

폴리에틸렌 멀칭栽培時 農藥의 土壤 및 作物體中 殘留에 관한 研究*

第 4 報 除草劑 Alachlor, Pendimethalin, Diphenamid 의 殘留性*

梁 桓 承** · 文 永 熙** · 金 洛 應**

Studies on Persistence of Pesticides in Soils and Crops under Polyethylene Film Mulching Culture*

IV. Persistence of Herbicides Alachlor, Pendimethalin and Diphenamid*

Ryang, Hwan Seung,** Young Hee Moon,** and Nak Eung Kim**

Abstract

The effect of polyethylene film(P.E.) mulching on the degradation of alachlor(*N*-methoxymethyl-2, 6-diethyl α -chloroacetanilide), pendimethalin(3, 4-dimethyl-2, 6-dinitro-*N*-1-ethylpropyl-anilide) and diphenamid(*N,N*-dimethyl-2, 2-diphenylacetamide) in red pepper, peanut, and sesame fields was investigated. In soils under the non-mulching condition the half-lives of alachlor, pendimethalin and diphenamid were 3, 37 and 24~46 days, respectively. However, the half-lives of those under the P.E. mulching condition were longer than under the non-mulching condition. The differences in the half-lives between P.E. mulching and non-mulching conditions were about 30 days for pendimethalin and from 20 to 90 days for diphenamid. However, the half-life of alachlor was hardly affected by P.E. mulching. Pendimethalin and alachlor were not detected in the harvested red peppers, peanuts and sesame under P.E. mulching and non-mulching conditions. But, the residue of diphenamid in peanuts was 0.147 ppm under the P.E. mulching condition and 0.071 ppm under the non-mulching condition, and the residue of diphenamid in sesame was 0.022 ppm under the P.E. mulching condition and 0.129 ppm under the non-mulching condition. The amounts, however, were below the tolerance limits for pesticide residue.

緒 論

近來 폴리에틸렌(P.E.) 필름被覆栽培는 增收와 雜草防
除에 크게 寄與하기 때문에 菜蔬作物과 經濟作物에 널

리 利用되고 있음은 前報에서 言及한 바 있다.^{1,2,3)} 그
런데 P.E 被覆栽培에 있어서도 透明 P.E 被覆栽培인 경
우에는 露地栽培에서와 같이 土壤殺虫劑와 더불어 必
須的으로 除草劑가 使用되어지고 있는 實情이다.⁴⁾ P.E
被覆을 하게 되면 露地栽培에 比하여 土壤의 地溫, 水

* 本 研究는 1986 年度 韓國學術振興財團의 研究費로 遂行된 研究의 一部分임.

** 全北大學校 農科大學 農化學科(Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University, Chonju 520, Korea)

分含量, 三相分布等 土壤環境 및 雜草發生, 作物生育에도 큰 變化가 있기에²⁾ 除草劑의 分解過程도 크게 달라질 것이 豫想된다. 그러나 P.E 被覆條件下에서 藥劑의 分解~殘留性 등에 對한 研究報告는 거의 없다. 따라서 이를 究明하고자 前報에서,³⁾ 土壤殺虫劑 endosulfan, fonofos, ethoprophos 의 P.E 被覆條件下 殘留性 究明에 이어 本報에서는 고추, 땅콩, 참깨의 P.E 被覆栽培時 使用되어진 除草劑 alachlor(*N*-methoxymethyl-2, 6-diethyl- α -chloroacetanilide), diphenamid(*N,N*-dimethyl-2, 2-diphenylacetamide), pendimethalin(3, 4-dimethyl-2, 6-dinitro-*N*-1-ethylpropyl anilide)의 土壤中 經時的 殘留量의 變化와 最終 收穫物中의 殘留量을 露地栽培下에서와 比較調査하였는 바, 그 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1. 作物栽培 및 除草劑處理

고추, 땅콩, 참깨의 栽培는 1987年 5月부터 實施하였으며 除草劑 alachlor, diphenamid, pendimethalin의 處理도 同時에 行하였고, 圃場 및 栽培管理條件은 前報^{1,2)}에 記述한 바와 같으며 要約하면 表 1과 같다.

2. 土壤 및 作物試料 採取

除草劑의 殘留分析을 위한 土壤試料는 藥劑處理後 3, 7, 14, 28, 56, 84, 112, 140日에 土壤코어($\phi 7.5 \times 7.5$ cm)로 採取하여 前報에서와 같이 잘 混合한 後 10g(乾土)을 取하였다. 作物試料는 最終 收穫物인 고추, 땅콩, 참깨를 精選한 다음 고추와 땅콩은 50g, 참깨는 20g을 取하여 除草劑分析用 試料로 하였다.

3. 土壤 및 作物體中 除草劑의 抽出 및 定量

pendimethalin, diphenamid의 抽出은 加藤와 後藤,⁵⁾ 日本環境廳告示法,^{6,7)} Zimdahl⁸⁾ 등의 方法에 따라 통상, 土壤(乾土) 10g에(土壤試料) acetone 30ml을 加

하여 30分間 振盪한 다음 濾過하고 土壤殘渣에 다시 acetone 20ml을 加하고 20分間 振盪·濾過하여 1次 濾液과 合하였다. acetone 抽出液은 減壓濃縮하여 *n*-hexane 10ml을 加하여 2回 抽出하였다. Hexane 抽出液은 上記와 같이 濃縮시켜 2~10ml로 定容하였다. 收穫物인 경우에는 고추, 땅콩, 참깨에 各各 acetone 100, 150, 80ml을 加하여 均質化하고 1時間 振盪시킨 후 濾過하고 各各의 殘渣에 다시 acetone 100, 100, 50ml을 加하여 抽出·濾過한 다음 1次抽出液과 合하였다. acetone 抽出液은 減壓濃縮시켜 20ml로 定容하고 10ml을 取하여 濃縮한 다음 컬럼크로마토그래피(充填劑: Florisil)을 통하여 淨제하였다. 이 溶出液을 濃縮하여 5ml로 定容한 다음 가스크로마토그래피에 1~2 μ l 注入·分析하였다.

가스크로마토그래피(Pye Unicam Series 304)의 分析條件은 다음과 같다. alachlor와 pendimethalin 分析은 E.C.D를 diphenamid는 Nitrogen detector를 使用하였고, column(0.5 \times 180cm 유리제)의 充填劑는 alachlor와 pendimethalin 分析의 경우는 OV-17/210, diphenamid 分析의 경우는 SE-30인 60~100mesh의 chloromosome W였다. Detector, Column, Injection Port의 溫度는 各各 300°C, 210~230°C, 250~260°C였으며, carrier gas(N₂)의 流速은 45ml/min였다. Nitrogen detector인 경우 N₂, H₂, air의 流速은 各各 30, 30, 300 ml/min였다.

結 果

폴리에틸렌 필름(P.E) 멀칭栽培條件下의 고추, 땅콩, 참깨圃場에서 施用한 除草劑 alachlor, pendimethalin, diphenamid의 土壤中 經時的 消失 및 最終 收穫作物中 殘留量을 露地栽培條件과 比較한 바, alachlor의 消失은 그림 1에 나타낸 바와 같이 땅콩과 참깨圃場의 土壤中에 있어서 初濃度는 約 2ppm이었는데 初期의 分解速度가 매우 빨랐다. 指數回歸方程式에서 얻어

Table 1. Various conditions for field experiment under no, clear and black polyethylene film mulching.

Crop	Cultivar	Conditions of mulching	Application rate of herbicide(g a.i./10a)	Date of application
Red pepper	Hongil	Clear, Black, No(Bare)	Pendimethalin 126.8	May 1, 1987
			253.6	
Peanut	Youngho	Clear, No(Bare)	Diphenamid 250.0	May 2, 1987
			300.0	
Sesame	Tanbaik	Clear, No(Bare)	Alachlor 120.0	May 5, 1987
			Diphenamid 250.0	

Table 2. Half-life and degradation curve of herbicides in the field soils under polyethylene film mulching culture.

Herbicide	Rate of application (g a.i./10a)	Field	Conditions of mulching	Degradation curve (regression)	Correlation coefficient (r)	Half-life (days)
Alachlor	150	Peanut	Clear P.E.	Logarithmic	-0.982	2.5
			No(Bare)	Exponential	-0.988	2.5
	120	Sesame	Clear P.E.	Logarithmic	-0.905	2.9
			No(Bare)	Logarithmic	-0.987	2.8
Pendimethalin	126.8	Red pepper	Clear P.E.	Exponential	-0.901	64.9
			Black P.E.	Exponential	-0.881	43.4
			No(Bare)	Exponential	-0.976	37.1
	253.6	Red pepper	Clear P.E.	Exponential	-0.921	75.6
			Black P.E.	Exponential	-0.926	47.3
			No(Bare)	Exponential	-0.962	41.1
Diphenamid	250	Red pepper	Clear P.E.	Exponential	-0.966	111.3
			Black P.E.	Exponential	-0.848	52.6
			No(Bare)	Exponential	-0.938	23.7
	300	Peanut	Clear P.E.	Exponential	-0.945	64.0
			No(Bare)	Exponential	-0.899	46.1
	250	Sesame	Clear P.E.	Exponential	-0.851	61.8
No(Bare)			Exponential	-0.987	29.1	

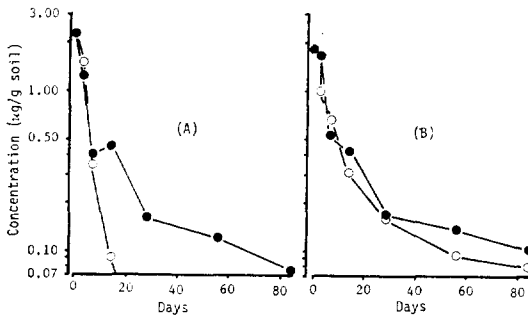


Fig. 1. Persistence of alachlor in peanut (A) and sesame (B) field soils under no and clear polyethylene film mulching conditions.
 ● ; Clear P.E. mulching,
 ○ ; No mulching.

진 alachlor의 半減期는 表 2에 나타낸 바와 같이 5日 以內로 매우 짧았으며 alachlor의 分解消失量을 log scale로 나타냈을 때 全體의인 分解過程은 땅콩의 露地條件下에서는 一次反應式에 따랐으며 處理 28日後의 殘留量은 0.01ppm 이었다. 그러나 땅콩의 P.E 멀칭栽培條件과 참깨圃場에 있어서는 多少 緩慢한 消失傾向을 나타내어 處理 84日後의 殘留量이 0.07~0.1ppm로 나타났다. 兩圃場(땅콩, 참깨)에서 alachlor의 消

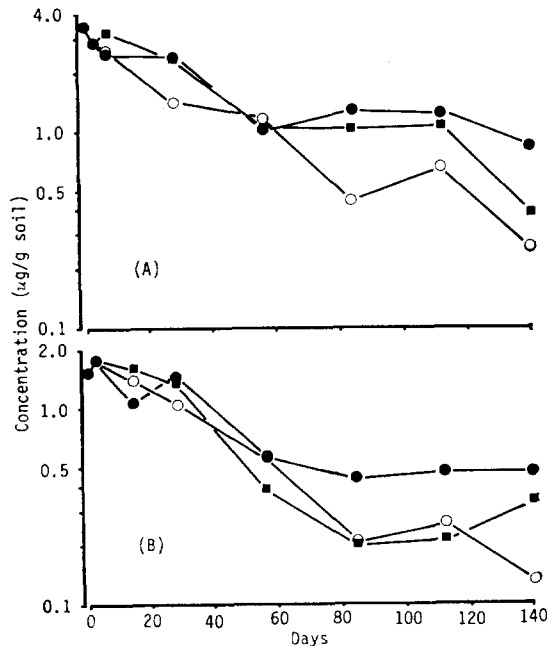


Fig. 2. Persistence of pendimethalin in red pepper field soils under no, clear and black polyethylene film mulching conditions. Application rate; 126.8 (B), 253.6 (A) g a.i./10a.
 ● ; Clear P.E. mulching,
 ■ ; Black P.E. mulching,
 ○ ; No mulching.

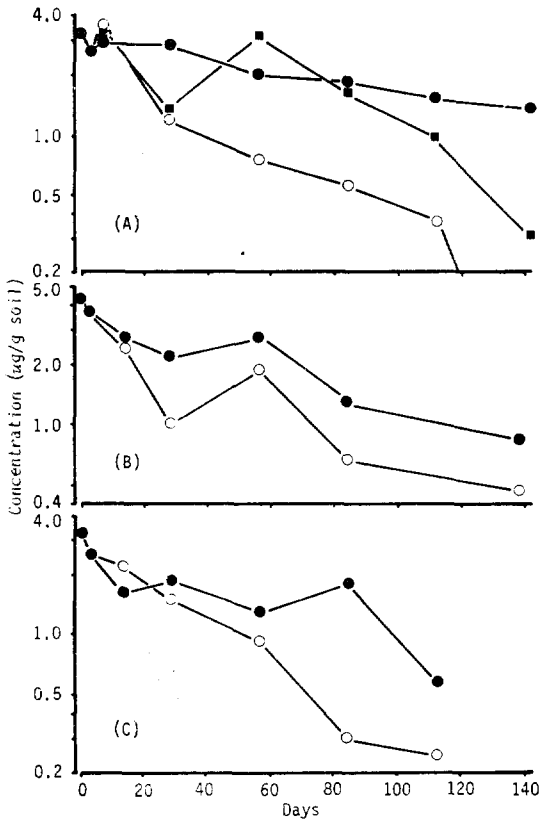


Fig. 3. Persistence of diphenamid in red pepper (A), peanut (B) and sesame (C) field soils under no, clear and black polyethylene film mulching
 ● : Clear P.E. mulching,
 ■ : Black P.E. mulching,
 ○ : No mulching.

失은 露地條件에서가 P.E 被覆條件에서 보다 빨랐다. 고추圃場의 土壤中에 있어서 pendimethalin의 初濃度는 그림 2에 나타낸 바와 같이 倍量處理(253.6g

a.i./10a)에서는 約 3.3ppm 으로 推薦量處理의 2.0ppm 이하보다 높았으나 이후 推薦量處理와 倍量處理에 있어서 消失速度 사이에는 큰 差異가 없었다.

全體의 消失過程은 露地條件下에서는 거의 一次反應式에 따라 分解되었으나, 透明과 黑色 P.E 被覆條件下에서는 緩慢하게 分解되었으며 특히 處理後 56日부터는 分解가 느렸다. 分解速度는 露地條件下에서 가장 빨랐고 다음은 黑色 P.E 被覆, 透明 P.E 被覆의 順位를 나타냈다. 分解率을 보면 實驗最終日인 處理 140日後에는 初濃度에 比하여 露地條件下에서는 90% 以上, 黑色 P.E 被覆條件下에서는 80~90%, 透明 P.E 被覆條件下에서는 70~75%가 分解되었다.

diphenamid의 處理直後의 土壤中 初濃度는 그림 3에서 나타낸 바와 같이 300g a.i./10a 水準으로 處理한 땅콩圃場에서 約 4.2ppm 이었고, 250g a.i./10a 水準으로 處理한 참깨와 고추圃場에서는 約 3.3ppm 이었다. diphenamid의 殘留量을 log scale로 나타냈을 때는 3圃場에서 모두 露地條件일 경우 全體적으로 1次反應式에 따랐으나 P.E 被覆條件下에서의 分解는 全般적으로 緩慢한 消失傾向을 보였다. 半減期는 表 2에서와 같이 24~111日이었으며 露地條件下에서가 越等히 짧았다. 露地條件下에 있어서 實驗最終日인 處理後 140日의 土壤中 diphenamid의 殘留量은 고추圃場에서 0.023ppm 땅콩圃場에서 0.46ppm 이었으며, 透明 P.E 被覆條件下에서는 고추圃場에서 1.35ppm, 땅콩圃場에서 0.74ppm 이었다. 또한 處理 120日後의 참깨圃場에서는 露地條件에서 0.24ppm, P.E 被覆條件에서는 0.56ppm 으로 3圃場 모두 P.E 被覆條件下에서가 越等히 土壤中 殘留量이 많았다. 藥劑分解에 對한 P.E 被覆의 影響은 고추圃場에서 가장 컸으며 다음은 참깨圃場, 땅콩圃場의 順位였는데 참깨와 땅콩圃場 사이에는 큰 差異가 없었다.

最終적으로 收穫한 作物體中 3除草劑의 殘留量은 表

Table 3. Residual amount of herbicides in harvested crops.

Herbicide	Crop	Residual amount(ppm)		
		Mulching conditions		
		Clear P.E.	Black P.E.	No(Bare)
Alachlor	Red pepper, Peanut, Sesame	N.D.	N.D.	N.D.*
Pendimethalin	Red pepper	N.D.	N.D.	N.D.
Diphenamid	Red pepper	N.D.	N.D.	N.D.
	Peanut	0.147	—	0.071
	Sesame	0.022	—	0.129

* N.D.; Non-detected.

3 에 나타난 바와 같다. 被覆有無에 關係없이 alachlor 는 고추(붉은고추), 참깨, 땅콩中에서 檢出되지 않았다. diphenamid 는 고추에서는 檢出되지 않았으나 참깨(乾茨實)에서는 露地栽培의 경우 0.129(0.103~0.155)ppm, P.E 被覆의 경우 0.022(0.012~0.031)ppm 이 殘留되었고 땅콩(乾物)의 露地區에서는 0.071(N.D~0.145)ppm, P.E 被覆의 경우 0.147(0.08~0.185)ppm 殘留되었으며, pendimethalin 은 고추에서 檢出되지 않았다.

考 察

土壤에 施用한 農藥의 消失은 化學的 分解와 生物學的 分解로 크게 分類할 수 있으나 어느 경우든 環境條件에 따라 크게 分類되진다.^{9,10} P.E 被覆條件下에서는 露地條件에서 보다 地溫의 上昇, 土壤水分의 調節, 肥料·農藥의 流失防止等에 의하여¹¹ 微生物 增殖條件은 좋아지나 本實驗에 供試한 alachlor, pendimethalin, diphenamid 의 分解速度는 前報⁹에서의 土壤殺虫劑와 마찬가지로 P.E 被覆條件下에서가 露地條件下에서 보다 느렸다(그림 1, 2, 3). 이는 土壤의 P.E 被覆에 의한 揮散抑制, 降雨에 의한 流失溶脫의 防止, 光의 遮斷 때문으로 思料된다.^{9,10,11} 土壤中 3種의 除草劑의 半減期는 alachlor 가 圃場의 種類에 關係없이 P.E 被覆의 影響을 가장 적게 받았으며, 分解速度 亦時 가장 빨라 處理後 84 日에는 95% 以上까지 分解됨을 알 수 있었다(그림 1, 表 2). 그러나 pendimethalin 과 diphenamid 의 半減期는 全般的으로 露地條件에서보다 P.E 被覆條件에서 30~35 日程度 길었으며 特異한 것은 고추圃場에서 diphenamid 는 P.E 被覆條件下에서가 露地條件에 比하여 90 日程度 더 긴 結果를 보여 두 藥劑는 P.E 被覆의 影響이 매우 큼을 알 수 있었다.

實驗最終日의 殘留量에 있어서는 pendimethalin 과 diphenamid 의 경우 露地條件下에서는 栽培圃場에 關係없이 初濃度에 比하여 90% 以上까지 分解되었으나(그림 2, 3) 透明 P.E 被覆條件下에서는 分解率이 낮아 diphenamid 의 경우 땅콩圃場에서는 80%(그림 3), 고추圃場에서는 約 60%(그림 3), pendimethalin 의 경우는 고추圃場에서 75%(그림 2)밖에 分解되지 않았던 點은 P.E 被覆의 影響을 잘 反映해 준 結果라 할 수 있다.

露地條件과 透明 P.E 被覆條件 사이에 있어서 半減期의 差異가 diphenamid 의 경우 땅콩圃場과 참깨圃場에서는 約 20~30 日程度였으나 고추圃場에서는 約 90 日로 고추圃場에서 P.E 被覆을 할 경우가 越等히 긴 結果를 나타냈다. 즉 P.E 被覆與否뿐만이 아니라 同一藥

劑인 경우도 圃場과 栽培作物의 種類에 따라 半減期에 크게 差異가 생겼는데 이것은 3圃場 모두 土性과 處理藥量이 若干씩 다르고 또한 處理後 降雨日數와 雨量도 相違하였기 때문¹² 露地條件에서는 물에 對한 溶解度가 큰 diphenamid 의 경우는 降雨와 더불어 流失溶脫作用이 커서 P.E 被覆區와의 사이에 큰 差가 생겼을 것으로 豫想되며, 또한 땅콩과 참깨栽培圃場의 두둑(作畦)은 平面인데 反하여 고추圃場의 두둑은 圓錐形이기에 降雨가 있을 때 露地條件인 경우는 土壤表面 處理한 除草劑가 平地두둑보다 더 쉽게 流失되어 P.E 被覆條件때와의 差異가 크게 생긴 것이 아닌가 생각된다. 此外에도 栽培作物의 種類, 栽植密度, 初期生育의 早晚, 施用肥料와 土壤殺虫劑의 種類 및 雜草發生量의 差異等 複合的인 要因도 作用하였을 것으로 推定되나 이 問題들에 對하여서는 앞으로 더 究明되어야 되겠다.

그러나 同一 고추圃場에 있어서도 pendimethalin 의 透明 P.E 被覆區와 露地區사이에 있어서 半減期差異는 35 日이었는데 反해 diphenamid 의 경우만 그 差異가 컸던 理由는 個個의 藥劑의 特性과도 關係가 있겠는데 特히 pendimethalin 의 물에 對한 溶解度는 0.3ppm 으로 매우 낮으나 diphenamid 의 물에 對한 溶解度는 260ppm 으로 越等히 높아 diphenamid 가 露地條件에서 더욱 流失溶脫이 많았던 것도 重要한 原因이 아니었나 생각된다. 前報에서 endosulfan 의 分解速度가 P.E 필름의 種類에 따라 다르게 나타남을 報告하였는 바,⁹ 本 研究의 고추圃場에 있어서 pendimethalin 의 分解도 黑色 P.E 被覆에서가 透明 P.E 被覆條件에서보다 빨랐는데 이는 黑色 P.E 被覆條件에서가 溫度는 多少 낮았으나 土壤水分含量이 많았고 또한 光遮斷等이 微生物의 分解를 促進시켰기 때문으로 推定되나 이 點에 對하여서는 더욱 더 檢討가 되어져야 되겠다.

한편 3種除草劑의 分解期間의 長短比較는 處理藥量 圃場狀態 등이 달라 藥劑間의 差異를 比較하기는 어려운點도 있으나 全般的으로 볼 때 分解速度는 alachlor 가 가장 빨랐고 이어서 pendimethalin 그리고 diphenamid 의 順位라 할 수 있다. 이러한 結果를 다른 研究者들의 結果와 比較하던 土壤中 alachlor 의 半減期는 約 10 日, pendimethalin 은 約 45 日, diphenamid 는 33~84 日, 60~70 日(室內實驗結果)로 報告되어 있는 바,^{8,12,13,14} 이는 本研究結果와 어느 程度 符合된다고 할 수 있다.

한편 3種 除草劑의 農作物의 殘留許容量(基準量)을 보면 alachlor 는 果實과 菜蔬에서 各 0.2ppm, pendimethalin 은 雜穀類에서 0.2ppm, diphenamid 는 穀類와 果菜類에서 各 0.2ppm 으로 알려져 있다.^{6,7} 그런

데 土壤中에서 分解가 빨랐던 alachlor 는 最終收穫物인 고추, 참깨, 땅콩 中에서 檢出되지 않았고, 또한 作物體中에서 殘留가 매우 적은 것으로 알려진 pendimethalin 은¹⁵⁾ 고추에서 檢出되지 않았으므로 食品衛生法上 問題가 없다. 그러나 pendimethalin 의 경우 土壤中에서 處理 140 日後까지도 相當量(P.E 被覆下 0.8ppm) 殘留되었음에도 不拘하고 고추에서 檢出되지 않았던 點에 對하여는 植物에 의한 吸收와 體內代謝와 關聯지어 檢討되어야 한다고 생각된다. 또한 作物體內에서 殘留性이 있는 것으로 알려진 diphenamid 는^{15,16)} 最終收穫物인 고추에서는 檢出되지 않았으나 땅콩中에서는 0.071ppm~0.147ppm(露地條件)~(P.E 被覆條件), 참깨에서는 0.129ppm(露地條件)~0.022ppm(P.E 被覆條件)이 殘留되었다. 그러나 前述한 殘留許容量(0.2ppm) 에는¹⁾ 未達狀態이므로 역시 食品衛生上으로는 問題가 없음이 確認되었다. 이같이 고추에서는 殘留되지 않았으나 脂肪成分이 많이 包含된 참깨와 땅콩에 殘留한 點은 매우 흥미로운 일이라 할 수 있으며 앞으로 植物體內代謝와 더불어 追究되어야 하겠다. 한편 땅콩圃場에 있어서 fonofos 의 殘留性變化에 對하여 前報에서³⁾ 報告한 바와 같이 本研究에서도 참깨圃場에서 diphenamid 의 土壤中 殘留量이 P.E 被覆條件下에서가 露地條件下에서보다 많았음에도 不拘하고 참깨에서의 殘留量은 P.E 被覆條件下에서가 많지 않았던 것은 참깨의 生育率 및 收量이 P.E 被覆에서가 露地에서보다 越等히 높았기에²⁾ 單位面積當 作物體中 農藥의 總吸收量은 P.E 被覆條件下에서가 많으나, 稀釋이 많이 된 關係로 作物體中의 濃도가 낮았던 것으로 推定되나 이 點에 對하여는 보다 자세히 檢討되어야 하겠다.

摘 要

폴리에틸렌 필름(P.E) 멀칭이 除草劑 alachlor, pendimethalin, diphenamid 의 土壤 및 收穫物中의 殘留性에 미치는 影響에 對하여 고추, 땅콩, 참깨圃場에서 露地條件을 對照로 하여 調査하였다.

土壤中에 있어서 3種除草劑의 露地條件에서의 半減期는 alachlor 의 경우 땅콩과 참깨圃場에서 3~4 日, pendimethalin 은 고추圃場에서 30 日, diphenamid 는 고추, 땅콩, 참깨圃場에서 24~46 日程度였다.

分解가 빨랐던 alachlor 의 半減期는 露地條件과 P.E 被覆條件에서 거의 差가 없었다. 分解가 느렸던 pendimethalin 과 diphenamid 는 露地條件에서보다 P.E 被覆條件에서 各各 30 日과 20~90 日間 더 길었다.

P.E 被覆의 有無에 關係없이 pendimethalin 은 最終적으로 收穫된 고추에서 檢出되지 않았으며 alachlor

도 땅콩과 참깨에서 檢出되지 않았다. diphenamid 의 땅콩中 殘留量은 0.147ppm(透明 P.E 被覆條件)~0.071ppm(露地條件)이었고, 참깨中 殘留量은 0.022ppm(透明 P.E 被覆條件)~0.129ppm(露地條件)이었는데, 이는 兩條件에서 殘留許容量(0.2ppm) 以下였다.

引 用 文 獻

1. 梁桓承, 文永熙, 金洛應, 李鎮夏(1987); 폴리에틸렌 멀칭栽培時 農藥의 土壤 및 作物體中 殘留에 관한 研究, 第 1 報; 土壤環境相에 미치는 폴리에틸렌被覆의 影響, 韓雜誌, 7(3), 投稿中.
2. 梁桓承, 文永熙, 金洛應, 李鎮夏(1987); 폴리에틸렌 멀칭栽培時 農藥의 土壤 및 作物體中 殘留에 관한 研究, 第 2 報; 폴리에틸렌 멀칭이 雜草發生, 고추, 땅콩, 참깨의 生育 및 收量에 미치는 影響, 韓雜誌, 7(3), 投稿中.
3. 梁桓承, 文永熙, 金洛應, (1987); 폴리에틸렌 멀칭栽培時 農藥의 土壤 및 作物體中 殘留에 관한 研究, 第 3 報; 土壤殺虫劑 Endosulfan, Fonofos, Ethoprophos 의 殘留性, 韓國環境學會誌, 7:8-13.
4. 梁桓承, 張益銑, 馬祥堉, 金洛應(1986); 殺草劑作物에 對한 除草劑의 作用特性과 選擇性에 관한 研究, 農試論文(產學協同篇).
5. 後藤貞康, 加藤誠哉(1980); 殘留農藥分析法, ノフトサイエンス社.
6. 加藤正男, 岩永惠夫(1980); 環境廳告示による 殘留農藥의 分析方法(その 4), 日本農藥學會誌, 5, 271~277.
7. 岸部和美, 田中稔, 田引勢郎(1985); 環境廳告示による 殘留農藥의 分析方法(その 6), 日本農藥學會誌, 10, 569~578.
8. Robert L. Zimdahl, Pietro Catizone and Ann. C. Butcher(1984); Degradation of Pendimethalin in Soil, *Weed Science*, 32, 408~412.
9. Guenzi W. D(Ed) (1974); Pesticides in Soil and Water, Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madsion, Wisconsin.
10. Haque R. and V. H. Freed(1975); Environmental Dynamics of Pesticides, Plenum Press, New York.
11. 日本土壤肥料學會(1981); 土壤의 吸着現象, 博友社, p.129~160.
12. Robert L. Zimdahl and Susank Clark(1982); Degradation of Three acetanilide Herbicides in Soil, *Weed Science*, 30, 545~548.
13. Beestman, G. B. and J. M. Deming(1974); Dissi-

- pation of acetanilide Herbicides from Soil, *Agron. J.* 66, 308~311.
14. 山本出, 深見深一(1980); 農藥デザインと開發指針, ソフトサイエンス社, 1082~1105.
15. C. E. Beste(1983); Herbicide Hand Book. Weed Science Society of America.
16. Royal Society of Chemistry(1984); The Agrochemicals Hand Book Update 1 June Uniwin Brothers Ltd U.K.