

干拓地에서 두더지 暗渠設置法과 除鹽效果에 關한 研究

An Experiment for the Lay out Method of Mole Drains and
the Effect of Desalinization in Reclaimed Tidelands.

鄭 斗 浩*

Doo Ho Jung

金 顯 喆*

Hyun Chul Kim

閔 庚 壽**

Kyung soo Min

Summary

The newly designed mole drainage plower which is attached to tractor is tested for work capacity comparing with the pulling by man animal and winch. Besides, the effect of desalinization by the mole drainage in reclaimed tideland was observed.

The results as obtained in this experiment are as follows;

1. The mole drainage plower of tractor attachment has higher work capacity by 3 to 5 times than that of winch
2. The suitable soil moisture content to carry out the layout of mole drains is from 21 to 25 percent.
3. The new design mole drainage plower requires the lowest cost as comparing with the other methods.
4. Carrying out the mole drainage in reclaimed tideland it is effective in desalinization from 2 to 3 times than the only use of irrigation water.
5. The reasonable depth and interval of mole drains may be 60cm and 3m respectively.
6. The desalinization by the mole drainage increases the yield of rice from 40 to 45 percent in reclaimed tideland.

I. 緒 言

우리나라의 干拓可能面積은 約 262,000ha 로서 全耕地面積 233萬ha 의 約 11%에 該當하며 其中 163,000ha은 開畝이 可能한 것으로 이 面積은 全畝面積의 約 12%에 達하고 있다. 이와 같이 넓은 干拓可能面積을 가지고 있다는 것은 食糧增產의 한 方案으

로 農土의 擴張이 要求되는 우리나라의 現實情으로 보아 다행한 일이라고 할 수 있겠다.

그러나 우리나라의 干拓事業은 一部地域을 除外하고는 實상 活發이 이루어지고 있는 편이 아니며 이미 堤防이 完成된 地域이라고 하여도 미처 開發을 못하고 그대로 放置하여 둔 事例가 있어 많은 工費를 投資하여 築造된 的의를 상실하고 있는데 이는 勿論 干拓事業이 他事業에 比하여 投資效率이 낮은 경향이 있다는 일반적인 見解와 干拓의 立地의 條件에 따라서는 開發에 必要한 用水量의 不足으로 開畝을 못하였거나 適切한 除鹽工法이 究明되지 않은 점 등의 理由라고 볼 수 있다.

그러므로 앞으로는 過去와 같이 用水源을 直接 流域內의 流下水에만 依存할것이 아니라 大河川의 물을 導水하여 不足한 用水量을 打開하도록 하여야 할 것이며 또한 適切한 除鹽方法을 研究하여 干拓地의 熟畝化를 促進하므로써 不足한 食糧을 充當하는데 기여하여야 할 것이다. 그러나 이제까지 實施하여 온 除鹽方法은 干拓地 流域內에 내리는 天然降雨나 灌溉用水를 利用하여 單純이 湛水에 依한 表土層의 鹽分溶脫만을 수행하여 왔기 때문에 오랜 時間이 所要되었음은 勿論, 地表下層部分까지의 鹽分이 除去되지 않아서 旱魃이 심할 때는 毛細管現狀(Capillary)에 依한 鹽分上昇으로 鹽害를 받는 事例가 허다하였다.

그러므로 地下排水에 依한 除鹽方法을 究明하는 것은 干拓地 土壤改良面으로 볼 때 重要な 研究라고 生覺되기 때문에 外國에서도 이미 低濕地 開發이나 干拓地에서 暗渠排水의 한 方案으로 採擇하고 있는 두더지暗渠를 우리나라 干拓地에 適應試驗하여 보고자 本試驗을 試圖하였다. 過去 우리나라에서도 金海

* 農工利用研究所

** 江原道農村振興院

나 金堤 等地에서 두더지暗渠를 施工한 實例가 있기는 하나 그 施工基準이나 技術面에 있어서 開發의 餘地가 많으므로 널리 普及이 되지 못하였다. 다시 말해서 이제까지의 두더지暗渠의 施工方法은 人力이나 畜力을 利用하여 穿孔機를 牽引하였고 動力을 利用하였다고 하더라도 winch를 利用하여 穿孔機를 牽引하는데 不適當하였기 때문에 施工效率이 낮고, 不便利한 點이 있었다.

그러므로, 本 研究에서는 施工의 便利를 圖謀할 수 있는 트랙터(tractor) 부착용 穿孔機를 新考案製作하여 性能試驗을 하였으며 두더지暗渠의 施工基準과 두더지暗渠에 의한 除鹽效果를 檢하여 調査 究明하였다.

II. 研究史

두더지暗渠는 1,31年頃에 英國에서 始作하여 最近에는 荷蘭(Holland)에서 많이 使用하고 있으며 지금도 美國과 日本에서 低濕改良과 干拓地 除鹽方法으로 活用을 하고 있는 實情이다.

英國은 19世紀頃 John Fowler 農業機械會社(창립 1850年)에서 最初로 製作된 穿孔機에 對하여 州立農業協會로부터 賞을 받은 사실이 있으며 同會社는 大規模의 牽引方法인 Double Engine System에 依하여 두더지暗渠의 運轉계획을 確立하고 1910年頃에는 Cable Mole Drainer를 發表하였다.

이 穿孔機의 主要構造는 心土쟁기와 비슷한 날 그 下部에 붙인 錐體, 몸체 후부의 쇠사슬로 連結된 尾部, 圓錐體 등으로 構成되어 있다. 또 美國에서는 19世紀 후반에 이리노이(Illinois)州의 西部에서 처음으로 두더지暗渠 排水工事が 行하여지고 그 후 穿孔機도 各種의 型이 考案되어 使用되었다. 또한 뉴질랜드(New Zealand)에서도 地下穿孔機에 依한 두더지暗渠의 施工이 19世紀末에 있었으며 당시 12—16頭의 말에 依하여 牽引되었고 다음 動力으로 蒸氣力이 採用되었으나 現在는 트랙터(tractor)를 써서 直探牽引하는 方法이 採擇되고 있다.

日本은 두더지暗渠가 1924年頃 京都帝國大學의 古賀正 教授에 依하여 처음으로 소개되고 1929年 5月

에 福岡縣 山間郡 雨開村의 干拓地 稿本農場에서 施工하고 그 다음해 1930年 7月 山口縣 山郡 干拓地에서도 施工하였다.

때를 같이하여 韓國에서는 土地改良組合聯合會에서 1944年 처음 이 工事を 施工한 바 있으며 段當 0.5—1.0石의 增收을 올린 일이 있다⁽⁴⁰⁾. 또 1947年 日本의 長濱 謙吾가 提案한 두더지暗渠의 施工基準에 依하면 두더지暗渠의 깊이를 0.5—0.6m로 하고 間隔을 3—6m로 하는 것이 좋으며 普通 管暗渠(tile drainage) 間隔에 比하여 1/3程度가 適當하다고 하였다⁽⁴¹⁾.

1957年 美國의 James N. Luthin은 두더지暗渠에 對하여 깊이를 12—30ft 間隔을 5—30ft로 하는 것이 適當하고 두더지暗渠의 有用年限도 10—15年은 된다고 하였으며 施工費는 管暗渠의 1/10程度라고 말하였다⁽⁴²⁾.

日本의 壓可英信外 4人은 1957년부터 1960년까지 4年에 걸쳐 두더지暗渠에 對한 研究를 하였는데 主로 窺하는 實態調査를 하고⁽⁴³⁾ 그다음 泥土壤條件에 따른 穿孔牽引抵抗⁽⁴⁴⁾ 두더지暗渠의 耐用性⁽⁴⁵⁾ 및 施工方法을 研究한 바 있다. 이 때는 winch와 原動機를 使用하여 暗渠를 施工하였으며 穿孔速度는 佐賀에서 13—19m/min인데 반하여 秋田에서 7—9m/min.로 土壤에 따라 穿引抵抗이 相異하므로 施工速度에 差異가 있었다⁽⁴⁶⁾.

1963年 英國의 G. H. Abold는 두더지暗渠의 깊이가 75 cm, 間隔은 2—5m가 통상 使用하고 있는 施工基準이라고 發表하였고⁽⁴⁷⁾ 1964年 狩野德太郎는 깊이에 있어서는 40—75 cm, 間隔에 있어서는 2.7—5.4m가 適當하고 기울기는 1/500—1/600이 통상 使用되고 있다고 하였다⁽⁴⁸⁾.

또한 暗渠의 有用年限에 對하여 發表한 바에 依하면 日本 壤質土壤과 같은 壤에서는 施工과 管理를 좋게 한다면 6—7年은 充分히 排水能力을 維持하고 一般의 普通壤에서는 5—6年 新干拓地나 泥炭土에서는 3—4年을 耐用年限으로 한다고 하였다.

또한 두더지暗渠는 管暗渠의 效果와 같이 10 a當 畝 15—60kg 裏作表 75—95kg의 增收效果를 가져

표 1. 土壤의 物理的인 性質

土 層	clay	silt	sand	固 狀	液 狀	氣 狀	假比重	透수度
15 cm	20%	78%	2%	50%	32%	18%	1.23	0.08
50 "	"	"	"	"	"	"	1.53	0.01
78 "	"	"	"	"	"	"	1.46	—

표 2.

토양의 화학적인性質

土層別	P H	O.M.	C. E. C.	Exchange able ml/100g				P ₂ O ₅ (P. P. m)
				Ca	Mg	Na	K	
15cm	7.3	0.95%	10.6	4.5	8.4	3.4	1.4	34
50	7.9	0.79	11.2	2.9	8.0	3.5	1.7	37
78	7.8	0.81	11.5	3.0	7.2	4.8	2.4	37

왔다고 한다⁽⁴⁾. 한편 우리나라에서도 1966年 農工利用研究所에서 穿孔機를 製作하여 試驗한 바 있다⁽¹⁰⁾

III. 試驗方法

1. 試驗圃場 土性調査

試驗圃場은 京畿道 江華郡 吉祥面 草芝리에 位置한 江華干拓試驗地內 圃場을 擇하였고 그 成分은 다음과 같다.

2. 穿孔機製作

農業用트렉터(Tractor)에 부착해서 牽引할 수 있도록 製作하였으며 各 部分의 機能은 다음과 같다.

가. 깊이의 調節

穿孔機의 彈丸體部에 連結된 칼날(刀) 部에 5cm間隔으로 穿孔깊이 固定구멍을 鑿고 Hydraulic Back에 依해서 彈丸體部를 上下로 調節하여 所要깊이에 固定을시키도록 하므로써 깊이를 任意로 調節할 수 있으며 最大 1m깊이까지 두더지暗渠를 施工할 수 있도록 製作하였다.

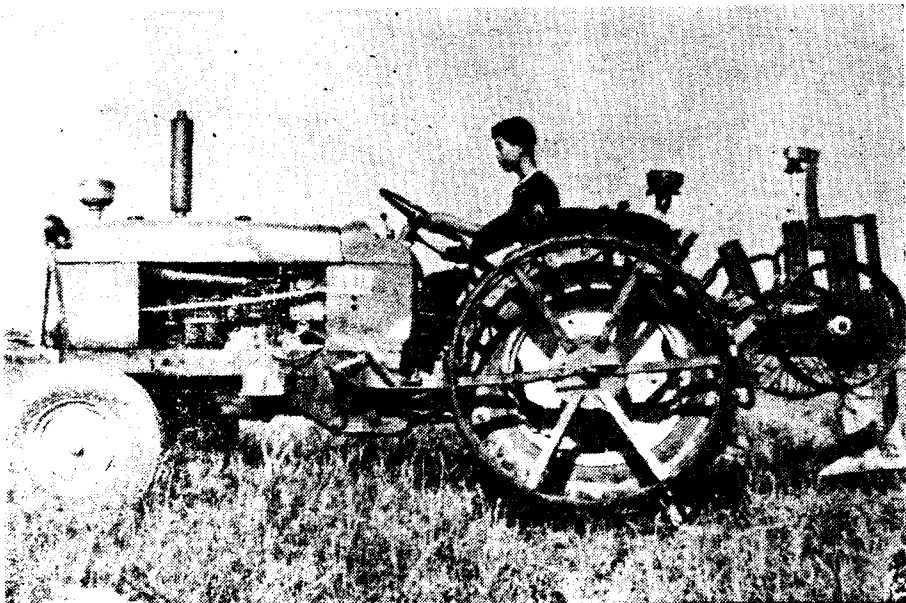
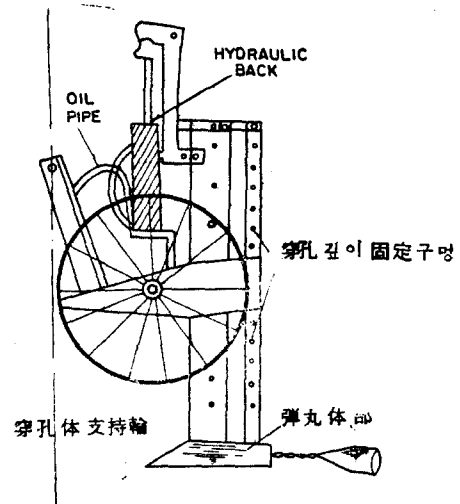


그림 1. 新考案穿孔機

나. 彈丸腔部

彈丸體의 先端의 크기는 가로가 5cm 세로가 7.5cm 이고 後端은 가로가 4.5cm 세로가 5cm로 된 錐型體 이며 두더지暗渠 구멍의 型狀은 彈丸體에 붙은 錐의 形狀에 따라서 결정되도록 하였다.

토양의 형태나 彈丸體의 크기는 큰 牽引抵抗과 밀접한 관계가 있어서 彈丸體가 클 경우에는 牽引抵抗이 크게 되고 또 붕괴될 위험성도 크게 될 것이며 너무 작게 하던 牽引力은 적겠지만 排水能力이 不足하

게 되고 暗渠內 土砂의 Sedimention으로 구멍이 閉鎖될 可能性이 커져서 耐用年限이 짧게 될 것이다.

그렇다고 위에 말한 규격이 彈丸體의 理想型이 될 수 있다는 것은 아니고, 다만 既存文獻을 參考로 製作한 것임을 밝혀둔다.

다. 穿孔體 支持輪

穿孔體를 支持하고 두더지暗渠施工時에 暗渠의 方向유지와 깊이를 調節하여 固定시키는데 보조역할을 하는 바퀴를 兩쪽에 달았다.

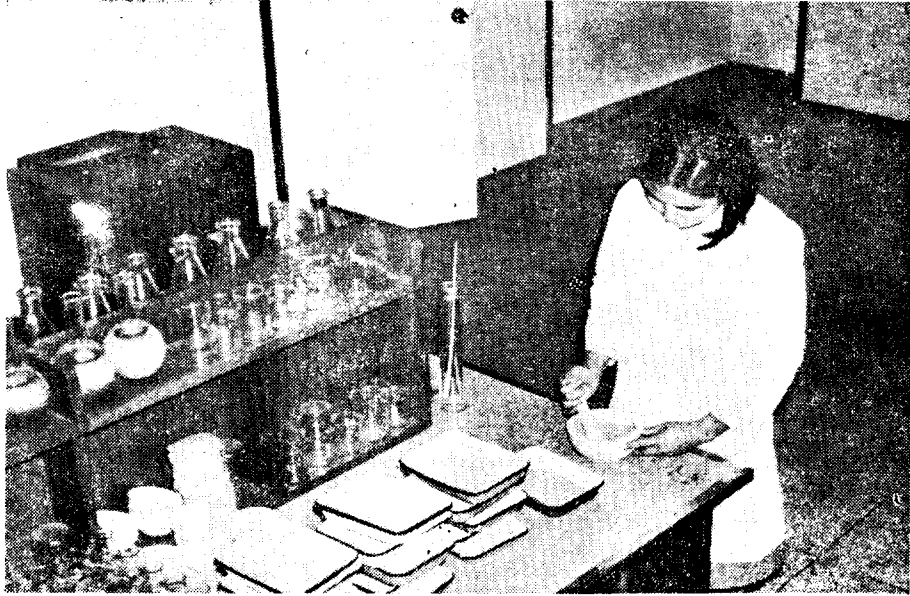


그림 2. 試料 Pestling과정

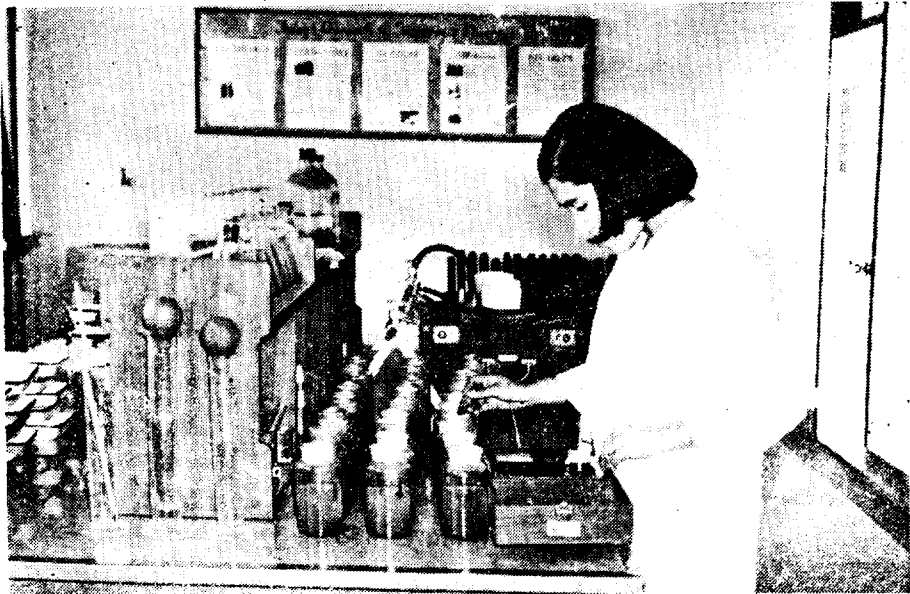


그림 3. 鹽度測定

라. 트랙터補助輪

트랙터(Tractor)의 바퀴는 고무로 되어있어서 큰 負荷가 걸린거나 토양의 含水度가 높을 때에는 Sliding으로 因하여 牽引力이 低下되고 심할 경우에는 牽引力이 不可能하게 되므로 이를 防止하기 위하여 鐵製輪(Iron wheel)을 트랙터(Tractor)바퀴 兩便에 補助로 부착하므로써 牽引力이 減少하지 않도록 製作하였다.

3. 試驗區場設置

가. 두더지暗渠의 깊이와 間隔이 除鹽에 미치는 影響을 究明할 目的으로 穿孔깊이를 40cm, 50cm, 60cm로 하고 穿孔間隔을 3m, 4m, 5m로 하여 9處理 3反覆 分割區 配置法으로 設置하였다.

나. 試驗園場內에는 벼 “振興”을 供試品種으로 하여 栽培하였으며 作物試驗場標準栽培法에 따라 耕作을 하였다.

다. 試料採取 및 圃場管理

試驗期間中 土壤試料採取는 벼의 生育期別에 따라 分蘗期 出穗期 成熟期別로 實施하였으며 土層別로 地表下 0—10cm, 20—30cm, 40—50cm의 깊이마다

다 各各 採取하였다. 또한 除鹽에 影響을 미치는 要因은 여러가지가 있겠으나 土壤의 透水性 다음으로 重要한 것은 灌溉用水의 水量, 灌溉時期, 灌溉回數 등이 除鹽에 큰 影響을 미치므로 處理區分마다 同一한 條件으로 하여 주었다.

IV. 試驗結果 및 考察

1. 穿孔機 作業能率比較

두더지暗渠 施工方法에 따른 牽引速度를 測定하고 1日作業時間을 8時間 年間 作業日數를 50日로 하여 作業能率을 換算한 表—3~4와 같다.

표 3. 作業能率

區分	牽引速度 (m/hr)	施工面積 (a/hr)	1日 施工面積 (a)	年間施工面積 (a)	指數
人力	60	1.8	14.4	720	100
畜力	90	2.7	21.6	1,080	150
動力 (winch式)	367	11.0	88.0	4,400	611

註: 暗渠깊이 60cm, 間隔 3m인 경우임.

표 4. 新 考 案 穿 孔 作 業 能 率

區分 土壤含水比 깊이cm	牽引速度 (m/hr)			施工面積 (a/hr)			1日當施工面積(a)			年間施工面積(a)			指數		
	18%	23%	30%	18%	23%	30%	18%	23%	30%	18%	23%	30%	18%	23%	30%
	40	2,400	3,606	3,198	47.8	61.7	57.6	383.0	493.6	460.8	19,150	24,680	23,040	2,659	3,427
50	1,800	2,586	2,058	39.9	50.7	43.2	319.7	405.6	345.6	15,985	20,280	17,280	2,219	2,817	2,399
60	1,200	1,596	—	28.8	36.0	—	230.4	288.0	—	11,520	14,400	—	1,599	1,999	—

註: 指數는 표 3의 人力을 100으로 했을 경우임.

다시 말해서 人力으로 하는 것보다 畜力을 利用하면 1.5倍의 效果가 있으며 winch式 動力을 利用하면 6倍 그리고 트랙터(Tractor)부착용 穿孔機를 利用하면 約 20倍의 作業能率을 올릴 수 있다.

한편 土壤含水量과 作業速度와는 密接한 관계가 있는데 이는 土壤含水狀態에 따라 土壤의 牽引抵抗이 變하기 때문에 일어나는 現狀이며 트랙터(Tractor)에 依하여 두더지暗渠를 施工할 경우는 土壤의 含水狀態가 무엇보다도 作業能率에 重要한 要因이 되었다.

本試驗結果로는 土壤含水量 21—25%가 두더지暗渠施工에 제일 適合할 것으로 思料되었으며 보다 적거나 많으면 作業能率이 減少되었다. 더우기 30%가 넘는 경우는 트랙터바퀴에 鐵製補助 Wheel을 부착하여도 Sliding이 일어나서 50cm까지는 施工이 可能하나 60cm깊이만 해도 3HP트랙터로는 施工이 不可能

하였다.

2. 穿孔方法別 經濟性對比

各 器具의 耐久年限은 10 年으로 보았으며 施工別 所要人員은 트랙터利用의 경우 2人 winch式 動力은 6人, 畜力의 경우는 所要人員 6人和 牛一頭, 人力으로 施工할 경우는 10人으로 하였고 器具購入費中 트랙터와 畜力에 限해서는 直接 購入하지 않고 賃貸料 및 畜力費로 計算하여 分析한 것이다.

표 5에서 보는 바와 같이 단위면적당 年間所要經費를 比較하여 볼 때 穿孔機를 農用트랙터의 한 attachment로 製作하여 두더지暗渠를 施工한다면 在來의 다른 施工方法보다 편리함은 물론 利益을 圖謀할 수 있을 것으로 思料되며 더구나 트랙터의 年間 使用日數를 그 만큼 延長시킬 수 있게 된다는 것은 트랙터 운영단으로 보아도 有益한 일이 될 것으로 思料되었다.

표 5

經濟性調查

項 目	器具購入費 (원)	器具償却費 (원)	勞 賃 (원/a)	貨貨料 (원/a)	使用料 (원/a)	修繕費 (원/a)	雜工費 (원/a)	合 (원)	指 數
動 力(트랙터式)	50,000	4,500	16.20	2.46	0.08	6.07	0.50	26.67	100
動 力(winch式)	155,000	13,950	27.27	1.97	1.40	—	0.77	39.46	154
畜 力	37,000	3,330	111.11	—	1.37	37.03	3.15	160.45	625
人 力	37,000	3,330	277.77	—	2.05	—	5.83	297.34	1,158

3. 두더지暗渠의 깊이 間隔과 除鹽과의 관계

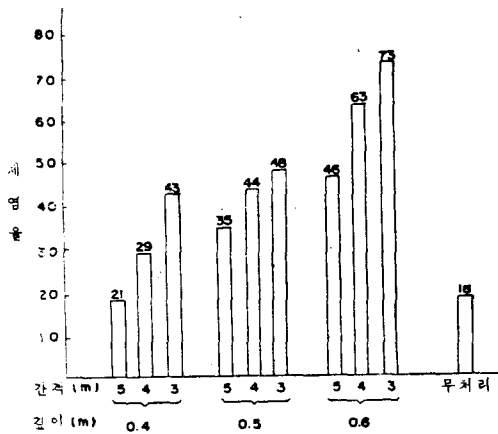


그림 4 各處理別 除鹽率比較

各處理別 除鹽率 比較는 1967年度 成熟期에 測定한 處理別 測定値와 1968年度의 成熟期에 測定한 것과의 差를 %로 나타낸 것인데 두더지暗渠를 施工하지 않은 無處理區와 두더지暗渠를 施工한 處理區와의 除鹽率을 比較한 바 無處理의 除鹽率이 18%인데 比較하여 處理區는 平均 43%의 除鹽效果가 있었다. 한편 處理間의 除鹽率 差異를 究明하기 위하여 두더지暗渠의 깊이와 間隔 要因에 대한 統計分析을 한바 두더지暗渠의 깊이사이에는 F값이 82.71**로서 高度의 有意性이 認定되어 깊이 40cm보다는 50cm 50cm보다는 60cm로 하는 것이 除鹽效果에 좋았고 間隔사이에도 F값이 23.15**로 5m보다는 4m, 4m보다는 3m로 두더지暗渠를 施工하는 것이 除鹽效果가 좋았다.

이에 대하여 日本의 長濱謙吾, 庄可英信, 狩野德太郎 그리고 美國의 James N. Luthin과 英國의 G. H. Abold가 提案한 두더지暗渠의 깊이 間隔에 對한 施工 基準라도 거의 一致함을 엿볼 수 있었다.

4. 各處理別 收穫量 比較

벼의 生育狀況을 調査한 結果에 依하면 移秧期와 活着期에는 特別 鹽害에 對하여 敏感하기 때문에 枯死現象이 많이 생겼으며 有効分蘗期에는 表土(地

표 6. 收穫量 調査 結果

處 理 別		正租收量 (kg/10a)	指 數
깊이(cm)	間隔(m)		
40	3	222.5	135
"	4	184.5	11
"	5	173.2	105
50	3	285.6	173
"	4	244.9	148
"	5	206.6	125
60	3	298.0	181
"	4	291.4	176
"	5	253.8	154
無 處 理		164.6	100

表下 0-10cm深)의 鹽度가 0.318%로 상당한 鹽害가 있어서 分蘗數가 移秧株數의 2倍程度에 不過하였기 때문에 收穫量은 全體의 普通논에 比較하여 적은 現象이나 除鹽率에 따라 收穫量에는 增減을 나타내었다.

即, 除鹽效果가 높을수록 增收하는 傾向을 나타내어서 깊이 60cm, 間隔 3m區가 收穫量이 298kg/10a으로 제일 많았고 한편 두더지暗渠의 깊이와 間隔에 따른 收穫量에도 高度의 有意性이 認定되어 두더지暗渠의 깊이와 間隔은 收穫量에 影響을 미친다고 볼 수 있으며 두더지暗渠를 施工하지 않는 無處理區와 比較할 때 平均 45%의 增收傾向을 나타내었다.

外國의 文獻에 依하면 日本의 庄可英信이 秋田縣 大田市에서 試驗한 結果 10a當 2-4斗의 增收가 있었고 狩野德太郎도 10a 當비 15-60kg 裏作보리에서는 75-95kg의 增收效果가 있었다는 보고를 參考로 할 때 두더지暗渠에 依한 增收效果는 充分히 認定할 수 있다.

V. 結 論

트랙터 부착용穿孔機新考案製作하여人力畜力 및 winch式穿孔機와作業能率을比較試驗하고 두더지暗渠에依한除鹽效果를究명한바 다음과 같은結論을 얻었다.

1. 트랙터 부착용穿孔機는 winch式穿孔機보다 3—5倍의作業能率이 있었다.
2. 두더지暗渠施工에適合한土壤含水量은約 21—25%이다.
3. 施工費를比較할 때 트랙터 부착용穿孔機가 제일 경제적이었다.
4. 干拓地에 두더지暗渠을施工함으로써約 2—3倍의除鹽效果를 올릴 수 있다.
5. 두더지암거의 시공기준은 깊이를 60cm, 間隔을 3m로施工하는 것이 제일 理想的이다.
6. 두더지암거의除鹽效果로 40—45%의增收를 가져 왔다.

參 考 文 獻

1. 東京農學部(1957): 暗渠排水意義組織配例方向. 깊이 넓이 勾配와 流速, 施工工賃, 施工例, 實驗農業工學 P. 399
2. 森周六, 庄司英信, 守島正太郎(1947): もぐり暗渠地下穿孔機に關する調査研究 農業機械會誌 第9卷 第2號
3. 池隆肆: 栽培學汎論 p. 171
4. 狩野德太郎(1964): 灌溉排水 p. 278 p. 279
5. 長濱謙吾: 暗渠排水, p. 224
6. 庄司英信, 石川武男, 長崎明, 涌井學 佐野文彦(1957): もぐり暗渠に關する研究, 農業土木研究, 第25卷, 第1號, p. 6
7. 庄司英信, 石川武男, 長崎明, 涌井學(1958): もぐり暗渠に關する研究, 農業土木研究, 第26卷, 第4號, p. 3
8. 庄司英信, 石川武男, 長崎明, 涌井學(1959) もぐり暗渠に關する研究: 農業土木研究, 第27卷, 第3號, p. 1
9. 庄司英信, 石川武男, 長崎明, 涌井學(1960): もぐり暗渠に關する研究, 農業土木研究, 第28卷, 第1號, p. 17
10. 韓成金, 韓旭東, 鄭斗浩(1966): 두더지暗渠用 地下穿孔機에 關한 研究, 農事試驗研究報告 第9卷 第1號, p. 275
11. 姜信業, 姜父默, 金顯喆(1969): 干拓地除鹽에 關한 研究, 忠南大學院 論文集, 第2卷
12. 農林部(1968): 農林統計年報
13. James. N. Luthin(1957); Drainage of Agricultural Land, p. 312
14. G. H. obald(1963); Methods and Machines to tiled and other tube Drainage, F. A. O., U. N. p-86