

# 볏짚 및 石膏施用이 干拓畝 直播벼의 初期生育 障害에 미치는 影響

黃善雄\*·李春秀\*·李溶宰\*·郭漢剛\*·朴來正\*\*

## The Influences of Rice Straw and Gypsum Applied to a Saline Soil on the Growth Status of rice Seedlings when Flooded Direct Sowing

Seon-Woong Hwang\*, Choon-Soo Lee\*, Yong-Jae Lee\*, Han-Kang Kwak\*  
and Nae-Jung Park\*\*

### SUMMARY

The experiment was conducted in the pots of flooded saline paddy soil to evaluate influence of rice straw and gypsum application on germination and early growth status of directly sowed rice seedlings.

1. Germination percentage of rice seedlings were higher in treatment sowing at 1 day after submergence than that of treatment sowing at 21 days after submergence, and was severely interrupted by rice straw application.
2. Application of rice straw promoted the release of bicarbonate and volatile fatty acid of submerged water, while the amount of sulfate and soluble cations were decreased as compared to control.
3. Germination percentage of rice seedling had significant negative correlations with chemical characters of submerged water, and was highly affected by submerged water at 7 days after sowing.
4. Rice straw application interrupted germination of rice seedling by increasing pH of submerged water over critical level, and gypsum application depressed the early growth of young seedling dues to high salt concentration.
5. The release of bicarbonate was remarkably increased with increasing pH over 7.5 of submerged water.

### 緒 言

干拓畝에서 鹽害回避 및 省力化의 일환으로 湛水直播을 많이 하고 있다<sup>5,6,11,12</sup>. 育苗 및 移秧勞力이 節減되는 湛水直播栽培은 干拓地 營農에 적합한 水稻栽培法이기는 하나 播種할 때 種子가 浸下埋沒되어 發芽가 不良하고 立毛가 잘 되지 않는 등 몇가지의 問題點을 內包하고 있다<sup>5,7,9</sup>.

특히 土壤改良을 위하여 볏짚과 石膏를 施用하고 湛水直播을 할 때 볏짚施用은 土壤의 還元을 조장하여 酸

素不足과 有害物質 生成등으로 심한 發芽不良을 야기시키며<sup>2</sup>, 石膏는 供給된 石膏自體 및 土壤에서 溶解되어 나오는 과잉의 鹽에 의한 鹽類障害을 받는 것으로 알려져 있으나<sup>1,3</sup> 이에 대한 研究는 미흡한 實情이다.

따라서 本 研究는 干拓地 湛水直播 栽培時 볏짚과 石膏를 施用할 때 生成되는 有害物質과 벼 生育과의 關係를 밝히고자 無排水 湛水條件인 pot에서 볏짚과 石膏를 施用한 다음 幼苗의 發芽率과 이와 관련된 土壤의 化學性을 調査하였다.

\* 農業技術研究所( Agricultural Sciences Institute, Suwon, Korea )

\*\* 弘益大學校(Hong Ik University, Seoul, Korea )

材料 및 方法

供試土壤은 鹽濃度 0.48 %인 微砂質系의 南陽干拓地 土壤으로 化學的인 性質은 表 1 과 같다.

벼짚과 石膏를 處理別로 土壤 14 kg에 혼합하여 1 / 2,000a pot에 넣고 灌水를 하여 灌水 1日 後에 播種한 處理와, 10日 간격으로 2回 換水除鹽을 한다음 播種한 處理를 두었다.

處理는 (1)對照區로서 NPK 3要素 標準區, (2)NPK + 石膏區 (3)NPK + 벼짚區 (4)NPK + 石膏 + 벼짚 혼합구의 4개 處理로 하였다. 3要素 施肥量은 10a 當  $N - P_2O_5 - K_2O = 28 - 8 - 8$  kg으로 하여 尿素, 熔過

磷, 鹽化加里를 使用하였으며 窒素와 加里는 基肥 80%, 追肥 20%로 2回分施, 磷酸은 全量基肥로 施用하였다. 벼짚은 1 cm 길이로 절단하여 10a當 500kg에 해당되는 量을 施用하였으며, 石膏는 石灰飽和度를 基準으로 60%로 調節되는 量(6.8g/pot)을 試藥用 石膏로 施用하였다.

벼는 西南벼를 供試하여 5月 10日과 6月 1日에 pot當 30粒씩 播種하여 비닐하우스 內에서 栽培하였다. 播種後에는 일정간격으로 灌水를 實施 同一한 水位를 유지시키면서 經時的으로 發芽率과 灌水의 化學的 特性을 調査하였다. pH와 EC는 휴대용 복합 측정기를 使用하여 콧트條件에서 직접 測定하였고  $HCO_3^-$

Table 1. Chemical properties of the soil used.

pH (1:5)	EC mS/cm	OM (%)	Av. $P_2O_5$ (ppm)	Exch. cations (me/100g)				CEC (me/100g)
				K	Ca	Mg	Na	
6.6	7.4	0.70	32	1.21	3.0	5.2	4.93	13.2

는  $H_2SO_4$ 와 NaOH의 滴定值의 差異로 重炭酸의 알칼리도를 算出하였으며 기타 灌水의 成分調査를 위하여 灌水에 濃鹽酸을 2~3 방울 가하여 酸化處理를 한다음 農業技術研究所의 土壤化學 分析法<sup>8)</sup>에 準하여 分析하였다.

結果 및 考察

干拓地 土壤에 벼짚과 石膏를 處理하고 播種時期를 달리하여 灌水直播한 벼 幼苗의 發芽率을 調査한 成績

은 表 2와 같다.

벼 幼苗의 發芽率은 灌水後 播種日數에 관계없이 改良劑 處理로 낮아졌으며 灌水 3週後에 播種한 處理에서는 發芽率이 平均 49.1%로 對照區 67.7% 보다 훨씬 낮았고 벼짚을 施用한 區는 29.1%로 더욱 심각한 發芽不良 現象을 보였다. 그러나 石膏 施用區의 發芽率은 灌水 1日後 播種區에서는 벼짚施用區 보다 낮았으나 石膏를 施用하고 換水除鹽을 한후 播種하므로써 64.3%로 현저한 增加를 보였다.

이와같이 換水除鹽을 하였음에도 불구하고 벼짚과 石

Table 2. Effect of rice straw and gypsum treatment on germination rate of rice seeds at different sowing date after submergence

Treatment	Sowing at 1 DAS <sup>1</sup>		Sowing at 21 DAS	
	% of <sup>2</sup>	% of dead <sup>3</sup>	% of	% of dead
	Germination	plant	Germination	plant
NPK	82.4	1.8	67.7	11.8
NPK + Rice straw	67.5	4.7	29.3	9.3
NPK + Gypsum	53.0	18.6	64.3	29.6
NPK + R. S + Gypsum	57.2	13.0	35.0	19.5
Average	65.0	9.5	49.1	17.6
LSD. 05	10.7		11.3	

1 Days after submergence

2 Examination at 7 days after sowing

3 Examination at 21 days after sowing

Table 3. Chemical properties of submerged water at 7 days after submergence

Treatments	pH	Eh (mv)	EC (mmhos/cm)	Sum of soluble cations (ppm)	HCO <sub>3</sub> (me/l)	VFA <sup>1</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	Turbidity <sup>2</sup> (ABS)	SAR <sup>3</sup>
NPK	7.4	150	1.77	475	0.30	104	306	186	52.2
NPK + Rice straw	8.9	-150	1.88	499	4.50	255	12	2,525	35.7
NPK + Gypsum	6.8	-30	3.91	900	0.58	62	1,150	211	33.1
NPK + R.S+Gypsum	7.6	-53	3.29	744	3.70	540	540	2,160	40.5

- 1 Volatile fatty acid
- 2 Reading absorbance (ABS) in 560 nm
- 3 Sodium Adsorption Ratio :  $Na^+ / \sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}} / 2$

膏施用區에서 發芽率이 對照區보다 낮았던 原因을 檢討하기 위하여 經時的으로 湛水의 化學性을 調査하였다.

立毛率이 減少한 改良劑 處理區의 化學的 特性을 表 3에서 볼때 芻糞을 施用하고 湛水를 하게 되면 芻糞의 分解生成物이 粘土表面에 부착되어 粘土와 有機物의 複合體를 형성하여 -OH와 -COOH 같은 陰電荷의 增加로 인한 靜電斥力인 反발력 때문에 粘土의 分散이 일어난다고 하였으며<sup>3,10)</sup> 실제로 芻糞施用區에서 發芽率이 현저히 낮았던 化學的인 原因은 芻糞에서 溶出된 부유물과 粘土의 分散으로 濁度가 增加되었기 때문으로 推定되며, 한편으로 窒素와 加里質肥料의 基肥重點 施用 및 비닐하우스의 高溫도 初期生育을 저해시킨 原因이 된것 같다.

石膏를 施用하고 充分한 除鹽을 하면 石膏중의 Ca이온이 물속에서 서서히 溶解되어 灌溉水중의 Na이온과 置換하여 土壤粒子的 分散을 減少시키므로 湛水直播時

發芽率 向上效果가 있는 반면<sup>5)</sup> 石膏중에 多量 含有된 石灰 및 黃酸根이 還元으로 溶出되기 때문에 鹽類障害을 받아 幼苗의 枯死率이 높아지는 負의 側面도 있었다.

表 4는 벼 幼苗의 發芽率과 湛水의 化學性과의 關係를 調査한 結果이다.

發芽率은 湛水중의 EC, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> 및 水溶性 陽이온등과 負의 相關關係를 보였으며 湛水時期別로는 7日次 發芽時期인 7日次 湛水의 成分과 가장 關係가 컸다.

일반적으로 湛水直播은 早播하기 때문에 低溫의 影響으로 出芽 및 幼芽의 伸長이 지연되는 동안 種子가 苗腐敗病에 감염되어 立毛率이 낮아진다고<sup>7)</sup> 하였고 이러한 現象은 芻糞과 같은 土壤改良劑와 肥料을 施用하고 播種하였을 경우 더욱 심한 發芽率 減少를 보였으며 湛水중 大部分의 化學成分과 負의 關係를 보인 原因이 되었던 것으로 생각된다.

Table 4. Correlation coefficients (r) between germination rate of rice seedling and various chemical factors of submerged water

	Days after submergence				
	1	4	7	14	24
pH	0.407	0.688 *	0.404	0.226	-0.413
Eh	0.368	0.295	0.274	0.578 *	0.519
EC	-0.757 **	-0.736 **	-0.794 **	-0.733 **	-0.775 **
HCO <sub>3</sub>	-0.472	-0.731 **	-0.809 **	-0.520	-0.606 *
SO <sub>4</sub>	-0.744 **	-0.752 **	-0.774 **	-0.586 *	-0.614 *
Ca	-0.723 **	-0.759 *	-0.795 **	-0.730 **	-0.739 **
Mg	-0.769 **	-0.802 **	-0.814 **	-0.791 **	-0.753 **
Na	-0.383	-0.377	-0.643 **	-0.453	-0.594
K	-0.743 **	-0.753 **	-0.875 **	-0.628 *	-0.646 *
SAR	-0.769 **	-0.776 **	-0.529	-0.566	0.475

\*, \*\* : Significant at 5% and 1% level, respectively.

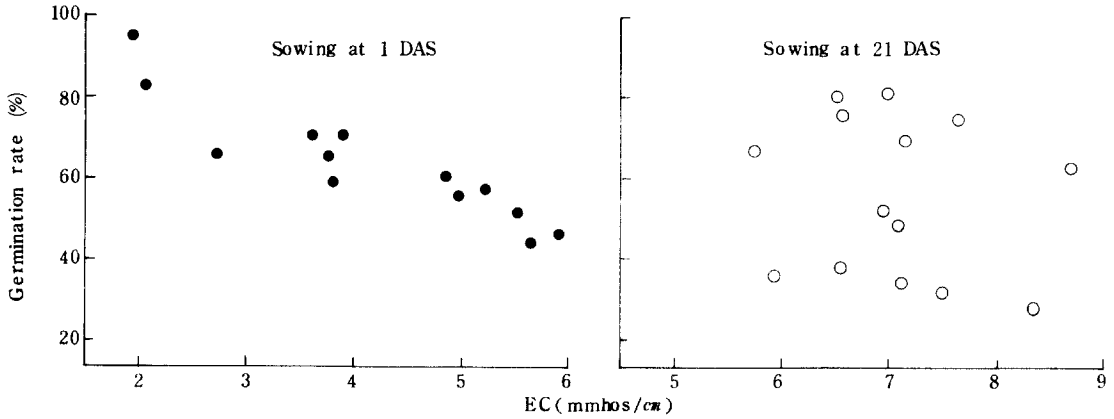


Fig. 1. Relationship between germination rate of rice seedling and EC of submerged water in the saline soil.

그림 1은湛水の EC와發芽率과의關係를調査한成績이다.

湛水 1日後播種區에서의發芽率은 EC와有意한負의相關을 보여 EC가 높을수록發芽率이減少되는 경향을 보였으나湛水 3週後에播種하였을 경우에는 EC와發芽率과의相關이 없었다. 이러한原因은石膏를施用하고湛水を하면 Na土壤이 Ca土壤으로 바뀌어分散率이低下되므로發芽率을向上시키는 것으로 생각되며李<sup>5)</sup>가鹽濃度 1.0%인界火島干拓地土壤에石膏를施用하고湛水直播時發芽率向上에效果가 있다고한報告와一致하였다.

그림 2와 3은湛水直播干拓地土壤의 pH와 HCO<sub>3</sub>含量을經時的으로調査한成績이다.

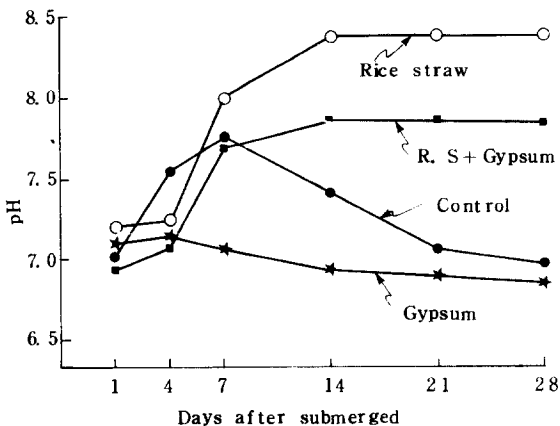


Fig. 2. Changes in the pH values of submerged water as affected by rice straw and gypsum application.

處理別土壤의 pH變化를 볼때石膏處理는對照區와 같은경향으로湛水初期에 높아졌다가 4日以後 계속 낮아졌으나 芻糞區는石膏의混用如否에 큰差異없이 14日까지는 급격히上昇하다가 그이후變化없이持續되었으며重碳酸含量역시 pH變化와 유사한增減 경향을 보였다.石膏處理는 pH變化和重碳酸含量增加에影響을 주지 않았으나 芻糞處理에 의해서는 pH가 크게變化됨을 알 수 있으며, pH上昇으로有機酸이 CH<sub>4</sub>와 CO<sub>2</sub>로 되어 CO<sub>2</sub>가 물과結合되므로 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 되며 이것이 다시 H<sup>+</sup>와 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>로解離되므로重碳酸含量을增加시키는 것으로 생각된다.

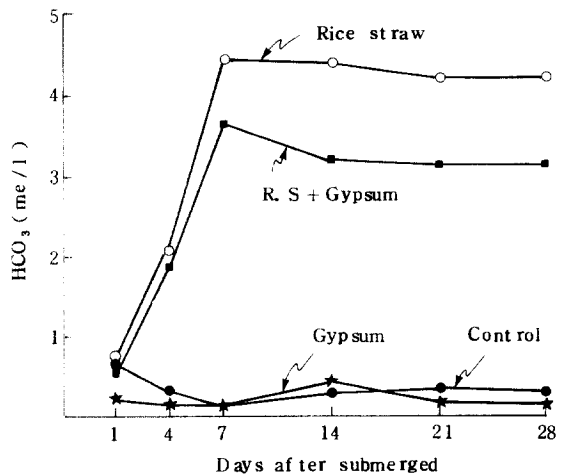


Fig. 3. Changes in HCO<sub>3</sub> concentration of submerged water as affected by rice straw and gypsum application.

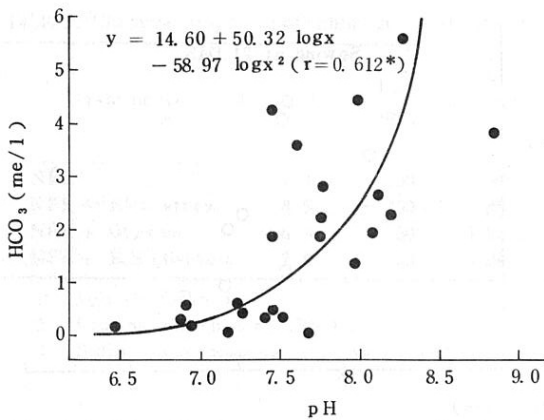


Fig. 4. Relationship between  $\text{HCO}_3^-$  and pH of submerged water in saline soil.

Heller 등<sup>4)</sup>은 수耕栽培한 토마토에서  $\text{NaHCO}_3$  가  $\text{NaCl}$  보다 더 被害가 많으며  $\text{NaHCO}_3$  의 과잉 溶解는 溶液의 pH가 높아졌기 때문이라고 하였다. 干拓地 土壤은 본래 pH가 높고 Na 含量도 많으므로 湛水直播時 發芽期에 重炭酸에 의한 被害가 우려되며 더우기 土壤 改良을 위하여 芻糞을 施用했을 때 pH가 上昇되는 경우도 많으므로 鹽濃度가 높은 干拓地 土壤에 芻糞 施用은 負의 側面이 많을 것으로 判斷된다.

한편 湛水の pH 上昇에 의한 重炭酸 含量의 增加 정도를 表示한 것은 그림 4와 같다.

湛水の pH와 重炭酸 含量間에는 有意性 있는 2次 曲線의 回歸關係를 보였으며 pH 增加에 따른 重炭酸의 生成量 增加는 湛水の pH 7.5까지는 變化가 없었으나 그 이상에서는 매우 급격한 狀態로 增加하였다. 본 試驗에서도 芻糞 施用으로 湛水 7日後 pH가 8.0 이상으로 上昇되었으며, 重炭酸은 溶液의 pH가 8.0 이상일 때 심한 과잉장해를 보인다고 한 Heller 등<sup>4)</sup>의 報告와 一致하였다.

이상의 結果를 綜合하여 볼 때 干拓地 改良을 위하여 芻糞과 石膏를 施用하고 湛水直播時 發芽率 向上이라는 面에서 鹽類土壤에 芻糞 施用은 土壤의 pH를 높여 重炭酸 含量을 增加시키며, 또한 芻糞 자체에서 溶出되는 부유물의 增加로 發芽率이 현저히 떨어지므로 芻糞 施用은 再考할 필요가 있다고 생각되며, 石膏는 芻糞보다 被害가 적다고는 하지만 鹽類障害 輕減을 위해서는 前年度 收穫後 石膏를 施用하고 冬期間 湛水를 한 다음 直播를 하는 것이 보다 效果的인 것으로 判斷된다.

## 摘 要

鹽濃度 0.48%인 壤質系 干拓地 土壤에 芻糞과 石膏를 施用하고 湛水한 후 直播時期를 달리한 pot 試驗에서 芻 幼苗의 初期 生育障害 原因을 調査하였다.

1. 發芽는 湛水 1日後 播種區가 湛水 18日後 播種區보다 良好하였고, 湛水 18日後 播種區는 芻糞 施用으로 發芽率이 극히 不良하였다.

2. 對照區에 비하여 芻糞 施用으로 湛水중의 pH,  $\text{HCO}_3^-$  및 Volatile fatty acid 含量은 增加되었으나 EC,  $\text{SO}_4$  및 水溶性 陽이온의 總含量은 減少되었으며, 石膏는 芻糞과 反對의 傾向을 보였다.

3. 發芽率과 湛水の 化學成分 間에는 대부분 負의 相關關係를 보였으며, 특히 播種 7日後 湛水の 化學成分과 가장 關係가 높았다.

4. 芻糞 施用에 의한 幼苗의 發芽障害는 湛水の pH 上昇에 의한  $\text{HCO}_3^-$ 의 生成 및 粘土의 分散과 關係가 깊었으며, 發芽後 幼苗의 生育障害는 石膏 施用으로 湛水の EC,  $\text{SO}_4$  및 水溶性 總陽이온등의 급격한 增加로 인한 鹽類障害로 推定된다.

5. 重炭酸의 生成은 湛水の pH와 有意性 있는 2次 曲線의 回歸關係를 보였으며 pH 7.5 이상일 때 급격한 增加現象을 보였다.

## 引 用 文 獻

1. Chauhan, C. P. S., and R. P. S. Chauhan. 1984. Contribution of soluble carbonate plus bicarbonate to the gypsum requirement of soil. soil sci. 137(3): 149-152.
2. 寺田優. 1984. 湛水土壤中 直播栽培水稻의 特徵. 農業および園藝 59(4): 45~48.
3. Gauch, H. G., and C. H. Wadleigh. 1945. Effect of high concentration of sodium, calcium, chloride, and sulfate on ionic absorption by bean plant. Soil Sci. 59: 139-153.
4. Heller, V. G., R. H. Hageman and E. L. Hartman. 1940. Sandculture studies of the use of saline and alkaline water in green houses. Plant physiol. 15: 727-733.
5. 李善龍. 1978. 干拓地에 있어서 過酸化石灰 粉衣 湛水 直播栽培. 研究와 指導. 春季號: 59~62.
6. 三石昭三. 1980. 從來의 直播栽培と新しム湛水土壤中直播栽培. 石川農業の研究 9: 1~24.

7. 西山岩男. 1977. イネの直播栽培における冷温障害とその生理(1)-とくに発芽および初期生育について-. 農業および園藝 52 (11): 33 ~ 37.
8. 農村振興廳 農業技術研究所. 1989. 土壤化學分析法.
9. 太田保夫, 中山正義. 1970. 湛水條件における水稻種々の発芽におよぼす過酸化石灰粉衣處理效果. 日作紀 39 : 535 ~ 536.
10. 野々山芳夫. 1981. 水稻の不耕起湛水直播栽培に関する土壤肥料學的研究. 中國農試報 E 18: 1 ~ 62.
11. 朴錫洪, 李哲遠, 朴來敬. 1986. 水湛水土中直播栽培에 관한 研究. II. 直播벼의 生育 및 收量性. 韓作誌 31 (別): 16 ~ 17.
12. 鷺尾. 1985. イネ栽培技術の基本(II) - 直播栽培 - 農文協: 573 ~ 600.