

### 除草劑 Cyhalofop-butyl ester의 벼와 피間的 選擇性 機作

#### IV. 酵素活性, 脂肪酸 및 蛋白質合成에 미치는 影響

朴載邑\* · 李仁龍\* · 朴泰善\* · 柳甲喜\*\* · 金永九\* · 金吉雄\*\*\*

### Selective Mechanism of Cyhalofop-butyl ester between Rice(*Oryzae sativa* L.) and *Echinochloa crus-galli*

#### IV. Effect on Enzyme Activity, Biosynthesis of Fatty Acid and Protein in Rice and *Echinochloa crus-galli*

Park, J.E\*, I.Y. Lee\*, T.S. Park\*, G.H. Ryu\*\*, Y.K. Kim\* and K.U. Kim\*\*\*

#### ABSTRACT

This experiment was carried out to determine selectivity of herbicide cyhalofop-butyl ester on enzyme activity, biosynthesis of fatty acid and protein between rice and *Echinochloa crus-galli*.

Activity of the acetyl-CoA carboxylase(ACCCase) was inhibited greater in *E. crus-galli* than in rice by the treatment of cyhalofop-butyl ester. The ACCCase activity in *E. crus-galli* was observed with I<sub>50</sub> at 1-2ppm of cyhalofop-butyl ester, while in rice only at above 10ppm. Cyhalofop-butyl ester also inhibited the biosynthesis of fatty acid by 61% of palmitic acid, 54% of linoleic acid and 41% of linolenic acid in *E. crus-galli*. In contrast, no significant difference of fatty acid content was observed in rice at 5DAT as compared with the untreated control. Protein patterns of rice between the herbicide treatment and the untreated control were not significantly different, but in *E. crus-galli*, 3 protein spots were disappeared in between 29KD and 45KD.

Key word : Cyhalofop-butyl ester, Acetyl-CoA carboxylase, Mode of action

#### 緒 論

Phenoxy系 除草劑의 作用點은 分裂組織의 細胞分裂을 抑制하는 것으로 알려져 있으며<sup>12)</sup> 分裂組織을 枯死시키는 作用은 細胞膜 構成物質의 主成分인 脂質 生合成 抑制에 의한 것이라

는 研究가 多數 報告되어 있다. Hoppe 等<sup>7)</sup>은 diclofop-methyl處理時 옥수수 子葉의 脂肪酸 組成中 oleic acid와 palmitic acid의 含量은 낮아지고 linolenic acid의 含量은 增加한다고 報告하여 脂肪酸 生合成에 影響이 있음을 推測하여 phenoxy系 除草劑의 作用機作이 fatty acid 合成 抑制劑와 關聯있음을 究明하였다.

\* 農業科學技術院(National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea)

\*\* 農村振興廳 研究管理局(Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea)

\*\*\* 慶北大學校 農科大學 農學科(Dept. of Agronomy, Kyungpook National university, Taegu 702-701, Korea)

〈'97. 4. 2 접수〉

Burton 等<sup>3)</sup>은 옥수수幼苗 葉綠體의 脂肪酸 生合成 抑制能力이 sethoxydim은 10 $\mu$ M, haloxyfop는 1 $\mu$ M 濃度에서 90% 以上 抑制시켰으나 藥劑間에 抑制濃度가 相異하다고 報告하였고, 또한 두 藥劑의 處理로 Acetyl-CoA carboxylase (이하 ACCase)가 抑制되는 것이 觀察되어 作用點이 ACCase 임을 最初로 暗示해 주었으며 이들 ACCase의 特性 研究는 Harwood 等<sup>5)</sup>에 의해 確立되었다.

또한, Segor 等<sup>15)</sup>은 페녹시系 除草劑中에서도 cycloxydim, clethodim, sethoxydim 및 alloxydim 은 禾本科 植物에서 微量의 濃度에서도 ACCase의 抑制效果가 높으나 廣葉植物에서는 抑制效果가 없었고 diclofop, fenoxaprop, haloxyfop 및 fluazifop는 禾本科 植物에서는 낮은 濃度에서도 ACCase가 역시 抑制되었으나 廣葉植物은 高濃度에서 抑制된다고 報告하여 phenoxy系 除草劑는 禾本科 植物과 廣葉植物 사이에는 明確한 選擇性이 있음을 보여주었다.

Phenoxy系 除草劑를 對象으로 禾本科 植物과 廣葉植物 사이에 나타나는 選擇性的 機作에 關한 研究는 多數 報告되어 있으나 phenoxy系 除草劑에 의한 벼와 피사이에 屬間選擇性을 正確히 究명한 研究는 없는 實情이다. 따라서 禾本科 屬間에 明確한 選擇性을 보이는 cyhalofop-BE를 利用하여 벼와 피間 酵素活性程度, 脂肪酸 및 蛋白質組成에 미치는 영향을 試驗하여 얻어진 結果를 報告하는 바이다.

## 材料 및 方法

### 1. Acetyl-CoA carboxylase 酵素 活性에 미치는 影響

Cyhalofop-BE에 對한 벼와 피의 ACCase 阻害程度를 調査하기 위해 Stoltenberg 等의 方法<sup>16)</sup>에 따라 暗室에서 7日 동안 生育시켜 白化된 新鞘 10g에다 0.1M tricine-KOH pH 8.0, 0.3M glycerol, 5mM DTT의 buffer 50ml을 添加하여 막자사발로 0-4℃에서 磨碎한 다음 가제로 濾過하여 30,000rpm으로 30分 동안 遠心分離하였다. 上等液을 0.1M Tricine-KOH pH8.0, 0.3M

glycerol로 緩衝시킨 sephadex G-75 칼럼에 通過시켜 desalt한 다음 얼음 속에 담아 4%의 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 飽和시켰으며 12,000g로 30分 동안 遠心分離하였다. Pellet를 다시 0.1M tricine-KOH pH8.0, 0.3M glycerol, 0.3mM DTT로 再懸濁시켜 同一한 buffer로 緩衝시킨 sephadex G-25 칼럼에 다시 desalt하여 通過된 酵素를 모아 酵素活性試驗에 使用하였다.

이때 Bradford 方法<sup>2)</sup>으로 蛋白質 確認을 하였으며 이 酵素抽出물의 100 $\mu$ l에 0.1M tricine-KOH pH8.0, 0.3M glycerol, 1mM ATP, 2.5mM MgCl, 0.5mM DTT, 15mM NaH<sup>14</sup>CO(0.17mCi/mmmole)의 buffer를 100 $\mu$ l, Acetyl-CoA 50 $\mu$ l를 添加하여 酵素反應을 시켰다. 酵素反應을 시킨 다음 12N HCl溶液 25 $\mu$ l를 添加시켜 反應을 中止시켰으며 冷凍凍結乾燥機로 非反應物質을 完全히 除去시켰다. Liquid scintillation analyzer 分析을 위해 cocktail buffer 10ml씩을 넣어 乾燥試料를 完全히 溶解시킨 다음 基質로 反應한 放射線 同位元素量을 DPM으로 測定하였다.

### 2. 脂肪酸 生合成에 미치는 影響

Cyhalofop-BE處理로 벼와 피의 脂肪酸 生合成에 미치는 影響을 調査하기 위해 Court 等의 方法<sup>4)</sup>에 따라 藥劑의 180ppm를 피와 벼의 3-4 葉期에 10ml씩 莖葉 處理하였고 處理後 5日째에 地上部를 各各 採取하여 60℃ 乾燥機에 넣어 乾燥시킨 다음 乾燥試料 10g를 50mg의 ISTD (glutaric acid)와 methylation를 시키기 위해 7.2ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 含有된 100ml methanol로 24時間 振湯하여 濾過했다. 濾過된 餘液에 chloroform 20-30ml를 加한 後 水層이 分離될 程度로 넣어 分離시켰으며 抽出된 chloroform를 濃縮機를 利用해 5ml로 同一하게 濃縮시킨 다음 試料別로 各各 脂肪酸 組成 比率를 處理 日數別로 調査하여 無處理와 比較하여 脂肪酸 組成에 미치는 影響을 調査하였으며 脂肪酸 組成 分析은 gas chromatograph를 利用해 脂肪酸 分析을 하였다. 이때 脂肪酸 分析을 위한 條件은 表 1과 같다.

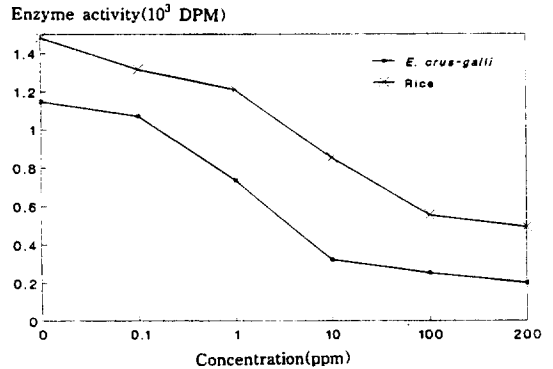
**Table 1.** Working conditions of gas chromatograph.

Instrument	HP 5890II Gas Chromatograph
Detector	Flame Ionization Detector
Column	HP-20M 0.25 mm i.d. x 25 m fused silica Capillary column(film thickness : 0.21μm)
Temperature	Column : 210℃ Detector : 220℃ Inlet : 210℃
Gas flow rate	Carrier N <sub>2</sub> : 1ml/min Feul gas : Air (360 ml/ min) H <sub>2</sub> (40 ml/ min)
Sample injection	Split mode Split ratio= 30 : 1
Injection volume	1μl
Integrator chart speed	0.5cm/min

**3. 蛋白質 pattern에 미치는 影響**

除草劑 cyhalofop-BE에 의한 벼와 피의 植物體內 蛋白質의 變化 樣相을 調査하기 위해 2次元 電氣泳動을 實施했다. 피와 秋晴벼의 2-3葉期 幼苗에 180ppm을 處理하고 處理後 2日째에 植物體 試料 100mg의 試料를 液體窒素가 든 막자사발에서 磨碎한 後 100ml TCA acetone (10% trichloro acetic acid+0.07% mercaptoethanol in acetone)으로 -20℃에서 10分間 沈澱시킨後 15,000rpm에 10分間 遠心分離하고 沈澱物을 다시 0.07% mercaptoethanol이 含有된 acetone으로 2回 씻은 後 30分間 眞空乾燥하여 lysis buffer (9.5M urea 1.6% ampholine pH5-7, 0.4% ampholine pH3.5-10, 3% triton, 5% mercaptoethanol)로 4℃에서 15分間 抽出시키고 다시 15,000rpm에서 10分間 遠心分離하여 上等液을 電氣泳動에 使用하였다.

蛋白質의 2次元 電氣泳動은 準備된 試料를 3% polyacrylamide I.E.F(isoelectric focusing)tube gel 위에 20ml씩 loading한 後 陽極에 10mM H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>와 陰極에 20mM NaOH溶液을 채워 400V에서 14時間 800V에서 1時間 分離한 後 gel를 튜브로부터 除去하여 SDS sample buffer glycerol, 5% mercaptoethanol, 2.3% sodium dodesyl sulfate, 0.625M tris, HCl pH6.8)에 30分씩 2回 中和하고 4% polyacrylamide stacking gel과



**Fig. 1.** Effect of cyhalofop-butyl ester on the acetyl-CoA carboxylase activity of *Echinochloa crus-galli* and rice.

12.5% separating gel狀에서 電流 25mA에 約 5時間 SDS-PAGE(polyacrylamide gel electrophoresis)를 實施한 後 銀染色(silver staining)을 實施하였다.

**結果 및 考察**

**1. Acetyl-CoA carboxylase 酵素 活性에 미치는 影響**

벼와 피의 cyhalofop-BE處理에 의한 벼와 피의 ACCase의 阻害程度를 調査한 結果 그림 1과 같이 벼의 境遇에는 藥劑의 濃度가 0.1ppm

에서 100ppm까지 增加하여도 ACCase의 阻害程度에 큰 變化를 보이지 않았고 反面에 皮的 境遇에는 1ppm 濃度以上에서 阻害程度가 높아 無處理에 比해 50-60% 以上 阻害하는 傾向을 보였다. 따라서 ACCase의 I<sub>50</sub>濃度는 皮的 境遇에는 cyhalofop-BE의 1-2ppm 濃度水準으로 나타났고 벼의 境遇에는 皮보다 10倍 以上の 濃度가 아닌가 思料된다.

페녹시系 除草劑의 ACCase의 阻害試驗은 Burton 等<sup>3)</sup>이 sethoxydim과 haloxyfop의 境遇 옥수수에서는 I<sub>50</sub>이 각기 2.9μM로 阻害가 낮은 濃度에서 일어났고 완두에서는 1M과 10M의 높은 濃度에서도 일어나지 않아 禾本科와 廣葉植物의 阻害濃度 差가 컸다고 보고하였다. 따라서 本 試驗에서도 ACCase 酵素活性에 對한 試驗結果로 볼 때 cyhalofop-BE에 皮的 感受性 植物로 벼는 耐性 植物로 區分할 수 있었다. 이와 같이 페녹시系 除草劑의 作用點이 ACCase임을 밝힌 Burton 等<sup>3)</sup>과 같이 ACCase는 脂肪酸 生合成 過程中 Acetyl-CoA에서 malonyl-CoA로 轉換될 때 關與하는 酵素로 cyhalofop-BE를 包含한 페녹시系 除草劑는 ACCase를 阻害하므로써 脂肪酸의 前驅物質인 malonyl-CoA의 生産이 抑制되므로 脂肪酸의 生合成이 阻害되는 것으로 알려져 있고<sup>3,5,10,11)</sup>, 本 試驗의 結果로 보아 cyhalofop-BE는 ACCase를 크게 抑制 시켰다.

## 2. 脂肪酸 生合成에 미치는 影響

Cyhalofop-BE處理에 依한 벼와 皮的 脂肪酸 生合成에 미치는 影響을 調査한 試驗結果는 表 2와 같이 벼의 境遇 藥劑를 處理한 後 無處理

와 同一한 脂肪酸 組成比率을 보였다. 反面에 皮的 飽和脂肪酸인 palmitic acid가 無處理에 比해 顯著히 抑制된 傾向을 보였으며 不飽和脂肪酸인 linoleic acid도 同一하게 藥劑處理 後 抑制되어감을 보여 주었다.

또한 linolenic acid의 境遇에도 無處理에 比해 抑制 程度가 높았다. 따라서 藥劑處理 5日 後에 벼와 皮的 脂肪酸 組成比率을 比較해 보면 벼의 境遇에는 脂肪酸 組成에 差異가 없었고 皮的 飽和脂肪酸인 palmitic acid가 약 61% 程度 抑制되고 不飽和脂肪酸인 linoleic acid는 54% 程度, linolenic acid는 41% 程度의 脂肪酸 生合成이 抑制된 傾向을 보였다. 이와 같은 傾向은 Hoppe 等<sup>7)</sup>이 옥수수수수葉에 diclofop-methyl을 處理한 境遇 oleic acid와 palmitic acid의 含量이 낮아진다고 報告하여 本 試驗과 類似한 傾向을 보였으나 total polarlipid, phosphoglycolipid 및 glycolipid의 含量이 無處理에 比해 20%程度 抑制되었다고 報告되어 있어 脂肪酸 種類別로 cyhalofop에 對한 阻害程度를 理解하기 爲해서 脂肪酸 種類別로 阻害程度를 追後 細密히 檢討해볼 必要가 있는 것으로 思料된다.

## 3. 蛋白質 pattern에 미치는 影響

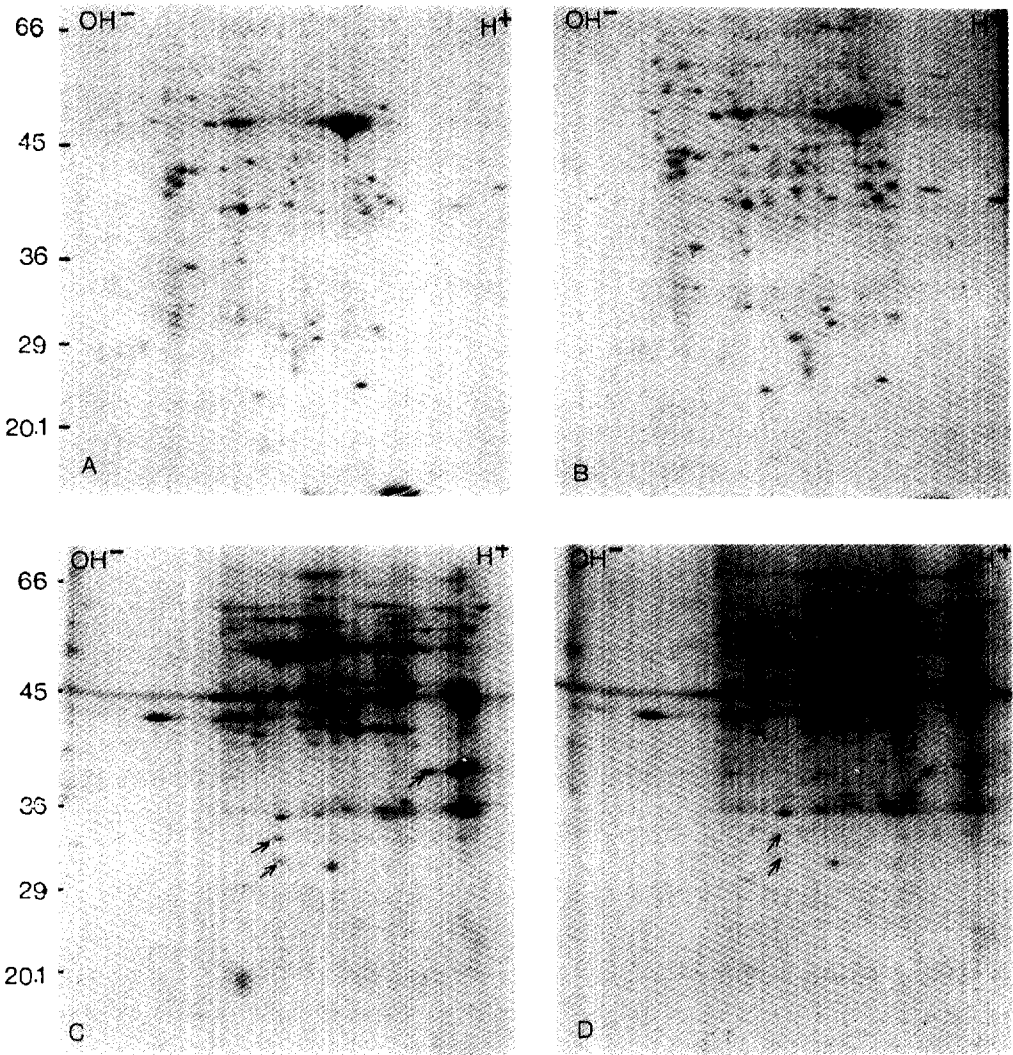
Cyhalofop-BE 處理에 依한 蛋白質 pattern에 미치는 影響을 2次元 電氣泳動해 比較한 結果는 그림 2와 같이 강한 耐性을 보인 벼는 뚜렷한 差異를 보이지 않았으며 敏感한 反應을 보인 皮的 29KD와 36KD사이에서 除草劑 處理區에서 2개의 spot가, 36KD와 45KD사이에서도 1개의 spot가 없어지는 傾向을 보여 除草劑의

Table 2. Changes of fatty acid content in rice and *Echinochloa crus-galli* as affected by cyhalofop-butyl ester treatment.

Plant	DAT <sup>a</sup>	Fatty acid(mg/g Dry weight)				
		C16 : 0	C18 : 0	C18 : 1	C18 : 2	C18 : 3 <sup>c</sup>
Rice	control	11.5	1.2	t b	16.5	32.0
	5 DAT	13.9	1.4	2.0	19.3	36.8
E.c	control	17.8	t	2.1	17.5	71.4
	5 DAT	6.9	t	t	8.0	42.4

a : DAT : Days After Treatment. b : t were detected below 1mg

c : C16 : 0 : Palmitic acid, C18 : 0 : Stearic acid, C18 : 1 : Oleic acid, C18 : 2 : Linoleic acid, C18 : 3 : Linolenic acid



**Fig. 2.** Protein patterns separated by two-dimensional gel electrophoresis in rice and *Echinochloa crus-galli* shoots as affected by cyhalofop-butyl ester. (A : untreated control in rice, B : 100ppm of cyhalofop-butyl ester in rice, C : untreated control in *E. crus-galli*, D : 100ppm of cyhalofop-butyl ester in *E. crus-galli*)

處理로 인해蛋白質의 pattern에도 影響을 미치는 것으로 思料된다.

Phenoxy系 除草劑 處理에 따른蛋白質 패턴의 變化에 對한 研究文獻은 거의 없는 實情이나 Nakarahira 等<sup>12)</sup>에 依하면 quizalofop處理는 細胞分裂 G<sub>2</sub>期에蛋白質 合成을 抑制한다고 報告하였으며 國內에서는 洪 等<sup>6)</sup>이 除草劑 quinclorac의 處理로 피 種間의蛋白質 패턴의 比較

에서 種間에 差異가 없음을 報告하여 quinclorac이 1次的으로 酵素나蛋白質 阻害에는 影響을 미치지 않는다고 報告 하였으며 Koo 等<sup>9)</sup>에 依하면 피의 幼苗에 quinclorac 1mM 處理한 後 72時間에서는蛋白質의 含量이 오히려 67% 增加한다고 報告한 바 있다. 이와 같이 cyhalofop-BE가蛋白質 阻害劑는 아니나, 脂肪酸 生合成을 阻害함으로써 生化學的으로 感受性植物인

피의 단백질 패턴에도 영향을 주는 것으로 생각된다.

以上の結果와 이미 報告한 第 1報<sup>13)</sup>, 2報<sup>14)</sup> 및 3報<sup>8)</sup>을 綜合해 보면 벼와 피 사이에 cyhalofop-BE의 屬間 選擇的 活性反應의 差異는 벼와 피 植物體 사이에 生理 및 生態學的인 차이에 의한 同 藥劑의 吸收量에 있어서 큰 差異를 보여, 吸收量이 높은 피의 境遇에 作用點으로 移動하는 體內 移行量도 벼보다 훨씬 높은 傾向을 보였다. 이와 같이 많은 量이 體內에 吸收되어 ester形態에서 cyhalofop acid 形態로 轉換된 free acid 化合物의 形成量도 피가 높아 作用點인 分裂組織에 相對的으로 더 크게 作用하여, 脂肪酸 生合成에 關與하는 酵素인 ACCase의 形成을 阻害하여 Acetyl-Coenzyme에서 脂肪酸 前驅物質인 Malony-Coenzyme으로 轉換이 抑制된다. 이때 ACCase을 阻害하는 濃도가 벼와 피 사이에 큰 差異를 보였다. 피는 cyhalofop-butyl ester의 1-2ppm 濃度에서 ACCase를 50% 程度 阻害할 수 있었고, 벼의 境遇는 그 보다 10倍 以上の 높은 濃度에서 抑制되어 感受性인 피와 耐性を 보이는 벼 사이에 屬間 選擇성을 보이는 主要 原因으로 밝혀졌다. 이와 같이 脂肪酸 生合成에 關與하는 酵素인 ACCase의 阻害로부터 脂肪酸 生合成이 抑制되므로 피는 飽和脂肪酸인 palmitic acid와 不飽和脂肪酸인 linoleic acid와 linolenic acid의 生合成이 크게 抑制되었고 벼는 큰 差異를 보이지 않았다. 同時에 感受性인 피는 蛋白質 패턴에도 影響을 주어 細胞分裂 및 細胞伸長이 활발히 일어나는 地際部 줄기生長點의 分裂組織과 根頂部の 分裂組織이 쉽게 阻害되어 殺草作用을 보이는 것으로 생각된다.

## 摘 要

벼와 피간의 屬間 選擇성을 究明하기 위하여 除草劑 cyhalofop-BE에 對한 Acetyl-CoA carboxylase의 酵素活性, 脂肪酸 生合成 및 蛋白質 패턴에 미치는 影響을 試驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. ACCase을 阻害하는 濃도는 피가 1-2ppm 濃度の 낮은 水準이었고 벼는 10倍 以上の 높은 濃度에서 阻害되었다.
2. 벼 및 피의 脂肪酸 生合成에 關與하는 ACCase의 酵素가 阻害되어 피는 飽和脂肪酸인 palmitic acid가 無處理에 비해 61%, 不飽和脂肪酸인 linoleic acid가 54%, linolenic acid는 41%가 程度 抑制되었으나 벼는 無處理와 큰 差異를 보이지 않았다.
3. 피는 29KD와 36KD사이 및 36KD와 45KD사이의 spot가 消滅되어 蛋白質 패턴에 影響이 있었다.

## 引用 文 獻

1. Boldt, L.D. and M. Barrett. 1991. Effects of diclofop and haloxyfop on lipid synthesis in corn(*Zea mays*) and bean(*Phaseolus vulgaris*). Weed Sci. 39 : 143-148.
2. Bradford, M. 1983. Bio and laboratories chromatograph, electrophoresis, immunochemistry and HPLC. pp.166-167.
3. Burton, J.D., J.W. Gronwal, D.A. Somers and J.A. Connelly. 1982. Inhibition of plant Acetyl-Coenzyme A carboxylase by the herbicides sethoxydim and haloxyfop. Biochemical and Biophysical Research Communication. 148(3) : 1039-1044.
4. Court, W.A., J.M. Elliot and J.G. Hendel. 1982. Influence of applied nitrogen on the nonvolatile fatty and organic acids of flue-cured tobacco. Can. J. 62(2) : 489-496.
5. Harwood, J.L. 1989. The properties and importance of Acetyl-Coenzyme A carboxylase in plants. Brighton Crop Protection Conference-Weed. pp.155-162.
6. Hong, S.Y., I.J. Lee, K.U. Kim, D.H. Shin and C.N. Lee. 1993. Physiological and anatomical studies of quinclorac action. KJWS. 13(1) : 67-70.
7. Hoppe, H.H. 1980. Changes in membrane

- permeability, carbohydrate content, lipid content, and lipid composition in root tips from *Zea mays* after treatment with diclofop-methyl. Z, pflanzenphysiol. Bd. 100. S. 414-426.
8. 金吉雄 · 朴載邑. 1997. 除草劑 cyhalofop-butyl ester의 벼와 피間的 選擇性 機作. III. <sup>14</sup>C-cyhalofop-butyl ester의 벼와 피 體內吸收, 轉移, 및 代謝. 韓雜草誌. 17(1). 投稿中
  9. Koo, S.J., Y.W. Kwon and K.Y. Cho. 1991. Comparison of I. Differences in herbicidal activity, phytotoxic symptom and auxin activity among plant species. 10th anniversary meeting of KSWs, Abstracts : 52-53.
  10. Kobex, K. and H.K. Lichtenthaler. 1989. Fatty acid biosynthesis in isolated etioplasts and its inhibition by herbicides. Brighton Crop Protection Conference-Weeds. pp.471-478.
  11. Lichtenthaler, H.K., K. Kobek and M. Focke. 1989. Differences in sensitivity and tolerance of monocotyledonous and dicotyledonous plants toward inhibitors of Acetyl-Coenzyme A carboxylase. Brighton Crop Protection Conference-Weeds. pp.173-182.
  12. Nakahira, K. and M. Uchiyama. 1989. Histological changes in root and shoot apical meristemic tissues of corn treated with quizalofop. J, Pesticide Sci. 14 : 481-488.
  13. 朴載邑 · 柳甲喜 · 李仁龍 · 李漢圭 · 申鉉承 · 李正云 · 金吉雄. 1994. 除草劑 cyhalofop-butyl ester의 벼와 피間 選擇性 機作. I. 除草劑 cyhalofop-butyl ester에 對한 벼와 피間 反應差異. 韓雜誌. 14(2) : 94-100.
  14. 朴載邑 · 柳甲喜 · 李仁龍 · 李漢圭 · 申鉉承 · 李正云 · 金吉雄. 1994. 除草劑 cyhalofop-butyl ester의 벼와 피間 選擇性 機作. II. 除草劑 cyhalofop-butyl ester의 벼와 피間에 미친 解剖學的 影響. 韓雜誌. 14(3) : 223-227.
  15. Segor, J., G. Cseke, and W.J. Owen. 1989. The discovery of the selective inhibition of Acetyl Coenzyme A carboxylase activity by two classes of graminicides. Brighton Crop Protection Conference-Weeds. pp.145-154.
  16. Stolenberg, D.E., J.W. Gronwald, D.L. Wyse, J.D. Burton, D.A. Somers and B.G. Gengenbach. 1989. Effect of sethoxydim and haloxyfop on acetyl-coenzyme A carboxylase activity in Festuca species. Weed Sci. 37 : 512-516.