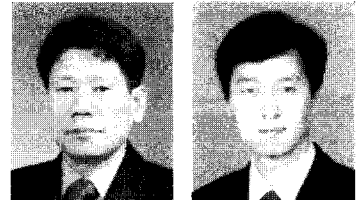


발용수량 산정방법

서 영 제 · 이 광 야

농업기반공사 용수관리처 용수종합기획부장
농업기반공사 농어촌연구원 과장



1. 서 론

밭은 논에 비하여 작물이 다양하며 토양 및 토심 별 물소비 구조가 복잡하므로 합리적인 용수수급 계획을 세우기가 매우 어렵다. 또 현재까지 밭 관개를 위한 농업용수 개발사업은 제한적으로 시행되었고 주로 논 관개를 위한 수리시설 규모 결정이 중심이 되어 왔다. 이와 같은 이유 때문에 밭용수 수요량 추정은 논에 비하여 연구사례가 적고 산정 방법과 기준에 대한 참고문헌도 국내에서는 많지 않은 실정이다.

금회 소개하는 밭용수 수요량 추정방법은 그림 1에서 보는 바와 같이 FAO와 ICID 등 세계 농업 관련 기구에서 추천하고 있는 Penman-Monteith 식을 이용하여 작물의 증발산량을 추정하였으며 새로운 물수지 방법을 도입하여 밭 토양내의 수분을 추적하는 방식으로 유효우량과 관개수량을 결정하도록 알고리즘을 구축하였다. 그리고 침투량은 토양내 물수지를 통하여 유효우량에 포함하여 계산되

도록 하였다.

$$\text{순용수량} = \text{증발산량} - \text{유효우량} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{조용수량} = \text{순용수량} / \text{관개효율} \dots\dots\dots(2)$$

2. 발용수량 산정인자

가. 이론식

밭용수 수요량은 관개 대상지의 기상, 작부체계와 토양특성을 시기별로 파악하여 반영하여야 한다. 지금까지 밭작물 증발산량을 산정하기 위하여 실무에서는 주로 SCS의 Blaney-Criddle(이하 B-C)법과 FAO-Penman법 등을 이용하였다.

B-C법은 1970년대 농어촌진흥공사에서 대단위 농업종합개발사업부터 적용되었으며 그 후 FAO-Penman법이 1980년대부터 도입되어 활용되고 있다. 그러나 B-C법은 기온자료만을 이용하므로 계산은 간단하지만 우리나라 하절기의 복잡한 기상 상황을 고려하지 못하는 단점이 있으며, Penman

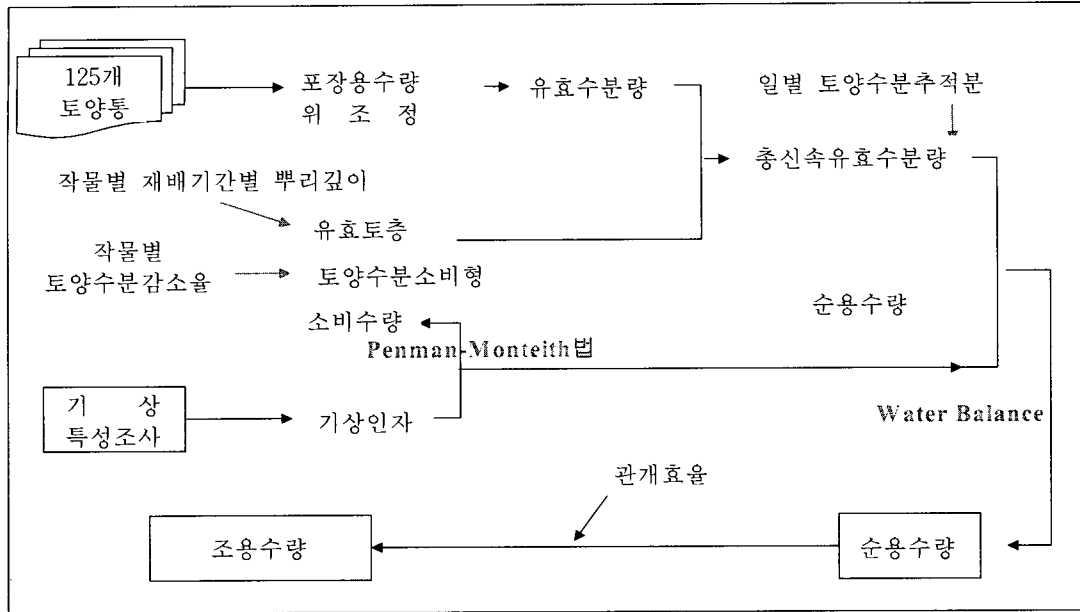


그림 1 발용수 산정 구성도

법은 FAO에서 풍속에 따라 증발산량이 크게 차이가 나는 단점을 확인하였고 표 1에서 보는 바와 같이 B-C법이나 Penman법이 실측 증발산량과의 비교에서 과대치를 산정하는 경향이 있음을 발표하였다.

이에 반하여 Penman-Monteith법은 기존 Penman법의 단점을 보완하여 토양의 열전달율을 고려함으로써 특히 밭작물의 필요수량 산정에 합리적이며 또 세계적으로 작물의 필요수량에 대하여 일관된 값을 제공하고 적용성이 뛰어난 것으로 알려져 있다. Penman-Monteith법을 공기역학적인 항과 일사량(에너지)에 관계된 항으로 나타내면 다음과 같다.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1+0.34U_2)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

여기서, ET_o : 잠재증발산량(mm/d)
 R_n : 순일사량(mm/d),

$(e_a - e_d)$: 증기압차(kPa)
 Δ : 수증기압 곡선,
 γ : 습도 상수
 G : 토양으로 흡수되는 열유동량

① 수증기압 곡선(Δ)

$$\Delta = \frac{4098 e_a}{(T+273.3)^2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

여기서 e_a : 포화수증기압, T : 온도(°C).

$$e_a : 0.661 \exp\left(\frac{17.27T}{T+273.3}\right)$$

② 습도 상수(γ)

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda} \quad \dots\dots\dots(5)$$

여기서, P : 대기압(kPa),

$$\lambda : \text{잠열(MJ/kg)} = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T$$

③ 토양으로 흡수되는 열유동량(G)

$$G = c_s d_s \left(\frac{T_n - T_{n-1}}{\Delta t} \right) \quad \dots\dots\dots(6)$$

발용수량 산정방법

표 1 습윤 및 건조지역의 잠재증발산량 추정 결과 비교

Method		Humid area			Arid area		
		Rank No.	Over estimate	Stand. error	Rank No.	Over estimate	Stand. error
Combination methods	Penman-Monteith	1	+ 4%	0.32	1	- 1%	0.49
	FAO-ID24 Penman (c=1)	14	+ 29%	0.93	6	+ 12%	0.69
	FAO-ID24 Penman (corrected)	19	+ 35%	1.14	10	+ 18%	1.10
	FAO-PPP-17 Penman	4	+ 16%	0.67	5	+ 6%	0.68
	Penman 1963	3	+ 14%	0.60	7	- 2%	0.70
	Penman 1963, VPD #3	6	+ 20%	0.69	4	+ 6%	0.67
	Kimberley Penman 1972	8	+ 18%	0.71	8	+ 6%	0.73
	Kimberley Penman 1982	7	+ 10%	0.69	2	+ 3%	0.54
Radiation methods	Businger-van Bavel	16	+ 32%	1.03	11	+ 11%	1.12
	Priestley Taylor	5	- 3%	0.68	19	- 27%	1.89
Temperature methods	FAO-Radiation	11	+ 22%	0.79	3	+ 6%	0.62
	Jensen-Haise	12	- 18%	0.84	12	- 12%	1.13
	Hargreaves	10	+ 25%	0.79	13	- 9%	1.17
	Turc	2	+ 5%	0.56	18	- 26%	1.88
	SCS Blaney-Criddle	15	+ 17%	1.01	15	- 16%	1.29
Pan evaporation methods	FAO Blaney-Criddle	9	+ 16%	0.79	9	0%	0.76
	Thornthwaite	13	- 4%	0.86	20	- 37%	2.40
	Class A Pan	20	+ 14%	1.29	17	+ 21%	1.54
	Christiansen Pan	18	- 10%	1.12	16	- 6%	1.41
	FAO Class A Pan	17	- 5%	1.09	14	+ 5%	1.25

*자료 : Report on the expert consultation for the revision of FAO methodologies for crop water requirements, 1991, FAO

여기서, G : 토양으로 흡수되는 열유동량,

T_n : n일(월)의 온도(°C)

T_{n-1} : n-1일(월)의 온도(°C), Δt : 시간(일, 월)

c_s : 열용량(MJ/m³/°C)

d_s : 예상 토양 깊이(m)

나. 유효수량

강수량 중 작물의 생육에 이용되는 유효수량은 발관개의 공급수량을 결정하는데 중요한 영향인자이며 시기별 그리고 발 토양 특성에 따라 큰 차이를 나타낸다.

농업생산기반정비사업계획설계기준 관개편(농림부)의 유효수량 산정법은 발토양의 총신속유효수분(TRAM)에서 강우직전의 유효수분량을 제외한 유효수량의 상한치와 강우 80%를 비교하여 일 강우의 80%보다 유효수분량이 크면 유효수량은 유효수분량이고 작으면 일강우의 80%를 유효수량으로 계산한다. 그러나 이 방법은 일 강우의 80%가 무조건 토양으로 침투된다는 가정하에 유도된 것으로 수문학적 신뢰성이 결여되어 있으며 토양에 따라 측정된 TRAM값이 요구되므로 실무에서 일반적으로 적용하기 곤란한 점이 있다. 또한 FAO에서 발

간한 전산프로그램(Cropwat4)에서는 4가지 유효우량 산정법을 제시하고 있으며 이는 주로 경험식에 의해 강우량의 일정비율을 유효우량으로 채택하거나 경험적인 계수를 적용하여 유효우량을 산정하고 있다.

따라서 상기에서 언급된 유효우량 산정방법은 토양의 특성과 시간적인 강우의 침투율 변화를 고려할 수 없어 금회 이를 보완하기 위하여 토양의 유효수분량을 고려한 일별 토양수분추적법으로 유효우량을 산정하는 방법을 제시하였다.

(1) 유효수분량

관개 또는 강우후 토양의 수분중에서 작물이 이용하는 수분을 유효수분량이라 한다. 유효수분은 토양의 성질, 강우(관개)량, 재배작물에 따라 상이한 수치를 나타낸다. 일반적으로 건조한 지역의 유효수분 상한치(Dmax)로서 포장용수량을 적용하고 있으며 포장용수량은 강우 발생 후 토양의 침투율이 매우 미미한 상태의 토양수분량으로 정의하거나 토양중 투수계수가 0이 되었을 경우 또는 토양이 유지할 수 있는 현수수의 최대량으로 정의한다. 그러나 일반적으로 시간단위로 포장용수량을 정의하며 충분한 강우 또는 관개후 대략 24시간을 경과한 뒤 토양속에 보류되는 수분을 24시간용수량으로 채택하여 이를 포장용수량으로 적용하고 있다.

포장용수량은 사양토, 양토 그리고 식양토의 경우 토양에 대기의 1/3기압에 상당하는 압력을 가했을 때 토양 중에 남아있는 수분함량으로 표시할 수 있으며 사질토양에서는 1/10기압 하에서의 수분함량으로 표시할 수 있다.

유효수분의 하한치(Dmin)로는 위조점과 생장저해수분점을 고려할 수 있다. 유효수분의 하한치는 위조점이 아니라 식물의 생장에 조금이라도 지장이 있다면 이를 하한으로 선정해야 한다는 견해가 있으나 장기간의 일별 관개계획 수립시에는 유효수분

이 하한치에 도달한 즉시 관개가 개시되므로 생장저해수분점보다 위조점을 유효수분의 하한치로 선정하는 것이 보다 합리적이다. 일반적으로 대기의 15기압에 상당하는 압력이 토양중에 작용할 때의 토양수분함량을 위조점으로 표시하며 금회 발 용수 수요량 산정시 유효수분의 하한치로 정의하였다.

한편 유효수분의 토양내 한계인 유효토층은 작물의 뿌리깊이를 적용하였으며 Dmax와 Dmin는 토양별, 심도별 포장용수량과 위조점을 작물과 토양에 따라 적용하였다. 한국의 전토양(농촌진흥청, 1986)에서는 125개 발 토양통의 토층별 포장용수량과 영구위조점을 조사하였으며 본 연구에서는 이 자료를 활용하였다. 표 2는 금회 발용수 산정에 적용된 토양의 특성에 대한 한가지 예로서 북평통을 대상으로 조사된 자료이다.

표 2 토양통별 수분장력[북평통]

soil series	soil depth (cm)	수 분 장 령 (%)		
		1/10 A.P. ¹⁾	1/3 A.P. ²⁾	15 A.P. ³⁾
BukPyung-Tong	0~15	20.4	10.9	4.2
	15~65	11.6	7.6	3.2
	65~120	2.6	1.4	0.9

*A.P. : Atmospheric Pressure

주) 1) 사양토, 양토, 식양토의 포장용수량에 해당되며 최대수분함량

2) 사질토의 포장용수량에 해당되며 토양수분을 많이 필요로 하는 작물이 습해를 받지 않는 수분상태

3) 작물이 위조점에 도달하는 토양수분상태를 말하며 토양수분을 간직하는 하한선

(2) 토양수분소비형

발 관개에 중요한 것은 토양수분이 위조점에 달하기 직전에 관개하여 근근역의 토양수분을 다시 포장용수량으로 회복시키는 것이다. 이때 보급해야 할 관개량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$TAW = (FC - WP) \times Z_r \dots\dots\dots(7)$$

여기서 TAW : 근근역의 총이용토양수분량(Total Available Water, mm)

FC : 포장용수량(%), WP : 위조점(%), Zr : 작물뿌리깊이(mm)

표 3은 상기 식에 따라 밭 토양의 상·하 한계치를 산정한 예이다. 여기서 대상작물은 콩이며 토양의 종류는 표 2에서 제시된 북평토이다.

그러나 이론적으로 작물이 위조점까지 수분량을 고르게 이용할 수 있지만 유효토층내의 수분감소량은 일정하지 않은 경우가 많고 일반적으로 표층에서 하층으로 내려갈수록 감소한다. FAO에서는 작물별 토양뿌리 깊이내의 감소율을 증발산량이 5 mm/d인 경우 표 4와 같이 제시하였다.

그러므로 토양수분 감소율을 고려한 신속토양수분이용량(Readily Available Water) 은 다음과 같이 적용할 수 있다.

$$RAW = \bar{P} \cdot TAW \dots\dots\dots(8)$$

여기서 RAW = 신속토양수분이용량(mm), \bar{P} = 토양수분 감소율이다.

이때 토양수분감소율은 증발산량 5mm/d 기준이므로 일별 증발산량에 따라 다음과 같이 보정할 수 있다.

$$P = \bar{P} + \{0.04 \times (5 - ET_c)\} \dots\dots\dots(9)$$

따라서 (8)식을 (10)식으로 보완한다.

$$RAW = P \cdot TAW \dots\dots\dots(10)$$

여기서 ET_c : 작물별 증발산량(mm)이다. 보정된 계수를 고려한 토양수분이용량이 유효수분량이며 이를 밭 토양의 수분한계로 선정하여 일별 토양수분추적법에 의하여 유효수량과 관개량을 산정한다.

표 3 밭 토양 上·下 한계치(Dmax·Dmin) 결정

Period	Root Depth (mm) (A)	Field capacity (%) (B)	Wilting point (%) (C)	Dmax(mm) (D)=A×B	Dmin(mm) (E)=A×C
Jun. E	100	10.9	4.2	10.9	4.2
Jun. M	130	10.9	4.2	14.2	5.5

f						
Aug. M	300	0-150	10.9	4.2	16.5	6.3
		151-300	7.6	3.2	11.1	5.3
		계	-	-	27.9	11.6

※조건 : 대상 작물 : 콩, 대상 토양종 : 북평토(사양토)

표 4 작물별 최대뿌리 깊이와 토양수분 감소율

작물명	최대 뿌리깊이 (m)	감소율	작물명	최대 뿌리깊이 (m)	감소율
양배추	0.5-0.8	0.45	당근	0.5-1.0	0.35
샐러리	0.3-0.5	0.20	마늘	0.3-0.5	0.30
상치	0.3-0.5	0.30	양파 (유채,담배)	0.3-0.6	0.30
무우	0.3-0.5	0.30	고추	0.5-1.0	0.30
토마토	0.7-1.5	0.40	오이	0.7-1.2	0.50
매론	0.8-1.5	0.40	감자	0.4-0.6	0.35
고구마	1.0-1.5	0.65	시금치	0.3-0.5	0.30
콩	0.6-0.8	0.50	참깨	1.0-1.5	0.60
보리	1.0-1.5	0.55	알파파	1.0-2.0	0.55
사과	1.0-2.0	0.50	포도	1.0-2.0	0.35

자료 : Crop evapotranspiration, Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998

(3) 잠재유효수량

강우로 인하여 토양으로 유입(침투)되는 우량을 잠재유효수량으로 정의하며 밭의 잠재유효수량은 SCS방법에 따라 토양을 4개(A, B, C, D) 그룹으로 나누어 표 5와 같이 선행강우조건에 따라 유출량을 구하고 강우량으로부터 지표유출량을 제외한 값이 침투량이 되며 이 값이 잠재유효수량이다. 이때 일강우량이 5.0 mm이하인 경우에는 밭의 용수에 기여하지 않는 것으로 간주하였다.

표 5 선행 토양함수조건의 분류

AMC Group	5 일 선 행 강 수 량, P ₅ (mm)	
	비 생 육 기	생 육 기
AMC-1	P ₅ < 12.70	P ₅ < 35.56
AMC-2	12.70 < P ₅ < 27.94	35.56 < P ₅ < 53.3
AMC-3	27.94 < P ₅	53.34 < P ₅

표 6 토양형의 분류

토양 그룹	토 양 의 성 질
A	낮은 유출율
B	침투율이 대단히 크며 자갈이 있는 부양질, 배수 매우 양호
C	침투율이 대체로 작고, 대체로 세사질 토양층, 배수 대체로 불량
D	높은 유출율, 침투율이 대단히 작고, 점토질 종류의 토양으로 거의 불투성, 배수 대단히 불량

SCS방법에 의한 잠재유효수량의 산정은 작물, 토양특성, 선행강우 습도상태와 강우량에 관한 정보를 필요로 한다. 침투량은 강우량과 유출량을 계산하면 알 수 있다. 잠재유효수량에 영향을 미치는 인자는 토양경사, 토양조직과 구조, 작물, 강우강도와 지속시간 등이다.

강우는 유출, 침투, 차단, 증발산 등으로 구성되어 있으나 차단은 소량이기 때문에 강우는 거의 침투와 유출의 합으로 볼 수 있다. 침투된 물은 토양의 수분을 재충전하거나 근근역 밑으로 침투된다.

토양은 대표용수구역의 유역조사에서 얻어진 토양특성자료와 농촌진흥청에서 전국적으로 조사한 자료를 바탕으로 분류가 가능하며 SCS의 토양분류는 표 6와 같다.

다. 발용수량 물수지

발용수 수요량을 산정하기 위하여 일별 물수지는 토양내의 수분량 이동을 분석하기 위한 것으로 다

음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$D(t) = D(t-1) + R_e(t) + Req(t) - U(t) \dots\dots(11)$$

여기서 D(t) : t일의 발 토양수분(mm)
 D(t-1) : t-1일의 발 토양수분(mm)
 Re(t) : t일의 유효수량(mm)
 Req(t) : t일의 순관개량(mm)
 U(t) : t일의 소비수량(mm),

$$U(t) = ETa(t) = ET_o \times K(\text{작물계수}) \text{이다.}$$

그러므로 물수지를 고려한 발의 유효수량은 다음과 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_e(t) = D(t) - D(t-1) - Req(t) + U(t) \dots\dots(12)$$

그러나 실제 발의 토양수분 변화는 당일의 강우량과 필요수량 및 토양수분량의 관계에서 구해야 하며 이는 가정된 토양수분 최대저류량(Dmax) 및 위조점(Dmin)에 의해 제한할 수 있다.

잠재유효수량은 강우량에서 유출량을 뺀 값이며 침투된 물은 토양을 재충전하거나 근근역 밑으로 침투된다. 만약 잠재유효수량이 근근역이 포함할 수 있는 깊이보다 크면 유효수량은 근근역이 포함할 수 있는 양과 같다. 잠재유효수량이 근근역 깊이보다 큰 경우에 유효수량은 잠재유효수량과 같다.

유효수량을 예측하는데 어려운 점은 지역내의 강우자료, 경사도, 토양의 피복상태, 토성 등의 불균일성을 들 수 있으며 특히 토양의 침투능은 강우강도에 따라 변화하므로 유효수량 산정 결과는 현장 측정자료를 바탕으로 정정할 필요성이 있다. 토양수분, 강우량(잠재유효수량), 필요수량의 관계는 다음과 같이 구분한다.

$$\textcircled{1} D_{\min} \leq D(t-1) + Ra(t) - U(t) \text{ 이면} \dots\dots(13)$$

$$Req(t) = 0$$

② $D_{min} > D(t-1) + Ra(t) - U(t)$ 이면(14)

$Req(t) = D_{max} - D(t-1) - Ra(t) + U(t)$

여기서 $Ra(t) = t$ 일의 잠재유효수량
또한 유효가능수량은 다음 식에 의해 구하며

$Rep(t) = D_{max} - D(t-1) + U(t)$ (15)

여기서 $Rep(t) = t$ 일의 유효가능수량
(단 $Rep(t)$ 는 잠재유효수량을 초과할 수 없다)
따라서 유효강수량 $Re(t)$ 는 다음 관계에서 산정한다.

$Ra(t) \geq Rep(t)$ 이면 $Re(t) = Rep(t)$ (16)

$Ra(t) < Rep(t)$ 이면 $Re(t) = Ra(t)$

3. 손실수량

발 용수 공급을 위한 손실수량은 포장의 적용효율과 송수중의 손실율을 포함하여 관개효율을 고려하였다. 이를 위한 작부체계는 노지재배의 경우를 적용하였으며 노지재배는 스프링클러를 많이 사용하고 있으므로 스프링클러 관개효율을 적용하였다. 각 시설별 발용수 관개효율은 표 7에서 보는 바와 같다.

표 7 발 용수 관개효율

구 분	적용효율 (application efficiency, A)	운송효율 (conveyance efficiency, B)	관개효율 (irrigation efficiency, A×B)
스프링클러	80 ~ 90%	90 ~ 95%	70 ~ 85%

4. 다목적 용수량

밭의 다목적 용수량은 작물이 생리적으로 요구하는 수분보급량 이외에 필요수량으로 재배관리용수, 기상재해방지용수, 관리작업의 생력화용수 등이 있

다. 이들 용수량은 작물생육에 영향을 미치고 안정적인 수요량 확보를 감안하여 금회 발용수 수요량 산정에 고려하였다.

「농업생산정비계획설계기준(관개편), 1998, 농림부」은 재배관리용수를 파종·정식기의 용수량, 경운작업을 위한 용수량으로 구분하고 있으며 기상재해방지용수는 풍식방지를 위한 용수량, 동상해방지를 위한 용수량, 해풍해방지를 위한 용수량으로 구분하고 관리작업의 생력화용수로 액비 용수량, 병충해 방지 용수량, 기타 용수량으로 구분하고 있다. 금회 조사는 다목적 용수량으로 67 mm를 적용했으며 그 내역은 표 8과 같다.

표 8 밭의 다목적 용수량

구 분		용수량 (mm)	비 고
재배관리 용수량	파종·정식기의 용수량	10~15	
	경운작업을 위한 용수량	20	
기상재해방지 용수량	풍식방지를 위한 용수량	5~20	
	동상해방지를 위한 용수량	-	일부작물 적용제외
	해풍해방지를 위한 용수량	-	일부지역 적용제외
관리작업의 생력화용수량	액비용수량	20	
	병충해방재용수량	1	
기타용수량	미기상조절용수량	4~6	

※ 자료 : 농업생산기반정비사업계획설계기준(관개편), 1998. 농림부

5. 결과 검토

현재까지 밭의 관개계획 수립시 적용하고 있는 발용수 수요량 방법과 금회 산정에서 적용하고 있는 발용수 수요량 산정방법을 비교하였다. 표 9에서 보는 바와 같이 기존방법은 B-C공식을 잠재증발산량 추정에 이용하였으며 작물계수도 작물별이 아닌 작물군(Type)별로 적용하고 있다. 특히 유효수량은 토양의 실측 TRAM(총신속유효수분량)을

표 9 발용수 수요량 산정방법 비교

구 분	기 존 방 법	금 회 방 법
잠재증발산량	B-C법	P-M법
유 효 우 량	일정비법	토양수분추적법
작물재배기간	Type별로 적용	작물별 적용

표 10 잠재증발산량 산정(예)

(단위 : mm)

구분	5월	6월	7월	8월
B-C	150.1	180.5	191.8	180.7
P-M	126.3	129.9	121.6	126.5
상대값	1.188	1.389	1.577	1.428

표 11 (B-C)법과 (P-M)법에 의한 순용수량 비교

(단위 : mm)

작물	산정법	재배기간	강우량	유효우량	증발산량	순용수량
마늘	B-C	3월상-6월상	256.1	249.8	139.0	30.6
	P-M	3월중-8월상	985.2	257.3	500.5	266.4
배추	B-C	6월중-10월하	966.6	885.0	392.8	104.7
	P-M	8월중-11월중	224.7	39.4	170.9	140.0
고추	B-C	3월상-10월하	1231.6	1143.7	703.0	172.0
	P-M	5월하-9월하	1040.9	189.0	384.1	209.0

※B-C 법 : 영산강 지구의 작물계수 및 작물재배기간 적용

P-M 법 : 금회 발용수 수요량 산정 방법 적용

구하기가 어려워 강우중 일정한 비율을 유효우량으로 간주하는 일정비법으로 발용수 수요량을 산정하고 있다.

또 표 10는 1997년 수원관측소의 기상자료를 이용하여 B-C공식과 P-M공식으로 잠재증발산량을 산정한 예이다.

표 10에서 나타난 결과와 같이 B-C공식으로 계산한 잠재증발산량 값이 P-M공식으로 계산한 값보다 1.18배~1.57배까지 큰 값으로 계산되므로 표 1와 같이 FAO에서 제시한 증발산량의 비교와

표 12 실측 발작물 증발산량

작물명	관측소-토양	관측년도	재배기간	증발산량 (mm)	비고
고추	수원	1988-90	120일	258	
	대구	1988-89	130일	687	
배추	수원	1988-89	90일	206	
고추	청주-사토	1987-88	160일	659	
	청주-사양토	1987-88	160일	695	

※자료 : 「발작물소비수량 산정방법정립 연구(IV), 1990. 11」

유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 표 11은 기존방법과 금회 수요량 조사에서 적용한 발용수 수요량 산정방법을 비교한 결과이다

또 참고적으로 다년간 시험 분석한 「발작물 소비수량 산정방법정립 연구(IV), 1990. 11」에서 제시한 실측증발산량은 표 12와 같다.

6. 결 론

금회 구축된 발용수 산정 알고리즘을 이용하여 필요수량을 산정한 결과 잠재증발산량의 경우 B-C 공식보다 P-M공식이 약 1.18~1.57배 가량 큰 값으로 추정되었으나 작물에 따라 유효우량을 과다 반영하므로써 공급수량 결정을 위한 순용수량은 B-C공식이 다소 적게 계상되는 모순점을 나타내었다. 표 12에서 보는 바와 같이 다년간 실험에서 나타난 결과치와 비교해 보아도 배추와 고추의 경우 P-M방법이 보다 근접한 추정치를 나타내었으며 이를 실지로 용수공급을 하기 위한 연속재배 기간별 모의운영 해 본 결과 그림 3 및 그림 4와 같이 발 작물에 대한 간단관계 형상을 잘반영하고 있음이 증명되었다.

즉 일별로 토양수분을 추적하여 산정한 유효우량은 작물별 유효토층(작물뿌리깊이)에 따라 상이하 며 뿌리깊이가 커질수록 유효우량이 증가하였다.

발용수량 산정방법

그림 3은 마늘의 경우 토양수분, 순용수량 등을 일별로 분석하여 일부기간만을 예시한 것으로 마늘의 총 관개일수는 150일이며 강수량 687.3 mm의 32.8%가 유효우량으로 산정되었다. 또한 증발산량은 455.1 mm이며 이중 유효우량을 제외한 234.3 mm가 순용수량으로 산정되었고 총 관개 횟수는 12회이고 1회 관개량은 최소 6.1 mm~최대 24.0 mm로 나타났다. 콩의 경우도 그림 4에서 보

는 바와 같이 일별로 순용수량의 변화가 나타났다. 총 관개일수는 130일이며 강수량 616.0 mm의 25.1%가 유효우량으로 산정되었다. 또한 증발산량은 375.3 mm이며 이중 유효우량을 제외한 235.0 mm가 순용수량으로 산정되었으며 총관개횟수는 10회이고, 1회 관개량은 최소 9.6 mm~최대 29.8 mm로 나타났다.

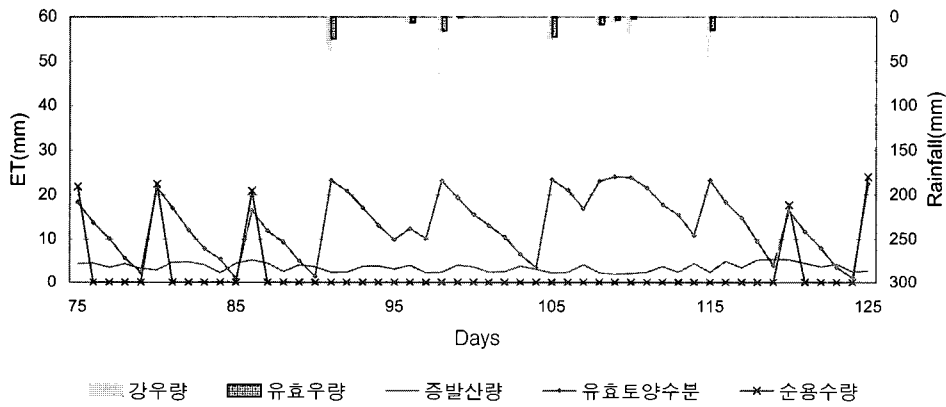


그림 3 마늘의 증발산량과 관개수량 모의발생도

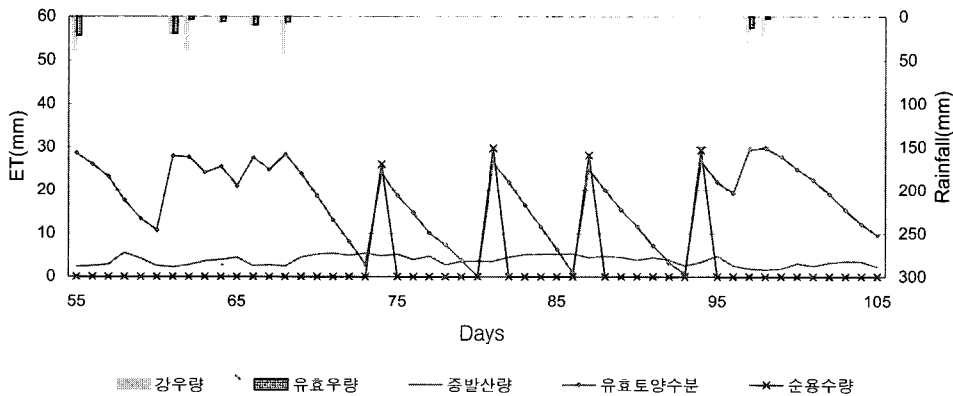


그림 4 콩의 증발산량과 관개수량 모의발생도

참 고 문 헌

1. 농림부·농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수수요량 조사 종합보고서
2. 농어촌진흥공사, 1987~1990, 밭작물 소비수량 산정방법 정립연구.
3. 농촌진흥청, 1986, 한국의 전토양.
4. 이광야, 2000, 농업용수 수요량 산정 시스템 개발, 건국대학교 박사학위논문.
5. FAO, 1991, Report on the expert consultation for the revision of FAO methodologies for crop water requirements.
6. FAO, 1997, Crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 24.
7. FAO, 1998, Crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 24.
8. SCS, 1967, Irrigation water requirements, Technical release 21.