

FAO Penman-Monteith 공식을 이용한 수원지역 포도 수체 증발산량 예측

윤석규¹ · 허승오² · 김승희^{1*} · 박서준¹ · 김정배¹ · 최인명¹

¹국립원예특작과학원 과수과, ²국립농업과학원 토양비료관리과

(2009년 7월 8일 접수; 2009년 8월 24일 수정; 2009년 9월 23일 수락)

Prediction of Evapotranspiration from Grape Vines in Suwon with the FAO Penman-Monteith Equation

Seok-Kyu Yun¹, Seung-Oh Hur², Seung-Heui Kim^{1*}, Seo-Jun Park¹,
Jeong-Bae Kim¹ and In-Myung Choi¹

¹Fruit Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea

²Soil and Fertilizer Management Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-706, Korea

(Received July 8, 2009; Revised August 24, 2009; Accepted September 23, 2009)

ABSTRACT

Food and Agricultural Organization (FAO) Penman-Monteith (PM) equation is one of the most widely used equations for predicting evapotranspiration (ET) of crops. The ET rate and the base crop coefficients (K_{cb}) of the two different grape vines (i.e., Campbell Early and Kyoho) cultivated in Suwon were calculated by using the FAO PM equation. The ET rate of Campbell Early was 2.41 mm day⁻¹ and that of Kyoho was 2.22 mm day⁻¹ in August when the leaf area index was 2.2. During this period, the K_{cb} of Campbell Early based on the FAO PM equation was on average 0.49 with the maximum value of 0.72. On the other hand, the K_{cb} of Kyoho was averaged to be 0.45 with the maximum value of 0.64. The seasonal leaf area index for two grape cultivars was measured as 0.15 in April, 0.5 in May, 1.4 in June, 2.2 in July-September, and 1.5 in October. The K_{cb} of Campbell Early showed a seasonal variation, changing from 0.03 in April to 0.11 in May, 0.31 in June, 0.49 in July-September, and 0.33 in October. The magnitudes and the seasonality of K_{cb} of Kyoho were similar to those of Campbell Early.

Key words : Evapotranspiration, Crop coefficient, Grape, FAO Penman-Monteith equation

I. 서 론

우리나라에서 포도 재배 면적은 2007년 현재 17,660ha로 우리나라 농경지의 연간 증발산량을 500~900mm로 가정하고(Choi, 2003; Kang *et al.*, 2009) 이 중에 약 30% 정도가 농업용수로 공급된다고 가정하면 포도 과원에서 소비되는 농업용수의 양은 연간 0.21~0.4억m³로 추정된다. 이렇게 포도 과원에서 소비되는 농업용수를 절감하기 위해서는 포도 과원에

알맞은 물 관리 기술의 개발이 필요하다.

포도 재배에 있어서 합리적인 물 관리를 위해서는 포도 생육시기에 따른 포도 증발산량을 정확히 산정하는 것이 요구된다. 일반적으로 작물재배에 있어서 관수량은 작물의 수체 증산량, 지표 증발량, 유효 강수량 등에 의해 결정되므로 포도의 생육 단계에 알맞은 관수량을 결정하기 위해서는 먼저 포도의 증발산량을 정확히 산정하여야 한다(Hur *et al.*, 2006).

작물 증발산량을 예측하는 데 있어서 잠재증발산량

* Corresponding Author : Seung-Heui Kim (vitis@rda.go.kr)

(potential evapotranspiration)의 산정을 통해 예측하려는 연구가 다수 수행되었는데(Allen, 1986; Allen and Pruitt, 1986; Jensen *et al.*, 1990; Ritchie, 1972; Ritchie and Burnett, 1968), 우리나라에서는 1970년대에는 Penman법에 의한 잠재증발산량 추정(Lee, 1973b), 물수지법에 의한 증발산량 산정(Jo, 1974), Christiasen식의 적용(Lee, 1973a) 등의 연구가 수행되었다. 1980년 이후에는 농업기술연구소에서 라이시미터(lysimeter)에 의한 잠재증발산량 측정값과 추정값 간의 비교를 통해 주요 작물의 최대 증발산량과 작물 계수를 산정하였고(Im *et al.*, 1982; Im and Yoo, 1986; Lee *et al.*, 1988; Oh *et al.*, 1996a; Oh *et al.*, 1996b), 이를 관개시기나 관개량 결정에 이용하였다(Eom *et al.*, 1999). 그러나 기존의 모형들은 순별 단위 또는 월별 단위의 기상자료에 대한 평균값으로 증발산량을 나타내므로 일 단위의 증발산량을 계산하는 데는 적합하지 않은 어려움이 있다. 국제식량기구(FAO, Food and Agricultural Organization of the United Nations)에서는 이러한 제한 요인을 극복하고자 FAO Penman-Monteith(이하 FAO PM) 공식을 작물 증발산량 추정에 활용하도록 추천하고 있다(Allen *et al.*, 1998). Hur *et al.*(2006)에 따르면 FAO PM으로 기준증발산량을 예측하는데 있어 지중열류량은 에너지가 작아서 무시할 수 있다고 하였으며, 순복사량 측정값과 FAO PM에 의한 예측값을 비교했을 때 FAO PM에 의한 추정 값이 사용 가능하며 지표면 반사율은 잔디의 반사율을 활용해도 결과에는 큰 영향이 없는 것으로 나타나 작물 증발산량을 산정하는데 있어서 FAO PM이 유용하다고 하였다.

포도 나무의 증발산량을 예측하는데 있어서 FAO PM 공식은 유용할 것으로 예상되는데, 포도 증발산량 예측에 FAO PM 공식을 이용하기 위해서는 포도 작물계수의 산정이 필요하다. 하지만 국내에서는 포도 증발산량 예측에 대한 연구가 미진한 실정이며, 외국에서 연구된 포도 작물계수에 대한 자료는 품종의 차이와 재배지역의 기상에 차이가 있어 우리나라에서 주로 재배되는 품종에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 수원지역에서 간이 라이시미터를 이용하여 포도 나무의 증발산량을 측정하고 이를 바탕으로 FAO PM 공식에 적용할 수 있는 포도 기본작물계수(K_{cb})를 산정하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. FAO PM 증발산량 예측 공식

작물 증발산량 예측을 위해 여러 종류의 증발산량 예측공식이 개발되었는데, FAO에서는 1999년 기준에 사용되던 20여 종류의 증발산량 공식을 검정하고 기준 증발산량 공식인 FAO PM 공식을 사용하도록 추천하였다.

FAO PM 공식에서는 작물의 증발산량을 산정하는데 있어서, 여러 작물을 대상으로 산정하기 보다는 기준 작물의 증발산량을 산정하여 기준증발산량(reference evapotranspiration)으로 정의하고 기준작물이 아닌 다른 작물의 증발산량은 기준증발산량에 작물 계수(crop coefficient)를 곱하여 구한다. 이때 기준작물로는 잔디가 추천되며 FAO PM 공식은 다음과 같다(Allen *et al.*, 1998).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

여기서, ET_o = 기준증발산량(mm day^{-1}), R_n = 순복사 에너지($\text{MJm}^{-2} \text{day}^{-1}$), G = 지중열($\text{MJm}^{-2} \text{day}^{-1}$), $T=2\text{m}$ 높이에서 일평균기온($^{\circ}\text{C}$), u_2 = 2m 높이에서 풍속(ms^{-1}), e_s = 포화증기압(kPa), e_a = 실제증기압(kPa), $e_s - e_a$ = 포차(kPa), Δ = 증기압 곡선의 기울기($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$), γ = 건습계 상수($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$)이다.

FAO에서 발행한 작물 증발산량 가이드북(Allen *et al.*, 1998)에 의하면 기준작물의 증발산량 즉 기준증발산량은 식 (2)와 같이 작물 증발산량과 토양 증발산량으로 구성되며, 표준 조건에서 특정 작물의 증발산량은 식 (3)과 같이 기준증발산량에 작물계수를 곱하여 계산된다.

$$ET_o = ET_c + ET_s \quad (2)$$

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (3)$$

여기서 ET_c = 작물 증발산량(crop evapotranspiration), ET_s = 토양 증발산량(evapotranspiration of bare soil), K_c = 작물계수(crop coefficient)이다.

따라서 특정 작물의 작물계수는 식 (4)와 같이 정의된다. 그리고 특정작물의 작물계수(K_c)는 식 (5)와 같이 기본작물계수(K_{cb})와 토양 계수(K_e)로 구성된다.

$$K_c = ET_c / ET_o \quad (4)$$

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (5)$$

여기서 K_{cb} = 기본작물계수(base crop coefficient), K_e = 토양 계수(soil evaporation coefficient)이다.

특정 작물의 증발산량 예측에 FAO PM 공식을 활용하기 위해서는 특정 작물의 작물계수를 산정하는 것이 필요한데, 먼저 특정 작물의 증발산량을 측정하고 이를 수집된 기상자료를 바탕으로 계산된 FAO PM 기준증발산량 계산값과 비교하여 작물계수를 산정한다.

2.2. 포도 증발산량

포도 나무의 증발산량 측정을 위해 경기도 수원에 소재한 국립원예특작과학원의 비기립 하우스 포장에 간이 라이시미터를 설치하여 포도 나무의 일일 증발산량을 측정하였다. 시험수는 캠벨얼리 품종과 거봉 품종 각각 1년생을 사용하였고 각각 5주에 대한 일일 증발산량을 측정하였다.

수원지역에서 포도 엽면적 지수가 7월 10일부터 9월 20일경에 최대인 점을 고려하여, 포도 나무의 증발산량은 8월 1일부터 8월 31일까지 30일간 측정하였다. 간이 라이시미터는 가로 0.41m, 세로 0.24m, 높이 0.29m, 27리터 용량의 플라스틱 화분으로 제작하였다. 일별 수분 증발산량은 하루에 1.2리터의 물을 공급하고 배출된 량을 측정하여 계산하였으며 나무를 식재하지 않은 라이시미터에서 지표 증발량을 측정하여 포도 나무의 순수한 증발산량을 계산하였다. 조사 기간 동안에 엽면적 변화에 의한 포도 증발산량의 오차를 줄이기 위해 엽 수를 28매로 고정하여 엽면적을 일정하게 유지하였다. 본 시험에서 포도 수분 증발산량을 실측한 8월을 제외한 다른 시기의 수분 증발산량은 포도 엽면적 지수를 고려하여 계산하였다.

2.3. 기상자료 수집 및 포도 작물계수 산정

포도 증발산량을 측정한 비기립 하우스 포장의 기상 변화는 Davis pro2(Davis Co., USA)를 사용하여 온

도, 습도, 풍속, 일조시수, 일사량을 지상 1.5m에서 측정하였다. 비기립 하우스 포장에서 측정된 기상자료를 사용하여 FAO PM 공식으로부터 FAO PM 기준 증발산량을 계산하였으며, 계산식은 FAO 홈페이지에서 제공한 fao-pmon.xls(ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/et0-rev/fao-pmon.zip) 계산식을 이용하였다. 측정된 포도 캠벨얼리와 거봉의 수체 증발산량 측정값과 FAO PM 기준증발산량 계산값을 이용하여 포도의 기본작물계수 (K_{cb})를 산정하였다.

2.4. 포도 생육시기별 엽면적 지수 변화 조사

수원 국립원예특작과학원에 소재한 비기립 하우스 포장에서 캠벨얼리는 개량일문자형 7년생과 거봉은 덕식 8년생을 대상으로 생육시기별 엽면적을 조사하여 생육시기별 엽면적 지수를 산정하였다. 포도 엽면적은 엽면적 측정기(LI-3100C, LI-COR Co., USA)를 사용하여 측정하였으며 5월 20일부터 9월 10일까지 10일 간격으로 조사하였다.

III. 결 과

3.1. 포도 일별 증발산량

포도 수분 증발산량을 산정하고자, 엽면적 지수가 최대인 8월에 포도 캠벨얼리와 거봉의 일별 증발산량을 측정된 결과(Table 1), 엽면적 지수가 2.2인 조건에서 캠벨얼리 품종의 증발산량은 평균값 2.41mm day⁻¹, 최고값 2.68mm day⁻¹, 최저값 2.00mm day⁻¹ 이고 거봉 품종은 평균값 2.22mm day⁻¹, 최고값 2.55mm day⁻¹, 최저값 1.81mm day⁻¹ 이었다.

3.2. 기상조건 및 FAO PM 기준증발산량

포도 증발산량을 측정한 시험 포장의 8월 평균기온 25.8°C이고 시험 포장의 기상자료를 바탕으로 계산한 FAO PM 일별 기준증발산량은 평균 값은 5.02mm

Table 1. Water consumption, leaf area and plant evapotranspiration rate in two grape cultivars during August

Division	Campbell early			Kyoho		
	Average	Max	Min.	Average	Max	Min.
Water consumption (m/ day ⁻¹ tree ⁻¹)	675	814	415	686	797	425
Leaf area (m ² tree ⁻¹)	0.57	0.62	0.53	0.62	0.68	0.55
Evapotranspiration rate (mm day ⁻¹)	2.41	2.68	2.00	2.22	2.55	1.81

Leaf area index for grapes was 2.2 in August.

Table 2. Weather conditions, evapotranspiration rate from the lysimeter, and the FAO Penman-Monteith evapotranspiration (PM ET_o) in a plastic house during August

Location	Division	Temp. (°C)	Max. Humidity (%)	Min. Humidity (%)	Sunshine duration (hr)	Wind speed (ms ⁻¹)	Evapotranspiration rate (mm day ⁻¹)	PM ET _o (mm day ⁻¹)
Inside	Average	25.8	92	51	9.7	0.37	2.46	5.02
	Max.	30.7	96	79	11.5	1.34	3.75	5.96
	Min.	19.6	82	31	4.0	0.03	1.25	3.07
Outside	Average	25.5	78	56	6.8	1.98	4.56	4.48
	Max.	30.3	93	81	12.6	3.60	8.10	6.70
	Min.	19.1	62	37	0.0	1.00	0.50	2.40

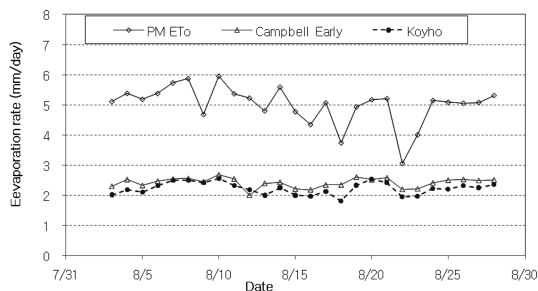
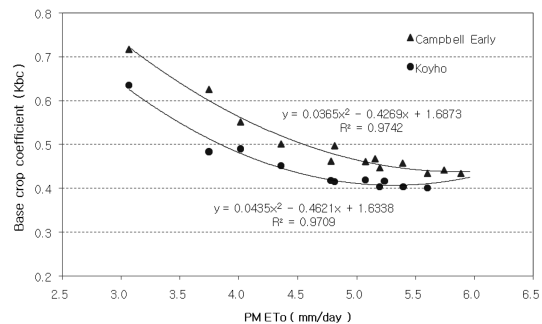
day⁻¹, 최고 값은 5.96mm day⁻¹, 최저 값은 3.07mm day⁻¹ 이었다(Table 2).

포도 8월중 일별 포도 수체증발산량과 FAO PM 기준증발산량을 비교한 결과, FAO PM 기준증발산량은 기온 변화에 따라 일별로 큰 변화를 나타냈으나 포도 수체 증발산량은 일별로 적은 차이를 나타냈다(Fig. 1). 이는 FAO PM 기준증발산량은 기온이 상승하거나 풍속이 빨라질 수록 계속 증가하는데 비해 포도 식물체의 증산량은 기온이나 풍속의 증가에 따라 증가하지만 일정 수준에 도달하면 기공이 닫힘으로써 증산량이 더 이상 증가하지 않기 때문으로 추정된다. 한편 포도 증발산량은 캠벨얼리가 다소 높은 경향이었

으나 품종간 차이는 미미하였다.

3.3. 포도 FAO PM 기본작물계수

본 연구에서 측정한 포도나무의 수체 증발산량과 FAO PM 기준증발산량을 계산하여 포도 기본작물계수(K_{cb})를 산정한 결과, 포도 엽면적 지수가 2.2인 시기에 캠벨얼리는 평균 0.49, 최고 0.72로 산정되었으며 거봉은 평균 0.45, 최고 0.64로 산정되었다(Table 3). 그리고 포도 기본작물계수는 FAO PM 기준증발산량과 부의 상관관계를 보이며 최고 값 0.72, 최저 값 0.40 사이에 분포하였다(Fig. 2).

**Fig. 1.** The FAO Penman-Monteith evapotranspiration (PM ET_o) and evapotranspiration rate from the lysimeter measurements of Campbell Early and Kyoho grapes during the period when LAI was 2.2 in a plastic house.**Fig. 2.** The relationship between the FAO Penman-Monteith evapotranspiration (PM ET_o) and the base crop coefficient (K_{cb}) of the two different grapes during the period when LAI was 2.2 in a plastic house.**Table 3.** The base crop coefficient (K_{cb}) for Campbell Early and Kyoho grapes at leaf area index of 2.2

Division	Cultivar	Average	Max	Min.
PM ET _o		5.02	5.96	3.06
Crop evapotranspiration	Campbell Early	2.41	2.68	2.00
	Kyoho	2.22	2.55	1.81
K _{cb} value	Campbell Early	0.49	0.72	0.38
	Kyoho	0.45	0.64	0.39

FAO에서 발행한 증발산량 가이드북 “Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements” (Allen *et al.*, 1998)에서는 포도 작물계수(K_c)가 생식용은 0.85, 와인용은 0.7이 제시되어 있다. 기본작물계수(K_{cb})는 작물계수(K_c)에서 토양계수(K_e)를 뺀 값으로서 일반적으로 작물계수의 80~90% 수준인 점을 고려할 때(Allen *et al.*, 1998), 본 연구에서 산정된 캠벨얼리의 기본작물계수(K_{cb}) 0.49는 FAO에서 제시된 포도 작물계수에 비해 다소 낮은 편이었다. 그리고 국 연구자들에 의해 제시된 생식용 및 와인용 포도의 작물계수(K_c)는 0.8~0.53 수준으로 지역과 포도 종류에 따라 차이를 보였는데(Bucks *et al.*, 1985; Tosso and Torres, 1986; Doorenbos and Pruitt, 1984; Wright, 1982), 캘리포니아에서 Tompson seedless의 작물계수는 0.8 내외이지만(Synder, 1987), 미국 아리조나 지역에서 Pinot Noir, Sauvignon Blanc, Chardonnay, Cabernet Sauvignon의 작물계수는 0.53 내외로서 본 연구에서 얻어진 결과와 유사하였다(Donald, 1999; Fox, 1996).

한편, 본 연구에서 포도 엽면적 지수가 2.2인 시기에 캠벨얼리와 거봉의 기본작물계수는 평균 값 각각 0.49와 0.45인데 비해 최고 값은 0.72와 0.64로 조사되었는데, Im and Woo(1986)의 경우에 배추의 작물계수 산정에 있어서 잠재증발산량 대비 최대 증발산량을 사용한 사례가 있어 포도의 경우에도 포도 작물계수 산정에 있어서 기준증발산량 대비 증산량 평균값을 사용하기 보다는 기준증발산량 대비 증산량 최고값을 사용하는 것을 추가적으로 검토할 필요가 있다.

3.4. 포도 생육 시기별 엽면적 지수

포도 생육 시기별 증발산량을 산정하기에 포도 재배 포장에서 생육 시기별 엽면적 지수를 조사하였는데 포도 재배 포장에서 캠벨얼리 품종의 주요 생육기는 발아일은 4월 23일, 만개일은 6월 1일, 숙기는 8월 29일 이었으며 엽면적 지수는 만개일인 6월 1일경에

0.6내외였고 7월 21일경에 최고 수준인 2.2에 도달하여 수확기까지 유지되었다. 거봉 품종의 주요 생육기는 발아일은 4월 24일, 만개일은 6월 4일, 숙기는 9월 10일이었으며 엽면적 지수는 6월 4일경에 0.6내외였고 7월 21일경에 최고 수준인 2.2에 도달하여 수확기 이후인 9월 20일까지 유지되었다.

캠벨얼리와 거봉 생육시기별 엽면적 지수는 큰 차이가 없는 것으로 판단되며 월별 엽면적 지수는 두 품종 모두 4월에는 0.15, 5월에는 0.5, 6월에는 1.4, 7월부터 9월까지의 2.2, 10월에는 1.5로 조사되었다 (Table 4).

3.5. 포도 생육 시기별 FAO PM 기본작물계수

특정작물의 작물계수는 작물의 생육시기에 따라 생육초기는 $K_{c\ ini}$ (K_c value for initial stage), 생육중기는 $K_{c\ mid}$ (K_c value for mid season), 생육후기는 $K_{c\ end}$ (K_c value for end season)로 구분되며 이 중 $K_{c\ mid}$ 가 작물계수(K_c)의 대표 값이다. 또한 특정작물의 식물체 증산량을 나타내는 기본작물계수(K_{cb}) 또한 $K_{cb\ ini}$ (K_{cb} value for initial stage), $K_{cb\ mid}$ (K_{cb} value for mid season), $K_{cb\ end}$ (K_{cb} value for end season)로 구분되는데 본 연구에서 산정한 포도 기본작물계수와 엽면적 지수를 이용하여 생육시기별 기본작물계수를 산정한 결과, 캠벨얼리의 경우에 $K_{cb\ ini}$ 는 0.03, $K_{cb\ mid}$ 는 0.49, $K_{cb\ end}$ 는 0.33으로 계산되었으며 월별 기본작물계수는 4월은 0.03, 5월은 0.11, 6월은 0.31, 7, 8, 9월은 0.49, 10월은 0.33으로 계산되었다(Table 4).

거봉의 경우에는 $K_{cb\ ini}$ 는 0.03, $K_{cb\ mid}$ 는 0.45, $K_{cb\ end}$ 는 0.31로 계산되었으며 월별 기본작물계수는 4월은 0.03, 5월은 0.10, 6월은 0.29, 7, 8, 9월은 0.45, 10월은 0.31로 계산되었다(Table 4).

본 연구에서 산정된 기본작물계수(K_{cb})와 FAO PM 공식을 이용하여 포도 증산량을 효과적으로 추정할 수 있는데, 기상자료를 FAO PM 공식에 적용하여 기준

Table 4. Monthly leaf area index (LAI) and the base crop coefficients (K_{cb}) for grapes

Division	Cultivar	April	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
Crop stage		Initial season	Development season			Mid season		Late season
LAI		0.15	0.5	1.4	2.2	2.2	2.2	1.5
K_{cb} value	Campbell Early	0.03	0.11	0.31	0.49	0.49	0.49	0.33
	Kyoho	0.03	0.10	0.29	0.45	0.45	0.45	0.31

증발산량(ET_0)을 계산하고 여기에 포도 기본작물계수를 곱하면 포도 증산량을 얻을 수 있다. 또한 기상관측자료와 FAO PM 기준증발산량, 포도 기본작물계수를 이용하여 계산된 포도 증발산량은 포도 관수량 결정에 중요한 참고자료가 될 것으로 기대된다.

적 요

포도 증발산량 예측에 FAO PM 공식을 활용하고자, 수원지역에 포도 수채 증발산량을 측정하고 포도 기본작물계수(K_{cb})를 산정하였다. 수원지역에서 엽면적 지수가 2.2로 가장 높은 시기인 8월에 포도 증발산량을 조사한 결과, 캠벨얼리는 평균 2.41mm day^{-1} , 최고 2.68mm day^{-1} 이고 거봉은 평균 2.22mm day^{-1} , 최고 2.55mm day^{-1} 이었다. 포도 증발산량 측정값과 FAO PM 기준증발산량 계산값을 이용하여 포도 기본작물계수(K_{cb})를 산정한 결과, 포도 엽면적 지수가 2.2인 시기에 캠벨얼리에서는 평균 0.49, 최고 0.72이고 거봉에서는 평균 0.45, 최고 0.64로 산정되었다. 수원지역에서 포도 캠벨얼리와 거봉의 시기별 엽면적 지수를 조사한 결과, 4월은 0.15, 5월은 0.5, 6월은 1.4, 7월부터 9월까지 2.2, 10월은 1.5인 것으로 조사되었으며, 포도 엽면적 지수를 이용하여 포도 시기별 기본작물계수를 산정한 결과, 캠벨얼리의 경우에 4월은 0.03, 5월은 0.11, 6월은 0.31, 7, 8, 9월은 0.49, 10월은 0.33으로 산정되었으며 거봉의 경우에도 그 크기와 계절변화가 크게 다르지 않았다. 포도 시기별 증발산량은 포도 기본작물계수에 FAO PM 공식으로 기준증발산량 계산값을 곱하여 계산된다. 따라서 본 연구에서 산정된 포도 생육시기별 기본작물계수는 포도 생육시기별 증발산량을 보다 정확하게 계산하는데 유용하게 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Allen, R. G., 1986: A Penman for all seasons. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* **112**, 348-368.
- Allen, R. G., and W. O. Pruitt, 1986: Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* **117**, 758-773.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998: *Crop evapotranspiration*. Irrigation and Drainage Paper No. 56, United Nations FAO. 50-150.
- Bucks, D. A., O. F. French, F. S. Nakayama, and D. D. Fangmeier, 1985: Trickle irrigation management for grape production. In *Drip/Trickle Irrigation in Action. Proceedings for the Third International Drip/Trickle Irrigation Congress*. 204-211 [Available from ASAE. St. Joseph.]
- Choi, J. K., 2003: Introduction of the prediction methods for evapotranspiration with experimental equation. *Rural area and environment*. 97pp. (in Korean)
- Doorenbos, J., and W. O. Pruitt, 1984: Crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper No. 24*, 94 [Available from Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy.]
- Donald, C. S., and C. M. Edward, 1999: Irrigation water requirements of wine grapes in the sonita wine growing region of Arizona. 1999 Wine Grape Research Report. 25pp.
- 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.
- Fox, F. A. Jr., E. C. Martin, D. C. Slack, and L. J. Clark, 1996: *AZSCHED - Arizona irrigation scheduling*. Users Manual and Software Version 1.3. The University of Arizona, Cooperative Extension Service, Department of Agricultural and Biosystems Engineering.
- Hanks, R. J., 1974: Model for prediction plant yield as influenced by water use. *Agronomy Journal* **66**, 660-665.
- Hur, S. O., K. H. Jung, S. K. Ha, and J. G. Kim, 2006: Evaluation of meteorological elements used for reference evapotranspiration calculation of FAO Penman-Monteith model. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **39**, 274-279. (in Korean with English abstract)
- Im, J. N., and S. H. Yoo, 1986: Modeling of Estimating Soil Moisture, Evapotranspiration and Yield of Chinese Cabbages from Meteorological Data at Different Growth Stages. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **21**, 386-408. (in Korean with English abstract)
- Im, J. N., Y. S. Jung, K. S. Ryu, and S. H. Yoo, 1982: Evapotranspiration of Soybean-Barley Cropping as a Function of Evaporation and Available Soil Water in the Root Zone. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **15**, 213-220. (in Korean with English abstract)
- Jensen, M. E., R. D. Burman, and R. G. Allen, 1990: *Evapotranspiration and irrigation water requirement. ASCE manuals and Reports on Engineering Practices No. 70* [Available from American Society of Civil Engineers NY, USA.]
- Jensen, M. E., D. C. N. Robb, and C. E. Franzy, 1970: Scheduling irrigation using climate crop soil data *Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE* **96**, 25-28.
- Jo, H. K., 1974: On evapotranspiration by method of atmospheric water balance. *Magazine of Korea Water Resources Association* **7**, 23-26. (in Korean with English

- abstract)
- Kang, M., S. Park, H. Kwon, H. T. Choi, Y.-J. Choi, and J. Kim, 2009: Evapotranspiration from a deciduous forest in a complex terrain and a heterogeneous farmland under monsoon climate. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **45**, 175-191.
- Kashyap, P. S., and R. K. Panda, 2001: Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in a sub-humid region. *Agricultural Water Management* **50**, 9-25.
- Lee, J. K., 1973: Water requirement for crops by using meteorological data. *Magazine of Korea Water Resources Association* **6**, 87-99. (in Korean with English abstract)
- Lee, K. H., 1973: On the evapotranspiration model derived from the meteorological elements and penman equation. *Magazine of Korean Water Resources Association* **6**, 6-11. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y. S., J. N. Im, and Y. H. Kang, 1988: The measurement of seasonal evapotranspiration above corn canopy based on the Bowen ratio-energy balance method. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **21**, 15-19. (in Korean with English abstract)
- Oh, D. S., Y. W. Kwon, J. N. Im, and K. S. Ryu, 1996a: Actual evapotranspiration of sesame crop cultured with and without transparent plastic film mulch. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **29**, 34-43. (in Korean with English abstract)
- Oh, Y. T., D. S. Oh, K. C. Song, K. C. Um, J. S. Shin, and J. N. Im, 1996b: Drought estimation model using a evaporation pan with 50 mm depth. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* **29**, 92-106. (in Korean with English abstract)
- Ritchie, J. T., 1972: Model for prediction evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water Resource Research* **8**, 1204-1213.
- Ritchie, J. T., and E. Burnett, 1968: A precision weighing lysimeter for row crop water use studies. *Agronomy Journal* **60**, 545-549.
- Snyder, R. L., B. J. Lanini, D. A. Shaw, and W. O. Pruitt, 1987: *Using reference evapotranspiration (ET_o) and crop coefficients to estimate crop evapotranspiration (ET_c) for trees and vines*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources publication.
- Tosso, J., and J. J. Torres, 1986: Evapotranspiration and water use efficiency. *Agricultura Tecnica (Chile)* **46**(2), 193-198.
- Wright, J. L., 1982: New evapotranspiration crop coefficients. *Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE* **108**(1), 57-74.