

노지재배 옥수수의 생육시기별 물 요구량 구명

엄기철* · 박소현 · 유성녕¹

세종데이터해석연구원, ¹국립 한경대학교

Water Requirement of Maize According to Growth Stage

Ki-Cheol Eom*, So-Hyun Park, and Sung-Yung Yoo¹

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

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

Water is the most important resource for the maximum water use efficiency and yield of maize. Water has to be applied moderately based on the water requirement of maize. 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 maize was divided into five ones (G-1: Apr. 25 ~ May 20, G-2: May 21 ~ Jun. 20, G-3: Jun. 21 ~ Jul. 20, G4: Jul. 11 ~ Jul. 25, G5: Jul. 26 ~ Aug. 20). The average PET during maize growing season of the 45 areas was 2.85 mm day⁻¹. The highest water requirement was at the G-3 stage among the maize growth stages. The mean water requirement (MWR) according to growth stage was 1.74 ~ 2.42 (average 2.02), 2.99 ~ 4.21 (average 3.41), 3.82 ~ 5.25 (average 4.41), 3.05 ~ 4.31 (average 3.48), and 2.62 ~ 3.49 (average 3.01) mm day⁻¹ in the G-1, G-2, G-3, G-4 and G-5 stage, respectively. The total water requirement (TWR) according to growth stage was 45.37 ~ 63.04 (average 52.56), 92.54 ~ 130.59 (average 105.77), 76.46 ~ 105.09 (average 88.14), 45.73 ~ 64.67 (average 52.20), and 68.25 ~ 90.75 (average 78.33) mm in the G-1, G-2, G-3, G-4 and G-5 stage, respectively.

Key words: Maize, Potential evapotranspiration, Mean water requirement, Total water requirement

서 언

한국은 일본에 이어 세계 2위의 옥수수 수입국이며, 2010년 기준으로 국내 총 곡물 수입량 1,571만 2,000 ton의 57.7%인 905만 9,000t을 수입하고 있어 옥수수의 곡물자급률은 0.8%에 불과한 실정이다. 2010년 현재 우리나라 옥수수 재배면적은 27,000 ha로 꾸준한 증가추세에 있으나 국내 생산량은 2011년 기준으로 연간 7만 4,000 ton으로 아시아 최하위권이다. 특히 옥수수는 타 작물 대비 잎 면적 등 지상부 건물중이 상대적으로 크기 때문에 급작스런 기후변화에 생장이 민감하게 반응하고 생산량에 막대한 영향을 받는다. 특히 한발 등의 기상재해발생 시 국제적으로 옥수수 곡물가격이 급등하는 추세에 있다. 이와 같은 여건을 고려해 볼 때 우리나라 옥수수의 생산성 향상은 시급한 상황이며, 이는 옥수수 재배에 있어 품종, 토양관리, 비배관리, 병해충 관리와 함께 물 관리를 어떻게 하느냐에 달려있다. 작물 재배에 있어 물의 중요성에 비해 기상조건과 작물생육시

기별 얼마만큼의 물이 요구되는가에 대해서는 구명된 연구 결과가 매우 드물다 (Hegneym, 1997; Eom et al., 1999). 작물의 재배지역이 다르면 기상조건이 다르기 때문에 대기의 증발요구량이 차이가 나고, 또 작물의 생육 시기별 기상 조건의 차이뿐 아니라, 생육기별로 작물체내 생리작용의 차이에 의하여 작물의 물 요구 정도 (작물계수)는 크게 다르게 된다 (Eom et al., 2012). 현재까지 국내 옥수수의 물 요구량에 관한 가장 획기적인 연구는 1960~1989년 30년 동안의 기상자료에 근거한 밭작물 물 관리 지침서 (Eom et al., 1999) 라고 볼 수 있으나, 상기 연구는 관개기준에 대한 결과만 나와 있고, 최근 기상자료를 활용한 옥수수의 물 요구량은 산정된 연구결과가 없다. 따라서 본 연구는, 우리나라 1979년~2008년까지의 기후 데이터를 활용하여 우리나라 기상관측소 중 30년 이상 pan 증발량이 측정된 45개 지역을 대상으로 기후변화에 따른 옥수수의 물 요구량을 산정함으로써 기존의 연구결과를 수정보완하고, 옥수수의 생산량 증대와 아울러 금후 국가 물 수급계획 수립의 기초자료로 활용코자 수행하였다.

접수 : 2013. 1. 7 수리 : 2013. 2. 4

*연락처 : Phone: +821088568765

E-mail: kceom6578@hanmail.net

재료 및 방법

옥수수의 전 생육기간을 5단계로 나누어 차례로 G-1 단계 (생육초기) 4월 25일~5월 20일, G-2 단계 (신장기) 5월 21일~6월 20일, G-3단계 (생육중기) 6월 21일~7월 20일, G-4 단계(생육후기) 7월 21일~7월 25일, G-5 단계 (생육 말기) 7월 26일~8월 20일로 구분하였다. 옥수수가 필요로 하는 물 요구량을 산정하기 위한 기상조건의 지표인 잠재증발산량 (PET: Potential Evapotranspiration)은 최근 30년간 45 개 지역별 순별 기상자료의 대형 pan증발량 (Eo)값을 이용하여, 대형 pan 증발계로 측정된 값 (Eo)에 의한 PET 추정 모형 (Lim, 1988)인 식 (1)에 근거하여 산출하였다.

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

옥수수의 생육시기별 작물계수 (Kc: Crop Coefficient)는 농촌진흥청 농업과학기술원 시험포장의 Lysimeter 실험을 통하여 식 (2)에 의하여 산출된 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))을 해당일수로 나눈 값으로 식 (5)와 같이 산정하였다.

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

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

여기서, n은 생육시기별 해당기간의 일수이다. 옥수수의 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 옥수수의 주 재배시기인 4월 하순~8월 중순까지의 최근 30년간 기상자료와 식 (1)에 의하여 산정된 산정한 순별 PET값은 Table 1과 같다. 옥수수 생육시기별 해당일의 PET를 해당 순별 평균 일 PET 값 (Table 1)을 적용하고 기간별 포함되는 일수에 따라 산정한, 옥수수 생육기간 동안의 PET는 최소 인천의 2.56 mm day⁻¹로부터 최대 대구의 3.38 mm day⁻¹ 범위를 보였으며, 45개 지역에 대한 평균은 2.85 mm day⁻¹이었다. 이와 같은 결과는 최근 30년간 우리나라 67개 지역 전체의 년 평균 PET가 2.36 mm day⁻¹ 이었다는 결과 (Eom et al., 2011)와 비교하여 볼 때 우리나라 옥수수는 년 중 PET가 비교적 높은 기간에 생육되고 있음을 알 수 있다. 생육기별로 보면 옥수수의 생육초기에 2.97 mm day⁻¹로서 최저값을 나타냈고, 바로 다음 생육기인 신장기에 3.13 mm day⁻¹로서 최대값을 보였다.

본 연구에서 NIAST의 연구결과를 인용하여 적용한 노지 재배 옥수수의 생육시기별 작물계수는 Table 2와 같다. 옥수수의 생육 초기에 0.68을, 신장기에 1.09, 중기에 1.68, 후기에 1.33, 말기에 1.03을 각각 적용하였다. 본 연구에서 작물계수를 과거의 연구결과를 적용하게 된 이유는, 작물의 생육시기별 작물계수를 구명하기 위해서는 Lysimeter 연구 시설을 이용하여 5년 이상 장기간 측정을 하여야하므로, 그 이후에는 우리나라에서 더 연구된 결과가 없기에 상기 결과를 적용하게 되었다.

식 (3)에 의하여 산출된 노지 옥수수의 생육기간 전체에 대한 평균 일 물 요구량 (MWR : mm day⁻¹)은 Table 3에서와 같이, 45지역의 전 생육기간 평균 3.27 mm day⁻¹이었다. 노지 옥수수의 생육단계별 평균 일 물 요구량 (MWR)은 G-1, G-2, G-3, G-4 및 G-5 생육단계별 각각 1.74~2.42 (평균 2.02), 2.99~4.21 (평균 3.41), 3.82~5.25 (평균 4.41), 3.05~4.31 (평균 3.48) 및 2.62~3.49(평균 3.01) mm day⁻¹이었다 (Table 4).

식 (4)에 의해 산출된 노지 옥수수의 생육기간 전체에 대한 평균 총 물 요구량 (TWR : mm day⁻¹)은 Table 3에서와 같이, 45지역 평균 377.0 mm이었다. 옥수수의 생육단계별 평균 총 물 요구량 (TWR : mm day⁻¹)은 G-1, G-2, G-3, G-4 및 G-5 생육단계별 각각 45.37~63.04 (평균 52.56), 92.54~130.59 (평균 105.77), 76.46~105.09 (평균 88.14), 45.73~64.67 (평균 52.20) 및 68.25~90.75 (평균 78.33) mm 이었다.

옥수수의 MWR은 45지역 모두 G-3 단계 (생육중기)에서 가장 많았다 (Table 4). 이와 같은 결과는 G-3 생육단계의

Table 1. The potential evapotranspiration (mm day⁻¹) of maize for growing season in various areas.

Area	G1	G2	G3	G4	G5	average
Gangneung	3.12	3.11	2.63	2.64	2.70	2.84
Geochang	2.87	2.96	2.37	2.37	2.68	2.65
Goheung	2.86	3.07	2.51	2.81	3.18	2.89
Gwangju	2.93	3.27	2.59	2.74	3.08	2.92
Gunsan	2.73	2.96	2.68	2.68	3.14	2.84
Namwon	2.73	2.94	2.46	2.49	2.86	2.70
Daegwallyeong	3.28	3.01	2.31	2.34	2.37	2.66
Daegu	3.57	3.86	3.13	2.97	3.39	3.38
Daejeon	2.98	3.17	2.66	2.67	2.91	2.88
Mokpo	2.67	2.89	2.29	2.63	3.05	2.71
Milyang	2.89	3.11	2.67	2.70	2.96	2.87
Buan	2.87	3.09	2.67	2.68	3.03	2.87
Busan	2.57	2.74	2.28	2.54	2.87	2.60
Buyeo	2.80	3.06	2.63	2.46	2.86	2.76
Seosan	2.88	3.19	2.61	2.54	2.90	2.82
Seoul	2.92	3.10	2.66	2.40	2.71	2.76
Sokcho	3.45	3.16	2.64	2.62	2.84	2.94
Suwon	2.85	3.14	2.74	2.61	2.91	2.85
Yangpyung	2.92	3.15	2.80	2.36	2.75	2.80
Yeosu	3.04	3.18	2.53	2.92	3.29	2.99
Yeongdeok	3.37	3.40	2.66	2.57	2.58	2.92
Wando	2.87	3.04	2.38	2.71	3.36	2.87
Ulleung	3.04	3.03	2.41	2.62	2.74	2.77
Ulsan	2.89	3.07	2.44	2.66	3.02	2.82
Uljin	3.29	3.18	2.65	2.66	2.96	2.95
Wonju	2.97	3.15	2.88	2.49	2.84	2.87
Uiseong	3.12	3.32	2.83	2.73	3.00	3.00
Icheon	2.67	2.83	2.48	2.26	2.55	2.56
Inje	3.21	3.28	2.94	2.58	2.84	2.97
Incheon	2.79	2.94	2.65	2.48	2.81	2.74
Imsil	2.80	3.02	2.46	2.49	2.85	2.73
Jangheung	2.84	2.97	2.30	2.51	2.85	2.69
Jeongeup	2.95	3.34	2.80	2.77	3.34	3.04
Jeju	2.76	2.95	2.71	3.24	3.31	3.00
Jecheon	2.89	3.04	2.65	2.29	2.68	2.71
Jinju	2.98	3.12	2.51	2.73	2.96	2.86
Cheongju	3.00	3.29	2.72	2.70	2.97	2.94
Chupungryong	3.44	3.41	2.70	2.60	2.95	3.02
Chuncheon	2.86	3.12	2.81	2.61	2.74	2.83
Chungju	3.07	3.29	3.02	2.73	2.98	3.02
Pohang	3.16	3.29	2.66	2.89	3.05	3.01
Haenam	2.89	3.07	2.45	2.74	3.22	2.87
Hongcheon	2.77	2.95	2.73	2.33	2.64	2.69
Average	2.97	3.13	2.62	2.62	2.92	2.85

* Growth stage

G-1 : Apr. 25 ~ May. 20,

G-2 : May. 21 ~ Jun. 20

G-3 : Jun. 21 ~ Jul. 10,

G-4 : Jul. 11 ~ Jul. 25

G-5 : Jul. 26 ~ Aug. 20

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

Growth stage	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5
Date	4/25 ~ 5/20	5/21 ~ 6/20	6/21 ~ 7/10	7/11 ~ 7/25	7/26 ~ 8/20
Kc	0.68	1.09	1.68	1.33	1.03

* Growth stage

G-1 : Apr. 25 ~ May. 20, G-2 : May. 21 ~ Jun. 20
 G-3 : Jun. 21 ~ Jul. 10, G-4 : Jul. 11 ~ Jul. 25
 G-5 : Jul. 26 ~ Aug. 20

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

	Growth stage					Average	Sum
	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5		
MWR	2.02	3.41	4.41	3.48	3.01	3.27	
STD	0.15	0.21	0.32	0.25	0.23		
TWR	52.6	105.8	88.1	52.2	78.3		377.0
STD	4.02	6.43	6.48	3.73	5.94		

* MWR = mean water requirement (mm day⁻¹)

* TWR = Total water requirement (mm)

* Growth stage

G-1 : Apr. 25 ~ May. 20, G-2 : May. 21 ~ Jun. 20
 G-3 : Jun. 21 ~ Jul. 10, G-4 : Jul. 11 ~ Jul. 25
 G-5 : Jul. 26 ~ Aug. 20

Table 4. The mean water requirement (MWR) & total water requirement (TWR) of maize according to growth stage for 45 areas (unit in mm).

Area		Growth stage				
		G-1	G-2	G-3	G-4	G-5
Gangneung	MWR	2.12	3.39	4.42	3.52	2.78
	TWR	55.18	105.21	88.39	52.75	72.21
Geochang	MWR	1.95	3.23	3.98	3.16	2.76
	TWR	50.75	100.10	79.67	47.36	71.88
Goheung	MWR	1.95	3.35	4.21	3.73	3.28
	TWR	50.62	103.80	84.27	56.01	85.24
Gwangju	MWR	1.99	3.56	4.35	3.64	3.17
	TWR	51.82	110.49	87.02	54.59	82.53
Gunsan	MWR	1.86	3.23	4.50	3.56	3.23
	TWR	48.31	100.04	90.02	53.42	83.99
Namwon	MWR	1.86	3.21	4.13	3.32	2.95
	TWR	48.35	99.38	82.61	49.73	76.71
Daegwallyeong	MWR	2.23	3.28	3.89	3.11	2.44
	TWR	57.95	101.75	77.75	46.58	63.44
Daegu	MWR	2.42	4.21	5.25	3.95	3.49
	TWR	63.04	130.59	105.09	59.32	90.75
Daejeon	MWR	2.03	3.45	4.47	3.56	3.00
	TWR	52.70	106.97	89.47	53.35	78.05
Mokpo	MWR	1.82	3.15	3.84	3.50	3.14
	TWR	47.29	97.50	76.84	52.48	81.66
Miryang	MWR	1.96	3.39	4.49	3.59	3.05
	TWR	51.05	105.24	89.74	53.89	79.31
Busan	MWR	1.74	2.99	3.82	3.38	2.95
	TWR	45.37	92.54	76.46	50.73	76.79
Buan	MWR	1.95	3.36	4.49	3.57	3.13
	TWR	50.75	104.31	89.83	53.49	81.27

Table 4. Continued.

Area		Growth stage				
		G-1	G-2	G-3	G-4	G-5
Buyeo	MWR	1.91	3.33	4.43	3.28	2.94
	TWR	49.54	103.29	88.50	49.15	76.51
Seosan	MWR	1.96	3.47	4.39	3.38	2.99
	TWR	50.84	107.67	87.76	50.66	77.67
Seoul	MWR	1.99	3.38	4.46	3.19	2.79
	TWR	51.70	104.91	89.27	47.82	72.65
Sokcho	MWR	2.35	3.44	4.43	3.48	2.92
	TWR	61.00	106.66	88.55	52.21	76.04
Suwon	MWR	1.94	3.42	4.60	3.47	3.00
	TWR	50.32	106.13	92.06	52.12	78.03
Yangpyung	MWR	1.98	3.44	4.70	3.14	2.83
	TWR	51.61	106.50	94.08	47.08	73.66
Yeosu	MWR	2.07	3.47	4.25	3.88	3.39
	TWR	53.76	107.62	85.04	58.20	88.07
Yeongdeok	MWR	2.29	3.71	4.46	3.42	2.66
	TWR	59.53	115.05	89.24	51.23	69.22
Yeongju	MWR	2.30	3.75	4.76	3.45	3.02
	TWR	59.89	116.29	95.29	51.77	78.57
Wando	MWR	1.95	3.31	4.00	3.60	3.46
	TWR	50.78	102.76	79.98	54.00	90.01
Ulleung	MWR	2.07	3.30	4.05	3.49	2.82
	TWR	53.81	102.42	81.01	52.28	73.45
Ulsan	MWR	1.97	3.34	4.10	3.54	3.11
	TWR	51.12	103.58	82.05	53.03	80.93
Uljin	MWR	2.24	3.47	4.45	3.54	3.04
	TWR	58.24	107.44	89.07	53.06	79.14
Wonju	MWR	2.02	3.43	4.85	3.31	2.93
	TWR	52.45	106.31	96.91	49.70	76.07
Uiseong	MWR	2.12	3.62	4.76	3.63	3.09
	TWR	55.15	112.07	95.18	54.52	80.28
Icheon	MWR	1.81	3.08	4.17	3.00	2.62
	TWR	47.14	95.58	83.48	45.03	68.25
Inje	MWR	2.19	3.57	4.95	3.43	2.92
	TWR	56.82	110.75	98.90	51.43	76.02
Incheon	MWR	1.90	3.21	4.45	3.30	2.90
	TWR	49.41	99.42	88.94	49.50	75.27
Imsil	MWR	1.91	3.30	4.14	3.31	2.94
	TWR	49.58	102.20	82.82	49.68	76.37
Jangheung	MWR	1.93	3.24	3.86	3.34	2.94
	TWR	50.30	100.31	77.12	50.17	76.33
Jeonju	MWR	1.92	3.42	4.18	3.43	3.05
	TWR	49.82	106.12	83.55	51.47	79.33
Jeongeup	MWR	2.01	3.64	4.71	3.68	3.44
	TWR	52.19	112.74	94.19	55.27	89.44
Jeju	MWR	1.88	3.22	4.56	4.31	3.41
	TWR	48.81	99.76	91.19	64.67	88.57
Jecheon	MWR	1.96	3.31	4.46	3.05	2.77
	TWR	51.04	102.62	89.12	45.73	71.89
Jinju	MWR	2.02	3.40	4.21	3.63	3.05
	TWR	52.65	105.36	84.22	54.46	79.33
Cheongju	MWR	2.04	3.59	4.57	3.59	3.06
	TWR	53.09	111.31	91.45	53.89	79.47
Chungcheong ryong	MWR	2.34	3.72	4.53	3.46	3.04
	TWR	60.75	115.31	90.58	51.91	78.95

Table 4. Countinued.

Area		Growth stage				
		G-1	G-2	G-3	G-4	G-5
Chuncheon	MWR	1.94	3.40	4.73	3.47	2.82
	TWR	50.49	105.30	94.55	52.02	73.28
Chungju	MWR	2.09	3.59	5.08	3.63	3.07
	TWR	54.27	111.31	101.55	54.49	79.81
Pohang	MWR	2.15	3.58	4.48	3.84	3.14
	TWR	55.91	111.05	89.50	57.62	81.57
Haenam	MWR	1.96	3.35	4.11	3.65	3.31
	TWR	51.08	103.86	82.19	54.73	86.16
Hongcheon	MWR	1.88	3.22	4.59	3.10	2.72
	TWR	48.93	99.84	91.88	46.51	70.73
Average	MWR	2.02	3.41	4.41	3.48	3.01
	TWR	52.56	105.77	88.14	52.20	78.33

*MWR = mean water requirement (mm day⁻¹) *TWR = Total water requirement (mm)

*Growth stage

G-1 : Apr. 25 ~ May. 20, G-2 : May. 21 ~ Jun. 20
 G-3 : Jun. 21 ~ Jul. 10, G4 : Jul. 11 ~ Jul. 25, G-5 : Jul. 26 ~ Aug. 20

작물계수 (Kc)가 타 생육기간 보다 높기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 과거 기상자료에 근거한 옥수수의 최대관개 기준이라 할 수 있는 물 관리 지침서가 개발되어 있으나 그 지침서에 구체적인 옥수수의 물 요구량은 명시되어 있지 않기에 과거의 물 지침서와의 물 요구량 비교분석, 그리고 옥수수의 품종간 물 요구량 차이 구명 등은 추후 연구 되어야 할 것으로 사료된다.

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

사 사

본 연구는 농촌진흥청 지원과제 (과제 명 : 신 기후변화 시나리오에 따른 농업용수 수급 예측 기술 개발; Agenda 5-13-33)로 수행되었음.

요 약

본 연구는 우리나라 1979년~2008년까지의 기후 데이터를 활용하여 우리나라 45개 지역을 대상으로 기후변화에 따른 옥수수의 물 요구량을 산정함으로써 기존의 연구결과를 수정보완하고 옥수수의 생산성 증대와 아울러 급후 국가 물 수급계획 수립의 기초자료로 활용코자 수행하였다. 옥수수 생육기간 동안의 PET는 최소 인천의 2.56 mm day⁻¹로부터 최대 대구의 3.38 mm day⁻¹ 범위를 보였으며, 45개 지역에 대한 평균은 2.85 mm day⁻¹이었다. 옥수수 전 생육기간의 45지역 평균 일 물 요구량 (MWR)은 3.27 mm day⁻¹이었으며, G-1, G-2, G-3, G-4 및 G-5 생육단계별 각각 1.74~2.42 (평균 2.02), 2.99~4.21 (평균 3.41), 3.82~5.25 (평균 4.41), 3.05~4.31 (평균 3.48) 및 2.62~3.49 (평균 3.01) mm day⁻¹이었다. 옥수수 전 생육기간의 45지역 평균 총 물 요구량 (TWR)은 377.0 mm 이었으며, G-1, G-2, G-3, G-4 및 G-5 생육단계별 각각 45.37~63.04 (평균 52.56), 92.54~130.59 (평균 105.77), 76.46~105.09 (평균 88.14), 45.73~64.67 (평균 52.20) 및 68.25~90.75 (평균 78.33) mm 이었다. 또한 MWR은 G-3 생육단계에서 가장

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 Journal of Soil Science and Fertilizer 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 Journal of Soil Science and Fertilizer 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 Journal of Soil Science and Fertilizer 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 Journal of Soil Science and Fertilizer 44(5):674-678.

Eom, K.C. and S.H. Park. 2012. Water Saving Irrigation Manual of House Red Pepeer for the North Region of Korea. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer.

- 45(2):312-316.
- Hegney M.A and H.P. Hoffman. 1997. maize 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 Journal of Soil Science and Fertilizer 43(5):679-687.
- Lim, J.N. 1988. Modeling of Estimating Soil Moisture, Evapotranspiration and Yield of Chinese Cabbages from Meterological Data at Different Growth Stages. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 21(4):386-408.
- NIAST. 1996. Research Report, R.D.A.
- KSIS. 2011. Root and Tuber crops productions. (<http://www.kosis.kr>)