

우리나라 水稻用水量에 對한 小考

—亞細亞 여러나라와 對比하여—

朴 基 丞

(前·F A O 水利專門家)

本小考는 本人이 世界食糧農業機構(FAO) 在職時(1971—1981) Bangkok 亞細亞太平洋地域事務處에서 西東南各國(20個國)과 및 IRRI (國際米作研究所: International Rice Research Institute) 및 IRC (International Rice Commission) 等を 訪問指導하면서 (Water Development and management for Agriculture 分野) 얻은 資料와 우리나라의 水稻用水量을 比較하여 學會誌에 紹介함으로써 여러 會員과 같이 研究하고 討論코저 한다.

序 言

水稻는 湛水狀態下的 畚에서 栽培되므로 田作物과는 다른 環境下에서 生育한다. 물은 日照時間 및 溫度와 함께 水稻栽培上 必須要素이며, 이물은 降雨, 河川水와 灌溉水 등에 依하여 供給되며 Monsoon 氣候의 亞細亞에서는 水稻作의 關鍵이 되고 있다.

用水量 IR(Irrigation requirement)은

$IR = +E + T + P + S$ 로 規定한다¹⁾. E는 水面蒸發(evaporation), T는 벼의 蒸散(transpiration), P는 垂直滲透(vertical percolation) 그리고 S는 畦畔等에서의 漏水(seepage)에 依한 물의 損失을 表示한다. 用水量은 單位用水量, 純用水量, 粗用水量과 全用水量等으로 區分할 수 있다. 이 小考에서는 單位用水量에 대해서만 論하기로 한다.

單位用水量은 水深(mm/day)과 水量(l/sec/ha)으로 表示한다. 降雨量과 蒸發散量은 水深과 같이 (mm/day) 表示하기로 한다.

<u>l/sec/ha</u>	<u>cm/day</u>	<u>m³/day/ha</u>
1.00	0.864	86.4
1.16	1,000	100.0

1. 蒸發散量(evapotranspiration) ET과 用水量

蒸發¹⁾은 本 畚初期에는 每日 5mm程度도 많으나

水稻成長에 따라 漸減되어 2mm 程度까지 된다. 蒸散은 이와 反對로 移秧直後에는 적으나 大體로 直線的으로 增加하여, 最高分蘖期에 約 3mm, 出穗直後에 5mm의 極大值로 되는 二項曲線(bimodel curve)으로 나타난다. ET는 5~7mm로 T와 같은 傾向으로 나타나며, 極大值는 登熟初期(early ripening stage)에 나타난다. 氣象條件의 影響을 除去하기爲하여 E.T. 및 ET值를 Em (panevaporation 計器蒸發量)으로 除한 蒸發比 E/Em (evaporation ratio), 蒸散比 T/Em (transpiration ratio), 蒸發散比 ET/Em (evapotranspiration ratio)로 算出하여, 이들을 品種, 作期, 地域에 따라 서로 다른 測定值를 比較할 때 利用한다. 全生育期間平均蒸發比와 蒸散比間에는 大差가 없어 0.6 前後이며, 蒸發散比는 平均 1.2 가되어 兩比 모두 品種, 作期의 差異는 적다. 蒸散比는 最高分蘖期과 出穗期에 極大가 되는 二項現象을 나타내며, 蒸發散比도 蒸散比와 類似한 二項現象을 나타낸다. 이는 熱帶地方에 있어서 共通된 現象으로 나타나고 있다.

日間 ET는 品種, 作期에 따라 顯著한 差가 없음으로 總量은 生育日數에 比例한다. 熱帶在來品種인 Radin Ebos 33은 ET/Em이 40~50%에 不過하고 生殖生長期間(lay vegetative phase)의 消費量이 30%에 達하였다²⁾ 이와 같이 在來品種에서 ET 總量의 增大하고 있지만 生殖生産期間中 消費量은 물 經濟上 minus(負)의 要因이 된다.

韓國에 있어서의 蒸發散量試驗研究는 물 收支法 (water balance method)^{24, 25, 26}에 의하여 1963年 부터 여러 機關에서 研究하여 왔으며 農村振興廳에서는 蒸發散量測定方式(Chamber method)²⁷에 의하여 年間試驗해 왔다. 蒸發量 E는 Table-1과 같이 本畚初期에는 在來品種平均^{24, 25, 27}이 每日 3.7mm이며 多收穫品種²⁷이 平均 3mm로 적으나, 水稻生育에 따라 漸減하여 1.4mm(在來種)와 1.7mm(多收穫)로 減少한다. 蒸散量 T는 이와 反對로 移秧直後에는 적으나 大體로 直線의 으로 增加하여 最高分蘗期에 3mm(在來種)와 2.8mm(多收穫)의 平均値를 나타냈

으며, 幼穗形成期에 5.8mm(在來種)와 6.5mm의 極大値를 나타냈다. 蒸發散量 ET는 T와 同一한 傾向으로 增加하여 最高分蘗期에 5.1mm(在來種)와 4.7mm(多收穫)의 平均値를 나타냈고 幼穗形成期에 7.5mm(在來種)와 9mm(多收穫)의 極大値를 示顯하였다. 韓國의 在來種과 多收穫의 大部分은 二頂曲線 現象을 ET가 나타내지 않지만 農林品種(在來種)은 (Fig.1)²⁴ 二頂曲線現象을 나타내고 있어 日本이나 熱帶地方의 벼種子와 같은 傾向을 나타내고 있다. Table-1에서 ET 總量平均値는 579mm(在來種)와 613mm(多收穫)로 나타나 그 差異는 5.9%에 不過

Table-1. E.T and ET for Traditional and High Yielding Varieties of Paddy by Various Institutes in Korea

Unit: mm/10days

Agency	Years	Variety	E.T.	E.T. and ET											
				June			July			August			September		Total
				ET	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	
CAC ³⁾	1962-65	Nonglim(TM)	1/E	45.8	38.7	29.2	22.7	13.7	1.9	8.0	4.7	11.0	11.5	187.2	
			T	11.2	25.5	36.9	51.7	66.7	76.4	79.8	72.3	57.5	52.6	530.6	
			ET	57.0	64.2	66.1	74.7	80.4	78.3	87.8	77.0	68.5	64.1	717.8	
CBU ⁴⁾	1966-68	Paital(TM)	E	37.6	22.3	17.2	11.6	15.9	13.1	10.2	13.9	9.1	13.2	164.1	
			T	4.1	15.2	28.4	29.1	52.3	47.9	38.9	45.7	24.2	30.2	316.0	
			ET	41.7	37.5	45.6	40.7	68.2	61.0	49.1	59.6	33.3	43.4	480.1	
ORD ⁵⁾	1976-77	Jinhung(TM)	E	28.6	29.4	15.9	20.2	28.6	22.6	21.7	19.3	20.1	18.5	224.0	
			T	15.3	22.2	24.6	40.1	54.3	37.8	33.9	38.3	28.2	19.8	314.5	
			ET	43.9	51.6	40.5	60.1	81.9	60.4	55.6	57.6	48.3	38.3	538.8	
		Average(TM)	E	37.3	30.1	20.8	18.1	19.4	12.5	13.3	12.6	13.4	14.4	191.9	
			T	10.2	21.0	30.0	40.3	57.8	54.0	50.9	52.1	36.6	34.2	387.1	
			ET	47.5	51.1	50.8	58.4	77.2	66.5	64.2	64.7	50.0	48.6	579.0	
ORD	1972-77	Tongil(HM) ²⁾	E	35.7	25.3	19.3	17.5	21.7	18.5	18.6	20.1	18.9	17.3	212.9	
			T	13.2	19.5	23.5	49.1	66.9	53.7	55.8	57.6	43.0	28.7	411.0	
			ET	48.7	44.8	42.8	66.6	88.6	72.2	74.4	77.7	61.9	46.0	623.7	
ORD	1976-77	Yusin(HM)	E	27.6	26.7	16.3	20.0	27.7	20.0	21.4	18.6	18.1	16.1	212.5	
			T	15.4	21.3	31.8	41.2	62.5	52.4	45.3	46.1	39.4	28.5	383.9	
			ET	43.0	48.0	48.1	61.2	90.2	72.4	66.7	64.7	57.5	44.6	596.4	
ORD	1976-77	Milyang 23 (HM)	E	27.1	23.3	14.1	21.0	25.4	22.2	18.0	20.9	20.1	17.8	209.9	
			T	17.0	26.1	28.4	51.5	64.6	50.3	48.0	43.2	47.5	32.0	408.6	
			ET	44.1	49.4	42.5	72.5	90.0	72.5	66.0	64.1	67.6	49.8	618.5	
		Average(HM)	E	30.1	25.1	16.6	19.5	24.9	20.2	19.3	19.9	19.0	17.1	211.7	
			T	15.2	22.3	27.9	47.3	64.7	52.1	49.7	49.0	43.3	29.7	401.2	
			ET	45.3	47.4	44.5	66.8	89.6	72.3	69.0	68.9	62.3	46.8	612.9	

Source: The Journal of Korean Society of Agricultural Engineering 1969 and 1971 ORD Research Reports; 1973, 1974, 1976 and 1977

1) Traditional Mediam Grow Variety 2) High Yielding Midium Grow Variety 3) Chungnam Agri-actual 4) Chung brik University 5) Otlice of Rura (Virctopruicit)

Table-2. Evapotranspiration Ratio (ET/Em) for Season by Various Agencies in Korea

Agency	Year	Paddy Variety	Rainfall mm day	Em	Seasonal ET/Em												Total ro Mean
					June			July			August			September			
					E10	M10	L10	E10	M10	L10	E10	M10	L10	E10	M10	L10	
CAC	1962-66	Jaekun(E)	741.7	30	360.7	0.90	1.00	1.00	1.13	1.40	1.24	1.37	1.43	1.16	1.24	1.23	
"	1962-66	Nongrim29(M)	781.9	31	396.4	0.92	1.03	1.03	1.12	1.38	1.22	1.31	1.43	1.26	1.36	1.25	
"	1962-66	Unbangju(L)	809.1	34	430.5	0.91	1.02	1.02	1.12	1.39	1.23	1.33	1.46	1.28	1.40	1.27	
CUB	1966	Paltal(L)	844.8	43	328.6	0.69	1.05	1.05	1.33	1.65	1.79	1.78	1.69	1.60	1.60	1.41	
"	1967	" (M)	731.9	43	376.5	0.79	1.03	1.03	1.16	1.36	1.42	1.46	1.53	1.44	1.36	1.27	
"	1968	"	564.7	29	406.1	0.74	0.85	0.85	1.24	1.35	1.51	1.48	1.48	1.43	1.32	1.23	
Average			713.8	38	370.4	0.74	0.98	0.98	1.24	1.45	1.57	1.75	1.56	1.49	1.45	1.30	
ORD	1973	Jinhung(M)	626.3	51	492.2	0.67	0.79	0.79	0.96	1.06	1.19	1.22	1.47	1.46	1.38	1.14	
"	1976	"	570.1		410.1	0.86	0.86	0.86	1.42	1.51	1.47	1.69	1.74	1.67	1.22	1.29	
"	1977	"	548.6	29	496.0	0.83	0.83	0.83	0.97	1.28	1.16	1.32	1.32	1.21	1.22	1.10	
Average			581.7	40	466.1	0.79	0.83	0.83	1.12	1.28	1.27	1.41	1.51	1.45	1.27	1.18	
ORD	1973	Tongil(M)	626.3	51	492.2	0.63	0.71	0.71	0.95	1.34	1.41	1.43	1.54	1.73	1.69	1.28	
"	1976	"	570.1		410.1	0.85	0.78	0.78	1.73	1.78	1.57	1.93	1.83	1.59	1.74	1.46	
"	1976	Yusin(M)	570.1		410.1	0.89	0.74	0.74	1.74	1.73	1.60	1.87	1.89	1.90	1.61	1.48	
"	1976	Milyang23(M)	570.1		410.1	0.91	0.76	0.76	1.69	1.73	1.61	1.96	1.89	1.68	1.89	1.48	
"	1977	Tongil(M)	548.6	29	496.0	0.74	0.85	0.85	1.03	1.58	1.28	1.73	1.62	1.41	1.42	1.20	
"	1977	Yusin(M)	548.6	29	496.0	0.75	0.83	0.83	1.06	1.58	1.29	1.71	1.69	1.35	1.29	1.24	
"	1977	Milyang23(M)	548.6	29	496.0	0.77	0.86	0.86	1.03	1.63	1.28	1.64	1.66	1.43	1.52	1.29	
"	1977	Suwcon26(M)	548.6	29	496.0	0.76	0.84	0.84	1.10	1.67	1.28	1.64	1.70	1.30	1.39	1.25	
Average			581.7	40	466.1	0.79	1.80	1.80	1.29	1.68	1.42	1.74	1.73	1.55	1.57	1.34	
Traditional Varieties			692.5	36	411.0	0.82	0.95	0.95	1.16	1.37	1.35	1.43	1.50	1.43	1.36	1.28	
High Yielding Variety			581.7	40	466.1	0.79	0.80	0.80	1.29	1.68	1.42	1.74	1.73	1.55	1.57	1.34	

Table-3. Results of irrigation requirement determined in Some Asian countries (11)

Country	Author	Location	Season	Measuring		P	IR	ET/Em
				Period	ET.			
				day	mm	mm	mm	%
		Centrol						
Thailand	Kung(2)	Plain 15°N	wet 1964	151	885	97	983	
			off 1965	91	695	48	748	
Cambodia	RID	NE 15°N	wet	94	488	278	766	
	Hatta	Battam bang 13°N	off 1965—66	106	710	244	954	
Laos	Kotter	Vientian 18°N	wet 1967	102	515	742	1,257	
Bangladesh	Kung(2)	Kushtia 24°N	wet 1959	78	1,115	78	1,193	
			off 1958/59	101	951	54	1,005	
Sri Lanka	Murakami(4)	Dry Zone 8°N	off 1965	112	972	2,475	3,447	1.29
India	Vamadevan	New Delhi 29°N	wet 1968	87	493	1,189	1,683	
Malaysia	Sugimoto(8)	Kodah 6°N	wet 1967—68	97	524	61	588	1.21
				139	734	201	935	1.09
			off 1968	116	737	-19	718	1.17
			wet 1968—69	110	649	57	705	1.20
		179	1,022	204	1,226	1.18		
	Nishio(7)	Kedah 6°N	wet 1970—71	102	542	371	913	1.04
			off 1971	122	834	618	1,452	1.12
	P.Wellesly 6°N	wet 1970—71	103	576	321	897	1.10	
off 1971		117	725	358	1,083	1.10		
Philippines	IRRI	S. Luson 14°N	off 1965	91			559	
			wet 1966	86	396	172	568	
			off 1968	91	607			
			wet 1968	97	430			
Taiwan	Maki	Central 24°N	Interme 1923—26	103	675	—	—	1.17
			South 23°N	Interme 1923—26	96	557	—	—
		South 23°N	Interme 1923—26	93	784	—	—	1.48
		Average		97	672	—	—	1.24
		Sibuya	South 23°N	Second 1919—22	106	509	160	669
Korea	Tsubouti	Centrol 37°N	wet 1931	90	472			1.28
Japan	Iskikawa	Shikoku 34°N	Early 1956—59	105	517	489	1,004	0.97
			Normal 1956—59	112	571	808	1,379	1.19
			Late 1956—59	81	375	445	820	1.11
			Average	99	302	487	580	1.09
	Nakagawa(6)	37 places 32—44°N	Normal 1947—64	100	440—550			1.30
Iwakiri	Kyushu 23°N	Early 1960—63	91	353	223	575	1.05	
		Normal 1960—63	108	411	420	830	0.96	

Source: Rice cultivation in Tropical Asia

하다는 것을 알 수 있다.

蒸發散比平均值(ET/Em)는 Table-2와 같이 0.85~1.5(在來種)와 0.79~1.74(多收種)의 範圍로 出穗期에 極大値를 나타내고 있으며, 品種에 따른 顯著한 差는 없으나, 이 總量은 生育日數(24)에 比例하고 있다. Fig. 2에 表示함과 같이 우리나라 在來種과 多收種間의 生殖生長期間中의 水 消費比率는 큰 差(54%~52%)가 없음을 알 수 있다. 이는 우리나라 長短桿品種이 모두 多收獲品種으로 密植多肥로 栽培하고 있음을 알 수 있다.

Table-3에 亞細亞各國에 있어서의 單位用水量의 測定値를 表示하였다. 大部分이 水 收支法(water balance method)에 依하여 測定한 實績이다(2,4,6,11), 溫帶地方에서는 $T > E$ 이지만, 熱帶地方에서는 T 가 E 보다 많은 傾向은 없다. 이것은 溫帶地方에 比하여 疏植, 少肥로 生産力이 얕은 것이 그 原因의 하나라고 生覺된다. 熱帶地方에서는 日平均 ET가 大略 5.5~6.5mm 程度로 溫帶地方의 4~5.5mm 보다 약간 많으나, 溫帶, 亞熱帶, 熱帶를 通하여 4~6.5mm 範圍로서 緯도에 따른 差는 顯著하지 않다. 또 熱帶와 溫帶에 있어서는 ET의 總量은 生産에 따라 增加하는 傾向이 있으며, 熱帶의 乾期作(off-season)의 日平均 ET는 雨期作(wet-season)보다 平均 30%의 增加를 나타내는데 이는 氣象要因의 影響으로 보인다.

또한 亞細亞 여러나라의 日平均用水量(IR)은 6.1mm~30.8mm이고 總量은 700mm~1,200mm의 範圍이다. 日平均 ET는 緯도에 따른 差異가 크지 않으므로, IR의 變動은 日平均 P와 S의 多少에 起因한다. 滲透量과 漏水量은 畚의 環境條件 즉 水理條件(hydraulic condition), 土壤透水性(soil permeability) 畦畔漏水(seepage) 등에 따라 大幅變化한다(2,8,6,14).

2. 風乾物生産과 用水量

光合成은 晝間에 다루어지는데, 蒸散은 晝夜에 이루어지며, 蒸散量의 90% 程度는 光合成과 關聯이 있는 晝間에 消費된다³⁾. 또한 이 兩作用은 太陽熱을 利用하며 氣孔을 通하여, 主로 葉身에서 이루어짐으로 兩者는 密接하게 關聯된다고 볼 수 있다^{4,12)}. 生育各期の 日當 T와 風乾物生産(dry matter production) 사이에는 大體로 平行關係가 있다. 株當 T가 旺盛한 時期에는 風乾物量이 增大하나, 生育後期에는 T의 增大와 風乾物生産沈滯(減少)의 反對現象이 나타난다^{4,11)}. 이는 葉의 蒸散이 새로히 加

算되고, 葉의 呼吸이 旺盛해지지만 同化(apparent photosynthesis)나 風乾物生産에는 寄與하지 않는 데 起因한다.

全蒸發散量과 風乾物生産사이에는 正의 相關이 認定되고 있다. 日蒸發散量은 品種間差異는 적으므로 生育日數가 긴 品種일수록 ET의 積算値(cumulative figures)가 增加되고, 風乾物總量은 增加한다^{4,8)}. 風乾物 1gr 生産에 必要한 ET(用水量)는 日本¹⁶⁾에서는 平均이 400gr이며, 가뭄해에는 450~500gr이 所要된다고 한다. 熱帶地方에 있어서는 大體로 300gr 程度이다^{6,10)}. 用水量의 概略은 ET와 風乾物生産比인 ET/ADM로 求할 수 있으며, 風乾物生産에 對한 水의 效率를 表示한다. 따라서 이 用水量은 土壤, 施肥, 品種, 栽培方法 등에 따라 變化하며, 乾物增加量이 큰 生育期間에는 적으며, 生育後期에는 增加한다.

Table-4는 亞細亞各國의 各 品種에 對한 風乾物 1gr을 生産하는데 必要한 用水量을 表示하였다^{4,6,11)}. 用水量은 大體로 260gr.~500gr.의 範圍이다. 熱帶地方에서는 生育日數에 比例하여 用水量의 增加를 나타내지만, 溫帶地方에서는 이 關係는 明確치 않다 Wu¹⁵⁾는 亞熱帶인 臺灣에서 生育日數에 따른 用水量의 增大와 多收品種의 用水量低下現象을 報告하였다. 그러나 IRRI (International Rice Research Institute in Manila)에서는 ET와 乾物量生産의 比는 生育期間을 通하여 一定値로 나타나며, 品種間의 差異도 적다고 말하고 있다.

一般적으로 pot 栽培에 있어서는 移流熱(advection energy)의 影響으로 日射를 上廻하는 蒸散이 이루어짐으로, 用水量이 個體群에 比하여 增大함을 考慮할 必要가 있다고 본다⁶⁾. 熱帶地方의 水稻用水量은 溫帶에 比하여 많은데 이는 生育期間이 긴 品種을 栽培함이 그 原因으로 나타나 있으며, 같은 生育日數의 品種을 比較하면, 溫帶벼에 比하여 반드시 높다고만 볼 수 없다.

熱帶, 亞熱帶地域에서는 用水量이 生育日數에 比例하여 增大하는 特色을 보이며, 生育期間이 긴 在來品種은 多數獲品種에 比하여 乾物生産에 對한 水利用效率가 얕은 것을 알 수 있다^{3,4,8,15)}.

一般적으로 生育日數에 따라 乾物生産이 增加하는 傾向이 있지만, 어느 日數를 지나면 乾物生産은 低調해진다. 따라서 穀重질 重量比는 生育日數가 길어질수록 低下함으로, 穗重은 本畝生育日數 115 日頃에 最高에 達한다¹¹⁾. 이는 IRRI Vergara의 報告

Table-4. Result of ET/ADM¹⁾ Irrigation requirement in some Asian countries (11)

Country/Author	Variety	Season	Period	ET/ADM	Season	Period	ET/ADM	Method
Sri Lanka	P.P	Wet 1965	79	305gr	Dry 1964	79	445	Pot
Murakami	Muranga 307	" 1965	79	312		81	380	"
	H 4	" 1965	105	336		116	452	"
	M 302	" 1965	103	341		121	490	"
Malaysia	Pebifun	Wet 1960/61	87	401	Dry 1960	96	453	Pot
Matsushima	IR 8	" 1967/68	92	254	Dry 1968	99	291	"
	Mashuri	" 1967/68	107	248	" 1968	119	318	"
Malaysia	Bahagia	Wet 1967/68	110	274	" 1968	119	338	"
Suginoto	"	Wet 1968/69	109	360	" 1968	115	344	Field
Taiwan		Intermediate	97	486				
Maki		(1923—26)						
Korea	Ginbozu	Normal						Field
Sato		(1932—38)	90	205				
Korea	Riknu 132	Normal 1933	50	258				Field
Tsubouchi	Kamenoo	" 1933	50	303				"
	Odoshiro	" 1933	50	334				"
	Ginbozu	" 1933	70	319				"
	Tamanishiki	" 1933	80	260				"
	Kokuryomiyako	" 1933	80	276				"
Japan	Yachikogane	Normal 1962	101	310				Field
Kato	"	" 1963	108	305				"
Japan	Norin 17	Early 1956—59	105	393				"
Iskikaua	Mohonishiki	Normal	112	308				"
		1956—59						
	Norin 37	Late 1956—59	81	234				"

1) ET/Air Dry Matter in gr.

Table-5. Observed ET and Weight of Air Dry Matter (WADM) by various Institutes in Korea

Institute	Year	Method	Paddy variety	Em ¹⁾	ET ²⁾	ET/Em ³⁾	Yield	ADM	W/ADM ⁴⁾
				mm	mm		kg/ha	Ton	gr
CAC ⁵⁾	1963	WB ⁶⁾	Fujisaka 5 (EE) ⁷⁾	278.1	455.5	1.64	2,985	8.284	550
"	1964	"	"	380.3	547.0	1.44	2,880	8.017	682
			Average	329.2	501.3	1.54	2,933	8.151	616
"	1963	"	Jaekun (E) ⁸⁾	320.7	558.4	1.74	3,765	11.046	506
"	1964	"	(E)	417.3	608.0	1.46	3,615	10.044	605
			Average	369.0	583.2	1.60	3,690	10.545	556
"	1962	"	Paltal (M) ⁹⁾	418.5	501.2	1.20	—	8.845	567
"	1963	"	Nongkwang (M)	366.0	649.9	1.78	4,575	12.702	512
"	1964	"	" (M)	448.3	688.9	1.53	4,200	11.660	590
			Average	410.9	613.3	1.53	4,387	11.069	556
"	1962	"	Unbangju (L) ¹⁰⁾	438.8	589.4	1.34	—	10.058	436
"	1962	"	Nonglim 29(L)	469.9	619.9	1.32	—	9.312	666
"	1963	"	"	320.7	558.4	1.74	4,515	12.562	445
"	1964	"	"	474.6	712.5	1.50	4,050	11.247	634
			Average	428.0	620.0	1.45	4,283	95.57	10.74

우리나라 水稻水用量에 對한 小考

Institute	Year	Method	Paddy variety	Em ¹⁾	ET ²⁾	ET/Em ³⁾	Yield	ADM	W/ADM ⁴⁾
CBU ¹¹⁾	1966	WB	Paltal (M)	326.6	461.9	1.41	6,653	15.022	307
	1967	"	"	376.5	477.9	1.27	5,265	15.623	306
	1968	"	"	406.1	500.1	1.23	5,706	15.900	315
			Average	369.7	480.1	1.30	5,875	15.515	309
ADC	1968	WB	Iri 239 (M)	330.8	454.4	1.37	5,988	16.039	283
	1969	"	Sinpung (M)	291.1	467.5	1.61	6,920	15.685	298
			Average	311.1	461.1	1.48	6,454	15.862	291
SAC ¹²⁾	1968	FRWB ¹³⁾	Bakkum (M)	365.3	406.1	1.11	5,808	15.083	305
	1968	"	"	365.3	599.1	1.64	6,880	15.165	395
	1968	"	"	365.3	599.7	1.63	5,808	13.578	442
			Average	365.3	535.0	1.46	6,165	14.609	366
	1970	"	Tongil (M)	302.1	556.1	1.84	6,827	14,347	388
	1970	"	"	302.1	603.9	2.00	7,557	14.824	426
			Average	302.1	580.1	1.92	7,192	14.586	398
ORD ¹⁴⁾	1972	CM ¹⁵⁾	Tongil (S264)(M) ¹⁶⁾	473.0	638.1	1.44			
	1973	"	"	492.2	631.6	1.28			
	1976	"	"	410.1	599.0	1.46			
	1977	"	"	466.1	623.1	1.34			
	1977	"	"	466.1	622.1	1.33			
	1976	"	Yusin (M)	410.6	607.0	1.48			
	1977	"	"	466.1	615.0	1.32			
	1976	"	Milyang 23(M)	410.6	608.5	1.48			
	1977	"	"	466.1	637.8	1.37			
			Average	462.4	620.2	1.34			
	1973	CM	Jinhung	492.2	562.8	1.14			
	1976	"	"	410.1	530.1	1.29			
	1977	"	"	496.0	547.5	1.10			
			Average	466.1	546.8	1.17			

¹⁾ Pan evaporation in mm

²⁾ Evapotranspiration in mm

³⁾ Evapotranspiration ratio

⁴⁾ Amount of water consumed for 1 gramme of air dry matter in gr.

⁵⁾ Chungnam Agricultural College

⁶⁾ Water balance method

⁷⁾ Extremely early maturing variety

⁸⁾ Early maturing variety

⁹⁾ Medium maturing variety

¹⁰⁾ Late maturing variety

¹¹⁾ Chung Buk University

¹²⁾ Seoul Agricultural College

¹³⁾ Flowing lysimeter water balance method

¹⁴⁾ Agricultural Research Institute, ORD

¹⁵⁾ Chamber method

¹⁶⁾ Tongil, Suweon 264(M)

와도 一致된다.

韓國에 있어서의 蒸發散量/乾物配比인 用水量은 Table-5와 같이 晩生種은 574gr 早中生種은 556gr으로서 生育日數에 比例하며 日本에 比하여 大體적으로 많은 편이다²⁴⁾. 在來種과 多收獲品種間에도 366gr와 398gr로서 그 差異는(9%) 크지 않다²⁵⁾. 이 數值

는 日本에서 平年에 400gr 程度로 보는 것과 同一한 것이다¹⁶⁾.

以上과 같이 在來晩生品種은 多收獲 中生品種에 比하여 ET의 增加에도 不拘하고 乾物總生産, 特히 벼 生産이 隨伴되지 않아 用水量은 많아지고, 乾物生産에 對한 물 效率이 크게 떨어진다. 限定된 用水

Sources: 1. The Journal of Korean Society of Agricultural Engineering 1969 and 1971.

2. Technical Report, CRD 1972, 1973, 1976 and 1977.

源을 利用할 때에는 多收穫中生種의 優位性이 甚多收와 물 效率의 利用面에서 明白해진다.

3. 浸透量(Seepage and Percolation Rate)

벼灌溉畝의 土壤物理的 妥當要件은 浸透量(漏水와 滲透)이 主要한 要因이 될 것이다. 이 두 要素는 물 移動의 用水量에 크게 作用할 것이다. 漏水(seepage)는 물의 水平移動으로 土壤表面과 畦畔等을 通하여 이루어진다. 滲透는 垂直方向의 물 移動으로 흩 粒子孔隙를 通하여 地下水位에 이를 것이다.

이 두 要素는 完全히 相異한 것이나 間或同一視되며 때로는 漏水와 滲透(S&P)로 區分된다.

平坦한 沖積地帶에 있어서 漏水(seepage)는 畦畔을 通하여 排水路의 水位差로 移動하며, 畝地間의 漏水는 傾斜에 따라 그 差異가 甚하다.

滲透는 漏水에 比하여 安定되고 防止가 可能하다. 滲透는 土壤의 粒子와 構造에 따라 그 樣相이 다르나 土壤層에 不滲透層을 만들므로써 이를 防止 또는 減少시킬 수 있다. 滲透量은 地下水位와 깊은 關係가 있고 많은 滲透는 地下水位의 上昇을 가져올 것이다. 試驗結果에 따르면 벼 根域에서는 적은 滲透現象이 나타나고 있음을 알 수 있다²⁰⁾.

滲透量은 土壤形態와 水理條件에 따라 左右된다. 土壤形態는 土壤粒子, 깊이, 粘質含量과 空隙에 따라 滲透量을 크게 左右한다. 또한 水理條件은 地下水位, 水深과 土壤層의 傳導性에 따라 滲透量에 影響을 미친다.

漏水는 表土層에서 滲透는 根域인 地表 25~30cm 層에서 이루어진다. 그러므로 滲透量에 影響을 주는 主要한 要因은 土壤粒度, 收縮과 龜裂, 假比重, 鑛物質, 鹽分 및 有機質等이며 이것들은 湛水深 沓레질, 地下水位調節, 客土, 心土改良等과 複合的으로 作用하게 된다.

土壤粒度는 漏水가 滲透에 至大한 影響을 미친다. Kung (1965)²¹⁾은 日本에 있어서의 日用水量 ET는 平均砂土에 있어서는 27mm/day, 粘質壤土에서는 15mm/day, 粘土에 있어서는 13mm/day로 紹介하였고, 類似的한 結果를 Nakagawa (1976)¹⁸⁾가 10, 14, 17, 23과 27mm/day로 粘土, 粘質, 壤土, 砂質壤土, 砂土에서 각각 消費된다고 하였다. Chin과 Lee의 報告에 따르면 臺灣에 있어서 粘土含量 25~30%, 15~25%, 10~15%, 5~10%인 畝에 있어서는 用水量 ET가 7, 9, 10 및 12mm/day라고 하였다. 滲透는 砂質土에서 漏水는 粘土質畝에서 그량이 많 이 나타나는 一般的인 傾向이지만, 印度의 Gupta

와 Bhattachaya (1963)는 滲透量이 砂土, 砂壤土, 細砂壤土, 壤土, 重粘土에서도 매우 적다고 報告하였지만 Achar와 Dastane (1971)은 重黑 Vertisols에서 19mm/day라고 報告하였다. 이는 50% 粘土質 土壤이다.

土壤構造에 따른 收縮과 龜裂은 滲透에 重大한 影響을 미친다. 特히 熱帶地方에서는 乾雨期가 顯著하게 分離되어 있으며, 雨期初에 있어서 龜裂로 인한 滲透量이 많아진다. Nagahori와 Ogino (1973)는 不攪亂土壤에서의 收縮은 粘土에서 縱橫으로 이루어지며 滲透量은 休閑地가 連作地보다 많으나 量的인 報告는 없다.

假比重이 增大되면 滲透量이 줄어든다. 그럼으로써 沓레질을 함으로써 滲透量을 抑制할 수 있다. 印度 Pande (1975)는 假比重을 1.46에서 1.68g/cm³로 增大시킴으로써 滲透量을 110mm/day에서 14mm/day로 減少시켰으며 水理傳導度를 2.05cm/hr로부터 0.16cm/hr로 減少시켰다고 報告하였다. 이는 沓레질이 아닌 方法으로 즉 moderate compaction에 依하여 假比重을 增大시켰다는 것이다.

鑛物質 團塊 構造의 粘土, 高陵土(Kaolinite)等은 沓레질하기가 매우 어려워져 滲透量에 影響을 미치게 된다. “이온”의 蓄積이 粘土粒子에 미치는 影響에 따라 沓레질이 어려워져서 滲透를 增加시키는 傾向이 있다. 粘土粒子間의 swelling을 위한 X-ray 回析과 化學分析은 團塊構造 粘土가 swelling이 적다는 것을 報告하고 있다. 그럼으로써 土壤粘土의 鑛物質含有量이 滲透에 미치는 影響이 많은 것이다.

土壤鹽分에 對하여 Nagahori와 Sato (1974)는 土壤構造上 鹽分蓄積은 周期的인 乾濕에 影響을 준다고 報告하였고, 海底, 陸乾, 除鹽된 干瀉地土壤의 電氣傳導度는 20, 10, 0.4mmhos/cm라 發表하였다. 濕度保存度는 除鹽過程에서 減少되는 것이다. 土層이 깊고 鹽分含量이 높고 濕度含量이 높은 干瀉土壤은 土壤龜裂이 많지 않기 때문에 漏水와 滲透가 그리 顯著하지 않다. 美國 Louisiana 洲 Crowley 泥壤土(米作土壤)에 있어서는 土壤의 崩潰現象이 일어나는데 이는 鹽度含量이 높은 灌溉水를 使用하였기 때문이다. 그런 現象은 有機質含量이 적은 永年米作地帶에서 그 例가 많다.

有機質 施肥增大는 土壤構造를 改善하고 土壤滲透性을 增加시킨다. 따라서 綠肥와 堆肥의 增施는 有機質의 影響으로 土壤集成을 改善한다. Sahoo (1970)는 有機質만으로는 土壤集成效果는 없지만

Table-7. Study on percolation

- 1. Period : 1962—1965
- 2. Soil : Clay Loam
- 3. Method : Water balance
- 4. Auther : B.S. Min, CAC, November 1969

		1962	1963	1964	1965	1966	Mean
Early M.V.	Total mm	166.0	302.2	302.4	406.5	195.3	274.5
	mm/day	1.84	3.36	3.36	4.52	2.17	3.05
Medium M.V.	Total mm	177.6	940.5	321.0	489.6	173.5	420.4
	mm/day	1.78	9.41	3.21	4.90	1.74	4.20
Late M.V.	Total mm	428.0	1,789.8	430.0	1,087.0	458.2	838.6
	mm/day	3.89	16.62	3.91	9.88	4.17	7.62

Table-8. Studies on percolation with sub-surface drainage

- 1. Period : 1976—1977
- 2. Soil : Marin Clay
- 3. Method : Field measurement. 0.4, 0.8, 1.3ha
- 4. Auther : W.D. Han, CRD, 1976 and 1977

pipe distances	mm/day							Mean
	7.5m		15m		30m			
	1976	1977	1976	1977	1976	1977		
E June	4.5	3.3	5.5	3.0	1.0	1.0	3.1	
M "	4.3	3.6	4.4	4.1	1.2	1.1	3.2	
L "	3.9	5.5	2.0	3.8	0.6	1.2	2.8	
E July	5.3	5.3	5.6	2.9	1.0	1.5	3.6	
M "	8.5	3.6	4.1	2.9	1.6	0.8	3.6	
L "	5.5	1.5	5.6	2.8	1.6	0.5	2.9	
E August	6.5	2.2	5.6	2.8	1.7	0.6	3.2	
M "	7.6	1.7	3.3	2.9	2.0	0.6	3.0	
L "	5.7	1.8	3.8	1.6	2.7	0.7	2.7	
E September	3.8	1.8	5.5	1.6	1.8	0.5	2.5	
M "	4.4	1.8	5.0	1.5	3.0	0.3	2.7	
L "	5.5	1.9	4.1	1.7	4.1	0.5	3.0	
Mean	5.5	2.5	4.5	2.6	1.7	0.8	3.0	

滲透量增加로 暗渠排水에 큰 影響을 준다고 報告하고, Kawaguchi와 Kita (1958)는 土深에 따라 土壤集成度가 減少된다고 하였음은 土深에 따라 有機質含有量이 減少하기 때문이다. Buchrer와 Aldrick는 (1946) 新鮮한 有機質肥料增施는 粘質土壤改善에 惡影響을 미친다고 하였으며 Sauchez (1968)는 有機質肥料增施는 쓰베질을 어렵게 하여 漏水와 滲透를 增加시킨다고 말하였다.

韓國畜에 있어서의 漏水와 滲透에 對한 研究는 Table-7과 8에 있는대로 閱(1962~65)은 暗渠排水施設없이 韓(1976~77)은 新干拓地除鹽을 目的으로 暗渠排水施設(暗渠間隔)을 通하여 그 結果를 發表하였다. Table-7에 依하면 日平均滲透量은 生育期間에 따라 增加되며 5個年平均値는 早生種 3.05mm/day, 中生種 4.20mm/day, 晩生種 7.62mm/day로 나

나고 있다. 韓(1977)²⁷⁾의 研究에 依하면 滲透量이 暗渠設置間隔에 따라 7.5m 間隔에서 最高値인 5.5mm/day를 나타내고, 生育期間中에는 最高分蘗期인 6月上, 中旬에 最高値(平均)인 3.6mm/day를 測定하였으나 平均 3.0mm/day로 報告하였다. Fukuda, Tsutsui (1973)¹⁹⁾에 依하면 日本畜에 있어서의 (耕土深 50cm以上) 滲透量은 砂質壤土 3~6mm/day, 壤土 2~3mm/day, 粘質壤土 1~2mm/day 이어서 韓國과 類似하다고 하였다.

4. 有效雨量(Effective Rainfall)

有效雨量은 벼 生育期間의 消費水量으로 利用되는 雨量으로서 雨量, 降雨頻度, 浸透量, 生育期, 灌溉方法等에 따라 그 量과 率이 달라지는 것이다.

Fukuda와 Tsutsui (1973)¹⁹⁾는 日本에 있어서는

Table-9. Seasonal Rainfall and Effective Rainfall

Rainfall (mm)	After Transplanting (days)	1—10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90	91—100
		10	85	96	99	100	100	100	100	75	77
20	78	95	97	100	100	99	99	74	76	88	
40	65	95	94	96	96	95	94	71	72	85	
60	53	94	90	92	92	90	89	68	69	82	
80	40	94	86	89	87	86	83	65	65	79	
100	27	93	82	85	83	82	78	62	62	76	

Table-10. Saturation days related to percolation losses and intermediate irrigation schedule

Intermediate irrigation (days)	Percolation (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		3	0	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06	0.09	0.1	0.2	0.2	0.3
4	0.01	0.02	0.07	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	
5	0.08	0.1	0.2	0.3	0.44	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	
6	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	
7	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.7	1.8	2.0	2.3	
8	0.3	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.4	2.7	
9	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.9	2.1	2.4	2.7	2.9	3.2	3.5	
10	0.6	0.8	1.0	1.4	1.8	2.1	2.6	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	

Table-11. Paddy Production and Population in Asia 1969—1971, 1980 and 1981

Country	Area harvested (1,000ha)			Yield (kg/ha)			Production (1,000%)			Population (million)
	1969—71	1980	1981	1969—71	1980	1981	1969—71	1980	1981	1981
Afghanistan	203	220	230	1,847	2,095	2,065	374	461	461	16.35
Bangladesh	9,842	10,309	10,100	1,681	2,020	1,980	16,540	20,822	20,000	90.69
Bhutan	38	47	48	1,098	1,106	1,106	42	52	53	1.33
Burma	4,748	5,040	5,500	1,708	2,601	2,661	8,107	13,107	14,636	36.17
China	33,341	33,887	34,480	3,295	4,200	4,237	109,853	142,338	146,087	1,007.75
India	37,677	39,773	4,0000	1,668	2,010	2,050	62,861	79,930	82,000	697.97
Indonesia	8,158	9,018	9,005	2,346	3,301	3,665	19,136	29,774	33,000	150.52
Iran	362	300	320	2,875	4,040	4,375	1,014	1,212	1,400	29.33
Iraq	97	80	80	2,775	3,125	3,125	268	250	250	13.35
Japan	2,968	2,377	2,278	5,485	5,128	5,629	16,280	12,189	12,824	117.16
Kanpuchea DM	2,074	1,200	1,200	1,454	833	967	3,016	1,000	1,160	60.28
Korea DRR	445	800	800	5,371	6,000	6,125	2,392	4,800	4,900	18.32
Korean DER	1,204	1,220	1,224	4,628	4,353	5,745	5,574	5,311	7,032	39.12
Lao	665	732	739	1,309	1,439	1,562	870	1,053	1,155	3.91
Malaysia	708	764	762	2,396	2,841	2,818	1,696	2,171	2,147	14.42
Nepal	1,185	1,270	1,270	1,937	1,940	1,895	2,297	2,464	2,407	14.62
Pakistan	1,527	1,935	1,989	2,246	2,418	2,560	3,431	4,679	5,093	89.42
Philippines	3,157	3,503	3,500	1,655	2,238	2,206	5,225	7,840	7,720	50.53
Sri Lanka	579	824	800	2,526	2,590	2,525	1,463	2,133	2,020	15.11

우리나라 水稻用水量에 對한 小考

Thailand	6,919	9,145	9,140	1,947	1,899	2,079	13,475	17,366	19,000	48.13
Viet Nam	4,916	5,544	5,615	2,018	2,106	2,239	9,918	11,679	12,570	54.97
Asia	120,894	128,045	129,154	2,350	2,818	2,913	284,153	360,876	376,232	2,624.96
World	132,876	143,534	144,915	2,331	2,770	2,855	309,791	397,597	413,785	4,514.40

Sources: FAO Production Yearbook Vol 35, 1981

Table-12. Highlights of the 1979 experiments of the three projects of Yongsangang, Im-Gin and Mi-Ho-Cheon are summarized below for references in subsequent discussions

Items	Yongsangang		Im-Gin		Mi-Ho-Cheon		
	R.I.	C.I. ²⁾	R.I.	C.I.	R.I.	C.I.	
1. Experimental Area (ha):	4.800	4.800	4.359	4.450	1.725	3.918	
2. Soil Texture:							
3. Clay Content:		30—40%		25—30%		25—20%	
4. Eff. Soil Depth:		30—40cm		over 100cm		50—80cm	
5. Percolation: Scheduled,		1.8mm/day		1.5mm/day		2.0mm/day	
Actual,		0.5—1.2mm/day		0.3—1.6mm/day		0.2—3.0mm/day	
6. Rotation Interval: Sch.,		8-day		7-day		6-day	
Act.,		7—25 days		3—33 days		varied	
7. Irrigation Season: Sch.,		112days		116days		117days	
Act.,		(Jun. 1-Sep.20) 97days		(May 28-Sep.20) 112days		(May 24-Sep.17) 113days	
8. Irrig. Depth							
Rooting Stage:		44.8mm×160%		40.0mm×180%		41.3mm×170%	
Eff. Tillering Stage:		49.6—50.4mm×100%		39.2—46.9mm×100%		n.a.	
Ineff. Tillering Stage:		51.6—70.8mm× 50%		46.9—53.1mm× 50%		n.a.	
Panicle Formation							
Booting		72.8—83.4mm× 80%		53.2—67.9mm× 80%		n.a.	
Heading							
Maturing Stage:		87.3—27.5mm× 50%		65.8—31.3mm× 50%		n.a.	
9. Actual Irrig. Depth: For R.I. varied with remaining water depths; For G.I. varied with farmers desired depths.							
10. Ponding Water-Depth: Sch.,							
Rooting Stage:		72mm		72mm		70mm	
Eff. Tillering Stage:		50mm		40mm		35mm	
Ineff. Tillering Stage:		30mm		25mm		30mm	
Panicle Formation Stage:		50mm		50mm		40mm	
Booting Stage:		50mm		50mm		40mm	
Heading Stage:		50mm		50mm		40mm	
Maturing Stage:		30mm		25mm		30mm	
11. Ponding Water-Depth:Act., Generally kept as the scheduled depths at the center of each paddy to be irrigated.							
12. Size of Irrig. Streams: 7—25 lit/sec (as measured by 6-in Parshall flumes installed along the farm ditches).							
13. Total Irrig. Depth:Sch.		606.9mm		671.4mm		651.6mm	
Act.		218.6mm	330.4mm	226.2mm	248.7mm	208.3mm	268.4mm
14. Water Savings:		33.8%		10.1%		22.4%	
15. Rice Yields (kg/ha):		5,031	4,205	5,586	5,042	4,810	4,498
16. Yield Increases:		19.6%		10.8%		6.9%	
17. Irrig. Season Rainfall:							

Items	Yongsangang		Im-Gin		Mi-Ho-Cheon	
	R.I.	C.I. ¹⁾	R.I.	C.I.	R.I.	C.I.
Previous years average:	839.3mm		868.6mm		756.3mm	
1979 seasonal total:	719.8mm		832.3mm		620.5mm	
1979 seasonal effective: ²⁾	406.7mm		520.9mm		433.4mm	
18. Estimated on-farm water requirement (actual irrigation depth+effective rainfall):mm	625.1	737.1	747.1	769.6	641.7	701.8

1) R.I.=Rotational Irrigation; C.I.=Conventional Irrigation.

2) Seasonal effective rainfall is obtained from the summation of the 10-day rainfalls and scheduled irrigation depths whichever is less than scheduled

灌漑期間中平均降雨量の 70~90%가 有效雨量이 될 것이며 日降雨量 50~80mm 以上과 5mm 以下는 벼 生育에 利用되지 못할 것이라고 말하였다.

鄭과尹(1977)²³⁾은 벼栽培에 있어서의 有效雨量을 研究하였다. 이는 灌漑水節約을 爲하여 灌漑方法別로 圃場에서 實施하였는데 滲透量을 1~12mm로 假定하고 間斷灌漑의 周期를 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 日로하고 最大水深을 10cm부터 3cm로 生育期間에 따라 調節하였다. 年間有效雨量은 11年間(1964~1974) 降雨量의 50~90%이었고 降雨量과 그 頻度에 따라 큰 差異가 있다고 하였고 生育期에 따라 比率에 差가 있다고 하였다. Table-9와 같이 有效雨量은 生育初期부터 60間에 많으나 降雨量과 頻度에 따라 또한 差異가 있다. 浸透量과 間斷灌漑週期 (Table-10)에 따른 乾沓日數로 보아 日浸透量 1~3mm/day (우리나라 大部分 沓에 該當)에서는 10日 間斷灌漑를 勸奨하고 4~6mm/day에서는 8~9日 10~12mm/day일 때는 6~7日 間斷灌漑를 勸奨한다고 結論하였다. 또한 間斷灌漑의 連續灌漑에 對한 用水節約은 浸透量 4mm/day일 境遇 32%가 되고 12mm/day의 境遇에는 6%가 된다고 報告하였다.

5. 土壤과 물 管理에 依한 用水節約(Water saving through Soil and Water Management Practices)

湛水와 水深 湛水는 土壤의 物理化學的變化인 膨脹, 分散, 土壤粒子的 集成, 土壤氣孔의 減少, 有機物質의 分散還元 등으로 滲透量을 減少시킨다. 湛水는 土壤의 有機化學作用으로 浸透量을 減少시킨다. 이는 主로 細胞孔의 微生物에 依한 封鎖와 有機質의 微生物에 依한 分解還元 등으로 10倍에서 100倍까지도 減少시킬 수 있다는 것이다. 이에 反하여 Huynh (1974)은 벼用水量(ET 包含)이 쓰레질하고 水深 5cm 湛水下에서는 7.9mm/day이지만 無湛水

下에서는 4.5mm/day만 必要하여 75%의 用水節約을 보았다고 報告하였다. Sanchez (1968)亦是 Mashas와 Faron 粘質土壤에서 無湛水栽培는 5cm 湛水栽培보다 用水量을 節約할 수 있다고 하였다. Ferguson (1970) 또한 湛水深을 增加시킬수록 浸透量이 많아져서 用水量損失을 크게 된다고 하였다.

그럼으로 粘土, 泥土나 鹽度含量이 많은 土壤은 生態學的性質로 滲透와 漏水量을 低下시킬 수 있지만 氣孔이 많은 土壤과 膨脹이 없는 砂質土壤에 있어서는 湛水는 높은 水頭로 많은 用水를 必要케 한다

Bandopadhyya와 Sahoo (1972)는 連續的인 湛水는 높은 假比重(1.77g/cm³)을 維持하지만 間斷的으로 乾濕이 連續되면 낮은 假比重(1.52g/cm³)現象이 나타난다고 報告하였다. Kawaguchi와 Kita 報告에 依하면 湛水는 土壤集成現象은 減少되지만 有機質의 還元, 分解 등으로 鐵分과 Manganese 酸化物的 吸收를 容易하게 한다고 하였다. 土壤이 乾燥하면 湛水時 減少하였던 鐵과 鎂 酸化물이 이들의 沈澱으로 다시 增加된다고도 하였다. 그럼으로 쓰레질에 依하여 破碎된 土壤集成은 沓이 乾燥됨에 따라 酸化物과 有機質에 依하여 再形成된다.

그러나 Chandhary와 Ghildyal(印度 1969)은 土壤集成은 쓰레질 後湛水狀態에서도 再形成된다고 報告하였으며, Sanchez (1968)는 圃場과 溫室에서의 試驗結果湛水數個月後에도 土壤微粒子는 土壤集成을 維持할 수 있다고 報告하였다.

쓰레질을 함으로서 土壤構造를 破碎하여 湛透量을 抑制한다고 많은 學者들이 發表하였다 Sanchez (1973)는 IRRI 土壤(pot)에서 쓰레질을 함으로서 滲透量을 8.2mm/day에서 1.8mm/day로 減少시켰다고 하였으며, IRRI 研究者(1972)들은 20m² 圃場에서 쓰레질을 함으로서 滲透量을 5.7mm/day에서 2.0mm/day로 減少시켰다고 報告하였다. 類似한 例는 Huynh (1974)이 用水量(ET包含) 無湛水狀態

(saturation)에서 쓰레질을 함으로서 6.0mm/day에서 4.5mm/day로 減少시켰으며, 5cm 湛水狀態에서는 8.1mm/day에서 7.9mm/day로 減少시켰다고 報告하였다. Kawasaki (1975)는 日本에서 쓰레질을 實施하여 滲透量을 3分の 1로 減少시켰다고 말하고 있다.

쓰레질을 함으로서 土壤孔隙를 91~100 減少시키며, 假比重을 粘質土壤에서는 0.54g/cm³에서 1.41로 砂質壤土에서는 0.61g/cm³에서 1.91로 泥壤土에서는 1.20g/cm³에서 1.43으로 增加시켰다고 報告하였다. panda (1975)는 쓰레질을 하여 砂壤土에서 水理傳導度를 0.09cm/hr에서 0.02로 粘質壤土에서 2.05cm/hr에서 0.16으로 減少시켰다고 말하였다.

以上 쓰레질을 함으로서 土壤粘性을 減少시키고, 土壤集成을 破碎하고 土壤孔隙를 적게하고, 土壤假比重을 增大시키므로써 滲透量을 減少시킨다고 여러 報告書는 말하고 있다.

犁底盤(plow pan)의 存在와 形成에 對하여 많은 研究結果가 發表되었다. 그 原因은 耕耘과 쓰레질 過程에서 減少된 鐵分과 망강이 粘土質과 같이 壓縮되어 생기는 現象이다. Moorman과 Dudal (1964)은 Plowpan은 砂質土나 Grumusol에서는 形成되지 않고, 鐵分과 망강의 다짐 層이 新沖積土와 Calcareous 土壤에서는 形成되지 않는다고 發表하였다. Grant (1964)는 Plowpan이 砂壤土와 排水가 잘 되는 Latosols의 永年 벼栽培畝에서 形成된다고 말하였다. 그러나 新墾地인 Alkali 土壤에서는 이 다짐 層이 形成되지 않는다고 하였다. Stout (1966)는 Plowpan이 重粘土에서는 形成되지 않고 이 다짐 層은 中耕, 乾濕의 反復, 氣溫, 濕度 등의 變化에 따라 土壤의 다짐 度와 그 形成度에 差異가 있다고 報告하였다.

土壤改良과 地下障壁設置 日本에서는 Bentonit-使用에 依하여 土層 25cm의 滲透量을 調節하였다고 發表하였으며, Anase (1966)는 Bentonite (8—13 m³/ha)를 使用함으로서 滲透量을 30% 減少시켰다고 報告하였다. 그러나 이 Bentonite는 3~6년이 지나면 그 效力이 없어진다고 하였다. 各土壤別 Bentonite 所要量에 對하여는 研究가 없으나 火山灰性土壤에서는 沖積土보다 Bentonite 使用效果가 있다고 하였으며 300~600m³/ha 施用을 標準으로 한다고 하였다.

Ghildyal (1969)은 地下 30cm에 2~3mm의 asphalt壁을 만듦으로서 滲透量을 47% 減少시켰다

고 報告하였으며, Ponde (1975)는 紅土나 砂質粘土에서는 地下障壁設置의 必要性이 없다고 하였지만 滲透量은 100~200mm/day가 된다고 하였다. 土壤改良이나 地下障壁設置로 滲透量을 調節할 수 있지만 그 經濟性은 亞細亞 여러 벼生産國에서 없는 것으로 報告되어 있다.

結 論

上述한 바와 같이 벼栽培에 必要한 用水量 決定에 는 여러가지 要因이 地域的으로 또한 複合的으로 關連되어 있다고 본다. 우리가 周知한 바와 같이 灌溉排水施設의 改良과 設置는 農作物增產의 한 가지 手段이지 그 目的은 아닐 것이다. 그들 施設을 잘 만들었다고 곧 增產이 되는 것은 아닐 것이다. 그 럼으로 運營管理를 擔當하고 있는 機關들이 農民의 參與意識을 鼓吹하여 그들과 같이 科學的이며 現代的인 土壤과 물管理를 合理的으로 實施함으로써 用水節約을 하여 現存貯水源을 보다 效率的으로 利用할 수 있게 해야한다고 생각한다.

葉水面蒸發量 研究에 있어 或者는 韓國의 多收穫品種을 IRRI에서 育成한 短稈(Indica)系統인 遠緣交雜品種만을 指稱한 듯하여 所謂在來品種을 低收穫品種으로 부르고 있으나, Kim과 Hwang (1971)²⁶⁾에 依하면 八達, 白金等品種도 ha當 벼로 6ton 以上 生産된다고 發表하여 이들 Japonica 長稈品種도 多收穫品種이라고 하여도 損色이 없을 것이다. 特別 日本에서는 Indica type의 獎勵品種은 없으며 우리나라에서도 遠緣交雜 多收穫品種(Indica type)은 1980年夏節生育期間의 冷害로 向後 벼品種選擇은 農民의 自意로 하고, 또한 1981年度增產目標量 547 ton(白米)은 122萬 ha에서 全國平均 4.5 ton/ha (6.4 ton에 벼)로 樹立한 점으로 보아 長稈在來種도 多收穫品種에 屬한다고 보며, 將次 우리나라 벼 育種도 Japonica type의 米質이 좋은 多收穫品種開發이 期待된다. 參考로 Table-11에 1979年亞細亞 여러 나라의 벼生産量과 單位生産用高를 記載하였다.

過去發表된 論文들에 依하면 風乾物重量增加는 곧 蒸發散量增加로 追加用水量이 必要하다고 結論하였지만 中生種인 八達, 農光品種等(Table-5)은 風乾物 1gr當 必要用水量이 556gr이 되어 統一系品種 396gr 보다 많은 물이 必要한 것으로 나타나 이는 日本人의 試驗結果와도 一致된다. 勿論 風乾物重量 增加에 따라 用水量이 增加되나 이 方法은 한가지 比較方法

이며 概括的 用水量推定에 參考로 하는 것이 通例이다.

滲透量은 벼生育에 密接한 關係가 있음이 明白하므로 日本에서는 벼 多肥密植栽培에 隨伴하여 末端用排水施設의 整備改善뿐만 아니라 客土, 心土破碎 등의 對策을 綜合的으로 實施하여 벼 生産性向上을 企圖하고 있다. 日本農業土木 試驗場에서는 減水深이 20~30mm/day(ET包含)가 最高收量을 거둘 수 있다고 그 試驗結果를 發表하고, 벼 多收穫農家의 減水深은 10~40mm/day(ET包含)이라는 것도 알게 되었다. 即 많은 滲透量은 벼 有效分蘖後 過剩窒素分을 除去하고 根域에 充分한 酸素를 供給하여 結實을 促進하여 多收穫을 이루게 한다고 說明하고 있다

우리나라 여러 學者들은 벼 多收穫品種栽培擴大로 用水量不足이 豫見된다고 結論하고, 一 對策으로서 水源擴保乃至는 施設容量의 增大, 用水路의 漏水防止, 用水의 再利用, 灌溉方式의 改善等을 들고 있으나 보다 急한 問題는 各農地改良組合과 水利契 등의 年間을 통한 科學的이고 合理的인 給水計劃과 個個農民의 水管理技術의 普及訓練이 더 時急하다고 思料되며 이렇게 함으로써 所謂不足하다는 用水量을 다소나마 充足시킬 수 있다고 生覺한다.

이를 뒷받침하는 것은 上述한 여러가지 方法과 또한 重要한 資料는 1979年에 農業振興公社가 榮山江, 臨津江, 美湖川地區에서 實施한 水管理示範事業結果報告이다. Table-12에서 一括說明함과 같이 輪環灌溉를 實施하여 그 結果 榮山江地區에서 33.8%, 臨津地區에서 10.8%, 美湖川地區에서 22.4%의 用水節約을 할 수 있었다고 報告하였다. 이 試驗은 當年에 끝났지만 農水產部當局은 새로운 農用水源開

發과 똑같은 比重으로 施設運營과 管理等에도 重點을 두어 上記試驗地區를 擴大繼續케 하는 同時에 새로운 地區에도 新設케 하고 既設農地改良組合 등의 年間을 통한 給水計劃과 農民들의 水管理技術普及訓練等을 보다 科學的이고 合理的인 方法으로 樹立하여 實踐함으로써 巨大한 施設費가 必要로 한 새로운 施設追加等은 後日로 미루더라도 이 두가지 事項에 充分한 豫算과 人力을 配定하여 벼 生産性을 提高시킴으로써 우리 韓國이 世界에서 名實共히 벼 最高生産國의 頂上을 찾아할 수 있도록 特別한 配慮가 있어야 한다고 生覺한다.

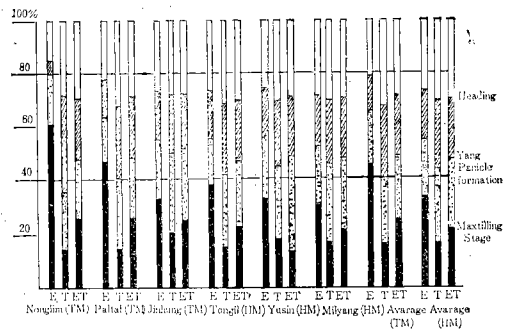
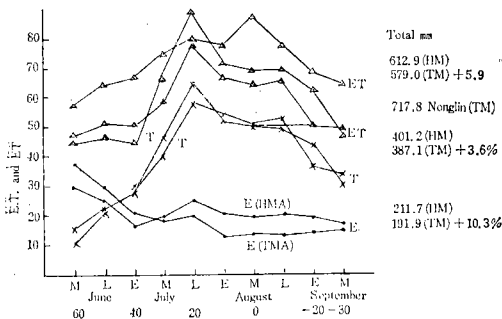


Fig. 2. E.T. and ET Rate at different growth stager

參考文獻

1. Kanareugsa, C. and Chantratarakul, Y. 1973. Effect of drainage on the grain yield and yield components of RID rice variety in relation to various rates of nitrogen and phosphate fertilizer Rice Dept. Thailand Annual Report. 1969 : 268-279
2. Kung, P., Charin, Y. and Kruthabandhu 1965 Determining Water requirement of rice by field measurement in Thailand. IRC Newsletter 14(4) : 5-18
3. Matsushima, S. 1962. Some experimentation soil-water-plant relationship in rice. Agri. Bull, Malaysia 112 : 1-38
4. Murakami, T. 1966. Report of experimental results on rice water relation study. Dept. of Agriculture. Ceylon 1-145
5. Naito, F. 1969. Study on transpiration and evapotranspiration of crops Tokaikinki Agri.



Days prioret heading and figures in parethesis chaw rumfer of days after transplant Maturity

Fig.1. Changes in E.T. and ET

- research Station, Report 18 : 49—51
6. Nakagawa, S. 1966—67. Consuming mechanism and measurement for paddy water requirement. Journal of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering. 34 : 85—90, 571—577
 7. Nishio, T. 1972. Report on the irrigation and paddy cultivation studies in the Muda Irrigation Scheme area, West Malaysia 1970—72. Crop Production and Training, Cen. T. Chengai, Malaysia 1—119
 8. Sugimoto, K. 1965. Result of study on rice culture. Rice culture in Malaya. Centre for Southeast Asian Studies. Symposium Ser. 1 : 10—23
 9. 1968. Rice culture in Malaya. Nitsakki, special edition: 125—136
 10. 1971. Study on rice culture and effects of fertilizer use in Malaya. No. 5 Nitsakki 40 : 88—94
 11. Sugimoto, K. 1971. Plant-water relationship of Indica rice in Malaysia. TARC Tech. Bull. 1 : 1—80
 12. Tanaka, A. 1971. Tropical rice ecology. Yonkendo, Tokyo, Japan
 13. Uchisima, S. 1962. Climatic estimate for paddy water requirement through heat balance method. Agricultural climate. 17 : 85—93
 14. van't Woudt, B.D. 1967. Techniques for estimating the water requirement of the rice crops. IRC Newsletter 16(1) : 11—30
 15. Wu, C. N. 1969. Comparative studies on different varieties of rice regarding water absorption at various growth stages Rept. of TARI 1946—69 : 42—43
 16. Overseas Technical Cooperation Agency (OTCA). 1973, Rice irrigation in Japan. H. Fukuda and H. Tsutsui.
 17. Tropical Agricultural Centre. 1975. Rice cultivation in the tropical Asia. Agricultural Statics Association
 18. Nakagawa, S. 1976. Water requirements and their determination Tropical Agricultural Research Series No. 9
 19. ADC. 1978. Supplemental information on basis for estimating rice irrigation requirement. The First Design Dept. of ADC.
 20. FAO. 1979. Land evaluation criteria for irrigation, report of an expert consultation. FAO World Soil Resources Reports 50.
 21. ADC. 1979. Report on paddy water management demonstration pilot project 1980.
 22. MAF and ADC. 1980 Water requirement standarden water resources developmentfor agriculture.
 23. ADC. 1981. Hungnong-Gae January 1981.
 24. B.S.Min Paddy water corcsumptive study 1962—65, CAC The Journal of Korean Society of Agricultural Engineering (JKSAE) Volume 11, No. 2 3, 1969
 25. C.K.Kim Basic study on Napo-transpiration for paddy, JKSAE Vol. 11, No.2, 1969, CBU
 26. U. Whangand C.K.Kim. Study on water requirement for IR667, JKSAE Vol. 13, No. 4, 1971, SAC
 27. W.T.Han, Study on paddy water requirement, ORD, 1973—77
 28. Jung, D.H. and J.H. Yoon 1977 ORD, Suweon, Study on Effective. Rainfall in Paddy Cultivation in Korea.