

步行 移秧機를 爲한 無線自動制御 시스템의 開發(II)

— 供試機의 圃場實驗 —

Development of a Wireless Control System for Rice Transplanter of Walking Type(II) — Field Test of the Experimental Machine —

金昌洙* 崔圭洪** 閔泳鳳*** 金成泰***

C. S. Kim K. H. Choi Y. B. Min S. T. Kim

Summary

To develop the wireless remote operating system of walking rice transplanter, this study was carried out for manufacturing the wireless remote control system acting upon the transplanter. The first report of this study contained about the construction and operating method of a developed remote control system for 2-row walking type transplanter.

It is the second report about the field test for an experimental transplanter being attached a wireless control system and for a conventional transplanter. The test was executed to investigate the characteristics of velocity, rectilinearity, turning time, interval of roots and of rows, and field capacity in accordance with various engine speeds for an experimental transplanter. The measurements of this test were compared with those of the conventional transplanter.

The obtained results were as follows :

1. The operating velocity of the experimental transplanter was faster than the conventional one when the high speed range of the engine but the variances were very large.
2. The rectilinearity, interval of rows and of roots, and the turning time of the experimental transplanter was inferior to the conventional one at some speed ranges of the engine.
3. Field capacity of the experimental transplanter was superior to the conventional one at high speed of the engine.
4. There were some disadvantages for the experimental transplanter to operate, because it was constructed without any aid devices, such as float and hydraulic system for instance. But if the remote control system of this study equip at the modern walking transplanter, it will be improved and utilized without defects which was revealed from this test.

* 尚州産業大學 産業機械工學科

** 建國大學校 農工學科

*** 慶尙大學校 農業機械工學科

1. 緒 論

農作業機械의 自動化는 作業能率 및 作業精度의 向上과 農業勞動의 質의인 變換에 極히 必要한 것이다. 特히 벼 移秧作業과 같이 適期性을 要求하면서 重勞動인 農作業의 境遇, 거기에 使用될 수 있는 機械의 自動化는 작은 部分이라도 매우 重要하다.

本 研究의 第1報에서는 慣行의 步行用 移秧機의 操向, 植付, 操速 等の 諸 操作이 無線 遠隔調節될 수 있는 電波送受信裝置를 開發하고 裝置에 대한 特性을 究明하였으며, 또 이 裝置를 裝着한 供試 移秧機를 製作, 基礎的 圃場實驗을 遂行하여 供試機의 使用 可能性을 檢證하였다.

本報에서는 第1報에서 確認된 供試機의 潛在力을 確認하고 使用上의 問題點을 究明하기 위하여 圃場에서 移秧實驗을 實施하였는 바, 엔진 回轉數에 따른 供試機의 速度, 直進性, 旋回, 條間 調節性 및 移秧作業의 精度 等 諸 特性을 慣行 移秧機와 比較 分析하므로써 無線 遠隔制御式 移秧機의 開發에 基礎資料로 活用코자 하였다.

2. 實驗方法

本 研究에서는 圃場에서의 機械의 特性을 究

明하기 위하여 供試機와 對比機械로 慣行 移秧機를 使用하였는데 이들의 仕樣은 표 1과 같다.

供試機의 特性을 比較, 檢討하기 위하여 圃場에서 實施한 圃場作業에는 2臺의 2條式 移秧機를 使用하였는데, 移秧機 위에 無線 制御시스템을 裝置한 供試 移秧機는 MARUMASU社 製品이었고 無線 制御시스템을 裝着하지 않은 것으로 對比 이앙기로 使用한 것은 Iseki社 製品이었다. 그림 1은 圃場實驗 中에 있는 供試機 即, 無線制御式 移秧機(A)와 對比機 即, 慣行 移秧機(B)를 撮影한 것이다. 또 그림 2는 供試機인 無線制御式 移秧機에 裝置한 受信裝置와, 이 信號에 依해 에어실린더를 通過한 壓縮空氣가 作動시키는 레버들의 位置 等を 나타낸 것으로 이들의 詳細한 構造와 機能은 第1報에서 밝힌 바와 같다.

圃場實驗은 1992年 5月 15日부터 5月 16日 까지 2日間 慶北 金泉市 白玉洞에서 있는 圃場에서 實驗하였으며, 實驗에 使用된 圃場은 이미 耕耘作業이 되어 있던 논에 實驗 5日前인 5月 10日 물을 대고 實驗圃場이 充分히 젖은 것을 確認하고 5月 13日 물이 담긴 狀態에서 트랙터를 利用하여 로터리作業 및 碎土, 均平作業을 實施하였다. 實驗圃場은 耕地整理가 된 곳으로 그 크기는 33m×26.6m이었으며, 實驗期間中 圃場의 平均 土 깊이는 2 cm로 維持시켰다. 實驗圃場의 土壤

Table 1. Specifications of the tested transplanters.

Items	Specifications	
	Experimental transplanter	Conventional transplanter
Type	Air cooling, 4 cycle, Single cylinder, gasoline engine	
Output(ps/RPM)	MARMASU(MSP-2A)	ISEKI(PF-2A)
	2.5/3600(MAX 3.0/4000)	2.4/3600(MAX 3.2/4200)
Starting method	Recoil starter	
Number of rows(row)	2	
Interval of rows(cm)	30	
Interval of roots(cm)	12.5	
Depth of roots(cm)	1.0-3.5	
Planting velocity(m/s)	0.33-0.74	
Velocity on road(m/s)	1.03	
Wheel diameter(mm)	Steel/600	

의 物性은 試料를 採取하여 분석하였는데 土壤의 比重은 2.60이었고 立度分析은 表 2와 같았으며 美 農務省 土壤分析法에 의하면 土質은 微量 자갈 포함 사질논(Slightly gravelly sandy loam)으로 나타났다. 또 ASAE S313.1에 의거하여 圓錐角 30°, 表面積 6.4cm²의 土壤 콘페노트로부터

(Soil cone penetrometer)를 利用하여 地表로부터 35cm 깊이까지 5cm 間隔으로 實驗圃場의 콘지수(cone index)를 測定한 結果는 表3과 같았다. 표토로부터 약 15cm에서는 1.27kg/cm² 以上으로 移秧作業에는 지장이 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Grain size of tested soil.

Sort	Graval	Sand	Silt	Clay	Classification
Content(%)	7.5	50.0	35.5	7.0	S.G.Sandy loam

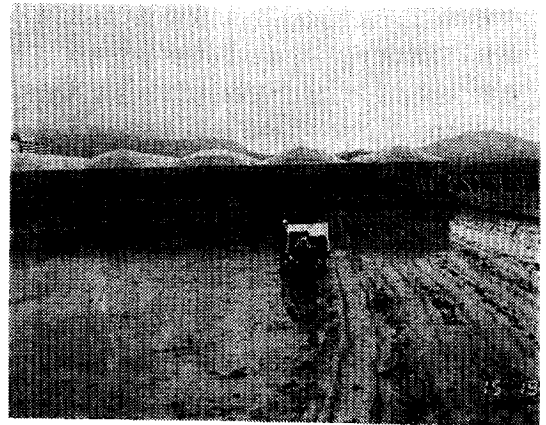
Table 3. cone indexes under different depth of the tested soil.

Depth	5	10	15	20	25	30	35
Cone index(kg/cm ²)	0.26	0.27	1.27	4.56	6.76	8.17	5.12

實驗에 利用된 苗는 범씨를 뿌린 後 25日이 經過된 것으로 平均 길이가 13.5cm의 生育狀態가 良好한 것이었다.



(A)



(B)

Fig. 1. Views of field test used in (A) experimental and (B) conventional transplanter.

1. Throttle controller
2. Plant clutch signal light
3. Air compressor
4. Air tank
5. Receiver device
6. Motor

- 7.8. Side clutch signal light
- 9. Transmitter device
- 10. Rod antenna
- 11. Main clutch lever
- 12. Left clutch lever
- 13. Right clutch lever
- 14. Plant clutch lever
- 15. Throttle lever
- 16. Supporting axis
- C1 - C4. Air Cylinder
- V1 - V6. Solenoid valve

Fig. 2. Schematics of the experimental rice transplanter at (A) front view and (B) rear view.

實驗에 사용한 두 移秧機에 對한 作業速度, 直進性, 旋回時間, 條間調節性, 作業能率을 分析하고자 速度의 變化에 따른 實驗을 遂行하였다. 速度의 變化는 無負荷 停止狀態에서 移秧機의 調速레버를 調整하면서 回轉數로 必要한 引擎 回轉數로 固定한 後 機械를 稼動시키므로써 調節하였다. 供試 移秧機의 境遇, 引擎 回轉速度가 各各 1900rpm, 2100rpm 인 狀態일 때 27m의 距離를 通過하는데 所要되는 時間을 測定하여 速度를 求하였으며, 引擎 回轉速度가 各各 1650rpm, 1900rpm, 2100rpm 일 때의 走行速度를 各各 低速, 中速, 高速으로 하였으며, 中速에서는 3 反復, 高速에서는 5反復 實驗하였다. 또 慣行 移秧機의 境遇, 引擎 回轉速度가 各各 1650rpm, 2000rpm, 2500rpm 으로 일정距離를 進行하는데 所要되는 時間을 測定하여 速度를 求하고 그때의 走行速度를 各各 低速, 中速, 高速으로 하였으며 各各에 對하여 2 反復 實驗하였다. 그런데 供試 移秧機가 引擎 回轉數 1650rpm인 狀態 即, 低速狀態에서는 引擎의 過負荷로 因하여 移秧作業을 할 수 없었다. 따라서 이 區間에서는 走行速度만 求하고 移秧作業은 實施하지 않았다. 표 4는 實驗에 使用된 移秧機의 引擎 回轉數別 進行速度를 나타낸 것이다.

移秧作業의 直進性을 測定하기 위하여 물논에서 移秧作業을 한 後 10m의 區間을 設定한 後 이

區間 속에 있는 移秧된 苗數를 세었다. 이때 두 移秧機의 株間距離는 12.5cm이었고 移秧 途中 缺損된 苗種은 따로 세어 移秧苗數에 包含시켰다. 供試 移秧機의 境遇 引擎 回轉速度가 1900rpm 일 때 10m 内の 苗數의 測定은 3 反復하였고, 引擎 回轉速度가 2100rpm 일 때 10m 內에 苗數의 測定은 5 反復하였다. 慣行 移秧機의 境遇에는 引擎 回轉速度가 1650rpm, 2000rpm, 2500rpm 일 때 10m 內에 苗數의 測定을 各各 4 反復 實施하였다.

移秧機의 旋回時間을 調査하기 위하여 물논에서 直線으로 移秧作業을 한 後 作業을 中斷하고 進行方向을 180° 回轉하여 다시 移秧作業이 始作될 때까지 所要되는 時間을 測定하였다. 移秧機를 180° 旋回시키기 위해서 그림 2의 送信機의 操向클러치 채널 6을 使用하여 調整하였다. 供試 移秧機의 境遇 中速과 高速에서, 또 慣行 移秧機의 境遇 低速, 中速 및 高速時의 旋回에 所要되는 時間을 測定하였고 供試 移秧機는 中速 3反復, 高速時 5反復 實驗을 하였으며 慣行 移秧機는 各 速度에서 2 反復 實驗하였다.

移秧作業의 條間調節性을 調査하기 위하여 移秧作業을 먼저 移秧한 苗 줄과 나중에 移秧한 苗 줄 사이의 條間 間隔을 測定하였다. 供試 移秧機의 境遇 中速과 高速에서, 또 慣行 移秧機의 境遇 低速, 中速 및 高速의 狀態에서 한줄씩 移秧하면서 條間間隔을 測定하였다. 두 移秧機가 移秧作業을 마치고 다시 移秧作業을 繼續할 때 條間間隔을 30cm로 一定하게 만들 수는 없으며, 移秧作業時 條間調節能率은 移秧作業의 運轉者에 따라 많이 달라질 수도 있으므로 實驗에서는 充分히 訓練된 技能人으로 하여금 機械를 操作하게 하였다.

3. 結果 및 考察

供試 移秧機의 作業 前進速度, 直進性, 旋回時間, 條間調節성과 移秧作業能率을 評價하기 위한 圃場實驗을 하였으며, 實驗圃場의 土壤特性을 分析하였다. 圃場實驗 分析에는 有效誤차를

使用하였으며 다음 式으로 求하였다.

$$D = \sum d^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma = (D/N)^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

여기서

σ : 有效誤差

d : 實測値와 平均値 와의 差異

N : 實驗 資料의 數

式(1)과 式(2)에서 移秧作業時 速度는 前進 速度를, 直進性은 基準線으로부터의 離脫距離로, 旋回時間은 所要時間으로, 또 條間調節性은 條間間隔을 測定하여 d 값으로하였는데 有效誤差는 標準偏差(Standard Deviation)와 같다.

가. 移秧機의 作業速度

農作業機의 作業速度는 機械의 圃場能率 判定에 重要な 要素이다. 따라서 本 研究에서는 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 所定 作業速度의 變化에 따른 移秧作業時 機械의 前進速度에 關하여 分析하였다. 供試 移秧機의 境遇 中速, 高速의 2 段階로, 또 慣行 移秧機의 境遇 低速, 中速 및 高速 等 3段階의 走行速度에서 移秧作業時의 前進 速度를 比較評價하였다. 供試 移秧機의 境遇 低速狀態에서는 過負荷로 因하여 移秧作業을 할 수 없었기 때문에 實驗을 實施하지 않았다. 供試

移秧機의 境遇 作業距離 27.0m, 慣行 移秧機의 境遇 作業距離 29.8m를 移秧하는데 걸리는 平均 所要時間과 作業時 平均 前進速度를 測定하였던 바, 그 結果는 표 4 와 같다. 두 기계의 測定區間이 달랐던 것은 圃場의 狀態가 다소 불균일한 곳은 피하고 精確한 測定이 가능한 區間만으로 限定시켰기 때문이다.

供試 移秧機에서는 中速과 高速의 移秧前進 速度 有效誤差, 即 표준편차(σ)가 各各 11.59, 39.58cm/sec 이었고 慣行 移秧機의 境遇 移秧前進 速度의 有效誤差는 거의 영 이었다. 이렇게 큰 誤差가 나는 이유는 트랙타로 耕耘整地 작업한 것으로 평편하지 않는 곳에서 無線制御用 移秧機를 進진하는데 어려움이 있었고 直進으로 進行하는데 어려움이 있었으며 또한 直進으로 進行하기 위하여 리모콘으로 조향클러치를 調節하였을때 너무 進行속도가 빨라 制御하기가 힘들었다. 또 이 값을 計算하기위해 測定한 所要時間의 標準偏差는 各各 16.22, 12.16sec 이었다. 供試 移秧機의 進行速度가 慣行 移秧機에 비해 中速時에는 多少 적게, 또 高速狀態에서는 多少 많게 나타났는데 이는 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 種類 및 特性이 다른 點을 勘案하면 平均 移秧 作業 前進速度는 差異가 없는 것으로 보여진다.

Table 4. Travelling characteristics of the tested rice transplanters.

Items		Values					
Variety		Experimental planter			Conventional planter		
Engine speed (RPM)		low	medium	high	low	medium	high
		1650	1900	2100	1650	2000	2500
Travel time (sec)	μ	—	55.33	39.20	109.00	60.50	44.00
	σ	—	16.22	12.16	—	—	—
Travel speed (cm/sec)	μ	—	48.80	69.93	27.30	49.30	67.70
	σ	—	11.59	39.28	—	—	—

나. 移秧機의 直進性

移秧機의 境遇 機械의 直進性은 作物의 條間調節과 生育에 많은 影響을 준다. 따라서 本 研究에서는 供試機의 直進性 與否를 調査하였는데, 走行이 完全히 直進한 境遇를 基準으로 하였

本 研究에 使用한 移秧機의 仕様으로 부터 株間距離가 12.5cm이므로 缺株가 없고 完全히 直線으로 移秧되었을 境遇 10m 길이 內에 80個의 苗數가 나타나야 할 것이다. 實驗時 誤差發生을 補完하기 위하여 移秧途中 缺損된 苗가 없는 것으로 看做하여 移秧苗數에 包含시켜 計算하였

다. 實驗結果 80個 以上の 苗數가 나타난 것은 移秧作業이 完全히 直進으로 遂行되지 않았다는 것을 나타낸다. 移秧作業의 直進性을 分析하기 위하여 移秧作業의 曲線率(直進 超過率)을 다음과 같이 定義하였다.

$$C = \frac{PR - BR}{BR} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

여기서

C : 曲線率(Curve rate, %)

PR: 移秧 苗數(No. of Planted roots)

BR: 基本 苗數(No. of Basic roots)

供試 移秧機와 慣行 移秧機에 對한 中速 및 高速時 移秧作業의 直進性을 分析하기 위하여 作業길이 10m 안에 移秧된 苗數 및 機械의 進行 曲線率을 速度別로 나타낸 것이 표 5와 같으며 實驗結果를 公試 移秧機와 慣行移秧機에 대하여 이 각각의 平均과 有效誤差 및 曲線率을 나타낸 것이다. 曲線率의 算定에는 앞에서 說明한 것과 같이 株間距離 12.5cm로 移秧 길이 10m의 直線

으로 機械가 進行할 때의 基本移秧苗數를 80個로 假定하여 이것을 기준으로 하였다. 實驗結果 供試 移秧機의 境遇 平均 苗數는 各各 87.25個, 이 때의 有效誤差는 4.19~5.69 이었으며, 慣行 移秧機의 境遇 平均 苗數는 81.25~81.75個, 有效誤差는 0.69~4.19로 나타났다. 또 式(3)에서의 曲線率은 供試機의 境遇 4.69~9.06% 이었던 것에 비해 慣行 移秧機의 境遇 1.56~2.19로 작게 나타나 慣行 移秧機의 移秧作業 直進性이 供試 移秧機의 境遇보다 좋은 것으로 나타났다. 이와 같은 現象은 뒤에 分析할 그림 3, 그림 4 잘 나타나 있다. 이는 두 機種이 稼動된 圃場의 土壤 狀態의 차이와 供試機의 境遇 機械의 進行狀態를 感知한후 無線장치를 操作하여 기계가 수정의 방향을 잡게 할때까지의 소요시간 및 기계에 搭載한 無線 發信裝置와 空氣 펌프의 荷重과 運動에서 起因한 것으로 보여지므로 裝置의 裝着 位置 選定에 關한 研究를 必要로 하는 것으로 判斷된다.

Table 5. Number of roots in 10m/row and curve rate.

Items		Experimental planter		Conventional planter	
Engine speed (RPM)		medium	high	medium	high
		1900	2100	2000	2500
No. of rice roots	μ	87.75	87.25	81.75	81.25
	σ	5.69	4.19	4.19	0.69
Curve rate (%)		4.69	9.06	2.19	1.56

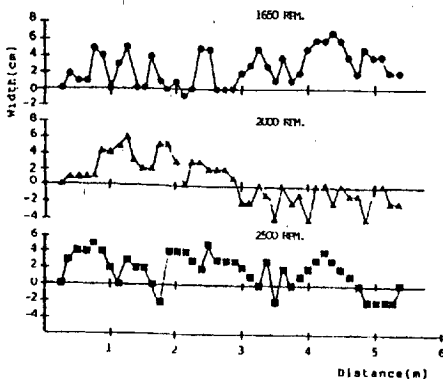


Fig. 3. The working traces of the experimental rice transplanter.

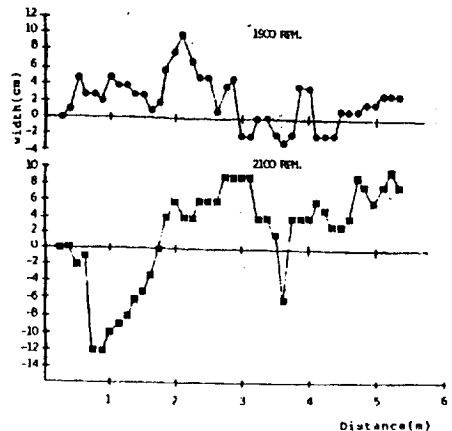


Fig. 4. The working traces of the conventional rice transplanter.

다. 移秧機의 旋回時間

圃場 作業機의 旋回에 所要되는 時間은 總 作業時間中 相當 部分을 차지하며 機械의 圃場效率에도 많은 影響을 주는 것으로 作業機의 旋回時間의 分析은 매우 重要하다. 本 研究에서는 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 作業 速度의 變化에 따른 移秧作業時의 旋回時間에 關하여 分析하였다. 供試 移秧機의 境遇에는 中速과 高速 走行狀態에서, 또 慣行 移秧機의 境遇에는 低速, 中速 및 高速 走行狀態에서 移秧機의 旋回特性을 調査하였다. 實驗은 機械가 한줄의 作業을 마치고 끝 部分에 到着하였을 때, 供試機의 境遇에는 操作者가 送信裝置를 調整하여, 또 對比機의 境遇에는 運轉者가 機械를 人力으로 旋回시켜 移秧機가 다시 作業을 始作할 때까지 所要된 時間을 測定하여 旋回性能을 比較하였다. 그 結果는 表 6과 같다. 供試 移秧機의 境遇 엔진의 回轉速度 1600rpm인 低速狀態에서는 過負荷에 依하여 移秧作業을 할 수 없었음은 앞에서 밝힌 바와 같다. 따라서 中速과 高速에서만 測定을 하였는데, 移秧作業時 旋回에 所要된 時間은 中速時에 4.83 sec, 高速時에 6.60sec 이었으며 이들의 有效誤차는 各各 0.055sec, 0.158sec 이었다. 또 慣行 移秧

機의 境遇 低速時와 中速時에 3.00sec, 高速時에 7.00sec 가 所要되었으며 이들의 有效誤차는 거의 영이었는데, 이것은 反復回數가 2회이었기 때문에 이 값의 意味는 없다. 그런데 4회 反復 실험을 하여도 測定值 間의 差異가 거의 없거나 같았기 때문이었다.

供試 移秧機의 境遇 中速時에는 旋回時間이 慣行 移秧機보다 길었으나 高速時에는 거의 같은 時間이 所要되었다. 慣行 移秧機의 境遇 高速時에 多少 많은 時間이 所要된 까닭은 高速移秧後 旋回하는 동안에 操作者나 機械의 安全을 위해 低速으로 變速 旋回하여야 했기 때문이다. 이유는 플라우 耕法에서 건너뛰기 耕法을 이용하여 解消시켰다. 高速 作業時 供試 移秧機의 旋回 所要時間의 分散量이 크게 나타난 것으로 보아 旋回調節에 所要되는 時間의 差異가 컸음을 나타낸다. 이와 같은 現象은 圃場實驗時에 잘 나타났던 것으로 圃場狀態의 差異와 無線送信機의 調整未熟에서 起因한 것으로 생각된다. 그러나 旋回 所要時間의 機種間의 差異는 2sec 内外이며, 이 差異도 圃場狀態의 調節과 操作者의 訓練으로 줄일 수 있을 것으로 믿어지므로 旋回時間에 따른 供試 移秧機의 活用上 問題는 없을 것으로 判斷된다.

Table 4. The turning time under different travel speeds.

Items		Experimental planter		Conventional planter		
Engine speed (RPM)		medium 1900	high 2100	low 1650	medium 2000	high 2500
Turning time (sec)	μ	4.83	6.60	3.00	3.00	7.00
	σ	0.055	15.84	—	—	—

라. 移秧機의 條間調節性

移秧作業時 條間距離의 調節은 株間距離의 調節과 함께 作物의 管理 및 生産量에 直接的인 影響을 주는 것이므로 그 研究는 매우 重要하다. 本 研究에서는 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 移秧作業時 速度의 變化에 따른 條間距離를 測定하여 機種別 條間 調節性에 關하여 分析하였다. 分析은 供試 移秧機의 境遇 中速, 高速의 狀態에

서, 또 慣行 移秧機는 低速, 中速 및 高速인 狀態에서 移秧作業時의 條間調節性 評價하기 위하여 各各 20회 以上 反復 遂行한 實驗結果에서 얻은 값을 利用하였다.

그림 3 과 그림 4 는 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 移秧作業時 機械의 直進性과 條間調節性を 나타낸 것이며, 表 7 은 機械가 基準 直線을 따라 進行할 때 機械가 基準線 左右로 離脫한 最大距離의 合을 平均하여 나타낸 것이다. 中心線을 基

準으로 機械의 最大 離脫距離를 그림 3과 그림 4를 比較하여 보면, 供試機의 境遇 中速時에 約 18cm, 高速時에 約 20cm 이었으며, 慣行 移秧機의 境遇 低速時에 約 5cm, 高速時에 約 8cm로서 供試 移秧機 境遇가 直進성과 條間調節性에서 상당히 떨어지는 것으로 나타났으며 그 偏差量도 매우 컸다. 이것은 供試 移秧機의 境遇 送信機 操作者가 機械의 偏向을 感知하고부터 遠隔調節, 機械의 應答, 機械의 反轉 等に 所要되는 時

間이 길었기 때문이었던 것으로 思料된다. 특히 移秧作業時 操向클러치를 遠隔調節하기에 어려움이 많았는데 이는 諸 操作 레버를 움직이는 動力源이 空氣壓으로 그 힘이 다소 모자랐던 것으로 보여지므로 油壓으로 制御할 수 있는 操向裝置를 利用한다면 供試 移秧機의 條間調節性이 改善될 것으로 믿어진다. 그러나 移秧作業의 直進性 維持는 매우 重要하므로 보다 깊은 研究를 遂行할 必要가 있다.

Table 7. The interrow spaces under different travel speeds.

Items		Experimental transplanter		Conventional transplanter		
Engine speed (RPM)		medium	high	low	medium	high
		1900	2100	1650	2000	2500
Interrow space (¼cm)	μ	44.56	37.85	31.90	36.17	34.64
	σ	10.00	41.44	3.82	4.14	3.05

마. 移秧作業 能率

移秧機의 作業能率は 移秧作業 面積當 所要되는 時間으로 定義한다. 實際의 移秧作業時에는 移秧作業의 準備, 育苗箱子로 부터 苗板 꺼냄, 移秧機에 苗搭載 等の 諸 過程때문에 作業을 中斷하는 境遇가 많다. 그러나 여기서는 直線으로 移秧할 때 所要되는 時間과, 移秧作業은 하지않고 旋回하는데 所要되는 時間만을 利用하여 移秧作業 能률을 計算하였다.

理論 作業能率(C_i)은 移秧作業精度를 低下시키지 않은 限度에서의 最大 作業速度로서 連續的인 直進 移秧作業을 實行한 境遇의 時間當 作業面積이며 다음式으로 表示하였다.

$$C_i = 0.36W_i V_i \dots\dots\dots(4)$$

여기서

- C_i : 理論 作業能率(ha/hr)
- W_i : 理論 作業幅(m)
- V_i : 理論 作業速度(m/sec)

式(4)에서 理論作業能率의 計算에서는 理論 作業幅(W_t)과 理論作業速度(V_t)는 機械의 仕樣에 나타난 것을 利用하였다. 또 實驗에서의 實作業能率(C_p)은 實測된 直進速度와 旋回時間만을 利用하여 分析하였다. 即, 實作業能率は 單位

時間當 作業面積이며 實作業能率과 實作業速度는 各各 다음 式으로 換算하였다.

$$C_p = 0.36W_p V_a \dots\dots\dots(5)$$

$$V_a = \frac{L}{(L/V_p) + P_t} \dots\dots\dots(6)$$

- 여기서 C_p : 實移秧作業 能率 (ha/hr)
- L : 直進移秧作業 거리 (m)
- P_t : 旋回時間 (sec)
- W_p : 實作業幅 (m)
- V_p : 實作業速度 (m/sec)
- V_a : 平均 作業速度 (m/sec)

本 研究에 使用된 2條式 移秧機의 條間 幅은 두 機種 모두 0.3m 이었으므로 實移秧作業幅은 0.6m로 計算하였으며, 直進 移秧作業 距離는 實驗時 各各 27 ~ 30m 이었으나 比較에는 作業距離를 30m를 基準으로 換算하여 使用하였다.

표 8 은 式(4), 式(5) 및 式(6) 을 利用하여 換算한 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 移秧作業 能률을 나타낸 것이다. 여기에서 實作業速度(V_p)의 값이 표 4 의 進行速度의 값과 다른 것은, 表에서의 進行速度는 作業距離를 測定時間으로 나눈 값들의 平均値이며 實作業速度는 每 實驗 區間마다의 速度의 平均値이므로 약간의 差異가

있다.

표 8 에 보는바와 같이 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 實作業能率은 中速과 高速에서 거의 같게 나타났다. 이는 直進速度는 供試機의 理論 移秧作業速度가 빠르게 나타난 反面에 旋回時間이 더 所要되었기 때문에 實移秧作業 能率에는 差異가 없었던 것으로 보여진다. 供試 移秧機의 境遇 實作業能率은 中速 作業時에 0.098ha/hr, 高速 作業時에 0.130ha/hr 이었는데 比해 慣行 移秧機의 境遇는 中速 作業時에 0.010ha/hr, 高速 作業時에 0.127ha/hr 로, 高速 作業時 供試 移秧機의 實作業能率이 약간 높게 나타났다. 이 實驗에서의 速度 以上에서 移秧作業을 遂行할 때 供試 移秧機가 基準線에서 離脫하는 境遇 操向

클러치만으로 方向을 調整하여 機械를 所定の 位置로 誘導하는 데에는 어려움이 많았다. 또 慣行 移秧機도 速度가 너무 빠른 境遇 運轉者가 移秧機를 따라가며 作業하기가 상당히 힘들었다. 그러나 本 實驗에 使用된 供試機는 플로트 등의 補助裝置를 除去하여 機械를 最惡의 狀態로 製作하였기 때문에 앞에서와 같은 難點이 있었던 것으로 믿어지는 바, 現在 生産 普及되고 있는 良質의 步行用 移秧機에 本 實驗에 使用된 制御裝置를 装着했을 境遇에는 以上에서 나타났던 여러가지 問題點들을 大幅 解決할 수 있을 것이므로 供試 移秧機의 活用 可能性은 많은 것으로 判斷된다.

Table 8. Transplanting characteristics under different travel speeds.

Items	Experimental transplanter		Conventional transplanter		
	medium	high	low	medium	high
Engine speed (RPM)	1900	2100	1650	2000	2500
P _i (sec)	4.83	6.60	3.00	3.00	7.00
V _i (m/sec)	0.49	0.69	0.27	0.49	0.68
V _p (m/sec)	0.455	0.602	0.263	0.467	0.587
C _i (ha/hr)	0.106	0.150	0.058	0.106	0.147
C _p (ha/hr)	0.098	0.130	0.057	0.101	0.127

4. 要約 및 結論

移秧機의 自動化를 目的으로 無線 遠隔調節裝置를 開發하고 2條-步行用 移秧機에 装着시킨 供試 移秧機를 製作하여 그 性能을 究明하여 無線 자동 제어 시스템 조질식 步行用 移秧機를 開發하기 위하여 慣行 移秧機를 對比機로 使用하여 圃場實驗을 實施하였다. 實驗은 搭載엔진의 回轉數를 段階別로 調整하여 速度를 制御하면서 移秧作業을 實施하였다. 供試 移秧機의 境遇 中速과 高速의 2段階, 慣行 移秧機의 境遇 低速, 中速 및 高速의 3段階의 速度 變化에 따른 供試 移秧機의 作業速度, 直進性, 旋回時間, 株間調節性, 作業能率 등의 特性을 分析하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 實驗은 慶北 金泉 白玉洞의 논에서 實施하였으며, 土壤의 物性은 比重 2.60, 모래 58%, 실트 37%의 砂質로움이였다.
2. 供試 移秧機의 作業速度가 慣行 移秧機에 比해 中速時에는 多少 적게, 또 高速狀態에서는 多少 많게 나타났다. 供試 移秧機의 境遇 作業速度에 對한 有效誤差는 11.59, 39.58 cm/sec 로 컸으며 慣行 移秧機의 境遇 有效誤差는 거의 영 이였다.
3. 株間距離 12.5cm로 길이 10m의 圃場에 精密 直進移秧時 理論의 基本移秧苗數는 80인데 供試 移秧機 使用時 苗數는 87.25個, 이 때의 有效誤差 4.19~5.69 이었으며, 慣行 移秧機의 境遇 平均 苗數는 81.50個, 有效誤差 0.69~4.19 로, 慣行 移秧機의 移秧作業 直進性이 供試

- 移秧機의 境遇보다 좋은 것으로 나타났다.
4. 旋回에 所要된 時間은 供試 移秧機의 境遇 4.83~6.60sec 이었으며 慣行 移秧機의 境遇 3.00~7.00sec 가 所要되었다. 供試 移秧機의 境遇 中速時에는 旋回時間이 慣行 移秧機보다 길었으나 高速時에는 거의 같은 時間이 所要되었다.
 5. 直進성과 條間 調節性を 究明하기 위하여 機械가 基準線을 따라 進行할 때 機械가 基準線 左右로 離脫한 最大距離를 求해 본 結果 供試 移秧機의 境遇 18cm~20cm이었으며, 慣行 移秧機의 境遇 5~8cm로서 供試 移秧機 境遇가 直進성과 條間調節성이 떨어지는 것으로 나타났다.
 6. 供試 移秧機와 慣行 移秧機의 實作業能率は 各各 0.098~0.130ha/hr, 0.010~0.127ha/hr 로, 高速 作業時에 供試 移秧機의 實作業能률이 약간 높게 나타났다.
 7. 本 實驗에 使用된 供試機는 各種 補助裝置를 除去하여 機械를 最惡의 狀態로 製作하였기 때문에 性能面에서 慣行 移秧機보다 多少 不利하게 나타난 것으로 생각되며, 現在 普及되고 있는 良質의 步行用 移秧機에 本 實驗에 使用된 調整裝置를 装着했을 境遇에는 諸 問題點을 解決할 수 있을 것이므로 供試 移秧機의 活用 可能性이 認定된다.

參 考 文 獻

1. 空氣壓研究會. 1992. 空氣壓回路圖入門. 氣電研究史. 13-31.
2. 金昌洙, 崔圭洪, 金成泰, 閔泳鳳. 1992. 步行 移秧機를 爲한 無線自動 制御 시스템의 開發 (I). 韓農業誌 17(1) : 45-54. .
3. 閔泳鳳. 1987. 마이크로컴퓨터를 利用한 엔진性能試驗 및 制御. 慶北 大學校 博論. 55-94.
4. 李順榮. 1986. 間接法에 의한 基準 모델 適應 制御系의 構成. 慶尙大學校 論文集 25(2) : 115-120.
5. 崔在甲, 金龍雲. 1972. 水稻移秧機 製作과 그 實用化에 關한 研究. 韓國農工學會誌 14(4) : 17-32.
6. 崔昌鉉. 1988. 農業用 車輛의 操向裝置 自動化. 韓農機誌 13(4) : 56-63.
7. 梅田 重夫. 1989. 走行形田植機による植付け 條間の變動について. 日農 機誌 51(5) : 105-109.
8. 三芋善明. 1989. 自動操向トラクタの開發 (第1報). 日農機誌 51(1) : 21-28.
9. 三浦恭志郎, 石用文武, 小林 恭. 1983. トラクタの座席振動の測定と評價 (第2報). 日農機誌 44(4) : 653-660.
10. 韋 學軍, 高井宏宗, 南部 悟. 1980. 低速無人 作業機の自動操向制御に關 する研究(第1報). 日農機誌 52(2) : 19-26.
11. Harries, G. O., Ambler, B. 1981. Automatic ploughing : A tractor guidance system using optoelectronic remote sensing techniques and a microprocessor based controller. JAER 26 : 33-53.
12. Murphy, B. R., Tennes, B. R. 1985. Networked microcomputer for feedback control systems : A case study in automatic steering. ASAE Paper. 84-1079.
13. Schager, R. L., Young, R. E. 1979. An an automatic guidance system for tractor. TASAE 22(1) : 46-49.