

# 水稻移秧機의 適正作業을 爲한 圃場條件에 關한 研究(Ⅱ)

## A Study on the Effects of Sinkage on the Performance of a Rice Transplanter.

—車輪沈下를 中心으로—

洪 鍾 浩\* · 李 采 植\* · 金 鎮 榮\*  
Hong, Jong Ho. Lee, Chai Shik. Kim, Jin Young  
李 揆 昇\* · 李 鎔 國\* · 車 均 度\*\*  
Lee, Kyou Seung. Lee, Yong Kook. Tsah, Kyun Doh

### Summary

Sinkage differences between the wheels of a transplanter which are caused by the different hard pan of fields and land preparation affect the field performance of a rice transplanter. In this experiment the relationships between the sinkage differences of the wheels of a transplanter and the planting distance, planting angle, planting depth and deviation from a straight transplanting line were investigated. The objective of this experiment was to obtain some basic informations for the effective use of the rice transplanter. The result of this experiment are as follows.

1. Transplanting distances became shorter as the sinkage differences increased. This effect was greater on the side of the transplanter with a shallower sinkage.
2. The depth of transplanting increased as the differences in the depth of sinkage increase for the side with the deeper sinkage. An opposite trend was observed for the side with shallower sinkage.
3. The angle of transplanted seedlings from the vertical portion increased slightly as the sinkage differences increased. The variation in results were greater from the side of the transplanter with deeper sinkage than with shallower sinkage.
5. The best postures of planted seedling were found when the water depth was 3cm for the side of transplanter with deeper sinkage and 4cm for the shallower sinkage side. The relationships between the postures of planted seedling and water depth., or  $y = 67.62 + 10.69x - 1.76x^2$  for the side of transplanter with deeper sinkage and  $y = 66.64 + 11.32x - 1.50x^2$  for the side with shallower sinkage, were found from this experiment.

\*農業機械化 研究所

\*\*忠北大學校 農科大學

## 1. 緒 論

우리나라에서는 移秧作業의 機械化를 爲하여 1973년부터 水稻移秧機를 普及하기 始作하여 1979年末까지 約 2200餘대가 普及되어 있는 것으로 集計되어 있고 1980年度에는 10,000대를 普及할 計劃인 것으로 알려져 있다.

그런데 現在 普及되고 있는 水稻移秧機는 大部分이 日本에서 導入된 것으로서 運轉操作이 簡便하고 性能도 優秀하나 高價인 것이 短點이라 할 수 있다. 이를 補完하기 爲하여 1978年度 農業機械化 研究所에서는 既存 5馬力 小型動力 耕耘機에 附着하여 利用할 수 있는 附着用 水稻移秧機를 開發하여 農家實證試驗을 거쳐 農家に 普及토록 施策建議하였고 不遠간 實現될 것으로 展望된다.

그러나 水稻移秧機의 利用에는 慣行育苗와는 別度の 育苗 및 本番整地 技術이 要求하며 特히 移秧 畝의 耕耘·整地·均平作業等に 細心한 配慮가 要求된다.

따라서 本研究은 水稻移秧機의 作業性能에 가장 큰 影響을 미칠 것으로 豫想되는 圃場狀態의 不均衡 畝耕深의 差異와 不均一畝에 作業으로 생기게 되는 兩側車輪의 沈下量差異에 따른 作業精度를 比較檢討하여 適正圃場條件을 究明함으로써 水稻移秧機의 效率的인 利用을 爲한 基礎資料를 얻고자 實施한 것이다.

## 2. 研究史

水稻移秧機의 作業性能은 主로 圃場條件, 車輪形態, 機體重量, 移秧速度等 여러가지 要因의 支配를 받고 있다.

이에 關聯된 研究은 國內外的으로 별로 많지 못한 편으로 矢田<sup>(4)</sup>은 耕深이 깊어 驅動車輪의 슬립(slip)이 커지면 株間間隔이 좁아지며, 苗의 植付姿勢는 水深이 깊고 移秧速度가 빠를때 가장 좋고 耕深이 너무 깊은 경우 低速과 高速에서 모두 深植된다고 報告한바 있다.

車輪의 슬립率은 砂壤土에서는 輕微하여 問題가 되지 않으나 壤土에서는 機種에 따라 25~40% 정도이고 車輪直徑, 푸르트(float)의 相對的位置, 러그(lug)形狀, 러그附着位置等과 깊은 關係가 있는 것으로 알려져 있다<sup>(5)</sup>. 또한 移秧作業時의 水深은

3cm程度가 適當하며 土壤表面 露出狀態에서는 作業이 困難하다고 報告한바 있다<sup>(6)</sup>. 市川<sup>(7)</sup>등은 移秧機의 走行性에 關한 研究에서 푸르트(float)의 負擔荷重은 float의 크기 및 土壤條件等에 따라 若干의 差異는 있지만 機體重量의 50~60%를 받는다라고 報告하였다. 岡村<sup>(8)</sup>등은 移秧機의 直進에 主로 影響을 미치는 것은 運轉技術과 圃場條件이며 適當한 移秧作業條件에서 移秧機의 直進程度는 運轉技術에 따라 左右된다고 報告한바 있다.

移秧作業速度에 關한 小野<sup>(9)</sup>등의 報告에 依하면 動力 2階 移秧機의 경우 畝別作業 狀態가 普通인 畝에서는 移秧作業 速度는 0.45m/sec 정도이고 不耕起 畝에서는 0.95m/sec의 作業速度로도 移秧作業이 可能한 것으로 알려져 있다. 井上<sup>(11)</sup>은 動力車輪型 移秧機는 作業速度를 0.5m/sec 前後로 하는 것이 바람직하며 土壤硬도에 따라 作業速度를 調節하는 것이 바람직하다고 報告한 바가 있다.

한편 矢田<sup>(4)</sup>은 耕深과 水深이 깊고 作業速度가 빠르면 缺株가 많이 發生하고 特히 水深의 影響을 많이 받는다라고 發表한바 있으며 遠藤<sup>(6)</sup>등은 浮苗, 缺株率에는 植代날과 苗의 相對的位置가 크게 關係되며 損傷苗는 苗의 素質이 弱할수록 많이 發生하고 特히 畝別질 後 經過日數와 水深에 깊은 關係가 있다고 報告한바가 있다.

또 三浦<sup>(2)</sup>등은 熱帶地方의 水稻作機械化에 關한 研究에서 缺株率은 水深과 作業速度에 比例하여 높아지며 作業速度가 0.4m/sec를 超過하면 顯著히 높아지는 傾向이 있고 特히 水深이 깊은 경우에는 이와같은 傾向이 더욱 뚜렷하다고 報告하였다. 井上<sup>(12)</sup>등은 흙이 무르면 植付姿勢가 흐트러질뿐만 아니라 機體의 沈下로 隣接部에 흙이 쌓이는 原因이 되고 隣接줄의 苗가 埋沒되는 反面, 土壤이 너무 굳으면 浮苗로 인한 缺株가 많이 發生된다고 報告하였다.

한편 李等<sup>(13)</sup>은 小形動力耕耘機 附着用 水稻移秧機를 製作하여 日製 專用機와 比較해서 圃場試驗을 實施한 結果 作業能率, 植付深, 植付本數, 缺株率의 差異는 거의 없었고 經濟性은 專用機에 比하여 훨씬 높았다고 報告하였다.

## 3. 理論分析

水稻移秧機가 畝別질된 물논을 走行할 境遇의 運動方程式을 解析할때에는 여러 가지 어려움이 있으

므로 水稻移秧機를 하나의 剛體로 생각하고 車速은 一定하게 하여 加速度가 없는 境遇로 하였으며 따라서 이 界의 質量에 依한 慣性力은 考慮하지 않았고 그 中心의 進行方向에 對한 運動만을 생각하였다.

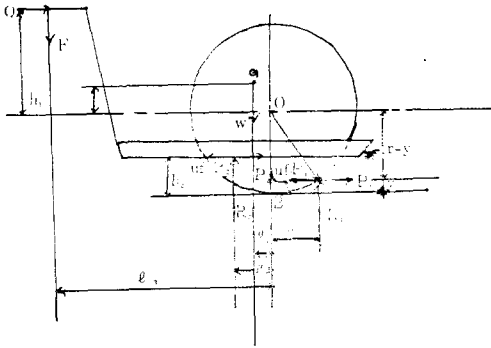


Fig. 1. Free body diagram of rice transplanter system.

Fig. 1. 에 依하여 힘의 平衡式을 세우면 (1), (2), (3)式과 같다.

$$\begin{aligned} \sum V &= 0; \\ Q + P_1 - U_f P_2 - U_f P_2 &= 0 \dots\dots\dots (1) \\ \sum H &= 0; \\ R_1 + R_2 - W \cos \theta - F \cos \theta &= 0 \dots\dots\dots (2) \\ \sum M_0 &= 0; \\ F \cos \theta l_3 - Q h_1 + W \cos \theta l_1 - R_2 l_2 - U_f P_2 (r - h_2) \\ + P_2 (r - h_2) + R_1 x + P_1 (r - y) - U_f P_1 (r - y) &= 0 \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

여기서

- $P_1$  = 驅動輪의 推進力 (kg)
- $P_2$  = 푸로트(float)의 推進力 (kg)
- $U_f$  = 土壤과의 미끄럼 摩擦係數
- $R_1$  = 驅動輪에 받는 鉛直反力 (kg)
- $R_2$  = 푸로트에 " " (kg)
- $W$  = 移秧機의 重量 (kg)

- $F$  = 핸들(Handle)에서 받는 鉛直力 (kg)
- $Q$  = " " " " 水平力 (kg)
- $h_1$  = O點에서 핸들까지의 鉛直距離 (m)
- $h_2$  = B點에서 푸로트까지의 鉛直距離 (m)
- $y$  = 移秧機車輪의 接地部에 받는 驅動力의 着力點이 B點보다 위에 있는 距離 (m)
- $x$  = 移秧機車輪의 接地部에 받는 鉛直反力の 着力點이 車軸을 通한 鉛直線에 依해 前進하는 距離 (m)
- $l_1$  = O點에서 機體中心까지의 水平距離 (m)
- $l_2$  = O點에서 푸로트 反力點까지의 水平距離 (m)
- $l_3$  = O點에서 핸들鉛直力點까지의 水平距離 (m)

(1), (2) 및 (3)式에서

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{x - l_2} [W \cos \theta (l_2 - l_1) + F \cos \theta (l_3 - l_2) - Q h_1 \\ &\quad + (1 - U_f) \{P_2 (r - h_2) + P_1 (r - y)\}] \quad (4) \\ R_2 &= \frac{1}{x - l_1} [W \cos \theta (x + l_1) + F \cos \theta (x + l_3) - Q h_1 \\ &\quad + (1 - U_f) \{P_2 (r - h_2) + P_1 (r - y)\}] \quad (5) \\ \therefore h_2 &= \frac{1}{P_2 - U_f P_2} \{W \cos \theta (x + l_1) + F \cos \theta (x + l_3) \\ &\quad + P_2 (r - U_f r) + P_1 (r - y) (1 - U_f) \\ &\quad - R_2 (x - l_2) - Q h_1\} \quad (6) \end{aligned}$$

上記式에서 나타난 바와 같이 車輪沈下  $h_2$ 는  $W$ 에 比例하여 增加되며 미끄럼 摩擦係數  $U_f$ 에 逆比例하므로 푸로트와 接近하는 土壤面의 活動을 圓滑히 하여 摩擦係數가 줄어들도록 移秧畝의 畝間日數를 適當히 하여야 할 것으로 나타났다.

#### 4. 實驗裝置 및 方法

##### 가. 實驗裝置

###### 1) 供試材料

本 試驗에 使用된 供試品種은 密陽23號, 籾子當播種量은 130g, 苗齡은 32日 苗를 供試하였고 移秧時期는 씨蒔後 48時間이 經過한 後에 實施하였다. 本 畝準備는 트랙터 플라우로 耕耘하여 로타베이더로 2회 碎土하였다. 한편 本 試驗에 使用된

Table 1. Grain size distribution of soil of the paddy

VCS	CS	MS	FS	VFS	Silt	Clay	Textural class
2-1	1-15	.5-.25	.25-.1	.1-.05	.05-.002	.002-	
1.12	2.28	2.00	2.42	2.34	54.41	35.43	iscl

\* Grain size distribution was tested in accordance with the official methods of U. S. Department of Agri.

供試土壤은 微砂壤土로서 粒度分析 結果는 Table 1과 같다.

供試機種은 1978年 農業機械化研究所에서 開發한

小形動力耕耘機(5馬力) 附着用 散播苗 水稻移秧機를 使用하였으며 移秧速度는 0.42m/sec로 하였고 그 諸元은 Table 2와 같다.

Table 2. Specification of the experimental rice transplanter.

Weight (kg)	Planting rows	Planting width(cm)	Planting type	Wheel width(cm)
230	4	30	Finger	66

2) 測定裝置

地面狀態가 均一하지 못한 물논위에서 水稻移秧機로 移秧作業을 할때의 車輪沈下量을 測定하기 爲하여 Fig. 2와 같은 計測 裝置를 製作附着하여 車輪沈下量을 測定할수 있도록 하였다.

地面狀態에 따른 車輪沈下量을 測定하기 爲하여 水稻移秧機의 車輪軸에 sproket를 附着하고 chain으로 gauge system의 wheel sinkage gauge의 驅動 sproket에 連結하여 roller가 車輪軸의 回轉에 따라 減速回轉하도록 하였다. 車輪沈下量의 變化量에 따라 上下로 運動하는 indicating pen이 roller에 감기는 車輪沈下量 記錄誌에 Orcillograph를 그리도록 製作附着하였다.

나. 試驗方法

株間間隔은 3포기 사이의 距離를 測定하여 2로 나눈 兩포기 사이의 距離를, 植付姿勢는 地表面과 苗의 기울기를, 直進性은 苗포기를 中心으로 1m의 距離를 設定하여 離脫된 距離로 表示하였다. 湛水深은 地表面으로 부터의 水深을, 植付深은 苗뿌리로 부터 地表面까지의 깊이를 測定하여 이를 車輪沈下와 比較分析하였다.

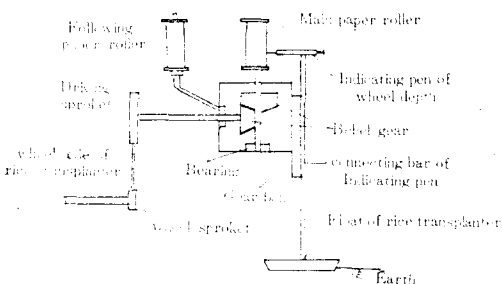


Fig. 2. Measuring gauge system of wheel depth.

한편, 水稻移秧機 4條中 中央 2條는 外測條의 移秧狀態를 보아 分析이 可能하기 때문에 本 試驗에

서의 調査苗는 兩外測 2條만을 調査하였다.

5. 試驗結果및 考察

가. 車輪沈下와 株間間隔

車輪의 沈下量 差異와 株間間隔의 關係는 Fig. 3, 4에서 보는 바와 같이 沈下의 差異가 클수록 株間間隔은 줄어들었다. 特히 이러한 樣相은 車輪沈下が 깊은쪽보다 낮은쪽에서 더욱 甚하게 나타나서 沈下差 0.2cm에서의 株間間隔은 12.2cm 程度였으나 沈下差 5cm에서는 10.3cm로 나타나 株間間隔이 훨씬 좁아지는 樣相을 보여 移秧苗가 密植됨을 보여 주었다.

한편 Fig. 5에서 보는 바와 같이 沈下が 높은쪽과 낮은쪽의 株間間隔을 平均한 株間間隔도 Fig. 3, 4와 비슷한 樣相으로 나타나 車輪의 沈下差(x)에 對한 株間間隔(y)의 關係는  $y=ax+b$ 와 같은 1次函數式으

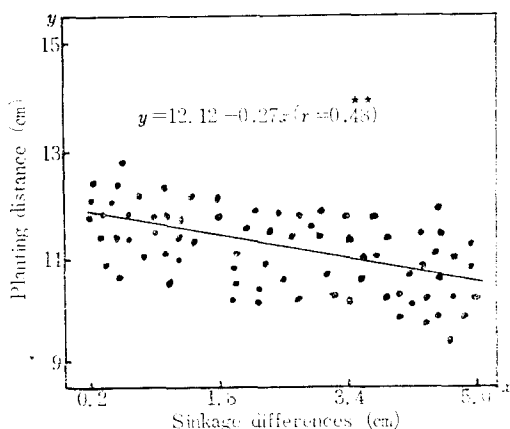


Fig. 3. Relationships between sinkage differences of the wheels of a rice transplanter and transplanting distance on the side of the transplanter with the deeper sinkage

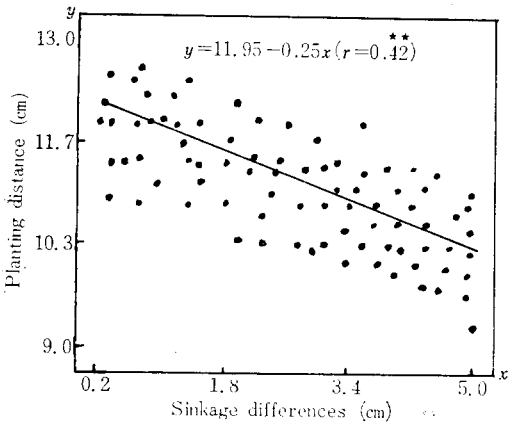


Fig. 4. Relationships between sinkage differences of the wheels of a rice transplanter and transplanting distance on the side of the transplanter with the shallower sinkage

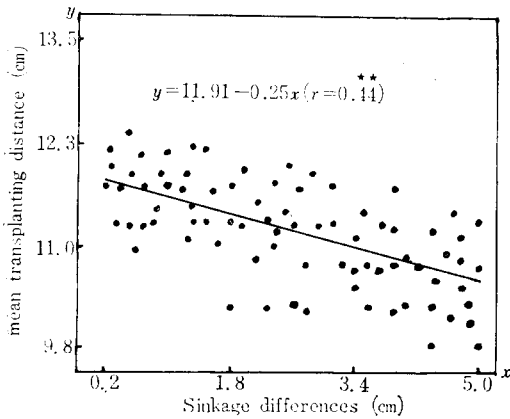


Fig. 5. Relationships between sinkage differences of the wheels of a rice transplanter and mean transplanting distance

로 나타낼 수 있었다.

따라서 株間間隔 1cm差 以內로 移秧하고자 할 때는 耕深差異를 3cm以內로 하여야 할 것이며 株間間隔 1.5cm 差 以內가 되도록 移秧하고자 할 때는 耕深 差異가 4cm 以內로 되도록 耕耘, 整地, 均平作業 등을 細密히 하여야 할 것으로 思料되었다.

#### 나. 車輪沈下와 植付深

車輪의 沈下量 差異와 植付深의 關係는 Fig. 6, 7

에서 보는 바와 같이 車輪의 沈下가 깊은쪽에서는 沈下 差異가 클수록 植付深도, 淺아지는 傾向이었지만 그 變化幅은 아주 작았고 車輪의 沈下가 淺은 쪽에서는 이와 反對 傾向으로 나타나 例外的이었으며 沈下差에 對한 植付深의 變化幅도 더욱 甚하게 나타났다. 따라서 車輪沈下가 깊은쪽과 淺은쪽의 差異가 甚해 질수록 植付深의 差異는 더욱 크게 나타나게 되므로 凹凸이 심秧 移秧畚이 되지 않도록 本畚準備 作業에 細心한 注意가 要求되었다.

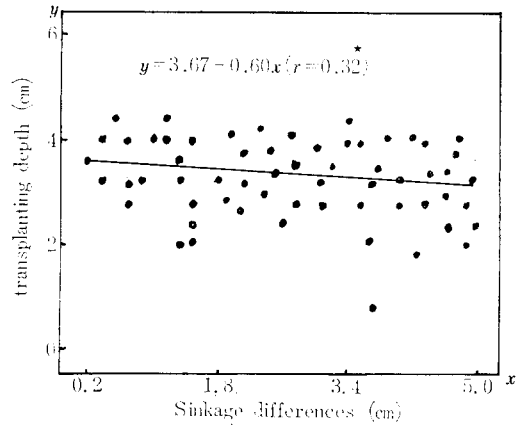


Fig. 6. Relationships between sinkage differences of the wheels of a rice transplanter and transplanting depth on the side of the transplanter with the deeper sinkage

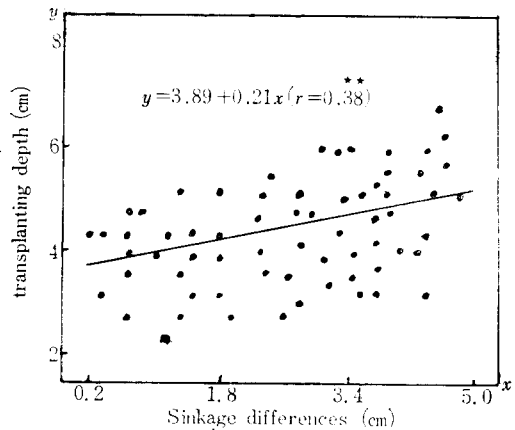


Fig. 7. Relationships between sinkage differences of the wheels of a rice transplanter and transplanting depth on the side of the transplanter with the shallower sinkage

다. 車輪沈下와 植付姿勢

車輪의 沈下量 差異와 植付姿勢와의 關係는 Fig. 8, 9에서 보는 바와 같이 沈下 差異가 클수록 植付姿勢는 나뉘며 또한 車輪沈下가 깊은 쪽이 낮은 쪽보다 더욱 나뉘는데 이는 float에 依해서 밀리는 힘이 沈下가 낮은 쪽에서 보다 더욱 많았던 것에 起因된 것으로 判斷되었다.

그러나 全體의 車輪 植付姿勢는 70° 以上 바르게

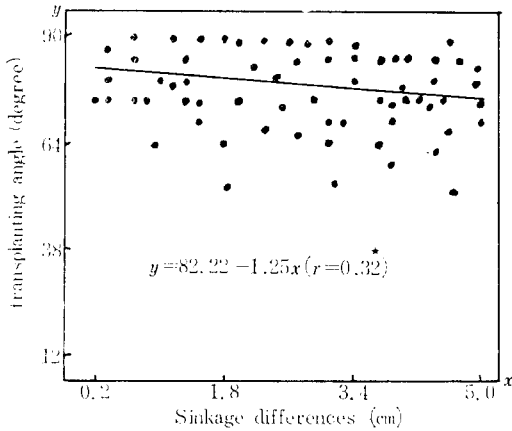


Fig. 8. Relationships between sinkage differences of the wheels of a rice transplanter, and transplanting angle on the side of the transplanter with the deeper sinkage

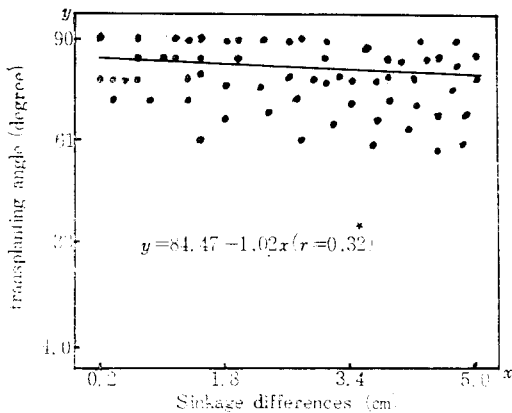


Fig. 9. Relationships between sinkage differences of the wheels of a rice transplanter and transplanting angle on the side of the transplanter with the shallower sinkage

심어진 狀態이므로 遠藤(6) 등의 結果로 미루어 보아 生育에는 크게 支障이 없을 것으로 思料된다.

라. 車輪의 沈下와 直進性

車輪의 沈下量 差異와 直進性과의 關係는 Fig. 10에서 보는 바와 같이 沈下 差異가 클수록 離脫 距離가 길어져 直進性은 나빠졌다.

그러나 沈下差 5cm程度에서도 95% 以上으로 높게 나타나 移秧機의 直進性은 크게 問題되지 않을 것으로 判斷되지만 可能的 沈下差異를 적게하여 運轉者가 移秧苗줄을 맞추는데 힘이 적게 들도록 해야 될 것으로 思料되었다.

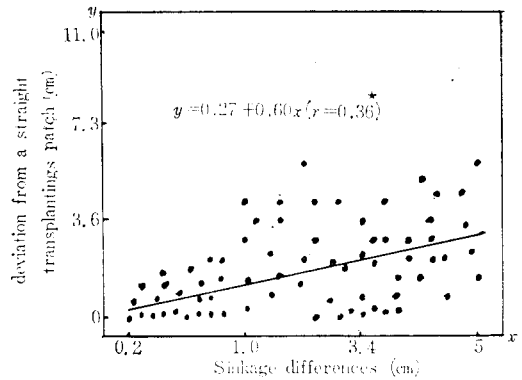


Fig. 10 Relationships between sinkage differences of the wheels of a transplanter and deviation from a straight transplanting path

마. 灌水深과 植付姿勢

移秧時의 灌水深과 植付姿勢와의 關係는 Fig. 11, 12에서 보는 바와 같이 車輪의 沈下가 깊은 쪽에서는 水深이 얇을 때에 植付姿勢가 나뉘다가 漸次 좋아져 水深 3cm 程度에서 가장 좋았고 그後 水深이 깊어질수록 다시 나뉘어져 水深 5cm以上으로 깊어지면 水深이 얇은 때에서 보다 오히려 나뉘는 傾向을 보였다.

이는 水深이 너무 깊으면 移秧機가 前進할때 float가 물결을 밀어부쳐 移秧된 苗가 흔들리게 되어서 나타나는 現狀으로 判斷되었다.

또한 車輪沈下가 낮은 쪽에서도 깊은 쪽에서와 같이 비슷한 結果로 나타났지만 水深이 깊을때가 얇을때 보다는 植付姿勢가 좋은 것으로 나타났는데

이는 Fig. 6,7에서 나타난 바와 같이 沈下가 낮은 쪽의 植付深이 沈下가 깊은 쪽보다 植付深이 더 깊었던 것에 가장 큰 原因이 있었던 것으로 分析되었다.

한편, 車輪沈下가 깊은 쪽과 낮은 쪽 共히 植付姿勢(y)와 湛水深(x)의 關係는  $y=ax^2+bx+c$ 와 같은 2次函數關係로 나타나 高度의 有意性이 있는 것으로 나타났다.

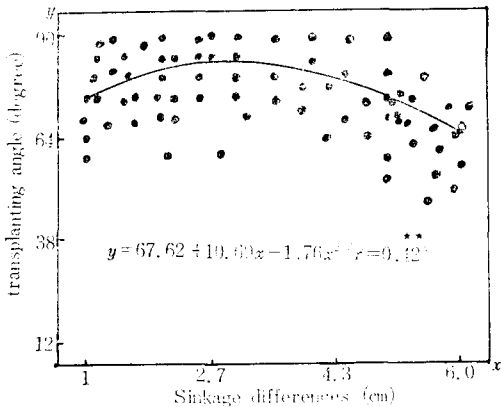


Fig. 11. Relationships between water depth and transplanting angle on the side of transplanter with the deeper sinkage

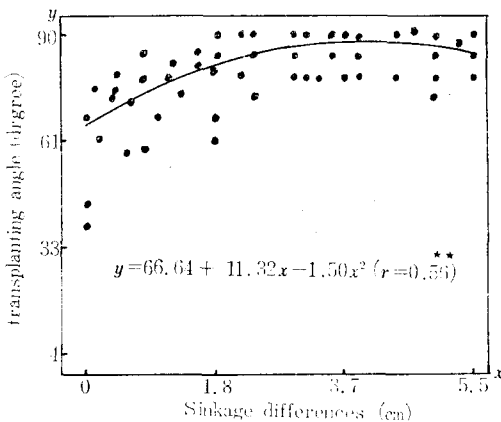


Fig. 12. Relationships between water depth and transplanting angle on the side of transplanter with the shallower sinkage

## 6. 結 論

本 研究는 移秧畝의 耕深 差異와 畝間作業의 不

均一로 생기기 되는 兩測車輪의 沈下量 差異에 따른 水稻移秧機의 作業精度를 比較分析하여 適正移秧을 爲한 圃場條件을 究明함으로써 水稻移秧機의 效率인 利用을 爲한 基礎資料를 얻고자 實施하였 으며 그 結果는 다음과 같다.

가. 株間間隔은 車輪의 沈下量 差異가 클수록 알아지는 傾向이었으나 沈下가 얇은 쪽에서는 이와 反對 傾向으로 나타나 沈下 差異가 클수록 植付深의 變化幅도 더욱 커지는 것으로 나타났다.

나. 植付姿勢는 車輪의 沈下量 差異가 클수록 나쁜 것으로 나타났으며 또한 車輪沈下가 깊은 쪽이 얇은 쪽보다 더욱 나쁘게 나타났다.

다. 直進性은 車輪의 沈下量 差異가 클수록 離脫距離가 길어져 더욱 나빠졌다.

라. 車輪沈下가 깊은 쪽에서는 水深 3cm 程度에서 植付姿勢가 가장 좋았고 車輪沈下가 얇은 쪽에서는 水深 4cm 程度에서 植付姿勢가 가장 좋았다. 또한, 植付姿勢(y)와 湛水深(x)의 關係는  $y=ax^2+bx+c$ 와 같은 2次 函數關係를 나타냈다.

## 參 考 文 獻

1. 洪鍾浩, 1980. 水稻移秧機의 適正作業을 爲한 圃場條件에 관한 研究, 忠北大學校 大學院 論文集, Vol. 6, pp. 257~265
2. 三浦保, 1978. 熱帶地區의 水稻作機械化에 關する 研究, 農業機械化研究所, 試驗研究報告, pp. 1~64
3. 李英烈, 1978. 水稻移秧機製作試驗, 農工利用研究所, 試驗研究報告, pp. 288~296.
4. 矢田貞美, 1974. 水稻稚苗의 機械移植精度에 關する 研究, 廣島縣立農業試驗場, 試驗研究報告, Vol. 35, pp. 11~20
5. 小野光幸, 1973. 水稻의 不耕起作溝機械移植作業法에 關する 研究, 農林省 中國農業試驗場, 試驗研究報告, Vol. 35, pp. 11~20.
6. 遠藤俊三, 1972. 根洗い苗田植の 利用에 關する 研究, 農事試驗場 試驗研究報告, Vol. 16, pp.89~129
7. 市川英祐, 1972. 田植機의 走行性에 關하여 (第一報), 農業機械學會誌, Vol. 34, No. 3, pp. 220~227
8. 岡部正昭, 1972. 田植의 ラグ幅と 走行性能에 關하여, 福岡縣立農業試驗場, 試驗研究報告, Vol. 10, pp. 73~78.
9. 藤木博, 1970. 田植機利用에 合한 耕うん代か

水稻移秧機の 適正作業을 爲한 圃場條件에 關한 研究(Ⅱ)

き, 機械化農業, Vol. 2, pp. 37~41.

10. 藤井秀明, 1970, 田植機に作業性能に關する研究, 福岡縣立農業試試場, 試試研究報告, Vol. 8, pp. 43~48.

11. 井上俊作, 1970. 田植機利用に合う耕たん代かき, 機械化農業, Vol. 2, pp. 27~31.

12. 井上俊一, 1970. 田植機利用に合った耕うん代かき, 機械化農業, Vol. 2, pp. 33~37.

13. 岡村俊良, 1970. 田植機の直進精度の判定について, 農業機械學會誌, Vol. 32, No. 1, pp. 266~270.