

우리나라 남부권역 노지재배 고추의 물절약형 관개 기준 설정 연구

엄기철 · 유성녕^{1*}

환경수맥(주) 부설 토양연구소, ¹국립한경대학교

Water Saving Irrigation Manual of Red Pepper for the Southern Region of Korea

Ki-Cheol Eom and Sung-Yung Yoo^{1*}

Soil Institute, Suwon 906-5, Korea

¹HanKyong National University, Ansong, 456-749, Korea

Water management is the most important and difficult problems in red pepper cultivation. The water requirement of red pepper is different according to the area as well as climate condition, growth stage and soil texture. Also, the measurement of evapo-transpiration (PET) and crop coefficient (Kc) is very difficult especially in field cultivation. The average PET during 30 years of southern region of Korea for the red pepper cultivation was a 2.75 mm day⁻¹. The water saving irrigation manual with irrigation interval and amount of irrigation according to growing season and soil texture, are developed based on the lysimeter experiments carried out by the RDA for 11 years about potential evapo-transpiration, crop coefficient for the 17 southern region of Korea. The water saving irrigation manual can be used with easy to the farmer without soil sampling and any kinds of sensors measuring soil water status.

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

서 언

우리나라와 같이 경시농경지가 많고 관개를 위한 기반시설이 미흡한 밭작물 재배에서 중요하면서도 가장 어려운 부분이 바로 작물의 관개관리이다. 지금까지 농가에서는 관개를 위한 기반시설 미비와 작물별·생육시기별 적정관개량에 대한 정보부족으로 적정관개가 제대로 이루어지지 않고 있다. 일부 농가에서는 하우스와 같은 시설재배 시 자동관개 시스템을 이용하고 있지만 이는 대기-작물-토양과 같은 각각의 경우에 따른 요인을 고려하지 않아 작물에 적용하기에는 제한적인 부분이 많다. 작물생육을 위한 적정 물 관리는 바로 지역별·작물별·생육단계별·토양종류별로 달라야 하는 것이 바람직하기 때문이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 농촌진흥청에서는 지역별·작물별·생육단계별·토양종류별 물관리 방법인 밭작물 물관리지침서 (Eom et al, 1999)를 전파하고 있으나, 이것은 최대 수량(收量) 확보를 위해 최대 관개를 기준으로 하고 있어 물 부족시 관개해야 하는 상황에는 적합하지 않다. 따라서 본 연구는 이러한 상황을 개선하기 위해 기존의 물관리 지침서보다 물을 적게 주면서도 작물의 수량(收量)감소는 거의 없는 물 절약형

관개기준 (관개간격 및 1회관개량)을 수립코자 연구를 수행했으며, 작물은 노지고추 (조숙)을 대상으로 하였다.

재료 및 방법

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

고추의 노지조건에서 대기의 증발요구량은 잠재증발산량 (PET: Potential Evapotranspiration)을 기준치로 삼았으며, 이의 산정은 대형 pan 증발량 (Eo)값을 이용하여 개발된 추정모형 (Lim, 1988)인 식 (1)에 근거하여 산출하였다.

$$PET = 0.712 + 0.705 Eo \quad (1)$$

고추의 노지조건에서의 생육시기별 작물계수 (Kc: Crop Coefficient)는 식 (2)에 의하여 산출하였다.

$$Kc = MET/PET \quad (2)$$

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

토성별 고추의 근권내 유효수분보유량 (AWS: Available

접수 : 2012. 2. 9 수리 : 2012. 4. 2

*연락처 : Phone: 01049386825

E-mail: lsn36@hanmail.net

Water Storage)은 토성별로 측정한 포장용수량 (FC: Field Capacity)과 위조계수 (WP: Willting Point)값을 이용하여 식 (3)와 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 구하여 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.

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

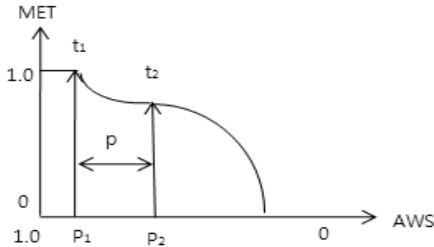


Fig. 1. The relationship between MET and AWS.

재료 및 방법 본 연구에서 PET는 최근 30년간 우리나라 남부 17개 지역별 순별 기상자료(기상청, 1979~2008)의 대형 pan 증발량 (Eo)값을 이용하여 식 (1)에 근거하여 산출하였으며, 식 (1)는 농촌진흥청 농업과학기술원 시험포장 내의 라이시메타 (Lysimeter)에서 11년간 ('81-'91) PET 및 MET를 실측한 결과에 따라 PET 추정모형 계수 및 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 측정한 토성별 평균치 값을 적용하였다. MET의 함수로 나타나는 P값은 같은 포장에서 고추에 대한 토양수분 potential 영향시험 결과 (Eom et al, 1983)에 근거하여 설정하였다.

결과 및 고찰

우리나라의 남부 17개 지역에 대하여 노지재배 고추의 주 재배시기인 5월 중순~10월 중순까지의 최근 30년간의 기상자료와 식 (1)에 의하여 산정한 순별 PET값은 Table 1과 같다. 일 평균 PET는 거창의 2.46 mm day⁻¹로부터 대구의

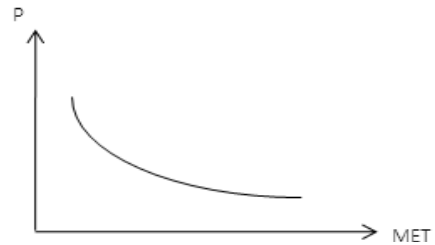


Fig. 2. The relationship between MET and P value.

Table 1. PET of growing seasons for red pepper.

(unit : mm day⁻¹)

Season	Area	Imsil	Jeongup	Geochang	Goheung	Jinju	Heanam	Busan	Gwangju	Miryang
May	M	2.82	2.94	2.87	2.90	3.00	2.94	2.58	2.90	2.92
	L	3.14	3.41	3.15	3.23	3.25	3.25	2.85	3.34	3.23
	F*	3.03	3.43	2.97	3.11	3.11	3.14	2.72	3.26	3.13
Jun.	M**	2.89	3.16	2.75	2.86	2.98	2.82	2.63	3.20	2.97
	L***	2.40	2.79	2.35	2.42	2.44	2.39	2.21	2.61	2.60
Jul.	F	2.53	2.82	2.40	2.60	2.57	2.50	2.34	2.57	2.74
	M	2.34	2.53	2.26	2.67	2.55	2.56	2.39	2.57	2.57
	L	2.79	3.26	2.60	3.09	3.08	3.10	2.85	3.08	2.97
Aug.	F	2.99	3.61	2.86	3.44	3.09	3.46	2.98	3.31	3.07
	M	2.75	3.12	2.56	2.98	2.76	3.05	2.77	2.86	2.84
	L	2.46	2.75	2.28	2.90	2.69	2.74	2.63	2.66	2.57
Sep.	F	2.25	2.46	2.07	2.54	2.53	2.45	2.42	2.40	2.34
	M	2.29	2.49	2.09	2.62	2.47	2.57	2.38	2.44	2.30
	L	2.35	2.51	2.17	2.70	2.45	2.58	2.37	2.54	2.27
Oct.	F	2.21	2.37	2.04	2.55	2.43	2.43	2.28	2.35	2.25
	M	2.06	2.10	1.89	2.40	2.31	2.28	2.28	2.18	2.10
Average		2.58	2.86	2.46	2.81	2.73	2.77	2.54	2.77	2.68

Table 1. PET of growing seasons for red pepper (continued). (unit : mm day⁻¹)

Season	Area		Jeju	Mokpo	Yeosu	Wando	Jangheung	Pohang	Daegu	Ulsan	Average
	M	L									
May	M	L	2.84	2.71	3.07	2.94	2.81	3.13	3.55	2.88	2.93
	F		3.03	2.98	3.32	3.26	3.18	3.47	4.00	3.19	3.25
Jun.	F		2.97	2.90	3.17	3.08	2.97	3.25	3.90	3.24	3.14
	M	L	2.85	2.78	3.05	2.76	2.74	3.12	3.69	2.76	2.94
Jul.	L		2.55	2.29	2.52	2.25	2.19	2.65	3.11	2.41	2.48
	F		2.88	2.28	2.54	2.51	2.40	2.68	3.14	2.48	2.59
Aug.	M	L	3.11	2.43	2.75	2.50	2.39	2.75	2.85	2.48	2.57
	F		3.50	3.02	3.25	3.11	2.76	3.16	3.22	3.00	3.05
Sep.	F		3.49	3.21	3.40	3.66	3.02	3.30	3.60	3.26	3.28
	M	L	3.01	2.91	3.20	3.21	2.73	2.72	3.28	2.79	2.91
Oct.	L		2.86	2.65	3.02	3.11	2.47	2.63	2.93	2.49	2.70
	F		2.71	2.48	2.96	2.63	2.24	2.41	2.66	2.23	2.46
Average	M	L	2.63	2.58	2.95	2.86	2.45	2.30	2.51	2.23	2.48
	F		2.55	2.51	3.02	2.91	2.40	2.28	2.61	2.34	2.50
Average	F		2.55	2.43	2.91	2.83	2.39	2.33	2.53	2.27	2.42
	M		2.47	2.27	2.85	2.73	2.19	2.25	2.37	2.09	2.28
Average			2.88	2.65	3.00	2.90	2.58	2.78	3.12	2.63	2.75

Table 2. Crop coefficient of red pepper.

Growth stage [†]	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5
Date	5/15~5/31	6/1~6/30	7/1~7/31	8/1~8/31	9/1~10/15
Kc	0.53	0.96	1.06	1.06	0.82

[†]Growth Stage : G-1 = Growth Stage-1, G-2 = Growth Stage-2, G-3 = Growth Stage-3, G-4 = Growth Stage-4, G-5 = Growth Stage-5.

Table 3. AWS (Available water storage) according to soil texture. (v/v. %)

	SL	SiL	L
FC [†]	22.3	35.1	29.4
WP [‡]	6.3	10.4	8.7
AWS*	16.0	24.7	20.7

[†]FC: Field capacity.

[‡]WP: Wilting point.

*AWS: Available water storage.

3.12 mm day⁻¹ 범위였으며, 남부 17개 지역에 대한 평균은 2.75 mm day⁻¹이었다.

또한, 식 (2)에 의하여 산정 한 노지재배 고추의 생육시기별 작물계수는 Table 2와 같으며, 노지재배 고추를 정식한 이후 생육초기에는 0.53을 나타냈고, 생육중기에는 0.96~1.06이었으며, 생육후기에는 0.82를 적용하였다.

또한 식 (3)에 의하여 산정 한 토성별 유효토양수분보유량 (AWS)은 Table 3과 같다.

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

고추의 재배 형태중 5월 15일 정식을 재배기준으로 삼아 Table 1, 2, 3 및 Fig. 3의 결과를 이용하여 식 (4), 식 (5)에

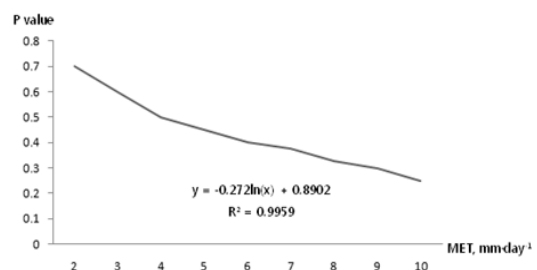


Fig. 3. Soil water depletion fraction (P) as a function of MET.

근거하여 최종적으로 산출한 노지재배 고추의 물절약형 관개간격 및 1회 관개량은 Table 4와 같다.

Table 4. Water saving irrigation manual of red pepper.

Area	Texture	manual	G-1*	G-2	G-3	G-4	G-5
Imsil	SL	A · I [†]	9.8	18.7	18.2	19.2	12.8
		I · I [‡]	7.2	9.5	9.5	9.6	8.3
	L	A · I	11.5	22.3	21.7	23.0	15.1
		I · I	8.3	11.1	11.0	11.2	9.6
	SiL	A · I	13.3	25.3	24.6	26.0	17.2
		I · I	9.8	12.9	12.8	13.0	11.2
Jeongup	SL	A · I	10.7	20.3	20.0	21.4	13.9
		I · I	7.6	9.8	9.7	9.9	8.6
	L	A · I	12.6	24.3	23.9	25.6	16.4
		I · I	8.7	11.4	11.3	11.6	9.9
	SiL	A · I	14.4	27.4	27.0	28.9	18.7
		I · I	10.2	13.2	13.1	13.3	11.6
Geochang	SL	A · I	10.1	18.4	17.4	18.3	11.5
		I · I	7.3	9.5	9.3	9.5	7.9
	L	A · I	11.8	21.9	20.8	21.8	13.5
		I · I	8.4	11.1	10.9	11.0	9.1
	SiL	A · I	13.6	24.8	23.6	24.7	15.5
		I · I	9.9	12.8	12.6	12.8	10.6
Goheung	SL	A · I	10.2	18.9	19.3	21.2	14.7
		I · I	7.4	9.6	9.6	9.9	8.8
	L	A · I	11.9	22.5	23.1	25.3	17.5
		I · I	8.5	11.2	11.2	11.5	10.2
	SiL	A · I	13.7	25.5	26.1	28.6	19.9
		I · I	10.0	12.9	13.0	13.3	11.9
Jinju	SL	A · I	10.6	19.1	19.1	19.9	14
		I · I	7.5	9.6	9.6	9.7	8.6
	L	A · I	12.4	22.8	22.8	23.7	16.5
		I · I	8.7	11.2	11.2	11.3	10.0
	SiL	A · I	14.3	25.8	25.8	26.8	18.9
		I · I	10.2	13.0	13.0	13.1	11.6
Heanam	SL	A · I	10.3	18.9	19	21	14.2
		I · I	7.4	9.6	9.6	9.8	8.7
	L	A · I	12	22.5	22.7	25.1	16.8
		I · I	8.5	11.1	11.2	11.5	10.0
	SiL	A · I	13.8	25.5	25.7	28.4	19.2
		I · I	10.0	12.9	12.9	13.3	11.7
Busan	SL	A · I	8.4	17.3	17.9	19.6	13.3
		I · I	6.6	9.3	9.4	9.7	8.4
	L	A · I	9.8	20.6	21.3	23.4	15.7
		I · I	7.5	10.8	11.0	11.3	9.8
	SiL	A · I	11.4	23.3	24.2	26.4	18.0
		I · I	8.9	12.6	12.7	13.0	11.4
Gwangju	SL	A · I	10.5	19.9	19.3	20.3	13.7
		I · I	7.5	9.7	9.6	9.8	8.5
	L	A · I	12.3	23.8	23.0	24.3	16.3
		I · I	8.6	11.3	11.2	11.4	9.9
	SiL	A · I	14.2	26.9	26.0	27.5	18.6
		I · I	10.1	13.1	13.0	13.2	11.5
Miryang	SL	A · I	10.3	19.3	19.3	19.8	12.9
		I · I	7.4	9.6	9.6	9.7	8.3
	L	A · I	12.1	23.0	23.1	23.6	15.2
		I · I	8.5	11.2	11.2	11.3	9.6
	SiL	A · I	13.9	26.0	26.1	26.7	17.4
		I · I	10.0	13.0	13.0	13.1	11.2

Table 4. Water saving irrigation manual of red pepper. (continued)

Area	Texture	manual	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5
Jeju	SL	A · I	9.6	18.6	21.1	21.2	14.8
		I · I	7.1	9.5	9.8	9.9	8.8
	L	A · I	11.2	22.1	25.2	25.4	17.5
		I · I	8.2	11.1	11.5	11.5	10.2
	SiL	A · I	13.0	25.1	28.5	28.6	20.0
		I · I	9.7	12.8	13.3	13.3	11.9
Mokpo	SL	A · I	9.1	18.0	18.3	20.2	14.1
		I · I	6.9	9.4	9.5	9.7	8.6
	L	A · I	10.6	21.5	21.8	24.2	16.7
		I · I	7.9	11.0	11.0	11.4	10.0
	SiL	A · I	12.3	24.4	24.7	27.3	19.1
		I · I	9.3	12.7	12.8	13.2	11.7
Yeosu	SL	A · I	10.9	19.5	19.7	21.6	16.7
		I · I	7.6	9.6	9.7	9.9	9.2
	L	A · I	12.8	23.2	23.5	25.9	19.8
		I · I	8.8	11.3	11.3	11.6	10.7
	SiL	A · I	14.7	26.3	26.6	29.2	22.5
		I · I	10.3	13.0	13.1	13.4	12.4
Wando	SL	A · I	10.3	18.6	18.9	22.2	15.9
		I · I	7.4	9.5	9.6	10.0	9.0
	L	A · I	12.0	22.2	22.5	26.5	18.9
		I · I	8.5	11.1	11.1	11.7	10.5
	SiL	A · I	13.9	25.1	25.5	29.9	21.4
		I · I	10.0	12.9	12.9	13.5	12.2
Jangheung	SL	A · I	9.9	18.2	17.8	19.3	13.4
		I · I	7.3	9.5	9.4	9.6	8.4
	L	A · I	11.6	21.7	21.2	23.0	15.8
		I · I	8.4	11.0	11.0	11.2	9.8
	SiL	A · I	13.4	24.6	24.1	26.0	18.0
		I · I	9.8	12.8	12.7	13.0	11.4
Pohang	SL	A · I	11.4	19.9	19.9	20.0	13.1
		I · I	7.8	9.7	9.7	9.7	8.4
	L	A · I	13.5	23.8	23.7	23.9	15.5
		I · I	9.0	11.3	11.3	11.4	9.7
	SiL	A · I	15.4	26.9	26.8	27.1	17.7
		I · I	10.6	13.1	13.1	13.1	11.3
Daegu	SL	A · I	13.4	22.4	21.1	21.9	14.6
		I · I	8.4	10.0	9.8	9.9	8.7
	L	A · I	15.8	26.8	25.2	26.2	17.3
		I · I	9.8	11.7	11.5	11.6	10.2
	SiL	A · I	18.1	30.2	28.4	29.6	19.7
		I · I	11.4	13.5	13.3	13.4	11.8
Ulsan	SL	A · I	10.2	18.9	18.7	19.8	12.7
		I · I	7.4	9.6	9.5	9.7	8.2
	L	A · I	12.0	22.5	22.3	23.7	15.0
		I · I	8.5	11.2	11.1	11.3	9.5
	SiL	A · I	13.8	25.5	25.3	26.8	17.2
		I · I	10.0	12.9	12.9	13.1	11.1

[†]A · I = Amount of Irrigation(mm)

[‡]I · I = Irrigation Interval(day)

*G-1 = May. M ~ May. L, G-2 = Jun. F ~ Jun. L,

G-3 = Jul. F ~ Jul. L, G-4 = Aug. F ~ Aug. L, G-5 = Sep. F ~ Oct. M.

적 요

1. 우리나라 남부를 17개 지역으로 구분하여 최근 30년간의 기상자료 분석에 의한 5월~10월의 일평균 PET는 2.75 mm day⁻¹ 이었다.
2. 노지재배 고추의 우리나라 남부 17개 지역별, 3개 토성 및 16개 순별, 총 816경우의 재배여건에 적합한 물 절약형 적정 관개간격 및 1회관개량을 산정하였다.

사 사

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

인 용 문 헌

- 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.
- 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.
- 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).