

## 除草劑의 效能과 藥害 評價上의 當面課題

權 容 雄

서울대학교 農科大學

### Basic Features and Facts of Herbicide Evaluation for Efficacy and Phytotoxicity in Korea

Yong Woong Kwon

College of Agriculture, Seoul National University

#### ABSTRACT

Use of herbicides in Korean agriculture has increased rapidly in recent years accompanying with ever-increasing pressure of farm labor shortage. Herbicides occupied already the second place in the rank of pesticides consumption in 1977. The agricultural experiment stations have carried out over 50 trials of chemical weed control each year since 1968. These research works and registration trials contributed much to the present wide use of herbicides. The pesticide management act amended in 1977 requires reevaluation of pesticides for their efficacy every 5 year-term. However, the development of sound weed control program and recommendations has been hempered very much by the lack of qualified workers of weed control research in agricultural experiment stations and in the institute for pesticide registration trial.

Critical review of the past research works on herbicide evaluation and the present status indicates strong need for 1) the characterization of the nature of local and national weed problem, 2) the improvement of ability of the staffs in charge of weed control research through appropriate training on the basics and experimental techniques, and 3) organization and activities of weed control research committee. Furthermore, the present article attempts to clarify commonly misled points in the establish-

ment of herbicide evaluation plan, in the design and execution of field trials, and in the assessment of trial results of the past works from the viewpoint of the basic principles with some case studies for resolution of specific enigmas.

#### 緒 言

除草劑 使用에 의한 雜草防除은 다른 여러가지 雜草防除法들 보다 經濟性이 높고 努力節減의 效果가 두드러지는 長點을 갖고 있다. 따라서 1960年代에는 微微했던 除草劑의 使用이 점점 不足해지는 農業勞動力과 昂騰하는 勞賃趨勢에 발맞추어 1970年頃부터 急增하여 1977年度에는 實物量으로 310千 ton餘이 消費되기에 이르렀고 여러가지 農藥들 中 殺蟲劑 다음으로 그 使用量이 많았다.<sup>1)</sup>

現在의 심각한 일손 不足現象과 아직도 除草劑使用延面積이 40% 남짓한 점을 고려하면 除草劑는 머지않아 가장 重要한 農藥으로 浮上될 것으로 생각된다. 한편 除草劑들을 이용한 雜草防除技術에 관한 試驗研究들도 1967年까지는 不振하였으나 그 후 활발해져 해마다 50餘件씩 이루어지고 있으며, 1977年에 改正되어 1978年부터 施行되는 農藥管理法은 品目許可의 有効期間을 5年으로 規定하였으므로 앞으로 藥效와 藥害의 評價試驗은 急增할 것으로 豫想된다

그러나 雜草防除에 관한 研究와 教育 및 除草劑使用의 歷史가 짧은 우리나라에서는 아직까지 雜草防除에 관한 專門研究員이 심히 不足할 뿐만 아니라 研究組織體制도 專門化하지 못하여 그간에 遂行한 雜草防除 研究의 90%以上이 除草劑들의 效能과 藥害

를 評價하여 優秀한 除草劑를 選拔하는 試驗들이었음에도 不拘하고 研究遂行上 試驗設計, 施行 및 評價過程 等的 試驗技術에 未洽한 점이 많았다.

따라서 本稿에서는 除草劑의 効能和 藥害에 관한 評價의 意義, 試驗體制 및 評價原理와 아울러 圃場試驗遂行 및 評價方法에 관하여 그 基本과 現在 우리나라에 있어서 소홀히 되기 쉬운 점들을 事例研究와 함께 考察하고자 한다.

## 1. 除草劑의 効能和 藥害評價의 意義

除草劑가 農業生産에 實際로 利用되기 위해서 評價를 받아야 內容은 첫째, 適用對象 雜草에 대한 除草 効果 및 適用對象 農作物에 對한 藥害의 有無, 둘째 人畜 및 環境에 대한 安全性, 셋째, 經濟性으로 大別할 수 있다.<sup>6)</sup> 除草劑의 効能和 藥害의 評價問題는 雜草防除技術의 하나로서 다루어져야 하며, 人畜 및 環境에 대한 安全性은 農藥의 安全管理技術上의 問題로서 取及되어져야 하고, 經濟性은 除草劑의 開發, 生産, 製造費用 및 企業經營에 左右되겠으나 아울러 適用對象雜草의 防除効果에 있어서 他 除草劑 또는 他 防除法과의 比較經濟性을 優先적으로 고려해야 할 것이다. 이들 중 除草劑의 効能和 藥害, 그리고 適用對象 및 範圍와 他 除草劑 또는 他除草方法과의 對比는 雜草防除研究員이 主管하는 評價範圍로서, 이는 除草劑의 研究開發에서 許可·登錄 및 普及에 이르기까지의 全 過程에서 檢討되어지는 必須研究業務이며 除草劑의 人畜 및 環境에 대한 安全性 또는 企業經濟性評價에 先行하여 遂行되기 始作한다.

그리고 雜草防除研究員에 의해 遂行되는 評價는 國家·社會 公益을 위하여 매우 重大한 影響을 미치는 바, 過少評價되면 좋은 雜草防除方法임에도 不拘하고 普及, 使用치 않게 됨으로써 企業의 開發費의 損失은 물론 營農上에 있어서도 커다란 損失을 招來하게 되고, 反面 過大評價된다면 企業의 開發費用은 補償받을 지라도 適格의 防除法을 使用치 않게 되어 損失을 초래함은 물론 評價에 投入된 諸般努力과 費用이 損失될 것이다. 이러한 評價上의 過誤는 評價를 위한 試驗設計의 遂行 및 結果의 分析過程中 어느 한 過程이 잘못되더라도 發生하게 되며 이는 무엇보다도 研究員의 資質에 優先적으로 左右된다고 할 수 있다.<sup>7)</sup>

## 2. 除草劑의 開發·評價 試驗體制

現在 世界的으로 登錄 使用되고 있는 除草劑는 300

餘種이며, 100餘種 以上이 開發 試驗 中에 있는 것으로 推定된다. 이와같이 많은 種類의 除草劑들은 거의 모두가 企業體에서 開發한 것이며, 이들의 開發은 ① 새로운 除草劑의 開發計劃의 수립 및 合成 ② 1次選拔, ③ 2次選拔, ④ 圃場適應豫備試驗, ⑤ 圃場試驗, ⑥ 許可·登錄試驗, ⑦ 展示圃의 設置 및 普及, 擴大를 위한 試驗 等的 諸 過程을 거친다<sup>8)</sup>.

1次試驗은 溫室에서 遂行하는 簡易試驗으로서 供試藥劑들의 土壤處理와 莖葉處理의 殺草効果를 判定하는 試驗이며, 2次選拔試驗은 역시 溫室試驗으로써 1次選拔된 藥劑들의 藥量 및 草種別 効果를 檢定하여 商業性이 큰 數種만을 選拔하는 試驗이고, 圃場適應豫備試驗에서는 溫室 및 屋外 pot試驗을 併行하여 溫室과 圃場條件에서의 殺草効果 差異 및 土性別 差異를 比較 檢討하여 圃場試驗에 供與할 藥劑를 選拔해 내며 人畜 및 環境에 대한 安全性 試驗을 이 段階무렵에 始作한다.

圃場試驗은 數個所에서 最少限 2年以上 實施되는데 企業體의 研究圃場에서, 또는 농가포장을 借地하여 수행하는 바 開發 除草劑의 除草草種範圍와 作物에 대한 選擇性面에서 보아 適切한 圃場을 선정하여 遂行하고, 除草劑의 効果에 影響하는 氣象 및 土壤環境條件, 耕種 및 雜草發生條件等を 試驗條件에 包含시킨다. 그리고 企業體는 圃場試驗의 初期段階를 遂行한 후 有望한 開發品目の 試料를 公共研究機關에 供與하며 業體가 主管하여 實施한 成績, 公共研究機關에서 研究된 効能和 藥害成績, 安全性 및 經濟性을 綜合하여 選拔되는 品目を 許可·登錄節次에 供與한다.

한편 外國의 公共研究機關에서는 雜草防除 研究및 除草劑 評價過程에 있어서, 當面하고 있는 雜草防除 問題에 有關한 除草劑들을 수집하여 豫備의 圃場試驗을 實施하는 바 1次選拔試驗은 耕種條件下의 雜草防除 効果보다는 各 供試材料들의 除草對象 草種範圍와 作物에 대한 藥害安全性에 관한 特性 파악이 主가 된다. 그리고 企業體에서 供與하는 新開發 除草劑들도 물론 包含되기는 하지만 무엇보다도 供試 材料를 選定하는데 있어서 當面雜草防除問題에 有關한 除草劑들을 積極的으로 調查, 蒐集하여 體系的으로 檢討하고자 한다. 1次選拔試驗은 때로는 實際試驗대신 體系的인 文獻調查를 통하여 選拔하는 것으로 代替되기도 한다.

2次選拔試驗에서는 耕種技術 및 地域差異를 包含하는 條件下에서 藥量 및 處理方法에 대한 精密한 圃場試驗을 實施하여 除草効果 및 藥害에 관한 選拔시험과 아울러 土壤과 植物體에 대한 殘留性 分析을 實

施하거나 有關機關에 依頼하며 開發途上品目에 對해서는 開發業體에게 商品化計劃을 打診하여 選抜에 考慮한다. 2次選抜 過程을 거친 品目에 對해서는 展示試驗圃에 供與하여 藥効와 藥害에 關한 地域差異 및 年次變異를 再確認 檢討하며 同時에 普及을 위한 指導指針을 作成한다<sup>4)</sup>.

한편 우리나라에서 除草劑의 試驗研究는 新除草劑의 實用化 段階까지 開發이 극히 어렵고 많은 投資가 要求되며 現在의 世界의 수많은 除草劑들이 거의 大部分 技術水準이 높고 經濟力이 큰 美國, 英國, 스웨덴, 獨逸, 日本 等 불과 몇나라의 大企業體에서 開發되었다는 事實을 勘案할 때 外國에서 開發된 除草劑들 중 우리나라의 雜草防除與件에 알맞는 것들을 導入·選抜·實用化하는데 當面目標가 있다고 할 것이다. 따라서 試驗研究體制도 이러한 目標을 効率的으로 達成할 수 있도록 조직되어야 할 것이다. 그러나 이제까지의 雜草防除 및 除草劑에 關한 研究는 뚜렷한 試驗體系가 없이 散發的으로 이루어짐으로써 첫째, 雜草防除技術上의 問題點을 把握하려는 研究가 아주 不足하여 무엇을 어떻게 解決해야 할지 그 內容이 막연한 狀態에 있으며 둘째, 外國의 公共研究機關에서 遂行하는 것과같은 1次選抜—2次選抜—指導指針作成試驗 等の 技術의 體系가 없이 每年 2次試驗類型이지만 小規模選抜試驗만을 되풀이하여 왔으며 셋째로, 供試材料의 選定 確保上 企業體가 供與하는 範圍에 局限되어 왔으므로 研究의 効率が 낮았고 雜草防除技術의 發展이 늦어졌으며, 이러한 제한 條件들은 앞으로 殘留成分 分析面과 함께 改善하여야 할 重大한 課題이라고 하겠다.

### 3. 除草劑의 藥効와 藥害 評價原理

除草劑들의 除草力과 作物에 對한 安全性은 여러 가지 方法으로 評價·比較될 수 있지만 植物들의 除草劑에 對한 生長反應에 그 基礎를 둔다. 植物들의 除草劑에 對한 生長反應은 除草劑의 用量에 따른 生死를 基準으로 하는 計數的反應(Quantal response)을 利用하기도 하나 두가지 이상의 除草劑들의 雜草種間 선택성, 作物에 對한 선택성 判定 및 藥害의 安全性 判定을 위해서는 生長抑制 程度의 計量的 反應(Quantitative response)을 基本成績으로 한다. 그리고 植物들의 除草劑로 인한 致死計數 및 生長抑制反應은 그림 1-a에서와 같이 處理用量을 算術尺으로 하여 정리하면 대체로 曲線反應을 보이고, 處理用量을 對數尺으로 하여 정리하면 그림 1-b와 같이 S曲線

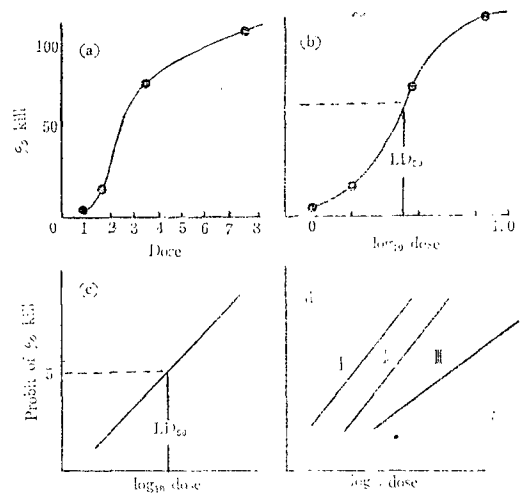


Fig. 1. Dose-response relationships: (a) dose on arithmetic scale; (b) dose on logarithmic scale; (c) probit of response plotted against dose on logarithmic scale; (d) probit regression lines for three herbicides(Fryer & Evans, 1970).

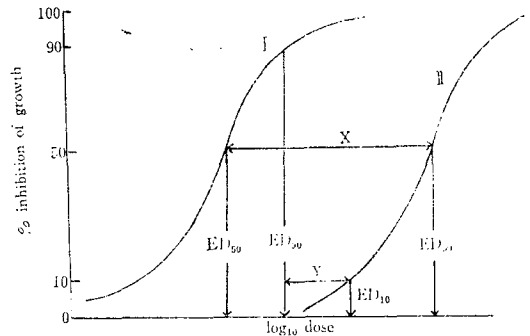


Fig. 2. Selectivity indices for two species. For index y species I is taken as being a weed and species II a crop. ED refers effective dose(Fryer & Evans, 1970).

反應(Sigmoidal response)을 보이게 되며, 處理用量을 對數尺으로 하고 致死率 또는 生長抑制率의 probit을 Y軸에 정리하면 그림 1-c와같이 直線反應을 보이게 되며, 여러 除草劑들간의 除草力은 그림 1-d에서와같이 각 除草劑들의 probit 回歸式을 利用하여 比較하는 것이 精確하고 간편하다. 이 경우 相對除草力(relative potency) p는  $p = \text{antilog}[\text{제초제 I의 } \log \text{LD}_{50} \text{ (또는 } \text{ED}_{50}) - \text{제초제 II의 } \log \text{LD}_{50} \text{ (또는 } \text{ED}_{50})]$ 로써 計算되고 이것은 제초제 II가 제초제 I과 같은 除草力을 나타내는 用量은 제초제 I의 몇배가 필요한가를 나타낸다<sup>3)</sup>.

그리고 雜草와 作物에 對한 제초제의 選擇성은 基

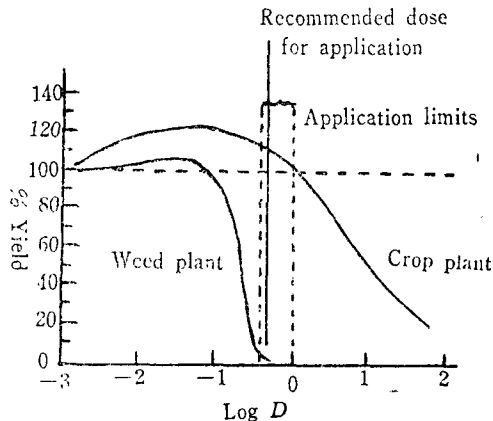


Fig. 3. The influence of different doses of a herbicide (Dose,  $D = \text{kg/ha}$ ) on the yield of crop plant and weeds. This example shows a perfect herbicide, allowing full yield of the crop plant while completely suppressing the weed plant and giving a range over which the dose of herbicide can be varied without losses in yield ("application limits") (Linser, 1964).

本의으로 그림 2에서와 같이 防除對象主草種(I)과 適用對象作物(II)들의  $ED_{50}$ 用量比로써 對象作物의  $ED_{50}$ /主對象雜草의  $ED_{50}$ 로써 判定되고, 作物에 대한 藥害 安全性은 作物의  $ED_{10}$ /雜草의  $ED_{50}$ 比를 基準으로 하는 것이 合理的이며 이 比率이 큰 제초제가 安全한 除草劑로 判別되는 것이다<sup>3)</sup>. 그리고 實際로 추천되는 除草劑의 使用量 範圍는 그림 3과 같은 概念으로 表現된다<sup>4)</sup>.

그러나 그간의 除草劑의 藥効와 藥害評價試驗에서는 이상과 같은 제초제의 選擇性和 藥効 및 藥害評價原理의 理解가 不足하고 그 實際適用이 없이 藥劑別로 단지 2~3個의 用水量準에서 藥劑들을 評價하고자 하였을 뿐이므로 研究目的에 附合되는 結論을 내리기가 어려웠으며 앞으로는 이러한 基本原理를 항상 고려하여 試驗하여야 할 것이다.

#### 4. 圃場試驗 遂行上의 當面課題

國家公共研究機關에서 遂行하는 제초제의 藥効 및 藥害評價試驗은 雜草防除研究試驗과 除草劑許可登錄試驗으로 大別될 수 있는데 이들은 모두 圃場試驗을 主軸으로 實施된다<sup>4)</sup>. 이러한 試驗에서 調査하여야 할 試驗內容은 草種別 除草力과 除草期間, 作物生育에 대한 藥害, 土壤 및 植物體內的 移動과 殘留性 그리고 作物의 收量 및 品質에 미치는 영향等이고,

이들이 제초제의 劑型, 處理量, 處理時期 및 方法, 土壤 및 氣象條件 그리고 品種 및 耕種條件의 變異에 따라 어떻게 달라지는가를 綜合하여 對象作物 및 雜草發生特性的 類型別로 適格의 제초제를 選定·實用化하고자 한다.

一般的으로 雜草防除研究를 위한 圃場試驗에서는 이들을 體系의으로 다루거나 어느 特定面을 補完研究하기도 하나 許可登錄試驗에서는 許可 및 登錄上의 法的要件을 充足시키는 試驗體制를 갖추게 된다. 그리고 이러한 除草劑選拔圃場試驗이 成功的으로 遂行되기 위한 先行條件으로는 첫째 充分한 資質과 訓練을 갖춘 專門研究員이 몹소 研究를 遂行하여야 하고, 둘째 試驗目的에 付合되는 試驗圃場이 준비되어야 하며, 셋째 제초제 處理 및 評價 裝備가 있어야 한다. 그리고 先行條件들이 갖추어지면 雜草防除對象地域 또는 國家의 雜草防除 發展計劃과 試驗目的에 알맞는 設計가 樹立 施行되고 그 結果는 正當한 評價를 할 수 있도록 調査·整理되어야 한다<sup>3,4,5)</sup>.

이상과 같은 除草劑試驗圃場의 基本要件에 비추어 現在 우리나라에서 遂行되고 있는 試驗들은 다음과 같은 점이 未洽한 것으로 생각된다.

첫째로 圃場試驗遂行의 先行條件面에서 專門研究員의 不足은 물론이며 除草劑處理裝備와 試驗圃條件이 未洽하다. 그간의 試驗들은 주로 논잡초防除試驗으로서 粒劑를 主劑型으로 試驗하였고 試驗區面積이 좁았기 때문에 除草劑 處理裝備의 問題가 그리 없었으나 밭 雜草를 對象으로 試驗할 경우나 展示實證試驗 등의 경우에는 除草劑 處理裝備가 구비되어야 할 것이다. 제초제의 撒布는 殺蟲劑나 殺菌劑 撒布의 경우보다 藥劑撒布의 正確도와 均一度가 더욱 要求되며, 제초제 撒布裝備는 外國에서는 이미 專門化되어 있으나 우리나라의 試驗研究機關들은 거의 모두 아

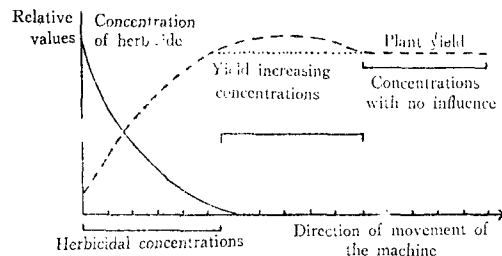


Fig. 4. The concentration of herbicide sprayed by the 'Chesterford Logarithmic Spraying Machine' related to the influence of these concentrations on the yield of the treated plant (Linser, 1964).

적 이를 具備하지 못하고 있다. 그림 4는 試驗研究에 많이 쓰이는 對數分霧機의 効用을 잘 보여주고 있다<sup>6)</sup>. 그리고 試驗目的에 알맞는 試驗地를 選定하기 위해서는 試驗候補地들의 雜草發生生態를 아는것이 先行條件인데 그간에는 그러한 면에서 意圖의 準

備가 不充分했으며 試驗研究 圃場들은 限定되어 있기 때문에 試驗目的에 알맞는 圃場을 選定하기 어려운 實情이고 또한 試驗研究圃場의 雜草群落特性이 地域의 雜草問題를 代表하지 못하는 경우가 적지 않았다.

Table 1. An Example of Experimental Design of Ambiguity

No.	Treatment	Application Rate(kg/10a)	Time of Application
1	Hand Weeding	—	15+30 DAT
2	Weedy Check	—	—
3	Hi-TOK	2	JDAP, 1.5 DAT
4	MO	3	JDPA, 1.5 DAT
5	Machete	3	JDAP, 1.5 DAT
6	Saturn-S	2	13 DAT
7	Avirosan	2	10 DAT
8	Destun	2	5 DAT
9	Ronstar	500cc	JDAP
10	Hi-TOK fb. Basagran	2 fb. 300cc	1 fb. 25 DAT
11	MO fb. Saturn-S	3 fb. 2	1 fb. 20 DAT
12	Machete fb. 2, 4-D	3 fb. 70cc	3 fb. 30 DAT
13	Rifit fb. Kuron	3 fb. 2	2 fb. 15 DAT
14	Machete fb. Kuron	3 fb. 200cc	JDAP fb. 30 DAT

Table 2. An Example of Poor Experiment

No.	Treatment	Weeds left-over (g/m <sup>2</sup> )				
		Sedges	Broad-leaved	Annuals	Perennials	Total
10	Avirosan fb. Bentazon	6.1	2.4	5.0	3.5	8.5
11	Machete fb. Bentazon	16.1	7.4	0.6	61.8	23.4
12	TOK fb. Bentazon	13.8	10.4	8.2	16.0	24.2
13	MTB-3015 fb. Bentazon	0.6	2.7	0.8	2.5	3.3
14	Modown fb. Bentazon	12.8	4.4	2.3	14.8	17.1
15	Ronstar fb. Bentazon	7.9	4.3	3.2	9.5	12.7
16	MO fb. Bentazon	1.7	8.5	4.5	5.7	10.2
17	Avirosan fb. 2, 4-D	3.4	8.4	2.3	9.5	11.8
18	Machete fb. 2, 4-D	14.3	11.3	2.5	23.6	26.1
19	TOK fb. 2, 4-D	17.4	12.8	3.4	26.9	30.2
20	MTB-3015 fb. 2, 4-D	15.6	19.8	3.8	21.6	25.4
21	Modown fb. 2, 4-D	13.8	12.1	3.2	22.6	25.8
22	Ronstar fb. 2, 4-D	8.6	7.2	0.9	15.0	15.8
23	MO fb. 2, 4-D	11.2	12.0	5.9	18.2	24.1
24	Machete fb. Machete	21.1	22.7	23.8	20.0	43.8
25	Machete fb. Saturn-S	51.6	8.8	26.0	34.4	60.4
26	Machete fb. Avirosan	28.6	16.3	39.6	5.5	45.1
27	Machete fb. Destun	26.6	23.3	38.5	11.3	49.8
33	Hand weeding	20.6	2.6	2.4	20.3	22.7
34	Weedy check	70.1	30.2	72.1	37.2	109.3

\* Plot arrangement: R.B. design with 2 replications.

Table 3. An Example of Poor Experiment on the Long-term Effects of Herbicides for Perennial Weed Control

No.	Treatment	Weeds Left-Over (g/m <sup>2</sup> )*				Total	Index
		Annuals		Perennials			
		Broad-leaved	Sedges	Broad-leaved	Sedges		
1	Hand Weeding	2.4	—	2.8	18.0	23.2	8
2	Weedy check	0.6	5.8	51.4	230.0	287.8	100
3	Avirosan	15.0	3.2	—	66.2	84.4	29
4	Bentazon	29.0	2.4	19.0	196.4	236.8	82
5	MTB-3015	—	11.4	13.4	146.0	170.8	59
6	Ronstar	14.2	6.6	8.8	136.8	166.4	58
7	Destun	4.4	1.0	2.4	127.4	135.2	47
8	Saturn-S	—	—	—	126.8	206.8	72
9	Avi. fb. Ben.(treated after drainage)	8.8	6.6	3.8	5.0	24.2	8
10	Avi. fb. Ben.(treated over water surface)	4.2	6.6	14.6	17.5	42.9	15

\* The 1st year result.

둘째로圃場試驗의設計,遂行 및 評價面에서 未洽한 점들이다. 이에 關連하여 表 1, 2, 3에 提示된 바 最近 國家機關에서 遂行한 試驗事例를 들어보면<sup>10,11,12)</sup> 다음과 같은 면이 아쉽다고 할 것이다.

表 1을 보면 處理 10~14의 除草劑處理組合은 體系的으로 되어있지 않고 試驗遂行當時에 新除草劑로써 豫備試驗成績이 不足한 Rift와 Kuron은 單獨處理區도 없어서 이 시험이 除草劑 處理體系試驗인지 新除草劑의 效能評價試驗인지 目的이 分明치 않고 또한 試驗調査도 各處理들의 作用性을 充分히 把握하도록 되어 있지 않으며 단순히 處理 1~14의 處理들間 優劣을 評價할 수 있을 뿐 除草效果를 具體적이고 올바르게 評價하기 어렵게 遂行되었다. 表 2의 試驗은 處理 1~9는 主要除草劑들의 單獨處理區들이고 處理 10~27은 除草劑 處理體系組合들인 바 組合을 構成한 方法은 表 1의 事例보다 잘 되어 있으나 除草劑들의 防除草種範圍特性和 防除對象雜草群落과의 關係를 類型化하여 評價하고자 하는 目的意識이 없이 試驗可能한 除草劑들을 모두 供試하여 이들에 대한 處理構成만을 體系化하였으며 따라서 試驗處理區數가 34개로 많아지므로 처리를 단지 2反復했기 때문에 試驗結果의 精度 및 信賴度가 떨어짐으로써 各處理間差異에 대해 正當한 評價를 하기 어렵고 따라서 1次 選拔試驗이나 2次 選拔試驗으로서의 効用이 모두 낮다. 表 3의 試驗은 多年生 雜草發生이 많은 圃場에서 除草劑 連用에 의한 雜草群落變化를 究明하고자 하는 目的과 試驗條件을 갖추었는데 1年生雜草를 主對象으로 하는 Ronstar를 유별나게 包含시켰다.

이와같은 設計 및 結果調査上的 문제는 무엇보다도 첫째 雜草防除 및 除草劑 選拔計劃을 樹立하기에 필요한 雜草의 分布, 發生生態 및 雜草로 인한 損失등에 關해 作物 및 地域別로 調査研究가 매우 不足하여 地域別 防除對象의 防除特性別 類型化가 되어 있지 않기 때문에 除草劑 選拔試驗 目的이 不分明해지기 쉽고, 둘째 각 除草劑마다 目的하는 바 適用對象 및 條件이 있음에도 不拘하고 雜草防除의 效果를 無分別하게 一括試驗만으로 評價하려는 傾向이 있고 試驗調査에 있어서도 豫備試驗一本試驗등의 試驗體系가 없을 뿐만 아니라 設計 및 遂行計劃을 雜草防除 專門委員會 등에 의해 檢討받지 못했던 점등에 의해 惹起된다고 하겠다.

그밖에도 圃場試驗技術上的 問題點은 많지만 끝으로 除草劑의 雜草防除效果와 藥害評價上 論點이 될 수 있는 몇가지 問題에 關하여 筆者가 研究考察한 바를 參考가 되도록 提示하고자 한다.

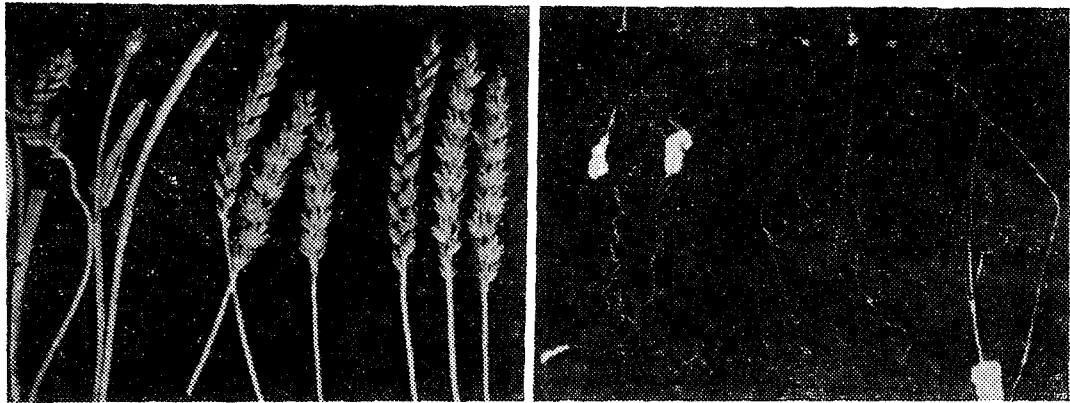
### 5. 雜草防除效果 및 藥害 評價技術에 관한 事例研究 및 考察

#### 가. 藥害의 外觀徵狀의 評價

作物에 대한 藥害의 外觀徵狀의 評價는 一般的으로 遠觀調査로써 實施하며<sup>4,5)</sup> 다음 表4의 例와 같이 1~10의 等級評點制에 의하여 判定하는데 外觀上 藥害의 發現時期는 除草劑의 種類에 따라 處理後 5日~1個月간에 發現되고, 發現된 이후에 회복되기도하므로<sup>1)</sup> 藥害徵狀의 評價는 經時的 調査가 重要하며

Table 4. An Example of Plant Tolerance Rating

	Ratings	Degree of damage	Thinning effect
1	No damage	no damage	all plant present
2	Very slight symtoms	up to 2.5% of the plants damaged	up to 2.5% missing
3	Slight symtoms	up to 5% of the plants damaged	up to 5% missing
4	Marked symtoms	up to 10% of the plants damaged	up to 10% missing
5	Heary damage	up to 15% of the plants damaged	up to 15% missing
6	Intolerable damage	up to 25% of the plants damaged	up to 25% missing
7	Completely negative	up to 35% of the plants damaged	up to 35% missing
8	Completely negative	up to 67.5% of the plants damaged	up to 67.5% missing
9	Completely negative	completely destroyed	up to 100% missing
0	No assessment made		



a) Dalapon induced-abnormalities in 2nd-generation

b) Wheat-3rd-generation from dalapon treatment

Fig. 5. Carry-over effect of characteristic dalapon symptoms in *a* second generation, and *b* third generation wheat following inhibition of first generation plants by pre-planting application of dalapon at 4lb/A. Groups of heads in *a* are arranged left to right in order of occurrence on the same plant. In *b* the seeding at left is normal and others show inhibition or other anomalies (Foy, 1961)<sup>1)</sup>.

대체로 處理 후 1週, 2週, 3週日에 評價한다.

그러나 이러한 Routine Method만으로는 不足한 경우도 있으며 그 例로 Dalapon의 경우 다음 그림 5와 같이 藥害徵狀을 3世代에 이르기까지 나타내므로 주의하여야 한다<sup>1)</sup>.

또한 藥害의 外觀徵狀은 除草劑의 종류에 따라 그 特性이 다르며 接觸型除草劑는 葉사리 눈에 쓰이지만 移行性除草劑는 判別하기가 쉽지 않은 경우가 많은데 그간의 試驗評價에서는 藥害徵狀의 評價上 經濟性과 除草劑들의 藥害特性에 대한 고려가 不充分했다. 參考로 다음 表5에 主要 除草劑들의 作物生育 및 形態에 미치는 藥害特性을 提示하였다<sup>1,5)</sup>.

藥害徵狀의 評價는 一般的으로 遠觀調査에 의한 等級評點制이므로 客觀性을 잃기 쉽다. 즉 評價者가 다른 評點이 달라질 뿐만 아니라 同一人이 2회, 3회

反復評價하여도 評點이 달라지는 경우가 많다. 따라서 藥害徵狀의 評價는 評價者의 藥害特性에 관한 지식과 事例訓練을 필요로 하며 評價의 信賴度를 높이기 위해서는 一般的으로 몇사람이 동시에 評價하고 Spearman의 rank correlation coefficient( $r_s$ )<sup>2,7)</sup>를 구하여 5% 有意水準에서 有意성이 없으면 再評價를 한다.

#### 나. 藥害 外觀徵狀과 生育과의 關係

作物에 대한 除草劑의 藥害評價는 外觀上 藥害徵狀의 輕重보다 實際로는 作物의 生育量과 收量 및 品質에 미치는 影響이 問題이며, 外觀上으로는 藥害徵狀이 없다고 하더라도 作物의 生理機能에 影響하여 生育을 저해하면 그것은 곧 藥害로 評價되어야 한다. 다음 그림 6, 7, 8은 筆者가 研究課題로서 遂行한 것으로 接觸型除草劑인 TOK, X-52, RH-2915 들을

Table 5. Mode of Action and Morphogenic Effect of Major Groups of Herbicides<sup>1)</sup>

Herbicide group	Mobility inside the plant	Mechanism & mode of action	Morphogenic effect & injury symptoms
Aliphatics, chlorinated (TCA, Dalapon)	free, apoplastic or symplastic	glycolytic path and nitrogen metabolism, meristematic activity of root tips & shoot apex	growth inhibition, leaf chlorosis, necrosis, formative effects on the shoot apex
Amides (Alachlor, Butachlor) (Propanil)	free in both limited, in both	protein synthesis, transfer RNA P.S., cell division & cell enlargement	shoot & root growth inhibition, lateral root development chlorosis
Bipyridiliums (Paraquat, Diquat)	limited, apoplastic	P.S., disruption of membrane integrity	wilting & desiccation, necrosis
Diphenylethers (Nitrofen)	little or no mobility	stomatal closure, Hill reaction, membrane permeability increase	burning of foliage
Nitriles (Ioxynil)	limited, symplastic	P.S., e <sup>-</sup> flow, respiratory uncoupler	leaf burning, blistered necrotic spots, rapid recovery
Phenoxy (2, 4-D, MCPA)	limited, symplastic	depression of the gene regulating synthesis of RNase, multi-effect	epinastic bending, swelling fasciated structures, growth inhibition
Thiocarbamates (Molinate, Benthiocarb)	free, apoplastic & some symplastic	cell elongation and expansion; mitotic poisoning, s-RNA synthesis, P-uptake	inhibition of shoot growth, kinking of nodes, rolling of leaves
Triazines (Simazine, Simetryne, Dimethametryne)	free, apoplastic	Hill reaction, production of secondary, phytotoxic agent, stomatal closure, disintegration of chloroplasts	growth of all organs, bright yellowing foliar chlorosis & necrosis, increased greening
Ureas (Monouron, Diuron, Linuron)	free, apoplastic	Hill reaction, secondary phytotoxic agent	rapid yellowing veins firstly marginal chlorosis in dicot

處理量을 달리하여 播種·覆土直後 處理했을 때 나타  
난 보리, 쌀보리, 밀 들의 藥斑微狀의 評點과 生長

量과의 關係를 나타낸 것이다.

外觀上 藥害微狀의 뚜렷한 發現 이후 1週日間 더 生

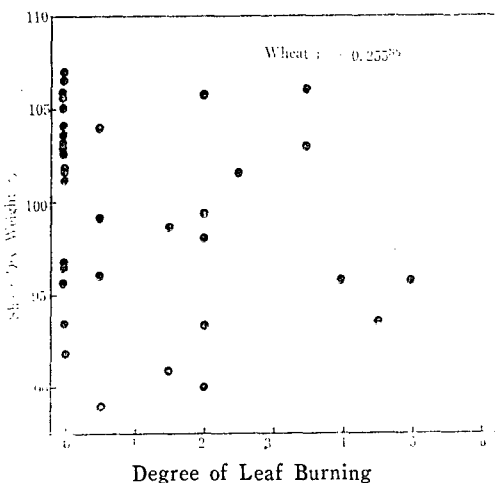


Fig. 6. Relationship between the Degree of Visible Burning and Crop Growth; Average of 5 Vars; Cajeme F-71, Sonora F-64, Jungkug #81, Jokwang, Wonkwong.  
Degree (0... No Injury)  
(10... All Dead)

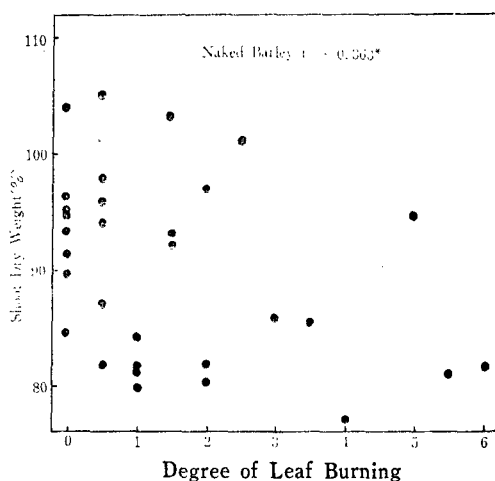
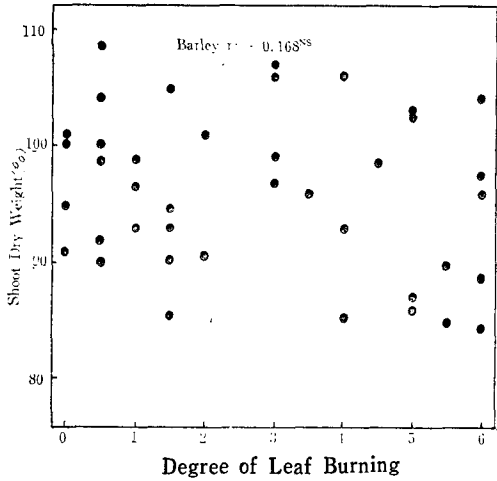
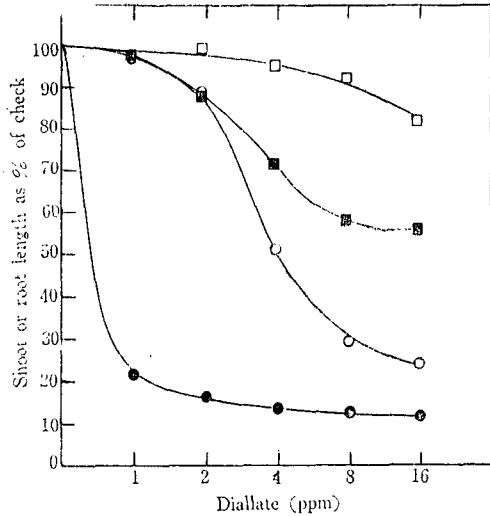


Fig. 7. Relationship between the Degree of Visible Burning and Crop Growth; Average of 4 Vars; Bangsa #6, Kwangseong, Baikdong, Sedohadaka.  
Degree (0... No Injury)  
(10... All Dead)

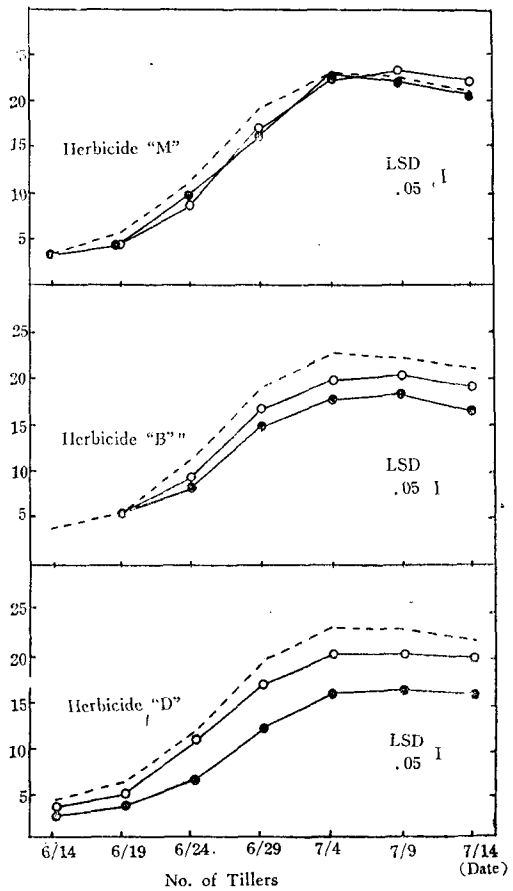
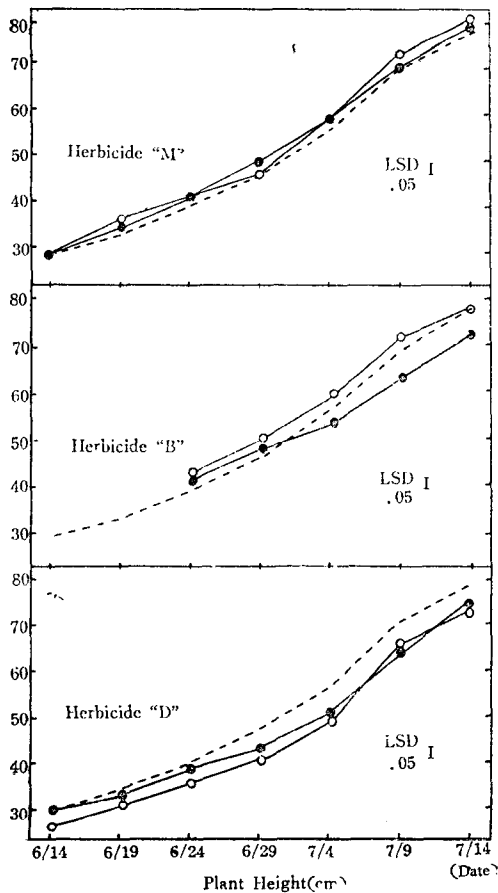




**Fig 8.** Relationship between the Degree of Visible Burning and Crop Growth; Average of 5 Vars; Gangbori, Milyang #6, Olbori, Suwon #4, Buheung.  
Degree (0...No Injury)  
(10...All Dead)



**Fig. 9.** Root (□) and Shoot length (■) of wheat, and root (○) and shoot length (●) of wild oat as percent of check after 5 days of exposure to vapor from various concentrations of diallate (Banting, 1970.)<sup>11</sup>.



**Fig. 10-1.** Growth of Rice Plant after Herbicide Application Var. Milyang No. 23  
.....; Control ○—○; 2kg ●—●; 5kg

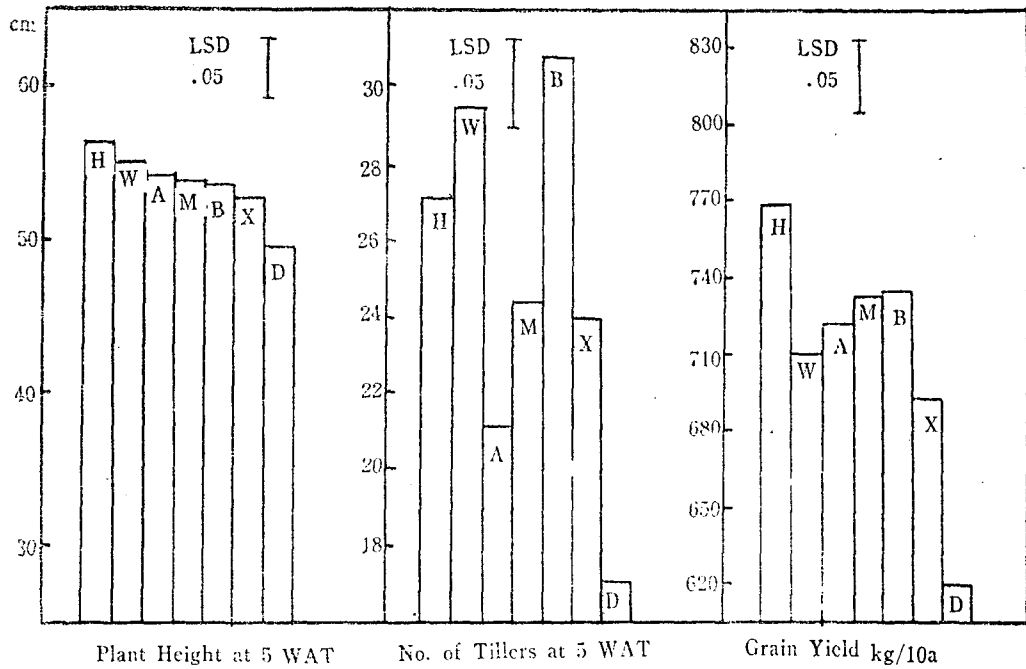


Fig. 10-2. Vegetative Plant Growth as Affected by Herbicidal Treatments.

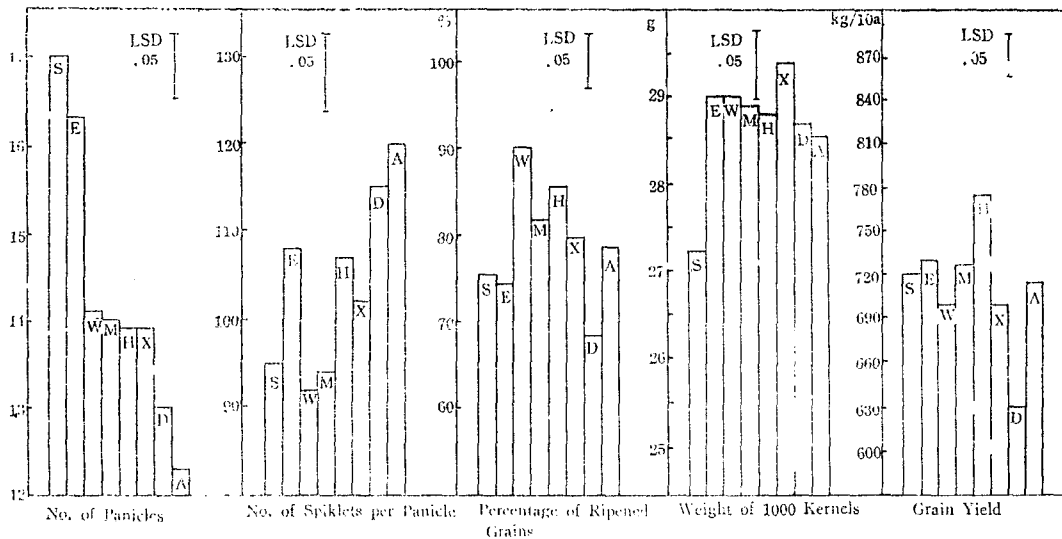


Fig. 10-3. Effect of Herbicidal Treatment on the Grain Yield & Its Components. Var. Young Nam Jo Saeng.

長하였으므로 藥斑形成의 輕重이 生長에 미치는 影響을 評價할 수 있는 조건이었다. 그 결과 이들 藥斑徵狀의 達觀調査는 生長에 그리 뚜렷한 關係를 나타내지 못하였다.

그밖에도 藥害 評價上 留意하여야 할 점으로서 地上部에 發現되는 藥害의 評價는 쉽지만 除草劑에 따라서는 地上部보다 根部의 生長에 직접적으로 영향

을 미치기도 하므로 藥害를 올바로 評價하기는 쉽지 않다. 다음 그림 9는 除草劑가 地上部와 根部에 미치는 영향이 다른 예이다.

다. 營養生長에 미치는 影響과 收量과의 關係

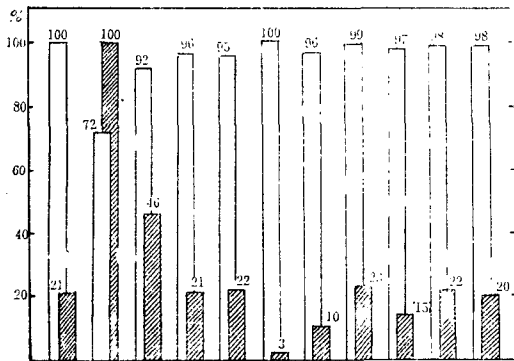
그림 10은 筆者가 數種의 除草劑를 재료로 水稻의 草長과 分蘗에 미친 藥害의 發現·회복·經過와 그가 收量構成要素 및 收量에 미치는 影響을 試驗研

究한 成績이다.

이 成績은 除草劑의 種類別로 草長과 分蘖에 미치는 영향이 다를 수 있음과 榮養生長量에 미친 영향이 收量에 미치는 영향과 같은 경향으로 나타나지 않을 수 있음과 收量構成要素들은 相互 補償作用이 있기 때문에 除草劑의 藥害가 收量에 미친 영향은 複合의 結果임을 나타낸다. 이와같이 除草劑의 藥害發現過程은 단순하지 않으므로 藥害評價가 除草劑別로 藥害의 特性을 把握할 수 있도록 試驗 研究되고 그러한 基礎資料와 함께 圃場試驗 結果를 評價하여야 할 것이다.

#### 라. 雜草 防除效果의 評價

雜草防除의 效果는 一般의으로 無除草區에 대비한 雜草防除區의 增收效果로써 除草劑間의 比較를 하고 結論을 짓는다. 그러나 評價技術上 다음과 같은 경우를 고찰할 필요가 있을 것이다. 그림 11은 연구기관에서 실시한 잡초방제효과 및 收量成績의 한 예이다<sup>10)</sup>.



1. Hand Weeding, 2. Weedy check, 3. Ma., 4. Ma. fb Ben., 5. Tok fb. Ben., 6. MT-B fb. Ben., 7. Mo fb. Ben., 8. MT-Bfb 2,4-D, 9. Ron. fb. 2,4-D, 10. Mo fb, Ben., 11. Ma. (1.3kg)

■ Weeds left-over

▨ Grain Yield

Fig. 11. Effect of Herbicide Application on the Weed Control and Grain Yield.

이 成績에서 우수한 除草方法을 추천하라고 하면 大部分의 評價者는 殘草量이 無除草區의 3%이고 收量이 손제초구와 같은 처리를 추천할 것이다. 그러나 이 시험은 圃場試驗의 精度를 나타내는 變異係數가 없고 收量 및 殘草量에 관한 統計分析이 실시되지 않은 成績이며 처리 3을 제외하고는 各 除草劑區들의 殘草量이 손제초구의 殘草量과 비슷하거나 그보다 적고 수량 또한 손제초구의 95~100% 水準이며 處理 8,9,10은 收量 및 殘草量이 더욱 비슷하므로

그중에서 어느 處理가 가장 바람직한가는 評價하기 아주 어렵다. 그러므로 이 경우에는 손제초구 또는 標準藥劑 處理區의 收量과 統計의 有意差가 없는 除草劑 處理區들을 一次의으로 選定한후 處理區들의 殘草量의 多少보다는 이들의 草種構成을 中心으로 1年生인지 多年生인지, 그리고 같은 除草劑를 래마다 連用할 경우 얼마나 增殖·만연될 수 있는지 또는 餘他的 防除法으로 쉽사리 防除될 수 있는 草種인가 아니면 問題雜草化할 수 있는 것인지에 관하여 評價하고 아울러 防除效果의 環境變異 및 經濟性面을 고려한 綜合評價가 되도록 하여야 할 것이다.

#### 結 言

이상과 같이 除草劑의 効能과 藥害 評價上 우리나라에는 아직 未洽한 점이 많으므로 評價原理의 概略과 當面課題들을 考察하고 여러가지 改善點과 進路를 提示하였으나 무엇보다도 雜草防除研究員과 除草劑 評價擔當者들의 資質向上 및 除草劑處理裝備의 確保가 急先務이고 當面對策으로서는 雜草防除研究委員會를 構成하여 設計의 樹立, 設計의 遂行 및 結果의 評價에 관해 세밀히 檢討하는 한편 現在의 擔當者들에게 試驗遂行方法에 관한 專門技術教育을 實施하는 것이라고 하겠다.

#### 引 用 文 獻

1. Ashton, F.M. and A.S. Crafts. 1973. Mode of Action of Herbicides. A Wiley-Intersci. Publ. p. 1-504.
2. Colouhoun, D. 1971. Lectures on Biostatistics, Clarendon Press, Oxford, p. 274-276, p. 279-364.
3. Fryer, J.D. and S.A. Evans. 1970. Weed Control Handbook Vol. 1. Principles. Blackwell Scientific Publ. Oxford, p. 176-215.
4. Furtick, W.R. and R.R. Romanowski, Jr. 1971. Weed Research Methods Manual with emphasis on establishing new programs, IPPC. Oregon State Univ. Corvallis, Oregon. p. 1-80.
5. Gorter, ChR.J. and W. Van der Zweep. 1964. Morphogenetic Effects of Herbicides. In "The Physiology and Biochemistry of Herbicides", ed. Audus, L.J. Academic Press. p. 235-276.
6. Linser, H. 1964. The design of herbicides. In "The Physiology and Biochemistry of Herbici-

- des<sup>h</sup> ed. Audus, L.J. Academic Press. p.483-505.
7. Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1974. Statistical Methods, The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa p.193-195.
  8. Unterstehöfer, G. 1976. The basic principles of crop protection field trials. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, Vol. 29, p.83-180.
  9. 農藥工業協會 1978 農藥年報
  10. 作物試驗場 1978 試驗研究報告書 1977年度
  11. 湖南作物試驗場 1978 試驗研究報告書 1977年度
  12. 嶺南作物試驗場 1978 試驗研究報告書 1977年度