

統一벼의 用水量測定試驗

黃 垠
 <本協會理事·서울農業大學教授>

1. 緒 言

우리 나라에서 담 용수량을 다룬 일은 1908년부터 1915년에 걸쳐 日人 草野福田, 飯島 諸氏¹⁻⁶⁾가 勸農模範場에서 試驗한 것을 爲始하여 1962~1964까지 忠南農大에서 閔 丙燮教授⁹⁾¹¹⁾가 試驗한 것, 1965년에 農林部 農工利用研究所¹³⁾, 1967~1969년에 農業振興公社 農工試驗所¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾에서 試驗한 것, 1968년에 著者が 土性別 用水量을 測定한 것¹²⁾ 등 여러가지가 있다. 그 중 첫째 것은 이미 時代의 흐름과 더불어 水稻 品種, 收量, 栽培方法 등이 달라지므로써 많이 달라지고 있으며 특히 葉水面 蒸發量은 氣象條件 外에 水稻의 生理的作用에도 큰 영향을 받는 것이어서 그 測定 過程을 移缺, 活着後 生育過程에 따라 一定期間으로 生育期를 區分하여 觀測하는 것이 水稻의 生理上 合理的인 것이며 이를 土性別, 品種別로 나누어 取扱하는 것이 타당하다고 思料된다. 畚 用水量은 氣象狀態, 品種, 土性, 地下水의 高低 등을 一次의 要因으로 하여 變하는 것으로 여기에서는 이제까지의 品種보다 30% 以上 多收穫이 기대되는 新品種 統一벼(IR 667, 수원 213)를 심어서 그 消費 水量을 알고자 鐵製 Floating Lysimeter에 壤土區 2區, 埴壤 區 2區, 合計 4區를 설치하여



Fig 1. Floating Lysimeter 設置光景

(元來 6區를 설치하였으나 2區는 失敗함) 그 消費 水量을 測定 試驗하기로 하였다.(Fig. 1)

2. 試驗 材料 및 栽培 管理

試驗區의 設置方法은 이미 農工學會誌 Vol.11, No.1 (1969)¹²⁾에서 著者が 記述한 方法에 따라 設置하였으며 生育期間中の 操作 및 觀測方法도 이에 따랐다. Floating Lysimeter 內의 土壤은 이미 2年 前에 高陽農組管內의 壤土와 埴壤土 試料를 2組씩 採取 運搬하여 過去 用水量試驗에 使用하였던 것으로 土壤이 原狀態로 還元된 것이며 그 土性 檢定表는 다음 表 1과 같다

表 1 土 性 檢 定

土壤系	土壤統	土壤區名	Gravel >2mm	VCS 2~1	CS 1~0.5	MS 0.5~0.25	FS 0.25~0.10	VFS 0.10~0.05	S ₂ H 0.05~0.002	Clay <0.002	土地所在地
西京畿系	草 城 統	一山埴壤土區	1.3%	0.6	0.7	1.2	1.6	3.2	40.3	52.4%	高陽·知道·大壯 398-3
鹹 水 系	河海水成統	高村壤土區	10.9%	4.6	7.5	8.7	7.3	5.0	44.3	22.6%	高陽·知道·土堂 563-3

이 Lysimeter 안에 小型畚水面 蒸發計를 設置하여 Hook gange로 消耗水量을 測定하였다. 그리하여 이들 反覆區에서 얻은 葉面 蒸發量, 水面蒸發量, 葉水

面 蒸發量의 平均値를 取하였다.

4月 15일에 籼穀식 모은 鉢桶 못자리를 설치하여 못 자리 거름을 表 2와 같이 주어 水原農試 標準管理 栽

培法에 의하여栽培한 것으로 表 3과 같이 基肥를 施用하여 6月 10日에 1株 3本씩을 21cm×24cm로 移秧하였다.

表 2 못자리거름 평당(3.3m² 당)

		밑 거름	웃 거름 제 1 회 제 2 회
요	소	60 g/평	25 25
중	과	110	
염	화	80	
두	염	5,000	

表 3 施 肥 量 (10a당)

질소 15 kg	단 질소는 밑거름 35%	} 로 4회에 나누어 시비함
인산 7.5 "	가치거름 30 "	
칼리 9 "	이삭거름 25 "	
퇴비 800 "	알거름 10 "	
추비는 6/25, 8/8, 8/27에 시행함		

中耕除草는 6月 15日, 7月 15日, 7月 25日의 3회에 걸쳐 施行하였으며 二化螟虫과 稻熱病의 發生으로 Sumthion, Bla.s 1,000倍 溶液을 撒布하였다. 出穗開花의 最盛日은 8月 19日이었으며 落水는 出穗後 20日이 經過한 9月 10日에 하였으며 刈取는 10月 5日에 하여 乾燥後 脫穀 調製하였다. 그리고 栽培 期間 中인 6月 10日~9月 10日 사이의 氣象 狀況을 살펴 볼 때 6月 下旬과 7月 下旬에 形成된 第一長霖前線과 第二長霖前線의 形成과 태풍 Olga, Wilda, Billie, Fran 등의 北上으로 많은 降雨를 보았으며 특히 7月 3~6日에는 서울에서의 124.9mm의 豪雨를 내리게 하였다. 그리하여 全 生育 期間 92日 間에 平均 氣溫은 20.4°C~25.9°C로서 대체로 平年보다 0.5°C가 낮았으며 52日 間의 降雨 日數와 1,047.8mm의 降水로 平年보다 438.7mm나 많은 降水를 보았으며 反面 蒸發量은 298.9mm밖에 되지 않아 平年보다 140mm가 적었다. 각 月別 氣象 狀況을 들던 表 4와 같다.

表 4 生育 期間 中의 氣象 狀況

	6月	7月	8月	9月	계(平年)
平均氣溫(°C)	20.4	23.0	25.9	21.2	23.7
蒸發量(mm)	68.4	76.2	123.1	34.4	289.9
降水量(mm)	215.0	425.6	195.9	211.3	1,047.8
降水日數(日)	11	19	15	7	52

단, 6 月은 6/11 이후, 9 月은 9/10까지 임

3. 試驗 分析 및 考察

畚의 消費水量 中에서 株間水面蒸發量과 葉面 蒸發量은 純用水量 中에서도 浸透量과 달라서 反覆 利用이

不可能한 絶對的 消費水量이며 이는 氣象條件과 畚의 生育 狀態에 따라서 變化하는 특징을 가지고 있다. 用水量計劃에서는 兩者의 合計量인 葉水面蒸發量으로 나타낸다. 그리하여 蒸發計蒸發量과의 比를 求함으로써 畚에 따른 氣象 條件의 相異를 消去하여 畚의 生育에 따른 葉水面蒸發量의 變化를 일어서 그 實相을 알게 되는 것이다. 먼저 Fig 2 Fig 3에서 全般的인 概況을 살펴보면

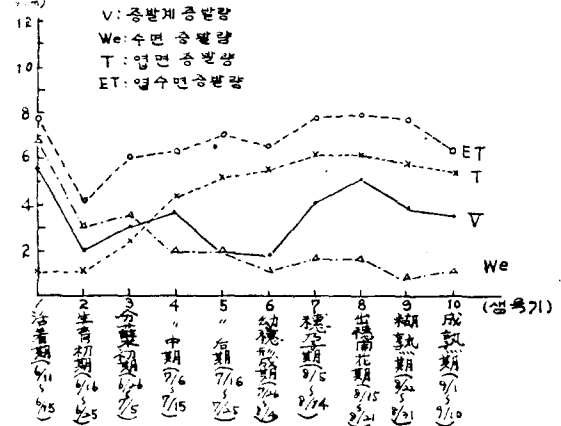


Fig. 2 생육기별 일소비수량(양토구)

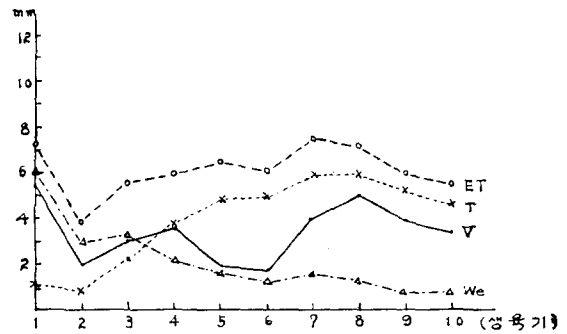


Fig. 3. 생육기별 일소비수량(식양토구)

葉面 蒸發量과 水面 蒸發量은 反對的인 現象에 있으며 葉水面 蒸發量은 穗孕期나 出穗 開花期를 頂點으로 凸形을 이루면서 分布되어 있다. 表 5에서 蒸發計 蒸發量의 平均値가 3.3mm/day 인데 株間 水面 蒸發量은 2.0~2.2mm/day 로 이는 今年이 多雨의 해로 畚에 蓋인 날이 적었기 때문에 적은 값을 나타낸 것으로 蒸發計 蒸發量의 0.6배밖에 되지 않는다.

가. 葉水面蒸發量의 變化

株間 水面 蒸發量, 葉面蒸發量 및 그 合計인 葉水面 蒸發量은 氣溫, 水溫, 濕度, 日射量 등의 氣象條件과 水稻의 生育 狀況에 따라 左右되는 것으로 灌溉 期間

表 5

生育期別消耗水量

單位: mm

記號	生育期	月日	氣溫	降水量	降水日數	蒸發計 蒸發量	壤土區			埴土區		
							葉面 蒸發量	水面 蒸發量	葉水面 蒸發量	葉面 蒸發量	水面 蒸發量	葉水面 蒸發量
1	活着期	6/11~6/15	114.5	6.3	3	27.8	5.6	33.5	39.1	6.3	30.1	36.4
2	生育初期	6/16~6/25	195.0	142.2	5	19.9	11.1	30.7	41.8	9.4	29.2	38.6
3	分蘗初期	6/26~7/ 5	218.9	170.5	6	29.0	24.0	36.3	60.3	22.5	32.8	55.3
4	" 中期	7/ 6~7/15	214.4	47.5	5	36.5	43.0	19.5	62.7	38.1	21.5	59.6
5	" 後期	7/16~7/25	240.1	165.8	6	19.5	52.0	18.3	70.3	48.6	15.7	64.3
6	幼穗形成期	7/26~8/ 4	252.8	126.7	9	17.5	54.8	11.3	66.1	48.3	12.3	60.6
7	穗孕期	8/ 5~8/14	270.7	73.3	2	40.2	61.3	16.5	77.8	58.9	15.8	74.7
8	出穗開花期	8/15~8/21	180.3	6.8	1	35.4	43.5	11.4	54.9	41.7	9.2	50.9
9	糊熟期	8/22~8/31	247.6	97.4	8	38.7	58.2	8.6	66.8	52.6	7.5	60.1
10	成熟期	9/ 1~9/10	243.3	211.3	7	34.4	54.0	10.1	64.1	47.2	8.4	55.6
計		92日間	2177.6	1047.8	52	289.9	407.7	196.2	603.9	373.6	182.5	556.1
平均		—	23.7	—	—	3.3	4.4	2.2	6.6	4.0	2.0	6.0

※ 極大値나 極小値는 取捨 補正함

中の 生育期別變化는 Fig. 2, Fig. 3 과 같다. 水面 蒸發量(W_s)은 分蘗 初期에 最高值로 3.28~3.63mm/day 를 나타내면서 上昇하나 水稻가 茂盛하여 水面이 遮蔽 되는 데 따라 分蘗 中期부터 減少하여 糊熟期에 最低로 0.75~0.86mm/day 로 되었다가 그 후에는 漸增한다. 한편 葉面 蒸發量(T)은 이와 反對로 生育 初期는 적고 水稻가 生育하는데 따라 增大하여 出穗 開花期에 最高로 5.76~6.20mm/day 로 되었다가 그 以後에는 多少 減少되는 경향이 있다. 그리하여 兩者의 合計인 葉水面蒸發量(ET)는 生育 期別 起伏이 比較的 적어서 蒸發計蒸發量(V)의 變化와 비슷하게 攄으면서 變하고

있다. 즉, 活着期에서 生育初期까지는 줄었다가 分蘗 初期에 上昇하여 分蘗中期에 그 上昇度가 若干 줄었다가 穗孕期 또는 出穗開花期까지 계속 上昇하면서 여기에서 最高值를 나타내어 7.47~7.84mm/day 를 나타내고 그 이후는 急히 줄어들어서 落水日을 맞이하고 있다. 이와 같이 灌溉 期間 中の 葉水面 蒸發量의 合計는 92日 間에 556.1~603.9mm 로 平均 580mm 정도이다.

(나) 蒸發計蒸發量과의 比

棼의 落水面 蒸發量(ET)는 水稻 生育과 氣象條件에

表 6

生育期別 日消耗水量과 蒸發計蒸發量과의 比

단위: mm

記號	V	壤土區						埴土區					
		T	W_s	ET	T/V	W_s/V	ET/V	T	W_s	ET	T/V	W_s/V	ET/V
1	5.56	1.10	6.70	7.80	0.20	1.20	1.40	1.26	6.02	7.28	0.23	1.08	1.31
2	1.99	1.11	3.07	4.18	0.56	1.54	2.10	0.94	2.92	3.86	0.32	1.47	1.79
3	2.90	2.40	3.63	6.03	0.83	1.25	2.08	2.25	3.28	5.53	0.78	1.13	1.91
4	3.60	4.30	1.95	6.27	1.20	0.54	1.74	3.81	2.15	5.92	1.06	0.60	1.66
5	1.95	5.20	1.83	7.03	2.67	0.94	3.61	4.86	1.57	6.43	2.49	0.81	3.30
6	1.75	5.48	1.13	6.61	3.13	0.64	3.77	4.83	1.23	6.06	2.76	0.70	3.46
7	4.02	6.13	1.65	7.78	1.52	0.41	1.93	5.89	1.58	7.47	1.47	0.39	1.86
8	5.06	6.20	1.64	7.84	1.23	0.32	1.55	5.96	1.30	7.27	1.18	0.26	1.44
9	3.87	5.82	0.86	6.68	1.50	0.22	1.72	5.26	0.75	6.01	1.36	0.19	1.55
10	3.44	5.40	1.01	6.41	1.57	0.29	1.86	4.72	0.84	5.56	1.37	0.24	1.61
"	34.14	43.14	24.47	66.63	14.41	7.35	21.26	39.78	21.64	61.43	13.02	6.87	19.89

V: 蒸發計蒸發量

W_s : 水面蒸發量

T: 葉面蒸發量

ET: 葉水面蒸發量

의하여 支配되는데 氣象條件은 蒸發計 蒸發量(V)으로 代表된다. 그러므로 表 6에서 葉水面 蒸發量과 蒸發計 蒸發量의 比를 求함으로써 年에 따른 氣象 條件의 相

異를 消去하여 水稻 生育에 따른 葉水面 蒸發量의 變化를 살펴보면 다음과 같다. 葉水面 蒸發量 對 蒸發計 蒸發量의 比는 灌溉 期間을 通하여 1.84~2.00 過去

에 알려져 있던 1.23보다 훨씬 큰 값을 나타내고 있어서 이는 앞으로 栽培管理方法이 向上되는 데에 따라 多收穫畝에서는 이 값이 더욱더 커질 것으로 기대된다 이를 生育期別로 보면 生育이 進行되는데 따라 그 比는 增大하여 分蘗 後期부터 큰 값을 나타내어 幼穗形成期에 最高值 3.46~3.77을 나타내고 있다. 이는 이 期間에 生殖生長이 매우 旺盛함을 잘 나타내고 있는 것으로 이제까지 그 例를 찾아 볼 수 없을 만큼 크다. 앞으로도 多收穫 品種이 開發될수록 ET/V 값은 더욱 커질 것이다. 그러나 ET 의 絕對値는 역시 穗孕期和 出穗開花期에 크게 나타나고 있어서 幼穗形成期の 最高値는 降水日數가 이 期間에 9日이나 集中되어 흐린 날이 계속되어 蒸發計의 蒸發이 抑制되어서 一時的으로 異常値를 나타낸 것이 아닌가 한다.

다시 表6에서 生育期別日消耗水量을 보면 3.86~7.84mm/day를 消耗하고 있어서 畦畔浸透는 反覆利用이 되므로 無視하더라도 降水浸透量은 地下水로 바

뀌는 것이 大部分이므로 이것은 마땅히 用水計劃에 參與시켜야 하는 것으로 적어도 壇壤土 1~2mm/day, 壤土 2~3mm/day, 砂壤土 3~4mm/day 정도는 加算하여야 할 것이다. 더우기 多收穫을 위한 適正減水深 20~30mm/day를 發生시킬 경우에는 더욱 그러하다. 그런데 지금까지 使用하고 있는 一般的設計用水量 0.0024m³/sec/ha 즉, 20,736mm/day로는 이와 같은 總消耗水量(總用水量)과 降水浸透量을 고려할 때에는 그다지 不足感을 느끼지 않으나 畦畔浸透를 고려한 日減水深 6.65~19.86mm/day과 견주어 보면 餘裕가 없는 것 같고 多收穫을 위한 設計用水量이라 보기에 는 힘든 現實이다. 더우기 앞으로 品種改良에 따른 多收穫栽培技術이 向上될 때에 더욱더 그 不足感을 느낄 것이다.

우리 나라에서 觀測된 各種消費水量을 表7에서 比較하여 보면 年이나 土性, 栽培技術의 向上에 따른 差異도 있겠으나 品種改良에 따라 ET/V 값이 점차

表 7 우리나라에서 觀測한 各種消費水量의 比較表

觀測所	年 度	蒸發計 (mm) 蒸發量 V	葉 面 (mm) 蒸發量 T	水 面 (mm) 蒸發量 W _e	葉水面 (mm) 蒸發量 ET	T/V	W _e /V	ET/V	反當收量 (kg)	질무게 (kg)	反當風乾物 生 產 量 (kg)	蒸散化	土 性	品 種
勸 農 模 範 場	1909	509.71	—	—	636.21	—	—	1.25	420,530	451,526	1,067,635	—	식양토	早 神 力(中)
	1910	429.30	272.83	235.17	508.00	0.64	0.55	1.19	485,745	628,290	1,114,035	242.9	"	"
	1911	416.60	—	—	487.58	—	—	1.12	256,500	292,500	549,000	—	"	"
	1912	442.00	133.70	271.24	407.27	0.30	0.62	0.92	241,924	280,804	522,782	253.6	"	"
	1913	415.53	127.39	261.27	389.39	0.00	0.63	0.93	268,204	434,929	703,133	179.7	"	"
	1914	503.60	467.97	239.21	703.71	0.92	0.48	1.40	607,508	856,807	1,464,315	112.4	"	"
1915	353.10	164.48	252.79	412.78	0.45	0.72	1.17	603,195	471,600	1,074,795	151.8	"	"	
忠 南 農 大	1962	418.45	305.86	195.38	501.24	0.73	0.47	1.20	—	—	884.5	392	식양토	八 達 (中)
	"	438.75	340.60	248.80	589.40	0.69	0.76	1.34	—	—	1,005.8	347	"	銀坊主 101(晚)
	"	469.85	407.46	212.48	619.94	0.87	0.45	1.32	—	—	931.2	395	"	農 林29(“)
	1963	278.10	302.20	153.30	455.50	1.08	0.55	1.63	298,500	529.9	828.4	356	"	藤 坂 5(極早)
	"	320.70	383.40	175.00	558.40	1.19	0.55	1.74	376,500	669.5	1,046.0	367	"	再 建 (早)
	"	366.00	455.90	194.00	649.90	1.25	0.53	1.78	457,500	812.7	1,270.2	359	"	農 光 (中)
	"	397.00	477.40	200.60	678.00	1.20	0.51	1.71	451,500	804.7	1,256.2	380	"	農 林29(晚)
	1964	380.30	314.10	232.90	547.00	0.83	0.61	1.44	288,000	513.7	801.7	392	"	藤 坂 5(極早)
大	"	417.30	349.60	258.40	608.00	0.94	0.62	1.46	361,500	687.9	1,004.4	348	"	再 建 (早)
	"	448.30	401.10	287.80	688.90	0.89	0.64	1.53	420,000	745.0	1,166.0	344	"	農 光 (中)
	"	474.60	410.00	302.50	712.50	0.86	0.64	1.50	405,000	719.7	1,124.7	365	"	農 林29(晚)
農工	1965	399.10	—	—	494.00	—	—	1.24	570,000	630.0	1,200.0	—	사양토	八 達 (中)
農 土 研 究	1967	323.80	330.10	184.40	514.50	1.02	0.57	1.59	633,000	866.2	1,702.0	193.9	식양토	農 林29(晚)
	1968	330.80	305.20	149.20	454.40	0.92	0.45	1.37	598,000	1,005,114	1,603.0	190.3	"	禮 里239(“)
	1969	291.10	321.80	145.70	467.50	1.11	0.50	1.61	692,000	876.5	1,568.5	205.2	"	新 豐 (中)
서 울 農 業 大	1968	365.30	254.60	151.50	406.10	0.70	0.41	1.11	580,750	927.5	1,508.25	168.8	식양토	白 金 (中)
	"	365.30	387.60	211.50	599.10	1.06	0.58	1.64	688,000	828.5	1,516.50	255.6	양 토	" (")
	"	365.30	370.00	227.70	597.70	1.01	0.62	1.63	580,750	777.0	1,357.75	272.5	사양토	" (")
	1970	302.10	373.60	182.60	556.10	1.24	0.60	1.84	682,700	752.0	1,434.70	260.4	식양토	統 一 (中)
	"	302.10	407.70	196.20	603.90	1.35	0.65	2.00	755,700	726.7	1,482.40	275.0	양 토	" (")

높아져 가고 있는데 이제는 $ET/V=2.00$ 이 되었다. 따라서 그만큼 生理作用이 旺盛한 品種을 開發하였다는 것을 뜻한다. 蒸散比는 日本 西原 農試에서 347, 京都農大에서 326으로 알려져 있는데 우리 나라는 忠南 農大에서 試驗한 것을 除外하고는 모두 300 以下の 값을 얻고 있어서 훨씬 그 값이 떨어지는데 이는 緯度上昇에 따른 植物生理, 氣象條件, 水溫 등이 風乾物生産에 어떤 영향을 준 것이 아닌가 한다.

4. 結 言

지금까지 國內에서 畚用水量을 測定한 일이 많이 있었다. 그런데 今般 奇蹟의 벼씨라 할 수 있는 統一벼 (IR 667-水原 213)의 出現으로 그 消耗水量을 究明함으로써 앞으로 새로운 用水量 決定에 한가지 재료를 보태고자 本試驗을 實施하였던 바 水稻 生育期別 用水量의 變動은 活着期와 穗孕期, 出穗 開花期에 Peak를 나타내므로 이 3期는 물의 供給이 充分하여야 收穫을 올릴 수 있으며 多收穫 畚은 모두 浸透가 比較的 良好的 畚에서 이루어지고 있다는 事實에 비추어 水稻 生育을 向上시키는 見地에서 透水 效果가 注目을 끌고 있다. 그 結果 水稻 收量과 畚의 降雨 浸透量 사이에 密接한 關係가 있어 收量이 最大로 되는 浸透量은 15~25mm/day(平均 20mm/day)이라 한다. 이것은 減水深으로 20~30mm/day에 해당한다. 따라서 今後의 물 管理는 品種 改良에서 오는 絕對量의 需要 向上을 고려하여 畚用水量의 漸次的인 增加도 勘案하여 이들을 올바르게 推定함으로써 水源 對策과 配水 計劃에 차질이 없도록 하여야 할 것이다.

5. 摘 要

기적의 벼씨라 불리는 統一벼(IR 667)의 出現으로 畚用水量 算出에 變動이 생기지 않을까 하여 本試驗을 실시하였던 바 다음과 같은 事實을 알게 되었다.

- (1) 葉水面蒸發量과 蒸發計蒸發量의 比는 埴壤土 $ET/V=1.84$, 壤土 $ET/V=2.00$ 를 지금까지의 어느 品種보다 그 값이 컸다.
- (2) 生育期別 ET/V 를 볼 때 分蘖後期와 幼穗形成期에 3.30~3.77로 그 값이 커진다.
- (3) 蒸散比는 埴壤土 260.4, 壤土 257.0으로 모두 300以下 이었다.

6. 參考 文獻

- (1) 草野嶽男：1909. 勸農模範場報告 Vol.4, pp. 51~60.
- (2) 福田文六：1910, 勸農模範場報告 Vol.5, pp. 64~68
- (3) 福田文六：1911, 勸農模範場報告 Vol.6, pp. 45~50
- (4) 福田文六：1912, 勸農模範場報告 Vol.7, pp. 104~108
- (5) 飯島寬一郎：1914, 勸農模範場報告 Vol.8, pp. 26~32
- (6) 飯島寬一郎：1915, 勸農模範場報告 Vol.9, p. 120~129
- (7) 李昌九：1961, 農業工學 富民文化社, pp. 79~87.
- (8) 閔丙燮：1962, 農業水利, 富民文化社 pp.145~157.
- (9) 閔丙燮：1963, 忠南大, 論文集 Vol. 3, pp.389~396.
- (10) 池泳鱗 外 3人：1965, 水稻作, 郷文社, pp. 210~217.
- (11) 閔丙燮：1965, 農工學會誌, Vol. 2, pp. 49~59.
- (12) 黃 垠：1969. 農工學會誌, Vol.11, No.1, pp. 43~61
- (13) 農林部 農工利用研究所：1995年度試驗研究報告書 pp. 49~58
- (14) 農業振興公社 農工試驗所：1967年度 試驗研究事業報告書 Vol. 5, pp. 166~186.
- (15) 農業振興公社 農工試驗所：1968年度 試驗研究事業報告書 Vol. 6, pp. 65~86.
- (16) 農業振興公社 農工試驗所：1969年度 試驗研究事業報告書 Vol. 7, pp. 29~42.