

저유량 관개시스템의 설치 및 운영관리(I)

Installation, Operation and Maintenance of Low-volume Irrigation Systems

여 운 식 *
Yo, Woon-shik

I. 저유량 관개시스템의 정의 및 구성

1. 관개구역

다수의 포장으로 구성되며, 사업지구를 구성하는 구역단위를 말한다.

2. 포장

포장은 한 종류의 농작물이 경작되는 관개구역의 일부이며, 다수의 급수구역으로 구성된다.

3. 급수구역

급수구역은 포장의 구성 단위로서 한개의 On/Off 밸브에 의해 관개되는 면적을 말한다.

4. 저유량 관개시스템

저유량 관개시스템은 이미터(Emitter)의 유출량이 시간당 250ℓ를 초과하지 않는 고정식 또는 이동식 드립퍼(Dripper), 스프레이어(Sprayer), 미니 스프링클러(Mini-sprinkler) 등의 관개시스

템을 말하며, 일반적으로 다음과 같은 요소로 구성된다.

가. 용수원

저유량 관개시스템에 공급되는 용수원은 저수지, 하천, 용수로, 관정, 지역/가정 용수 공급망 등이다. 용수원의 수질검사는 대단히 중요하며 화학적 수질분석의 결과는 관개용수의 수질기준에 적합해야 하며, 용수의 물리성은 여과 또는 물리적인 처리로, 화학성은 화학적 처리로 개선할 수 있다. 수원에서 적량과 적압으로 용수를 공급해야 하며 공급유량과 압력이 적절치 못하면 부스터 펌프 또는 양수장을 관개시스템에 추가시켜야 한다.

나. 주 조절시스템(Main Control System)

이 시스템은 수원 또는 양수장에 연결되며 다음의 기능을 수행한다.

(1) 수압측정 및 조절

배수(配水) 및 관개시스템에 필요한 적정 수압을 유지시키기 위하여 수압을 측정, 제어한다.

(2) 유량 및 관개량 측정

작물에 필요한 적정용수량을 공급하기 위하여 측정한다. 용수의 공급량과 수요량의 변동, 관개

* 농어촌진흥공사 농어촌연구원

용 관의 파열 등에 즉시 대응하기 위하여 유량과 관개량의 측정은 자동화 장치에 의존한다.

(3) 비료와 농약의 주입

비료 탱크로부터 공급되는 비료액을 동력이나 수압으로 작동되는 주입장치로 관개용수에 주입한다. 농약을 살포하는데도 같은 방법이 사용된다.

제초제, 살충제, 살균제, 이끼 제거제 등과 같은 농약도 저유량 관개시스템으로 주입하며, 이러한 약제의 효과는 주로 관개용수의 수질에 따라 달라진다.

이미터가 막히는 정도에 따른 관개용수의 분류와 이미터 막힘의 주요 물리적, 화학적, 생물학적 요인을 <Table 1>에서 보여준다.

<Table 1> A water Classification System for Indicating Clogging Hazards in Drip Irrigation Systems(Bucks and Nakayama, 1980)

Clogging Factors	Clogging Hazard		
	Minor	Moderate	Severe
Physical			
Suspended Solids(mg/ℓ)	<50	50~100	>100
Chemical			
pH	<7.0	7.0~8.0	>8.0
Dissolved solids(mg/ℓ)	<500	500~2,000	>2,000
Manganese(mg/ℓ)	<0.1	0.1~1.5	>1.5
Total iron(mg/ℓ)	<0.2	0.2~1.5	>1.5
Hydrogen sulphide(mg/ℓ)	<0.2	0.2~2.0	>2.0
Biological			
Bacterial population(number of bacteria per millilitre)	<10,000	10,000~50,000	>50,000

이미터의 막힘 방지나 감소는 사후 조치보다는 예방이 최선의 방법이며, 예방 조치로는 필터를 이용한 관개용수의 여과, 현장 점검, 관의 세척, 용수

의 화학적 처리 등이 있다. 산도(pH)가 높고, 탄산칼슘이나 탄산마그네슘의 농도가 높은 관개용수의 화학적 침전을 줄이기 위하여 흔히 황산과 염산을 사용한다. 인산은 관개용수의 화학적 처리 또는 비료로도 사용하며, 이미터의 생물학적 막힘을 예방하기 위하여 주로 염소로 소독한다.

저유량 관개시스템에서 비료 성분과 농약의 주입은 다음과 같은 방법을 이용한다.

• 수압차이(By-pass 압력 탱크)

고체 또는 액체의 비료와 농약을 담은 통을 관로에 따라 연결시키면 연결부와 파이프 축소부의 수압 차이로 비료나 농약을 담은 통을 통하여 물이 흐르게 된다.

• 벤츄리 펌프(Venturi pump)

이 방법은 벤츄리 이론을 근거한 것으로 관로내 유속의 갑작스런 변화로 발생한 흡인력으로 비료와 농약을 관내로 흡입시킨다. 벤츄리 펌프(소형 전기 부스터 펌프)를 작동시켜 에너지 손실을 줄일 수 있다.

• 전동 측정 펌프(Electrically driven metering pump)

이 방법에 의한 비료/농약 탱크에는 압력이 필요하지 않으므로 가격이 싼 플라스틱 펌프를 사용할 수 있다. 그러나 펌프는 반드시 전원에 연결시켜야 하며 주입량이 정확해야 한다.

• 수동 펌프(Water driven pump)

이 방법은 콘트롤 헤드에 수동펌프를 설치하고 펌프로 액상의 비료와 농약을 주입한다.

(4) 여과(Filteration)

여과는 저유량 관개시스템에 있어서 가장 중요한 과정 중의 하나로 이미터가 막히지 않도록 정수하는 것을 목적으로 하며 스크린 필터(Screen filter), 디스크 필터(Disk filter), 미디어 필터(Media filter) 등 여러 종류의 필터와 스트레너(Strainer)가 이용된다.

용수에 포함된 과도한 모래는 하이드로사이클론 필터(Hydrocyclone filters) 등의 모래분리 장치나 침사지(Settling pond)를 사용하여 제거할 수 있다. 스크린 필터를 이용하는 것이 정수방법 중에서 가장 단순한 방법이며, 스크린 필터는 관개용수

에 포함된 아주 가는 모래 입자를 효과적으로 제거할 수 있다. 그러나 많은 양의 조류(Algae)와 유기물질이 포함된 관개용수는 스크린 필터를 쉽게 막히게 한다.

필터를 통과한 압력이 35~75kPa(5~10psi) 이상 강하되면 스크린을 청소해야 하는데 스크린의 청소는 스크린을 분리하여 씻어주거나, 정기적으로 또는 설정된 수압 이하로 떨어지는 경우에 물을 역류시켜 부착물을 씻어낸다.

미디어 필터는 압력 탱크안에 적정 입도의 작은 자갈이나 모래를 배열하여 만들어진 것이며, 주로 과도한 실트질, 유기물 등을 여과시키는데 이용된다. 미디어 필터는 지표수나 지하수에 관계없이 광범위하게 이용되며, 자동화된 역세척 시스템과 함께 사용되기도 한다. 미디어 필터를 통과한 물에서 여과되지 못한 입자들을 제거하기 위하여 미디어 필터에 스크린 필터를 연결하여 사용하기도 하며, 하이드로사이클론 필터(Hydrocyclone filter)는 원심력을 이용한 것으로 여과하기 전단계에 미세립의 모래를 효과적으로 제거할 수 있다.

다. 급수관

급수관은 각 포장 상류단의 밸브에 의해서 수원으로부터 관개용수를 공급하는 모든 관수로망을 포함한다.

일반적으로 강철, 석면, 시멘트, PVC로 만들어

진 간·지선관은 일반 관개용 관수로와 비교될 정도로 비교적 직경이 큰 관을 사용하며, 농작업용 기계의 원활한 운영을 보장하고, 관로의 파손을 보호하기 위하여 간·지선관은 대개 지하에 매설한다.

라. 보조 조절 시스템

보조 조절 시스템은 주로 각 포장이나 급수 구역의 상단에 배치하며 주요 기능은 다음과 같다.

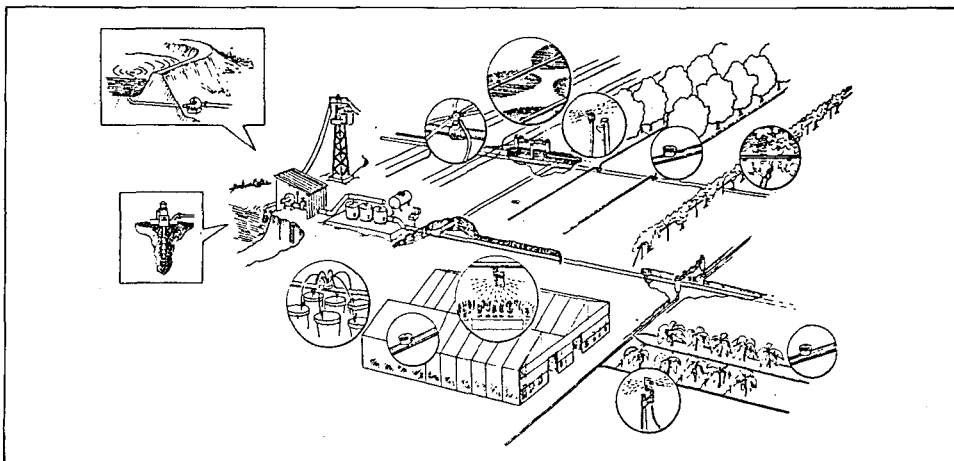
- (1) On /Off 제어기능(수동 또는 원격)
- (2) 수압 조절기능 : 소규모 관개시스템에서는 40m(60psi)정도의 압력 수두로 유지시킬 수 있다.
- (3) 대상 포장에서 요구되는 수질을 보장하기 위한 2차 여과 기능
- (4) 비료공급 센터로서의 기능
- (5) 유량조절 기능

마. 간·지선 관망

간·지선 관망은 용수공급 시스템으로 부터 각 포장단위로 용수를 분배하는 간선 또는 지선 관로를 포함한다.

바. 지거관

지거관은 각 급수구역 상단의 밸브로부터 지거관에 연결된 이미터까지 용수를 공급한다. 각 지거관은 분기관(Manifolds)이라 불리는 지거관의



<Fig. 1> Typical layout of a farm unit with a lowvolume irrigation system

분기장치에 연결된다. 지거관은 작물의 열에 따라 배치되며, 직경 12mm~25mm(1/2"~1") 정도의 폴리에틸렌관을 사용하며, 분기관은 직경 32mm~110mm(1"~4") 정도의 PE, PVC관을 사용한다.

사. 이미터(Emitters)

이미터는 일정간격 또는 변화되는 간격으로 지거관에 배치되며, 이미터에 의한 관개의 균일성은 관의 길이와 직경에 관계된다. 그러나 압력 보상형 이미터의 경우는 관의 길이와 직경에 영향을 받지 않는다. 특히 고품질, 고수확 재배를 위해서는 지거관을 통한 급수의 균일성이 보장되어야 하며, 이미터로는 드립퍼, 스프레이어(정적 또는 동적), 미니 스프링클러 등 여러 종류가 있다.

II. 저유량 관개시스템의 설치

1. 일반사항

저유량 관개시스템을 설치하기 전에 세부설계, 작업계획을 포함한 설계서를 준비하여야 한다. 설계서에는 관개시스템 구성요소의 선택과 구조, 수리계산(유량, 관경, 수압) 및 시스템의 자동제어 기능설계 등이 포함되며 설계에 따라 시공 계획, 필요 자재의 수량을 결정한다.

2. 노지 재배를 위한 점적 관개시스템의 설치

가. 1단계 : 지형 측량

•내용 : 측량 및 각 급수 구역별 구획 결정, 관개호스 배치 방향의 결정 및 주관로와 보조관의 결정, 급수관, 양수장, 제어시스템의 위치 결정

•필요장비 : 측량기, 줄자, 나침반, 말뚝, 해머, 마킹펜, 칼라 테이프, 관개시스템 계획, B.M 표석 등

•작업순서 : 급수구역, 용수관로, 제어시스템 등의 중심선 및 경계 설정 계획에 따라 중요 지점과 선의 결정

나. 2단계 : 양수장

•내용 : 펌프, 모터 및 부대시설의 설치를 위한 굴착 및 콘크리트 기초, 펌프와 모터의 접합 및 설치

•필요장비 : 굴착장비, 콘크리트 믹서, 철근, 조립도구, 거푸집 등

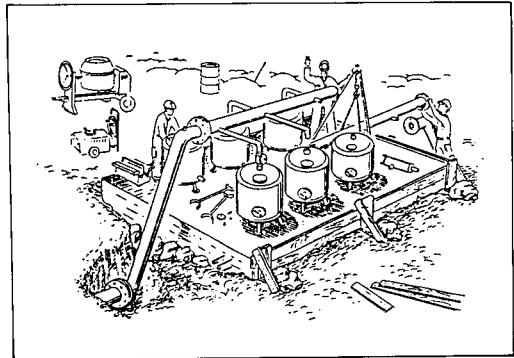
•작업순서 : 콘크리트 작업을 위한 굴착, 거푸집 조립, 철근 배치, 콘크리트 타설, 콘크리트 양생 후 거푸집 제거, 양수장치의 접합 및 설치

다. 3단계 : 필터와 주 조절시스템

•내용 : 굴착, 철근 콘크리트 기초, 필터장치와 관로, 양수제어 패널, 관개제어 컴퓨터, 시비장치, 유량 및 압력조절 밸브, On /Off 밸브 등의 설치

•필요장비 : 굴착장비, 콘크리트 믹서, 철근 및 조립도구, 거푸집 등

•작업순서 : 콘크리트 작업을 위한 굴착, 거푸집 조립, 철근 배치, 콘크리트 타설, 양생, 거푸집 제거, 필터장치·시비장치·제어밸브의 접합 및 설치



〈Fig. 2〉 Installation of filters

라. 4단계 : 간·지선 관로의 도랑 파기

•내용 : 관개용 관로 설치를 위한 도랑파기

•필요장비 : 트랜처 등의 굴착장비, 관로설정 장비

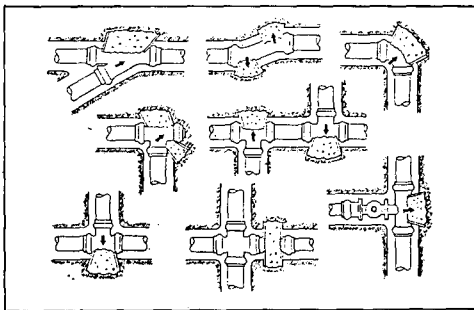
•작업순서 : 관로설정, 관로상의 장애물 제거, 필요 깊이로 도랑파기

마. 5단계 : 간·지선 관로의 배치

- 내용 : 굴착된 도랑에 따라서 PVC 파이프 또는 강관을 배치하고 접합
- 필요장비 : 트랙터 또는 트레일러, 파이프 삽입을 위한 로드 레버(Rod lever), 윤활유와 개스킷, 받침목
- 작업순서 : 용수관의 운반, 도랑을 따라 배치, 도랑내부에 파이프 위치조정, 파이프의 접합

바. 6단계 : 관로의 고정

- 내용 : 관로상에 추력(Thrust forces)의 발생이 예상되는 다음과 같은 곳에 추력 안정블록 설치
 - T자형, 7자형, 굽은 관로, 십자형의 교차 부분과 같이 관로의 방향이 변화되는 곳
 - 파이프의 직경이 변화되는 연결부
 - 파이프의 말단부
 - 밸브 또는 급수전
- 필요장비 : 인력굴착 장비, 콘크리트 믹서, 거푸집 등
- 작업순서 : 콘크리트 블록 시공을 위한 굴착, 다짐, 거푸집 조립, 콘크리트 타설, 양생, 거푸집 제거



<Fig. 3> Various types of thrust blocks

사. 7단계 : 보조 조절 시스템

- 내용 : 관개포장 또는 급수구역의 상단에 보조 조절 시스템을 설치하고, 배수(配水)관로를 포함한 관로에 대하여 누수시험을 한다.
- 필요장비 : 인력굴착 장비, 콘크리트 믹서, 거푸집 등

- 작업순서 : 조절시스템 설치 부분을 위한 굴착, 다짐, 거푸집 조립, 콘크리트 타설, 양생, 거푸집 제거, 조절장치의 설치, 연결부 및 접합부는 누수시험이 끝날 때까지 되메움해서는 안된다.

아. 8단계 : 수압 및 누수 시험

- 내용 : 수압 및 누수시험은 모든 간선관로와 지선 관로에서 실시한다.
- 필요장비 : 압력펌프, 차단밸브, 압력게이지
- 작업순서 : 관로상의 시험 구간을 차단시켜 물로 채우고 적용 압력을 가한 후 파이프를 점검하고 누수를 관찰한다.

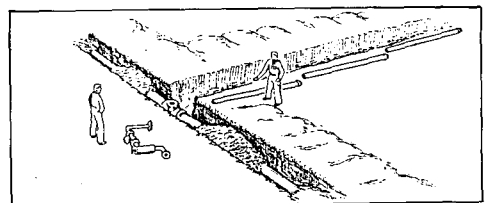
자. 9단계 : 관로의 되메움

- 내용 : 간·지선관로의 되메움 및 다짐
- 필요장비 : 트랙터 쇼벨, 진동 로울러, 인력 되메움 및 다짐장비 등
- 작업순서 : 설명서에 정해진 순서대로 작업한다.

차. 10단계 : 관개용 지거관의 포설 및 접합

- 내용 : 전체 간선 및 지선관망의 설치가 완료되고, 고랑 등을 만든 후 또는 파종후에 실시한다.
- 내용 : 지거관과 분기장치의 포설 및 접합
- 필요장비 : 지거관 포설용 트랙터, 관을 당겨주는 말뚝, 호스절단기, 깃발
- 작업순서 : 포장의 말단부를 표시하고 분기장치를 놓을 부분에 얇은 고랑을 만든다. 트랙터에 관포설 장치를 설치하고 작동 상태를 점검하고, 두루마리 지거관을 올려놓은 후 일정한 속도로 관을 포설한다.

포설중에는 변속을 피하며, 말단까지 포설한 후

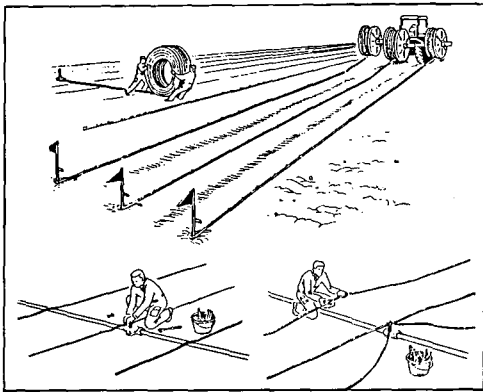


<Fig. 4> Installation of secondary control system

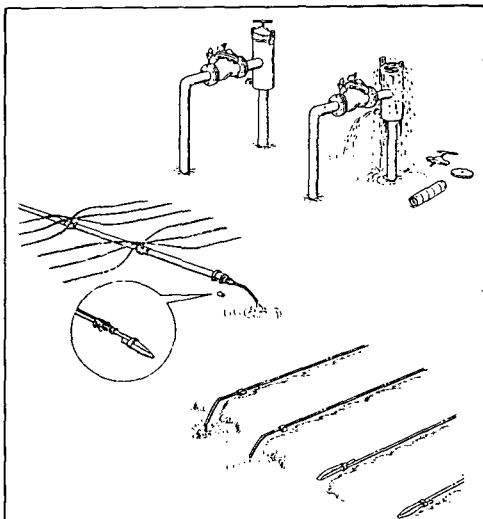
여분의 길이를 두고 관을 절단하고 관의 끝을 말뚝에 고정시킨다.

관을 느슨하게 설치하여 밤에 온도가 낮아지면 수축이 될 수 있도록 해야 하며 관을 분기장치에 연결시킨 후 접합처리하고 말뚝에 고정시킨 부분을 풀어준다.

노지재배에서 이용하는 분기장치는 알루미늄 파이프(지상 또는 약간 땅속에 묻힘), 유연성 튜브(폴리에틸렌 호스), PVC파이프(지하매설)등이 있다.



〈Fig. 5〉 Laying and jointing of manifolds and laterals



〈Fig. 6〉 Hydraulic testing

카. 11단계 : 수리시험

•내용 : 간선, 지선, 지거관, 밸브, 필터, 펌프 등의 수리시험을 실시한다.

•필요도구 : 압력계이지

•작업순서 : 전체 시스템을 점검하고 펌프, 필터, 밸브 등을 깨끗하게 손질하고 조절시스템과 양수구경을 측정한 후, 모든 간·지선과 지거관에 용수를 공급하고 수압시험을 실시한다. 필터와 밸브 기능의 이상 유무와 관개호스 이미터의 막힘 여부를 검사한다.

타. 12단계 : 자동조절장치·시비장치 등의 설치

•내용 : 관개용 컴퓨터 등의 자동조절 장치와 굴착장비

•작업순서 : 전기배선 작업을 실시하고 수압조절튜브를 연결한 후 작동상태를 점검한다.

파. 13단계 : 전체 시스템의 전반적인 시험

•내용 : 최종 단계로서 전체 시스템을 작동하여 상태를 점검한다.

•필요도구 : 압력계이지

•작업순서 : 전체 시스템에 용수를 공급하고 자동화 장치의 기능, 시비 시스템의 기능, 자동필터 장치의 기능을 조사하고 순차적인 관개계획에 따른 제어의 결과 및 지거관의 압력을 검사한다.

3. 노지 또는 멀칭포장의 채소 재배를 위한 점적 관개시스템의 설치

채소 재배를 위한 노지 또는 플라스틱 멀칭포장에 점적 관개시스템을 설치하는 과정 및 요구사항은 원칙적으로 II-2에서 설명한 단계별 절차와 같으며, 다음의 두가지점에 주의할 필요가 있다.

가. 묘상위에 플라스틱 필름을 포설하기 전에 점적호스의 상태를 점검해야 한다.

나. 분기장치는 농작업기계 등에 의한 파손을 방지하기 위하여 땅속에 매설해야 한다.

4. 노지 또는 멀칭포장의 채소 재배를 위한 마이크로-미니 스프링클러 관개시스템의 설치

채소 재배를 위한 노지 또는 플라스틱 멀칭포장에 대하여 마이크로-미니 스프링클러 관개시스템을 설치하는 과정 및 요구사항은 원칙적으로 II-2에서 설명한 단계별 절차와 거의 같으며, 차이점은 다음과 같다.

가. 우선 이미터가 부착되지 않은 지거관을 포설하며, 지거관의 포설은 기계 또는 인력에 의한다. 이미터는 지거관이 포설된 후에 연결하고, 이미터의 간격을 균등하게 한다.

나. 지거관은 이미터를 설치하기 전·후에 씻어 주어야 한다.

다. 멀칭포장에서는 기온이 낮을 때 관의 수축 현상을 안정시켜 주기 위하여 전체 관 길이의 1% 정도 여유를 두어야 한다.

5. 육묘상, 시설하우스내의 점적 관개시스템 설치

육묘상과 시설하우스내의 점적 관개시스템을 설치하는 과정 및 요구사항은 II-2에서 설명한 단계별 절차와 같으며, 차이점은 다음과 같다.

가. 지거관은 원칙적으로 인력으로 설치한다.

나. 기온이 낮을 때의 호스 수축 현상을 안정시켜주기 위하여 전체 호스길이의 1% 정도 여유를 두며, 호스의 한쪽 끝부분을 말뚝에 고무밴드로 고정시켜 호스를 당겨준다.

다. 이미터는 육묘상, 화분, 작물의 배치에 따라 설치하거나 또는 여러개의 유출공을 갖는 이미터를 이용할 수 있다.

6. 육묘상, 시설하우스내의 스프레이어 관개 시스템 설치

육묘상과 시설하우스내에 스프레이어 관개시스

템을 설치하는 과정 및 요구사항은 원칙적으로 II-2에서 설명한 단계별 절차와 같으며, 차이점은 다음과 같다.

가. 일반적으로 지거관은 인력으로 배치하고, 스프레이어는 여러가지 직립형 또는 휘어질 수 있는 라이저에 연결한다.

나. 기온이 낮을 때 지거관의 수축 현상을 안정시켜주기 위하여 전체 관 길이의 1% 정도 여유를 둔다. 호스 한쪽 끝부분을 말뚝에 고무밴드로 고정시켜 당겨준다.

다. 육묘상, 화분, 작물의 배치에 따라 이미터를 설치하거나 또는 여러개의 유출공을 가진 이미터를 이용할 수 있다.

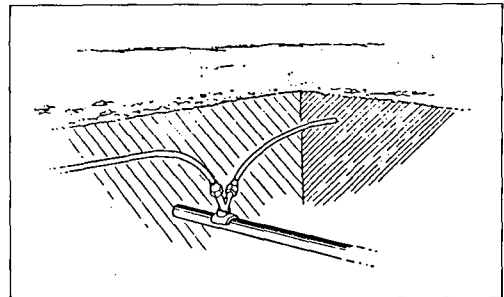
7. 과수원에서의 점적 관개시스템 설치

과수원에서 점적 관개시스템을 설치하는 과정 및 요구사항은 원칙적으로 II-2에서 설명한 단계별 절차와 같으며, 차이점은 다음과 같다.

가. 과수원에서의 점적 관개 시스템은 고정식 또는 반고정식의 두가지 분기관이 이용된다.

나. 지거관은 인력으로 설치한다.

다. 과수원의 관개시스템은 과수의 성장 단계에 따라 설치해야 하며, 첫 단계는 과수 한그루당 직경 12mm~20mm인 폴리에틸렌 튜브의 양끝에 이미터를 설치한다. 과수 한그루에 해당되는 한쌍의 이미터 간격이 일정해야 함에 주의해야 하며, 과수의



<Fig. 7> Manifold-lateral connection detail for drip irrigation systems in orchards

성장에 따라 이미터를 추가 배치한다.

라. 급수관과 지거관의 연결부분은 주의해서 설치해야 하며, 연결부분을 지중에 묻는 경우는 <Fig. 7>에서 보여주는 바와 같으며, 연결이 적절하지 못하면 지거관의 손상을 초래하게 된다.

8. 공원 및 주거 지역의 정원관개를 위한 시스템의 설치

일반적으로 관개 용수의 수원은 해당지역의 지역/가정 용수공급 시스템을 이용할 수 있으므로 양수장치와 복잡한 여과장치가 필요하지 않다.

정원 관개시스템에 시비관개를 도입하려면 지역의 기준, 규칙 등을 준수해야 한다. 특히 주의할 사항은 지역/가정 용수공급 시스템에 비료성분이 포함된 관개용수가 역류되지 않도록 해야 한다.

참고문헌

1. Dasberg S., Bresler E., 1985. Drip Irrigation manual, International Irrigation Information Center, Israel.
2. Elimelech Sapir, Eliezer Yagev, 1995. Drip Irrigation, CINADCÓ, Israel.
3. Larry G. James, 1988. Principles of Farm Irrigation System Design, John Wiley & Sons, New York.
4. Plastro gvat, 1989. Low-volume Irrigation Systems, Plasto Israel.

약 력

여 운 식



1987. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1989. 건국대학교 대학원 농학석사
 1990. (재)한국농지개발연구소 연구원
 1995. 건국대학교 대학원 농학박사
 1995. 이스라엘 농업성 Volcani Institute
 국제 관개과정 연수
 현재 농어촌진흥공사 농어촌연구원 연구원
 KCID 환경/기계화관개분과위원