

# 농업용 스프링클러를 이용한 작물재배 환경의 최적화

TEAM ★ AUTO LEVELS

2002008903

이재훈

2002006769

박정환

2002007245

김승현

# • MOTIVE •

지난 1학기 유체역학에서 공부한 내용을 실생활에 적용해 보고 싶어짐.

초기에는 화재 진화용 스프링클러에 대한 연구로 시작.

토의를 하면서 차츰 농작물용 스프링클러에 대한 연구가 좀더 경제적인 문제로 접근할 수 있다고 생각, 농작물용 스프링클러로 그 주제를 변경.



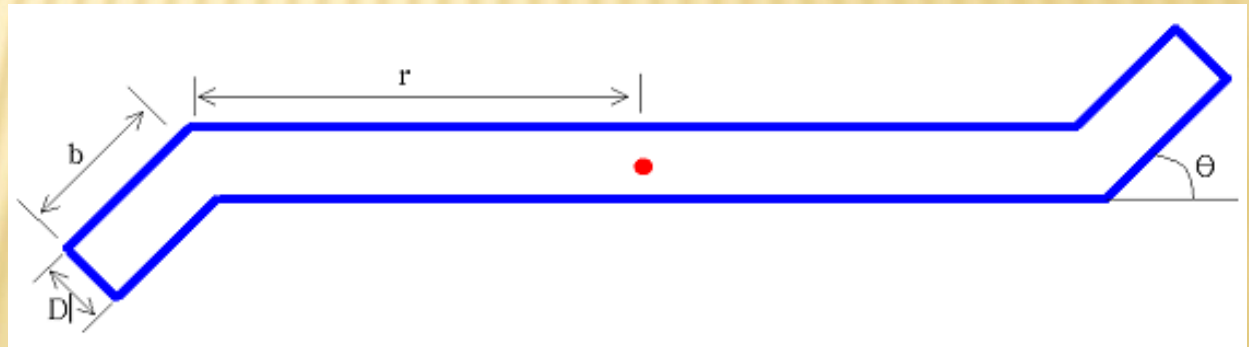
# STEP 1. PROBLEM STATEMENT

- ✖ 배추를 재배하는 비닐하우스가 있다. 이를 재배하는 데는 지속적인 물 공급이 필요하다.
- ✖ 정해진 면적의 비닐하우스에 스프링클러 날개 끝 출구에서의 속도( $V$ ), 출구의 지름( $D$ )에 따라 유량(수도요금)을 최소화 하면서, 배추가 자생하는데 필요한 최적의 물의 양을 공급하여야 한다.



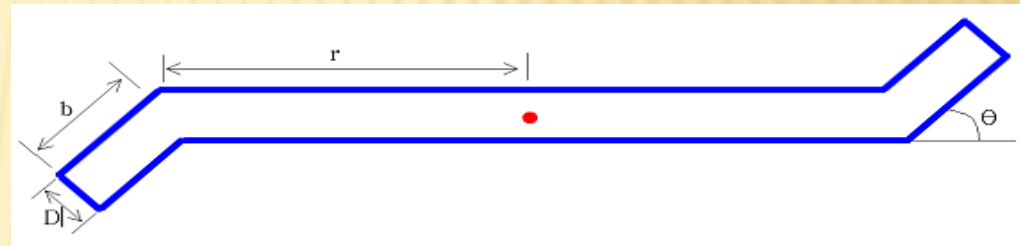
# • ASSUMPTIONS •

- × 하루에 3시간 작동.
- × 물은 스프링 클러에서 모든 방향으로 일정하게 분사.
- × 스프링클러는 물의 분출속도에 의한 자체 동력회전.
- × 모든 스프링 클러는 하향식이고 동일.
- × 관로 손실과 외부 인가력은 없음.(정상상태)
- × 모든 부분에서 압력 구배가 동일.
- × 전단력이 무시 가능.
- ×  $b \approx 0$
- ×  $r/V \ll 1$
- ×  $b \ll r$



# STEP 2. DATA INFORMATION COLLECTING

- ✖ 물의 점성계수 ( $\mu$ ) = 1.005 kg/ms ( $20^{\circ}\text{C}$ )
- ✖ 원주율 ( $\pi$ ) = 3.14159
- ✖ 물의 밀도 ( $\rho$ ) = 998.2 kg/m<sup>3</sup> ( $20^{\circ}\text{C}$ )
- ✖ 중력 ( $g$ ) = 9.806 m/s<sup>2</sup>



## ✖ Parameter

스프링클러 스탠드의 높이 ( $h$ ) = 1.5m

스프링클러의 끝부분의 꺾임각 ( $\theta$ ) =  $45^{\circ}$

스프링클러의 중심에서 출구까지의 거리 ( $r$ ) = 0.01 m

배추의 단위면적(m<sup>2</sup>)및 초당(s) 필요한 최소 수분(N)

$$= 0.0000185 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s} = 1.85 \text{ E-5 m}^3/\text{m}^2\text{s}$$

# • BASIS OF USING THE VALUE N •



자연과 함께하는  
무주농업기술센터

[Home](#) [Login](#) [My Room](#) [Sitemap](#) [Contact Us](#)

[센터소개](#) [영농기술정보](#) [친환경농업](#) [직거래장터](#) [무주농업통계](#) [정보광장](#)

[주요작물재배기술](#) [영농관련참고자료](#) [가격정보](#)

과학 영농의 산실 **무주군 농업기술센터**



INFORMATION  
영농기술정보

주요작물재배기술

- 벼
- 사과
- 배
- 복숭아
- 포도
- 무
- 배추
- 양파
- 고추
- 머루
- 오미자

Home > 영농기술정보 > 주요작물재배기술 > 배추 > 재배기술

주요품종 재배기술 생리장해 토양과 시비 병해충관리

| 제목            | 재배 기초 기술 |
|---------------|----------|
| <u>6. 물관리</u> | 479      |

배추는 성분의 90~95%가 수분으로 구성된 다량의 수분을 요구하는 작물로 특히 결구가 시작되는 때는 일생 중 가장 많은 수분을 필요로 하며, 10a당 200㎏이상의 물을 흡수하므로 밭이 건조하지 않게 관수에 유의한다. 토양이 건조하면 석회결핍증 등 생리장해의 발생이 심해지고 구가 작아지며, 너무 습하면 연부병 및 뿌리 마름병의 발생이 심해지고 배추의 중량이 두꺼워져 상품성이 저하된다. 특히 수확기때 과습하면 밀등색증 발생이 심해진다. 또한 품종에 따라 수분요구도가 다르므로 품종의 특성을 잘 파악하고 재배한다.

10a = 1000m<sup>2</sup>



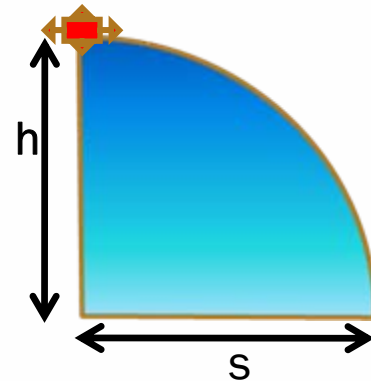
# STEP 2. DATA INFORMATION COLLECTING

물의 분사거리

$$s = V\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

단위면적당 필요한 수분

$$\frac{Q}{\pi s^2} = \frac{AV}{\pi s^2} = \frac{(\frac{\pi D^2}{4})V}{\pi(V^2\frac{2h}{g})} = \frac{D^2 g}{8Vh}$$



층류라 가정

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$$

각속도

$$\omega = \frac{V \sin \theta}{r}$$

# STEP 3. DESIGN VARIABLES

---

## ✖ Design Variables

스프링클러 출구의 지름 :  $D$  (m)

스프링클러 날개 끝 출구에서의 속도 :  $V$  (m/s)



## STEP 4. COST FUNCTION

$$\underline{\text{Minimize}_{v,a} Q = VA}$$

Subject to

$$g_1 = s_1 - V\sqrt{\frac{2h}{g}} \leq 0$$

$$g_2 = V\sqrt{\frac{2h}{g}} - s_2 \leq 0$$

$$g_3 = V - \frac{D^2 g}{8hN} \leq 0$$

$$g_4 = \frac{\rho VD}{\mu} - 2000 \leq 0$$

$$g_5 = -A \leq 0$$

$$g_6 = w_1 - \frac{V \sin \theta}{r} \leq 0$$

$$g_7 = \frac{V \sin \theta}{r} - w_2 \leq 0$$

# STEP 5. CONSTRAINTS

$$s_1 \leq s \leq s_2 \quad \Rightarrow \quad s_1 \leq V \sqrt{\frac{2h}{g}} \leq s_2 \quad \Rightarrow \quad s_1 \sqrt{\frac{g}{2h}} \leq V \leq s_2 \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

$$\frac{Q}{\pi s^2} \geq N \quad \Rightarrow \quad \frac{D^2 g}{8 V h} \geq N \quad \Rightarrow \quad V \leq \frac{D^2 g}{8 h N}$$

$$\frac{\rho V D}{\mu} \leq 2000 \quad \Rightarrow \quad V \leq \frac{2000 \mu}{\rho D}$$

$$A \geq 0$$

$$\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2 \quad \Rightarrow \quad \omega_1 \leq \frac{V \sin \theta}{r} \leq \omega_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{r \omega_1}{\sin \theta} \leq V \leq \frac{r \omega_2}{\sin \theta}$$

# • RESULTS USING EXCEL •

그래프(데이터수정)

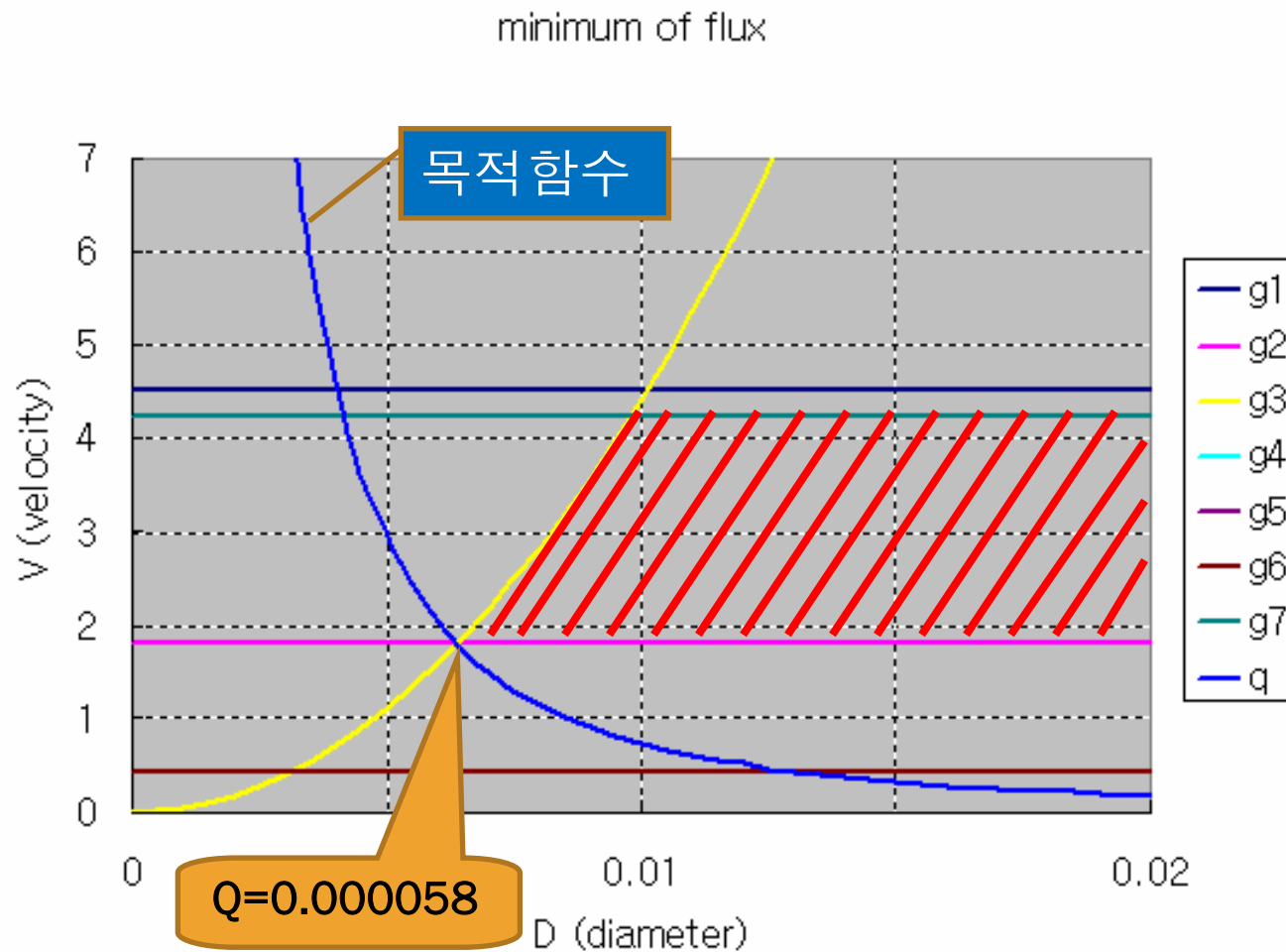
|    | A                    | B          | C             | D           | E            | F    | G          | H         | I          |
|----|----------------------|------------|---------------|-------------|--------------|------|------------|-----------|------------|
| 1  | $g(m/s^2)$           | 9.80663    | $s_1(m)$      | 1           | $w_1(rad/s)$ | 30   |            |           |            |
| 2  | $\kappa$             | 3.14159    | $s_2(m)$      | 2.5         | $w_2(rad/s)$ | 300  |            |           |            |
| 3  | $h(m)$               | 1.5        | $N(m^3/m^2s)$ | 0.0000185   | $r(m)$       | 0.01 |            |           |            |
| 4  | $\mu(20^\circ C 물)$  | 1.005      | $Q(m^3/m^2s)$ | 0.000058    |              |      |            |           |            |
| 5  | $\rho(20^\circ C 물)$ | 998.2      |               |             |              |      |            |           |            |
| 6  | $\theta(rad)$        | 0.7853975  |               |             |              |      |            |           |            |
| 7  |                      |            |               |             |              |      |            |           |            |
| 8  |                      |            |               |             |              |      |            |           |            |
| 9  | D                    | g1         | g2            | g3          | g4           | g5   | g6         | g7        | g          |
| 10 | 0                    | 4.52000876 | 1.8080035     | 0           | 1.00E+60     |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 1.00E+60   |
| 11 | 0.001                | 4.52000876 | 1.8080035     | 0.044174009 | 2013.624524  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 73.847956  |
| 12 | 0.002                | 4.52000876 | 1.8080035     | 0.176696036 | 1006.812262  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 18.461969  |
| 13 | 0.003                | 4.52000876 | 1.8080035     | 0.397566081 | 671.2081747  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 8.20532644 |
| 14 | 0.004                | 4.52000876 | 1.8080035     | 0.706784144 | 503.406131   |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 4.61549725 |
| 15 | 0.005                | 4.52000876 | 1.8080035     | 1.104350225 | 402.7249048  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 2.95391824 |
| 16 | 0.006                | 4.52000876 | 1.8080035     | 1.590264324 | 335.6040874  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 2.05133211 |
| 17 | 0.007                | 4.52000876 | 1.8080035     | 2.164526441 | 287.6606463  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 1.50710114 |
| 18 | 0.008                | 4.52000876 | 1.8080035     | 2.827136577 | 251.7030655  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 1.15387431 |
| 19 | 0.009                | 4.52000876 | 1.8080035     | 3.57809473  | 223.7360582  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.91170316 |
| 20 | 0.01                 | 4.52000876 | 1.8080035     | 4.417400901 | 201.3624524  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.73847956 |
| 21 | 0.011                | 4.52000876 | 1.8080035     | 5.34505509  | 183.0567749  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.61031369 |
| 22 | 0.012                | 4.52000876 | 1.8080035     | 6.361057297 | 167.8020437  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.51283303 |
| 23 | 0.013                | 4.52000876 | 1.8080035     | 7.465407523 | 154.8941942  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.43697015 |
| 24 | 0.014                | 4.52000876 | 1.8080035     | 8.658105766 | 143.8303232  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.37677529 |
| 25 | 0.015                | 4.52000876 | 1.8080035     | 9.939152027 | 134.2416349  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.32821314 |
| 26 | 0.016                | 4.52000876 | 1.8080035     | 11.30854631 | 125.8515328  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.28846858 |
| 27 | 0.017                | 4.52000876 | 1.8080035     | 12.7662886  | 118.4485014  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.25552926 |
| 28 | 0.018                | 4.52000876 | 1.8080035     | 14.31237892 | 111.8680291  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.22792579 |
| 29 | 0.019                | 4.52000876 | 1.8080035     | 15.94681725 | 105.9802381  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.20456497 |
| 30 | 0.02                 | 4.52000876 | 1.8080035     | 17.6696036  | 100.6812262  |      | 0.42426435 | 4.2426435 | 0.18461989 |
| 31 |                      |            |               |             |              |      |            |           |            |
| 32 |                      |            |               |             |              |      |            |           |            |

배추를 재배하는데 하루에 단위면적( $m^2$ )당 필요한 물의 양이 최소한  $0.2m^3$ 만큼 필요한데, 이것을 하루에 3번으로 나눠 한시간씩 세번 스프링클러를 가동한다고 할 때 변환한 값.

Sheet1 / Sheet2 / Sheet3 /



# • GRAPHICAL METHOD •



$$g_1 = s_1 - V \sqrt{\frac{2h}{g}} \leq 0$$

$$g_2 = V \sqrt{\frac{2h}{g}} - s_2 \leq 0$$

$$g_3 = V - \frac{D^2 g}{8hN} \leq 0$$

$$g_4 = \frac{\rho V D}{\mu} - 2000 \leq 0$$

$$g_5 = -A \leq 0$$

$$g_6 = w_1 - \frac{V \sin \theta}{r} \leq 0$$

$$g_7 = \frac{V \sin \theta}{r} - w_2 \leq 0$$

# • UPs AND DOWNs •

- ✕ 계산 결과가 현실적으로 가능한 수치들이 나왔다.
  - ✕ 실제 재배 환경과 유사한 데이터 값으로 최적화를 시도하였다.
- 
- ✕ 영향을 받는 인자가 너무 많아서 대부분 가정된 수치를 사용하였지만, **Parameter** 로 취급함으로써 후의 다변수 함수에 까지 적용 할 수 있다.
  - ✕ 현재까진 스프링클러 한 개의 해당 면적만 계산된 결과 이므로, 향후 비닐 하우스 면적에 따른 스프링클러의 최적배치 문제를 과제로 남겨 두었다.