

우리나라 북부권역 시설재배 고추의 물절약형 관개 기준 설정 연구

엄기철 · 박소현^{1*}

환경수맥(주) 부설 토양연구소, ¹세종데이터해석연구원

Water Saving Irrigation Manual of House Red Pepper for the Northern Region of Korea

Ki-Cheol Eom, So-Hyun Park¹

¹Soil Institute, Suwon 906-5, Korea

¹Sejong Institute of Data Analysis(SEIDA), Suwon 443-766, Korea

Very important factor for crop cultivation are water, nutrient and temperature. However, the essential factor for crop cultivation is water management. Water management is the most important and difficult problems in crop cultivation. The water saving irrigation manual can be used with easy to the farmer and who want automatic irrigation without soil sampling and any kinds of sensors measuring soil water status. The water requirement of red pepper cultivated in plastic film house is different according to soil texture, area as well as climate condition and growth stage. And, the measurement of potential evapo-transpiration (PET) and crop coefficient (Kc) to decide optimum irrigation schedule is very difficult. **Results** : The average PET during 30 years of northern region of Korea for the red pepper cultivation was a 2.31 mm day⁻¹. The water saving irrigation manual as water saving is possible, those irrigation interval and amount of irrigation according to growing season and soil texture, are developed using the lysimeter experiments carried out by the RDA for 11 years about potential evapo-transpiration, Kc for the northern region of Korea.

Key words: Water management, Northern Region, Amount of irrigation, Irrigation interval, Water Saving.

서 언

우리나라는 국토의 70%가 산지로 이루어져 있으며, 특히 강수량의 대부분이 여름에 집중되어 작물이 강우시 실제 이용 가능한 양은 많지 않다. 특히 노지재배 고추의 경우 비닐 피복 등의 설치로 인하여 자연강우에 의한 관개는 적은편이기 때문에 고추 생육에 필요한 물의 대부분을 관개에 의존하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 농촌진흥청에서는 지역, 작물, 생육단계별 및 토양종류별로 물관리를 할 수 있는 발작물 물관리지침서 (Eom et al., 1999)를 전파하고 있으나, 이것은 최대 수량(收量) 확보를 위해 최대 관개를 기준으로 하고 있어 물 사용 경합 등으로 인해 물이 부족해지는 상황에는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 30년간의 기상자료 분석과 9년간의 고추 생육시기별 물 요구량 선정시험결과와 7년간의 포장시험을 통한 토양수분계수 시험결과 등을 근거로 하여 기상조건이 다른 지역을 고려하여

우리나라 북부 8개 지역을 대상으로 하여 우리나라에 가장 많이 분포하고 있는 3개 토성에 대하여 고추의 4단계 생육시기별 물절약형 적정관개 간격과 관개량을 산정하였다. 본 연구결과는 고추 자동관개 시스템의 관개기준으로 활용될 수 있으며, 별도의 관개시스템이나 측정 장비가 없는 농민도 본 관개기준을 그대로 활용하여 용이하게 물 관리를 할 수 있도록 하였다.

재료 및 방법

이론 본 연구에서 물절약형 관개 기준 설정 방법은 Eom et al. (2010)과 Jung et al. (2010)이 개발한 모형식에 따라 설정하였으며, 그 자세한 과정은 다음과 같다.

시설재배 조건에서 대기의 증발요구량은 잠재증발산량(PET : Potential Evapo-Transpiration)을 기준치로 삼았으며, 이의 산정은 노지 조건의 농촌진흥청 Lysimeter에서 11년간 실측한 PET값과 노지 조건과 시설재배 조건에서의 상대적 PET 비율을 측정된 결과를 인용하였다. 또한, 시설재배 고추의 생육시기별 작물계수(Kc: Crop coefficient) 역

접수 : 2012. 2. 9 수리 : 2012. 4. 2

*연락처 : Phone: 01040229137

E-mail: dkdk419@hanmail.net

시 노지 조건의 농촌진흥청 Lysimeter에서 9년간 실측한 고추 생육시기별 작물계수값과, 노지 조건과 시설재배 조건에서의 상대적 Kc 비율을 측정된 결과를 인용하였다. 노지 조건에서의 PET값은 대형 Pan증발량 (Eo)을 근거로 한 추정 모형 (Lim, 1988)인 식 (1)에 근거하여 산출하였다.

$$PET = 0.712 + 0.705 E_o \tag{1}$$

이때 시설재배 조건에서의 상대적 PET비율은 Table 1과 같이 적용하였다.

시설재배 조건의 고추 생육시기별 작물계수 (Kc)는 노지의 작물계수 (K)값과 노지에 대한 시설조건의 상대비율 (r)값을 곱하여 Table 3과 같이 산출하였다. 이때, Kc는 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$K_c = (MET/PET) \tag{2}$$

이때, MET는 고추의 생육시기별 해당 기상조건에 따른 최대증발산량 (Maximum ET)이다.

토성별 시설재배 고추의 근권내 유효수분보유량 (AWS: Available Water Storage)은 토성별로 측정된 포장용수량 (FC: Field Capacity)과 위조계수 (WP: Wilting Point)값을 이용하여 식 (3)과 같이 구하였다.

$$AWS = FC - WP \tag{3}$$

토양수분 조건에 따른 작물의 증발산량은 유효수분보유량 (AWS)의 함수로서, Fig. 1과 같은 이론에 근거를 두고, 2개의 임계점 (Soil Water Depletion Fraction)인 P1과 P2의 차이 값인 P 값은 Fig. 2와 같은 MET에 대한 함수식을 구

하여 산정하였다.

이때, 1회 관개량 (AI: Amount of Irrigation)은 식 (4)와 같이 산정하였다.

$$AI = p \cdot AWS = \int_{t_1}^{t_2} (AET) dt \tag{4}$$

또한, 적정관개간격 (II: Irrigation Interval)은 식 (5)와 같이 산정하였다.

$$II = \frac{AI}{\int_{t_1}^{t_2} (AET) dt / (t_2 - t_1)} \tag{5}$$

재료 및 방법 본 연구에서 PET는 우리나라 북부 8개 지역을 선정하여 최근 30년간 지역별 순별 기상자료 (기상청, 1979~2008)의 대형 pan 증발량 (Eo)값을 이용하여 식 (1)에 근거하여 산출하였으며, 식 (1)은 농촌진흥청 농업과학기술원 시험포장 내의 라이시메타 (Lysimeter)에서 11년간 ('81-'91) PET 및 MET를 실측한 결과에 따라 PET 추정 모형 계수 및 시설재배 고추의 생육시기별 작물계수를 구하였다. 토성별 AWS는 3개 토성에 대하여 사양토 36점, 미사질양토 8점, 양토 33점, 총 77점의 토양시료를 채취하여 pressure plate 법 (Klute, 1986)으로 FC와 WP를 측정된 토성별 평균치 값을 적용하였다. MET의 함수로 나타나는 P값은 같은 포장에서 고추에 대한 토양수분장력 영향시험 결과 (Eom et al, 1983)에 근거하여 설정하였다.

결과 및 고찰

우리나라의 북부 8개 지역에 대하여 시설재배 고추의 주 재

Table 1. PET ratio of house cultivation to wild cultivation according to seasons.

Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.
----- mm day ⁻¹ -----						
1.20	1.20	1.15	1.15	1.13	1.13	1.08

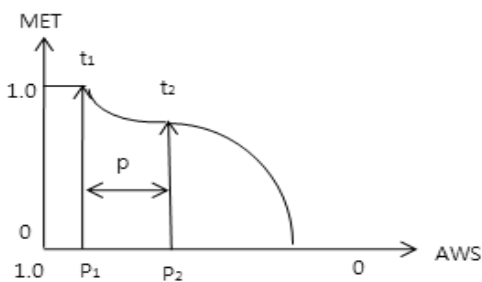


Fig. 1. The relationship between MET and AWS.

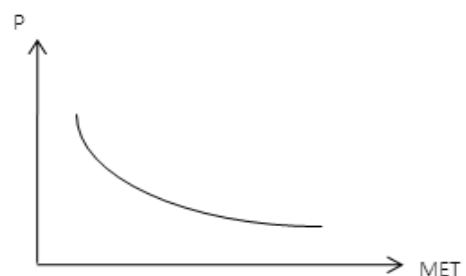


Fig. 2. The relationship between MET and P value.

배시기인 12월~6월까지의 최근 30년간의 기상자료와 식 (1) 및 Table 1에 의하여 산정된 순별 PET값은 Table 2와 같다.

우리나라 북부 8지역의 일 평균 PET는 이전의 2.02 mm day⁻¹로부터 강릉의 2.69 mm day⁻¹ 범위였으며, 8개 지역에 대한 평균은 2.31 mm day⁻¹이었다.

또한, 식 (2)에 의하여 산정한 시설재배 고추의 생육시기별 작물계수는 Table 3과 같으며, 노지재배 고추를 정식한

이후 생육초기에는 0.62를 나타냈고, 생육중기에는 1.12~1.19이었으며, 생육후기에는 0.93을 적용하였다.

또한 식 (3)에 의하여 산정한 토성별 유효토양수분보유량(AWS)은 Table 4와 같다.

고추의 최대증발산량(MET)의 함수로 나타낸 임계점 P값은 Fig. 3과 같다.

시설재배 고추의 재배 형태중 12월 10일 정식을 재배기준

Table 2. PET of growing seasons for red pepper in house.

Season	Area	Seoul	Chuncheon	Wonju	Suwon	Yangpyung	Icheon	Incheon	Gangneung	Average
		mm day ⁻¹								
Dec.	M	1.53	1.43	1.36	1.48	1.12	1.20	1.61	2.18	1.49
	L	1.52	1.42	1.36	1.45	1.09	1.15	1.65	2.19	1.48
Jan.	F	1.48	1.40	1.33	1.44	1.03	1.14	1.77	2.20	1.47
	M	1.46	1.44	1.38	1.45	1.10	1.20	1.87	2.05	1.49
Feb.	L	1.55	1.50	1.51	1.53	1.15	1.22	1.86	2.06	1.55
	F	1.55	1.52	1.47	1.54	1.13	1.22	1.68	2.06	1.52
Mar.	M	1.71	1.66	1.62	1.71	1.32	1.37	1.81	2.15	1.67
	L	1.88	1.76	1.76	1.81	2.27	1.49	2.11	2.14	1.90
Apr.	F	2.07	1.92	2.01	1.97	1.81	1.75	2.04	2.36	1.99
	M	2.36	2.17	2.20	2.22	2.14	1.90	2.25	2.45	2.21
May.	L	2.53	2.36	2.46	2.45	2.40	2.07	2.40	2.68	2.42
	F	2.86	2.75	2.86	2.79	2.94	2.57	2.75	2.99	2.81
Jun.	M	3.18	2.96	3.04	3.02	3.20	2.77	3.01	3.22	3.05
	L	3.26	3.19	3.29	3.20	3.14	2.91	3.19	3.58	3.22
Average	F	3.36	3.30	3.50	3.20	3.41	3.13	3.16	3.50	3.32
	M	3.27	3.18	3.25	3.24	3.28	2.96	3.14	3.52	3.23
Average	L	3.53	3.54	3.69	3.56	3.68	3.33	3.35	3.73	3.55
	F	3.31	3.31	3.35	3.33	3.40	2.96	3.11	3.35	3.27
Average		2.36	2.27	2.30	2.30	2.20	2.02	2.38	2.69	2.31

Table 3. Crop coefficient (Kc) of red pepper cultivated in house according to growth stage.

Growth stage*	G-1	G-2	G-3	G-4
date	Dec. M ~ Jan. M	Jan. L ~ Mar. F	Mar. M ~ Apr. L	May. F ~ Jun. F
K	0.53	0.96	1.06	0.82
r	1.17	1.17	1.12	1.14
Kc	0.62	1.12	1.19	0.93

* Growth Stage : G-1 = Growth Stage-1, G-2 = Growth Stage-2, G-3 = Growth Stage-3, G-4 = Growth Stage-4

Table 4. AWS (Available Water Storage) according to soil texture.

(v/v. %)

	FC*	WP**	AWS***
	v/v, %		
SL	22.3	6.3	16.0
SiL	35.1	10.4	24.7
L	29.4	8.7	20.7

* FC: Field Capacity

** WP: Willting Point

*** AWS: Available Water Storage

으로 삼아 Table 1, 2, 3 및 Fig. 3의 결과를 이용하여 식 (4), 식 (5)에 근거하여 최종적으로 산출한 노지재배 고추의 물절약형 관개간격 및 1회 관개량은 Table 5와 같다.

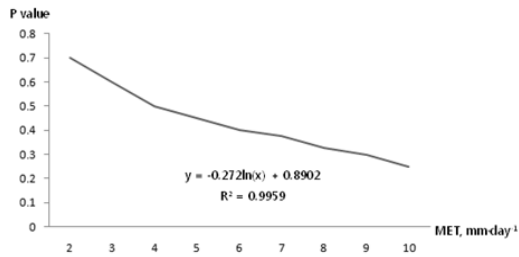


Fig. 3. Soil water depletion fraction (P) as a function of MET

적 요

1. 우리나라 북부 8개 지역을 대상으로 하여 최근 30년간의 기상자료 분석에 의한 12월~6월의 일평균 PET는 2.31 mm day⁻¹ 이었다.
2. 시설재배 고추의 우리나라 북부 8개 지역별, 3개 토성 및 16개 순별, 총 384경우의 재배여건에 적합한 물 절약형 적정 관개간격 및 1회 관개량을 산정하였다.

사 사

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 연구사업 (과제 번호 : IPET109084-3)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Table 5. Water saving irrigation manual of red pepper in house.

Region	Texture	manual	G-1***	G-2	G-3	G-4
Seoul	SL	A · I*	2.4	13.3	21.4	20.5
		I · I**	2.6	8.4	9.9	9.8
	L	A · I	2.0	12.9	21.0	20.1
		I · I	2.2	8.0	9.5	9.4
	SiL	A · I	2.4	13.3	21.4	20.5
		I · I	2.6	8.4	9.9	9.8
Chuncheon	SL	A · I	1.6	12.6	20.5	20.3
		I · I	1.8	8.2	9.8	9.7
	L	A · I	1.2	12.3	20.2	19.9
		I · I	1.5	7.8	9.4	9.4
	SiL	A · I	1.6	12.7	20.5	20.3
		I · I	1.9	8.2	9.8	9.8
Wonju	SL	A · I	0.9	12.6	21.0	20.8
		I · I	1.2	8.2	9.8	9.8
	L	A · I	0.5	12.2	20.6	20.4
		I · I	0.8	7.8	9.4	9.4
	SiL	A · I	0.9	12.6	21.0	20.8
		I · I	1.2	8.2	9.8	9.8
Suwon	SL	A · I	2.0	13.0	20.8	20.3
		I · I	2.2	8.3	9.8	9.7
	L	A · I	1.6	12.6	20.4	19.9
		I · I	1.8	7.9	9.4	9.4
	SiL	A · I	2.0	13.0	20.8	20.3
		I · I	2.2	8.3	9.8	9.8
Yangpyung	SL	A · I	0.1	11.1	21.0	20.7
		I · I	0.2	7.7	9.8	9.8
	L	A · I	0.1	10.7	20.6	20.4
		I · I	0.2	7.3	9.4	9.4
	SiL	A · I	0.1	11.1	21.0	20.8
		I · I	0.2	7.7	9.8	9.8

인 용 문 헌

- Eom, K.C., S.K. Ha, S.O. Hur, Y.S. Jung, and K.S. Ryu. 1999. Soil water. Korean J. Soil Sci. Fert. 42:102-125.
- Eom, K.C., D.S. Oh, K.C. Song, I.S. Jo, and D.W. Seo, 1999: A guide book for water management of upland crops. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea (In Korean).
- Eom, K.C., E.R. Son, and S.H. Yoo. 1983. Fertilizer responses of Chinese cabbage to soil water potential. Korean J. Soil Sci. Fert. 16:98-105.
- Eom, K.C., K.C. Song, K.S. Ryu, Y.K. Sonn, and S.E. Lee. 1995. Model equations to estimate the soil water characteristics curve using scaling factor. Korean J. Soil Sci. Fert. 28:227-232.
- Eom, K.C., P.K. Jung, M.H. Koh, S.H. Kim, S.Y. Yoo, S.H. Park, S.O. Hur, and S.K. Ha. 2010. Water saving irrigation manual of spring Chinese cabbage. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(6):812-822.
- Jung, P.K., K.C. Eom, Y.K. Sonn, M.H. Koh, S.H. Kim, S.H. Park, and S.Y. Yoo. 2011. Water saving irrigation manual of autumn Chinese cabbage. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):679-687.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods, in methods of soil analysis. Madision. Wisconsin. USA. 635-622.
- Lim, J.N. 1988. Modeling of estimating soil moisture, evapotranspiration and yield of Chinese cabbages from meteorological data at different growth stages. Korean J. Soil Sci. Fert. 21(4):386-408.
- RDA. 1982~1996. Research Report. Soil and Fertilizer Management Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea (In Korean).