

# 지능형 관개조직

## Intelligent Irrigation Systems

이 남 호\*  
Lee, Nam-ho

### 1. 서론

지능형 관개는 폐쇄형 제어시스템을 사용하는 물관리의 과정을 의미하며, 관개량은 실시간의 토양수분 함량에 의해 자동적으로 결정되고 관개 또한 자동적으로 실시된다.

지능형 관개는 외부 기상조건의 변화에도 불구하고 토양수분, 영양분, 통기조건 등의 균형을 이루어 작물의 최적 생육상태를 유지하는 것이다.

또한 지능형 관개는 관개조직의 설계에 중요한 영향을 미친다. 전통적인 관개조직의 설계는 두 개의 계산과정을 거치는데, 우선 소비수량과 관개손실 등을 고려하여 포장에 공급되어야 하는 물의 양을 계산하고, 다음에는 최대 용수시기에 물을 보내기 위한 수리계산을 필요로 한다. 반면에 지능형 관개는 이와는 아주 다른 설계철학을 갖고 있다. 물은 식물의 필요에 따라서 계속적으로 순발력있게 다른 지역으로 공급을 전환할 수 있어 전체적으로 많은 물이 절약될 수 있다.

따라서 본고에서는 지능형 관개조직의 특성, 기능 및 적용상의 고려점 등에 대해 소개하고자 한다.

### 2. 지능형 관개의 특성

#### 가. 개방형 제어시스템과 폐쇄형 제어시스템

제어분야에서 개방형 제어시스템은 수요량 예측에 근거를 둔 제어방법이고, 폐쇄형 제어시스템은 실시간 측정과 보완을 그 근간으로 하고 있다.

관개를 위한 필요수량의 결정은 종종 미리 결정된 관개계획(며칠 마다 일정량의 물을 공급)에 의해 이루어지는데 이것이 개방형 시스템이다. 개방형 시스템은 물을 필요 이상으로 많이 공급하거나 또는 적게 공급하게 된다. 타이머에 의해 작동되는 시스템과 같이 고정된 관개계획을 사용하는 것은 비효율적이다. 왜냐하면 필요수량이라는 것은 매우 변화가 심하기 때문이다.

폐쇄형 제어관개는 토양수분 함량의 측정과 조절을 포함하고 있으므로 폐쇄형이 개방형에 비해 효율적이다. 왜냐하면 실제 토양수분 함량과 필요 토양수분 수준(범위) 사이에 차이가 발생하면 이 오차를 수정하기 때문이다. 그러나 폐쇄형에서는 항상 결과와 수정 사이에 시간

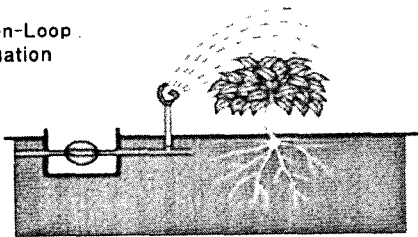
\* 안성산업대학교 농학부

지체가 발생하게 되는데 이것을 반응시간(Response time)이라 하며, 이는 제어 시스템의 설계에 중요한 인자가 된다. 지능형 관개는 관개시스템의 역학적 특성을 잘 이해해서 가능하면 적정 토양수분이 유지하는 것을 의미한다.

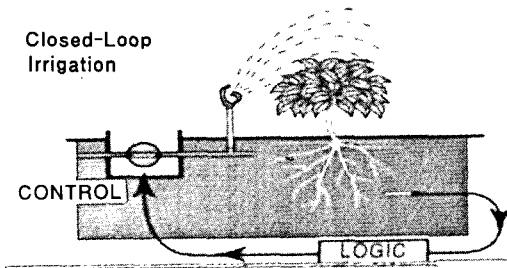
**나. 지능형 관개가 필요한 이유**

지능형 관개는 최적의 토양수분을 유지해서 작물의 생산량을 증대시키는 것이다. 일반적으로 이용할 수 있는 용수는 한정되어 있기 때문에 만약 농민들이 물을 효율적으로 사용하지 않고 낭비한다면 본인이 물이 필요할 때 물이 부족하게 되고, 결과적으로는 작물 재배면적의 감소를 초래하게 되며, 따라서 환경에 악영향을 미칠 수도 있을 것이다.

Open-Loop Irrigation



Closed-Loop Irrigation



<그림 - 1> 개방형 관개와 폐쇄형 관개의 모식도

**다. 지능형 관개와 식물성장**

지능형 관개는 단순히 토양에 물을 공급하는 것이 아니라 작물에게 최적 생육상태를 제공하

기 위해 근역에서의 토양수분, 영양분, 공기의 적절한 균형을 유지하는 것이다.

식물은 자연적으로 영양분과 공기가 있는 지표면 근처에서 물과 영양분을 구하게 된다. 식물의 뿌리는 산소를 흡수하고 탄산가스를 방출하는 관계로 대기에 접근해야 되므로 식물의 영양분을 흡수하는 뿌리는 자연적으로 지표면 근처에서 발달하게 된다. 그러나 실제로 식물의 뿌리는 물이 있는 곳을 찾기 때문에 지표면 근처에 물이 없는 경우에는 근역이 식물의 생육에 가장 적합한 깊이에 형성되지 못한다. 따라서 적절한 관개계획을 통해서 지표면 근처에 근역을 형성하는 것이 중요하다.

모든 작물에게는 최적 수분함량이 있는데 이것은 전체 생육기간동안 변화를 하게 된다. 예를 들면, 포도는 개화기 등에는 많은 수분을 필요로 하지만 생육말기에는 과실의 당도와 품질을 높이기 위해서 수분이 적은 것이 좋다. 따라서 특정작물에 가장 적합한 수분함량과 생육기간 동안의 최적 수분함량의 변화에 대한 지식이 필요하다.

**라. 토양수분 함량의 측정**

토양수분 함량의 측정은 관개의 성패를 좌우할 수 있는데, 이를 위한 여러 가지 방법이 있지만 정확히 무엇을 측정하는지를 아는 것이 중요하다.

모든 측정시스템은 영향권역과 반응시간을 갖고 있다. 작물은 지속적으로 토양으로부터 물을 흡수하게 되고 이에 따라 수분함량이 변화하게 된다. 따라서 토양수분은 하나의 값만을 갖는 것이 아니라 시간에 따라 변화한다.

중성자와 정격용량식의 장치는 영향권역이 크기 때문에 광역에 대한 평균 토양수분을 나타낸다. 텐시도미터와 석고블록 등과 같은 장치는 영향권역이 작아서 토양수분의 국부적인 값

을 나타낼 뿐만 아니라 평형상태에 도달하는데 시간이 오래 소요되므로 식물의 근역에서 신속하게 변화하는 토양수분의 변화를 표시하기 어렵다.

#### 마. 관개계획의 결정

일단 관개의 필요성이 감지되면 다음 단계는 급수계획을 결정하는 일이다. 이상적인 관개 시스템은 식물이 이용하는 토양수분을 정확하게 공급하는 것인데, 이를 위해서는 하루 종일 관개량을 계속적으로 변화시켜야 한다. 그러나 실제로 관개조직은 일정한 유량으로 물을 공급하게 되므로 식물의 물수요를 충족하기 위해서는 관개시간을 조절해야 한다.

##### 1) 관개조직에 따른 반응시간

모든 관개조직은 최소와 최대의 관개시간을 가지고 있다. 최소 관개시간은 관개면적 전역에 걸쳐 물이 공급되기 시작하는데 걸리는 시간을 말하며, 최대 관개시간은 근역의 하부 경계까지 물이 공급되는데 필요한 시간을 말한다. 식물의 근역을 지나는 물(중력수)은 식물에 의해 사용되지 못하므로 주의해야 한다.

따라서 반응시간을 설명하기 위해서 스프링클러의 예를 살펴보기로 한다. 우선 급수를 시작해서 물이 근역에 도달하는데까지 지체시간이 발생하게 되는데 이는 스프링클러가 작동하기 전에 우선 관에 물이 채워져야 하기 때문에 지체시간은 관의 크기와 펌프의 용량에 의해 결정된다.

스프링클러가 작동되면 우선적으로 토양의 상부층이 습윤해지는데 이때 작동을 중단하면 공급된 물은 주로 증발되고 관개에는 도움이 되지 않는다. 이때 스프링클러가 계속 작동되면 물은 땅으로 침투하게 되며, 작동시간이 길어질수록 물은 더 깊이 내려가게 된다. 여기서 작동

을 중단하더라도 토양이 포장용수량에 도달할 때까지 토양은 물을 계속 흡수하게 된다.

##### 2) 관개시간의 계산

시스템의 지체시간 때문에 관개시간을 조절하기가 어렵다. 보다 실질적인 방법은 실시간 토양수분과 조직의 반응시간을 고려해서 컴퓨터로 관개시간을 계산하는 것이다. 현재까지는 토양수분이 미리 정해진 수준까지 도달되는데 소요되는 시간을 예측하도록 되어 있다. 그러나 이 방법은 완전한 것은 아니다. 초기에는 미리 프로그램에 의해 예측된 반응시간을 고려해서 관개시간을 결정하여 운영하면서 모니터링에 의해 실시간에 얻어지는 자료를 이용해서 실제 반응시간을 계산해서 차기 관개에 적용한다. 이와 같이 계속적으로 모니터링하고 시스템의 거동을 재 계산하여 성능을 개선해 나가는 것을 적응형 조절(Adaptive control)이라 한다.

### 3. 지능형 관개의 기능

지능형 관개조직은 토양수분 센서, 1개 이상의 컨트롤러 및 저렴한 컴퓨터로 구성 된다. 재배지역은 블록으로 나뉘고 각 블록에는 토양수분센서가 설치되어 있으며, 각 블록에서의 관개조직, 작물, 토양의 종류, 지형적 특성 등은 일정하다. 1개의 컨트롤러가 7~8개의 블록을 관리하며 블록 내에 있는 모든 센서와 전자석 밸브(Solenoid Valve)와 직접 연결되어 있으며, 모든 컨트롤러는 중앙컴퓨터에 연결되어 있다.

작동을 위해서 각 블록에 대한 최저 및 최고 관개시간을 컴퓨터에 입력한다. 그 후에 각 블록에 필요한 토양수분 값을 입력하는데 이것은 작물의 생육기간에 따라 변한다. 각 블록의 토양수분 상태를 컴퓨터가 매 1시간 마다 자동적으로 불러 들인다. 컨트롤러는 반응시간, 현재

의 토양수분 상태, 필요한 토양수분 값 등을 고려하여 각 블록별로 필요한 관개시간을 계산한다. 그 후에 중앙컴퓨터는 각 블록에 대한 관개 우선순위를 정한다. 그러나 때때로 물이 부족하거나 펌프의 용량이 부족한 경우에는 모든 블록에 필요한 양의 물을 공급할 수가 없다. 이런 경우에는 컴퓨터가 토양수분 함량이 가장 낮은 블록부터 관개의 우선순위를 부여한다. 이에 따라 컴퓨터는 전자석밸브와 펌프를 작동하도록 콘트롤러에게 명령을 보낸다.

마지막으로 컴퓨터는 다음 관개에 얼마나 많은 물을 공급하는지를 결정하고, 관개의 결과를 평가하고, 다음 관개시기의 결정 등을 한다.

#### 4. 지능형 관개의 적용

지능형 관개의 개념은 어떤 형태의 관개에도 적용할 수 있으며, 현재 사용되고 있는 관개방식에는 담수관개, 점적관개, 살수관개 및 지하관개 등이 주종을 이루고 있다. 지능형 관개방법은 각 관개방식의 장점을 살리고 단점을 보완하는 방향으로 잘 활용되고 있다. 즉 지능형 관개는 각 관개방식의 특성에 따른 반응시간을 실시간에 모니터링하고 이를 근거로 보정하는 기법을 사용하는 관계로 현지에서의 변화에 유연하게 대처할 수 있다.

#### 5. 결론

지능형 관개는 원예산업에서 가장 많이 채택하고 있는 방법으로 생산성, 작물의 품질 및 토지이용율을 증가시킨다. 따라서 우리의 경우도 시설원예와 발작물 재배를 위한 관개의 필요성이 높아지고 있기 때문에 이와 같은 기술의 적용이 요구되고 있다.

또한 비효율적인 관개에 의한 환경에 대한 영향이 심각할 수 있기 때문에 효율적인 관개

의 중요성은 더욱 크다 할 것이다. 따라서 지능형 관개를 택하면, 관개용수를 절약하고 토양의 염도, 영양물질의 유출과 녹조류들의 발생을 줄일 수 있을 것이다.

그동안 우리나라에서도 발관개 자동화에 대한 기술이 연구 개발되고 있으나 실용화 되지 못하고 있는 실정으로 앞으로 이에 대한 관심을 더욱 기울여야 할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. Colin Austin & Darryl Whitford, 1996. Intelligent Irrigation, Cohort International Pty Ltd.
2. Cohort Environmental Engineering, 1996. Real-time Irrigation Control, Cohort International Pty Ltd.