

## 노지재배 감자의 생육시기별 물 요구량 구명

엄기철\* · 박소현 · 유성녕<sup>1</sup>

세종데이터해석연구원, <sup>1</sup>국립 한경대학교

## Water Requirement of Potato According to Growth Stage

Ki-Cheol Eom, So-Hyun Park, and Sung-Yung Yoo<sup>1\*</sup>

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

<sup>1</sup>Hankyong National University, Ansong, 456-749, Korea

Water is the most important resource for the potato cultivation, especially to get the maximum water use efficiency and yield of potato, Water has to be applied moderately based on the water requirement of the potato. Crop water requirement (WR) is a function of the Potential evapo-transpiration(PET) and Crop coefficient (Kc). PET can be estimated by the climate data measured at the weather station in the production region. Kc was measured by the NIAST (RDA) through Lysimeter experiments. In this study, the growth stage of potato was divided as four (G-1 : Apr. 1~Apr. 15, G-2 : Apr. 16~May. 10, G-3 : May. 11~May. 31, G4 : Jun. 1~Jun. 15). The average PET during potato growing season of the 45 areas was 2.95 mm day<sup>-1</sup>. The most water requirement was the G-3 stage among the potato growth stage. The MWR (Mean water requirement) according to growth stage was 1.0~1.2 (average 1.1), 1.5~1.8 (average 1.6), 1.9~2.2 (average 2.0) and 1.7~2.1 (average 1.8) mm day<sup>-1</sup>, in the G-1, G-2, G-3 and G-4 stage, respectively. The TWR (Total water requirement) according to growth stage was 18.0~22.1 (average 19.3), 50.6~66.6 (average 56.3), 63.5~88.2 (average 72.4) and 38.3~54.5 (average 44) mm, in the G-1, G-2, G-3 and G-4 stage, respectively.

**Key words:** Climate change, Potato, Mean water requirement, Total water requirement

## 서 언

기후변화는 현재 정치·경제·사회·과학 등 다양한 분야에서 최고의 관심거리가 되고 있다. 많은 분야에서 기후변화에 대한 영향을 받겠지만, 농업은 기후조건에 가장 민감하고 취약한 분야이다. 최근에는 기후변화에 따른 가뭄, 폭설, 이상 기후 등이 증가하면서 공급 차질과 농작물 관리의 어려움, 병충해 증가 등으로 농가에서 어려움을 겪고 있으며 불확실성도 매우 커졌다 (Yoo et al., 2008). 현재 우리나라의 농업분야의 기후변화 관련 연구는 주로 농업부문별 온실가스 배출, 지구 온난화에 따른 식생분포 등에 관한 연구에 집중되어있기에, 작물 재배환경 요인 중 가장 중요한 요인인 물에 대한 연구가 필요한 실정이다. 주요 식량자원 중 하나인 감자는 2012년 우리나라 농산물 통계자료에 의하면 재배면적 17,424 ha, 평균 생산량 2,396 kg 10a<sup>-1</sup>, 총생산 417,433 ton이다 (KSIS, 2011). 감자는 지역별로 년 중 물 요구량이 많은 기간인 4월부터 6월 중순까지 재배되어 재배기간 동안 물 관리의 영향이 매우 크다. 감자 재배에 있어서 물 요구량

이 얼마인지를 구명함으로써 기후변화에 따른 적절한 물 관리 방법 설정이 가능하다. 특히 적절한 수분공급은 우수한 품질의 감자 재배에 필수적이며, 이는 감자의 물 요구량에 근거하여 관리해야 한다. 작물 재배에 있어 물의 중요성에 비해 기상조건과 작물생육시기별 얼마만큼의 물이 요구되는가에 대해서는 구명된 연구결과가 매우 드물다 (Hegney, 1997; Eom et al., 1999). 작물의 재배지역이 다르면 기상조건이 다르기 때문에 대기의 증발요구량이 차이가 나고, 또 작물의 생육시기별로 시기별 차이에 의한 기상조건의 차이 뿐 아니라, 생육시기별로 작물체내 생리작용의 차이에 의하여 작물의 물 요구 정도 (작물계수)는 크게 다르게 된다 (Eom et al., 2012). 현재까지 감자의 물 요구량에 관한 가장 획기적인 연구는 1960년~1989년 30년 동안의 기상자료에 근거한 발작물 물 관리 지침서 (Eom et al., 1999) 라고 볼 수 있으나, 상기 연구는 관계기준에 대한 결과만 나와 있고, 최근 기상자료를 활용한 감자의 물 요구량은 산정된 연구결과가 없다.

따라서 본 연구는, 우리나라 1979년~2008년까지의 기후데이터를 활용하여 우리나라 45개 지역을 대상으로 기후변화에 따른 감자의 물 요구량을 산정함으로써 기존의 연구결과를 수정보완하고 아울러 금후 국가 물 수급계획 수립의 기초자료로 활용코자 수행하였다.

접수 : 2012. 7. 27 수리 : 2012. 11. 1

\*연락처 : Phone: +821088568765

E-mail: kceom6578@hanmail.net

## 재료 및 방법

본 연구를 위해 시험에 이용된 작물은 노지재배 감자이다. 감자의 생육시기는 정식기 (3월 25일)부터 수확기까지 4단계로 나누어 차례로 G1단계 4월 1일~4월 15일, G2단계 4월 16일~5월 10일, G3단계 5월 11일~5월 31일, G4단계 6월 1일~6월 15일로 구분하였다. 지역별로 각각의 생육시기 적용기간은 그 지역의 재배기준에 준하여 선정하였다.

감자가 필요로 하는 물 요구량을 산정하기 위한 기상조건 지표인 잠재증발산량 (PET : Potential Evapotranspiration)은 최근 30년간 45개 지역별 순별 기상자료의 대형 pan증발량 (Eo)값을 이용하여, 대형 pan 증발계로 측정된 값 (Eo)에 의한 PET 추정모형 (Lim, 1988)인 식 (1)에 근거하여 산출하였다.

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

감자의 생육시기별 작물계수 (Kc: Crop Coefficient)는 식 (2)에 의하여 산출되지만, 본 연구에서는 농촌진흥청 농업과학기술원 시험포장의 Lysimeter 실험을 통하여 구명된 결과 (NIAST, 1996)를 인용하였다.

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

여기서, MET는 작물의 생육시기별 해당기상조건에 따른 최대증발산량 (Maximum ET)이다.

따라서, 본 연구에서는 작물의 최대 증발산량인 MET값을 작물의 물요구량 (WR:Water Requirement)으로 설정하고 식 (3)과 같이 산정하였다.

$$WR = PET \times K_c \quad (3)$$

또한, 생육시기별 일평균 물요구량 (MWR : Mean water requirement)은 생육시기별 해당기간 일수 동안의 총 물요구량 (TWR : Total water requirement : 식 (4)를 해당일수로 나눈 값으로 식 (5)와 같이 산정하였다.

여기서, n은 생육시기별 해당기간의 일수이다.

$$TWR = \sum_{i=1}^n WR_i \quad (4)$$

$$MWR = \frac{\sum_{i=1}^n WR_i}{n} \quad (5)$$

감자의 전체 생육기간 동안의 누적 물요구량 (AWR :

Accumulated water requirement)은 식 (6)과 같이 산정하였다.

$$AWR = \sum_{i=1}^4 (TWR)_i \quad (6)$$

## 결과 및 고찰

우리나라의 45개 지역에 대하여 노지재배 감자의 주 재배시기인 4월 상순~6월 중순까지의 최근 30년간 기상자료와 식 (1)에 의하여 산정된 산정한 순별 PET값은 Table 1과 같다. 감자 생육시기별 해당일의 PET를 해당 순별 평균 일 PET 값 (Table 1)을 적용하고 기간별 포함되는 일수에 따라 산정한, 감자 생육기간 동안의 PET는 최소 부산의 2.60 mm day<sup>-1</sup>로부터 최대 대구의 3.52 mm day<sup>-1</sup> 범위를 보였으며, 45개 지역에 대한 평균은 2.95 mm day<sup>-1</sup>이었다. 이와 같은 결과는 최근 30년간 우리나라 67개 지역 전체의 년 평균 PET 2.36 mm day<sup>-1</sup> 이었다는 결과 (Eom et al., 2011)와 비교하여 볼 때 우리나라 노지 감자는 년 중 PET가 비교적 높은 기간에 생육되고 있음을 알 수 있다. 시기별로 보면 감자의 생육초기인 4월 하순에 2.50 mm day<sup>-1</sup>로서 최저값을 나타냈고, 생육중기인 5월 하순에 3.26 mm day<sup>-1</sup>로서 최대값을 보였다.

본 연구에서 NIAST의 연구결과를 인용하여 적용한 노지재배 감자의 생육시기별 작물계수는 Table 2와 같다. 감자를 정식한 이후 생육 초기에 0.50을, 신장기에 0.77, 중기에 1.11, 후기에 0.95를 적용하였다.

식 (5)에 의하여 산출된 노지 감자의 생육기간 전체에 대한 평균 일 물 요구량 (MWR : mm day<sup>-1</sup>)은 Table 3에서와 같이, 45지역의 전 생육기간 평균 1.6 mm day<sup>-1</sup>이었다.

노지 감자의 생육단계별 평균 일 물 요구량 (MWR)은 G-1, G-2, G-3 및 G-4 생육단계별 각각 1.0~1.2 (평균 1.1), 1.5~1.8 (평균 1.6), 1.9~2.2 및 1.7~2.1 (평균 1.8) mm day<sup>-1</sup>이었다. (Table 4).

식 (4)에 의해 산출된 노지 감자의 생육기간 전체에 대한 평균 총 물 요구량 (TWR : mm day<sup>-1</sup>)은 Table 3에서와 같이, 45지역 평균 446.2 mm 이었다.

노지 감자의 생육단계별 평균 총 물 요구량 (TWR : mm day<sup>-1</sup>)은 G-1, G-2, G-3 및 G-4 생육단계별 각각 18.0~22.1 (평균 19.3), 50.6~66.6 (평균 56.3), 63.5~88.2 (평균 72.4) 및 38.3~54.5 (평균 44.0) mm 이었다.

또한 MWR 과 TWR은 45지역 모두 G-3 생육단계에서 가장 많았다. (Table 4).

이와 같은 결과는 G-3 생육단계의 대기증발요구량 (PET)과 작물계수 (Kc)가 타 생육기간 보다 높기 때문인 것으로 사료된다.

감자 재배 주산지 (4개 지역)의 생육지역에 따른 누적 물

**Table 1. PET of growing seasons for Potato. (mm day<sup>-1</sup>)**

Area	April			May			June		average
	F	M	L	F	M	L	M	L	
Geochang	2.38	2.58	2.85	2.88	2.87	3.15	2.97	2.75	2.80
Goheung	2.44	2.69	2.86	2.83	2.90	3.23	3.11	2.86	2.86
Gwangju	2.42	2.72	2.94	2.95	2.90	3.34	3.26	3.20	2.97
Gunsan	2.29	2.50	2.67	2.72	2.78	2.96	2.95	2.97	2.73
Namwon	2.29	2.52	2.74	2.77	2.70	3.02	2.87	2.92	2.73
Daegwallyeong	2.43	2.73	3.35	3.33	3.18	3.16	3.05	2.81	3.01
Daegu	2.89	3.06	3.51	3.61	3.55	4.00	3.90	3.69	3.52
Daejeon	2.51	2.77	2.96	3.03	2.95	3.25	3.14	3.10	2.96
Buan	2.39	2.49	2.61	2.52	2.58	2.85	2.72	2.63	2.60
Busan	2.40	2.63	2.84	2.86	2.91	3.18	3.08	2.99	2.86
Seosan	2.46	2.71	2.74	2.89	2.95	3.30	3.20	3.04	2.91
Seoul	2.53	2.81	2.89	2.97	2.90	3.12	3.07	3.12	2.93
Sokcho	2.91	2.91	3.48	3.50	3.38	3.39	3.23	2.84	3.20
Yangpyung	2.60	2.83	2.78	3.02	2.90	3.25	3.15	3.04	2.95
Yeosu	2.78	2.93	3.08	2.99	3.07	3.32	3.17	3.05	3.05
Yeongdeok	2.44	2.73	3.32	3.59	3.17	3.70	3.34	3.14	3.18
Wando	2.48	2.74	2.87	2.80	2.94	3.26	3.08	2.76	2.87
Ulleung	2.51	2.67	2.96	3.10	3.03	3.21	3.06	2.80	2.92
Ulsan	2.31	2.57	2.86	2.92	2.88	3.19	3.24	2.76	2.84
Uljin	2.59	2.76	3.15	3.45	3.23	3.37	3.20	2.95	3.09
Wonju	2.53	2.69	2.91	3.09	2.87	3.27	3.11	3.05	2.94
Uiseong	2.64	2.86	3.16	3.18	3.03	3.36	3.29	3.30	3.10
Icheon	2.28	2.46	2.58	2.77	2.62	2.95	2.74	2.78	2.65
Inje	2.75	2.81	3.06	3.43	3.10	3.46	3.27	3.09	3.12
Incheon	2.44	2.67	2.83	2.79	2.78	2.97	2.88	2.98	2.79
Imsil	2.29	2.45	2.80	2.79	2.82	3.14	3.03	2.89	2.78
Jangheung	2.41	2.68	2.87	2.86	2.81	3.18	2.97	2.74	2.81
Jeongeup	2.29	2.64	2.91	2.99	2.94	3.41	3.43	3.16	2.97
Jinju	2.58	2.83	2.99	2.95	3.00	3.25	3.11	2.98	2.96
Cheongju	2.51	2.79	3.00	3.02	2.98	3.31	3.26	3.31	3.02
Chupungryong	2.83	3.07	3.49	3.57	3.27	3.65	3.39	3.17	3.31
Chuncheon	2.44	2.62	2.82	2.92	2.81	3.13	3.07	3.15	2.87
Chungju	2.67	2.85	3.06	3.17	2.98	3.30	3.28	3.31	3.08
Pohang	2.63	2.87	3.21	3.16	3.13	3.47	3.25	3.12	3.11
Haenam	2.42	2.63	2.94	2.82	2.94	3.25	3.14	2.82	2.87
Hongcheon	2.41	2.49	2.67	2.88	2.71	3.06	2.97	2.83	2.75
Average	2.50	2.72	2.96	3.03	2.96	3.26	3.14	3.00	2.95

\*F : First 10 days M : Middle 10 days L : Last 10 days

**Table 2. Crop coefficient (Kc) of Potato according to growth stage.**

Growth stage	G-1 <sup>†</sup>	G-2	G-3	G-4
Date	4/1~4/15	4/16~5/10	5/11~5/31	6/1~6/15
Kc	0.50	0.77	1.11	0.95

<sup>†</sup>Growth stage, G-1 : Apr. 1 ~ Apr. 15, G-2 : Apr. 16 ~ May. 10, G-3 : May. 11 ~ May. 31, G4 : Jun. 1 ~ Jun. 15

**Table 3. The mean water requirement (MWR) and the total water requirement (TWR) of potato for 45 areas.**

	Growth stage <sup>†</sup>				Average	Sum
	G-1	G-2	G-3	G-4		
MWR <sup>‡</sup>	1.1	1.6	2.0	1.8	1.6	
STD	0.05	0.07	0.06	0.06		
TWR	57.8	101.3	155.2	132.0		446.2
STD	1.21	5.36	9.81	12.12		

<sup>†</sup>Growth stage, G-1 : Apr. 1 ~ Apr. 15, G-2 : Apr. 16 ~ May. 10, G-3 : May. 11 ~ May. 31, G4 : Jun. 1 ~ Jun. 15.

<sup>‡</sup>MWR, mean water requirement (mm day<sup>-1</sup>); TWR, Total water requirement (mm)

**Table 4. The mean water requirement (MWR) & Total water requirement (TWR) for 45 areas of potato according to growth stage.**

Area		Growth stage <sup>†</sup>			
		G-1	G-2	G-3	G-4
Gangleung	MWR	1.2	1.6	2.0	1.8
	TWR	19.0	53.9	70.2	44.4
Geochang	MWR	1.1	1.5	1.9	1.8
	TWR	20.3	59.2	74.9	43.3
Goheung	MWR	1.1	1.5	1.9	1.8
	TWR	18.2	54.2	69.6	42.9
Gwangju	MWR	1.1	1.7	2.0	1.8
	TWR	18.0	53.0	69.6	42.8
Gunsan	MWR	1.2	1.8	2.2	2.1
	TWR	18.1	50.7	66.5	40.7
Namwon	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	18.0	53.1	70.3	44.7
Daegwallyeong	MWR	1.1	1.5	1.9	1.8
	TWR	19.8	54.7	71.8	43.9
Daegu	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	21.5	63.9	80.7	48.6
Daejeon	MWR	1.1	1.5	1.9	1.7
	TWR	18.1	51.6	68.5	41.8
Mokpo	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	19.0	61.9	73.9	42.3
Miryang	MWR	1.1	1.5	2.0	1.8
	TWR	20.8	60.8	76.6	45.7
Busan	MWR	1.1	1.5	2.0	1.9
	TWR	18.3	52.4	67.4	41.7
Buan	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	21.8	66.2	80.9	47.3
Buyeo	MWR	1.2	1.7	2.1	1.9
	TWR	21.8	65.0	78.9	44.1
Seosan	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	21.2	58.0	74.7	44.6
Seoul	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	19.2	54.2	72.5	42.4
Sokcho	MWR	1.2	1.6	2.0	1.9
	TWR	18.7	54.4	70.0	41.2
Suwon	MWR	1.1	1.7	2.1	1.9
	TWR	17.7	52.2	66.8	41.2
Yangpyung	MWR	1.2	1.7	2.1	2.0
	TWR	18.6	54.0	71.1	43.4
Yeosu	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	17.6	52.5	69.7	42.5

Table 4. Continued.

Area		Growth stage			
		G-1	G-2	G-3	G-4
Yeongdeok	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	18.1	55.6	74.3	47.6
Yeongju	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	18.4	54.1	70.3	41.3
Wando	MWR	1.1	1.7	2.1	1.9
	TWR	18.9	54.2	71.6	43.1
Ulleung	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	17.7	51.1	67.1	42.1
Ulsan	MWR	1.2	1.7	2.0	1.9
	TWR	18.0	54.4	70.9	43.9
Uljin	MWR	1.0	1.5	1.9	1.7
	TWR	19.9	61.4	77.0	44.4
Wonju	MWR	1.2	1.7	2.1	1.9
	TWR	20.3	59.8	74.6	46.9
Uiseong	MWR	1.1	1.5	1.9	1.8
	TWR	20.0	56.6	73.0	43.7
Icheon	MWR	1.0	1.5	2.0	1.8
	TWR	18.7	54.4	72.3	43.2
Inje	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	18.2	49.1	63.5	38.3
Incheon	MWR	1.1	1.5	2.0	1.9
	TWR	22.1	66.6	88.2	54.5
Imsil	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	19.0	63.7	80.4	46.7
Jangheung	MWR	1.1	1.5	2.0	1.8
	TWR	20.3	60.1	77.1	45.7
Jeonju	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	18.9	55.8	73.0	46.2
Jeongeup	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	19.4	56.6	71.8	44.0
Jeju	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	20.1	55.6	71.9	44.4
Jecheon	MWR	1.2	1.7	2.1	1.9
	TWR	17.5	50.6	65.1	39.3
Jinju	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	18.9	53.5	67.1	41.5
Cheongju	MWR	1.2	1.6	2.0	1.9
	TWR	19.2	57.0	72.9	42.4
Chupung ryong	MWR	1.2	1.7	2.1	1.9
	TWR	18.7	54.3	69.5	44.1
Chuncheon	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	19.7	55.9	70.3	44.0
Chungju	MWR	1.1	1.5	1.9	1.8
	TWR	19.5	56.8	72.4	44.5
Pohang	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	20.5	58.9	73.3	46.9
Haenam	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	19.1	53.8	73.0	44.9
Hongcheon	MWR	1.1	1.6	2.0	1.9
	TWR	19.6	57.1	73.5	46.7
Average	MWR	1.1	1.6	2.0	1.8
	TWR	19.3	56.3	72.4	44.0

<sup>†</sup>Growth stage, G-1 : Apr. 1 ~ Apr. 15, G-2 : Apr. 16 ~ May. 10, G-3 : May. 11 ~ May. 31, G4 : Jun. 1 ~ Jun. 15.

<sup>‡</sup>MWR, mean water requirement (mm day<sup>-1</sup>); TWR, Total water requirement (mm)

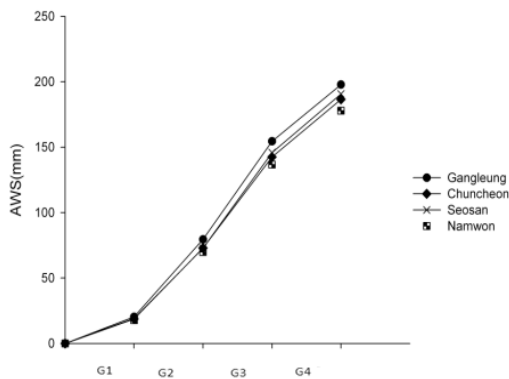


Fig. 1. Accumulated water requirement (AWR) of potato.

\*Growth stage

G-1 : Apr. 1 ~ Apr. 15,      G-2 : Apr. 16 ~ May. 10

G-3 : May. 11 ~ May. 31,      G-4 : Jun. 1 ~ Jun. 15

요구량은 Fig. 1과 같다. 4개 지역을 비교해 보면 G-1단계까지 물요구량이 비슷하고, G-2단계부터 G-3단계까지 물요구량이 급격히 늘어남을 관찰할 수 있다. 이것은 생육단계에 따른 대기증발요구량의 증가로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 우리나라 1979년~2008년까지의 기후 데이터를 활용하여 우리나라 45개 지역을 대상으로 기후변화에 따른 감자의 물 요구량을 산정함으로써 기존의 연구결과를 수정보완하고 아울러 금후 국가 물 공급계획 수립의 기초자료로 활용코자 수행하였다.

노지 감자 생육기간 동안의 PET는 최소 부산의  $2.60 \text{ mm day}^{-1}$ 로부터 최대 대구의  $3.52 \text{ mm day}^{-1}$  범위를 보였으며, 45개 지역에 대한 평균은  $2.95 \text{ mm day}^{-1}$ 이었다.

노지 감자의 생육기간 전체에 대한 평균 일 물 요구량 (MWR :  $\text{mm day}^{-1}$ )은, 45지역의 전 생육기간 평균  $1.6 \text{ mm day}^{-1}$ 이었으며, 생육단계별 평균 일 물 요구량 (MWR)은 G-1, G-2, G-3 및 G-4 각각  $1.0\sim 1.2$  (평균 1.1),  $1.5\sim 1.8$  (평균 1.6),  $1.9\sim 2.2$  및  $1.7\sim 2.1$  (평균 1.8)  $\text{mm day}^{-1}$ 이었다.

노지 감자의 생육기간 전체에 대한 평균 총 물 요구량 (TWR :  $\text{mm day}^{-1}$ )은, 45지역 평균  $446.2 \text{ mm}$ 이었으며, 생육단계별 평균 총 물 요구량 (TWR :  $\text{mm day}^{-1}$ )은 G-1, G-2, G-3 및 G-4 각각  $18.0\sim 22.1$  (평균 19.3),  $50.6\sim 66.6$  (평균 56.3),  $63.5\sim 88.2$  (평균 72.4) 및  $38.3\sim 54.5$  (평균 44.0)  $\text{mm}$ 이었다.

또한 MWR 과 TWR은 45지역 모두 G-3 생육단계에서 가

장 많으며, 이는 G-3 생육단계의 대기증발요구량 (PET)과 작물계수 (Kc)가 타 생육기간 보다 높기 때문인 것으로 사료된다.

## 사 사

본연구는 농촌진흥청 지원과제 (과제명 : 신 기후변화 시나리오에 따른 농업용수 수급 예측 기술 개발; Agenda 5-13-33)로 수행되었음.

## 인 용 문 헌

- 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., P.K. Jung, S.H. Choi, T.W. Kim, S.Y. Yoo, S.H. Park, and Y.K. Sonn. 2010. Water requirement of red pepper in different growth stages. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(6):844-847.
- Eom, K.C., P.K. Jung, S.H. Choi, T.W. Kim, S.Y. Yoo, S.H. Park, S.O. Hur, and S.K. Ha. 2010. Water requirement of red pepper cultivated in house. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(6):848-851.
- Eom, K.C., P.K. Jung, T.W. Kim, S.Y. Yoo, and S.H. Park. 2011. Development of the model to estimate potential evapotranspiration in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(5):674-678.
- Eom, K.C. and S.H. Park. 2012. Water saving irrigation manual of house red pepper for the north region of Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(2):312-316.
- Hegney M.A and H.P. Hoffman. 1997. Potato irrigation-development of irrigation scheduling guidelines. Final Report. Horticultural Research and Development Corporation Project NP. 6. Agriculture Western Australia.
- Jung, P.K., K.C. Eom, Y.K. Son, M.H. Koh, S.H. Kim, S.H. Park, and S.Y. Yoo, 2010. Water saving irrigation manual of autumn chinese cabbage. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5):679-687.
- 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.
- NIAST. 1996. Research Report. RDA, Korea.
- KSIS, 2011. Root and Tuber crops productions. (<http://www.kosis.kr>)