

# 벼 收穫機械의 適正所要能力 決定을 爲한 作業可能 日數의 確率分布 分析

## Study on Weather Probability for Optimum Scheduling of Rice Harvesting Mechanization.

李 鍾 瑚\*      鄭 昌 柱\*  
Chong Ho Lee    Chang Joo Chung

### Summary

This paper reports on the analysis of the distributions of probable days being good for mechanical rice harvesting and the method of determining the capacity of rice harvesting machinery for the given harvesting duration. In the analysis of the probability distribution of days being good for rice harvesting, the daily rainfalls above which mechanical field work may be impracticable were specified and their frequency of occurrences was analyzed by using the weather records during past twenty-one years measured at five different locations.

The conclusions being drawn from the analysis are as follows:

1. The distributions of probable workable days in different region and harvesting duration are very distinct and are different to set a uniform trend (refer to Fig. 1-4).
2. The occurrence of probable days being good for mechanical field work under 66% confidence level are quite variable by region and by ten-day period. The analysis indicates that the probable workable days may range from 7.5 to 8.5 days of 10-day span within optimum harvesting duration (refer to Table 1).
3. Based on the probability distributions analyzed, the optimum capacities of harvesting machinery required for different harvesting areas and harvesting start-date were estimated as a function of operating duration (refer to Fig. 5 and Table 2)

### I. 概 說

作物栽培는 栽培地域, 栽培期間의 天候, 栽培品

種에 따라 所謂 作業의 適期가 있어 이 作業適期를 逸失하는 境遇에는 收量의 減少, 品質의 低下等으로 인한 經濟的 損失을 가져올 뿐만 아니라 後作에도 至大한 影響을 미치게 되므로 作業의 適期性은

\*서울大學校 農科大學

經濟的 意味을 갖게 되고<sup>4)</sup> 따라서 作物生産에서 매우 重要的 要因으로 取扱되고 있다. 作業適期가 收量과 品質의 低下에 미치는 影響과 機械選擇의 重要性을 排除한채 作業期間을 無理하게 延長하여 機械의 作業量 即 負擔面積을 策定하였을 경우 計劃上의 機械利用費用은 저렴해 지나 無理한 作業期間의 延長에 따른 適期逸失로 因해 收量과 收入의 減少를 가져오게 된다. 이와같은 경우에 作業適期 逸失로 因하여 생기는 收入上의 缺損은 當該 機械의 利用費用으로 看做되며 適期係數(Timeliness factor)로서 表示하여 機械利用費用算定 또는 適正規模의 機械選擇의 한 要因으로 取扱하기도 한다.<sup>5)</sup>

作業의 適期性的 影響은 作業適期の 幅이 比較的 窄은 播種作業과 收穫作業의 경우에 特別히 顯著한 것으로 알려져 있기 때문에 이들 機械들의 選擇에 있어서는 特別히 慎重을 期해야 할 필요가 있다.<sup>6)</sup>

農業機械利用計劃樹立時 우선적으로 決定되어야 할 事項中의 하나는 投入코자 하는 機械의 適正負擔面積의 推定이다. 適正負擔面積을 算定하는 데는 여러가지 要因들이 關係되기 때문에 適正負擔面積의 算定은 그렇게 간단한 일은 아니나 式(1)과 같은 Donaldson 등<sup>7)</sup>의 model과 式(2)과 같은 李鍾瑚, 鄭昌柱<sup>8)</sup> 등의 model이 주로 利用된다.

$$S_f = \frac{(P-R)C_d}{m} = \frac{(P-R)CKT}{m} = \frac{QCK}{m} \quad (1)$$

- 여기서  $S_f$ : 作業別 負擔面積(ha)  
 $P$ : 適期作業의 幅(days)  
 $R$ : 作業適期內의 作業不可能日數(day)  
 $C_d$ : 1일의 圃場作業量(ha/day)  
 $m$ : 作業回數  
 $C$ : 圃場作業量(ha/hr)  
 $T$ : 1日中 作業可能時間(hr/day)  
 $K$ : 實作業率(%)  
 $b$ : 作業日數(day)  
 $f$ : 作業可能日數率(%)

$$A = \frac{1}{10} e_f e_w e_d SWUD \quad (2)$$

- 여기서  
 $A$ : 年間負擔面積(ha)  
 $e_f$ : 圃場作業效率(decimal)  
 $e_w$ : 實作業率(decimal)  
 $e_d$ : 作業可能日數率(decimal)  
 $S$ : 作業速度(km/hr)  
 $W$ : 作業機의 有効作業幅(m)

$U$ : 1日中 作業可能時間(hrs/day)

$D$ : 作業期間中 作業可能日數(days)

위 두식에서 다른 要因들은 實測에 의해서, 또는 理論的으로 어느 程度 正確하게 算定할 수가 있으나  $R, f$  또는  $e_d$  등의 값은 재배지역 또는 재배기간 중의 天候 및 여러가지 要因의 影響으로 크게 달라지며 해(年)에 따라서도 크게 變化하기 때문에 이들을 比較的 正確하게 推立하기 위해서는 오랜 期間에 걸친 記錄을 分析해야 하며 이들 값들의 推定の 適否는 結果的으로 農業機械의 選擇, 特別히 天候의 影響과 適期性에 敏感한 收穫機械選擇의 適否에 至大한 影響을 미치게 된다. 作業可能日數率의 決定에 가장 큰 影響을 미치는 要因으로서 降水量을 들 수가 있는데 日本의 경우<sup>9)</sup> 屋外勞動可能時間을 推定하고 이외에 日降水量 1mm~10mm까지의 日數 혹은 10mm以上의 日數 및 6時現在나 14時現在의 快晴, 晴, 曇의 月別合計日數와 積雪日數를 總合해서 月別 機械作業可能日數를 算定하고 이것을 各月の 日數로 나누어서 各月の 機械作業可能日數率로 表示하고 있으며 Donaldson 등도 特別히 穀類의 combine 收穫作業이 可能的 限界日降水量을 0.01 inch 로 보고 있으며 Jeffers 등은 forage 收穫이 可能的 限界日降水量은當日은 0.05 inch 以下, 前日은 0.5 inch 以下로 規定하고 있다. 앞에서와는 달리 收穫機械 利用計劃 樹立時 주어진 面積에 대한 所要收穫機械의 適正能率을 算定하는 데는 다음과 같은 model이 使用되기도 한다.

$$R_r = \frac{N}{W_i H_j D_h(E)} \quad (3)$$

- 여기서  $R_r$ : 所要機械의 能率(ha/hr)  
 $N$ : 機械收穫面積  
 $W_i$ : 期待平均作業效率  
 $H_j$ : 期待日平均作業時間(hr/day)  
 $D_h$ : 收穫作業可能日數(days)  
 $E$ : 期待水準

주어진  $N$ 에 대하여  $W_i H_j D_h(E)$  值 등은 어느 程度 正確하게 推定할 수가 있으므로 위의 model을 使用하여  $R_r$ 을 算定하여 適正機種選定の 基準으로 삼을 수 있을 것으로 判斷된다.

따라서 本研究에서는 우리나라 몇개 主要地域의 가을철 降雨量을 分析하여 各收穫作業可能日數率을 分析하고 이에 따른 地域別, 營農規模別 各收穫機械의 所要能力을 決定하기 위한 合理的인 方法을 究明하고자 하였다.

## II. 收穫作業可能日數의 分布分析 및 作業可能日數率의 推定

벼의 收穫期間은 兩嶺 地方으로 내려 갈수록 늦어지나 그 時差는 若 1~3週程度이며 二耗作이 可能한 中北部地方에서는 後作의 時期的 壓迫 때문에 收穫作業은 特히 時間的 制約을 받게 된다. 그러나 벼의 收穫作業은 우리나라 全地域에 걸쳐 10月初부터 始作해서 大部分은 10月末까지 收穫作業이 完了되나 경우에 따라서는 11月中旬에도 收穫作業이 이루어 지기도 한다. 收穫作業이 지연되면 될수록 適期 逸失로 因한 數量의 減少는 커지기 때문에 바람직한 일은 아니다. 우리나라에서는 아직까지 벼 收穫作業適期를 明確히 規定할 수 있을 程度의 試驗은 이루어져 있지 않으며 特히 收穫機械化를 前提로 한 收穫適期에 關한 試驗成績은 全無한 形便이나 一般적으로 出穂後 45일부터 2~3週間을 普通 收穫適期로 看做하고 있는 實情이다. 그러나 이와같은 期間사이의 全日數가 모두 收穫可能한 日氣는 아니며, 이 期間中에는 天候의 影響 때문에 相當한 數字의 收穫作業不可能日數가 包含된다. 여기서는 우리나라의 여러지역에 걸쳐 天候 特히 降雨로 因하여 收穫作業이 不可能한 日數를 調査하였는데 하루의 降雨가 어느때부터 始作되었든 日降雨量이 "0.01inch" 以上이면 그날은 收穫作業이 不可能하다고 假定하였다. 이와같은 基準은 外國에서 湄南湄으로 收穫作業을 實施할 경우 限界基準 降雨量으로 삼고 있는 것으로서 여기서는 日降雨量이 1mm 以上인 날은 降雨當日만 收穫作業이 不可能하고 20mm 以上이면 降雨當日 및 그 翌日도 作業이 不可能하며 또 連續二日間의 降雨이 60mm 以上이면 降雨當日 및 그後 2日間은 作業이 不可能하다고 假定하여 作業可能日數의 分布狀態를 調査한 結果 外國에서 採擇하고 있는 限界基準降雨量 0.01inch를 適用한 分布와 實質上으로 큰 差異가 없다는 事實을 確認하였다. 바꾸어 말하면 降雨量이 0.01 inch 内外가 되는 경우는 極히 드물고 이 程度의 降雨로서 收穫作業이 完全히 不可能한 것은 아니지만 降雨量이 相當히 많을 경우 降雨로 因하여 洽溫한 벼를 天日乾燥시키기 위해 所要되는 日數는 降雨量의 程度에 따라서 달라질 것이며 하루 또는 數日이 걸릴수도 있을 것이다. 따라서 外國에서 採擇하고 있는 機械收穫의 限界基準降雨量을 우리나라의 경우에 그대로 適用해도 無理가 없을 것으로 믿어진다.

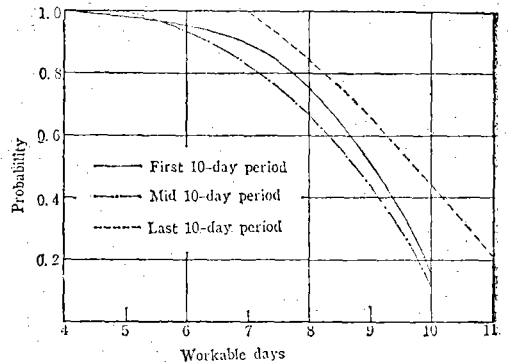


Fig. 1 The cumulative distribution of weather being good for rice harvesting. (Seoul, Oct.)

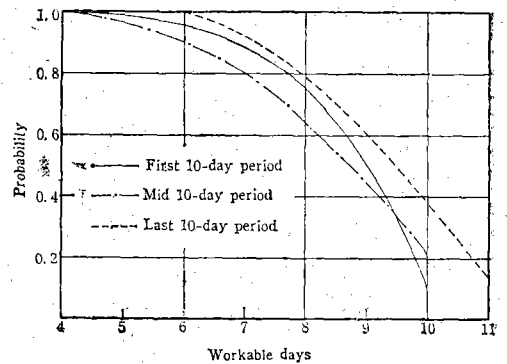


Fig. 2 The cumulative distribution of weather being good for rice harvesting. (Jeonju, Oct.)

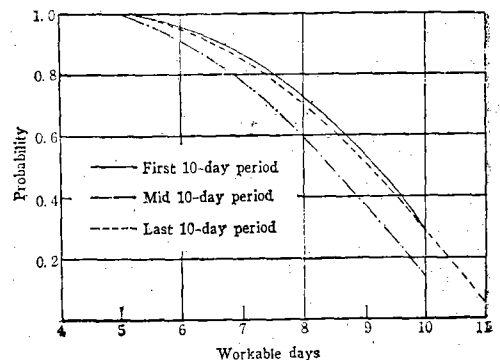


Fig. 3 The cumulative distribution of weather being good for rice harvesting. (Gwangju, Oct.)

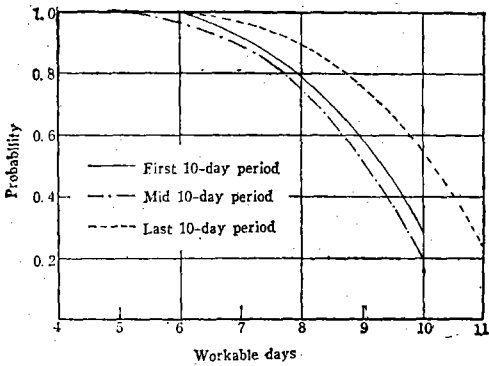


Fig. 4 The cumulative distribution of weather being good for rice harvesting. (Daegu, Oct)

이와같은 기준下에서 十日間隔으로 收穫期間中の 作業可能日數를 調査하면 같은 期間일지라도 해에 따라 變化가 甚하므로 21年間に 걸쳐 作業可能日을 分析하였으며 10월에 대해 各地方의 各旬別 確率分布曲線을 例示한 것이 <그림 1~4>이다. 이와같은 分布에 立脚하여 作業計劃의 安全性을 높이기 위해 66%의 期待確率值를 適用하여 作業可能日數率을 決定하였으며 그 分析結果를 (表 1)에 表示하였다.

Table 1. Percent of probable days being good for mechanical rice harvesting by month and by region

Month	Districts	First 10-day period	Mid 10-day period	Last 10-day period
Oct.	Seoul	84.4	80.4	81.8
	Jeonju	84.5	79.0	79.5
	Gwangju	83.8	77.0	75.0
	Daegu	87.2	84.6	86.7
Nov.	Seoul	74.1	78.5	70.5
	Jeonju	70.6	73.5	68.3
	Gwangju	73.4	75.6	69.8
	Daegu	86.3	84.0	75.7

### Ⅲ. 벼 收穫機械의 所要能率推定

벼 收穫作業은 地域에 따라 그 作業時期가 相異한 뿐만 아니라 作業期間도 매우 달라서 경우에 따라서는 2~3旬에 걸쳐 이루어 질 수도 있게 된다. 이와같이 作業始作時期와 作業期間이 달라질 경우에 計劃面積에 對한 所要收穫機械의 作業能率을

Donaldson등의 model을 利用하여 推定하면 旬別作業可能日數率의 相異로 인한 影響때문에 推定에 正確度가 減少되어 진다. 따라서 여기에서는 收穫作業이 數旬에 걸쳐 이루어질 경우에도 各旬間의 作業可能日數率의 相異를 考慮하여 보다 信憑性 있는 所要能率을 推定하기 위하여 Donaldson의 模型 다음과 같이 修正하였다.

$$R = \frac{N}{W_1 H_1 D_1(E) S_1 + W_2 H_2 D_2(E) S_2 + \dots + \sum_{i=1}^n \frac{N}{W_i H_i D_i(E) S_i}} \quad (4)$$

여기서  $D_i(E)$ : 收穫作業이 數旬에 걸쳐 이루어질 경우, 第 1, 2, ...旬의 期待確率水準  $E$ 에 對한 期待作業可能日數率

$S_i$ : 作業期間中 第 1, 2, ...旬에 包含되는 日數

$W_i$ : 第 1, 2, ...旬中の 圃場作業効率

$H_i$ : 第 1, 2, ...旬中の 一日作業可能時間

實際에 있어 벼의 收穫作業은 2 또는 3旬以上에 걸쳐서 이루어 지는 경우는 거의 없기 때문에 (4)式을 利用함에 있어서는 실제로 收穫作業이 계속되는 第 3旬까지만을 考慮하면 될 것이다.  $D_i(E)S_i$ 는 作業期間中 各旬에 包含된 日數中 實際로 作業이 可態한 日數이고,  $H_i D_i(E)S_i$ 은 第 1旬中 總作業可能時間,  $W_i H_i D_i(E)S_i$ 은 作業期間中 第 1旬 동안에 이루어 질 수 있는 實作業時間이 된다. 그러나  $W_i$ 와  $H_i$ 는 收穫期間 또는 收穫時期, 地域 또는 機械의 種類등에 따라 若干의 差異가 있을 것으로 예상되나 다른 要因들에 비해 旬別 變化에 따라서 그 影響이 적을 것이므로 全作業期間에 걸쳐 一定하다고 看做하여도 큰 無理는 없을 것으로 믿어진다. 이와같은 假定下에서 (4)式을 整理하면 다음과 같은 式이 된다.

$$R = \frac{N}{WH \sum_{i=1}^n D_i(E) S_i} \quad (5)$$

가령 全州地方에서 벼 收穫作業이 10월 15일부터 11월 5일까지 3旬에 걸쳐 20日 동안에 이루어 진다고 假定하면 第 1旬은 10月中旬, 第 2旬은 10月下旬, 第 3旬은 11月上旬에 해당되므로 第 1旬, 第 2旬, 第 3旬에 包含되는 日數, 即  $S_1, S_2, S_3$ 는 各各, 5日, 10日, 5일이 될 것이고 表(1)에서 第 1旬, 第 2旬, 第 3旬間의  $D_i(E)$  값은 各各 0.790, 0.795, 0.706이 되므로 이 값과  $W$  및  $H$ 값을 (5)式에 代入하면 주어진 計劃面積에 대한 所要作業能率을 計算할 수 있

게 된다. 以上과 같은 方法으로 計劃面積 1 ha에 對한 收穫機械의 所要能力을  $W=0.75, H=8hr$ 로 假定하여 作業開始日別, 地域別, 作業期間別로 分析한 結果를 (表 2)에 表示하고 이 가운데서 서울, 全

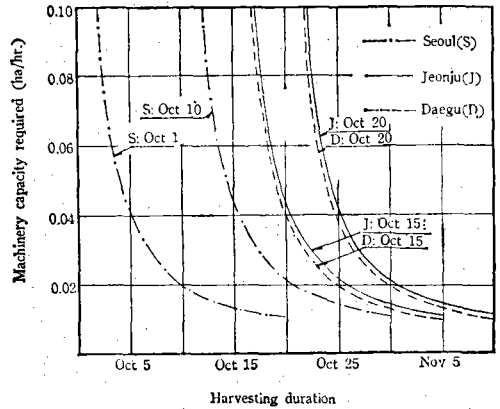
**Table-2 The required rice harvesting machinery capacity for different harvesting start-date, harvesting duration and harvesting area.**  
(ha/hr)

Harvesting start date	Duration Districts	Duration (ha/hr)			
		5	10	15	20
1 Oct.	Seoul	0.0396	0.0198	0.0134	0.0102
5 Oct.	Seoul	0.0396	0.0203	0.0136	0.0102
10 Oct.	Seoul	0.0415	0.0208	0.0138	0.0103
	Jeonju	0.0395	0.0211	0.0141	0.0106
	Gwangju	0.0400	0.0217	0.0146	0.0110
	Daegu	0.0383	0.0198	0.0131	0.0098
15 Oct.	Jeonju	0.0423	0.0211	0.0140	0.0108
	Gwangjn	0.0433	0.0220	0.0147	0.0111
	Daegu	0.0395	0.0195	0.0130	0.0094
20 Oct.	Jeongju	0.0420	0.0210	0.0146	0.0111
	Gwangjn	0.0446	0.0223	0.0150	0.0113
	Daegu	0.0381	0.0193	0.0129	0.0097

州, 大邱地方의 몇가지 경우를 圖示한 것이 <그림 5>이다. 따라서 計劃面積, 適期收穫開始日과 期間이 確定되면 <그림 5>를 利用하여 收穫機械의 所要作業能率을 쉽게 求할 수 있다. 그러나 (表 2)와 <그림 5>는 計劃面積 1ha에 대한 分析結果이므로 計劃面積이 變化할 경우에는 (表 2) 및 <그림 5>의 값에 面積比를 곱하면 所要作業能率을 決定할 수 있게 된다.

#### IV. 結論 및 要約

벼 收穫時期인 가을철(10월과 11월)에 있어서 收



**Fig. 5 An illustration to determine the required harvesting machinery capacity for different harvesting start-date, harvesting duration, and harvesting region.**

穫機械의 利用計劃樹立에 必要한 圃場收穫作業可能 日數率을 推定하고 이를 基礎로 하여 地域에 따른 所要機械能力을 合理的으로 決定하기 爲하여 長期間의 降雨資料를 分析하였던바 다음과 같은 結果를 얻을 수 있었다.

(1) 旬別 作業可能日의 分布는 地域과 作業時期에 따라 큰 差異가 있었으며 一般的인 變化傾向은 表示할 수 없을 程度로 極히 多樣한 型으로 나타났 다.(그림 1~4 參照)

(2) 作業可能日의 確率分布에서 信賴水準을 66%로 잡았을 때의 作業可能日數率은 地域別, 月, 旬別로 큰 差異를 나타내었으나 作業適期에는 大體로 75~85%의 範圍內에 있었다.(表 1 參照)

(3) 地域別로 收穫適期間이 確定되었을 경우 作業可能日의 確率分布에 立脚한 適正機械能力을 信憑性 있게 推定하는 方法을 開發하고 그 方法을 例示하였다.(그림 5 및 表 2 參照)

#### 參 考 文 獻

1. Dent and Anderson : Systems analysis in agricultural management. pp.295-329, 1971.
2. Donaldson, G.F. : Allowing for weather risk in assessing harvest machinery selection. Amer. J. Agric. Econ., Vol. 50, pp. 24-40, 1968.
3. \_\_\_\_\_ and Modnerney, J. P. : Combine capacity and harvest uncertainty. Farm Econ, 11 (4), pp.127-183, 1966.
4. Hunt, Donnell : Farm power and machinery management. pp.215-232, 1968.
5. \_\_\_\_\_ : Efficient field machinery Selection.

- Agri. Engng., 44(2) pp.78-88, 1963
6. Taffers and Staley : Minimum cost forage machinery selection related to rainfall probability. Trans. of ASAE, pp.563-565, 1968.
  7. 川廷謹造 : 農業機械化技術 pp.385-432, 1962.
  8. 李鍾瑚, 鄭昌柱 : 트랙터 耕耘碎土 費用分析模型에 관한 研究. 農工學會誌 16(1) pp.78~94, 1974.
  9. Sanders, D.W. and Lalor, W.F. : A method for optimizing the machine size-crop area relationship. J. agric. Engn. Res., pp.122-127, 1972.
  10. 全購連農業機械部 : 水田作 機械化のてびき. pp.52-71, 111~135, 1971.