

水稻의 鹽害와 對策

李 承 宅

Salt Injury and Overcoming Strategy of Rice

Seung Tack Lee

ABSTRACT

Salt injury in rice is caused mainly by the salinity in soil and in the irrigated water, and occasionally by salinity delivered through typhoon from the sea. The salt concentration of rice plants increased with higher salinity in the soil of the rice growing. The climatic conditions, high temperature and solar radiation and dry conditions promote the salt absorption of rice plant in saline soil. The higher salt accumulation in the rice plant generally reduces the root activity and inhibits the absorption of minerals of rice plant, resulting the reduction of photosynthesis. The salt damages of rice plant, however, are different from different growth stage of rice plants as follows :

1. Germination of rice seed was slightly delayed up to 1.0% of salt concentration and remarkably at 1.5%, but none of rice seeds were germinated at 2.5%. This may be due to the delayed water uptake of rice seeds and the inhibition of enzyme activity.
2. It was enable to establish rice seedlings at seed bed by 0.2% of salt concentration with some reduction of leaf elongation. The increasing of 0.3% salt concentration caused to the seedling death with varietal differences, but most of seedlings were death at 0.4% with no varietal differences.
3. Seedlings grown at the nursery over 0.1% salt, gradually reduced in rooting activity after transplanting according to increasing the salt concentration from 0.1% up to 0.3% of paddy field. However, the seedlings grown in normal seed bed showed no difference in rooting between varieties up to 0.1% but significantly different at 0.3% between varieties, but greatly reduced at 0.5% and died at last in paddy after transplanting.
4. At panicle initiation stage, rice plant delayed in heading by salt damage, at meiotic stage reduced in grains and its filling rate due to inhibition of glume and pollen developing, and salt damage at heading stage and till 3 weeks after heading caused to reduction of fertilization and ripening rate.

In viewpoint of agricultural policy the overcoming strategy for salt injury is to secure sufficient water source. Irrigation and drainage systems as well as underground drainage is necessary to desalinize more effectively. This must be the most effective and positive way except cost.

By cultural practice, growing the salt tolerant variety with high population could increase yield. The intermittent irrigation and fresh water flooding especially at transplanting and from panicle initiation to heading stage, the most sensitive to salt injury, is important to reduce the salt content in saline soil. During the off-cropping season, plough and rotavation with flooding followed by drainage, or submersion and drainage with groove could improve the desalinization. Increase of nitrogen fertilizer with more split application, and soil improvement by lime, organic matter and foreign soil addition, could increase the rice yield. Shift of trans-planting is one of the way to escape from the salt injury.

緒 言

鹽害란 土壤中 鹽分濃도가 높거나 海水의 流入 또는 바람이나 비에 鹽分이 含有되어 植物生育이 阻害받는 것을 말하며 鹽害의 發生은 鹽自體의 濃도가 높아서 생기는 것과 二次的으로 土壤의 物理, 化學的인 性質이 不良하기 때문에 생기는 것이 있다.

우리나라의 鹽害地는 주로 西海岸에 分布되어 있는 海成沖積土나 海水의 侵入을 받은 干拓地로 大部分이 水稻작이기 때문에 田作物에서 鹽의 被害를 받는 일은 대단히 적고 주로 논에서의 被害다.

우리나라에 干拓은 高麗朝 以後 國防과 食糧生産을 위하여 繼續發展되어 왔고 오늘날에는 食糧生産을 爲한 農耕地 擴張과 더불어 工團敷地, 雜種地 等 國土擴張을 爲해 推進되고 있기 때문에 干拓面積은 상당히 넓은 面積에 達하며 干拓된 面積中 많은 面積은 熟畜化되어 벼의 收量性을 올리고 있지만 比較的 近代에 干拓事業이 끝난 新開畜地나 또는 開畜된지가 오래된 곳이라도 灌溉用水의 不足으로 除鹽이 잘 안된 곳에서는 아직도 鹽 被害를 받는 일이 많다.

한편 現在 干拓中에 있거나 앞으로 干拓計劃의 面積은 무려 5拾9萬6千ha나 되며 이中 4拾萬壹千ha를 農耕地로 活用할 豫定이라 하니 干拓事業의 進展에 따라 鹽害地 面積도 漸增될 展望이다. 따라서 이들 鹽害地에 對한 除鹽과 鹽害輕減 對策이 이루어져야 할 것이다.

鹽害의 發現

鹽害는 NaCl의 過多에 依해서 發現되는 것과 鹽害地의 土壤條件下에서 各種 有害物質의 複合的인 作用으로 나타난다고 하는데 有害物質의 複合的인 作用에 依한 作物의 生育不良은 1) 強酸性으로 同時에 作物에 有害한 硫酸, 硫酸第1鐵, 硫酸第2鐵, 硫酸苦土 等の 酸性物質에 依한 被害, 2) 強鹽基性으로 同時에 作物에 有害한 重碳酸소다, 炭酸소다의 含有에 依한 被害, 3) 鹽害의 主體가 되는 NaCl, 硫酸소다 等の 中性鹽類의 濃도가 높고 鹽害地 條件下에서 硫化水素의 發生에 依한 被害를 들고 있다.

NaCl의 過多에 依한 生育阻害 要因으로는 土壤中 溶液濃도를 높여 吸收作用이 抑制되고 土壤中의 NaCl의 分解로 生成鹽素 Ion을 吸收하여 細胞가

鹽素被害를 받으며 또한 土壤中 遊離鹽酸을 發生시켜 根腐現狀을 誘發하는 경우도 있다.

過去에는 벼의 鹽害를 주로 過剩의 鹽分存在로 根의 浸透壓이 높아져 吸收 및 蒸散 機能이 阻害되고 體內에서 水分關係의 異常 即 水分缺乏을 들고 있었으나 요즘에는 作物體內에 吸收 移行 集積된 鹽分自體의 影響이 큰 것으로 알려지고 있다.

環境과 鹽의 吸收

벼의 栽培環境 差異에 따른 鹽濃度別 鹽分의 吸收는 어떤 環境에서나 低鹽濃度보다는 高鹽濃度에서 많고 氣溫과의 關係에서는 低溫보다는 高溫에서 增加되며 土壤溫度와의 關係에서도 氣溫과 같은 傾向으로 高土壤溫度에서 植物體內 吸鹽量은 增加한다. 또한 日射量과의 關係는 高日射量에서 低日射量보다 吸鹽量이 增加하는데 濕度와 吸鹽量과의 關係는 濕度가 增加되면 吸鹽量은 減少된다(그림 1 참조). 以上の 結果를 綜合해 보면 벼에서 體內에 鹽分吸收를 促進하는 環境因子는 培地의 高鹽濃度, 高土壤溫度, 高溫多照 低濕(乾燥)이 된다.

벼의 過剩鹽分 吸收와 障害

벼에서 植物體內 吸鹽量이 增加되면 根의 伸長이 抑制되고 根數도 減少되어 根圈의 縮少를 가져올 뿐만 아니라 根毛의 形成도 減少되며 形成된 根毛의 길이도 짧아져서 물과 各種 無機成分의 吸收에 影響을 미치게 될 것이다(表 1, 2, 3 참조). 한편 地上部의 植物體內에는 吸鹽量이 增加해도 水分含量의 差異는 크지 않으나 吸鹽量의 增加에 따라 葉綠素含量이 낮아지고 이에 따라 炭素同化量도 減少되며 植物體內 粗澱粉이나 粗纖維 蓄積의 減少를 가져온다(表 4, 5 참조).

鹽分濃度와 벼의 種子發芽

鹽分濃도가 높을 때 벼 種子發芽에 影響을 미치는 것은 種子內 吸水와 關係되는 것으로 推定하였으나 그림 2에서 보는 바와 같이 鹽分濃도가 높아짐에 따라 吸水가 遲延되기는 하지만 種子發芽에 充分한 吸水量인 24~25%에 到達되는 것은 一週日後면 되고 發芽에 充分한 물을 吸水시킨 種子를 가지고 鹽濃度別 發芽試驗 結果에서도 鹽濃度の 增加에 따

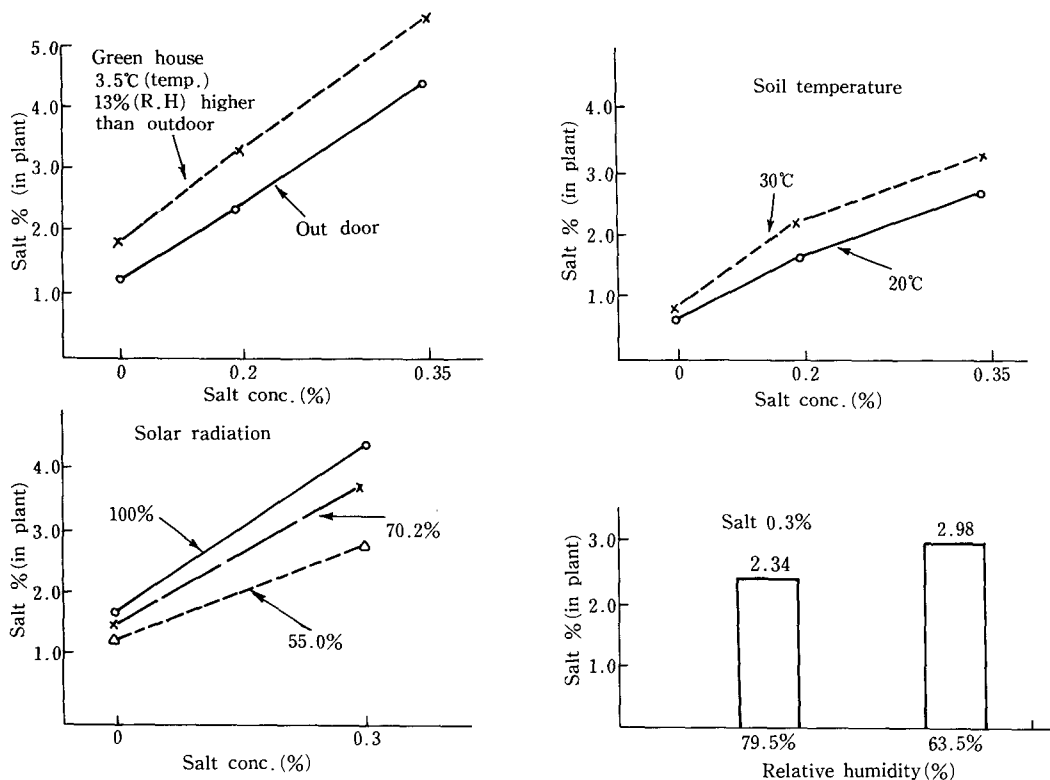


Fig. 1. Effects of air temperature, soil temperature, solar radiation and relative humidity on salt absorption of rice(Ota).

Table 1. Salt content and root growth of rice plant grown at different salt concentration(Ota)

Salt. conc. (%)	Salt content (%)	Root length (cm)	No. of roots (No.)	Root dry wt. (mg)
0	0.72	45.7	16.8	52.6
0.1	1.41	42.0	15.9	49.2
0.2	1.79	38.8	15.2	45.8
0.3	2.51	33.5	14.7	42.5
0.4	3.34	30.4	13.8	40.1

Table 2. The formation of root hairs in rice

(by Kown, Chung & Cho)

Salt injury	Percentage of hair, bearing epidermis	Length of root hair	Electric conductivity of sail solution
Slight	41%	191um	0.05mv/cm
Common	38%	134um	0.28mv/cm
Serious	28%	83um	0.85mv/cm

라서 發芽率의 減少를 가져오는 것으로 보아 鹽濃度가 높을 때 벼種子의 發芽不良은 벼種子內 吸水量의 問題가 아니고 鹽分自體가 種子發芽에 影響을 미치는 것이라고 한다(그림 2, 표 6 참조).

한편 벼種자를 鹽水에 浸漬하여 鹽分 吸收蓄積을 調査한 것을 보면 吸收된 鹽分の 蓄積은 大部分이 種자를 保護하고 있는 벼껍질(穎)에서 높고 種子內 玄米部位는 낮다(표 7 참조).

Table 3. Salt and P³² absorption at top and root of rice according to different salt concentration treatment (ota)

Salt conc. (%)	plant	Salt content (%)	P ³² absorbancy	
			Seald media 21.75UC	Usalted media 53.46UC
0	top	0.48	358	4,048
	root	0.39		
0.15	top	1.16	233	3,198
	root	0.85		
0.25	top	1.79	161	2,429
	root	1.75		
0.40	top	2.91	97	1,660
	root	2.48		

Table 4. Content of salt, moisture, chlorophyll and photosynthesis of rice leaf grown at different salt concentration.

Salt cont (%)	0.0	0.15	0.25	0.40
Item				
Salt content	0.55	1.13	2.07	3.29
Moisture content	82.2	81.4	80.6	79.9
Chlorophyll content	93.1	88.5	69.1	59.6
Assimilation rate	8.97	8.45	6.16	4.46

Chlorophyll content based on Gatrays solution (10g of fresh leaf equivalent to 85mg of chlorophyll)

여기서 벼종자가 어느 정도의 염분을 흡수했을 때 벼종자의 발아율이 어느 정도나低下되는가를 調査한 것을 보면 吸鹽量 0.3%까지의 少量에서는 發芽에 미치는 影響이 極히 적어 90% 이상의 發芽率을 보이고 吸鹽量이 0.5%가 되면 發芽率在 약간 低下하는데 吸鹽量이 0.5%를 넘으면 發芽는 急激히 不良해지기 始作하여 0.7%의 吸鹽量에서 50%로 低下하고 1.0%에서 發芽率은 20% 前後가 되며 吸鹽量이 1.5% 이상에 達하면 發芽力은 消失된다

Table 5. Contents (%) of carbohydrates of rice plant grown by sand culture of different salt concentration (simose)

Item	Treatment (NaCl me/l)	In plant				In grain
		Jul.28	Aug.11	Sep.8	Nov.5	Nov.5
Total sugar	0	1.75	4.52	4.52	4.52	1.33
	24	1.95	3.70	2.36	3.13	2.91
	48	3.53	4.45	2.99	2.64	2.94
	72	4.59	5.56	3.48	3.06	3.66
Reduced sugar	0	1.36	3.78	2.95	2.61	1.22
	24	0.78	2.67	2.03	2.84	2.30
	48	2.67	3.86	1.75	2.00	2.30
	72	0.72	2.17	2.25	1.28	2.44
Sugar	0	0.33	0.74	1.57	1.91	0.11
	24	1.17	1.03	0.33	0.29	0.61
	48	0.86	0.59	1.24	0.64	0.64
	72	3.87	3.39	1.23	1.78	1.22
Starch	0	11.08	10.29	13.41	13.12	53.35
	24	7.96	12.48	12.68	12.23	49.74
	48	4.20	6.51	7.72	6.40	49.04
	72	4.32	6.25	4.54	5.15	49.34
Crud fiber	0	32.48	32.05	43.65	46.60	7.44
	24	28.10	25.23	33.70	45.15	9.96
	48	25.53	19.75	36.25	37.89	11.07
	72	23.08	19.73	32.68	35.45	11.40

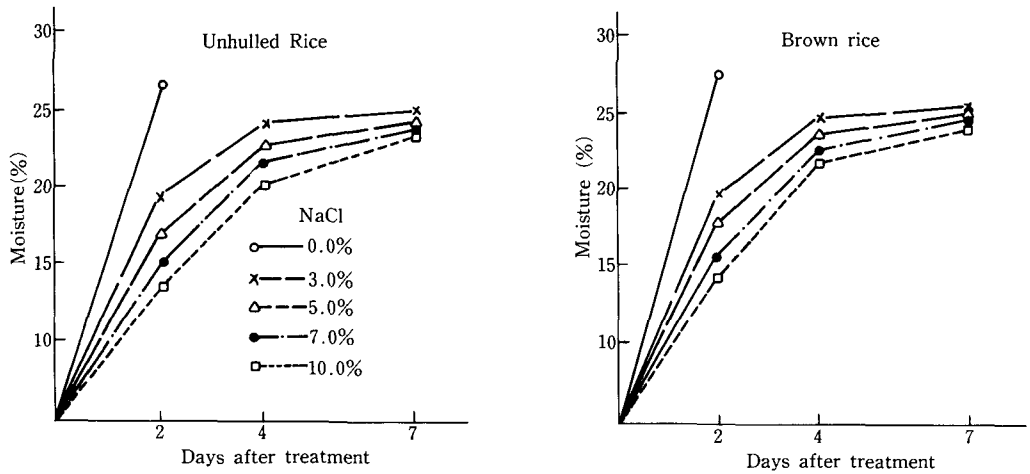


Fig. 2. Changes of moisture content in rice and brown rice at different salt concentration.

Table 6. Germination percent of pre-soccked rice grains at different salt concentration (Ota)

HAI*	Salt conc.				
	0	0.3	0.6	1.0	1.5
6	2.4	0	0	0	0
9	5.1	2.5	0	0	0
12	8.8	5.0	3.6	0	0
15	22.5	8.2	5.9	0	0
18	35.1	16.7	9.0	0	0
21	51.4	26.5	14.4	1.5	0
24	65.6	37.0	23.5	2.9	0
27	74.8	50.6	35.0	4.1	0
30	82.5	67.9	56.4	13.8	0
		(0.18)**	(0.22)	(0.38)	(0.58)

*Hours after incubation

**Salt content (%) in rice at 30hours after incubation in parenihesis

Table 7. Salt contents of unhulled rice, hull and brown rice on different salt concentration (by Ota)

	Salt content (%)					
	0.3	0.7	1.5	3.0	5.0	7.0
Unhulled rice	0.10	0.17	0.38	0.65	0.97	1.26
Hull	0.13	0.25	0.49	1.57	2.58	4.69
Brown rice	0.08	0.11	0.22	0.49	0.55	0.68

(그림 3 참조).

種子の發芽過程에서 酵素의 活動과 酵素活動에 따른 炭水化物的 變化 및 呼吸作用 등이 關與되는데 種子内 鹽分이 炭水化物的 變化에 미치는 影響을 調査한 것을 보면 全炭水化物含量은 鹽分濃度가 增加하더라도 大差가 없이 70% 前後이나 可溶性炭

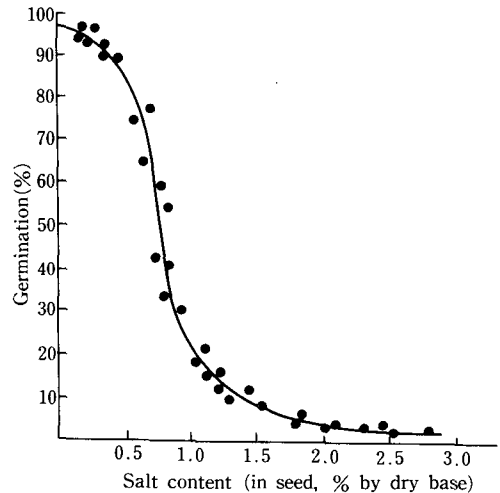


Fig. 3. Relationship between salt content and germination percent of rice.

水化物量은 鹽分濃度의 增加에 따라 減少하고 특히 3.0% 以上の 鹽處理에서는 急激한 減少가 나타나 鹽分에 依해 種子内 貯藏養分の 消費가 원활하게 이루어지지 않고 있음을 시사해 주고 있다(그림 4 참조).

한편 鹽分濃度와 酵素活力과의 關係는 Amylase 나 Peroxidase 의 活性은 다같이 處理鹽分 濃度의 增加에 따라서 漸次로 抑制된다. 이같은 傾向은 呼吸酵素인 peroxidase가 더 甚하게 抑制된다(그림 4 참조).

以上の 結果를 綜合해 보면 鹽濃度가 높아 벼 種子の 發芽를 不良하게 하는 것은 發芽에 必要한 물

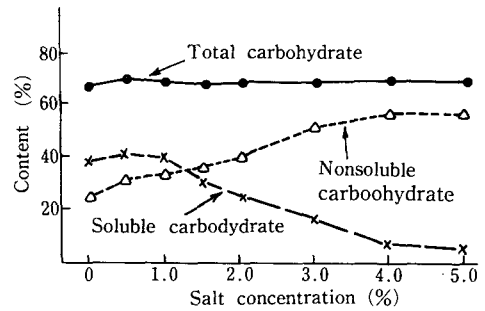
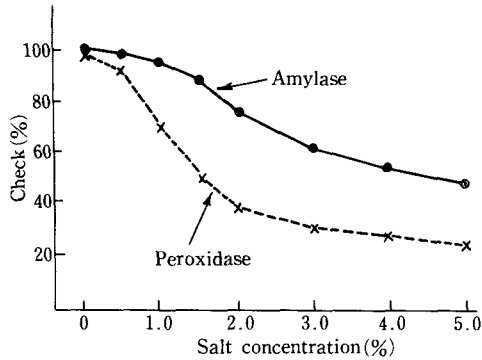


Fig. 4. Changes of enzyme activity and contents of carbohydrates in rice grown at different salt concentration, (Ota)

의 吸收가 안되기 때문이 아니고 吸收될 鹽分自體에 依한 것으로 鹽分이 發芽過程에서 糖分解酵素와 呼吸酵素의 活性을 低下시켜 炭水化物的 可溶化가 잘 안되는데 發芽不良의 原因이 된다고 하겠다.

벼 生育에 미치는 鹽分의 影響

1. 苗代期

벼 品種 및 育苗方法에 따른 鹽濃度別 成苗比率은 統一系 品種인 太白벼는 水苗代로 育苗할 때 鹽濃度 0.1%에서 72%가 되나 鹽濃度 0.2%에서는 30日間 育苗時에 34%의 成苗率을 보였고 그 以後에도 繼續 低下되어 40日頃에는 完全枯死 되었다. 따라서 統一系 品種 太白벼의 水苗代育苗時 育苗가 可能한 鹽濃度는 0.1% 以下라고 하겠다.

한편 太白벼를 保溫折衷苗代로 育苗할 때는 鹽濃

度 0.2%에서 成苗比率이 播種後 30日頃에 74% 40日頃에도 72%나 되고 鹽濃度가 0.3%로 增加됨에 따라서 成苗比率은 急激히 떨어져 30日頃에 24%, 40日頃에 22%였다. 따라서 太白벼의 保溫折衷못자리로 育苗時 育苗가 可能한 鹽濃度 限界는 0.2%로 水苗代育苗보다는 保溫折衷못자리 育苗가 有利하다고 하겠다.

一般系 品種인 東津벼는 水苗代에서 育苗할 때 鹽濃度 0.2%에서도 成苗比率이 30日頃에 74%, 40日頃에 73%나 되는데 鹽濃度 0.3%에서는 30日頃에 46%, 40日頃에는 43%로 東津벼의 水苗代 育苗限界 鹽濃度는 0.2%라 하겠고 保溫折衷苗代로 育苗할 때는 鹽濃度 0.3%에서도 成苗比率이 播種後 30日頃에 73%, 40日頃에 71%를 보여줌으로 東津벼의 保溫折衷苗代育苗가 可能한 鹽濃度는 0.3% 以下라 하겠다.

Table 8. Effects of salt concentration on seedling rice and dry weight on different variety and nursery bed in rice (Gyewhado sub-station of Honam CES, 1984)

Variety	Salt conc. (%)	Protected irrigated nursery				Lowland nursery			
		30 DAS		40 DAS		30 DAS		40 DAS	
		Seedling rate (%)	Dry wt. (g/10 plts.)	Seedling rate (%)	Dry wt. (g/10 plts.)	Seedling rate (%)	Dry wt. (g/10 plts.)	Seedling rate (%)	Dry wt. (g/10 plts.)
Taebackbyeo	0.1	86	1.40	84	1.84	72	1.10	72	1.56
	0.2	74	1.06	72	1.65	34	1.00	-	-
	0.3	24	0.62	22	1.22	-	-	-	-
	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
Dongjinbyeo	0.1	90	1.65	90	1.85	82	1.30	82	1.69
	0.2	81	1.25	76	1.68	74	1.20	73	1.28
	0.3	73	0.72	71	1.57	46	0.53	43	0.80
	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 9. Effects of salt concentration on salt content in rice plant and its growth. (Ota)

Salt conc. treated (%)	Salt. content (in plant) (%)	No. of tillers	No. of panicles	Panicle wt. (g)	Panicle length (cm)	Deaded leaf (%)
0.0	1.21	14.7	11.7	22.6	24.6	16.1
0.1	2.69	13.9	11.2	19.7	23.4	25.7
0.2	2.98	13.8	10.9	19.1	21.1	27.2
0.3	4.29	12.9	9.9	14.0	20.5	40.2
0.4	5.73	12.5	9.3	13.3	17.4	46.5
0.5	7.20	12.4	8.4	10.2	16.8	51.8

以上の結果를 要約하면 苗代期 鹽害에 東津벼는 太白벼보다 強하고 鹽害地에서 育苗方法은 들뭇자리 보다는 保溫折衷 苗代育苗가 合理的이라 하겠다.

2. 莖葉中 吸鹽量과 分蘗數, 穗重 및 枯葉率

處理鹽分濃度の 增加에 따라서 莖葉中 吸鹽量은 增加되고 吸鹽量の 增加에 따라서 分蘗數, 穗數, 穗重, 穗長은 減少되고 枯葉率은 增加하는데 吸鹽量이 많아져도 分蘗莖의 減少가 크지 않은 것은 枯葉의 增加에 依한 補償作用으로 늦게 分蘗莖이 많이 發生되기 때문이고 穗數, 穗重 穗長은 吸鹽量の 增加에 따라 直線的으로 減少되고 枯葉率은 反對로 增加한다(표 9 참조).

3. 벼 葉中 吸鹽量과 花粉發芽率, 稔實率, 千粒重 및 穗重

處理鹽分濃度の 增加에 따라 벼의 葉中 吸鹽量은 增加되고 吸鹽量の 增加에 따라서 花粉發芽率이 直線的으로 減少되므로 稔實比率의 低下를 가져올 뿐만 아니라 粒重도 減少되어 一穗重의 減少가 크게 나타난다(표 10 참조).

4. 鹽分濃도와 品種間 出穗期 變化

處理鹽分濃度の 增加에 따라 어느 品種에서나 出穗期는 遲延되나 그 遲延程度는 耐鹽性이 強하다고

Table 10. Salt content, pollen germination, fertilization, and grain filling of rice grown at different salinity. (Ota)

Item	Salt concentration treated(%)			
	0.0	0.15	0.25	0.40
Saltcontent(%)	0.55	1.13	2.07	3.29
Pollen germination	81.2	78.6	70.7	59.6
Fertilization(%)	87.7	86.2	75.6	71.2
1,000 seed wt.	22.5	20.5	17.6	12.8
Panicle wt (g)	18.4	15.9	9.6	4.5

* unhulled

알려진 Annapurna가 處理鹽分濃度 0.15%에서 2日, 0.3%에서 5日, 0.45%에서 9日이 遲延되는데 反해 耐鹽性이 弱한 太白벼는 0.15%에서 3日, 0.3%에서 13日, 0.45%에서 20日이 遲延됨으로써 處理鹽分濃도가 0.15% 미만일 때는 耐鹽性의 強弱에 따른 出穗遲延日數의 差가 크지 않으나 0.3% 以上の 高鹽分濃度에서 品種間 耐鹽性 程度에 따른 出穗遲延日數의 差異가 크게 나타나고 있다(표 11 참조).

5. 生育各期 鹽處理가 收量 및 收量構成 要素에 미치는 影響

分蘗期에는 分蘗最盛期 鹽被害가 가장 크고 分蘗發生은 勿論 發生된 分蘗의 生長이 抑制되고 分蘗數가 減少되어 結局은 穗數의 確保가 안된다. 幼穗

Table 11. Heading date of rice varieties grown at different salinity (Keywhado sub-station, Honam CES, 1986)

Var.	Annapurna	Keywha 2	Seonjinbyeo	Baywun chal byeo	Norin 4	Taebagbyeo
0.0 %	8.10	8.19	8.20	8.17	8.10	8.14
0.15	8.12(2)*	8.21(2)	8.22(2)	8.20(3)	8.14(4)	8.17(3)
0.30	8.15(5)	8.25(6)	8.29(9)	8.29(12)	8.20(10)	8.27(13)
0.45	8.19(9)	9.1 (12)	9.3 (14)	9.2 (16)	8.25(15)	9.3 (20)

* Delayed heading days compared to control in parentheses (Planted on April 25 and transplanted on June 5)

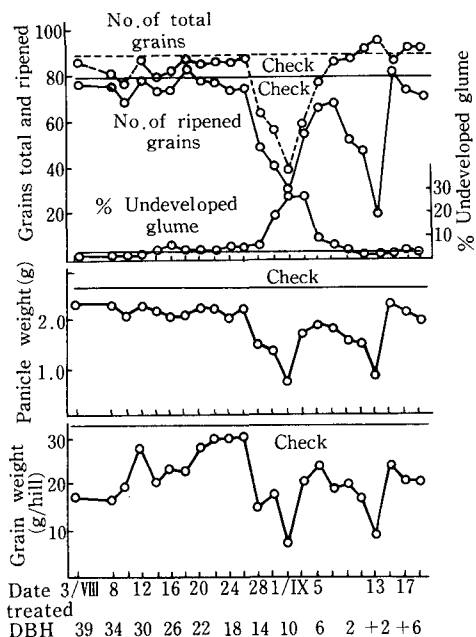


Fig. 5. Effects of salt treated for 2 days with 2% solution at various day before and after heading on rice yield and its components (Iwaki)

分化期の鹽害는 出穂가 遲延되고 鹽害가 가장 크게 나타나는 時期는 減數分裂期과 出穂期로 減數分裂期는 穎花가 退化하여 粒數가 減少하고 花粉形成의 阻害로 不稔粒이 增加할 뿐만 아니라 벼알이 조그맣게 形成되어 粒重의 減少가 따르며 出穂開花期の 鹽害는 벼알의 受精이 阻害되어 稔實粒數가 減少되고 受精이 된 벼알도 粒重이 減少된다. 兩時期 다같이 2%의 鹽分으로 2日間 處理에서 70% 以上の 收量減少를 가져온다고 한다. 出穂3週까지는 鹽害에 依한 登熟障害가 認定되나 그 以後에는 거의 被害가 認定되지 않는다고 한다(그림 5 참조).

벼에서 本查期 生育時期別 鹽處理 濃度와 收量과 의 關係는 一般系 品種이나 統一系 品種 다같이 어느 生育時期는 處理鹽分 濃度の 增加에 따라서 收量減少가 커지는데 無鹽處理 對比 80% 以上の 收量을 얻을 수 있는 鹽分濃度の 限界는 一般系 品種에서는 活着期 0.15%, 分蘖期 0.1%, 幼穗形成期 0.3%, 出穂期 0.6%인데 統一系 品種는 活着期나 分蘖期는 一般系 品種과 같으나 幼穗形成期가 0.15%, 出穂期가 0.3%로 生育後期에 統一系 品種이 一般系 品種보다 鹽害에 弱하다고 하겠다(표 12 참조).

鹽害 對策

鹽害의 對策中 가장 最善의 方法은 土壤中 鹽分濃度を 낮추어 作物이 잘 자랄 수 있는 範圍로 해 주고 過剩의 鹽分에 依하여 惡變된 土壤의 物理化學的 性質을 改良하는 것이다. 따라서 土壤中 過剩의 鹽을 어떻게 신속히 除去할 것인가 인데 根本的으로 除鹽은 물로 할 수밖에 없는데 粘土表面에 나트륨 이온으로 둘러싸인 소다콜로이드가 되어 물에 잘 分散되어 엉키지도 않고 가라앉지도 않는다. 그리고 土壤浸透水를 따라서 내려가기 때문에 土壤孔隙를 메워서 물이나 空氣流通을 妨害한다. 이런 狀況下에서 石灰化合物을 施用하여 나트륨을 置換시켜 溶液으로 내보내는 한편 有機物을 施用하여 土壤의 物理化學的 性質을 改良하는 것이 有利하리라는 가정이다.

1. 물에 依한 除鹽效果

1) 單純히 耕作地面에 물을 담고 一定期間 土壤中 鹽分을 물에 溶解시켜 排水시키는 方法: 灌水日數와 換水回數에 따른 土壤中 鹽分含量의 變化는 灌

Table 12. Yield index Vs control of japonica and indica x japonica rice variety at different treated at different growing stage. (Kyewhado, Substation, Honam CES, 1981)

Var. Stage Salt conc.	Japonica				Indica x Japonica			
	Rooting	Tillering	Earformation	Heading	Rooting	Tillering	Earformation	Heading
0 %	100 (5.1)	100	100	100	100 (8.0)	100	100	100
0.15	90	62	87	99	89	68	81	87
0.30	78	53	82	94	62	59	79	81
0.60	49	40	76	97	43	51	70	75

() * Unhulled rice weight in gram per hill in parenthesis

Table 13. Effects of fresh water flooded before transplanting to soil surface up to 10 cm deep in saline soil (CES 73)

Treatment		Salt conc (%)		Effect (After/Difference flooding)
Flooding (days)	Drain(times)	Befor flooding	After flooding	
0	0	0.54	0.39	27.8
5	1	0.68	0.43	36.8
10	0	0.58	0.34	41.4
10	2	0.48	0.26	45.9
20	0	0.41	0.24	41.5
20	4	0.44	0.26	40.9
30	0	0.59	0.27	54.3
30	6	0.51	0.22	56.9

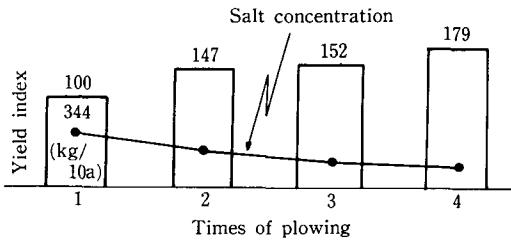


Fig. 6. Effect of plowing in 30cm deep with flooding on desalinization (Honam CES).

水期間이 길고 換水回數도 많은 것이 除鹽效果가 크다. 따라서 用水量이 充分할 때는 5日程度 湛水한 後 換水하는 除鹽方法이 效果의이나 用水量이 不足時에는 湛水期間을 길게 하여 除鹽하는 方法이 效果의이라 하겠다(표 13 참조).

2) 耕地에 물을 담고 耕耘하여 一定 期間 放置한 後에 排水하는 方法 : 用水量이 充分하며 排水가 容易한 곳에서 實行되는 方法으로 湛水耕耘方法이나 湛水耕耘 回數에 따라서 除鹽效果가 달라지는데 湛水, 耕耘, 排水回數가 적을 때는 淺耕을 하는 것이 벼 栽培에 有利하고 湛水, 耕耘, 排水回數가 많을 때는 深耕하는 것이 土壤中 鹽濃度가 현저히 낮아져 벼 收量도 높은 增收을 가져온다(그림 6 참조).

2. 明渠 또는 暗渠施設

明渠 또는 暗渠施設을 만들어 地下水位를 항상 地表面보다 낮게 함으로써 下層의 鹽分이 上層으로 上昇치 못하도록 하고 上層부의 물이 上層部 土壤內 鹽分을 溶解시켜 下層部 排水口를 通하여 나가도록 하는 것인데 施工費가 많이 들어 施工에 어려움이 따른다. 그러나 除鹽期間의 短縮과 耕地의 高度利用面에서 볼 때 바람직한 方法으로 새로이 干拓되는 地區에는 政府次元에서 plastic pipe 暗渠 施設이 갖

Table 14. Effects of underground drainage on desalinization and yield of rice in different years after reclaimed(Kye-whado Sub-Station, Honam CES)

Years after reclaimed	Salinity (%)			Yield (kg/10a)		
	Undrain	Rained length (m)		Undrain	Rained length (m)	
		5	8		5	8
1 st	1.08	0.08	1.08	-	-	-
2 nd	0.45	0.19	0.33	232	351	311
3 rd	0.38	0.17	0.29	324	417	414
4 th	0.24	0.09	0.13	354	419	414
5 th	0.24	0.08	0.13	381	441	436
6 th	0.21	0.08	0.10	402	461	459

춰진 農耕地를 造成해야 할 것이다. Plastic pipe 暗渠排水에 依한 除鹽效果는 施設이 되어 있지 않은 곳에서 벼 生育에 限界鹽分濃度로 알려져 있는 0.3%에 達하는 除鹽期間이 3年の 經過가 필요한데 反해 暗渠排水施設을 5m 間隔으로 設置한 곳은 1年 後에 鹽分含量이 0.19%로 低下되었고 8m 間隔으로 設置한 곳은 2年後에 0.29%로 低下되었다. 또한 벼 生育에 全然 問題가 없는 것으로 알려진 鹽分濃度 0.1% 以下로 낮추는데는 5m 間隔으로 暗渠施設을 했을 때 3年이 所要되었고 8m 間隔의 곳은 5年이 所要되는데 反해 暗渠施設을 하지 않은 곳은 5年後에도 土壤中 鹽分濃度는 0.21%나 되었다(표 14 참조).

이같은 暗渠排水設置, 除鹽效果는 土壤에 따라 다르게 나타날 것이다. 效果提示土壤이 砂質系 土壤임을 감안할 때 質系 土壤에서의 暗渠排水에 依한 除鹽效果는 더 크게 나타날 것으로 推定된다.

3. 土壤改良劑의 施用 效果

鹽害地는 粘土가 나트륨 콜로이드로 둘러 싸여 透水性이 不良하므로 石灰化合物을 施用하여 石灰로

나트륨을 置換시켜 溶液으로 내보내는 한편 有機物을 施用하여 土壤의 物理化學性을 改良하는 것이 有利하리라는 假定下에 많은 試驗이 이루어졌다.

1) 石灰物質의 施用效果 : 먼저 消石灰의 施用量別 벼收量과의 關係를 살펴 보면 消石灰의 施用效果는 施用當年에는 期待할 수 없고 殘效는 表 15에서와 같이 2年頃에는 石灰 450 kg/10 a 施用에서 增收效果가 나타나고 3年頃에는 石灰 900 kg/10 a 施用에서 4年頃에는 石灰 1,350 kg/10 a 施用했던 곳의 殘效가 크게 나타나 벼收量이 가장 많았다. 한편 石灰施用後 4年頃의 殘效는 石灰施用量의 增加에 따라서 殘效도 크게 나타나고 있다.

石炭는 施用量의 增加에 따라 벼收量도 增加하며 施用時期는 가을 秋耕前에 施用하고 秋耕하는 것이 效果의이다(표 15 참조).

2) 有機物 施用效果 : 먼저 有機物의 種類別 施用效果는 어떤 種類의 有機物도 無施用에 비해 增收

Table 16. Effect of Organic matter application on rice yield in saline soil (Honam CES : '72)

Organic matter	Brown rice yield (kg/10a)	Index
Compost 1,000kg/10a	393	112
Rice straw 300kg/10a	366	104
Green manure 300kg/10 a	372	106
Rye straw 300kg/10a	362	103
Untreatment	352	100

되나 施用量이 많은 곳에서 增收幅이 크고 有機物의 施用은 가을에 하는 것이 봄에 施用하는 것보다 鹽濃度가 낮아 活着이 높아져 벼收量이 增收된다. 한편 有機物을 施用한 후는 耕耘하는 것이 施用效果를 높여 준다(표 16, 17 참조).

3) 客土, 제오라이트, 아연施用效果 : 鹽害地 砂質畝에는 山赤土를 客土함으로써 粘土含量이 增加하여 收量性이 높아지는데 客土와 함께 有機物을 施

Table 15. Effect of lime on yield of rice in saline soil (Agriculture Science institute, 1979)

Amount of lime (kg/10a)	Year			
	1st	2nd	3rd	4th
0.0	345	744	675	642
450	270	765	694	688
900	306	747	717	750
1,350	246	643	684	781
Average	292	725	693	715

Salt content of soil before experiment ; 1.4%

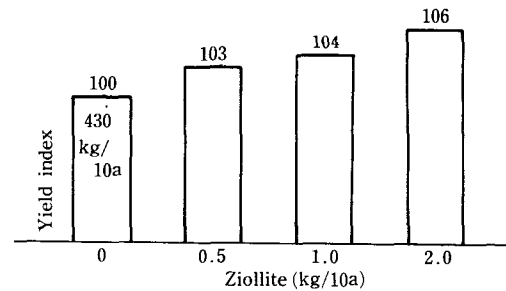


Fig. 7. Effect of ziollite application on rice yield in saline soil (Honam CES)

Table 17. Effects of organic matter application time and method on salt content in plant and rice yield in saline soil (Honam CES '82)

Time	Application	Salt content (%)					Yield (kg/10a)
		Rooting stage	Tillering stage	Earformation stage	Heading stage	Rooting rate (%)	
Autumn	Straw+tillage	0.24	0.17	0.30	0.26	93	293
	straw+no-tillage	0.30	0.19	0.30	0.33	78	191
	Tillage only	0.30	0.21	0.32	0.42	70	164
Spring	Straw+tillage	0.27	0.20	0.29	0.32	88	278
	Straw+no-tillage	0.37	0.23	0.31	0.45	56	167
	Tillage only	0.41	0.23	0.40	0.51	55	159
2 weeks befor replanting	Straw+till	0.41	0.19	0.32	0.44	58	174
	compost+tillage	0.44	0.23	0.35	0.43	59	171
	Tillage only	0.45	0.24	0.39	0.50	47	140

*1) Salt content in soil before performed : 0.6%

2) Fresh straw applied : 600kg/10a

3) Compost applied : 1,200kg/10a

Table 18. Clay and organic content of soil and rice yield in soil added and rice straw applied saline paddy field (Honam CES)

Foreign soil added (ton/10a)	Straw (kg/10a)	Clay content(%)		O.M(%)		Yield(kg/10a)	
		77	78	77	78	77	78
0	0			0.31	0.28	450	213
	400	9.0	8.7	0.29	0.32	527	384
15	0			0.27	0.26	407	342
	400	10.0	9.3	0.27	0.32	554	407
30	0			0.25	0.25	503	341
	400	11.3	10.2	0.26	0.32	556	407

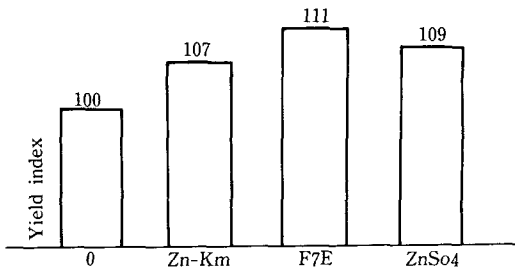


Fig. 8. Effect of Zink from various source fertilizer on rice yield in saline soil. (Honam CES : '77)

用하면 더 效果가 增進된다. 이같은 砂質畝에는 鹽基置換容量이 큰 제오라이트도 施用하면 保肥力이 增大되어 收量性이 높아진다. 또한 鹽害地 土壤은 若土, 加里의 含量이 많은 反面 石灰含量이 낮으면서 pH가 높아 土壤中 亞鉛의 有效度가 떨어져 亞鉛缺乏에 依한 收量減少를 가져오는 境遇도 있다. 이같은 亞鉛缺乏地에서는 亞鉛 施用效果가 크다(표 18, 그림 7, 8 참조).

4. 鹽害地 耕種方法

1) 移秧栽培: 一般的으로 鹽害地는 勞動力과 灌溉用水가 制約을 받기 쉬워서 作業事情과 灌溉用水는 移秧期를 決定하는데 主要位置를 차지하게 된다.

또한 越冬期間中에 地表面으로 集積된 鹽分이 降雨 또는 灌溉水에 依해 除鹽되기 以前에 지나친 早植이나 灌溉用水 不足地域에서 雨期가 지난 高溫期의 晚植은 鹽害를 받기 쉬우므로 與件이 許容된다면 5月 下旬에서 6月 上旬에 移秧하여 雨期를 맞이하게 하는 것이 收量이 많았다.

栽植密度나 栽植本數는 除鹽, 熟沓化 程度에 따라 相異한데 鹽分濃度가 높은 곳에서는 移秧時에 植傷이 甚한데 植傷程度는 斷根이 많이 된 苗일수록 甚하고 成苗에 비해 幼苗가 甚하며 鹽濃度가 높아

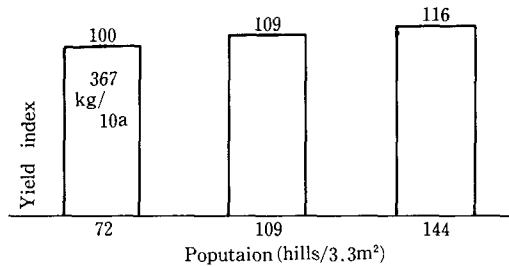


Fig. 9. Yield in different planting density of rice in saline soil (Kyewhado sub-station, Honam CES).

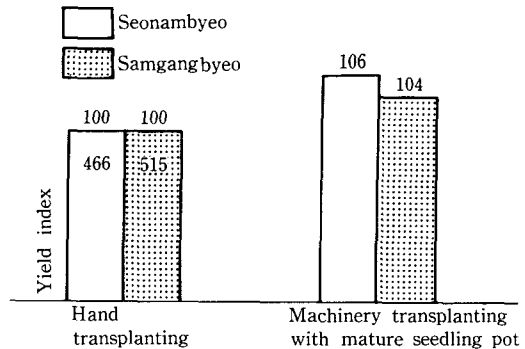


Fig. 10. Comparison of rice yield between two transplanting methods in saline soil.

질수록 甚해져 缺株가 많아짐으로 株數 確保를 위하여 栽植本數와 栽植密度를 많이 하고 缺株補植에 留意하여 雨期에 活着되도록 해야 한다.

한편 成苗 pot 機械移秧은 斷根이 적어서 手移秧보다 植傷이 적고 活着이 잘되므로 效果的인 方法이 된다.

2) 直播栽培

鹽分濃度가 높은 곳에서는 下層으로부터 鹽分上昇 때문에 乾畝直播栽培는 거의 不可能하고 湛水直播栽培를 하게 되는데 湛水直播栽培를 하게 되면 灌溉水에 依해 深層으로부터 毛管水를 따라 地表面에

Table 19. Effects of seeding rate on seedling rate, number of spikes and rice yield in saline soil. ('87 CES)

Amount of seeding seed (kg/10a)	Mature seedling (rate)	No. ofestaflish -ment/m ²	Spikes/m ²	Yield (kg/10a)
7	33.0	69	389	418
9	26.7	78	391	458
12	23.4	96	466	485
14	24.9	112	452	457

鹽分集積이 抑制되고 同時에 作土中에 含有된 鹽分을 溶出시켜서 換水함으로써 어느 程度의 높은 鹽分이 存在하는 土壤에서도 벼栽培가 可能하다.

湛水直播栽培時 圃場整地作業이 不良할 境遇에는 湛水後 낮은 곳은 水深이 깊어 發芽, 生育에 支障을 주며 높은 곳은 水面 위로 露出되어 鹽害를 받을 뿐만 아니라 새들의 被害도 입게 된다. 이때 물을 넣어 深水灌溉를 하면 着根不良으로 浮動苗가 發生하여 立苗가 고르지 못하게 됨으로 圃場整地作業이 잘 되어야 한다.

湛水直播種量의 決定은 그 地域의 鹽濃度와 土壤條件을 勘案해서 m² 當 90~100 苗가 確保될 수 있도록 하는 것이 合理的인 方法이 될 것이다(표 19 참조).

5. 鹽害地에서 물管理

普通畝에서 用水量은 葉面蒸散量과 水面蒸散量 地下浸透水量을 合한 것이 되나 鹽害地에서는 이 세 가지 外에 作物이 鹽害를 받지 않도록 해야 할 물이 必要하므로 一般畝보다 아주 많은 量의 물을 必要로 한다.

물管理는 確保된 灌溉用水量의 多少와 土壤中 鹽分濃度 및 肥料의 效率이 勘案되어야 한다. 卽 灌溉用水量이 限定量으로 制限되는 境遇는 小量의 물로 土壤中의 鹽分濃度を 低下시키면서 作物을 栽培해야 함으로 한번에 많은 물로 土壤中 鹽分을 溶解시켜 換水하는 것 보다는 小量의 물로 數回 反復하여 土壤中 鹽分을 溶解시켜 換水하는 것이 合理的

인 方法이 되며 極히 小量으로 制限될 때는 最少限의 물로 1次 土壤中 鹽分을 溶解시켜 排水시킨 다음 물을 넣고 移秧한 後 地下深層의 鹽分上昇이 안될 程度의 水位를 維持시키고 蒸發로 인해 鹽分濃度가 높아지고 水深이 얼마 안될 때 排水시키고 다시 물을 넣도록 한다.

물이 적은 鹽害地에서는 가을에 耕耘하여 降雨時 물로 鹽分을 溶出시켜 除鹽하는 것이 좋다.

灌溉用水가 充分히 많은 量이 確保될 수 있고 鹽分濃도가 높을 때는 2~3日에 1回 換水가 必要하나 栽培年數가 거듭됨에 따라서 5~7日에 1回 換水시켜 주면 되고 그 以上 湛水에도 鹽害가 念慮되지 않을 때는 一般畝 물管理에 準하면 된다 (표 13, 20 참조).

6. 施肥 管理

鹽害地는 大部分의 土壤이 알카리性이고 除鹽을 위한 換水回數가 많기 때문에 速效性 肥料 施用이 必要할 뿐만 아니라 肥料의 流失도 一般畝 土壤보다 많아서 施肥量을 增加시키는 것이 一般的이다(그림 11 참조).

肥料의 種類別로 檢討된 것을 보면 速效性이면서 生理的으로 酸性肥料인 硫安이 尿素에 비해 肥料利用率이 높아서 收量도 45%나 增收되어 硫安肥料의 施用이 장려되고 있다(그림 12 참조).

한편 窒素肥料의 施肥量을 檢討한 것을 보면 窒素施用은 鹽濃도가 높은 新干拓地에서는 25 kg/10 a 程度가 必要하고 熟畝化의 進展에 따라서 漸次減肥

Table 20. Dry weight of root per 10-sample at two soil dapha, 0 to 5 and 5 to 15cm form soil surface (by Kim and Chung)

Field	Water management	Total	0-5 (cm)	5-15 (cm)
Saline	Noninterval flooding	2.8708	1.495	1.375
	Two day interval flooding	2.822	1.355	1.467
	Underground drainage	3.655	1.585	2.070
Matured	Noninterval flooding	3.595	1.390	2.205

建 議

1. 除鹽은 根本的으로 물을 必要로 하니 干拓하여 農耕地로 活用할 곳은 充分한 灌溉用水가 確保될 수 있도록 政府 次元의 措置가 必要하다.

2. 農耕地로 活用코져 干拓事業이 되는 곳은 多孔 plastic管 暗渠排水施設을 하여 效率的인 除鹽으로 벼 栽培時 鹽害對策은 勿論 田作物栽培時 排水가 원활하여 濕害를 받지 않도록 政府次元에서 推進되어야 한다.

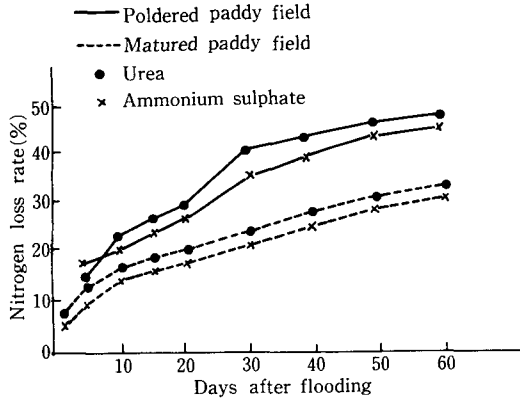


Fig. 11. Increase of nitrogen fertilizer loss in paddy field according to days after fresh water flooding (Namyang Brach Station, CES, 1984).

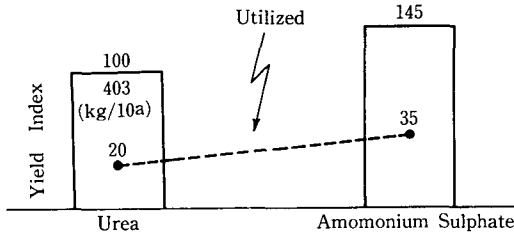


Fig. 12. Differences of nitrogen utilized and yield in rice between urea and ammonium sulphate in saline soil. (Kyewhado substation Honam CES)

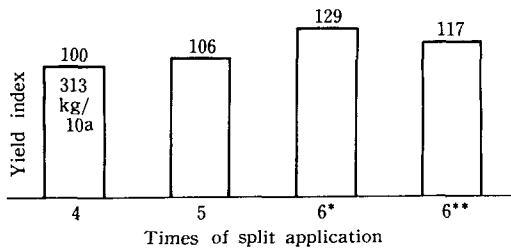


Fig. 13. Yield according to different times of nitrogen application in saline soil (pointed at vegetative (*) and reproductive stage (**)) salt concentration was 1.08% before experiment. (Kyewhado substation, Honam CES, 1980).

시키고 完全 熟畚化가 이루어지면 一般畚에 準한 施肥量을 施用해 주면 될 것이다. 또한 窒素肥料 施用方法에서는 鹽濃度가 높을 때는 表層施肥가 枯死率을 낮게 하고 追肥로 6回 分施로 하여 生育後期重點追肥가 效果的이었다.

參 考 文 獻

1. Akbar, M., and F.N. Ponnampereuma. 1982. Rice research strategies for the future. IRRI : 265-281.
2. Akbar, M., T. Yabuno and S. Nako. 1972. Breeding for saline resistant varieties of rice. I. Variability for salt tolerance among some rice varieties. Jap. J. Breed. 22(5) : 277-284.
3. Anyers, A.D. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. Agron. Jour. 44 : 82-84.
4. _____. 1953. Germination and emergence of several varieties of barley in salinized soil culture. Agron. Jour. 45 : 68-71.
5. Broyer, C.J., and Stout. 1954. Plant phys. : 29, 526.
6. 張權烈·田炳泰. 1986. 耐災害性育種論. 慶尙大學校 大學院 : 264-272.
7. Choi, H.O. and D.S.Kim. 1964. Studies on the tolerance of rice plants to salinity I. Varietal differences on rooting activity of rice seedlings in saline solution. Res. Rep. Rural Dev. 7(1) : 131-138.
8. 崔鉉玉·金東秀·金達壽. 1963. 水稻干拓地用育成系統試驗. 作物試驗場 試驗研究報告書 : 149-181.
9. 鄭元一. 1983. 干拓地의 熟畚化에 따른 水稻根群形成에 관한 研究. 韓作誌 28(3) : 299-304.
10. _____. 金鳳九. 1982. 干拓畚에서 生育된 水

- 稻根郡形成의 品種間差에 대하여. 韓作誌 27(3) : 218-222.
11. Dargan, K.S., I.P.Abroi, and D.R.Bhumbla. 1974. Performance of rice varieties in highly saline sodic soil influenced by plant population. *Agron. Jour.* 66(2) : 279-280.
 12. Eaton. F.M., 1942. *Jour. Agr. Res* : 64, 357.
 13. Flowers, T.J., P.F.Troke. and A.R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant physiol.* 28 : 89-114.
 14. Giriraj. K., A.D. Parashiva Murthy, and K. V. Janardhan. 1976. Comparative study of growth, yield and nutrition in rice as affected by saline water application. *SABRAO Journal* 8(1) : 47-52.
 15. Greenway. H., and Rana Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant physiol.* 31 : 149-185.
 16. 河基庸·李宗永. 1985. 水稻育成系統特性檢定試驗. 湖南作物試驗場 試驗研究報告書 : 798-826.
 17. 湖試. 1976. 육묘방법에 관한 시험. 試驗研究報告書 : 263-269.
_____. 1977. 입모율 향상시험. 試驗研究報告書 : 258-260.
 18. _____. 1977. 개량제 처리시 아연시용효과시험. 試驗研究報告書 : 391-404.
 19. _____. 1977. 경운방법에 의한 제염효과 시험. 試驗研究報告書 : 409-418.
 20. _____. 1978. 간척지 재배시기시험. 試驗研究報告書 : 472-477.
 21. _____. 관배수및 시비방법 개선시험. 試驗研究報告書 : 407-491.
_____. 1978. 개량제 시용효과 구명시험. 試驗研究報告書 : 492-499.
 22. _____. 1978. 우물범핑에 의한 제염효과시험. 試驗研究報告書 : 512-523.
 23. _____. 1979. 간척지 육묘방법 시험. 試驗研究報告書 : 581-594.
 24. _____. 1979. 생고시용에 의한 제염효과구명시험. 試驗研究報告書 : 609-616.
 25. _____. 1979. 암거배수시 시비량및 시비방법시험. 試驗研究報告書 : 595-601.
 26. _____. 1979. 개량제 시용효과 시험. 試驗研究報告書 : 609-627.
 27. _____. 1981. 염해담에 있어 객토및 생고지속 효과 시험. 試驗研究報告書 : 764-767.
 28. _____. 1981. 염해담 암거배수 효과시험. 試驗研究報告書 : 772-775.
 29. _____. 1983. 염해담에 있어 객토및 생고지속 효과 시험. 試驗研究報告書 : 1132-1145.
 30. _____. 1983. 염해담 암거배수 효과시험. 試驗研究報告書 : 1146-1160.
 31. _____. 1983. 염해담 석고시용 효과구명. 試驗研究報告書 : 1161-1170.
 32. _____. 1985. 염해담 시비방법에 관한 시험. 試驗研究報告書 : 837-845.
 33. _____. 1985. 염해 기작에 관한 시험. 試驗研究報告書 : 846-851.
 34. _____. 1986. 염해 해석에 관한 기초연구. 試驗研究報告書 : 635-640.
 35. _____. 1987.水稻品種의 鹽害反應에 關한 研究. 試驗研究報告書 : 531-537.
 36. 作試. 1986. 水稻育成系統特性檢定試驗. 試驗研究報告書 : 478-481.
 37. _____. 1974. 담수일수와 제염및 모 활착관계 시험. 試驗研究報告書 : 553-560.
 38. _____. 1978. 염분농도와 수도수량변화 장기구명 시험. 試驗研究報告書 : 793-802.
 39. _____. 1979. 담수 직파재배 안정화에 관한 시험. 試驗研究報告書 : 516-518.
 40. _____. 1980. 기계이앙및 투묘이앙의 묘령별 안전작기 시험. 試驗研究報告書 : 487-493.
 41. _____. 1981. 기계이앙 묘령별 안전작기에 관한 시험. 試驗研究報告書 : 609-612.
 42. _____. 1981. 염해지 개량제 시용에 관한 연구. 試驗研究報告書 : 628-631.
 43. _____. 1985. 벼 육성계통 특성 검정시험. 試驗研究報告書 : 508-518.
 44. _____. 1986. 안전육묘限界 鹽濃度 究明試驗. 試驗研究報告書 : 492-495.
 45. _____. 1986. 干拓地 成苗機械移秧 試驗. 試驗研究報告書 : 497-498.

46. _____. 1987. 벼 육성계통 특성검정 시험. 試驗研究報告書 : 582-591.
47. _____. 1987. 벼 干拓地 灌水直播栽培 適正立 苗數 設定試驗. 試驗研究報告書 : 596-599.
48. _____. 1988. 벼 干拓地 肥料效果 長期究明 試驗. 試驗研究 報告書 : 707-708.
49. Kaddah, M.T., 1963. Salinity effects on growth of rice of the seedling and inflorescence stages of development. *Soil Sci.* 96 : 105-111.
50. Kapp, L.C., 1947. The effect of common salt on rice production. *Arkansas University Agr. Expt. Sta. Bull.* : 465.
51. Kenkichi, Sato, 1962. Studies on Rooting Activity of Rice plant. *Journal of Agr. Lab.* 3 : 4-51.
52. 金鳳九·鄭元一. 1982. 干拓地에서 生育된 水稻의 根群發達에 미치는 水 管理의 影響에 관한 研究. *韓作誌* 27(3) : 223-228.
53. 권순국·정두호. 1980. 암거간격이 배수및 간척지 제염에 미치는 영향. *農試研報* 22 : 1-9.
54. Krishnamurthy, C., S.V. Shastry, and W.H. Freeman, 1971. Breeding rice for tolerance to drought and salinity. *IRRI* : 47-54.
55. 任綱彬·沈載昱·白壽鳳·林雄圭. 1967. 干拓地에서 水稻및 其他作物의 耐鹽性에 관한 研究. *科技處 유세이드報告書(Code No. 66-27)* : 1-90.
56. J. Levitt, 1980. Respons of plants to envirenmented stress : 365-487.
57. 松尾憲·成一吉·小柳芳良·田中茂雄中原美知男. 1965. 灌溉水 鹽分濃度と 水稻の 耐鹽性に關する試驗.
58. Moelyoparvie, S. and H. Ikehashi, 1981. Inheritance of salt tolerance in rice *Euphytica* 30(2) : 291-300.
59. 農山漁村文化協會. 1986. 鹽害의 診斷. *農業技術大系(2)* : 764-766.
60. 農技研. 1977. 간척지 토양개량에 관한 시험. 試驗研究報告書 : 440-451.
61. _____. 1978. 간척지 토양개량에 관한 연구. 試驗研究報告書 : 580-600.
62. _____. 1983. 염류토양에 관한 석고시용효과 구명시험. 試驗研究報告書. 505-521.
63. 農業大事典. 1985. 農園 : 175-176.
64. 農村振興廳. 1980. 水稻品種改良 : 131-135.
65. _____. 1983. 韓國土壤總設. 土壤調查資料 : 849-855.
66. _____. 1986. 湖南作物試驗場. 干拓地水稻作技術 : 26.
67. 오영택·박천서·홍중운. 1977. 신간척지 용수에 관한 연구. *농시연보* 17 : 27-34.
68. Ota, K., and T.Yasue, 1959. Studies on the salt injury to crops. XII. The influence of sodium chloride solution upon the germination force in paddy rice seeds. *Pros. Crop. Sci. Japan* 27(2) : 223-225.
69. Pearson, G.A., A.D. Ayers, and D.L. Eberhard. 1966. Relative tolerance of rice during germination and early seedling development. *Soil science* 102(3) : 151-155.
70. Person, G.A. and Leon Bernstein. 1959. Salinity effect at several growth stage of rice. *Agron. Jour.* 51 : 654-657.
71. Salisbury, Frank B., and Cleon W. Ross. 1978. *Plant physiology* : 371-374.
72. Shouichi Yoshida. 1981. *Fundamentals of rice crop science. IRRI* : 175-176.
73. 소재돈·유숙중·김한영. 1980. 서해안 신간척지 토양의 특성에 관한 연구. *농시연보(22)* : 24-30.
74. U.S.D.A. Saline Staff. 1954. Diagonosis and improvement of saline and alkali soils. *Agriculture handbook No.60* : 65-68.
75. Venkateswarlu J., 1972. Salt tolerance in rice varieties. *J. Indian Soc. Soil.* 20(2) : 169-173.
76. 太田勝一. 1953. 水稻の鹽害に關する 生理生態學的研究 : 3-4.
77. Yang, S.C. 1975. Studies on the resistance of rice varieties to salinity. *Jour. Agr. Res. China. Taiwan* 24(314) : 13-22.
78. Yeo, A.R. 1983. Salinity resistance *Physiologies and pries. Physiol. Plant* 58 : 124-222.