사한 것으로 보여진다. 수직전도식은 $D_v(\text{cm}) = 7.06 \times e^{1.13}$ 이며, 수평전도식은 $D_H(\text{cm}) = 8.21 \times e^{0.93}$ 으로 나타났다.

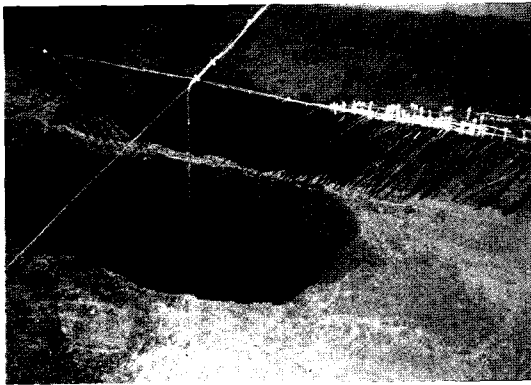


Fig. 16 Vertical wetted pattern of underground irrigation (20 cm).

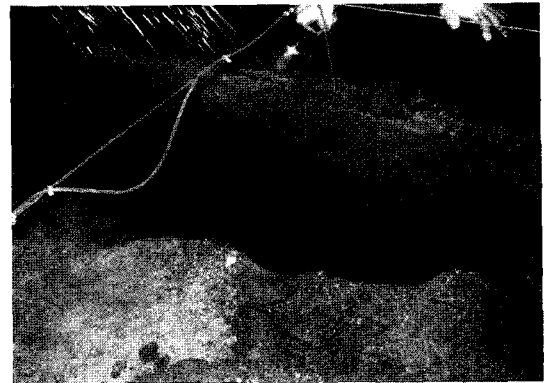


Fig. 18 Vertical wetted pattern of underground irrigation 25 cm).

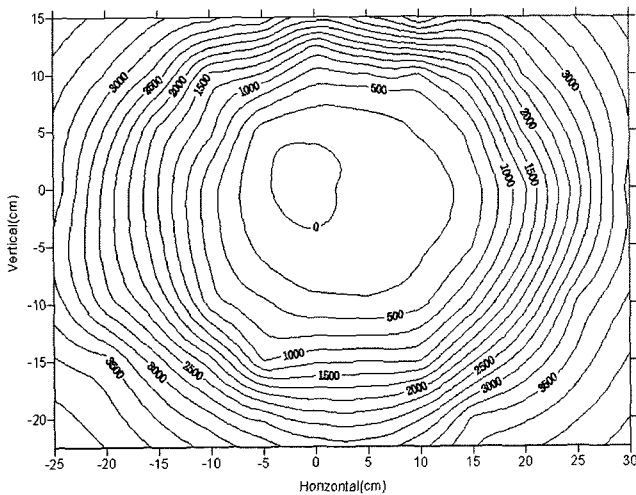


Fig. 17 The vertical section isotherm lines of underground irrigation (20 cm).

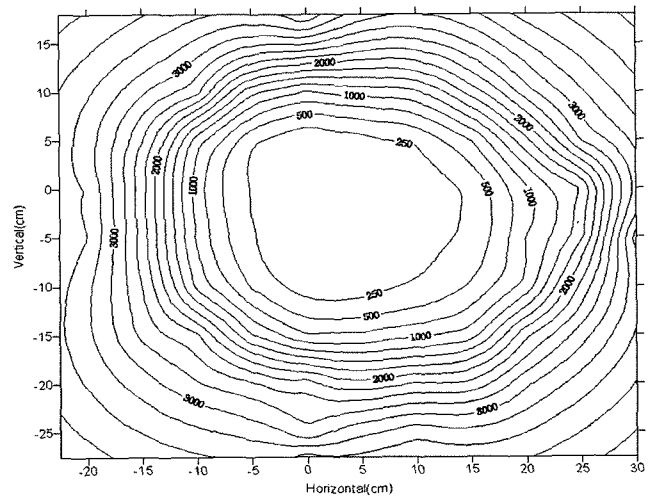


Fig. 19 The vertical section isotherm lines of underground irrigation (25 cm).

4) 관수깊이 25 cm의 습윤 패턴

관수깊이 25 cm의 습윤 모양은 Fig. 18과 같다. Fig. 19는 공급시간에 따른 습윤확산 선도를 나타내며 지표면으로는 15 cm까지 상승하여, 지표면 아래 10 cm까지 도달한 것을 알 수 있다. 그리고 하단 수직으로는 25 cm까지 확산되어 관수깊이 15, 20 cm의 경우와 비슷한 양상을 나타내었다. 전체적인 패턴은 역시 둥근형이었으며 습윤체적은 34,765 cm³이었다. 이것은 습윤체적이 지표면 관수에 비해 1.27 배가량 크고, 습윤체적에서도 관수깊이 15, 20 cm의 경우와 거의 비슷하였다.

습윤패턴의 모양은 지름이 약 40 cm의 대칭형이었으며, 수직방향으로 40 cm, 수평방향으로 41 cm로 나타났다. 관수점을 기준으로 지표면방향으로 15 cm, 하단 수직방향으로 25 cm, 좌측 15 cm, 우측 26 cm의 형태를 나타내었다.

따라서 관수개시점을 중심으로 확산 거리의 크기는 지중하단부>수평>지표면 확산으로 나타나 수평 확산을 기준(평균 20 cm)으로 할 때, 지중 하단부 확산 거리는 25% 증가하였고

지표면 확산 거리는 오히려 약 25% 가량 감소하는 형태를 나타내고 있다. 수직전도식은 $D_v(\text{cm}) = 2.67 \times e^{1.30}$ 이며, 수평전도식은 $D_H(\text{cm}) = 4.49 \times e^{1.01}$ 으로 나타났다.

다. 지표면 관수와 지중관수의 관수특성 분석

Table 2는 지표면 관수와 지중관수의 수직, 수평 전도이론식과 습윤영역을 나타내고 있다. 표에서와 같이 수직 및 수평 전도 이론식은 지수함수로 나타났으며 이것은 토양내 수분이동이 1차원적 흐름이 아니라 2차원 또는 3차원적 특성을 가진다 고한 연구의 결과와 유사하였다(Warrick, 1986).

지표면 관수는 습윤체적이 27,412.5 cm³이었으며 토양의 비중과 내부 단면을 유선으로 추정할 때, 최종 습윤체적은 4,791.7 cm³으로써 공급수량과 체적(cm³)이 유사하게 나타났다. 반면에 지중관수는 관수깊이의 변화와 무관하게 거의 유사한 습윤형태를 보여주며 관수깊이에 따라 각각 34,125 cm³, 33,493 cm³, 34,765 cm³으로써 지표면 관수에 비해 약

Table 2 Conductivities and wetted volumes by irrigation patterns

Irrigation patterns	Vertical conductivities (cm)	Horizontal conductivities (cm)	Wetted volumes (cm ³)	Remark (%)
Surface	$D_V = 365.55 \times e^{0.92}$	-	27,413	100
Underground (15 cm)	$D_V = 15.80 \times e^{0.86}$	$D_H = 18.4 \times e^{0.82}$	34,125	124
Underground (20 cm)	$D_V = 7.06 \times e^{1.13}$	$D_H = 8.21 \times e^{0.93}$	33,493	122
Underground (25 cm)	$D_V = 2.67 \times e^{1.30}$	$D_H = 4.49 \times e^{1.01}$	34,765	127

25% 가량 습윤체적이 크게 나타났다.

지표면 관수와 지중관수의 습윤패턴의 큰 차이는 지중관수의 경우에는 토양 내부에 관수되므로 토양주변으로 토양압력과 중력에 의해 자유로이 이동되므로 토양압력이 클수록 확산의 영역은 커지게 된다. 반면에 지표면의 관수는 토양압력과 중력에 의해 이동되기는 하나 지표면의 상단으로 이동될 수 있는 삼투에너지가 작용될 수 없어 관수점이 과습한 상태로 머물게 된다.

따라서 지표면 관수나 지중관수 모두 전체적인 공급 관수량이 토양내에 습윤상태로 존재하지만 지표면 관수의 경우에는 지표면에 약 25% 정도가 더 과습되어 있음을 알 수 있다. 이것은 결국 공기 중으로 증발하여 손실되는 수분의 대부분을 차지하게 된다.

대부분 시설재배 현장에서는 지표면 관수 또는 고랑관개를 하므로 지표면이 과습함으로 증발 손실량이 매우 크다. 또한 지표면의 관수는 지중으로 습윤되지 못해 작물의 근근으로 이용되지 못하고 있다. 시간이 지남에 따라 지표면의 과잉 관수는 지중으로 이동되는 것보다 지표면에서 공기중으로 증발되어 건조되므로 지중의 수분도 지표면으로 이동되는 경향을 나타낸다.

지중관수는 관수깊이 15 cm, 20 cm, 25 cm에서 거의 비슷한 양상을 나타내며 습윤체적이 지표면 관수보다 약 25% 큰 것으로 나타난 것은 토양 내에 수분의 이동이 토양압력에 의해 상, 하, 좌, 우로 자유로이 이동되어 에너지 평형을 이루기 때문으로 추정된다. 그러므로 지표면 관수에서 토양의 습윤영역이 제한적인 것(27,413 cm³)과 공기 중으로 증발되는 것을 추정하면 관수량의 약 50% 정도가 손실되는 것으로 사료된다. 따라서 지중관수가 지표면 관수에 비해 지중의 습윤체적의 효과가 2배 정도 높을 것으로 사료된다.

4. 요약 및 결론

지표면 관수를 하는 채소와 과수 및 시설재배의 경우에는 용수의 과다 공급과 더불어 세근까지 용수가 공급되지 않는 문제점을 가지고 있으나 관수 방법에 대한 새로운 연구는 미비한 실정이었다. 본 연구는 지표면 관수의 토양습윤 패턴과 관수깊이 10, 15, 20, 25 cm의 지중관수 습윤 패턴을 연구한 결과 지중관수는 관수깊이 15 cm, 20 cm, 25 cm에서 거의 비슷한 양상을 나타내며 습윤체적이 지표면 관수보다 약 25% 큰 것으로 나타났다. 따라서 지중관수가 지표면 관수보다 작물의 뿌리에 근접하는 영역이 높아 관수의 효율은 25% 이상 높을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Charles H. Batchelor, G. Claude Soopramanfen and Jone P. Bell. 1985. Drip/trickle irrigation in action. Proceedings of the third international drip/trickle irrigation congress : 687-694.
2. Philip. J. K. 1957. The theory of infiltration. 1. The infiltration equation and its solution Soil Science 83. 345-357.
3. Warrick A. W. 1986. Trickle irrigation for crop production. Elsevier. NewYork : 93-100.
4. 김철수 외. 1989. 마이크로 컴퓨터를 이용한 시설원에 작물 재배의 관개자동화에 관한 연구. 한국농업기계학회지 14(2):128-136.
5. 김철수. 1990. 시설원예를 위한 점적관개 조직의 자동화에 관한 연구. 박사학위논문. 경상대학교.
6. 김철수 외. 1991. 자동관수 시스템을 이용한 시설오이 재배에 관한 연구. 한국농공학회지 33(1):89-99.
7. 농업기계연감. 2003. 경지이용상황 : 50-51.