

界火島 干拓地에서 暗渠排水가 土壤의 鹽分濃度와 벼의 生育 및 收量에 미치는 影響

金尙洙* · 李善龍* · 韓圭興** · 魚壬秀***

Underdrainage Effects on Soil Salinity and Growth of Rice in Gyeonha Reclaimed Saline Land

Sang Su Kim*, Seon Yong Lee*, Gue Heung Han** and Im Su Eo***

ABSTRACT : This experiment was carried out from 1979 till 1983 to elucidate the underdrainage effect on soil salinity and growth of rice plastic underdrainage was established 5m and 8m intervals in April of 1979 and Jinjubyeo the medium maturing rice variety was transplanted by hand at late of May. The results are as follow;

The desalination effect was higher in 5m interval underdrainage than 8m interval underdrainage and the salt content was lower than 0.3% at 1 year after in 5m interval, 2 years after in 8m interval underdrainage and 3 years after at control. Farther the distance from underdrainage position, less the desalination rate that desalination was least at center part of the underdrainage position. Desalination effect was highest 30cm of soil depth and decreased deeper than it. Shorter the underdrainage interval, more the panicle number, heavier 1,000 grain weight and higher the milled rice yield. But the milled rice yield wasn't significantly different between the underdrainage interval from 3 years after underdrainage.

Key words : Rice, Reclaimed saline land, Underdrainage, Desalination, Growth and yield.

산업 구조의 변화와 함께 農耕地가 公업 부지 등 농업의 塔木적으로 이용됨에 따라 農耕地 面積은 漸減되고 있어 主곡의 自給度가 날로 低下되고 있다. 이에 대응하여 政府에서는 農耕地와 公업용지 확보를 위하여 干拓事業을 활발히 추진하고 있다. 우리 나라의 서남 해안에는 干拓이 가능한 干潟地가 63萬 5千여 ha인데, 이 가운데 9萬4千 ha가 이미 干拓事業이 완료되었고 4萬ha의 새만금 지구의 干拓事業 등이 활발히 진행 중이다.¹⁾

그런데 干拓地는 鹽分濃度와 pH가 높고 유기 物 및 점토 含量이 적어서 秧기 치환 용량이 적고, Mg, Na의 含量이 많은 반면, Ca 含量이 적어 벼가 정상 生育하기 어렵다.^{3,15,16)} 또한 대부분의 新干拓地는 土壤 構造가 잘 발달되어 있지 않고 地下水位가 높아서 垂直排水가 불량하며, 발상태에 서는 水분이 증발할 때 鹽分이 토양 表면에 集積되므로 除鹽이 되지 않은 干拓 初期에는 栽培作物은 벼에 局限되어 있다.^{5,6,13,15,16)}

벼의 耐鹽性은 生育段階에 따라 다소 차이는 있

* 湖南農業試驗場(National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea)

** 忠南農村振興院(Chungnam Provincial RDA, Daejeon 305-313, Korea)

*** 大原高等學校(Daeweon Senior High School, Chungju 380-180, Korea)

〈'96. 9. 9 接受〉

으나 벼栽培 限界 鹽濃度는 0.3%이다⁹⁾. 따라서 개답초기에는 鹽分을 限界濃度이하로 낮추어야 하는데 벼 栽培를 위하여 鹽害畚에서는 換水하여 鹽分을 溶解, 排出해 내면 除鹽 效果가 크지만 休耕期間에는 밭상태가 되므로 水分 上昇과 함께 鹽分이 表層에 集積되어 除鹽化된다^{1,2,4,13)}. 그러므로 조속한 除鹽을 위하여는 換水除鹽과 더불어 暗渠를 설치하여 表層으로의 鹽分上昇을 막고 表層의 鹽分을 하층 배수구로 제거하여 除鹽을 촉진하여야 한다. 또한 客土, 生糞, 石灰, 亞鉛 등을 施用하여 토양의 理化學性을 개선하여야 한다^{8,13)}. 森田¹⁰⁾는 深耕하여 토양을 攪拌하고 灌水後 排水하면 除鹽 效果가 크다고 하였으며, 權 등⁵⁾은 7.5~15m 간격으로 暗渠施工을 하였을 때 4년 후 0~40cm 部位의 鹽分濃도가 無暗渠보다 현저히 낮아 벼 수량이 40~50% 증수되었다고 하였다. 李 등⁷⁾은 垂直排水는 벼 生育後期の 根活力을 높였다고 하였으며, 盧 등¹²⁾도 暗渠排水는 벼의 後期 生育이 양호하여 增收되었다고 하였다.

따라서 본 시험에서는 新 干拓地에서 暗渠排水 施工 後 年次에 따른 除鹽 및 쌀 收量에 미치는 영향을 검토하였던 바 그 결과를 보고하는 바이다.

材料 및 方法

본 시험은 暗渠排水에 의한 除鹽 效果와 벼 生育에 미치는 영향을 검토하기 위하여 湖南作物試驗場 계화도 출장소 시험포장에서 경작 2년차인 1979년 3월에 5m와 8m 간격으로 掘鑿機를 사용하여 70cm 깊이로 掘鑿한 다음 直徑 45mm의 暗渠排水用 플라스틱 파이프를 묻고, 暗渠파이프의 閉塞를 막기 위하여 파이프 周邊 10cm를 왕겨로 充塡하였으며 1979년부터 1983년까지 5년간 眞珠 벼를 재배하였다. 공시토양은 문포동으로, 시험전

토양의 理化學性은 表 1과 같다.

벼는 干拓地 표준 재배법에 준하여 4월 15일 ~4월 20일에 播種하여 移秧은 트랙터로 로타리 整地後 30×13cm 간격으로 주당 5본씩 5월 25일 ~5월 30일에 손이앙하였으며, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=250-130-100kg/ha으로 하여 질소는 20:20:20:10:10으로 6회 分施하고 칼리는 기비:분얼비:수비=40:30:30%를 分施하였으며, 인산은 전량 기비로 施用하였다.

본답 재배기간중 換水는 1~2일에 1회를 하였고, 試驗區는 亂塊法 3반복으로 배치하였다.

토양의 鹽分濃度는 구당 3~10개 지점에서 토양을 採取하여 한데 섞어 陰乾하여 이중 10g을 취하여 5배의 물을 가한 다음 30분간 振蕩한 후 比電導度를 측정하고 測定值에 常數 0.064를 곱하여 %로 환산하였다.

기타 본답관리 및 조사는 干拓地 표준 재배법과 農村振興廳 농사시험연구 조사기준에 준하였다.

結果 및 考察

1. 除鹽效果

干拓地에서 暗渠排水時 施工 後 年次別 鹽分濃도와 除鹽效果의 변화는 表 2에서와 같다.

暗渠施設에 의한 벼 栽培 기간중 鹽分濃度 변화는 無暗渠가 干拓 3년 후인 1981년에 벼 生育 限界濃度 이하로 감소되었으나, 5m 간격 暗渠는 1년 후에, 8m 간격 暗渠에서는 2년 후에 벼 栽培 限界 鹽分濃度 이하로 감소되었다.

暗渠 施工 後 年次的 除鹽效果는 施工 當年 5m 暗渠가 0.26%를 감소시켰으나 그 이후 效果가 漸減하여 5년차에는 0.13% 밖에 감소시키지 못하였고, 8m 暗渠는 當年이 0.12%, 5년차가 0.11% 감소시키므로써 年次간 큰 차이가 없이 일정량을

Table 1. Soil physico-chemical properties of experiment field

Particle sizes (%)			pH (1:5)	O.M. %	P ₂ O ₅ ppm	Ex. cat. (me /100g)				SiO ₂ ppm	Salt content %
Sand	Silt	Clay				K	Ca	Mg	Na		
59.53	33.03	7.44	3.5	0.49	31	1.36	1.47	5.11	13.7	179	1.08

Table 2. Yearly changes in salt contents and desalinization rate of surface soils by under-drainage

Year	Control(a)	5m (b)	8m (c)	a-b	a-c
 %				
Pre-treat.	1.08(0)	1.08(0)	1.08(0)	-	-
1979	0.45(58)	0.19(82)	0.33(70)	0.26	0.12
1980	0.38(65)	0.17(84)	0.29(73)	0.21	0.09
1981	0.24(78)	0.09(92)	0.13(88)	0.15	0.11
1982	0.24(79)	0.08(93)	0.13(88)	0.15	0.10
1983	0.21(81)	0.08(93)	0.10(91)	0.13	0.11

() : Desalinization rate (%)

감소시키는 것으로 나타났고, 暗渠 間隔이 좁을수록 除鹽效果가 빨랐다.

農業振興公社 報告¹¹⁾에 의하면 PVC管 暗渠를 함으로써 除鹽率은 개답 1년차에 50%, 3년차에 92%라고 하였으나, 본 시험에서는 1년차에 82~70%, 3년차에 92~88%로써 除鹽率이 현저히 증가하였는데, 이는 土壤條件, 施設材料, 暗渠間隔 등이 相異했던데 기인된 것으로 생각된다.

暗渠排水에 의한 수평적인 除鹽效果를 究明하기 위하여 暗渠施工 4년차에 비 栽培 기간중 作土層의 鹽分濃度 變化를 經時的으로 조사한 결과는 表 3과 같다.

지표로부터 20cm 部位의 土壤溶液간의 鹽分濃度 變化는 灌溉水의 조건에 따라 시기별로 다소 相異한 變化를 보였으나 처리간의 平均値로써 비교하여 보면, 8m 間격 暗渠의 중간인 4m 지점에

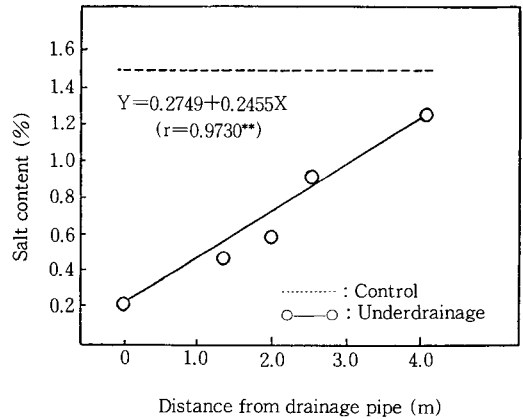


Fig. 1. Relationship between salt contents of soil solution at 20cm depth and distance from drainage pipe.

Table 3. Seasonal changes of salt contents of soil solution at 20cm depth in different points from drainage pipe in 1982

Pipe interval	Portion	June 15	July 12	Aug. 14	Aug. 28	Mean
	 %				
Control		1.30	1.54	1.61	1.75	1.55
5m	Above	0.12	0.20	0.13	0.20	0.16
	Quart	0.18	0.48	0.39	0.65	0.48
	Half	0.36	1.08	1.00	1.11	0.89
8m	Above	0.22	0.30	0.17	0.45	0.29
	Quart	0.44	0.56	0.50	0.70	0.55
	Half	1.26	1.34	1.51	1.22	1.33

Above : Just above of the drainage pipe
 Quart : The quart portion between drainage pipes
 Half : The half portion between drainage pipes

서도 無暗渠보다 鹽分濃度가 낮았다. 즉 그림 1에서와 같이 暗渠파이프로부터 距離와 土壤溶液의 鹽分濃도와는 正의 相關關係를 보였으며, 暗渠排水에 의한 除鹽效果는 토양의 종류, 地下水位의 高低 등에 따라 다르겠지만, 본 시험에서는 수평적인 除鹽效果가 대체로 施工 4년차에 4m 지점까지 도달한 것을 알 수 있었다.

한편 收穫 直後 作土層의 鹽分濃度を 表 4에서 살펴보면, 土壤溶液 鹽分濃度(表 3)에 비해서 잘 대량은 매우 적었으나 暗渠間隔과 위치에 따른 鹽分濃度の 변화는 土壤溶液과 비슷한 경향이었고 暗渠에서 無暗渠보다 鹽分濃도가 크게 감소되었으며, 8m 간격 暗渠 중간지점에서 無暗渠보다 0.08% 낮았다.

暗渠排水에 의한 土壤深度別 鹽分濃度, 즉 垂直 除鹽 效果는 그림 2와 같다.

施工 5년차에 分蘖期의 土深別 土壤溶液의 鹽分濃度は 5m와 8m 暗渠 간에는 大差가 없었으나, 無暗渠와 暗渠간에는 차이가 컸다. 특히 表層으로부터 10~50cm 部位의 차이가 顯著하였으며, 그 이상의 表層이나 深層에서는 차이가 적은 경향이였으며, 20~30cm 部位에서는 無暗渠와 暗渠 간의 鹽分濃度差가 2% 이상이였다.

한편 無暗渠에서 0~10cm 部位의 鹽分濃도가 0.47%였는데, 이에 상당한 鹽分濃도를 보인 5m 暗渠의 深度는 30~40cm, 8m 暗渠는 20~30cm 정도였었다.

즉 無暗渠의 0~10cm 部位의 鹽分濃도가 대체로 暗渠排水의 20~40cm 部位의 鹽分濃도와 비슷하였다는 것은 暗渠施工 5년 후의 除鹽效果가 수직적으로 20cm 이상에 달하였다는 것을 의미한다고 본다.

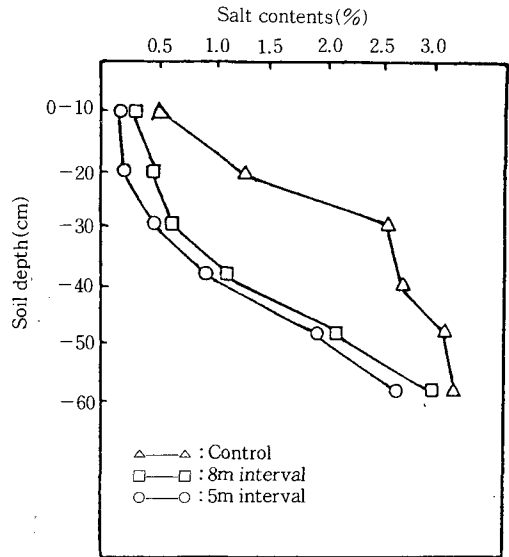


Fig. 2. Salt contents of soil solution in relation to soil depth, at tillering stage in 1983.

暗渠施工 5년차 벼 收穫期의 8m 간격 暗渠施工에서 暗渠파이프로부터 거리에 따른 土深別 鹽分濃度は 그림 3에서와 같이 거리가 멀어짐에 따라, 또한 深度가 깊어짐에 따라 漸減하는 경향이였으나, 暗渠와 無暗渠와의 鹽分濃度差는 지하수의 직접적인 영향을 가장 크게 받는 것으로 생각되는 60~80cm 部位를 제외하고는 20~40cm 部位에서 가장 컸었다. 또 暗渠파이프로부터 거리에 따른 土深別 鹽分濃度 변화는 파이프로부터 2.5m 지점까지는 土深 40cm까지의 鹽分濃도가 0.07~0.20%의 범위내에서 극히 완만한 증가를 보이다가 40cm 이상의 깊이에서는 急增하였으며, 4m 지점에서는 深度 40cm 部位까지의 鹽分濃도가

Table 4. Differences of salt content in 0~20cm soil affected by underdrainage after rice harvest in 1982

Pipe interval	Portion between drainage pipe			Mean
	Above	Quart	Half	
Control	—	—	—	0.30
5m	0.10	0.10	0.12	0.11
8m	0.14	0.14	0.22	0.17

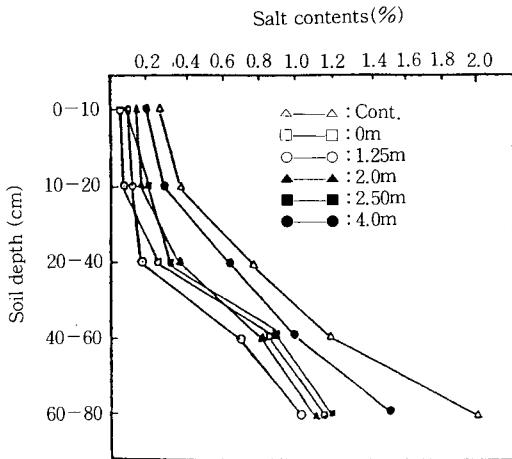


Fig. 3. Influence of soil depth on salt distribution at different soil depth and distance from drainage pipe in 1983.

0.16~0.63%로서 같은 部位의 無暗渠 0.23~0.73%보다는 낮았으나, 鹽分濃度가 증가하는 경향은 無暗渠와 비슷하였다. 이때 無暗渠 0~10cm 部位에 相應하는 暗渠의 深度는 4m 지점을 제외하고는 土深 20~40cm 部位였다. 換言하면 暗渠排水에 의한 5년 후의 수직적인 除鹽效果는 20~40cm에 달하였는데 이는 土壤溶液에서와 같은 결과이었다.

2. 벼 生育 및 收量

1) 뿌리의 發達 및 뿌리活力

暗渠排水에 의한 뿌리의 α -Na. 酸化力과 뿌리의 길이를 暗渠施工 5년차에 조사한 결과는 表 5에서와 같이 暗渠間隔 5m가 8m보다, 그리고 暗渠파이프로부터 거리가 가까울수록 벼 뿌리의 α -Na. 酸化力이 높아서 上位根의 酸化力이 無暗渠 100r/g/hr인데 반하여, 暗渠排水를 함으로써 평균 132~128r/g/hr이었으며, 下位根도 無暗渠 85r/g/hr인데 비하여 暗渠排水는 96~92r/g/hr로서 暗渠排水에서 酸化力이 현저히 높았다. 鹽害畚은 熟畚보다 벼의 뿌리가 짧고 表層分布 比率이 높는데^{4,9)} 無暗渠에서는 根長이 21.2cm이었는데 暗渠排水에서는 이보다 7.8~5.5cm나 더 길었으며, 暗渠파이프로부터 거리가 가까울수록 길어지는 경향이었다.

2) 收量構成要素와 收量

暗渠排水가 收量構成要素 및 收量에 미치는 영향을 表 6에서 살펴보면 暗渠排水가 無暗渠보다 穗數가 많고 玄米 1,000粒重이 무거워 수량이 14~15% 增收되었으나, 파이프로부터 멀어질수록 수량 감소가 심하였는데 이는 穗數 감소가 큰 요인이었다. 한편 8m 간격 暗渠의 中間인 4m 지점의 수량이 無暗渠보다 7%나 增收되었는데 이는 施工 5년차의 暗渠排水 效果가 4m 이상까지 미쳤다는 것을 의미한다.

Table 5. Effects of underdrainage on the rice root length and root activity at heading stage in 1983

	Root length cm	Root activity r/g/hr		
		Upper	Lower	Mean
Control	21.2	100	85	93
5m Above	34.0	139	97	118
Quart	—	132	95	114
Galf	24.0	124	95	110
Mean	29.0	132	96	114
8m Above	31.0	136	95	116
Quart	—	128	93	111
Galf	22.5	121	87	104
Mean	26.7	128	92	110

Table 6. Effects of underdrainage on yield and yield components in 1983

	No. of panicles /hill	No. of grain /panicle	Rate of ripeness	Wt. of 1,000 grains	Milled rice yield	Yield index
			%	g	kg / 10a	
Control	13	72	86	22.6	402	100
5m Above	21	71	84	23.1	504	125
Quart	17	72	85	23.2	442	110
Half	15	72	87	23.0	438	109
Mean	18	72	86	23.1	461	115
8m Above	19	73	85	23.2	509	127
Quart	17	72	88	23.1	438	109
Half	15	72	88	23.2	431	107
Mean	17	72	87	23.2	459	114

L.S.D(5%)19

暗渠排水는 灌溉水の 垂直 浸透를 助長하여 뿌리에 산소를 공급함으로써 뿌리의 生理的인 活性 增大와 分布 範圍의 擴大로 잎의 老化를 防止하는 등 벼 生育 및 收量에 영향을 미치는 바 크다는 보고가 있다^{5,7,13)}.

暗渠排水에 의한 年次의 수량 변이를 表 7에서 보면, 無暗渠도 耕作年度가 거듭됨에 따라 토양의 鹽分濃度가 低下되어 수량도 증가하여서 耕作 5년차에는 初年度보다 73%가 增收되었으나, 暗渠排水는 99~98%로서 그 차이는 25~26%였다. 또한 年次別 無暗渠에 대한 增收比率는 施工 初年度에는 顯著하였으나 年次的으로 漸減하여 施工 4~5년차에는 5m와 8m 간격 暗渠 간에 大差없이

14~15%의 增收를 보였으며 이러한 增收傾向은 앞으로 상당 기간 동안 계속될 것으로 전망된다.

摘 要

新 干拓地에서 플라스틱 暗渠排水가 除鹽 및 벼 生育에 미치는 영향을 검토하고자 1979년 3월에 5m와 8m 간격으로 暗渠를 설치하고 1983년까지 5년간 湖南作物試驗場 계획도출장소 시험포장에서 일본형 품종인 眞珠벼를 公試하여 除鹽效果와 벼 生育 및 수량 변화를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 除鹽效果는 5m 간격 暗渠가 8m 간격보다 컸으며, 벼 재배 限界 鹽分濃度인 0.3%에 달하는 年次는 5m 간격 暗渠 1년, 8m 간격 2년인데 반해 無暗渠에서는 3년이였다.
2. 暗渠施工 위치별로는 暗渠 直上에서 除鹽效果가 가장 컸고 暗渠위치에서 멀어질수록 除鹽效果가 輕減되어 暗渠施工 中間部位에서 除鹽效果가 가장 낮았다.
3. 暗渠에 의한 수직적인 排水效果는 30cm까지는 土深이 깊을수록 컸으나 그 이하에서는 漸減되었다.
4. 無暗渠보다 暗渠間隔이 좁을수록 뿌리의 수가 많고 길었으며 뿌리의 活力이 높았다.

Table 7. The yearly changes in rice yield and increasing rate of yield by underdrainage

Year	Milled rice yield		
	Control	Underdrainage	
		5m	8m
 kg / 10a		
1979	232(100)	351(151)	311(134)
1980	324(140)	417(180)	393(169)
1981	354(153)	419(181)	414(178)
1982	381(164)	441(190)	436(188)
1983	402(173)	461(199)	459(198)

() : Yield index compared with control in 1979

5. 無暗渠에 대하여 暗渠間隔이 좁을수록 穗數가 많고, 1,000粒重이 무거웠으며 收量도 많았다.
6. 施工 2년차까지는 5m 간격이 8m 간격 暗渠보다 증수되었으나 3년차 이후에는 暗渠 간격간에 별 차이가 없었다.

LITERATURE CITED

1. Choung J.I, S.J Yu. 1993. Growth of rice plant and salinity under different flooding times and days to transplanting after submerged rotary in saline paddy. Korean J. Crop Sci. 38(5):398-404.
2. 韓圭興, 金尙洙, 李善龍. 1979. 干拓地 灌排水 및 施肥方法 改善試驗 湖試研究報告書:587-594.
3. 川島祿郎, 永田正直, 陶山源一郎. 1940. 九州における干拓地上壤の研究. 日土肥誌 14(9):547-554.
4. Kim B.K, W.I Chung and B.S Lee. 1980. Study on the effect of water managements to root development of rice(*Oryza sativa* L.) at the tidal paddy field. 楠右 洪基昶 博士 回甲記念論文集:117-122.
5. Kwun S.K, D.H Jung and D.W Han. 1980. Influence of subsurface drain spacings on desalinization and drainage in tidal reclamation lands. RDA. J. Agri. Sci. 22(農機, 農加, 農經):1-29.
6. Lee J.K. 1991. Current situation and future prospects of polderland development in Korea. '91 RDA Symposium 17:3-13.
7. Lee S.Y, D.H Choi, T.O Kwon, J.D SO and N.P Park. 1979. The effects of the mole drainage and deep plowing with heavy fertilizer, soil amendment application on rice in the degraded fluvio-marine deposit soils. RDA. J. Agri. Sci. 21(土肥, 作保, 균이):39-55.
8. Lee S.T. 1989. Salt injury and overcoming strategy of rice. Korean J. Crop Sci. 34(S):66-80.
9. 森田常四郎, 本寬, 寶珠山六治. 1956. 朝鮮における干拓地稻作の研究, 一 農事試驗場金堤干拓出張所における試験成績一. 九州農業彙報
10. 森田修二. 1956. 朝鮮における干拓地水稻作の研究. 九州農試研報(3):17-20.
11. 農業振興公社. 1978. 農工試驗所 試驗研究報告書 16:398-402.
12. _____. 1990. 干拓實務便覽
13. Nho S.P, C.J Whang, J.S Nha, J.B Lee and J.Y Jung. 1975. Morphological response of paddy rice to marine deposit soil. RDA. J. Agri. Sci. 17(Crops):151-159.
14. Ho Y.J, J.K Kim. 1991. Salinity assessment and cultrual practices for rice production in reclaimed paddy. '91 RDA Symposium. 17:30-51.
15. 朴天緒, 朴英善, 鄭承根. 干拓地 土壤에 대한 各種 改良劑의 效果 比較試驗. 農技研研報:197-208.
16. Shim J.H, J.H Jung and Yeul An. 1989. A study on the characteristics of fluvio marine soils developed in the west south coastal area. J. Korean Sci. of Soil and Ferti. 22(4):280-284.
17. So J.D, S.J Yoo, H.M Kim and N.P Park. 1980. Studies on the characteristics of newly reclaimed land in the southwest seaside of Honam district. RDA. J. Agri. Sci. 22(土肥, 作保, 균이):24-30.