

노지재배 고추재배시 물절약형 관개 기준에 의한 물절약량 산정 연구

엄기철 · 박소현¹ · 유성녕^{2*}

환경수맥(주) 부설 토양연구소, ¹세종데이터해석연구원, ²국립한경대학교

Assessment of the Amount of Irrigation Water for Red Pepper by Water Saving Irrigation Manual

Ki-Cheol Eom, So-Hyun Park¹, and Sung-Yung Yoo^{2*}

Soil Institute, Suwon 906-5, Korea

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

²Hankyong National University, Ansong, 456-749, Korea

The amount of irrigation water can be calculated based on the irrigation schedule in irrigation manual. At present, the maximum irrigation manual, which was developed in 1999 for the maximum yield with maximum irrigation, is using. Now the water saving irrigation manual for red pepper, without decrease of crop yield, has been developed in 45 areas of Korea. Among 45 regions, 9 regions which were selected respectively from 9 Provinces of Korea, were used for this study. The water saving irrigation manual has been used easily without soil sampling and measurement of soil water status. The objective of this study is to assess the possibility of the saving of irrigation water compared to the maximum irrigation manual. The average potential evapo-transpiration (PET) during 30 years in 9 region for the red pepper cultivation was a 2.69 mm day⁻¹. The saving amount of irrigation water for red pepper cultivation by saving irrigation manual compared to the maximum irrigation manual in a year was 309.4 mm, 303.3 mm and 309.5 mm in the soil of Sandy Loam (SL), Loam (L) and Silty Loam (SiL), respectively. The average saving amount of irrigation water for red pepper cultivation by saving irrigation manual compared to the maximum irrigation manual in a year was 307.4 mm.

Key words: Water management, Amount of irrigation, Irrigation interval, Water saving, Hot pepper

서 언

우리나라 주요 채소작물의 하나인 고추 재배 시 가장 어려운 문제는 물관리를 어떻게 하느냐이다. 현재는 주변 과학의 발달로 토양수분 자동 측정기기뿐 아니라, 시설재배의 경우 시설 내 환경조건을 monitoring 하여 자동관개 할 수 있는 자동관개 시스템도 많이 발전되어 있다. 하지만 자동관개 시스템의 이용 시 hardware 부분의 문제점은 거의 없으나 software 부분은 많은 문제점이 있어 고가의 투자비용에 비하여 자동관개 시스템의 효율성이 그다지 높은 편은 아니다. 그 원인은 바로 자동관개 시스템의 관개 기준이 적절하게 설정되어 있지 못하기 때문이다. 자동관개 시스템에서는 미리 설정된 관개기준에 의하여 기계적으로 작동될 뿐이다. 즉, 지역별 및 시기별 기상변동 정도와 작물의 생육

시기별 물요구량 정도와 토양특성에 따른 토양 수분의 근권 공급능 정도가 제각기인 경우 각 조건에 맞는 맞춤형 관개 기준을 설정해 주어야만 효율적인 작동이 가능한 것이다. 지금까지 농촌진흥청에서에서 개발하여 농민들에게 보급하고 있는 밭작물 물관리지침서 (Eom et al, 1999)를 자동관개 시스템의 관개 기준으로 설정해줄 수 있으나 이는 지역별·작물별·생육단계별·토양종류별 작물 최대 수량(收量)의 안정적인 확보를 위해 최대 관개를 기준으로 하여 생육기간동안 필요한 관개량이 많아질 수밖에 없다. 또한, 최대 관개 기준으로 최대증발산량(Maximum ET)을 이용하여 노지재배 고추(조숙) 생육기간 동안의 물 요구량을 산정한 결과 평균 549.6 mm, 즉 549.6 ton 10a⁻¹ 이라는 연구결과가 보고된 바 있다 (Eom et al, 2010). 따라서 본 연구는 노지고추(조숙)를 대상으로 물절약형 관개기준에 의한 물절약량을 알아보기 위해 기존의 물관리 지침서와 물을 적게 주면서도 작물의 수량(收量)감소는 거의 없는 물 절약형 물관리 지침서의 1회 관개량 및 관개기준을 이용하여 토성별·생육시기별 총 관개량을 비교하고, 기존 물관리 지침서

접수 : 2012. 2. 9 수리 : 2012. 4. 2

*연락처 : Phone: 01049386825

E-mail: lsn36@hanmail.net

대비 물질약량을 비교하여 기존 물관리 지침서 대비 물질약량을 산정하고자 하였다.

재료 및 방법

고추의 노지조건에서의 관개량 비교를 위해 Eom et al. (2010)이 개발한 모형에 의해 물전략형 관개기준을 작성하였다. 지역별 대기의 증발요구량은 잠재증발산량 (PET: Potential Evapotranspiration)을 기준치로 삼았으며, 이의 산정은 대형 pan 증발량 (Eo)값을 이용하여 개발된 추정모형 (Lim, 1987)인 식 (1)에 근거하여 산출하였다.

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

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

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

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

토성별 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 구하여 산정하였다.

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

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

식 (4)와 식 (5)에 의해 작성한 1회 관개량 및 관개간격을 이용하여 노지재배 고추의 각 토성별 및 생육시기별 총 관개량을 식 (6)에 따라 산정하였다.

$$It = \sum_i (AI \cdot \frac{Gdi}{II}) \tag{6}$$

이때 It는 각각의 manual에 의한 총관개량이며, Gdi는 각 생육단계별 생육일수이고, \sum_i 는 토성별 각 생육단계별 관개물량을 누적한 값이다.

또한, 물질약형 관개기준에 의한 물질약량은 각 토성별 식 (7)에 의하여 산출하여 토성간 평균값을 최종 물질약량으로 산정하였다.

$$ItA = ItO - ItS \tag{7}$$

이때 ItA는 물질약형 관개 기준에 의한 물질약량이며, ItO는 기존의 물관리지침서의 관개 기준에 의한 관개 총물량이고, ItS는 물질약형 관개 기준에 의한 관개 총물량이다.

재료 및 방법 본 연구에서 우리나라의 평균 관개량을 알아보기 위해 각 도별로 중앙부근에 위치한 1개 지역을 선정하여 총 9개 지역을 선정하였다. PET는 최근 30년간 우리나라 9개 지역별 순별 기상자료의 대형 pan 증발량 (Eo) 값을 이용하여 식 (1)에 근거하여 산출하였다. 식 (1)은 농촌진흥청 농업과학기술원 시험포장 내의 라이시메타 (lysimeter)

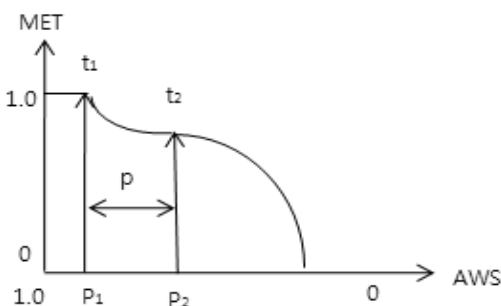


Fig. 1. The relationship between MET and AWS.

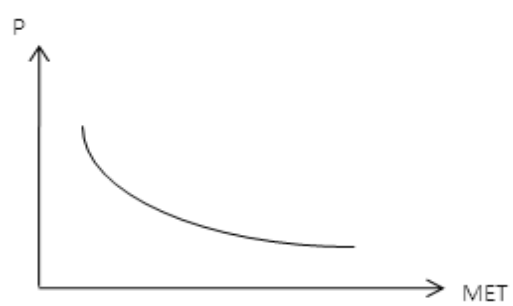


Fig. 2. The relationship between MET and P value.

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 측정하여 토성별 평균값을 적용하였다. MET의 함수로 나타나는 P값은 같은 포장에서 고추에 대한 토양수분 potential 영향시험 결과 (Eom et al, 1983) 에 근거하여 설정하였다. 또한, 이러한 방법에 의해 산정된 물 절약형 관개 기준과 기존의 물관리 지침서의 1회 관개량 및 관개간격을 이용하여 노지재배 고추의 생육시기별 총 관개량을 식 (6)에 따라 산정하였으며, 물절약형 관개 기준에 의한 물절약량을 각 토성별로 식 (7)에 의하여 산출하여 토성간 평균값을 최종 물절약량으로 산정하였다.

결과 및 고찰

우리나라의 9개 지역에 대하여 노지재배 고추의 주 재배 시기인 5월~10월까지의 최근 30년간의 기상자료와 식 (1)에 의하여 산정된 산정한 순별 PET값은 Table 1과 같다.

일 평균 PET는 부여의 2.51 mm day⁻¹ 로부터 제주의 2.87 mm day⁻¹ 범위였으며, 9개 지역에 대한 평균은 2.69 mm day⁻¹이었다.

또한, 식 (2)에 의하여 산정한 노지재배 고추의 생육시기별 작물계수는 Table 2와 같았으며, 노지재배 고추를 정식한 이후 생육초기에는 0.53, 생육중기에는 0.96~1.06, 생육후기에는 0.82로 나타났다.

또한 식 (3)에 의하여 산정한 토성별 유효토양수분보유량 (AWS)은 Table 3과 같았다.

Table 1. PET for red pepper in growing seasons. (unit : mm day-1)

Season	Area	Area									Average
		Suwon	Gangneung	Jecheon	Buyeo	Mokpo	Jeonyu	Miryang	Yeongju	Jeju	
May	F	2.84	3.10	2.84	2.97	2.62	2.79	2.88	3.50	2.72	2.92
	M	2.87	3.12	2.79	2.86	2.71	2.84	2.92	3.33	2.84	2.92
	L	3.15	3.30	3.16	3.11	2.98	3.17	3.23	3.58	3.03	3.19
Jun.	F	3.08	3.11	3.02	3.03	2.90	3.16	3.13	3.50	2.97	3.10
	M	3.19	2.91	2.98	2.97	2.78	3.09	2.97	3.23	2.85	3.00
	L	2.78	2.61	2.66	2.75	2.29	2.49	2.60	2.90	2.55	2.62
Jul.	F	2.70	2.65	2.61	2.55	2.28	2.49	2.74	2.78	2.88	2.63
	M	2.52	2.58	2.33	2.23	2.43	2.39	2.57	2.52	3.11	2.52
	L	2.79	2.77	2.73	2.42	3.02	2.97	2.97	2.74	3.50	2.88
Aus.	F	2.99	2.82	3.09	2.87	3.21	3.14	3.07	3.18	3.49	3.09
	M	2.91	2.53	2.70	2.66	2.91	2.78	2.84	2.81	3.01	2.80
	L	2.55	2.38	2.35	2.17	2.65	2.54	2.57	2.49	2.86	2.51
Sep.	F	2.51	2.35	2.24	2.14	2.48	2.48	2.34	2.35	2.71	2.40
	M	2.45	2.31	2.29	2.18	2.58	2.37	2.30	2.33	2.63	2.38
	L	2.40	2.24	2.41	2.12	2.51	2.40	2.27	2.48	2.55	2.38
Oct.	F	2.22	2.27	2.12	1.93	2.43	2.25	2.25	2.28	2.55	2.25
	M	2.08	2.17	1.90	1.76	2.27	2.10	2.10	2.11	2.47	2.11
Average		2.71	2.66	2.60	2.51	2.65	2.67	2.69	2.83	2.87	2.69

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.

Table 4. Amount of irrigation water for red pepper by the Irrigation Manual according to soil texture. (unit : mm)

Texture	G [†]	Suwon	Gangneung	Jecheon	Buyeo	Mokpo	Jeonyu	Miryang	Yeongju	Jeju	Average
SL	G1	41.3	17.8	41.0	45.0	44.7	45.5	45.5	53.6	42.4	41.9
	G2	123.6	93.9	117.8	125.1	124.2	127.8	126.4	140.5	110.0	121.0
	G3	121.0	209.5	112.2	140.0	146.1	143.6	144.1	146.0	137.6	144.5
	G4	128.2	251.8	117.4	127.0	156.0	132.8	133.6	128.1	146.7	146.8
	G5	135.5	237.7	114.7	118.2	148.8	119.0	116.9	118.2	150.8	140.0
SUM		549.6	810.6	503.1	555.4	619.8	568.6	566.5	586.4	587.3	594.1
L	G1	41.2	17.8	41.0	45.0	44.7	45.5	45.5	53.6	42.3	41.8
	G2	123.7	93.8	117.8	125.2	124.1	127.6	126.5	140.3	110.1	121.0
	G3	120.9	209.7	112.3	140.2	146.3	143.7	144.2	145.9	137.7	144.5
	G4	128.3	251.1	117.4	127.0	155.8	132.7	133.6	128.0	146.8	146.8
	G5	135.6	237.4	114.8	118.3	148.9	119.0	116.9	118.2	150.8	140.0
SUM		549.7	809.8	503.3	555.5	619.8	568.5	566.8	586.0	587.7	594.1
SiL	G1	41.3	17.8	41.0	45.0	44.7	45.5	45.5	53.6	42.3	41.9
	G2	123.6	93.8	117.6	125.1	124.1	127.8	126.3	140.2	110.2	121.0
	G3	120.9	209.3	112.2	140.1	146.2	143.7	144.1	145.9	137.6	144.4
	G4	128.3	251.6	117.4	127.0	155.8	132.7	133.6	128.1	146.8	146.8
	G5	135.6	237.5	114.8	118.2	149.0	118.9	116.9	118.2	150.7	140.0
SUM		549.6	810.0	503.0	555.4	619.7	568.6	566.5	586.0	587.6	594.0
Average		549.6	810.1	503.1	555.4	619.8	568.6	566.6	586.1	587.6	594.1

[†]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 5. Amount of irrigation water for red pepper by the Irrigation Manual according to soil texture. (unit : mm)

Texture	G [†]	Suwon	Gangneung	Jecheon	Buyeo	Mokpo	Jeonyu	Miryang	Yeongju	Jeju	Average
SL	G1	23.9	24.9	23.8	28.5	27.6	28.6	29.1	31.9	28.2	27.4
	G2	60.2	58.6	59.1	61.7	59.3	62.3	62.2	65.6	60.5	61.1
	G3	61.5	61.4	57.8	69.9	69.5	70.3	72.4	71.9	77.1	68.0
	G4	63.2	60.1	59.9	61.8	64.4	63.2	63.3	63.2	66.7	62.9
	G5	71.1	69.5	65.1	61.6	65.5	63.4	62.0	63.2	67.3	65.4
SUM		279.9	274.5	265.6	283.5	286.3	287.9	289.0	295.9	299.9	284.7
L	G1	24.4	25.4	24.2	29.1	28.1	29.2	29.7	32.6	28.8	27.9
	G2	61.5	59.9	60.4	63.1	60.6	63.7	63.5	67.1	61.9	62.4
	G3	62.8	62.8	59.0	71.4	71.0	71.9	74.0	73.5	78.9	69.5
	G4	64.5	61.4	61.2	63.2	65.8	64.5	64.7	64.6	68.2	64.2
	G5	72.6	70.9	66.4	62.8	66.8	64.7	63.3	64.5	68.7	66.8
SUM		285.9	280.4	271.2	289.5	292.4	294.0	295.2	302.3	306.4	290.8
SiL	G1	23.9	24.9	23.7	28.5	27.6	28.6	29.1	31.9	28.2	27.4
	G2	60.1	58.5	59.0	61.7	59.3	62.3	62.1	65.6	60.5	61.0
	G3	61.4	61.4	57.8	69.8	69.5	70.3	72.3	71.9	77.1	67.9
	G4	63.1	60.1	59.8	61.8	64.4	63.1	63.2	63.2	66.7	62.8
	G5	71.1	69.5	65.0	61.5	65.4	63.4	62.0	63.2	67.3	65.4
SUM		279.7	274.3	265.4	283.3	286.1	287.7	288.8	295.7	299.7	284.5
Average		281.8	276.4	267.4	285.5	288.3	289.9	291.0	297.9	302.0	286.7

[†]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.

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

고추의 재배 형태 중 5월 15일 정식을 재배기준으로 삼아, 기존의 물관리 지침서에 따라 식 (6)에 의하여 산출된

총 관개물량은 Table 4 이며, Table 1, 2, 3 및 Fig. 3의 결과를 이용하여 식 (4), 식 (5)에 근거하여 최종적으로 산출한 노지재배 고추 재배기간의 물절약형 관개 기준에 의한 총 관개량은 Table 5와 같았다.

Table 6. Assessment of the amount of irrigation water for red pepper by water saving irrigation manual. (unit : mm)

Texture	Suwon	Gangneung	Jecheon	Buyeo	Mokpo	Jeonyu	Miryang	Yeongju	Jeju	Average
SL	269.7	536.1	237.5	271.8	333.5	280.7	277.6	290.5	287.4	309.4
L	263.8	529.4	232.1	266.0	327.3	274.5	271.6	283.7	281.3	303.3
SiL	270.0	535.7	237.6	272.1	333.6	280.9	277.7	290.3	287.9	309.5
Average	267.8	533.7	235.7	270.0	331.5	278.7	275.6	288.2	285.5	307.4

Table 4, 5의 결과를 이용하여 식 (7)에 의해 산정된 물절약형 관개 기준에 의한 물 절약량은 Table 6과 같았다.

적 요

1. 우리나라 9개도의 각 도별 중앙에 위치한 1개 지역을 대상으로 한 총 9개 지역의 최근 30년간의 기상자료 분석에 의한 고추 재배 기간인 5월~10월의 일평균 PET는 2.69 mm day⁻¹ 이었다.
2. 노지재배 고추의 우리나라 9개 지역을 대상으로 한 기존의 물관리 지침서 및 물 절약형 물관리 지침서를 이용하여 산정한 고추의 재배 기간중 총 평균 관개량은 각각 594.1 mm, 286.7 mm 이었다.
3. 물절약형 관개 기준에 따른 토성별 물 절약량은 사양토 309.4 mm, 양토 303.3 mm, 미사질양토 309.5 mm 이었으며, 평균 307.4 mm 이었다.

사 사

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원 연구사업 (과제 번호 : 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).