

벼 湛水直播栽培에 있어서 適正立毛數 설정

李哲遠* · 成耆英** · 林俊澤***

Optimum Number of Seedling Stands of Rice for High Yield in Direct Water-Seeded Culture

Chul Won Lee* · Ki Young Seong** and June Taeg Lim***

ABSTRACT : This study was carried out to determine the optimum seeding rate and number of seedling stands per unit area for high yield with two varieties of rice, Nakdongbyeo (Japonica type) and Samgangbyeo (Indica × Japonica type), in direct water-seeded rice culture at Crop Experiment Station. Seeds coated with CaO₂ after germination were sowed at May 4 in 7 levels, such as 1.6, 1.8, 2.1, 2.7, 3.5, 4.0, 4.3kg/10a, and the number of seedling stands per square meter was adjusted to be 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 plants, respectively. The maximum number of tillers increased as the seeding rates increased, but the ratio of effective tillers decreased. The critical dates of effective tillering of tested varieties were delayed by the lower seeding rates, and the date was June 18 at the plot of seeding rate with 3.5kg/10a. The number of panicles per unit area increased in accordance with the increased seeding rates. The number of spikelets per panicle in Nakdongbyeo was not affected by the seeding rates, but in Samgangbyeo it decreased as the seeding rate increased. The optimum number of seedling stand per square meter appeared to be 78 in Nakdongbyeo and 120 in Samgangbyeo, respectively. It meant that the optimum seeding rates for Nakdongbyeo and Samgangbyeo were about 2.7 and 4.0kg/10a, respectively.

Key word : Direct water-seeded culture, Optimum seeding rate, Optimum seedling stand, Critical date of effective tillering, Yield, Yield components

벼 直播栽培는 湛水直播와 乾畝直播로 大別되며 湛水直播는 湛水表面散播와 무는 攄播種으로 구분된다. 直播栽培에서는 育苗 및 移秧作業이 省略되므로 勞力과 費用이 節減되어 農家의 勞動力 부족을 해결할 수 있을 뿐 아니라 生産費 節減을 통해 實質所得을 向上시킬 수 있다. 美國 캘리포니아의

벼 농사는 湛水 航空散播로 이루어지고 있기 때문에 ha당 勞動力 投入이 17시간에 불과하여¹⁰⁾ 移秧栽培가 주축인 우리나라 벼 栽培에서의 勞動力 投入과는 큰 差異를 보이고 있다. 農業 人口比率이 12%에 이른 현재 勞動力 不足을 解決하며 生産費 節減을 위한 直播栽培法 確立에 관한 研究는 매우

* 충북대학교 농과대학(College of Agriculture, Choongbuk National Univ., Chungju 360-763, Korea)

** 작물시험장(Crop Experiment Station, Suwon 441-100, Korea)

*** 순천대학교 농과대학(College of Agriculture, Suncheon National Univ., Suncheon 540-742, Korea)

〈'94. 6. 13 接受〉

필요한 것으로 생각된다.

벼 湛水直播栽培은 湛水條件의 土壤表面에 직접 播種하여 出芽, 生育시킴으로 勞動力 節減 效果는 크나 立毛가 不安定하여 고른 立毛 確保가 어렵고 倒伏이 심한 短點이 있다^{3,5,11)}. 따라서 벼 湛水直播栽培을 농가에 普及시키기 위해서는 이러한 問題點들이 먼저 解決되어야 할 것이다. 栽培方法을 통한 穗數確保나 倒伏發生의 抑制는 湛水條件의 土中에서 酸素를 發生시켜 出芽를 促進시키는 過酸化 石灰의 種子粉衣 播種^{1,2,6-9,12)}, 그리고 窒素 施肥量이나 播種量의 調節을 통해 가능할 것이다.

湛水條件에서 出芽가 完了된 벼는 쉽게 群落狀態를 이루는데 播種量이 過多하면 벼가 약하여 쓰러지기 쉽고 穗當穎花數가 減少한다⁴⁾. 따라서 湛水直播栽培에서의 播種量의 決定은 穗數確保와 倒伏抑制 側面에서 면밀히 檢討되어야 할 것이다. 본 研究는 벼의 湛水直播栽培에서 穗數와 穗當穎花數에 差異를 보이는 두 品種의 播種量에 따른 生育과 收量變異를 檢討하여 品種 特性에 따른 最大 收量を 얻기위한 適正 播種量과 立毛數를 究明하고자 遂行하였다.

材料 및 方法

作物試驗場에서 洛東벼(Japonica)와 三剛벼(Indica x Japonica)를 供試하여 5월 4일에 步行用 湛水直播播種機를 이용하여 播種하였다. 벼 種子의 出芽를 促進하기 위해서 種子를 浸種하여 催芽 시킨 후 種子表面에 發芽促進劑인 칼과(主成分 CaO_2)를 乾燥種子의 重量 基準으로 同量 粉依被服하였다. 粉依被服은 回轉型 粉依機에 催芽된 種子를 넣고 粉依機를 回轉시키고, 微量의 물을 撒布하며 칼과粉劑를 서서히 넣으므로써 實施하였다. 畦間距離는 30cm로 固定하였고 株間距離는 4~6cm가 되도록 하였으며 播種깊이는 10~15mm가 되도록 하였다. 施肥量은 $N-P_2O_5-K_2O$ 를 11-7-8kg/10a로 하였으며 窒素는 基肥:分蘖肥:穗肥=40:30:30%, 가리는 基肥:穗肥=70:30% 比率로 分施하였고 磷酸은 全量 基肥로 하였다. 雜草는 播種 2日 後 피라졸 粒劑를 3kg/10a 水準으로 撒布

하여 防除하였다.

出芽 後 20日에 각 處理區의 立毛數를 表 1과 같이 調節하였으며 立毛가 完了된 후 5일 간격으로 分蘖의 增加狀態를 調査하여 最高分蘖期와 有效分蘖 限界期를 決定하였고 收穫期에 收量 및 收量構成要素들을 調査하였다. 處理區의 倒伏은 出穗 후 最初 倒伏부터 農事試驗研究調査 基準에 의해 調査하였는데 無倒伏은 0, 完全倒伏은 9로 하였다.

Table 1. Seeding rates and seedling stands in the experiment

Seeding rate (kg/10a)	Seedling stands (No. of plants/m ²)
1.6	30
1.8	40
2.1	60
2.7	80
3.5	100
4.0	120
4.3	140

結果 및 考察

1. 生育狀況

表 2는 供試品種의 播種量에 따른 最高分蘖數와 有效莖比率를 나타낸 것이다. 最高分蘖數는 洛東벼가 三剛벼에 비하여 현저히 많았으나 有效莖比率는 三剛벼가 높은 것으로 나타났다. 이는 洛東벼는 三剛벼에 비하여 長稈 穗數型이며 三剛벼는 短稈 穗重型으로 品種의 特性에 起因한 結果로 생각된다. 또한 播種量이 많아질수록 單位面積當 分蘖數는 增加하는데 反하여 有效莖比率는 顯著히 낮아지는 結果를 보였다. 有效莖比率의 減少 程度는 品種에 따라 약간의 差異가 있었는데 洛東벼의 有效莖比率는 10a當 2.1kg區 에서 54%인데 비하여 三剛벼는 同量 播種區에서 60%를 나타내었으나 播種量 4.3kg區 에서는 두 品種 모두 46~48%를 나타내어 큰 差異는 없었다.

表 3은 播種量에 따른 有效分蘖 限界期와 出穗期の 變異를 나타낸 것이다. 供試品種 모두 播種量이 增加할수록 有效分蘖 限界期가 短縮되는 것으로

Table 2. Maximum and effective number of tillers as affected by seeding rate of direct-seeded rice in the submerged puddled soil

Variety	Seeding rate (kg /10a)	Seedling stand (No. of plants /m ²)	No. of tillers /m ²		Percent of effective tillers
			Maximum	Effective	
Nakdongbyeo	2.1	60	674	365	54
	2.7	80	784	419	53
	3.5	100	882	427	48
	4.0	121	954	470	49
	4.3	139	1041	476	46
Samgangbyeo	2.1	64	598	357	60
	2.7	84	627	361	58
	3.5	102	683	398	58
	4.0	123	752	411	55
	4.3	148	915	436	48

Table 3. Variations in critical effective tillering and heading dates due to the seeding rates of direct-seeded rice in the submerged puddled soil

Variety	Seeding rate (kg /10a)	Critical effective tillering date	Heading date
Nakdongbyeo	2.1	Jun. 23(48) ¹⁾	Aug. 22
	2.7	Jun. 22(47)	Aug. 22
	3.5	Jun. 18(43)	Aug. 22
	4.0	Jun. 16(41)	Aug. 22
	4.3	Jun. 15(40)	Aug. 22
Samgangbyeo	2.1	Jun. 22(47)	Aug. 12
	2.7	Jun. 18(43)	Aug. 12
	3.5	Jun. 73(42)	Aug. 12
	4.0	Jun. 16(41)	Aug. 12
	4.3	Jun. 14(39)	Aug. 12

¹⁾ The number in parenthesis indicates the days from sowing.

나타났다. 이는 播種량이 많아짐에 따라 보다 이른 시기에 충분한 單位面積當 穗數가 確保되고 이에 따라 個體間 또는 個體內 競爭이 보다 일찍 심해져, 늦게 발생한 分蘖이 충분히 生長하지 못한 結果로 생각된다. 10a當 播種量 2.1kg區에서는 6月 22~23日에 有效分蘖 終止期에 이르러 播種後 日數가 47~48日頃에 有效穗數 確保가 이루어지는 것으로 나타났다. 有效分蘖 終止期까지의 日數는 10a當 播種量 2.7kg區에서 洛東벼가 47日, 三剛벼가 43日, 3.5kg區에서 洛東벼, 三剛벼가 각각 43日, 42日, 4.0kg區에서 두 品種 모두 41日, 4.3kg區에서 39~40日이 所要되었다. 播種량이 增加할

수록 有效分蘖 終止期까지의 所要日數가 短縮되는 것은 密植의 경우 個體間的 光이나 養分에 대한 競爭이 甚하여 2~3次 以後의 分蘖莖들이 充分히 生長하지 못하기 때문에 생각되며 이것은 또한 播種量의 增加에 따라 有效莖比率이 減少하는 原因을 說明하는 것이다.

2. 收量 및 收量構成要素

表 4는 品種別 播種量에 따른 收量과 收量構成要素를 나타낸 것이다. 播種量에 따른 穗數의 變異는 洛東벼의 경우 播種量 1.6~2.1kg /10a區가 333~365개로 적었으며 2.7~3.5kg /10a區에서는 419~427개이었고 4.0~4.3kg /10a區에서는 470개 정도로 가장 많았다. 三剛벼는 洛東벼보다 穗數는 적었으나 播種量 增加에 따른 穗數 增加는 洛東벼의 경우와 비슷한 傾向이었다. 處理에 따른 穗當穎花數의 變異는 洛東벼의 경우 播種量 水準에 따라 큰 差異를 보이지 않은 반면 三剛벼에서는 有意한 差異를 보였는데 播種量이 많을수록 穗當穎花數가 크게 減少하는 것으로 나타났다. 登熟率은 洛東벼의 경우 播種量이 3.5kg /10a 以上에서는 倒伏이 發生하여 登熟率이 顯著하게 低下하는 것으로 나타났다. 三剛벼에서는 播種量間에 큰 差異가 없었다. 玄米千粒重은 洛東벼에서는 播種量에 따라 큰 差異를 보이지 않았으나 三剛벼에서는 播種量이 가장 적은 1.6kg /10a區에서 가장 낮았다. 이는 播種密度가 너무 낮아 2, 3次 以後의 分蘖들이 增加하고 後期에 發生한 分蘖들에서 充實한 登熟粒

Table 4. Yield and yield components as affected by seeding rate of direct-seeded rice in the submerged puddled soil

Variety	Seeding rate (kg/10a)	No. of panicles per m ²	No. of spikelets per panicle	Percent of filled grains	1000 ¹⁾ grain wt. (g)	Brown rice yield (kg/10a)	Field lodging (0-9)
Nakdongbyeo	1.6	333d ²⁾	78ab	91a	20.8	446c	0
	1.8	363d	79ab	89ab	20.6	523ab	0
	2.1	365d	80a	90a	21.0	544a	0
	2.7	419c	79ab	86b	20.5	563a	0
	3.5	427bc	69b	81c	21.5	490bc	3
	4.0	470ab	69b	81c	20.6	457c	7
	4.3	476a	74b	78d	20.8	467c	7
Samgangbyeo	1.6	258e	119a	92	17.9	484e	0
	1.8	330d	107b	91	18.5	538d	0
	2.1	357cd	104bc	91	18.6	557c	0
	2.7	361c	102bc	91	18.6	563bc	0
	3.5	398b	98cd	91	18.8	586a	0
	4.0	411ab	93de	92	18.9	584a	0
	4.3	436a	85e	91	18.8	577ab	0

¹⁾ Brown rice

²⁾ Treatments with a common letter beside treatment means are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

이 적은 것에 起因한 것으로 判斷된다. 玄米收量은 洛東벼의 경우 10a當 播種量이 1.8~2.7kg區에서 가장 높았고 3.5kg/10a 以上에서는 倒伏이 發生하여 收量이 有意하게 낮아졌다. 三剛벼는 播種量の 增加에 따라 倒伏이 發生되지 않아 收量도 增加하는 것으로 나타났다.

3. m²當 立毛數에 따른 收量構成要素들의 變異

그림 1은 供試品種들의 立毛數와 收量構成要素들과의 關係를 나타낸 것이다. 供試된 品種 모두 m²當 立毛數가 增加할수록 m²當 穗數도 增加하는, 두 變數間 高度로 有意한 正의 相關을 보였고 單位面積當 立毛數와 穗當穎花數는 負의 相關을 보였다. 登熟率은 洛東벼에서는 m²當 立毛數와 高度로 有意한 負의 相關을 보였으나 三剛벼에서는 有意한 相關을 보이지 않았다. 千粒重은 洛東벼에서는 m²當 立毛數의 變異에 따라 큰 差異를 보이지 않았으나 三剛벼에서는 立毛數의 增加에 따라 千粒重도 增加하는 高度로 有意한 正의 相關을 보였다.

이러한 結果는 品種의 特性에 따른 播種量 決定에 利用될 수 있다. 播種量이 增加함에 따라 두 品種 모두 單位面積當 穗數는 增加하나 穗數型 品種

(洛東벼)에서는 그 增加幅이 큰 反面 穗重型 品種(三剛벼)에서는 적다. 穗數型보다는 穗重型에서 穗當穎花數가 보다 많은데, 播種量の 增加에 따른 單位面積當 穗數의 增加는 穗當穎花數를 감소시키거나 穗重型보다 穗數型에서 그 減少幅이 낮다. 따라서 單位面積當 穗數와 穗當穎花數의 곱으로 표현되는 單位面積當 穎花數는 播種量の 增加에 따라 穗數型에서는 그 增加幅이 크고 穗重型에서는 적다. 그러나 單位面積當 穗數와 登熟率의 關係는 穗數型 品種에서는 高度로 有意한 負의 關係가 있는 反面 穗重型에서는 統計적으로 아무런 有意한 關係를 보이지 않았다. 播種量에 따른 千粒重의 變異에 거의 差異가 없는 것을 考慮할 때 收量은 穗數型 品種에서는 單位面積當 穗數, 穗當穎花數, 그리고 登熟率의 곱에 의해, 그리고 穗重型에서는 單位面積當 穗數와 穗當穎花數의 곱에 의해 決定된다고 할 수 있다. 즉, 穗數型 品種에서는 登熟率의 減少를 考慮한 播種量 設定이, 그리고 穗重型 品種에서는 穗當穎花數의 確保를 考慮한 播種量 設定이 必要하다 하겠다. 이러한 關係를 統合적으로 나타낸 것이 그림 2이다. 그림 2는 單位面積當 立毛數에 따른 收量變異를 나타낸 것으로 각 품종의 회귀

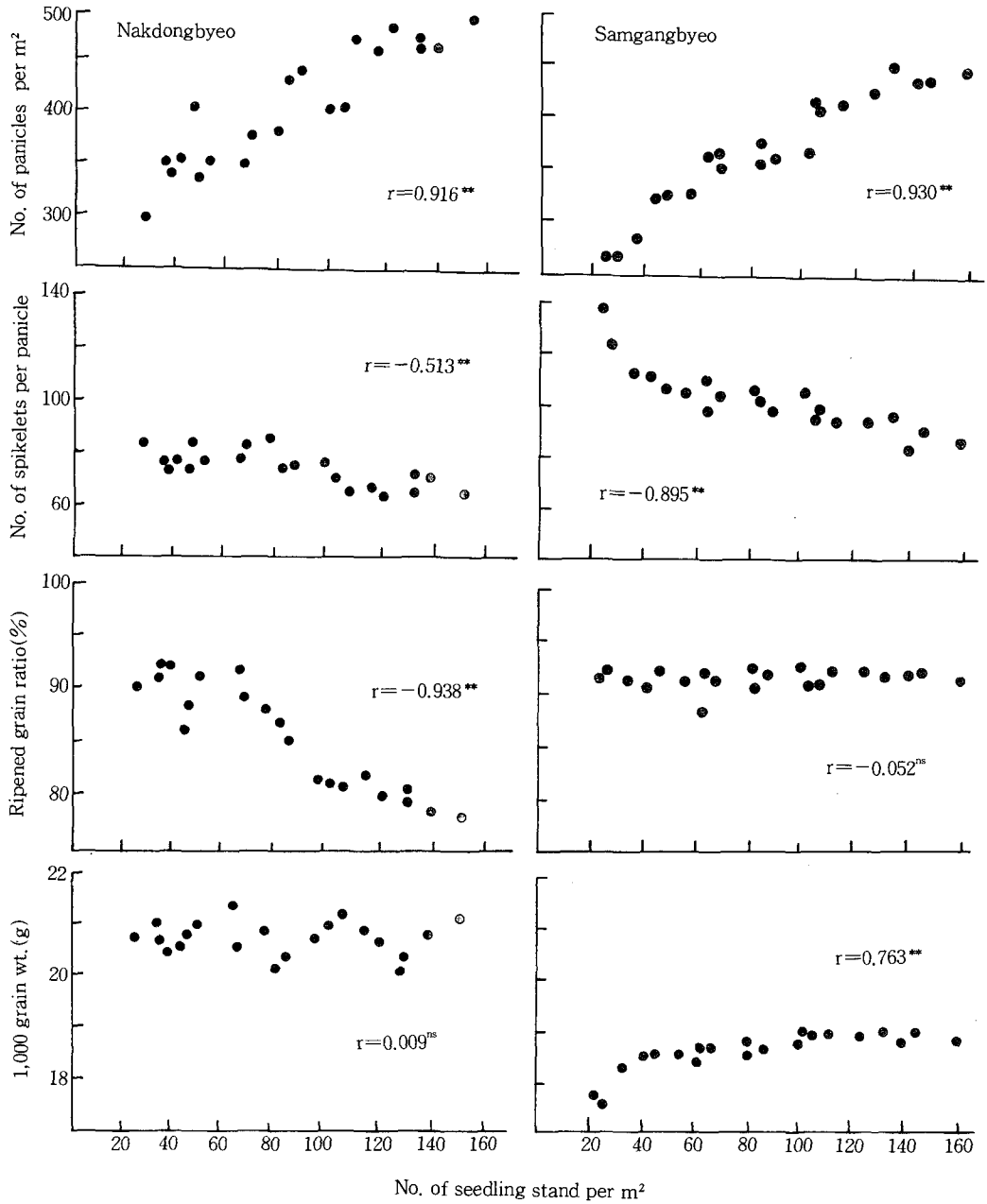


Fig. 1. Variation of yield components due to the variation of number of seedling stand per unit area.

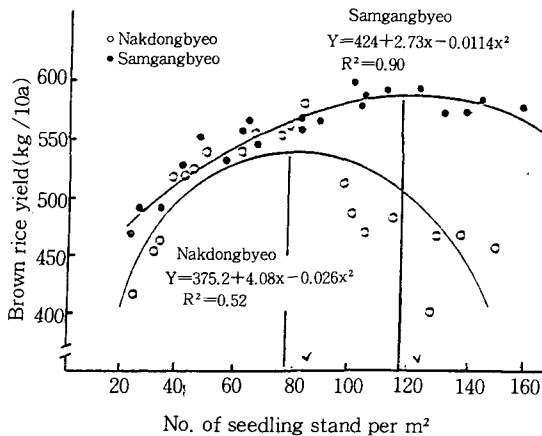


Fig. 2. The relationship between yield and number of seedling stands per units area. The vertical solid line indicates the optimal number of seedling stand to get maximum yield from the regression equation.

식이 $dY/dx = 0$ 를 만족시키는 x 값이 그 품종의 최대수량을 주는 m^2 당 立毛數가 된다. 그 결과 三剛벼는 m^2 당 立毛數가 120개 内外일 때 가장 높은 收量を 보였는데 이水準은 播種量의 増加에 따른 單位面積當 穗數의 増加가 穗當穎花數의 減少를 相殺하는水準이었다. 또한 洛東벼는 m^2 당 立毛數가 78개水準일 때 收량이 가장 높았는데 이는 倒伏이 抑制되어 높은 登熟率이 維持되는 播種量水準이었다. 이 결과에 의하면 適正 播種量은 穗重型에서는 4.0 kg/10a, 穗數型에서는 2.7kg/10a水準이 收量形成에 有利한 것으로 判斷된다.

摘 要

벼 湛水直播栽培에서 適正 播種量과 立毛數 設定을 위하여 洛東벼와 三剛벼를 供試하여 5월 4日 作物試驗場 畝作圃場에서 播種量을 달리하여 試驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 供試品種 모두 播種量이 増加할수록 最高分蘗數는 많아졌고 有效莖比率는 低下하였다.
2. 供試品種 모두 播種量이 増加할수록 有效分蘗限界期는 앞당겨지는 것으로 나타났으며 3.

5kg/10a 과중區의 有效分蘗 限界期는 6月 18日 前後이었다.

3. 單位面積當 穗數는 供試品種 모두 播種量이 増加할수록 많아졌다. 穗當穎花數는 洛東벼에서는 播種量의 増加에 따라 差異가 없었으나 三剛벼에서는 減少하였다.
4. 播種量이 増加할수록 洛東벼의 登熟率은 떨어졌으나 三剛벼에서는 差異가 없었다.
5. m^2 當 適正 立毛數는 三剛벼에서는 120개 정도, 洛東벼에서는 78개 정도이었으며 播種量으로 볼 때 三剛벼는 4kg/10a, 洛東벼는 2.7kg/10a 정도가 適當하였다.

引用文獻

1. 萩原素之, 井村光夫, 三石昭三. 1985. 水稻の湛水土中直播における出芽, 苗立ち不安定要因の解析. 第 2 報, カルハ-被覆種初周邊土壤の酸化還元電位の推移. 日作紀 54(別 2):30-31.
2. _____, _____. 1992. 無酸素狀態の減菌湛水土中に播種した水稻種子の發芽および出芽. 日作紀 61(別 1):8.
3. 李善龍, 金相洙. 1978. 湛水直播 播種期別 播種量試驗. 湖試 試驗研究報告書:469-471.
4. 中村喜彰. 1986. 水稻の湛水土壤中直播栽培-その多收化に關する實驗をに中心. 農業及園藝 61(4):507-510.
5. 西尾隆雄, 石脇勇, 柳澤健彦. 1966. 水稻湛水直播の倒伏防止に關する二,三の考察. 日作紀 35:281.
6. 太田保夫, 中山正義. 1970. 湛水條件における水稻種子の發芽におよぼす過酸化石灰粉衣處理の影響. 日作紀 39(4): 535-536.
7. 朴錫洪, 李哲遠. 1989. 水稻 直播栽培의 技術的 現況 및 問題點과 發展方向. '89 農進廳 심포지움 7: 17-29.
8. _____, _____. 1992. 벼 直播栽培의 技術的 發展方向. 韓雜草誌 12(3): 292-308.
9. _____, _____. 梁元河, 朴來敬. 1986. 벼 湛水土中 直播栽培研究. I. 溫度 및 播種深度에

- 따른 出芽 및 初期生育. 韓作誌 31(2):204-213.
10. Rutger, J. N. and D. M. Brandon. 1981. California rice culture. Scientific American 224(2):42-51
11. 坂井正義, 伊藤延久. 1977. 水稻湛水散播栽培にする關研究. 제 2 보. CaO_2 粉衣種子の埋沒倒による伏防止方策. 日作物學會九州支部會報 44:25-26.
12. 山田登. 1951. 過酸化石灰による作物に對よる酸素の供給(豫報). 日作紀 21:65-66.