

## 濕畚稻作技術向上에 關한 研究

第1報 地下排水가 施肥量과 栽植密度를 달리한 水稻의 生育 및 收量에 미치는 影響

姜在哲, 金達壽, 具英壽, 黃昌周, 羅鍾成  
全羅北道 農村振興院

### Studies on the Improvement of Rice Cultivation in the Ill-drained Paddy Field

I. The Effects of Fertilizations and Planting Densities on Growth and Yield of Rice in the Underchannel Drainage.

Jae Chul Kang, Dal Soo Kim, Yung Seo Ku, Chang Ju Whang and Jong Sung Ra  
Jeonra bukdo Provincial Office of Rural Development

#### ABSTRACT

In order to clarify the effect of underchannel drainage and culture on the ill-drainage paddy fields, the experiment was carried out at different amounts of fertilizer and planting space under the culvert. It had been found that the effect of underchannel drainage on the ill-drainage paddy field was very efficacious, and planting density was more effective on yield than the amount of fertilizer applied.

#### 緒 言

우리나라에서 쌀의 穀倉地帶라고 불리우는 湖南平野에서 쌀의 所出을 阻害하는 要素는 여러가지가 있겠으나 무엇보다 重要한 것은 排水不良에서 오는 後期生育의 障害이다.

濕畚은 湛水初期부터 酸化還元電位가 낮으므로 土壤의 有機物分解가 嫌氣的으로 나타나 土壤中에  $H_2S$ , 有機酸,  $CH_4$ ,  $CO_2$  등이 發生集積하게 되므로 水稻의 根腐現象을 일으켜 養分吸收과 生育의 阻害를 일으

키게 된다<sup>10,15,16,17</sup>. 따라서 濕畚에서 地下排水는 水稻根에  $O_2$ 의 供給, 有機物의 酸化의 分解, 地溫上昇, 有害物質의 除去等으로 水稻의 生育을 良好하게 한다<sup>17,18,21,24,25,28</sup>.

地下排水(透水)에 關한 研究는 Harrison Aiyer<sup>1)</sup>로부터 始作하여 많은 報告가 있으나<sup>2,3,4,5,6,13,18,21,22,26,27,28,29</sup> 地下排水에 依하여 水稻의 生育 및 收量이 良好하다는 報告<sup>2,3,4,5,6,13,18,22,28</sup>와 效果가 없다는 報告<sup>21)</sup> 그리고 滲透水를 再灌溉하므로서 良好하다는 報告<sup>28)</sup>가 있다.

따라서 筆者들은 1973年 湖南平野의 濕畚改良을 目的으로 地下排水에 關한 一聯의 試驗을 實施하였던 바 그 一部를 이에 報告하는 바이다.

#### 材料 및 方法

供試圃場(全北農村振興院畚作圃場) 20a에 8m의 間, 隔과 1m의 깊이로 內徑 9cm의 土管으로 暗渠를 設置하였으며 周圍에는 外部水의 流入을 막기 爲하여 地面에서 1.5m깊이로 비닐로 遮斷하였다. 供試品種을 “統一”로 하여 5月 1日 播種에 6月 8日 移秧하였으며 施肥量은 少肥區  $N \sim P_2O \sim K_2O$ 를 10a當 10~6:

~9kg, 標準區 15~9~14kg, 多肥區 20~12~18kg으로 하였고(堆肥는 各各 1,500kg/10a施用) 栽植密度는 疎植區 18.1株/m<sup>2</sup>, 標準區 24.2株/m<sup>2</sup>, 密植區 30.2株/m<sup>2</sup>로 하여 排水處理別 分割區配置 3反覆으로 하였다.

排水區의 排水處理는 有效分蘗終止期後 1週日間(7.5~7.12)은 完全排水하였고 穗孕期間(7.25~8.10)은 3日間隔으로 同時 灌排水하였으며 出穗後는 繼續 灌排水하였다. 無排水區는 全生育期間 湛水狀態로 維持하였다.

### 結果 및 考察

1. 透水性; 그림 1에서 보는 바와 같이 無排水區의 減水深은 1日 10mm內外인데 對하여 地下排水區는 30mm內外였다.

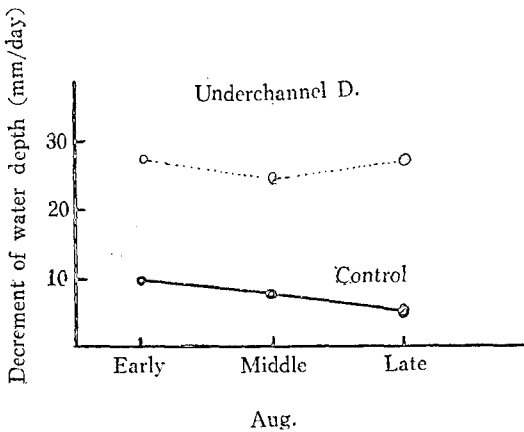


Fig. 1. Variation of decrement of water depth by underchannel drainage.

2. 土壤 Eh; 無排水의 土壤 Eh는 -100mv以下の

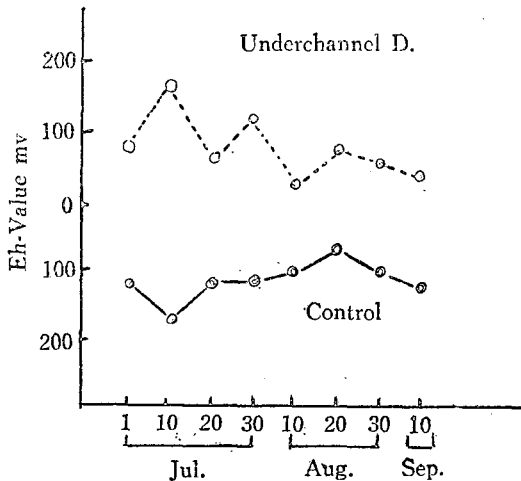


Fig. 2. Relation between Eh value and drainage condition.

數値를 보이고 있으나 排水區에 있어서는 50mv以上을 나타내었다(그림 2). 即 地下排水에 依하여 土壤 Eh는 100~300mv 높아져서 土壤通氣가 良好함을 알 수 있었다.

### 3. 排水條件과 地上部 乾物重과의 關係

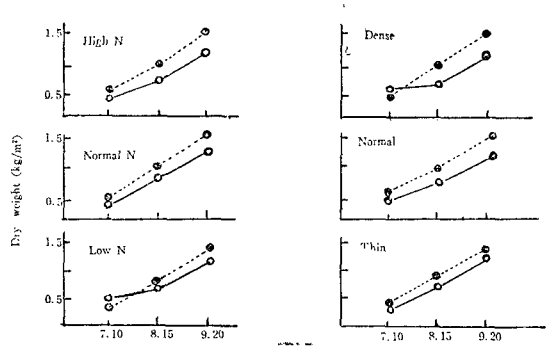


Fig. 3. Relation between drainage condition and dry wt. (○; Underchannel drainage, ◐; control).

그림 3에서 보는 바와 같이 7월 10日(最高分蘗期)의 地上部 乾物重은 排水區와 無排水區間에 差異를 認定할수 없었으나 8월 15日(出穗期)부터 큰 差異를 나타내어 9월 10日(成熟期)에는 더욱 컸는데 그程度는 施肥量과 栽植密度를 增加할수록 顯著하였으며 成熟期間 地上部乾物重의 增加는 施肥量보다는 栽植密度의 增加에서 더욱 그 差異가 크게 나타났다.

따라서 地上部乾物重과 收量과의 關係는 그림 4-6에서 보는 바와 같이 最高分蘗期에는 排水條件에 따른 差異가 認定되지 않았으나 生育後期인 出穗期과 成熟期에는 排水區에서 各各  $r=0.717^*$ ,  $r=0.666^*$ 의 有意的인 正相關을 보였다. 그러나 無排水區에서는 生育後期에도 排水條件에 따른 乾物重과 收量間의 相關關係가 認定되지 않았다. 即 排水處理는 地上部

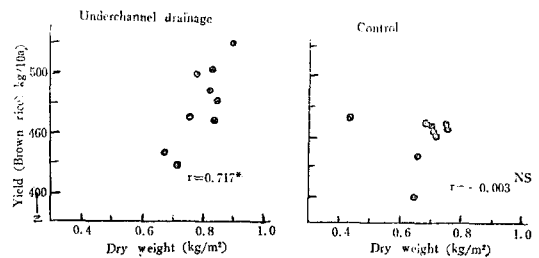


Fig. 4. Relationship between yield and top dry weight at maximum tillering stage.

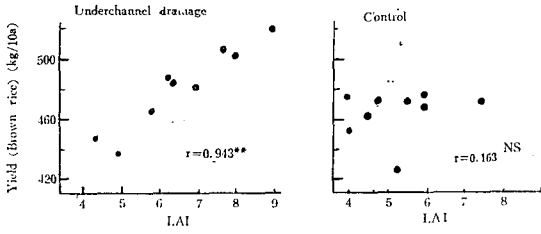


Fig. 5. Relationship between dry weight and yield at heading stage.

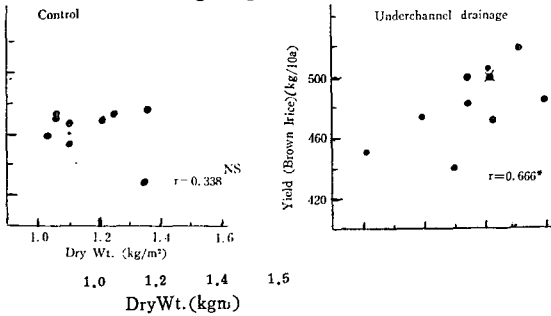


Fig. 6. Relationship between top dry weight and yield at ripening stage.

乾物重増加에 有効하였는데 이는 排水處理를 하므로서 뿌리의 活力<sup>14,20,23</sup>이 높아졌다는 事實과(표 1 참조) 光合成能力<sup>12,10</sup>이 높아진 結果로 보인다.

#### 4. 葉身中 窒素含量과 收量과의 關係

葉身中 窒素含量과 收量과의 關係를 그림 7에서 보면 排水區에서는 葉身中 窒素含量이 2.5%인때 收量の maximum을 나타내고 있으나 無排水區에서는 一定한 傾向을 보이지 않았다.

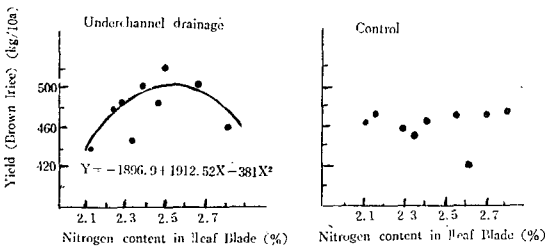


Fig. 7. The yield and nitrogen content in leaf blade at the heading stage.

다음 登熟期間 葉身中 窒素含量의 減少量과 收量과의 關係를 그림 8에서 보면 排水區에서는 登熟期間 葉身의 窒素含量의 減少가 클수록 收量の 增加를 가져 왔으나 無排水區에서는 逆相關을 보였다. 即 排水區에서는 出穗期로부터 成熟期에 이르는 동안 葉

身中 窒素가 이삭으로의 移行이 良好하여 收量에 크게 貢獻하였다고 본다. 木戶<sup>11</sup>는 乾畚이 濕畚에 比하여 出穗前에는 植物體內의 全 窒素含量이 많으나

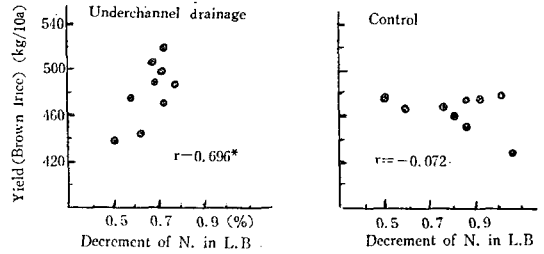


Fig. 8. The yield and decrement of nitrogen in leaf blade during the ripening period.

出穗後에는 莖葉에서 적고 이삭에서는 많음을 報告하였는데 本 試驗에서도 이와 一致되는 結果를 보였다.

또한 排水區에 있어서는 그림 9에서 보는 바와 같이 出穗期까지 吸收된 窒素의 量이 登熟期間에 減少되는 量과 收量과의 關係는 前述한 葉身中 窒素含量의 減少量과는 달리 3.0g/m²以上の 減少에서는 收量の 減少를 가져왔다.(多肥疎植區) 이와 같은 事實은

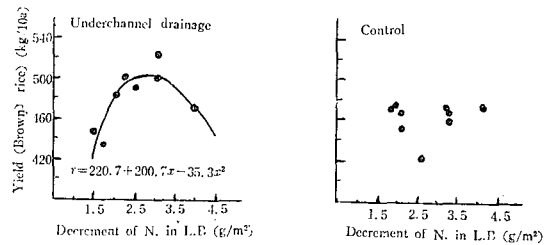


Fig. 9. The yield and decrement of nitrogen in leaf blade during the ripening period.

葉身의 窒素含量이 많다고 하더라도 葉量이 적을 경우에는 收量の 增加를 期待할수 없는 結果로서 이는

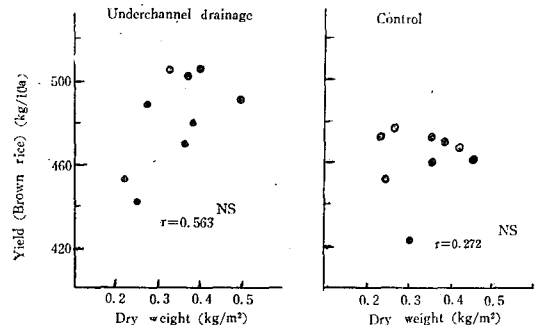


Fig. 10. Relationship between the yield and LAI at the ripening period.

Table. 1. Relation between drainage condition and root.

Drainage condition	Fertilizer	Planting density	No. of root /hill	Root diameter (mm)	Root wt. /hill (g)	Oxidation activity (r/g. Fw/hr)	
						Upper	Lower
Under-channel Drainage	Low	T.P.	1,035	0.250	8.5	34.2	40.2
		N.P.	954	0.249	5.3	34.2	40.2
		D.P.	955	0.200	7.9	32.8	36.8
	Normal	T.P.	1,176	0.265	14.6	66.4	34.0
		N.P.	948	0.215	10.4	80.0	45.0
		D.P.	648	0.202	11.4	79.2	34.0
	High	T.P.	1,268	0.224	10.1	38.2	22.8
		N.P.	906	0.228	8.4	45.6	24.0
		D.P.	790	0.185	13.0	39.6	22.8
Control	Low	T.P.	1,087	0.271	8.6	39.6	34.2
		N.P.	1,069	0.211	8.2	34.2	28.2
		D.P.	963	0.192	6.3	41.0	22.8
	Normal	T.P.	1,295	0.264	7.7	34.2	28.2
		N.P.	1,066	0.185	5.7	34.2	25.4
		D.P.	1,000	0.163	6.5	39.6	22.8
	High	T.P.	1,089	0.298	8.7	28.2	20.2
		N.P.	1,142	0.217	4.8	22.8	19.8
		D.P.	1,030	0.217	5.7	34.2	20.2

Note: T.P.=Thin planting(18.1/m<sup>2</sup>) N.P.=Normal planting (24.2/m<sup>2</sup>) D.P.=Dense planting(30.2/m<sup>2</sup>)

Table. 2. Yield components under different drainage condition

Drainage condition	Fertilizer	Planting density	Effective stem ratio (%)	No. of panicle /m <sup>2</sup>	No. of Spikelets /m <sup>2</sup> (10 <sup>3</sup> )	Ripening ratio (%)	1,000 gra- in Wt.(g)
Underchannel drainage	Low	T.P.	83.2	288	29	67.5	24.8
		N.P.	74.7	329	31	63.5	24.5
		D.P.	62.9	353	33	66.9	24.1
	Normal	T.P.	76.3	320	31	63.9	24.7
		N.P.	65.4	339	32	62.0	24.9
		D.P.	70.5	390	37	65.8	24.4
	High	T.P.	67.7	319	36	64.8	24.5
		N.P.	67.3	344	35	62.9	24.8
		D.P.	78.9	390	38	64.6	24.4
Control	Low	T.P.	76.5	272	32	60.9	24.3
		N.P.	63.5	312	32	56.2	23.7
		D.P.	54.2	332	31	63.1	23.4
	Normal	T.P.	67.7	270	32	61.6	23.8
		N.P.	63.4	315	37	56.2	23.4
		D.P.	57.3	344	35	57.8	23.8
	High	T.P.	66.7	290	35	63.0	23.2
		N.P.	65.7	329	39	56.0	23.7
		D.P.	48.8	314	29	57.0	23.5

營養生長과 生殖生長의 不均衡에서 오는 一種의 秋落現象으로 보인다. 따라서 濕畚에서 地下排水를 할 경우 多肥疎植은 秋落을 招來하는 結果가 된다.

### 5. 葉面積指數와 收量

排水區에서는 葉面積指數와 收量과는 高度의 正相關을 보였으나 無排水區에서는 相關이 認定되지 않았다. (그림 10)

### 6. 排水條件과 뿌리와의 關係

出穗期의 뿌리 調査 結果는 표 1과 같다. 株當 根數는 無排水區에서 많으며 處理間에 큰 差異를 보이지 않고 있으나 排水區에 있어서는 栽植密度를 增加할수록 株當 根數의 減少는 顯著하였다. 根太에 있어서는 排水區에서 큰 傾向이었고 株當 根重은 排水區에서 顯著히 무거웠는데 이는 그림 11에서 보는 바와 같이 뿌리의 發育이 良好하여 根長이 길고 根毛



Fig. 11. Comparison of root growth under different drainage condition at heading stage.

의 形成이 越等히 많기 때문이다.

從來의 報告<sup>28,30)</sup>에 依하면 停滯水區의 根群은 土壤表層에 많으며 透水處理는 深層까지 分布한다고 하였는데 本 試驗의 結果 無排水區에서 株當 根數가

많은 것은 不良環境에 對한 抵抗으로 表層에 多量 密生한 結果이며 排水區에 있어서는 透수에 依하여 土壤中에 酸素가 供給되므로 土壤이 酸素狀態로 되기 때문에<sup>17,18,24,25)</sup> 뿌리의 發育이 順調로이 進行된 結果로서 栽植密度의 增加에 따라 株當 穗數가 적으므로 相對的으로 根數도 적은것으로 考察된다. 排水區에서 根毛形成이 많은 것은 川田<sup>8,9)</sup>가 指摘한 바와 같이 乾畚化土壤에서는 一定한 表皮細胞數中 根毛가 發生하는 短細胞群이 많다는 點과 無排水區에서는 湛水狀態가 되기 때문에 酢酸 碳酸 酪酸等 有機酸의 發生<sup>17,24,25)</sup>으로 根毛가 脫落<sup>8,9)</sup>한 것으로 推察된다.

뿌리의 活力調査 結果는 少肥區의 上位根에서는 排水區에서 떨어지나 그 외는 어느 處理 어느 部位에서나 排水區에서 顯著히 높았다. 그리고 排水區의 경우 上位根은 標肥區에서, 下位根은 少肥區에서 높았는데 無排水區에서는 어느 部位에서나 施肥量을 增加할수록 뿌리의 活力은 減少하였다.

### 7. 收量構成要素와 收量

m<sup>2</sup>當 穗數; 穗數는 排水區에서 많았는데 이는 濕畚에서 有効分蘗終止期에 完全排水處理를 함으로서 有効莖比率이 높아진 結果이다.

m<sup>2</sup>當 穎花數; 單位面積當 穎花數는 無排水區에서 多少 많았으며 排水區에서는 栽植密度를 增加할수록 顯著히 增加하였으나 無排水區에서는 一定한 傾向을 보이지 않았다.

登熟比率과 玄米千粒重; 排水處理를 함으로서 收量構成要素中 가장 效果가 뚜렷한 것은 登熟率의 向上과 千粒重의 增加였다. 濕畚에서 收量을 阻害하는 가장 큰 要素는 生育後期 뿌리의 機能低下에서 오는 登熟率의 低下인데<sup>3,28,30)</sup> 本 試驗의 結果 排水處理를 함으로서 登熟率은 平均 5.6%, 千粒重은 1.0g(4.2%)의 增加를 보여서 어느 處理에서나 그 效果가 뚜렷하였다.

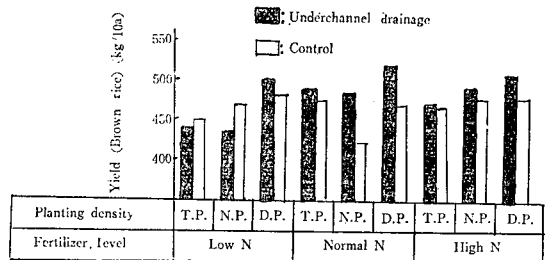


Fig. 12. Brown rice yield by given treatments  
Note: T.P.=Thin planting  
N.P.=Normal planting D.P.=Dense planting

收量; 少肥區의 疎植區와 標準植區는 排水處理에 依하여 1~4%의 減收를 가져 왔으나 外 모든 處理區에서는 無排水區에 比하여 排水區에서 3~13%의 增收를 가져왔으며 그 効果는 密植區에서 더욱 顯著하였다.

濕畝에서 地下排水의 効果는 먼저 水稻根의 機能 低下를 防止함으로써 地上部의 生育을 健全하게 하고 이로 因하여 同化力을 높이고 窒素代謝를 良好하게 하여 榮養生長과 生殖生長의 不均衡에서 오는 秋落을 防止하게 됨으로 後期 登熟率을 向上시켜 收量을 增加시킨다.

또한 本 試驗의 結果에서는 濕畝에서 地下排水를 할 경우 施肥量은 標準肥料以上の 增肥를 要하지 않으나 栽植密度에 있어서는 密植에서 效果가 있다. 따라서 濕畝改良을 目的으로 地下排水를 할때 栽培法에 있어서는 施肥量의 增加보다는 栽植密度를 높이는 것이 收量을 增加하는데 有利할 것이다.

### 摘 要

湖南地方의 濕畝水稻作改良을 目的으로 地下排水에 關한 試驗을 實施하기 위하여 暗渠를 設置하고 施肥量은 少肥, 普肥, 多肥區를, 栽植密度는 疎植, 標準, 密植區를 두어 試驗을 實施한 結果는 다음과 같다.

1. 排水處理를 하므로서 出穗期와 成熟期의 地上部 乾物重은 收量과 有意的 正相關을 보였다.

2. 排水區에서 登熟期間 葉身中 窒素含量의 減少量과 收量과는  $r=0.696^*$ 의 正相關을 보였으나 吸收窒素量의 減少量과 收量과는  $Y=220.7+200.7x-35.3x^2$ 의 二次回歸를 보였다.

3. 株當根數는 無排水區에서 많았으며 栽植密度間에 큰 差異가 없었으나 排水區에서는 栽植密度增加에 따라 株當根數의 減少는 顯著하였다.

4. 根太, 根長, 根毛의 形成等은 排水區에서 越等히 增加하였으며 아울러 株當根重이 무거웠다.

5. 뿌리의 活力은 少肥區의 上位根을 除外하고는 排水區에서 顯著히 높았다.

6. 排水處理는 登熟率과 千粒重增加에 特히 有効하였다.

7. 收量은 無排水區에 比하여 排水區에서 少肥疎植區는 1~4%의 減收를 보였으나 外 모든 處理는 3~13%의 增收를 보였는데 그 效果는 施肥量의 增加보다 栽植密度增加에서 더 顯著하였다.

### 引用 文 獻

- Harrison, W., and P.A.S. Aiyer. 1913. Memoir Department of Agriculture, India Chemical Service.
- 湖南作物試驗場. 1973. 排水 및 肥培管理改善에 依한 收量限界向上試驗. 試驗研究報告書.
- 林政衛·橋瓜厚·篠塚清次郎·五十嵐曉三. 1960. 濕田における灌漑水の地下滲透と水稻の登熟穗期以後の滲透について. 日作紀 29(1):43~46.
- 瀧嶋康夫·今野喜一. 1959. 泥炭地 水田土壤に關する研究(第15報) 排水時期の相違が水稻の生育土壤成分の代謝海脫に及ぼす影響. 日土肥誌 30(8):381~384.
- 忠南農村振興院. 1970. 水稻 水管理에 關한 試驗. 試驗研究報告書.
- 作物試驗場. 1962~1964. 水分滲透量이 水稻生育에 미치는 影響. 試驗研究事業報告書.
- 趙伯顯監修. 1969. 土壤學.
- 川田信一郎·石原邦. 1959. 水稻の根における根尾の形成について. 日作紀 27(3):341-348.
- . 1961. 透水の有無と水稻冠根における根毛形成との關係. 日作紀 29(3):345-349.
- 木戸三夫·武全武保·市川儀夫. 1954. 濕田における水稻の減收機構について. 日作紀 22(3-4):51-52.
- 田川信一郎·石原邦·桑取昭三·佐藤得也. 1956. 乾濕田における水稻の生理生態學的研究. (第2報) 腐根の發生と無機成分の吸收について. 日作紀 24(3):161-162.
- 香山俊秋·宮坂昭·江口和雄. 1962. 濕田における水管理に關する. 作物學的研究. VII. 落水處理が水稻の光合成に及ぼす影響. 日作紀. 30(2):143-145.
- 松平敬夫. 1941. 綠肥の肥効増進に關する研究. (1報) 綠肥の肥効に及ぼす滲透水の影響に就て. 日土肥誌 15(5):350-351.
- 松島省三. 1966. 稻作の理論と技術. 養賢堂.
- 三井進午·橋本秀數·世澤四郎. 1949. 老朽化水田における水稻根の生理的障害發生機作に關する研究. 日土肥誌 19:59-61.
- . 麻生未雄·熊澤喜久雄. 1951. 作物の養分吸收に關する動的的研究. (第1報) 水稻根の養分吸收に對する  $H_2S$ 의 影響について. 日土肥誌 22:46.

17. 三井進午・熊澤喜久雄・向井登. 1959. 作物の養分吸収に關する動的研究. (第22報) 濕田土壤における有機酸の生成と水稻の生育について(その1). 日土肥誌 30:345.
18. ————. 1933~1935. 排水地と停滯水地との稻田における根の發生關係. 日作紀 5(3):305-313, 6(2):207-211, 7(2):134-138.
19. Miyasaka, A. 1964. Effect of drainage on CO<sub>2</sub> exchange and some characters related to grains yield of rice plant. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan 33(1):90-93.
20. 林田吉男・猪山純一郎・本間力. 1965. 光合成と根の生長および活力との相互關係. 日作紀 34(2):148-153.
21. 野島數馬・田中市郎. 1960. 水田における透水が水稻の生育に及ぼす影響 第1報 水田の透水時期が水稻の生育收量および水中溶度 O<sub>2</sub> free CO<sub>2</sub> 硫化物等に及ぼす影響. 日作紀 29(3):341-344.
22. 農事試驗場南鮮支場. 1940~1941. 暗渠排水試驗事業報告書.
23. 李鍾薰・太田保夫. 1973. 水稻根の形態および機能と地上部諸形質との關係について. 農業技術研究所研究報告 D<sub>24</sub>:61-105.
24. 高井康雄・小山忠四郎・加村崇雄. 1955. 水田土壤の微生物代謝に關する研究. (第1報) 日農化誌 29:967-972.
25. ————. 1956. 水田土壤の微生物代謝に關する研究 (第2報) 現地水田土壤のガス及び有機酸について. 日土肥誌 26(12):509-512.
26. 内山修男・鬼鞍豊・高橋精一・吉田修三. 1956. 水田の滲透性の意義について. (第1報) 滲透速度と湛水下土壤の Eh の關係. 日土肥誌 27(1):23-26.
27. ————. 吉田修三. 1956. 水田における滲透性の意義について (第2報) 滲透速度の差けよる流出アンモニア量の變化. 日土肥誌 27(2):53-58.
28. 上田博愛・大山一夫. 1958. 湛水下における水稻の根の呼吸生理機構に關する研究 第111報 及び 第Ⅵ報 灌溉水の地下滲透が水稻の生育に及ぼす影響. 日作紀 26(4):249-251.
29. ————. 1959. 湛水下における水稻の根の呼吸生理機構に關する研究. 第Ⅴ報 水田を滲透した土壤溶液が水稻の生育に及ぼす影響 (1). 日作紀. 28(1):7-9.

30. Yamada, N., and Y. Ota. 1961. Effect of water percolation on pyhsiological activity of rice root. *ibid* 29(4):404-408.

## SUMMARY

The objective of the experiment was to clarify the method of improvement of rice cultivation on the ill-drainage paddy field. It was carried out in the Honam area under the culvert for underchannel drainage.

The plots were composed of three different levels of planting density combined with three different amounts of fertilizer.

The results are summarized as follows.

1. Correlation between heading date and top dry weight at the harvest time was positively significant in the underchannel drainage.

2. In the underchannel drainage plots, there was a positive correlation of  $r=0.696^*$  between decreased amount of nitrogen in the leaf blades at the ripening period and yield, while decreased amount of absorbed nitrogen and yield showed the following parabola,  $Y=220.7+200.7x-35.3x^2$ .

3. Roots per plant in the control plot were more numerous. The number of roots showed no difference in the various plant density, while the number of root showed significantly different in the underchannel drainage.

4. Root diameter, root length, root weight per plant and formation of root hair were remarkably increased in the underchannel drainage.

5. Root oxidation activity was active in the underchannel drainage except the upper roots in the light fertilization.

6. Underchannel drainage was effective on the improvement of 1,000 grain weight.

7. Yield was decreased by 1-4% in the underchannel drainage of light fertilization with less dense plant compared with the control plot, while the other treatments increased yield by 3-13%. This effect can be attributed more to plant density than to amount of fertilization.