

## 不良環境下에서의 除草劑 藥害와 輕減技術

權容雄\* · 黃炯植\* · 姜炳章\*\*

### Herbicidal Phytotoxicity under Adverse Environments and Countermeasures

Kwon, Y.W.\*, H.S. Hwang\*, and B.H. Kang\*\*

#### EXTENDED SUMMARY

The herbicide has become indispensable as much as nitrogen fertilizer in Korean agriculture from 1970 onwards. It is estimated that in 1991 more than 40 herbicides were registered for rice crop and treated to an area 1.41 times the rice acreage; more than 30 herbicides were registered for field crops and treated to 89% of the crop area; the treatment acreage of 3 non-selective foliar-applied herbicides reached 2,555 thousand hectares. During the last 25 years herbicides have benefited the Korean farmers substantially in labor, cost and time of farming.

Any herbicide which causes crop injury in ordinary uses is not allowed to register in most country. Herbicides, however, can cause crop injury more or less when they are misused, abused or used under adverse environments. The herbicide use more than 100% of crop acreage means an increased probability of which herbicides are used wrong or under adverse situation. This is true as evidenced by that about 25% of farmers have experienced the herbicide caused crop injury more than once during last 10 years on authors' nationwide surveys in 1992 and 1993; one-half of the injury incidences were with crop yield loss greater than 10%. Crop injury caused by herbicide had not occurred to a serious extent in the 1960s when the herbicides fewer than 5 were used by farmers to the field less than 12% of total acreage. Farmers ascribed about 53% of the herbicidal injury incidences at their fields to their misuses such as overdose, careless or improper application, off-time application or wrong choice of the herbicide, etc. While 47% of the incidences were mainly due to adverse natural conditions. Such misuses can be reduced to a minimum through enhanced education/extension services for right uses and, although undesirable, increased farmers' experiences of phytotoxicity.

The most difficult primary problem arises from lack of countermeasures for farmers to cope with various adverse environmental conditions. At present almost all the herbicides have "Do not use!" instructions on label to avoid crop injury under adverse environments. These "Do not use!" situations include sandy, highly percolating, or infertile soils, cool water gushing paddy, poorly draining paddy, terraced paddy, too wet or dry soils, days of abnormally cool or high air tempera-

\* 서울대학교 農業生命科學大學 (Dept. of Agronomy, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.)

\*\* 高麗대학교 自然資源大學 (Dept. of Food Resources, Korea University, Anam-dong 5-1, Seoul 136-701, Korea.)

ture, etc. Meanwhile, the cultivated lands are under poor conditions : the average organic matter content ranges 2.5 to 2.8% in paddy soil and 2.0 to 2.6% in upland soil ; the cation exchange capacity ranges 8 to 12 m.e. ; approximately 43% of paddy and 56% of upland are of sandy to sandy gravel soil ; only 42% of paddy and 16% of upland fields are on flat land. The present situation would mean that about 40 to 50% of soil applied herbicides are used on the field where the label instructs "Do not use!". Yet no positive effort has been made for 25 years long by government or companies to develop countermeasures. It is a really sophisticated social problem.

In the 1960s and 1970s a subsidy program to incorporate hillside red clayish soil into sandy paddy as well as campaign for increased application of compost to the field had been operating. Yet majority of the sandy soils remains sandy and the program and campaign had been stopped. With regard to this sandy soil problem the authors have developed a method of "split application of a herbicide onto sandy soil field". A model case study has been carried out with success and is introduced with key procedure in this paper.

Climate is variable in its nature. Among the climatic components sudden fall or rise in temperature is hardly avoidable for a crop plant. Our spring air temperature fluctuates so much ; for example, the daily mean air temperature of Incheon city varied from 6.31 to 16.81°C on April 20, early seeding time of crops, within  $\times 2Sd$  range of 30 year records. Seeding early in season means an increased liability to phytotoxicity, and this will be more evident in direct water-seeding of rice. About 20% of farmers depend on the cold underground-water pumped for rice irrigation. If the well is deep over 70m, the fresh water may be about 10°C cold. The water should be warmed to about 20°C before irrigation. This is not so practiced well by farmers.

In addition to the forementioned adverse conditions there exist many other aspects to be amended. Among them the worst for liquid spray type herbicides is almost total lacking in proper knowledge of nozzle types and concern with even spray by the administrative, rural extension officers, company and farmers. Even not available in the market are the nozzles and sprayers appropriate for herbicides spray. Most people perceive all the pesticide sprayers same and concern much with the speed and easiness of spray, not with correct spray.

There exist many points to be improved to minimize herbicidal phytotoxicity in Korea and many ways to achieve the goal. First of all it is suggested that 1) the present evaluation of a new herbicide at standard and double doses in registration trials is to be an evaluation for standard, double and triple doses to exploit the response slope in making decision for approval and recommendation of different dose for different situation on label, 2) the government is to recognize the facts and nature of the present problem to correct the present misperceptions and to develop an appropriate national program for improvement of soil conditions, spray equipment, extension manpower and services, 3) the researchers are to enhance researches on the countermeasures and 4) the herbicide makers/dealers are to correct their misperceptions and policy for sales, to develop database on the detailed use conditions of consumer one by one and to serve the consumers with direct counsel based on the database.

## 緒 言

韓國에서 除草劑가 農家에 普及되어 使用하기 始作한지 約 25년이 되었으며, 1992年現在 除草劑 處理延面積은 벼農事에서 벼栽培面積의 142%, 밭農事에서 밭栽培面積의 88%(土壤 處理劑 84%, 莖葉處理劑 4%)에 이르고, 果園에서는 除草劑가 年間 2-3回 程度 處理되고 있다. 즉 除草劑의 使用은 韓國의 農事에서 매우 重要한 位置를 차지하고 있으며, 그간에 農業勞動節減에 크게 貢獻하여 왔다.

그러나 除草劑는 每年 이곳저곳에서 藥害問題를 惹起시켜 왔는데 民願事項으로 政府의 有關기관에 接受된 것은 적지만(1985-1989年 5年間 17件)<sup>9)</sup> 實際로는 훨씬 많으리라고 생각된다. 除草劑에 의한 藥害는 그 程度가 輕微하면 作物의 收量과 品質에 影響하지 않지만 輕微한 程度를 넘으면 減收와 收穫物의 品質低下는 必然的이므로 被害를 받는 農民편에서는 莫重한 일이다. 한편 農家에서의 除草劑 藥害發生狀況은 體系的으로 調查된 바 매우 적지만 일부 實態調查에 의하면 農民이 過用하거나 誤用하여 발생한 경우가 많고 不良環境條件下에서 藥害가 발생한 경우가 많다<sup>9,13)</sup>.

現在 登錄, 使用되고 있는 除草劑들의 使用指針書를 보면 注意事項에 는 除草劑의 경우 거의 모두 “모래는, 물빠짐이 심한 논, 척박한 논에는 사용하지 마십시오”라는 但書가 있고, 밭 除草劑는 대부분 “모래 땅, 과습한 땅, 살포후 비가 올 때는 藥害의 염려가 있으니 사용하지 마십시오”라는 但書가 있다. 그러나 우리나라 논은 그 面積의 약 43%가 砂壤土와 沙礫土로 構成되어 있고, 밭은 地形上 약 16%만이 平坦地에 分布되어 있으며 砂壤土 및 沙礫土가 全體 밭 面積의 약 51%이다. 즉 우리나라에서 除草劑는 土性이 不良하여 “사용하지 마십시오” 하는 農耕地에 使用하는 比率이 40~50%되는 셈이고, 그와 같이 不良環境比率이 높은 것에 비하면 그간에 除草劑 藥害問題에 대한 國家的 社會的 關心과 對策은 극히 消極的이고 受動的이어 왔다. 즉 農家에서 問題가 發生하면 대부분의 경우 그 除草劑를 생산한 會社에서 狀況을 判斷하여 被害를 補償하는

경우가 많았고, 關係機關은 民願事項에 關係 처리하는 方式이어 왔으며, 藥害發生 原因과 責任이 不明하고 民願上 被害額이 커져 紛爭化 되는 경우에는 農藥安全使用委員會에 의해 原因分析을 依賴하기도 하였다. 따라서 藥害實態 把握마저도 대단히 未洽하게 經過하던 중 1989年 Quinclorac含有 除草劑들의 後作物에 대한 藥害問題가 發生하였고 그에 따른 除草劑의 登錄 및 普及管理上 조치는 外國에서 事例를 찾기 어려울 정도로 강화되기에 이르렀다. 최근에 이와 같이 死後藥方問式으로 關心이 높아지고 制度가 강화되었다고는 하나 土性面에서만도 除草劑를 “사용하지 마시오”에 해당하는 農耕地가 農耕地 全體面積의 40~50%나 되는 우리의 與件에 비하면 除草劑 藥害問題에 대한 國家的 社會的 對策은 아직도 극히 未洽하다고 할 것이다.

한편 除草劑의 藥害問題와 對策에 관한 研究도 不振한 편이었지만 그간에 學界로 부터는 종종 對策이 提示되었는데 우리나라에서 는 除草劑 使用이 本格化된 時期인 1978년에 權<sup>11)</sup>은 除草劑의 效能과 藥害評價上의 當面課題에 關係, 梁·李<sup>11)</sup>는 土壤中에 있어서 藥害變動에 關係, 그후 梁·全(1982)<sup>12)</sup>은 耕地土壤特性에 關聯된 藥害, 權等(1984)<sup>13)</sup>은 논 除草劑에 의한 藥害發生要因에 關한 全國的인 農家實態調查와 圃場實驗研究, 金(1990)<sup>9)</sup>은 除草劑의 藥效 및 藥害 民願事例檢討, 金(1990)은 除草劑 藥害 및 評價, 金(1992)<sup>8)</sup>은 벼 直播栽培를 중심으로 除草劑 藥害發生樣相과 輕減對策에 關係 發表하였으며, 以上이 學界에서 除草劑 藥害問題에 關係 綜合檢討 발표한 거의 全部라고 할 수 있는 정도이다.

이와 같은 與件下에서 筆者는 1992년에 논 除草劑 使用實態와 藥害에 關係 全國의 250農家에 대해 調查하였고<sup>4)</sup> 1993년에 밭 除草劑 使用實態와 藥害에 關係 400農家에 대해 調查하였으며<sup>5)</sup>, 除草劑의 藥害發生과 對策에 關係 研究를 계속하고 있는 바 그간에 얻은 知見을 本稿를 통해 發表하게 되었음을 깊이 感謝한다.

筆者들은 本稿에서 그간의 除草劑의 藥害發生樣相과 原因을 살펴보고 藥害發生에 關與하는 要因別로 우리나라의 特性을 分析하여 向後 除草劑 藥害發生을 줄일 수 있는 代案마련의 基礎를 마

련하고자 한다. 그중에 특히 藥害發生의 가장 큰 要因中の 하나로 指摘되고 있는 砂質土壤에서의 藥害發生에 대해서는 藥害輕減技術의 한가지 例<sup>15)</sup>를 提示하고자 한다. 그리고 今後 改善되어

야 할 藥劑 登錄過程上的 除草劑藥害評價制度의 改善方向, 農業政策의 解決課題, 除草劑의 生産 供給者로서의 農藥製造會社의 役割에 대하여 몇 가지 時急히 要求되는 點을 提案하고자 하였다.

**Table 1.** Shift in the use of rice herbicides in the past 10 years in Korea.

1991		1986		1981	
Herbicide	% acreage	Herbicide	% acreage	Herbicide	% acreage
<b>Single</b>					
Butachlor	35.6	Butachlor	80.0	Butachlor	82.8
Thiobencarb	2.0	Thiobencarb	4.5	Thiobencarb	10.9
Pretilachlor	6.9	Pretilachlor	5.2	Bifenox	2.5
Oxadiazon E.C.	5.4	Oxadiazon E.C.	4.9	Oxadiazon E.C.	1.9
Others	0.4	Chlometoxyfen	2.0	Nitrofen	5.2
		Bifenox	1.2	Others	0.5
		CNP	1.1		
		Others	2.8		
Subtotal	50.3		101.7		103.8
<b>Mixture</b>					
Butachlor + Chlometoxyfen	5.8	Butachlor + Chlometoxyfen	4.7	Piperophos + Dimethametryn	3.2
Butachlor + Pyrazolate	12.4	Butachlor + Pyrazolate	8.1	Molinate + Simetryne	0.3
Butachlor + Bensulfuron	23.2	Piperophos + Dimethametryn	2.7	Others	-
Quinclorac + Bensulfuron	2.8	Molinate + Simetryne	2.3		
Mefenacet + Bensulfuron	5.5	Thiobencarb + Naproanilide	1.3		
Pretilachlor + Bensulfuron	4.7	Pretilachlor + naproanilide	1.2		
Molinate + Pyrazosulfuron	3.3	Others	3.3		
Thiobencarb + Pyrazosulfuron	3.2				
Butachlor + Pyrazosulfuron	5.1				
Quinclorac + Pyrazosulfuron	1.0				
Thiobencarb + Bensulfuron	2.4				
Dithiopyr + Bensulfuron	0.3				
Mefenacet + Bensulfuron + Dymron	2.6				
Others	4.1				
Subtotal	76.4		23.6		3.5
<b>Foliar sprays</b>					
Bentazone E.C.	7.8	Bentazone E.C.	0.4	Bentazone E.C.	0.7
Bentazone + Quinclorac W.P.	2.6	Others	4.3	Others	6.8
Others	4.8				
Subtotal	15.2		4.7		7.5
Total	141.9		130.0		114.8
Rice crop acreage (ha)	1,206,613		1,232,679		1,212,258
(%)	(100)		(100)		(100)

\* Minor herbicides less than 0.3% for each in the ratio of the treated acreage to the rice acreage are excluded.

### 1. 除草劑 使用의 增加와 農家에서의 除草劑 藥害發生 樣相

우리나라에서 農民이 除草劑를 使用하기 始作한 것은 1968年頃이지만 不過 10年後인 1978年에 除草劑 處理延面積은 벼農事와 果樹園의 경우 100%에 이르렀고 밭作物은 25%程度이었다<sup>6)</sup>.

除草劑의 使用率이 작은 除草劑 普及 初期에는 使用技術이 未熟하여 藥害發生의 우려가 크기도 하지만 使用에 있어서 새로운 것, 잘모르는 것에

대한 조심성도 커서 藥害發生機會가 적기도 하다. 그러나 除草劑使用이 普遍化되면 技術普及도 發展하지만 조심성이 작아질 뿐만아니라 使用者가 多樣해지면서 誤用하는 農民도 늘게되며, 使用面積이 增加하면 不良環境에서의 使用機會도 커서 藥害發生要因은 오히려 增大된다고 할 수 있다. 그리고 除草劑들은 각각 登錄時에 制度上 規定한 바 藥害에 대한 安全性試驗에 合格되어야 普及되지만 서로 다른 使用環境條件下에서 모든

Table 2-1. Shift in the use of upland crop herbicides in the past 10 years in Korea.

Herbicide & Treated area (ha)	1991 (%)	1986 (%)	1981 (%)
<b>Pre-emergence type</b>			
Alachlor	586, 574 (52.2)	535, 286 (40.1)	305, 406 (19.7)
Butachlor	50, 567 ( 4.5)	46, 720( 3.5)	46, 509( 3.0)
CNP	3, 371( 0.3)	-	6, 201( 0.4)
Simazine	6, 742( 0.6)	10, 679( 0.8)	7, 751( 0.5)
Methabenzthiazuron	41, 577( 3.7)	14, 684( 1.1)	1, 550( 0.1)
Naproanilide	25, 845( 2.3)	8, 009( 0.6)	7, 751( 0.5)
Pendimethaline	103, 380( 9.2)	24, 028( 1.8)	-
Trifluralin	-	46, 721( 3.5)	-
Ethalfuralin	10, 113( 0.9)	-	-
Metolachlor	89, 896( 8.0)	-	-
Alachlor + Pendimethaline	23, 598( 2.1)	-	-
Metolachlor + Prometryn	2, 247( 0.2)	-	-
Linuron	-	21, 358( 1.6)	13, 953( 0.9)
Nitrofen	-	-	26, 355( 1.7)
Subtotal	943, 910(84.0)	707, 485(53.0)	415, 476(26.8)
<b>Grass killer (Post emergence)</b>			
Fluazifop-butyl	34, 834( 3.1)	-	-
Sethoxydim	21, 350( 1.9)	-	-
Subtotal	56, 184( 5.0)	-	-
Total	1, 000, 094(89.0)	707, 485(53.0)	415, 476(26.8)
Upland crop acreage (ha)	1, 123, 705	1, 334, 878	1, 550, 288
(%)	(100)	(100)	(100)

\* ( ) ; the ratio of the treated area to crop acreage.

\*\* Minor herbicides less than 0.1% in the ratio for each are excluded.

Table 2-2. Shift in the use of non-selective foliar herbicides in the past 10 years in Korea.

Herbicide & Treated area (ha)	1991 (%)	1986 (%)	1981 (%)
Paraquat	2, 141, 782(146.5)	1, 001, 159( 59.7)	344, 164( 18.5)
Glyphosate	231, 483( 15.8)	60, 070( 3.6)	18, 602( 0.2)
Glufosinate	182, 040( 12.5)	-	-
Subtotal	2, 555, 305(174.8)	1, 061, 229( 63.3)	362, 766( 18.7)
Acreage of upland & orchard & nearly non-cropland (ha)	1, 462, 129(100.0)	1, 677, 747(100.0)	1, 864, 594(100.0)

\* ( ) : Acreage ratio (%)

除草劑가 똑같은 정도로 藥害에 安全한 것은 아니므로 實際 農家에서의 藥害發生 立地를 理解하기 위해서는 그간의 논과 밭, 그리고 果園 等地에서의 除草劑 使用量變化를 除草劑 種類別로 살펴볼 필요가 있다. 다음 表 1, 2는 지난 10여년간의 除草劑 使用上 變化를 정리한 成績이다. 表 1

에서 보면 水稻作에서의 除草劑 使用은 1981년에 벌써 全體 논에 1回以上 除草劑를 使用하였고 그以後에 一年生除草劑를 中心으로하는 單劑의 使用量은 減少하였으나 合劑의 使用이 크게 增加하면서 논 除草劑의 全體使用量이 꾸준히 增加하였다. 즉 1981年 前後에는 一年生방제를 위한 單

**Table 3.** Herbicidal injury incidences in rice crop during 1981 to 1990.

District and Herbicide	Respondent	Incidence (%)	Treated area (10a)	% incident area	Yield loss (%)					
					0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	Mean
<b>Kyungki</b>										
Butachlor	39	4	28.3	100.0	3				1	20.0
Oxadiazon		3	29.0	70.5	3					3.3
Bentazon		1	3.0	0.3	1					0.0
Bifenox+ Perfludone		1	6.0	100.0		1				15.0
Subtotal	39	9	66.3	82.6	7	1			1	12.8
<b>Choongnam</b>										
Butachlor	28	3	23.0	95.7	2	1				3.3
Butachlor+ Chlomethoxyfen		3	55.0	10.9	2	1				2.0
Butachlor+ Bensulfuron-methyl		1	15.0	6.7			1			25.0
Thiobencarb		1	14.7	95.2	1					3.0
Oxadiazon		4	40.0	18.8	4					0.0
Molinate+ Simetryne+ MCPB		1	14.5	10.3	1					0.0
Quinclorac+ Bensulfuron-methyl		1	3.0	100.0	1					0.0
Bifenox+ Perfludone		1	7.5	100.0		1				10.0
Subtotal	28	15	172.7	36.2	11	3	1			5.4
<b>Chonbuk</b>										
Butachlor+ Bensulfuron-methyl	47	1	0.9	100.0	1					0.0
Oxadiazon		2	18.0	26.7	2					0.0
Subtotal	47	3	18.9	30.0	3					0.0
<b>Cheonnam</b>										
Butachlor	23	4	6.1	54.1	1	1	2			18.3
Subtotal	23	4	6.1	54.1	1	1	2			18.3
<b>Gyungnam</b>										
Butachlor	42	3	3.6	58.3	1		2			20.0
Butachlor+ Pyrazolate		3	2.6	34.6	3					5.0
Thiobencarb		3	1.6	68.8	1		2			19.0
2, 4-D		1	0.9	11.1		1				10.0
Bentazon		1	0.4	50.0		1				20.0
Molinate+ Simetryne+ MCPB		1	1.8	100.0	1					0.0
Quinclorac+ Bensulfuron-methyl		1	0.4	100.0					1	50.0
Subtotal	42	13	11.3	58.4	6	2	4		1	11.3
Total (%)	179 (100)	44 (24.6)	275.3	48.3	28 (63.6)	7 (15.9)	7 (15.9)		2 (4.5)	9.6

\* 250 farms were inquired of in 1992.

劑使用이 주도적이었으나 10년후인 1990年代에는 一年生 및 多年生劑의 混合劑, 소위 一發處理劑 中心의 時期였다. 이 10年間은 除草劑使用 規模도 增加하였지만 使用藥劑의 內容面에서도 크게 變化한 時期였다.

이 期間中에 밭에서의 除草劑 使用量의 增加 傾向은 더욱 뚜렷하였다. 1981년에는 全體 밭 面積의 50%에만 除草劑가 使用되었으나 10年後인 1991년에는 發生前處理劑나 莖葉處理劑, 非選擇性除草劑 모두 크게 增加하여 果園 等地를 포함 하면 全體 밭 面積의 3배가 넘는 面積에 該當하는 除草劑가 使用되었다. 그러나 그동안 이처럼 使用規模의 급격한 增加一路에 있었던 除草劑의 安全使用을 위한 與件造成活動은 그 어느 것도 뚜렷하게 推進된 것이 없었다. 除草劑가 논이건

밭이건 全國의 어느 곳에서나 1回以上 使用하게 됨에 따라 크고 작은 藥害事件이 잇따라 發生하였고 藥害의 發生要因도 매우 多樣하게 드러났다.

1992년에 全國의 毒농가 250農家를 對象으로 벼農事에서의 지난 10년간 약해발생에 관하여 調査한 바 175農家가 對答하였는데 表 3에서와 같이 그중 24.6%가 藥害를 經驗한 적이 한번 이상 있었다고 答하여 적지않은 農家가 藥害의 被害를 입은 事實이 있었음을 보였다. 藥害發生時 이들의 절반 以上은 收穫量이 10% 以下 減少하는 比較的 작은 規模의 被害만을 받았다고 하였으나 나머지 約 40%에 該當하는 農家는 10% 以上の 收量이 減少하는 被害를 받았으며, 일부농가는 收量이 반가량이나 減少하는 매우 큰 被害를 보

Table 4. Incidence records of herbicidal injury in field crops in the past 10 years(1983~1992).

CROP	District								Total	
	Kyung-ki	Kang-won	Gyung-nam	Gyung-buk	Chon-nam	Chon-buk	Choong-buk	Che-ju	Respondent %	farmers
Red pepper	9	1	2	9	2	1			24	6.00
Chinese cabbage		1		1	1	1	2		6	1.50
Radish		1					1		2	0.50
Vegetable chrysanthemum				1					1	0.25
Cucumber				1	1		2		4	1.00
Squash							1		1	0.25
Water melon	1		1	1		1	2	1	7	1.75
Oriental melon	1	1							2	0.50
Garlic							1		1	0.25
Onion			1						1	0.25
Welsh onion	3								3	0.75
Carrot							1		1	0.25
Baloon flower				1					1	0.25
Soybean	4	1	1	3	4	3		4	20	5.00
Red bean	1					1			2	0.50
Maize		4		1	1		2		8	2.00
Peanut				1		1			2	0.50
Potato		3	1						4	1.00
Sweet potato						1			1	0.25
Sesame	4	1	3	10				1	19	4.75
Perilla	2		1						3	0.75
Apple							1		1	0.25
Tobacco							2		2	0.50
TOTAL	25	13	10	29	9	9	15	6	116	29.0
(%)	*(21.6)	(11.2)	(8.6)	(25.0)	(7.8)	(7.8)	(12.9)	(5.1)	(100.0)	

\* 400 farms were inquired of crop injury in 1993.

\* 29.0% of the farms have had the injury incidence.

있다고 답하여 藥害問題의 深刻性을 환기시키고 있다.

우리나라에서 밭작물의 재배는 山岳이 많아 地帶가 다양하고 作物栽培面積單位가 狹小하고 여러 作物이 同一場所에 同時栽培되고 있는 狀況도 除草劑藥害發生에 有利한 與件이다.

그리고 밭作物栽培에서의 除草劑 藥害는 1993 年에 全國적으로 毒농가 400農家를 대상으로 調査하였던 表 4에서와 같이 116農家가 藥害經驗이 있다고 답하였고 특히 고추, 콩, 옥수수, 배추 등 밭作物들 중 栽培面積이 큰 作物에서는 藥害를 경험한 農家도 많았다. 참깨의 경우 登錄된 藥劑의 수는 적으나 除草劑 藥害에 매우 예민하여 많은 수의 農家가 藥害를 경험한 것으로 나타났다. 또 除草劑藥害는 菜蔬 등의 밭 作物에만 국한되지 않고 사과와 같은 果樹作物에서도 문제되고 있는 것으로 나타났다.

그리고 農家에서의 藥害發生 原因에 關係 問議한 바 農民들은 表 5에서와 같이 생각하고 있었다. 이들을 要因別로 살펴보면 먼저 過量使用, 藥劑處理方法의 미준수, 不注意한 撒布, 除草劑選擇의 잘못 등 除草劑 使用上의 未熟으로 인한 藥害發生이 發生原因의 절반이 넘는 53.2%를 차지하여 우리나라 農家의 除草劑使用方法에 대한 認識不足의 현실을 강하게 示唆하고 있다.

특히 여러가지 要因중 藥量의 過多使用에 따른 藥害의 發生이 단연 많았는데 이는 農民들이 安定的 藥效를 확보하기위해 무작정 使用量을 늘리고 있다고 해석할 수 있는 것으로서 除草劑의 安全使用, 혹은 效果의 使用에 대한 農家意識 缺如라는 問題點을 여실히 말해주는 것이었으며, 앞으로 本質的 改善이 要望된다고 하겠다. 우리 國民性에서 藥效를 빨리 보고 확실히 얻기위해 過量使用하는 것은 감기에 걸려도, 補藥을 들을 때에도 흔히 있는 痼疾이다.

土性, 溫度, 降雨 등으로 代表되는 環境要因에 의한 藥害發生比率도 높아 環境要因 역시 除草劑 藥害發生의 重要要因으로 나타났다. 이들 環境要因에 의한 藥害는 면밀한 要因分析과 藥害輕減技術의 研究를 통하여 적절한 對策이 수립되고 이렇게 開發된 技術을 農家에 보급하므로써 해결될 수 있는 부분일 것이다. 그러나 그간 環境要因에 따른 除草劑 藥害에 대한 研究活動이 부족하였고 당연히 이러한 類의 藥害에 대한 防止技術도 거의 研究되거나 確立된 바가 없어 今後 除草劑 安全使用의 큰 課題로 나타났다.

이러한 環境要因에 따른 藥害에 대해서는 表 6, 7에서 보는 바와 같이 實際로 우리나라에서 사용되고 있는 各種 除草劑들의 使用說明書에서의 큰 問題點으로 지적할 수 있다.

Table 5. Farmer's opinion on the major factor probably induced field crop injury of the herbicides.

Factor	District									Total	
	Kyung-ki	Kang-won	Gyung-nam	Gyung-buk	Chon-nam	Chon-buk	Choong-buk	Che-ju	Respondent %	farmers	
Overdose	4	5	4	4	5	2	7	4	35	8.75	
Improper application	5	3			2		1		11	2.75	
Off-time application	1	3	3	4		4		1	16	4.00	
Sandy soil	7			2			3	1	13	3.25	
Too warm	3	1	1	7	2				14	3.50	
Cool weather				1					1	0.25	
Rain	2	1		7			3		13	3.25	
Careless application	2					1			3	0.75	
Wrong choice of herbicide	1								1	0.25	
Unknown	2	2	3	6		2	2		17	4.25	
TOTAL	27	15	11	31	9	9	16	6	124	31.00	

\* 400 farms were inquired of crop injury in 1993.



**Table 6.** Cautions on label of the rice herbicides with regard to probable crop injury under the adverse environment.

⊙ : Should not use. ● : Do not use. ○ : Avoid to use. ◇ : No comment.

Herbicides	Causal Factors									Others
	Sandy	High percolation	Cold Water gushing	Poor drainage	Infer-tile	Ter-race	Ga-seous	Too cool	Too warm	
① Rice nursery										
Propanil E.C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	○	◇	
Quinclorac+ bentazone E.C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
② Nursery and preemergence										
Thiobencarb G.	●	●	●	●	●	●	●	○	◇	
CNP G.,	●	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Chlometoxyfen G.	●	●	●	◇	●	●	◇	◇	◇	
③ Preemergence										
Bifenox G.	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	Do not apply onto wet leaves.
Oxadiazon E.C.	●	●	◇	◇	◇	◇	●	◇	◇	
Butachlor G.	●	●	◇	◇	◇	◇	○	◇	◇	
Butachlor E.C.	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Perfluidone G.	●	●	●	●	◇	●	◇	◇	◇	
Thiobencarb+ naproanilide G.	●	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Butachlor+ chlometoxyfen G.	○	○	◇	○	○	◇	◇	◇	◇	Do not apply onto wet leaves.
Butachlor+ naproanilide G.	○	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	○	
Butachlir+ pyrazolate G.	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	○	◇	
Pretilachlor G.	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Pretilachlor+ naproanilide G.	●	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Pyrazoxyfen+ pretilachlor G.	●	●	●	◇	◇	◇	◇	○	○	
Pyrazoxyfen+ piperophos G.	●	●	●	◇	◇	◇	◇	●	○	
Butachlor+ bensulfuron G.	●	●	◇	◇	○	◇	○	◇	○	
Bifenox+ perfluidone G.	●	●	●	●	●	◇	◇	◇	◇	
Pyrazoxyfen+ butachlor G.	●	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	○	
Mefenacet+ pyrazolate G.	●	●	●	●	●	●	○	○	◇	
Pyrazosulfuron+ butachlor G.	●	●	●	●	●	●	◇	◇	◇	
Bensulfuron+ thiobencarb G.	●	●	●	●	●	●	●	◇	○	
Oxadiazon+ bensulfuron G.	●	●	◇	◇	●	◇	●	◇	○	
Bensulfuron+ pretilachlor G.	●	●	●	●	●	●	⊙	◇	○	
Pyributicarb+ bensulfuron G.	●	●	◇	◇	●	◇	●	◇	○	
Pretilachlor E.C.	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Dithiopyr+ pyrazosulfuron G.	●	●	●	●	●	●	●	○	○	
Pretilachlor+ fenclorim G.	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	

Table 6. Continued.

⊙ : Should not use. ● : Do not use. ○ : Avoid to use. ◇ : No comment.

Herbicides	Causal Factors									Others
	Sandy	High perco- lation	Cold Water gushing	Poor drainage	Infer- tile	Ter- race	Ga- seous	Too cool	Too warm	
Bensulfuron+ pretilachlor+ dymron G.	●	●	●	●	●	●	●	◇	○	
Pyrazoxyfen+ thiobencarb G.	●	●	●	◇	◇	◇	◇	○	●	
Pretilachlor+ pyrazosulfuron G.	●	●	●	●	●	●	●	◇	◇	
④ Pre- and early post emergence.										
Mefenacet G.	●	●	◇	◇	◇	◇	●	◇	◇	
Pyrazosulfuron+ thiobenarb G.	●	●	●	●	●	●	●	○	○	
Dimepiperate+ bensulfuron G.	◇	●	◇	◇	●	◇	●	◇	◇	
Mefenacet+ bensulfuron G.	●	●	◇	◇	●	◇	○	◇	◇	
Dithiopyr+ bensulfuron G.	●	●	◇	◇	●	◇	○	◇	○	
Esprocarb+ bensulfuron G.	●	●	◇	◇	●	◇	○	◇	○	
Pyributicarb+ bensulfuron F.L.	●	●	◇	◇	●	◇	●	◇	◇	
⑤ Early post emergence										
Piperophos+ dimethametryn G.	●	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	○	
Molinate+ symetryne G.	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	●	
Molinate+ symetryne+ MCPB G.	○	○	○	●	◇	◇	◇	○	●	
Pyrazosulfuron+ molinate G.	●	●	●	●	●	●	◇	◇	◇	
Pyrazosulfuron+ quinclorac G.	●	●	●	●	●	●	●	◇	◇	
Quinclorac+ bentazone G.	●	●	●	●	●	●	◇	◇	◇	
Bensulfuron+ quinclorac G.	●	●	●	●	●	●	⊙	●	○	
Mefenacet+ bensulfuron+ dymron G.	●	●	◇	◇	●	◇	○	◇	◇	
⑥ Foliar spray										
2,4-D E.C.	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	●	◇	
2,4-D W.P.	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	●	◇	
Bentazone E.C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	

논 除草劑나 밭 除草劑 모두 土壤條件, 溫度, 降雨 等에 대해 고루 注意를 하고 있는데 共通의 土壤條件에 대한 注意가 가장 많은 比重을 차지하고 있다. 논 除草劑에서는 藥害를 우려하

여 사용하지말라는 注意事項의 要因중 95.6%가 土壤條件에 관한 것이고, 특히 58.5%는 土性에 관련된 것이어서 논 除草劑의 藥害에 있어서는 土性和 직접 관련되는 要因들이 가장 중요한 측

**Table 7.** Cautions on label of the herbicides for upland crops with regard to crop injury under adverse environment.

◎ : Should nor use. ● : Do not use. ○ : Avoid to use. ◇ : No comment.

Herbicides	Causel Factor										Others
	Sandy soil	P.E. film mulch	Infer-tile soil	Too moist soil	Too dry soil	Heavy rain	Too warm	After crop emergence	With caution for after crop	Rainy day	
① Preemergence soil applied											
Alachlor E. C.	●	●	●	○	◇	◇	◇	○	◇	◇	
Alachlor G.	●	◇	●	○	●	◇	◇	◇	◇	◇	
CNP E. C.	◇	◇	◇	◎	◇	◎	◇	◎	◇	◇	
CNP W.P.	◇	◇	◇	◇	◇	●	◇	◇	◇	◇	
Simazine G.	◇	●	◇	◇	◇	◇	◇	○	◎	◇	
Napropamide W.P.	●	◇	●	●	◇	●	◇	◇	◇	◇	
Napropamide E. C.	●	◇	◇	●	◇	◇	◇	●	◇	◇	
Butachlor E. C.	◇	◇	◇	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Metribuzin W.P.	○	●	○	◇	○	●	◇	●	●	◇	
Linuron W.P.	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	●	
Methabenz-thiazuron E. C.	●	●	●	●	◇	●	●	○	○	●	No wetting after spray.
Trifluralin E. C.	○	◇	◇	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Prometryn W.P.	○	●	◇	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Nitralin W.P.	◇	◇	◇	◇	◇	●	◇	◇	◇	◇	Do not overlap with other spray.
Pendimethalin G.	◇	◇	◇	●	●	◇	◇	◇	◇	◇	
Pendimethalin S.G.	●	●	●	◇	●	◇	◇	◇	◇	◇	
Pendimethalin + linuron W.P.	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Pendimethalin + linuron E. C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Alachlor + pendimethalin E. C.	●	●	●	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Metolachlor + prometryn E. C.	●	◇	◇	○	◇	◇	◇	●	◇	◇	
Oxadiazon E. C.	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Oxadiazon + pendimethalin E. C.	●	◇	●	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	
Ethalfluralin E. C.	●	◇	◇	●	○	◇	◇	◇	◇	◇	
Metolachlor + prometryn G.	●	◇	◇	●	○	●	○	◇	◇	◇	
Clomazone E. C.	●	◇	●	●	◇	●	○	○	◇	◇	
Metolachlor E. C.	●	◇	◇	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Metolachlor G.	○	◇	◇	○	○	◇	◇	◇	◇	◇	
② Foliar application											
Alloxydim-sodium W. S. P.	◇	●	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Haloxifop-methyl E. C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Sethoxydim E. C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Fluazifop-butyl E. C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Quizalofop-ethyl E. C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Clethodim E. C.	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	
Methabenzthiazuron + prometryn W. P.	●	◇	●	●	◇	◇	◇	◇	○	◇	Do not overlap with other spray. No wetting after spray.
Pendimethalin E. C.	●	●	◇	◇	○	◇	◇	◇	◇	◇	

면역을 분명하게 보이고 있다. 더욱 심각한 현실은 총 51개의 등록 농 除草劑 중 80%를 넘는 42

개의 品目이 砂質畝 또는 漏水畝에서는 사용하지 말라고 주의하고 있어 砂質畝에서의 安全使用 對

策마련이 時急한 課題이다.

밭 除草劑의 使用說明書에서도 藥害를 우려하여 사용하지 말라는 주의사항의 要因중 60%가 土壤條件에 관한 것이어서 논 除草劑와 마찬가지로 土壤條件이 역시 가장 큰 比重을 차지하고 있다. 또 總 35個의 登錄 밭 除草劑중 51.4%에 해당하는 18個 品目이 砂質土에서는 사용을 禁止하고 있어 밭 除草劑의 경우도 砂質土에서의 安全使用 對策 마련이 역시 시급한 課題이다.

除草劑 使用藥量에 대한 農民의 認識不足狀態를 端的으로 말해주는 또 하나의 例를 表 8과 表 9를 통해 볼 수 있다. 이 農家調查는 앞서 1992年 調查와는 다른 1984年의 조사<sup>2)</sup>이었는데 논 除草劑의 藥害發生原因으로 調查對象農民의 69.5%는 除草劑의 過量使用을 들었고 除草劑의 藥效가 떨어질 경우의 對處方案을 묻는 質問에는 表 9에서와 같이 충격적으로 77.8%나 되는 農家가 除草劑 使用量을 늘린다고 답하였다. 除草效果가 부족하니 推薦藥量을 超過하는 많은 藥量을 撒布하고, 過多藥量을 撒布하였으니 그 結果로써 作

物의 藥害를 보는 것이다. 매우 단순한 認識不足의 문제지만 우리나라 除草劑 使用實態의 매우 심각한 斷面이다.

또 한가지 단순한 不注意와 認識의 缺如에서 발생하는 藥害事故의 한 類型은 表 8에서와 같은 것들이다. 여섯사람중 한사람의 比率로 除草劑를 殺蟲劑나 殺菌劑로 잘못알고 사용하여 藥害를 경험하였다고 답한 것이나, 세사람에 한사람의 比率로 除草劑를 撒布하고 난 噴霧機를 洗滌하지 않고 사용하여 藥害를 입었던 적이 있다고 답한 結果로 부터 또다른 類型의 除草劑 使用上의 不注意 혹은 認識不足의 現實을 뚜렷이 읽을 수 있다.

## 2. 藥害誘發 環境과 原因分析

除草劑의 藥害發生은 不良環境下에서 發生되거 업고 除草劑의 藥害發生이 우려되는 不良環境은 1)氣象의 要因으로 異常高溫, 異常低溫, 溫度의 急激한 日較差 變化, 降雨, 바람, 長期的 日照不足 등을 들수 있고, 2)土壤的 要因으로 地形, 土

Table 8. Farmers' opinion on the causal factor of the pesticide phytotoxicity in the rice crop.

1. Causal factors		% respondents
Wrong choice of the pesticide		16.9
Overdose application		44.1
Higher concentration than the instruction(Less dilution)		25.4
The rice crop grown weak		3.4
Tank mixing of pesticides		6.8
Adverse weather condition		3.4
Total		100.0
2. Experience of mistaken spray of a herbicide for intention of an insecticide/fungicide spray	: YES	18.1
	: NO	81.9
3. Experience of rice injury after spraying insecticide/fungicide due to no good washing the tank after herbicide spray	: YES	34.3
	: NO	65.7

\* 200 farmers were inquired of and 178 farmers responded.

Table 9. Measures taken by farmers following unsatisfiable efficacy of the chosen pesticide.

Measures	% respondents
Increased the concentration of the chosen pesticide	34.8
Applied higher dose than the recommended	25.9
Applied once more	17.1
Used another pesticide for the same pest.	22.2
Total	100.0

\* 158 farmers responded.

性, 粘土鑄物의 特性, pH, C.E.C, A.E.C, 土壤水分의 過多·不足, 地下水位, 土壤構造 및 排水特性 등을 들수 있으며, 3) 栽培의 環境으로 栽培樣式, 地均作業, 作畦, 移植作業, 播種, 피복, 施肥, 灌溉管理, 品種特性 등이 있고, 4) 社會的 要因으로 농민의 技術水準 및 意慾, 技術普及及 技術管理, 農作業 裝備와 農業勞動力 등을 들수 있다.

이러한 要因들중 우리나라에서 特徵적으로 중요한 要因들 몇가지에 대해 重點적으로 각 要因이 除草劑 藥害에 어떻게 影響하는가 分析 提示 하고자 한다.

### (1) 溫度와 除草劑의 藥害

溫度環境은 모든 物質의 에너지水準에 影響한다. 物質이 갖고 있는 에너지水準이 달라지면 物質의 狀態가 달라지고 固體, 液體, 氣體로 구분하는 物質의 三相도 각 物質이 처한 溫度狀況에 따라 決定되는 것이다. 즉 物質構成分子들의 活性은 同一한 相內에서도 溫度가 높아지면 그에 따라 높아지며 理想氣體에 대해서는  $PV=nRT$  法則에서, 그리고 化學反應에서의 分子들이 갖는 自由에너지는  $Gibb's\ Free\ Energy$  法則  $G=nRT\ln k$  ( $k$ 는 平衡상수)에서 보는 바 모두 온도에 比例함을 알 수 있다.<sup>21)</sup>

즉 溫度環境은 除草劑 分子들이 土壤에 吸着되고 移動하며 植物體에 吸收되고 植物體內에서 殺草作用을 하거나 無毒化되는 모든 過程에 影響하는데 土壤處理劑의 경우 溫度가 높아지면 除草劑의 水溶解度는 증가하나 土壤粒子에의 吸着은 減少하고 除草劑의 移動性이 커져 植物體에 많이 吸收되며 따라서 殺草效果가 增大되지만 同時에 作物에 대한 藥害誘發性도 增大하게 되며, 莖葉處理劑의 경우에도 溫度가 높아지면 植物體의 除草劑 吸收速度가 빨라지고 吸收量이 增加하여 藥害誘發性이 커진다.

실제로 晝夜溫度 25°C/20°C와 35°C/25°C의 서로 다른 溫度條件에서의 Bensulfuron-methyl을 處理하고 벼 줄기에서의 濃度を 測定한 결과 處理 1日後 低溫條件에서는 0.28ppm이었으나 高溫條件에서는 0.66ppm이었고, 7日後에는 각각 0.12ppm 및 0.59ppm으로 나타나 溫度條件에 따라 벼의 Bensulfuron-methyl 吸收量에 크게

차이가 있음을 보였다고 하였다.<sup>22)</sup>

또한 筆者의 研究<sup>20)</sup>에 의하면 Quinclorac+Bensulfuron-methyl의 混合劑를 각각 60g, 10.2gai/10a의 藥量으로 處理하였을 때 除草劑를 處理하지 않은 無處理區의 벼 生長量에 대하여 晝夜溫度 20°C/10°C에서의 相對生長量은 78.85%였고, 23°C/17°C 條件에서는 59.38%, 30°C/20°C 條件에서는 44.17%로 역시 溫度가 높은 條件에서 除草劑의 作物生育抑制程度가 현저히 컸었다.

이와같은 物理化學的 原理 및 植物生理面에서 豫測할 수 있는 高溫에 의한 藥害誘發可能性 增大는 실제로 日本에서 1963-1978年の 16年間 發生한 水稻用 除草劑 藥害件數 263건중 89건(33.8%)이 異常高溫이 原因이었고, 韓國에서는 지난 10年間 발除草劑使用中 藥害發生의 原因에 관하여 400농가에 대해 1993년에 調査<sup>5)</sup>하였던 바 藥害發生 經驗농가중 11.3%가 高溫에 의하여 藥害가 發生했다고 하였다.

이러한 狀況을 막연히 考慮하여 우리나라 除草劑의 使用說明書에서는 表 6에서와 같이 總 51個 品目중 19個 品目이 高溫時의 藥害發生可能性을 警告하고 있다. 또 南部 二毛作地帶에서는 相對적으로 高溫期에 除草劑를 使用하고 있는데 他地域에 비해 벼가 除草劑에 의한 stress를 더 많이 받는 것으로 알려지고 있다.

그리고 低溫條件도 종종 藥害를 誘發하는데 低溫條件에서는 除草劑를 處理하지 않은 경우에도 作物體는 低溫stress를 받아 生育이 不進하고 正常生育을 못할 뿐만아니라 除草劑를 處理한 경우 除草劑의 活性度는 낮지만 作物體가 無毒化하는 能力이 떨어져 藥害가 나며, 특히 低溫이었다가 高溫으로 변할때 除草劑吸收가 현저히 增加하고 이미 低溫일때 吸收되었던 除草劑와 合流되면 作物體가 無毒化하는 速度를 超過해 藥害를 發生케 하는데 Phenoxy系 및 Hormone형 除草劑는 低溫時 藥害를 誘發하기 쉽다. 포졸이 慶北 尙州의 中山間地帶에서 藥害를 誘發했던 것도 表 10에서 보는 바와 같이 低溫에서 quinclorac성분이 主作用을 하여 發生한 것으로 解析된다.

한편 우리나라 農業에서 作物의 播種 또는 移植時期는 과거에 비해 계속 時期가 앞당겨지고 있으며, 경우에 따라서는 栽培早限期에 육박하고

**Table 10.** Effect of temperature on the phytotoxicity of rice by a mixture herbicide, Quinclorac + Bensulfuron-methyl as evaluated by growth in fresh weight.

Temperature (Day/Night)	Herbicide Dose(g. a. i./10a)			
	Control (g) (%)	Quinclorac 60 (%)	Bensulfuron 10.2 (%)	QC 60+ Ben 10.2 <sup>1)</sup> (%)
20°C /10°C	100 <sup>a</sup> ( 3.31)	57.10 <sup>de</sup>	81.69 <sup>b</sup>	78.85 <sup>bc</sup>
23°C /17°C	100 <sup>a</sup> ( 7.63)	59.11 <sup>de</sup>	63.30 <sup>cd</sup>	59.38 <sup>de</sup>
30°C /20°C	100 <sup>a</sup> (39.70)	64.11 <sup>cd</sup>	35.31 <sup>f</sup>	44.17 <sup>ef</sup>

1) QC 60+ Ben 10.2 ; Quinclorac 60+ Bensulfuron-methyl 10.2 g. a. i./10a

2) Herbicides were treated to the potted rice plants at tillering stage under the temperature conditions, then grown for 25 days after treatment.

3) The same letters indicate no significant difference at the 5% level on DMRT.

있는데 이것은 除草劑 藥害에 대한 安全性과 作物의 立毛, 活着, 또는 초기생육에 있어서 安定性を 점점 크게 잃어가는 것으로 대단히 걱정스러운 일이다. 특히 平均溫度를 이용하여 栽培早期에 作物을 栽培하고자 함은 冷害를 받을 確率을 매우 높이는 것으로 筆者가 仁川地方을 例로 3月 10日, 4月 20日, 6月 20日에 대해 30年間의 日平均, 日最高, 日最低 氣溫의 變異를 計算하여 본 바 90% 適中率을 갖는 平均±2×標準偏差 範圍의 日平均氣溫은 3月 10日의 경우 -3.79~8.1°C, 4月 20日의 경우 6.31~16.81°C, 6月 20日의 경우 17.11~23.46°C 이었으며 4月 20日을 事例로 90% 適中率 範圍 氣溫變異를 보면 日最低氣溫은 21.82°C 까지 올라갈 수 있음을 알 수 있었다. 즉 우리 農民指導機關과 農民은 播種·移植時期를 결정함에 있어서 變異를 고려하지 않고 단순히 30年 平均 日平均溫度를 사용하고 있는 바 그에 따라 얼마나 위험한 GAME을 하고 있는가 깊이 생각해 보아야만 할 것이다.

### (2) 우리나라 耕地土壤의 特徵과 除草劑 藥害

土壤處理型 除草劑의 藥害는 土壤環境의 條件과 가장 密接한 關係를 가지고 있다. 앞의 表 1, 2에서 보는 바 處理面積比率로 보아 벼농사에 쓰는 除草劑들은 89.3% [(50.3%+76.4%)÷141.9%=89.3]가 土壤處理劑이고, 밭농사에 쓰는 除草劑는 果園, 논둑, 밭둑 등지에 사용하는 非選擇性 莖葉處理劑들을 제외하면 95.5%(84.0%÷88.0%=95.5%)가 土壤處理劑이다.

그간의 說問調査에 의하면 砂質土壤條件이 土壤處理型 除草劑의 가장 큰 藥害要因이었으며,

土壤有機物含量, 降雨 등도 적지 않은 影響을 하는 것으로 나타났다. 土壤處理劑의 土壤에서의 行動은 藥效와 藥害에 直接的 影響을 하는데 粘土粒子 및 有機物에의 吸着程度와 吸着되지 않은 除草劑 分子들의 土壤中 移動性이 決定的 要因이다.

논·밭土壤의 無機養分 및 除草劑의 吸着性은 粘土含量, 粘土鑛物의 特性 및 有機物含量에 의해 支配되는데 粘土의 陽이온 吸着性을 나타내는 C.E.C는 15m.e./100g, 有機物含量은 3.5%以上 정도는 되어야 制限要因이 되지 않는데<sup>16)</sup> 우리나라의 耕地土壤은 밭 보다 土壤特性 및 作物生産性이 월등히 나은 논土壤도 C.E.C는 10~12m.e./100g, 有機物含量은 2.5~2.8%水準에 지나지 않는다.<sup>14,16)</sup> 한편 주로 粘土含量特性을 나타내는 土性を 보면 논인 경우 砂壤質이 32.2%, 砂質이 3.8%, 沙礫土質이 7.8%로 全體 논面積의 43.8%가, 밭은 砂壤質 27.1%, 砂質 2.5%, 微砂砂質 0.6%, 礫質 19.8%, 砂礫質 1.8%로 全體 밭面積의 56.8%가 土性 面에서 除草劑 藥害發生에 취약하다. 除草劑 藥害는 土性뿐만 아니라 그밖의 要因도 대단히 중요한데 논인 경우 普通畚은 33%에 지나지 않고 砂質畚 이외에도 未熟畚이 23%, 濕畚 9%, 鹽害畚이 3%이고, 地形上 谷間地 및 山麓 傾斜地에 44.1%, 구릉 및 山岳地에 7.1%가 있으며, 傾斜面에서도 0-2%의 平坦地 논은 41.8%밖에 되지 않는다. 즉 畚의 물이 아랫논으로 이동하는 논, 冷水가 溶出되는 논, 谷間이라 冷害를 입기가 쉬운 논 등등 除草劑 藥害가 發生하기 쉬운 논들이 50%를 上廻한다. 또한 耕地整理를 하거나 濕畚의 排水改善

施工을 하면 1-2年間은 作土層의 攪亂이 심하여 藥害가 나기 쉬운데 1993년까지의 耕地整理率은 全體 面積의 49%程度이고, 排水改善面積은 61,111ha이다.<sup>10)</sup> 즉 해마다 약 23,000ha 정도의 논 土壤이 攪亂되고 있는 실정이다.

밭의 경우 類型別로 보면 普通田은 41.8%에 지나지 않고 21.4%는 砂質田, 14.3%는 重粘田

(비가 오면 물빠짐이 나빠 藥害가 나기 쉬움), 19.0%는 未熟田이며 地形面에서는 平坦地가 아닌 곳에 위치한 밭, 傾斜度 2-30%에 위치한 밭이 밭 全體의 약 80%나 되므로 除草劑 藥害에 대단히 脆弱한 立地環境을 갖고 있다.

除草劑의 土壤中 粘土粒子 및 有機物에의 吸着 및 移動性은 粘土含量 및 粘土鑄物의 特性과 有

**Table 11.** Physical properties of the rice herbicides.

HERBICIDES	Melting point (°C)	Vapor pressure (mmHg)	Water solubility (ppm)
-. PHENOXYs			
2,4-D	135~138	0.4(160°C)	900.0(25°C)
Naproanilide	74.8~75.5	$4.0 \times 10^{-6}$ (25°C)	73.0(20°C)
MCPB	99~100	-	44.0
-. DIPHENYLEETHERS			
Bifenox	84~86	$<2.4 \times 10^{-6}$ (30°C)	0.35(25°C)
Chlometoxyfen	113~114	-	0.30(15°C)
CNP	107	-	0.25(25°C)
-. UREAS			
Dymron	203	-	1.70(25°C)
-. SULFONYL-UREAS			
Bensulfuron-methyl	185~188	$2.1 \times 10^{-14}$ (25°C)	0.012(25°C, pH7)
Pyrazosulfuron-ethyl	181~182	$1.1 \times 10^{-7}$ (20°C)	221.0(25°C, pH7)
-. DIAZINES			
Bentazone	137~139	$<0.1 \times 10^{-7}$ (20°C)	500.0(20°C)
Oxadiazon	90	-	~0.7(20°C)
Pyrazolate	118~119	-	0.9(20°C)
Pyrazoxyfen	111~112	-	0.9(20°C)
-. AMIDES			
Mefenacet	135	-	7~10
Propanil	85~89	-	500.0
-. HALO-ACETAMIDES			
Butachlor	<51	$<4.5 \times 10^{-6}$ (25°C)	23.0(24°C)
Pretilachlor	<20	-	50.0(20°C)
-. CARBAMATES			
Dimepiperate	38.4~9.3	$1.0 \times 10^{-6}$ (20°C)	32.4(20°C)
Esprocarb	-	-	4.9
Molinate	-	$5.6 \times 10^{-3}$ (25°C)	800.0(20°C)
Pyributicarb	85~86	-	0.34
Thiobencarb	-	$1.476 \times 10^{-6}$ (20°C)	30.0(20°C)
-. TRIAZINES			
Dimethametryn	65	$1.4 \times 10^{-6}$	50.0(20°C)
Simetryne	81~82.5	-	450.0
-. MISCELLANEOUS			
Perfluidone	143~145	$<10^{-5}$ (25°C)	60.0
Quinclorac	237	$1.0 \times 10^{-7}$ (20°C)	62.0
-. OTHERS			
Piperophos	-	-	25.0(20°C)
Dithiopyr	48.0~51.0	$9.42 \times 10^{-7}$ (25°C)	91.0(20°C)
-. SAFENERS			
Fenclorim	96.9	$9.00 \times 10^{-5}$ (20°C)	2.5(20°C)
Naphthalic anhydride	270~274	-	<2.0(20°C)

機物 含量에 의해서도 支配되지만 동시에 除草劑 自體의 特性에도 크게 支配된다. 일반적으로 土壤 colloids는 表面에 “-”電荷를 띠고 있기 때문에 “+”電荷를 갖는 除草劑分子的 吸着이 크고, 쉽사리 이온化 하여 陽電荷를 띠지 않더라도 분

子內 電子配置가 不均一하고 電氣的 陽性도가 큰 官能基가 있는 除草劑의 吸着力이 크고 土壤中 移動性이 작다. 그러나 除草劑와 같이 構造가 다양한 化合物들의 土壤粒子 또는 有機物에의 吸着은 대단히 複合的 現象으로 一般化하기 어렵고

**Table 12.** Physical properties of the upland-herbicides.

HERBICIDES	Melting point (°C)	Vapor pressure (mmHg)	Water solubility (ppm)
<b>Soil-applied</b>			
- HALO-ACETAMIDES			
Butachlor	<-5	$4.5 \times 10^{-6}$ (25°C)	23 (24°C)
Alachlor	39.5~41.5	$2.2 \times 10^{-5}$ (25°C)	242 (25°C)
Metolachlor	-	$1.3 \times 10^{-5}$ (20°C)	520 (20°C)
- DINITROANILINES			
Ethalfuralin	57.0~59.0	$8.2 \times 10^{-5}$ (25°C)	0.21 (25°C)
Nitrail	151.0~152.0	$1.8 \times 10^{-3}$ (25°C)	0.60 (25°C)
Pendimethalin	54.0~58.0	$3.0 \times 10^{-5}$ (25°C)	0.50 (25°C)
Trifluralin	48.5~49.0	$1.99 \times 10^{-4}$ (29.5°C)	<1.00 (27°C)
- UREAS			
Linuron	93.0~94.0	-	75.0 (25°C)
Methabenzthiazuron	-	$1.0 \times 10^{-5}$ (90°C)	12.0 (20°C)
- TRIAZINES			
Metribuzin	125.5~126.5	$1.0 \times 10^{-5}$ (20°C)	1,220 (20°C)
Prometryne	118.0~120.0	$1.0 \times 10^{-6}$ (20°C)	48.0 (20°C)
Simazine	225.0~227.0	$6.1 \times 10^{-9}$ (20°C)	3.5 (20°C)
- PHENOXY			
Napropamide	74.7~75.5	$4.0 \times 10^{-6}$ (25°C)	73.0 (20°C)
- DIAZINES			
Oxadiazon	90.0	-	0.7 (20°C)
- DIPHENYLEETHERS			
CNP	107.0	-	0.25 (25°C)
Oxyfluorfen	84.0~85.0	$2.0 \times 10^{-6}$ (20°C)	0.01 (25°C)
- MISCELLANEOUS			
Clomazone	-	$1.92 \times 10^{-4}$ (25°C)	1,100 (25°C)
<b>Foliar-applied</b>			
- MISCELLANEOUS			
Alloxydim-sodium	185.5	-	-
Clethodim	-	-	-
Sethoxydim	-	$1.6 \times 10^{-7}$ (25°C)	0.0048 (25°C)
- PHENOXY			
Fluazifop-butyl	5.0	-	2.0
Haloxifop-methyl	55.0~57.0	$6.5 \times 10^{-7}$ (25°C)	9.3 (25°C)
Quizalofop-ethyl	D(+): 76.0~77.3 DL(-): 91.7~92.1	-	D(+): 0.44 DL(-): 0.16
- UREAS			
Methabenzthiazuron	-	$1.0 \times 10^{-5}$ (90°C)	12.0 (20°C)
- TRIAZINES			
Prometryne	118~120	$1.0 \times 10^{-6}$ (20°C)	48.0 (20°C)
<b>NON-SELECTIVE HERBICIDES</b>			
Paraquat	-	$1.0 \times 10^{-7}$	100% (20°C)
Gryphosate	220	-	1% (25°C)
Glufosinate	215	-	137g/ 100ml (20°C)
-ammonium			



아직 土壤溶液中的 有機分子들의 吸着에 관한 物理化學的인 理論도 충분히 定立되지 않은 狀態이어서 대부분 實驗的, 經驗的으로 除草劑들의 相對吸着度 또는 土壤의 種類別 相對移動度를 이용한다.<sup>18)</sup>

그간의 經驗에 의하면 除草劑의 耕地土壤中 移動性은 除草劑의 水溶解度(表 11, 12)와 分子의 charge distribution이 중요한데 우리나라에서 사용하고 있는 除草劑들은 Paraquat 같이 강한 陽電荷를 갖거나 Glyphosate 같이 無機陽이온들과의 complexation을 쉽게 할수 있는 phospho-group을 갖고 있는 경우를 제외하고는 대부분 電氣陰性도가 큰 官能基를 갖고 있고 弱酸性의 -COOH基를 갖고 있는 경우가 많으며, 따라서 土壤吸着성이 그리 크지 않으며, 같은 化學構造系列에 속하는 除草劑들이라면 水溶解도가 큰 除草劑가 土壤中 移動性이 큰 편이고 藥害誘發可能性도 큰 편이다.

즉 水溶解도가 비슷한 除草劑들이라면 土壤에의 吸着성이 작은 除草劑, 그리고 土壤에의 吸着성이 비슷한 除草劑들이라면 水溶解도가 큰 除草劑는 土壤中 移動性이 크다고 할 수 있는데 土壤中 移動性이 큰 除草劑는 논에의 경우 灌溉水의 垂直排水特性, 즉 1日 減水量이 큰 논에서 藥害를 誘發하기 쉽고 밭에서는 除草劑處理後 降雨가 있거나 灌溉를 할 경우 藥害를 誘發하기 쉽다. 우리나라 논土壤의 日減水深을 調査한 成績에 의하면 日減水深이 2cm 以上인 砂質系논은 389, 861ha로 全體 논面積의 31.2%나 되고, 日減水深이 3cm 以上인 물빠짐이 극히 심한 논이 全體 논

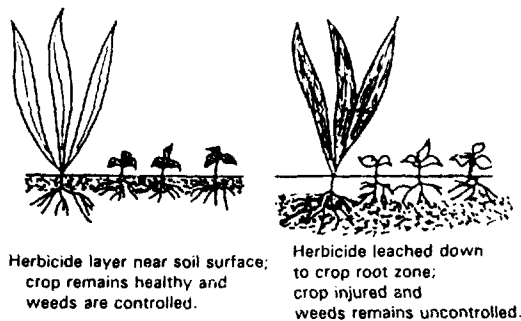


Fig. 1. A diagram illustrates that differential leachability of a herbicide may determine the crop safety and weed control efficacy.

面積의 19%나 된다. 밭의 경우에도 앞서 살펴본 바 全體 밭面積의 56.8%가 砂質 또는 砂礫質系로 물빠짐이 심한 밭이다. 아래 그림 1과 2는 除草劑의 土中 移動性과 選擇性과의 關係, 그리고 土性에 따른 물의 移動性을 模式的으로 나타낸 것이지만 土性과 除草劑 藥害誘發과의 關係를 나타내는 模式圖로 보아도 무방한 것들이다.

### (3) 栽培管理上의 特徵과 除草劑 藥害 土壤管理

除草劑의 藥害와 관련된 耕地土壤管理로서는 地力이 낮거나 排水가 不良하거나 特殊土壤인 土壤의 改良과 有機物施用을 생각할 수 있다. 地力이 낮은 土壤은 그 原因이 여럿 있지만 논, 밭 모두 앞서 살펴본 바와 같이 砂質-砂礫質土性이 가장 중요한데 이러한 土性을 改良하기 위해서는 客土가 主方法이다. 客土는 논에의 경우에는 그간에 政府支援事業으로 1960 年代 1980 年代 中반까지는 적극 권장되어 왔으나 그후 客土源과 費用問題 등으로, 최근에는 事業計劃마저 없다. 政府支援이 없는 상황에서는 거의 실시하지 않는 것으로 생각할 수 있고 그간에 砂質畝에만 山積土(64%) 또는 밭쪽(31%)을 客土源으로 하여 10a當 2M/T 정도를 한두번 정도 했는데 이 정도의 客土는 砂質畝를 改良하기에는 대단히 부족하여 除草劑 藥害改善에 貢獻하지 못하였다고 할 것이다. 밭의 경우는 물론 관심조차 끌지 못해왔다. 그리고 重粘土畝와 濕畝의 改良은 역시 논에 대해서만 政府의 관심과 지원이 있어왔는데 全體 논面積의 약 10%인 127千ha를 排水改善 對象面

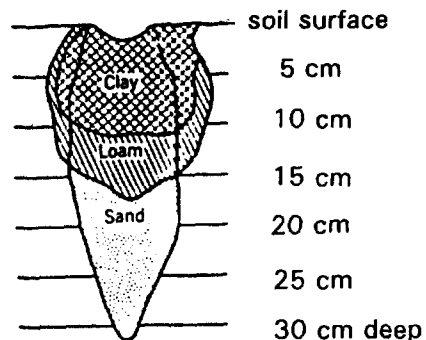


Fig. 2. Differential downward movement of irrigated water in the soil by soil texture. A hydrophilic, less adsorptive herbicide moves farther in the soil along with water.

積으로 하여 1993년까지 약 58千ha를 完工한 것으로 나타나있다. 물론 밭의 경우 重粘田이 14.3%나 되지만 밭의 排水改善은 관심밖이었다.<sup>10)</sup>

有機物의 施用은 地力을 높일 뿐만아니라 除草劑의 藥害輕減에도 대단히 중요한 役割을 한다. 調査에 의하면 農家는 논에 堆肥를 500~750kg/10a 정도 施用하거나 논에서 생긴 볏짚을 半 정도 되돌려 주는 경우가 많으며, 때때로 一部農家가 500kg/10a 이내의 구비를 施用하고, 밭에는 퇴·구비 사용이 논보다 적은편으로 나타났다. 즉 堆肥의 施用도 1960~1970年代까지는 政府에서 적극 권장하고 農民도 호응했으나 1980年代 이후에는 農村 일손부족과 高齡化, 그리고 堆肥 生産 및 運搬의 諸般 어려움으로 田보다도 잘 안 되고 있으며 콤바인 收穫의 증가에 따른 볏짚 사용 증가가 이루어지고 있는 實情이다. 즉 除草劑 藥害改善에 꼭 필요한 立地環境改善이 별로 기대할 수 없는 形편이며 잘 腐熟된 퇴구비를 사용하지 않고 未熟有機物을 사용하는 경우와 밭작물에서 최근 有機農業syndrome에 편승하여 材料와 特性이 不明한 有機質肥料施用이 증가하고 있어 藥害문제는 오히려 더 염려되고 있다.

그리고 우리나라의 土壤은 pH가 논土壤 5.6~5.8, 밭土壤 5.4~5.6의 差異를 나타내고 있어 2~3년에 1회 정도 農用石灰를 施用하는 農家가 많은데 石灰를 休耕期에 撒布하고 2~3회 耕耘하여 土壤과 잘 混和되면 좋으나 그렇지 못한 경우에는 藥害誘發要因이 된다. 특히 최근에 使用量이 一路 增加하고 있는 Sulfonylurea系 除草劑는 pH上昇에 따른 水溶解度가 對數的으로 增加하는 特性이 있어 pH와 石灰施用의 影響을 받기 쉽다.

### 品 種

作物의 品種들은 除草劑의 종류에 따라 除草劑에 대한 藥害感受性이 다소 다른데 벼의 경우 統一系 品種들이 一般系 品種들 보다 Simetryne에 대한 藥害感受性이 컸던 것은 누구나 잘 알고 있다. 간의 經驗에 의하면 一般系 品種들 중에도 秋晴벼는 비교적 除草劑 藥害感受性이 큰편이며, 先進國에서는 種苗會社에서 品種選抜時 低溫多濕한 環境에서 除草劑 感受性을 檢定比較하여 感受性이 큰 系統은 選抜하지 않는 것이 普遍化

되어 있다. 그러나 우리나라에서는 아직껏 이러한 品種差는 品種選抜普及上 아직 제대로 고려되고 있지 못한 實情이다.

### 灌 溉

政府는 1960年代 以來 논의 水利改善을 多角的으로 추진해 왔으며 1992年末 現在 水利畜率이 74%로 되어있는데 水源 中 管井도 큰 몫을 하고 있으며 近來에는 밭농사를 위해서도 管井事業을 수행하고 있다.<sup>10)</sup>

政府統計에 의하면 벼농사용 管井은 大型管井이 6,969孔이고 其中 2,938孔이 岩盤管井이며, 小型管井은 281,142孔이고 우물이 2,154孔이다. 그리고 田作物은 大型管井이 2,417孔인데 其中 469孔이 岩盤管井이고, 小型管井이 30,878孔이다. 管井에서 퍼올린 農業用水는 바로 灌溉하면 대부분 水溫이 10~13℃ 정도의 冷水로써 作物이 低溫stress를 받기 쉽고 除草劑 藥害를 유발하기 쉬우며, 밭의 경우에는 아직 灌溉栽培가 일반적이지 않지만 用水源이 거의 管井에 의하고 있어 앞으로 冷水灌溉와 관련된 除草劑 藥害問題가 우려된다.

農民의 用水管理에 관한 說問調査에 의하면 調查農家中 23% 程度가 地下水를 灌溉用水로 이용하였는데 대부분 管井에서 뽑아올린 地下水를 곧바로 灌溉한다고 하였으며, 作物을 早期에 播種 또는 移植한 경우, 그리고 氣溫變化가 심한 경우에는 氣溫이 낮으며, 氣溫이 낮은 경우 地下水를 灌溉하면 藥害發生危險은 가중되고 피해는 더욱 커질수 있다.

또한 最近에는 農業用水源으로 쓰는 河川水가 오염이 심해 用水의 水質과 관련된 藥害發生 조장도 우려된다.

### 除草劑 處理時期와 藥害

除草劑 藥害는 植物體가 어릴수록 나기 쉽고 또한 生殖生長의 初期에 나기 쉬우며, 어린 植物을 本圃에 移植하여 活着이 完了되지 않았을 때에 나기 쉽다. 大部分의 土壤處理 除草劑는 雜草의 生育期 區分으로 볼 때 雜草의 發芽幼苗의 1, 2葉期 以內에 處理하도록 하고 있다. 이러한 除草劑를 雜草의 生育이 더 進展된 時期, 例로 雜草의 第5葉期에 處理하면 除草할 수 없는 것과 마찬가지로 除草劑를 處理適期보다 일찍 사용하

면 作物에 藥害를 誘發하기 쉽다. 그런데 作試가 최근에 除草劑 處理時期에 關係 225農家를 調査한 바에 의하면 54.2%의 農家만이 適期에 處理하고 24.9%의 農家가 早期處理하고 있고 20.9%는 晚期處理하고 있었다. 處理適期보다 일찍 處理하는 農家比率이 24.9%나 뒀은 놀라운 일로써 이들 농가는 藥害危險을 무릅쓰고 藥效를 確實히 하고자 하는 것으로 생각할 수 있다. 實例로 筆者가 調査한 바<sup>2)</sup>에 의하면 벼農事중 藥害를 經驗한 農家中 45.2%가 못자리에서 藥害를 經驗하였고, 24.7%가 機械移秧苗 初期處理劑의 藥害를 경험하였으며 中期處理劑의 藥害經驗農家は 8.2%밖에 지나지 않았다. 除草劑 藥害를 줄이기 위해서는 農民의 處理適期 준수도 꼭 필요하다.

### 藥劑撒布機構와 除草劑 藥害

除草劑를 논과 밭에 處理할 경우 粒劑는 거의 모두 손으로 뿌리며, 그밖의 稀釋劑는 모두 噴霧機로 撒布한다. 1992年 現在 農家保有 噴霧機는 등짐式, 지렛대式, 動力噴霧機 等 모두 합해서 529,000대, 撒噴霧機가 166,000대, 走行式噴霧機가 26,675대인데<sup>10)</sup> 이들 噴霧機는 그 특성상 모두 殺蟲劑 및 殺菌劑용 噴霧機일뿐 除草劑用이 아니다. 除草劑用 噴霧機는 低壓, 굵은 撒布粒子(最小粒子크기 600 $\mu$  以上 800~1000 $\mu$ ) 噴霧機이어야 하고, 噴霧機의 노즐이 平床式 노즐(flat fan nozzle)이어야 하는데 現在 普及되어 있는 噴霧機의 노즐은 圓錐式(cone nozzle)이다. 噴霧機가 高壓式이고 微粒撒布機이면 除草劑 噴霧粒子的 飛散이 커져 인근 作物 및 植物에 藥害를 내기 쉽고 노즐이 圓錐式이면 撒布가 不均一하여 藥害가 나기 쉽다. 筆者가 農家調査를 한 바에 의하면 稀釋式 除草劑를 포함하여 農藥을 撒布할 때 주로 사용한 防除機具는 30%가 耕耘機 부차 動力噴霧機, 19%가 耕耘機 부차 高性能 噴霧機, 그밖의 動力噴霧機 12%, 지렛대式 噴霧機 11%, 등짐式 噴霧機 28%이었는데, 農民이 가장 좋다고 생각하는 噴霧機는 耕耘機부차 動力噴霧機 耕耘機부차 高性能 動力噴霧機이었다<sup>2)</sup>. 그리고 農藥撒布에 있어서 農藥撒布가 均一하지 않고, 農藥을 高濃度로 뿌리거나 많이 뿌린 자리가 표가 난 일이 있는 農家가 37.1%나 되었다. 그리고 噴霧機의 고장이 잘나며 노즐구멍이 잘막힌다는

不平農民이 應答農民의 50% 정도씩 되었는데 노즐구멍이 작아 담당하면 구멍을 못으로 때려 크게 해본 農民이 20.6%나 되었다<sup>2)</sup>.

噴霧機로 撒布하는 경우 노즐의 種類와 間隔, 噴霧機 높이와 角度, 噴霧速度에 따라 噴霧된 粒子가 地面 또는 作物에 落下되는 量과 分布가 달라지는데 藥害問題 때문에 除草劑의 撒布는 均一度의 要求度가 殺蟲劑나 殺菌劑 보다 아주 높다. 筆者는 지난 20餘年間 이 問題에 關係 多方面으로 國家的 認識을 向上시키려 努力해왔는데 심각한 問題임에도 불구하고 아직껏 國家의 有關機關 및 農藥會社에서 뚜렷한 努力을 한 적이 없으므로 트랙터를 많이 사용하는 機械化農業에서나마 解決되기를 希望한다.

### 3. 砂質畝에서의 藥害輕減技術

除草劑의 實用的인 選擇性은 對象作物의 生育을 10% 抑制하는 藥量(ED<sub>10</sub> target crop)을 對象雜草 90%防除에 必要한 藥量(ED<sub>90</sub> target weeds)으로 나눈 값으로 表現하고<sup>17)</sup>, 우리나라에서는 이 값이 2보다 크거나 같을 때 除草劑로서 登錄되고 있다. 그런데 砂質土壤에서는 植質 및 壤質土壤에서 보다 이 選擇性 값이 작아져서 종종 藥害를 일으키는 것이다. 우리나라 논 土壤中 砂質畝과 日減水深 2cm 以上の 漏水性畝의 面積은 除草劑 藥害面에서 대단히 큰 比重을

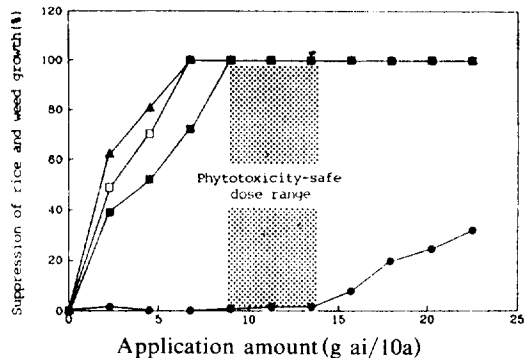


Fig. 3. Phytotoxicity-safe selective dose of "A" between rice plant and 3 paddy weeds (*Echinochloa crus-galli*, *Monochoria vaginalis* and *Cyperus difformis*) in sandy soil.

● rice shoot dry weight ■ MOOVA shoot length  
▲ ECHOR shoot length □ CYPDI shoot length

차지하고 있음은 앞서 살펴본 바와 같다.

本 研究에서는 는 一年生除草劑인 특정 Acetanilide系 化合物을 材料로하여 砂質畝에서 選擇性이 작아져서 藥害發生의 危險성이 커지는 境遇의 藥害輕減策을 한가지 提示하고자 하였다.

供試除草劑는 그림 3에서와 같이 砂質土壤에서 藥害가 없는 安全藥量範圍를 보였고, 그림 4에서와 같이 土壤中 水溶濃度가 0.1ppm 以上일 때 벼의 地上部 草長이 작아지고 藥害症狀의 奇形이 發生하였다.

또 本 藥劑의 土壤中 濃度와 一年生 雜草 피, 물달개비의 防除效果 사이의 關係는 그림 5와 같았다. 즉 두 雜草를 完全防除하는 土壤中 水溶濃度는 0.04ppm 以上일 境遇였다. 따라서 그림 4와 그림 5의 結果를 綜合하면 本 藥劑의 土壤中에서의 選擇性濃度는 0.04~0.1ppm 사이임을 알 수 있다. 그러나 本 藥劑의 使用藥量인 22.5g ai/10a를 모두 一時에 處理하면 그림 4에서와 같이 處理後 初期의 高濃度로 藥害가 發生하므로 이에 대한 對策이 必要할 것이다. 그 對策의 하나로 本 研究에서는 이 除草劑를 一定量씩 分施

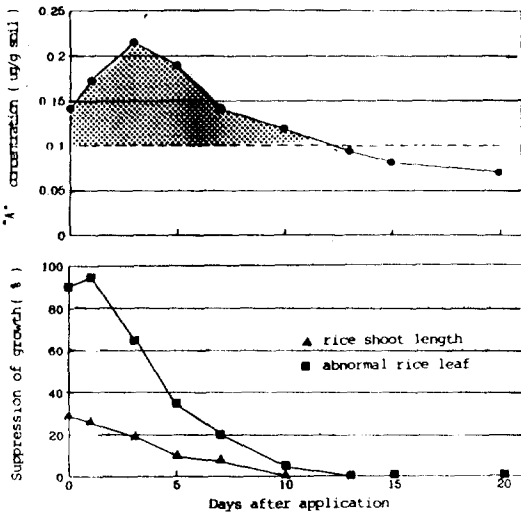


Fig. 4. Time-lapse changes in water-extractable concentration of "A" at a rate of 22.5g ai/10a (upper) and the aspect of phytotoxicity to rice plant transplanted on specific day-after-application of "A" (lower) in sandy soil. The shaded area in upper figure shows the concentration of "A" above potentially phytotoxic level in sandy soil.

하므로써 藥害輕減 可能性을 檢討하였다. 즉 除草劑의 使用量과 使用體系를 調節하여 土壤中 藥劑濃度를 選擇性 範圍안에서 維持시킴으로써 藥效의 變動없이 藥害發生을 막고자 하였다. 그 藥量決定過程과 結果를 나타낸 것이 그림 6이다.

즉 使用藥量의 1/2藥量을 먼저 處理하여 벼가 藥害에 敏感한 時期인 初期의 土壤中 除草劑濃度를 낮추고, 土壤中 濃度가 벼에 藥害를 보였던 0.1ppm을 可能한 超過하지 않도록 維持하였다. 그후 土壤中 濃度가 점차 떨어져 除草活力에 必要한 最低濃度인 0.04ppm에 近接할 때, 즉 1次

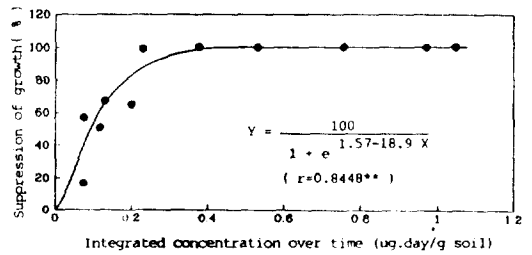


Fig. 5. Relationship between inhibition of *Echinochloa crusgalli* growth and integrated concentration over time of effective fractions\* of "A" in sandy soil.

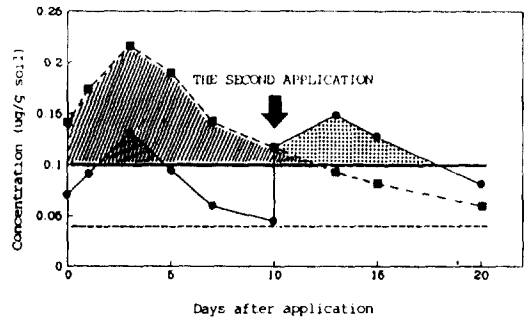


Fig. 6. Time-lapse changes in water-extractable concentration of split-applied "A" in contrast to one-time application in sandy soil. The shaded areas represent the potentially phytotoxic concentrations of one-time application (folded area), and of split application (dotted area).

- split application of 11.25g ai/10a with 10 days interval.
- one-time application of 22.5g ai/10a.
- the lowest concentration for phytotoxicity (0.1µg/g soil).
- the lowest concentration for herbicidal efficacy (0.04µg/g soil).

處理 10日 後에 다시 나머지 1/2藥量을 處理하여 土壤中 濃度가 安全範圍에 가깝게 維持되도록 한 것이다.

이와 같이 하면 砂質畝에서 發生하는 除草劑의 藥害를 크게 輕減시킬 수 있으며 雜草防除 效果도 더욱 向上시킬 수 있었다. 分施를 통한 除草劑의 藥害輕減은 本 藥劑 뿐만 아니라 다른 除草劑에 대해서도 同一한 原理下에 試驗하여 作物에 安全하게 雜草防除를 할 수 있는 使用法을 開發할 수 있으며, 砂質系 田畝, 漏水가 심한 논에 대한 뚜렷한 對策이 없는한 當분간 이러한 方法이라도 적극 受容하여야 할 것이다.

## 結 論 및 提 言

### 1. 制度的 問題點 및 改善方向

#### (1) 單一藥量으로의 除草劑 登錄 및 普及 問題

우리나라 논, 밭 除草劑의 大部分은 土壤處理型藥劑이고 이들 除草劑는 특히 土壤條件에 따라 藥害의 變動이 크다는 事實을 여러가지 調査 및 研究結果에서 確認할 수 있었다. 藥害 問題 뿐만 아니라 除草劑의 藥效도 不良環境이 개선되면 함께 改善될 것이다. 그런데 이러한 藥害나 藥效의 變動은 결국 條件에 따른 藥量의 問題로 歸着시켜 볼 수가 있다. 즉 土壤條件 등이 다른 境遇에는 각각의 與件에 맞추어 그 狀態에서의 適正水準으로 除草劑使用量을 調節하거나 除草劑 處理體系를 改善하여 藥害의 發生을 막는 것이다. 土壤條件이 除草劑의 活性을 높히는 方向으로 作用하는 狀態에서는 除草劑 撒布量을 낮게 調節하고, 반대로 土壤條件이 除草劑活性을 떨어뜨리는 方向으로 作用할 狀態에서는 撒布量을 높게 調節하는 體系를 導入하는 것이다. 耕作地마다 제 각각 條件이 크게 相異하며 그로 인해 除草劑의 使用藥量을 千片一律적으로 單一藥量으로 使用量을 規定하고 있는 現在의 制度는 時急히 改善되어야만 한다. 除草劑의 登錄上 藥量은 單一藥量이라도 이 單一藥量은 正常的 環境 및 使用立地條件에서의 “使用推薦量”의 概念으로 받아들이고 實際 農家 등에서의 使用은 각각의 條件에 맞게 使用量을 약간 加減하는 것이라는 國家的, 國民的

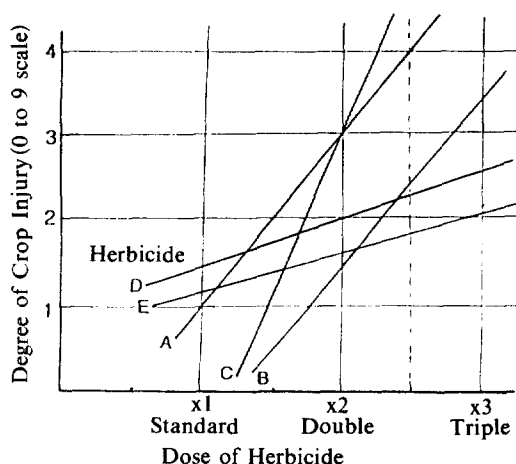


Fig. 7. Necessity for Improved Evaluation of Different Dose-Responses of Herbicides for Crop Safety. Under the present system, herbicides A, B and C are approved while D and E are rejected. Then, does farmer obtain better crop safety with A than with D or E? This is unlikely. Crop safety evaluation needs to be changed from the present evaluation at standard and double doses to an evaluation system at standard, double and triple doses to ensure the safety. Then, D and E may be approved and will be safer than A in most situations.

認識이 先行되고, 그에따라 制度, 研究, 對農民 技術指導 및 普及體系가 이루어져야 할 것이다.

#### (2) 除草劑 登錄上 DOSE-RESPONSE 特性의 새로운 檢討

現在 우리나라에서는 除草劑 登錄試驗時 推薦基準量과 그의 2倍量에서의 藥害를 檢討하여 基準量에서 1, 2倍量에서 3의 藥害를 超過하지 않은 境遇 登錄된다. 그러나 實際 現場에서는 한 筆地라도 局小面積에 따라 2倍量以上の 藥量이 撒布되는 境遇도 적지 않으므로 이러한 境遇의 藥害에 대한 可能性도 檢討되어야 한다. 다음 그림 7은 除草劑의 使用量과 藥害와의 關係를 類型化하여 나타낸 것이다. 그림 7의 D와 같은 除草劑는 比較的 藥量增加에 따른 藥害發生의 危險성이 낮은 特性을 보여 現場에서는 安全하게 쓰일 수 있는 藥劑임에도 불구하고 基準量에서의 藥害가 1을 超過한다는 理由로 登錄이 不可能하다.

現制度하에서 除草劑 A, B, C, E는 登錄이 可能

하고 D는 등록이 불가능한 상태이다. 그러나 농가의 實用的인 側面에서 보았을 때 과연 A나 C와 같은 特性을 보이는 藥劑가 D보다 더 安全性이 높은 藥劑라고 할 수 있겠는가? 境遇에 따라서는 D와 같은 藥劑가 오히려 優先的으로 등록되어야 하지 않을까?

除草劑는 2배量 以上이 撒布되어 藥害가 發生하는 경우가 적지않다는 現實을 反映하여 2 倍量 以上 處理時의 藥害도 登錄與否決定時 檢討될 수 있어야 하고 基準量에서 藥害等級 1 以內라는 判定基準보다는 각 藥劑의 基準量, 2倍量, 3倍量 處理時 藥害反應이 어떻게 달라 지는가 하는 特性을 評價하여 登錄可否를 決定하도록 改善되어야 할 것이다.

## 2. 對農民 技術指導의 改善

### (1) 除草劑의 安全使用技術과 藥害要因에 대한 行政·指導公務員, 農家普及販賣員 및 農民의 教育強化

앞서 農民들의 藥劑使用에 대한 認識이나 理解의 水準이 얼마나 不足하고 危險한 狀態인가를 여러 資料를 통하여 確認하였다. 한마디로 그간 農藥中에서도 특히 除草劑의 올바른 使用技術에 대한 指導나 教育, 啓蒙이 거의 實效를 거두지 못하였다고도 볼 수 있고, 혹은 이러한 指導活動 自體가 至極히 不足하였다고도 말할 수 있다. 大部分의 農民들이 除草效果에 만족스럽지 못할 때는 무작정 藥量을 늘려 撒布한다고 對答한 調查結果는 그 意味가 莫重하다. 이러한 除草劑에 대한 올바른 認識不足은 農民뿐만이 아니라 農藥關係 行政, 指導, 普及 關連 人士들 중에도 아직 많고 農協의 販賣窗口 및 農藥販賣商 水準이 가면 한층 심각하다. 아직 農業公務員 教育에서도 부족할 뿐만아니라. 專門 指導士도 없는 水準이다. 특히 除草劑 噴霧機에 관련된 面은 農藥撒布 裝備를 研究하는 分野에 까지도 認識不足水準이다. 除草劑用 노즐 및 噴霧裝備의 普及과 아울러 國家的 認識이 반드시 改善되어야 한다.

### (2) 除草劑 使用에 관한 國家的 DATA BASE 構築

우리나라 農地는 200萬 ha 남짓하고 農家戶數는 불과 160萬戶 정도이다. 이 모든 農家가 除草

劑를 使用하고 있다고 할 것이다. 때에 따라 이 農家, 저 農家가 이곳 저곳에서 藥害問題와 藥效 低調問題를 갖는데 그 原因과 對策을 올바로 수립하기 위해서는 除草劑使用 立地 條件과 除草劑 使用經驗에 대한 DATA가 蓄積 管理되어야 한다. 크게 보면 國家的 農村指導는 모든 農家를 對象으로 하고 除草劑의 販賣도 모든 農家를 對象으로 한다. 따라서 全國의 農家, 農耕地, 農作業方法, 作物栽培 등에 關連된 data-base를 構築할 것을 提案한다. 現場에서는 수없이 많은 條件에서 除草劑가 使用되고 있기 때문에 이들을 모두 把握하여 充分히 反映하는 對策이 아닌 境遇에는 어떠한 制度나 技術도 實效를 거둘 수 없다. 따라서 除草劑 使用과 關連된 諸般事項에 대한 DATA BASE를 우선 構築하고 이를 土臺로 除草劑의 安全使用 技術을 研究하며, 어느 境遇에나 각각의 與件에 알맞게 除草劑를 使用할 수 있도록 손쉽게 技術을 支援할 수 있는 裝置를 構築하여 이것을 一般化할 것을 提案한다. 이러한 DATA BASE는 일시에 만들기는 어렵다고하여도 持續的으로 만들어감으로써 언제나 뒤늦지 않는 安全使用管理가 가능토록 해야할 것이다.

### (3) 農耕地의 生産性 管理와 支援

最近에는 農村勞動力이 老齡化, 婦女化되면서 힘든 農作業이 점점 省略되고 포기되어 가고 있다. 그 代表的인 例가 客土를 하는 農家の 減少이다. 그러나 우리나라의 여러가지 與件上 토성 개량과 有機物 施用이 수반되지 않으면 耕地의 生産성이 낮아지고 여러가지 弊害를 招來하게 되며 그중 하나가 또 除草劑의 藥害問題이다.

農耕地의 土性改良과 地力向上뿐만아니라 省力栽培를 위한 耕地의 整理, 灌排水 改善은 모두 農家の 國家競爭力 向上을 위한 基盤造成的 問題이며 除草劑의 合理的 利用은 省力栽培에서 必需 要素임을 政府要人들은 다시 한번 생각해보기 바란다.

## 3. 農藥會社의 活動

### (1) 農藥 使用說明書의 改善

除草劑의 藥害問題에 대해서는 製品을 生産 供給하고 있는 農藥會社도 責任性있는 活動을 강화하여야 한다.

筆者가 一部 農家들을 對象으로 農藥包裝紙의 使用說明書와 農藥會社의 活動에 대해 몇가지 事項을 調査하였던 바 包裝紙의 說明書가 잘 되어 있다(25.6%)는 農民보다는 몇가지 理由로 잘못 되어있다고 생각하는 農民(36.0%)이 더 많았다. 또 34.1%의 農民은 後日 使用할 수 있도록 별도의 說明書を 添附해 주기를 要望하고 있었다.

따라서 農藥會社에서는 農民들의 興件을 더 상세히 研究하여 使用說明書を 더욱 理解하기 쉽게 改善할 必要가 있으며 實際로 곧바로 도움이 될 수 있도록 內容을 現實化 할 必要가 있다. 또 調査農家들의 要求대로 農藥使用說明書を 별도로도 製作하여 해당製品을 使用하고 製品包裝을 廢棄한 後에도 前에 使用하였던 製品의 特性을 언제라도 參考하여 使用後 管理와 다음의 使用에 萬全을 기할 수 있도록 서비스를 改善해야 한다.

## (2) 農藥 使用技術 SERVICE의 強化

農藥會社職員들의 對農民 活動 또한 農藥의 安全使用與否에 적지 않은 影響을 줄 수 있다. 筆者가 農藥會社職員들의 對農民 活動에 대한 農民들의 意見을 調査하였던 바 대체로 農藥會社職員들은 對農民 教育時 自社製品을 適切히 教育하며 特別히 他社製品을 祕方하지는 않는 것으로 나타났다. 그러나 農民들은 農藥會社職員의 教育이 決定的으로 도움을 준다고는 생각하지 않는 農家가 많았고 때론 農藥會社職員은 自社製品을 過大 宣傳하는 경우가 적지않다고 생각하고 있었다. 또 農民들은 農藥會社에서 製品販賣後에는 거의 事後管理를 하지 않는다고 하여 不滿足을 表示하였고, 農藥會社가 技術指導 活動을 늘려 줄것을 希望하고 있었다.

農藥會社도 지금까지의 姿勢와는 다르게 對農民 Service를 發展시켜야만 하며, 時急한 改善 課題로서는 農藥使用說明書の 改善, 對農民 教育의 現實感 向上, 事後管理의 強化, 그리고 技術 支援機會의 擴大 等이며, 自社製品이 現場에서 安全하고 올바르게 使用될 수 있도록 自社製品 使用農家에 대한 DATA BASE구축 및 그에 基礎한 service強化이다. 現在는 어느 地域에 얼마나 出荷되었는지 道別單位로만 알고 있을뿐 어느 農民이 무엇을 사서 사용했는지 모르고 있다. 近來에 대부분의 工產品은 購入者가 生産者의

DATA BASE에 登錄하고 있는 점을 생각해보도록 권하고 싶다.

## REFERENCES

1. 權容雄. 1978. 除草劑의 效能과 藥害 評價上의 當面課題. 韓國作物學會誌 23(3) : 19~30.
2. 權容雄外 3人. 1984. 水稻用 藥害에 의한 藥害發生要因 研究. 農藥工業協會.
3. 權容雄·具滋玉. 1990. 雜草防除 體系改善의 必要性和 綜合提言. 韓國雜草學會誌 10(2) : 159~162.
4. 權容雄의 4인. 1992. Butachlor의 有益性 調査 分析研究. 農藥工業協會.
5. 權容雄의 4인. 1993. Alachlor의 有益性 調査 分析研究. 農藥工業協會.
6. 權容雄·權五硯·姜炳華. 1993. 韓國의 논과 밭에 있어서 除草劑의 利用과 雜草防除 興件의 變化. 第11會 韓·日·臺 3國 農藥工業協會議 講演會 資料.
7. 김길웅. 1990. 除草劑 藥效 및 評價. 한국잡초학회지 10(2) : 138~144.
8. 김길웅. 1992. 제초제 약해발생 양상과 경감 대책. 1992. 한국잡초학회 12(3) : 261~270.
9. 김인수. 1990. 제초제 약효 및 약해 민원사례 검토. 한국잡초학회지 10(2) : 133~137.
10. 농림수산부. 1993. 농림수산 주요통계.
11. 양환승·이석영. 1978. 토양중에 있어서의 제초제의 약해변동, 이동 및 잔효지속성. 한국작물학회지 23(3) : 31~46.
12. 양환승·전재철. 1982. 한국 경지토양특성에 관련된 제초제 약해. 한국잡초학회지 2(2) : 122~128.
13. 이종운·유갑희. 1993. 제초제 사용상 문제점과 대책. 한국잡초학회지 13(별2) : 38~43.
14. 임선옥. 1984. 토양학통론. 문운당.
15. 황형식. 1991. 사질답에서 제초제의 분시에 의한 벼의 약해경감 연구. 서울대학교 대학원 농학과 석사 논문.
16. Agricultural Sciences Institute, RDA.

1985. Soils of Korea and Their Improvement.
17. Hance R.J. and K. Holly. 1990. Weed Control Handbook : Principles. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
  18. Hassall, K.A. 1982, The Chemistry of Pesticides. The MacMillan Press, Ltd., London.
  19. Kwon Y.W., B.J. Chung, C.H. Soh, H. K. Kim and H.S. Hwang. 1989. Effect of Lime, Silicate, Compost, and Straw Application on the Rice Crop Safety to Sulfonylurea Herbicides. Proc. the 12th Conf. of the APWSS Vol.III. 795~805
  20. Kwon, O.Y. and Y.W. Kwon. 1991. Interaction of Quinclorac and Bensulfuron-methyl on the Growth of Rice Plants. Proc. the 13th Conf. of the APWSS Vol II. Jakarta, Indonesia, In press.
  21. Moore, W.J. 1972. Physical Chemistry, 4th ed. Prentice-Hall, Ins. Engelwood Cliffs, N.J.