

國內 使用農藥의 突然變異原性에 關한 考察

高麗大學校 醫科大學 豫防醫學教室 및 環境醫學研究所

吳正旭・金永煥・車喆煥

緒 論

單位面積 當 農產物 收穫量을 높이기 위한 方法의 하나로서 人間은 과거 1 世紀동안 農藥을 使用하여 왔다. 初期에는 硫黃이나 石炭硫黃, 그리고 銅과 같은 無機性 農藥이 使用되어 왔으나 2차 世界大戰 이후 有機鹽素劑, 有機磷劑와 같은 各種 合成農藥이 개발되어 世界的으로 그 사용되는 數는 千種을 넘고 있으며 매년 그 生産量은 10 億파운드에 이르고 있다¹⁾.

우리나라의 경우 農藥使用量은 계속 增加 추세에 있으며 실제로 1973年 殺虫劑, 殺菌劑, 除草劑, 生長調整劑 등 各種 農藥을 包含한 有效農藥消費量은 6,729 M/T 이었으나 10年後인 1982년에는 約 14,426 M/T 으로서 2 倍정도의 增加를 보였다²⁾.

이와같이 많은 農藥의 使用量은 結果적으로 農作物의 增産을 가져왔다³⁾. 그러나 多量의 農藥使用은 農業生産 條件의 破壞, 天敵의 멸망, 害虫의 農藥抵抗性의 增加現像, 토양오염, 水質汚染, 食品汚染現像 등을 일으킴으로서 人類福祉에 影響을 미치게 되었다⁴⁾⁻⁶⁾. 특히 農藥의 毒性으로 인한 健康上의 被害가 문제시 되고있고 現在까지 農藥으로 인한 健康被害는 주로 農藥의 毒性에 의한 急性中毒과 慢性中毒 및 축적성이 강한 農藥의 人體內 축적 현상이 문제시 되어왔다⁹⁾⁻¹⁰⁾. 이러한 문제를 해결하기 위한 方案의 하나로서 우리나라의 경우 1957年 農藥管理法이 制定되어 모든 農藥

은 半致死量을 기준으로하여 猛毒性, 高毒性, 보통毒性農藥으로 區分하여 表示하는 등 農藥 安全管理를 실시함으로써 人體被害를 예방하도록 규정하고 있다¹²⁾.

또한 殘留性이 긴 DDT, drin 劑, heptachlor 乳劑는 1973년부터 生産販賣를 금지하였고 BHC는 1979年에 生産을 금지하였다¹³⁾.

그러나 최근에 이르러 선진각국에서는 農藥의 毒性研究와 함께 突然變異原性 檢査가 化學物質의 安全管理를 위한 方法으로서 活潑히 進行되고 있으며 突然變異原性이 강한 農藥類에 대한 生産 및 使用 規制가 마련되고 있다¹⁴⁾¹⁵⁾.

農藥의 突然變異原性檢査는 drosophila, mammalian cell을 이용하는 방법과 *E. coli* 나 *Salmonella* 와 같은 細菌을 이용한다¹⁶⁾. 1975年 Hanna 등¹⁷⁾은 초파리를 사용하여 有機磷劑農藥의 突然變異原性을 조사하였으며 그리고 1975年 McCann 등¹⁸⁾은 300 種의 化學物質을 *Salmonella typhimurium*을 이용하여 突然變異原性이 조사된 이래 農藥의 突然變異原性 調查研究는 급진전하여 1983年 Moriya 등¹⁹⁾은 228 種의 農藥에 대한 突然變異原性檢査를 실시한 결과 50種이 突然變異誘發物質로 판명되었다. 國內에서는 변등²⁰⁾과 白²¹⁾에 의하여 우리나라에서 生産되는 農藥의 突然變異 誘發性이 보고 되었다.

著者들은 1973년부터 10년간 國內에서 사용된 農藥의 突然變異原性을 문헌을 통하여 고찰하고, 突然變異誘發性으로 확인된 農藥에 대하여 消費量의 증가추세들을 調査함으로써 우

Table 1. Consumption of pesticides in Korea, 1973-1982

Classification	(unit: active ingredient quantity, M/T)									
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Seed Disinfectant	1.0	1.0	1.3	1.8	0.9	126	29	35	41	39 (0.3)
Fungi-Insecticide	199	236	175	238	352	242	239	171	87	72 (0.5)
Fungicide	1,043	687	1,231	1,514	1,336	2,058	3,759	5,413	5,977	4,236 (29.4)
Insecticide	4,030	3,511	4,857	6,325	4,911	6,311	7,169	6,075	5,605	5,638 (39.1)
Acaricide	114	154	138	147	157	203	212	161	194	213 (1.5)
Herbicide	1,170	1,155	1,905	2,159	2,252	2,204	2,709	3,374	3,270	3,144 (21.8)
Plant Growth Regulator	11	5	7	17	36	60	64	68	73	115 (0.8)
Spreader	97	57	62	75	64	87	181	386	407	379 (2.6)
Others	63	39	8	8	8	18	92	449	415	590 (4.1)
Total	6,729	5,845	8,619	10,338	9,117	11,309	14,454	16,132	16,069	14,426 (100)

리나라 농약관리상의 문제점을 提高하고 이와 함께 최근 사용량이 증가되고 있는 除草劑와 生長調整劑중 아직 突然變異原性이 확인되지 않은 農藥劑에 대한 突然變異原性 실험을 실시하였다.

調査對象 및 方法

1) 突然變異原性 農藥使用量 調査

1983年 7月 農水産部고시 제 83-31호로 지정된 우리나라 農藥製造用 品目은 167種³⁾이며 各 品目에 대하여 이미 實驗에 의하여 突然變異原性 農藥의 자료로서는 143種의 農藥 實驗成績이 수록된 環境變異原 data集²⁾과 228種의 突然變異原實驗結果를 보고한 Moriya 등¹⁹⁾의 論文을 근거로 하였으며 年度別 農藥消費量은 農藥工業協會에서 발행한 1978年과 1983年의 農藥年報를 이용하였다²⁾³⁾.

2) 市販 除草劑와 生長調整劑의 突然變異原 調査

문헌고찰에서 突然變異原性이 확인되지 않은 3種의 除草劑와 2種의 生長調整劑를 대상으로 하여 *Salmonella typhimurium* 을 이용한 Ames 方法에 의하여 突然變異原性 實驗을 실

시하였다²³⁾. 使用된 菌株는 Histidine 要求性인 TA 98과 TA 100 을 利用하였으며 liver enzyme inductor 로서는 가베크로르 400(PCB) 을 rat 體重 1 kg 當 500 mg를 腹腔內에 주사하고 5일후 肝을 摘출하여 S-9을 만들었으며 시험前에 NADH 및 NADPH와 같은 助酵素와 함께 S-9 mix를 조제하였다¹⁸⁾

調査成績

1) 우리나라 農藥使用 實態

1973년부터 1982년까지 우리나라 農藥使用量의 變化는 Table 1에서 보는 바와같이 1973年 農藥의 總 有効農藥消費量은 6,729 ton 이며 1982년에는 14,426 ton 으로서 약 2.1배 증가하였다. 그리고 1982年 藥劑別 消費量을 보면 殺虫劑가 39.1%로 가장 많은 比重을 차지하고 있으며 다음이 殺菌劑로서 29.4%, 除草劑가 21.8%의 순이었다. 한편 年度別 耕地面積當 農藥消費量은 Table 2에서 보는 바와같으며 1973年 3.0 kg에서 1982年 6.6 kg 으로서 2.2 배로 증가되고 있다.

2) 突然變異原性 農藥 消費量

國內에서 消費되고 있는 突然變異原性 農藥

의 年度別 變化는 Table 3,4,5 와 같다.

즉, 突然變異原性 殺虫劑의 年度別 消費量은 Table 3 에서 보는 바와같이 1973년 498 ton 에서 1982년 1,441 ton 으로 약 2.9배 증가되었고, 1982년 현재 消費된 11種의 突然變異原性 農藥중 DDVP, sumithion, dipterex, methyl bromide, furadan이 多量消費되는 農藥으로 밝혀졌다. 한편, Table 4에서 보는 바와같이 1982년 突然變異原性 殺菌劑의 使用量은 328 ton 으로 1973년 91 ton에 비하여 3.6배의 증가를

Table 2. Usage of pesticides in Korea

(unit: kg., active ingredient/ha of arable land)

Year	Consumption
1973	3.0
1974	2.6
1975	3.8
1976	4.6
1977	4.1
1978	5.1
1979	6.5
1980	7.3
1981	7.3
1982	6.6

Table 3. Consumption of mutagenic insecticides in Korea, 1973-1982

(unit: active ingredient quantity, M/ T)

Common name	Trade name	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Acephate	Orthene	-	1	2	12	30	41	57	53	63	44
Chlorfenvinphos	Birlane	14	22	23	26	11	13	14	9	6	6
Dimethoate	Dimethoate	13	13	13	13	14	12	2	6	3	2
Dichlorvos	DDVP	7	73	79	174	163	208	193	277	222	249
Disulfoton	Disyston	-	-	9	16	19	19	27	15	11	6
Fenitrothion	Sumithion	234	200	292	171	133	140	99	151	167	125
Pirimiphosmethy	Actellic	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4
Trichlorfon	Dipterex	172	129	182	189	227	287	353	431	251	263
Vamidothion	Kilval	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3
Methyl bromide		-	-	-	-	-	-	79	441	411	587
Carbofuran	Furadan	-	-	2	37	34	102	142	216	133	153
Total		498	439	603	637	632	822	966	1,600	1,273	1,441

을 보였으며 captan과 captafol이 각각 104 ton, 196 ton으로 큰 비중을 차지하고 있다. 그리고 除草劑의 경우 1973년에 비하여 1982년에는 4.1배로 증가하였으며 butachlor가 전체 소비량의 95% 이상을 차지하였다.

Table 5는 과거 10年間 사용된 藥劑別 農藥使用量과 突然變異原性 農藥使用量의 比를 본것으로 除草劑의 경우 60.4%로 가장 높았으며 다음이 殺虫劑 16.4%, 殺菌劑 9.9%의 순이었다.

3) 市販 除草劑 및 生長調整劑의 突然變異原性

Salmonella typhimurium TA 98과 TA 100을 이용하여 調査된 突然變異原性 有無에 대한 實驗結果는 Table 6과 같이 3種의 除草劑와 2種의 生長調整劑가 모두 음성으로 나타났다.

考 察

過去 30年間 우리나라의 食糧 生産量을 보면 거의 直線의으로 증가하여 70%의 增産을 가져왔다. 이와같은 結果는 品種改良, 肥料使用과 함께 農藥使用으로 인한 各種의 病虫害 防除技術의 발달에 기인되는 것으로 보고하고

있다⁸⁾.

우리나라 農藥使用量은 1950年代부터 계속 增加趨勢에 있으며 1966년부터 1970年사이 耕地面積 1 ha 當 農藥使用量은 日本의 13.4kg, 이태리 11.7kg, 이스라엘 11.4kg보다 적은 消

費量을 보이고 있으나 當時 美國의 2.2kg, 西獨 2.1kg, 캐나다 0.6kg에 비하면 높은 消費量을 보이고 있다⁸⁾.

그러나 農藥의 使用은 食糧自給을 위하여 계속적으로 增加될 것이 불가피할 것으로 예상

Table 4. Consumption of mutagenic fungicides and herbicides in Korea, 1973-1982

(unit: active ingredient quantity, M/T)

Common name	Trade name	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
FUNGICIDES											
Captafol	Difolatan	40	36	41	121	108	126	137	91	422	196
Captan	Orthocide	-	40	73	49	46	122	119	136	239	104
Dichlofluanid	Euparen	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3
Dinocap	Karathane	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
Folpet	Phaltan	-	-	-	-	-	6	16	36	40	20
Phenazine oxide	Phenazin	51	28	48	20	17	32	61	68	9	5
Total		91	103	162	190	170	286	333	331	714	328
HERBICIDES											
Chlomethoxynil	X-52	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
Butachlor	Machete	436	531	946	1,287	1,579	1,419	1,751	2,004	1,892	1,825
Nitrofen	NIP	17	24	72	44	49	43	42	7	52	47
Total		453	555	1,038	1,331	1,628	1,462	1,793	2,011	1,944	1,872

Table 5. Ratio of mutagenic pesticides consumption and total pesticides consumption

(unit: active ingredient quantity, M/T)

Year	Insecticides			Fungicides			Herbicides		
	Total	Mutagen	%	Total	Mutagen	%	Total	Mutagen	%
1973	4,030	498	12.4	1,043	91	8.7	1,170	453	38.7
1974	3,511	439	12.5	687	103	15.0	1,155	555	48.1
1975	4,857	603	12.4	1,231	162	13.2	1,905	1,038	54.5
1976	6,325	637	10.1	1,514	190	12.6	2,159	1,331	61.6
1977	4,911	632	12.9	1,336	170	12.7	2,252	1,628	72.3
1978	6,311	822	13.0	2,058	286	13.9	2,204	1,462	66.3
1979	7,169	966	13.5	3,759	333	8.9	2,709	1,793	66.2
1980	6,075	1,600	26.3	5,413	331	6.1	3,374	2,011	59.6
1981	5,605	1,273	22.7	5,977	714	12.0	3,270	1,944	59.4
1982	5,638	1,441	25.6	4,236	328	7.7	3,144	1,872	59.5
Total	54,432	8,911	16.4	27,254	2,708	9.9	23,342	14,087	60.4

Table 6. Result of herbicides and growth regulators tested for mutagenicity

Chemical names	Result	
	TA 98	TA 100
HERBICIDES		
Modown	2-Nitro-5-(2,4-dichloro phenoxy) benzoic acid methyl ester	-
Saturn	S-(4-Chlorobenzyl)-N,N-diethyl thio carbamate	-
Avirosan	S-(2-methyl-1,1-piperidyl carbonyl methyl)-0,0-di-N propyl dithio phosphate, 2-Methyl thio-4-ethyl amino-6-(1,2-dimethyl propyl amino)-s-triazine	-
GROWTH REGULATORS		
2,4,5 TP	Triethanol ammonium 2,4,5-trichloro phenoxy propionate	-
Atonic	Sodium 5-mononitro quaiacol	-

됨으로 農藥의 安全管理가 더욱 요망된다.

우리나라의 경우 1957년에 제정된 農藥管理法에 의하여 農藥의 毒性和 殘留성에 중점을 둔 農藥의 安全管理가 주로 이루어져 왔으나 앞으로는 突然變異原性農藥에 대한 安全管理가 아울러 이루어져야 할 것으로 사료된다.

그 理由는 本 調査成績에서 보는 바와같이 各種 突然變異原性 農藥의 使用이 增加하고 있으며 특히 mutagenic potency가 높은 農藥使用이 증가되고 있기 때문이다.

우리나라에서 現在 使用中인 突然變異原性 農藥중 mutagenic potency가 1.0 revertant/nmol로서 다른 농약에 비하여 比較的 높은 農藥은 capan, folpet, captafol, nitrofen, dichlofuanid이며 이를 考察하면 다음과 같다.

먼저 captan은 殺虫劑로서 1974년에 비하여 1982년에 그 使用量이 104 ton으로 2.6 배나 증가되었다.

現在까지 調査報告된 바에 의하면 captan은 *E. coli*, WP2, WP2 her, *Salmonella typhimurium* TA 1535, TA 1537, TA 98, TA 100 등 微生物의 遺傳子變異實驗에서 陽性을 보였으며 Chinese hamster, V 79와 같은 哺乳動物細胞의 遺傳子變異를 나타냄으로서 농약중 가장 強力한 突然變異物質중의 하나이며²²⁾ 더욱

이 發癌作用이 있는 것으로도 報告되었다¹⁹⁾. 그러나 그 毒性은 매우 낮아 rat의 LD₅₀은 15 g/kg으로서²⁰⁾ 우리나라 農藥安全管理法上 普通毒性農藥으로 表示되고 있다.

이와같은 見知에서 captan과 같은 突然變異原性 農藥의 使用은 규제되어야 할 것으로 생각된다. 역시 殺虫劑의 일종인 folpet은 1978년부터 使用되었고 그 使用量은 1982년에 20 ton으로 比較적 적은량이 소모되었으나 mutagenic potency가 높은 農藥이므로 역시 그 使用量을 抑制할 必要가 있을 것으로 생각된다.

Captafol은 1973년부터 꾸준히 消費量이 增加하여 1981년에는 422 ton의 많은 量이 消費되고 nitrofen은 除草劑로서 多量消費되지 않았으나 1973년부터 꾸준히 使用되어 왔다.

殺虫劑의 경우 11種의 突然變異原性農藥이 使用되고 있었으나 殺菌劑와 除草劑에 비하여 대부분 mutagenic potency가 낮은 것으로 나타났다.

최근에 이르러 半致死量에 중점을 둔 各種 有毒化學物質의 毒性管理 문제점을 보완하기 위하여 有毒物質에 대한 發癌原性, 突然變異原性, 畸形誘發性 및 毒性物質의 代謝에 관한 연구가 권고되고 있으며 실제로 突然變異原성에 관한 연구는

활발히 진행되고 있다.

그러나 우리나라의 경우 서론에서 언급한 바와 같이 農藥의 安全性은 전적으로 半致死量에 의존하고 있기때문에 突然變異原性이 강한 農藥의 收入과 使用이 規制되고 있지 않다.

本 調査의 結果 國內에서 사용되고 있는 農藥 중 突然變異原性이 강한 農藥이 多數 사용되고 있는 것으로 밝혀짐에 따라 突然變異原性農藥에 대한 安全性管理가 半致死量에 의한 毒性管理와 병행하여 이루어져야 할 것으로 생각한다.

結 論

國內에서 사용되고 있는 農藥중 突然變異原性 農藥을 分類하고 그 消費量을 1973년부터 1982년까지 10년동안 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1) 10년동안 國內에서 사용된 農藥의 總消費量은 113,038 ton이었으며, 1982年度 耕地面積 1 ha當 農藥消費量은 6.6 kg 이었다.

2) 國內에서 사용중인 突然變異誘發 農藥은 殺虫劑 11種, 殺菌劑 6種, 除草劑 3種으로 10년동안 消費된 突然變異原性 農藥의 總量은 殺虫劑 8,911 ton, 殺菌劑 2,708 ton, 除草劑 14,087 ton이었으며 年度別로 增加되는 추세에 있다.

3) 農藥의 安全管理를 위하여 藥劑의 毒性外에 突然變異原性이 使用 規制基準으로 포함되어야 하겠다.

4) 國內使用 農藥중 突然變異原性이 밝혀지지 않은 3種의 除草劑와 2種의 生長調整劑에 대하여 *Salmonella typhimurium* TA 100을 이용한 突然變異原性實驗 結果는 모두 음성으로 나타났다.

參 考 文 獻

- 1) Sawyer, C.N. and McCarty, P.L.: Chemistry for environmental engineering. International Student Edition, New York, 1978.
- 2) 農藥工業協會: 農藥年報 (1978). 時社文化社, 1978.
- 3) 農藥工業協會: 農藥年報 (1983). 時社文化社, 1983.

- 4) 大韓民國 農水産部: 농림통계연보, 1982.
- 5) 洪淳佑, 金昌煥, 尹一炳: 動植物 및 自然景觀의 保護. 韓國經濟 研究叢書 第 9輯, 三星文化財團, 1976.
- 6) 宋哲, 權石昌, 李興在, 元敬豊, 盧晶培: 食品에 있어서의 有毒性 農藥의 測定研究 (第 9報). 국립보건연구원보, 13: 241, 1976.
- 7) 金容華, 韓潤喜, 李瑞來: 國內 소비 肉類중 有機鹽素系 殘留 農藥의 檢索. 한국식품과학회지, 13 (3): 194, 1981.
- 8) 李瑞來: 韓國食品中 有機鹽素系 殘留農藥에 관한 綜合評價. 한국식품과학회지, 14 (1): 82, 1982.
- 9) 車喆煥: 公害와 疾病. 最新醫學, 서울, 1974.
- 10) Guthrie, F. E. and Perry, J. J.: Introduction to Environmental Toxicology. Elsevier, North Holland, Inc., New York, 1980.
- 11) Neely, W. B.: Chemicals in the environment Marcel Dekker, Inc., New York, 1980.
- 12) 大韓民國政府: 農藥管理法 18條 시행령 第15條 農藥의 安全使用 基準.
- 13) 國立環境研究所: 環境要員中級班教材, 서울, 1981.
- 14) 盧正久: 有毒化學物質의 安全管理方案. 80年代의 環境問題, 國立環境研究所, 서울, 1982.
- 15) 中央勞動災害防止協會: 微生物を用いる變異原性試驗 가이드ブック, 東京, 1980.
- 16) 田島彌太郎, 賀田恒夫, 近藤宗平, 外村 晶: 環境變異原 實驗法, 講談社, 東京, 1980.
- 17) Hanna, P. J. and Perry, K. E.: Mutagenicity of organophosphorous compounds in bacteria and Drosophila. Mutation Research, 28: 405, 1975.
- 18) McCann, J., Choi, E., Yamasaki, E. and Ames, B. N.: Detection of carcinogens and mutagens in the *Salmonella* microsome test: Assay of 300 chemicals. Proc. Nat. Acad. Sci., 72(12): 5135.
- 19) Moriya, M., Ohta, T., Watanabe, K., Miyazawa, T., Kato, K. and Shirasu, Y.: Further mutagenicity studies on pesticides in bacterial reversion assay systems. Mutation Research, 116: 185, 1983.
- 20) 변우현, 현형환, 이세영: *Salmonella* microsomal enzyme activation system에서의 농약의 突然變異 誘發性. KOR. JOUR. MICROBIOL., 14: 128, 1976.
- 21) 白炯錫: *Salmonella* system에 있어서의 農藥의 突然變異 誘發性. 單行本, 1977.

- 22) 賀田恒夫, 石館 基: 環境變異原データ集. サイエンス社, 東京, 1981.
- 23) Ames, B.N., McCann, J. and Yamasaki, E.: Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella*/mammalian microsomal mutagenicity test. *Mutation Research*, 31: 347, 1975.
- 24) 李瑞來: 農業環境汚染의 現在와 未來. 世界環境의 날 환경보전과 기술개발 세미나, 論說文集, 國立環境研究所, 1981.
- 25) Stecher, P.G.: The merck index, Merck and Co., Ind., N.J., 1972.

= ABSTRACT =

A Study and Review on the Mutagenicity of Pesticides Used in Korea

Chung-Uk Oh, M.D., Young-Whan Kim,
and Chul-Whan Cha, M.D.

*Department of Preventive Medicine &
Institute for Environmental Health,
College of Medicine, Korea University*

The purpose of this paper is to investigate domestic pesticides on their mutagenicity through a literature review on mutagenicities of chemical compounds: and to report the results of experimental tests on the mutagenicity of other pesticides for which muta-

genicity had not been previously demonstrated. For the experiments on mutagenicity, Ames test using *Salmonella typhimurium* TA 100 was performed.

Subjects of this research were 167 kinds of pesticides utilized in Korea during the last 10 years from 1973 to 1982.

The results were as follows :

- 1) The total amount of pesticide which was consumed in Korea during the past ten years (1973-1982) was 113,038 tons. The average ingredient amount utilized per hectare of areble land in 1982 was 6.6 kg.
- 2) Among mutagenic pesticides, it was found that there were 11 kinds of insecticides, 6 kinds of fungicides and 3 kinds of herbicides. The total amount of these mutagenic pesticide used during the past 10 years is as follows: 8,911 tons of insecticides; 2,708 tons of fungicides; and 14,087 tons of herbicides.
- 3) For the regulation and restriction on the use of toxic pesticides, the mutagenicities of ingredient chemicals should be considered.
- 4) The three kinds of herbicides and two kinds of growth regulators whose mutagenicity was not mentioned in the literature review, were all found to be negative in the mutagenicity test using *Salmonella typhimurium* TA 100.