

除草劑 Cyhalofop-butyl ester의 벼와 피間 選擇性機作

1. 除草劑 Cyhalofop-butyl ester 에 대한 벼와 피間의 反應差異

朴載邑 · 柳甲喜 · 李仁龍 · 李漢圭 · 申鉉承 · 李正云* · 金吉雄**

Selective Mechanism of Cyhalofop-butyl ester between Rice and *Echinochloa crus-galli*

1. Differential Response of Rice and *Echinochloa crus-galli* to Cyhalofop-butyl ester

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

ABSTRACT

This experiment was conducted to determine selective mechanism of cyhalofop-butyl ester(((R-butyl 2-(4-(4-cyano-2-fluorophenoxy) phenoxy) propionate)) between rice and *Echinochloa crus-galli*. 100ppm of cyhalofop-butyl ester inhibited over 90% of seedling growth of *E. crus-galli* when applied at 3 leaf stage and complete inhibition was observed at 180ppm applied at the 4 leaf stage, but rice(Chucheongbyeo) was not inhibited by cyhalofop-butyl ester even at 230ppm, regardless of its growth stages(3, 4, 5 and 6 leaf stages). Cyhalofop-butyl ester applied through stem at 10 and 50ppm moved most rapidly to the meristem and resulted in the highest injury on plant height, root length and fresh weight of *E. crus-galli*, compared with root or leaf application. Seedlings of rice and *E. crus-galli* at 3 or 4 leaf stage were dipped in 180ppm of cyhalofop-butyl ester solution for 1 minute and aboveground parts of *E. crus-galli* and rice were removed immediately after dipping treatment. Regrowth of *E. crus-galli* was inhibited by the herbicide by 41.7%, but no inhibition was observed in rice. Further, content of chlorophyll reduced to 18.7% of the untreated control, showing appearance of almost being killed, but no effect on chlorophyll content of rice was observed.

Key words : cyhalofop-butyl ester, inhibition, dipping treatment, chlorophyll

緒 言

우리나라 農業은 量爲主의 自給自足 農業에서 質爲主의 商業農業으로 轉換하면서 高品質의 優秀 農産物을 生産하기 위한 技術開發에 拍車를 가하고 있다. 이러한 技術農業의 側面인 持續의

인 品質改良과 農藥과 같은 農資材의 開發 및 普及은 農業生産性 向上에 寄與한 바 크다. 反面에 農村人口의 減少와 農業人口의 高齡化 및 婦女化로 인해 勞動力 不足現象을 나타내어 省力栽培法이 時急히 要求되고 있는 實情이다^{2,15,20}.

省力栽培法의 一環인 直接栽培法은 育苗과 移秧期間을 거치지 않아 劃期的인 벼 栽培法으로

* 農村振興廳 農藥研究所 (Agricultural Chemicals Research Institute, RDA, Suwon 440-707, Korea)

** 慶北大學校 農科大學 (College of Agriculture, Kyungpook National Univ. Taegu 702-701, Korea)

<1994. 7. 18 접수>

開發되어 農家에 普及中에 있으나 效率的인 雜草 防除法이 確立되지 않고는 直播栽培法의 成功을 기대하기란 어려운 것으로 알려져 있다.

直播栽培에서 가장 問題되는 禾本科 雜草인 피는 우리나라 논 雜草中 代表的인 優點草種으로 강피(*Echinochloa oryzicola*), 돌피(*Echinochloa crus-galli* var. *pratricula*), 물피(*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*)가 있는데 주로 논에 강피나 물피의 發生이 높다. 특히 피는 水分이 充分하고 溫暖한 곳에서 자라는 代表的인 禾本科 一年生 草種으로 벼와는 달리 葉脈이 하얗고 葉耳와 葉舌이 一般的으로 없는 것으로 되어 있으나 반드시 그런 것은 아니다. 이런 피의 種子는 土壤中에서 壽命은 짧지만 越冬時에 水分이 多濕하면 壽命이 길어지고 低溫地帶에는 發生 期幅이 길어지는 特性이 있어 直播栽培가 普遍化 될 境遇 低溫에서 잘 發生 할 수 있는 물피의 優點이 憂慮시 된다²⁾.

피의 效果的인 防除를 爲해 벼와 피 사이에 屬間 選擇性이 높은 除草劑의 開發이 要求되는데 現在까지 알려진 屬間 選擇性 除草劑로 못자리 피 防除用으로 開發된 既存 acid amide系인 propanil은 適正 藥量으로 2-3葉期의 피를 效果的으로 防除할 수 있으나 藥量이 增加됨에 따라 屬間 選擇性의 幅이 좁아지는 短點이 있고^{6,12)}, 現在 피 防除에 卓越한 效果를 보이고 있는 quinclorac은 벼와의 選擇性이 높아 劃期的인 除草劑로 脚光을 받고 있으나^{3,11)}, 土壤殘留로 因한 後作物에 對한 影響 때문에 規制될 狀況에 있다. 直播栽培用 피 防除用 除草劑의 開發이 時急히 要請되고 있는 時點에 美國의 다우엘랑코社에서 既存 phenoxy系의 基本構造에 CN基를 置換한 phenoxy系의 新規 化合物인 cyhalofop-butyl ester(以下 cyhalofop-BE)가 開發되었다.

따라서 本 試驗은 Cyhalofop-BE의 벼와 피의 生物學的 反應差異에 대하여 研究하였다.

材料 및 方法

秋晴벼를 供試하여 cyhalofop butyl-ester에 대한 品種間 反應을 豫備的으로 檢定하여 秋晴벼를 本 試驗의 材料로 使用했다. 供試 除草劑 cyhalofop-BE(XDE-537)는 다우엘랑코社로부터 分讓받아 使用했으며 1% Tween 溶液을 添加하여 使用하였다. Cyhalofop-BE의 化學構造는 그림 1과 같고 本 試驗에 供試된 土壤의 理化學的 特性은 表 1과 같다.

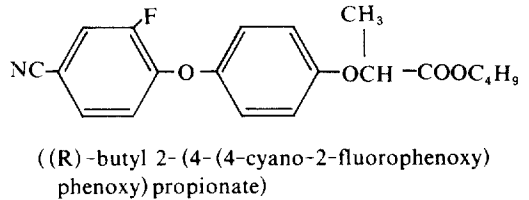


Fig. 1. Chemical Structure of cyhalofop butyl-ester.

1. Cyhalofop-BE가 벼와 피의 葉期別 生長에 미친 影響

Cyhalofop-BE에 對한 벼와 피의 生物反應을 調査하기 위해 20cm×10cm×10cm 四角뿔트에 3mm체로 친 風乾된 논흙을 넣고 벼와 피 20粒씩 播種한 다음 25°C growth chamber에서 3葉期, 4葉期, 5葉期 그리고 6葉期로 生育시켰다. 葉期別로 除草劑는 50, 100, 180 및 230ppm 濃度로 處理하였다. 피에 對한 濃度 및 葉期別 試驗은 處理後 15日에 無處理와 對比하여 生體重을 調査하였고, 벼와 피의 葉期別 試驗은 180ppm 濃度로 藥劑를 葉期別로 處理한 後 處理 3, 6, 9, 12 日에 生體重의 變化를 無處理와 各各 比較 調査하였다. 이 試驗은 各各 3反復으로 實施하였다.

Table 1. Physico-chemical characteristics of soil used.

Soil texture	pH	Organic matter (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ex-Cation (me/100g)			SiO ₂
				K	Ca	Mg	
Silt loam	5.6	2.3	51	0.4	4.6	1.5	75

2. Cyhalofop-BE의 줄기 處理時 피의 生長에 미친 影響

종이컵(5cm×7cm)에 흙을 80% 程度 담고 피를 4-5粒 播種한 後 25°C의 生長箱에서 2-3葉期까지 均一하게 生育시킨 다음 잎, 줄기 및 뿌리의 各 部位別로 10 및 50ppm을 處理하였다. 줄기 處理는 藥劑가 흘러내려가지 않도록 植物體를 水平으로 놓고 甬으로 줄기에 藥劑를 묻혀주어 處理한 다음 風乾하여 處理後 3, 5, 7 및 9日째에 各 各 草長, 根長 및 生體重을 反復 當 20株로 하여 各 各 3反復으로 調査하였다.

3. Cyhalofop-BE의 植物體內 吸收 및 移行 調査

Cyhalofop-BE를 處理한 後 벼와 피 體內的 吸收 移行時間을 調査하기 위해 試驗 2와 같은 土壤을 四角꽃트(20cm×10cm×10cm)에 넣고 20粒씩 播種하여 25°C의 生長箱에서 3-4葉期로 生育시킨 다음 180ppm의 濃度에 地上部만 1分間 浸漬하였다. 浸漬 後 30分, 1時間, 3時間 및 6時間째에 處理部位를 물로 藥液을 씻어내고 줄기의 分裂組織만 남기고 地上部를 자른 다음 10日後에 다시 再生된 地上部の 生體重과 無處理區의 再生된 地上部の 生體重을 測定하였다.

4. Cyhalofop-BE가 葉綠素 含量에 미치는 影響

Cyhalofop-BE의 處理가 벼와 피의 chlorophyll 含量에 미치는 影響을 調査하기 위하여 試驗 3과 같이 生長箱에서 生育된 3葉期の 벼와 피를 잎, 줄기 및 뿌리의 部位別로 藥劑를 處理한 다음 Yoshida의 方法²²⁾으로 處理後 3, 5, 7 및 9日째에 葉만 採取하여 80% acetone 溶液 100ml에 葉 2g을 300ml 플라스크에 넣고 磨碎하여 알루미늄 호일로 싸서 어두운 곳에 24時間 동안 放置한 다음 Whatman No.42의 濾過紙로 濾過하였다. 그 濾液을 5ml씩 取해 80% acetone의 50ml에 稀釋하여 比色計로 645nm와 663nm의 波長에서 吸光度를 測定하여 各 各의 總 chlorophyll A, B(mg chlorophyll/g FW) 含量을 다음과 같은 方程式으로 計算하였다.

總 chlorophyll A, B 含量

(mg chlorophyll/g FW)

$$= \langle (20.2 \times A_{645nm}) + (8.02 \times B_{663nm}) \rangle \times 50 / 1000 \times 100 / 5 \times 1/2$$

結果 및 考察

1. Cyhalofop-BE에 대한 벼와 피의 葉期別 生長反應

Cyhalofop-BE에 對한 벼와 피의 生長反應을 調査한 結果는 그림 2와 같다. 피에 對한 殺草效

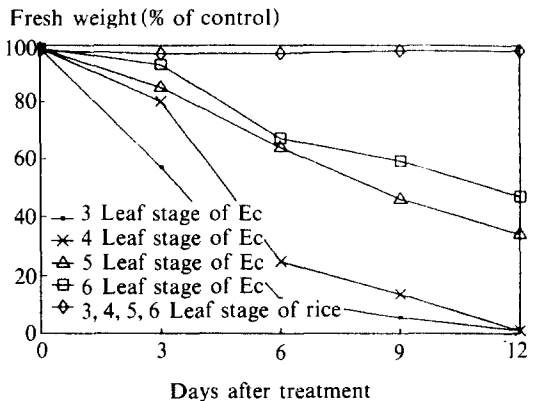


Fig. 2. Fresh weight of *Echinochloa crus-galli* and rice as affected by cyhalofop-butyl ester (180ppm).

果는 피 3葉期에서 100ppm 處理는 95%, 180ppm은 100%의 殺草效果를 보였으며 4葉期에서도 180ppm과 230ppm은 100%, 5葉期에서는 180ppm은 75%, 230ppm에서는 95%의 殺草效果를 보였으나 6葉期에는 230ppm에서도 70% 程度의 낮은 效果를 보였다. 따라서 피 3葉期에는 100ppm 以上の 濃度에서, 4葉期에는 180ppm, 5葉期에는 230ppm 濃度에서 90% 以上の 殺草效果를 얻을 수가 있으나 葉期가 높아지면 濃度를 增加시켜야 90%의 殺草力을 얻을 수 있음을 나타내고 있다.

피에 殺草效果가 뚜렷한 cyhalofop-BE 180ppm 濃度를 벼와 피의 葉期別로 處理하여 殺草反應을 處理後 日數別로 調査한 結果는 그림 3과 같다. 피 3葉期の 境遇에는 處理 6日이 經過

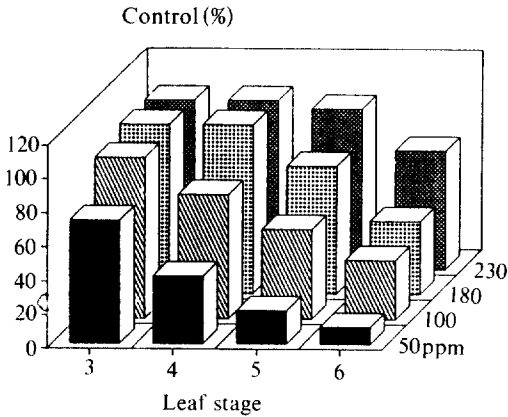


Fig. 3. Control of *Echinochloa crus-galli* as affected by cyhalofop-butyl ester at different growth stages.

하면 無處理 生體重의 12%, 9일이면 5.6%로서 거의 枯死되었음을 나타냈다. 또한 4葉期에서도 處理後 6일이면 無處理의 24.9%, 9일이면 13.7%로서 피 3-4葉期에는 180ppm의 濃度로도 處理後 9일에 殺草效果가 뚜렷하게 나타났으나 5葉期과 6葉期에서는 處理後 9일에 各各 無處理의 46%와 59% 殺草力을 보여 葉期別로 抑制反應이 相異함을 보여주고 있다. 따라서 피 4葉期까지는 藥劑處理로 生育이 萎縮되고 急速度로 葉이 褐變 枯死하나 5葉期 以上에서는 藥劑의 處理로 新葉의 展開가 中止되고 全體的인 生育은 不振하나 더 以上の 葉의 褐變 枯死로 進展되지 않았다.

따라서 cyhalofop-BE의 피 殺草力은 現在 2-3 葉期 피 防除用으로 使用中인 propanil보다는 優秀한 藥劑로 생각되나 quinclorac에 보다는 多少 떨어지는 藥劑로 思料된다^{3,6,11}. 특히 비의 境遇에는 供試藥劑의 180ppm 濃度 處理로는 葉期에 關係없이 生育에는 거의 影響을 보이지 않아 高度의 높은 選擇性이 있는 藥劑로 思料된다.

2. Cyhalofop-BE의 피 줄기 處理時 抑制反應

Cyhalofop-BE에 敏感한 反應을 보인 피를 對象으로 줄기部位에 10ppm과 50ppm을 處理하여 調査한 結果는 그림 4와 같다. 草長은 濃度에 相關없이 草長에 미치는 影響이 無處理에 비해 커서 藥劑處理 3日後부터 30% 抑制되었으으며, 그후

는 生育이 거의 停止된 傾向을 보였으며 10ppm 處理區보다 50ppm 處理區에서 草長의 抑制가 심하였다. 뿌리의 伸長도 處理後 5日부터 無處理에 비해 20% 이상 抑制된 傾向을 보여 草長이나 根長의 伸長에 크게 影響을 미친것으로 思料되었다 (그림 4).

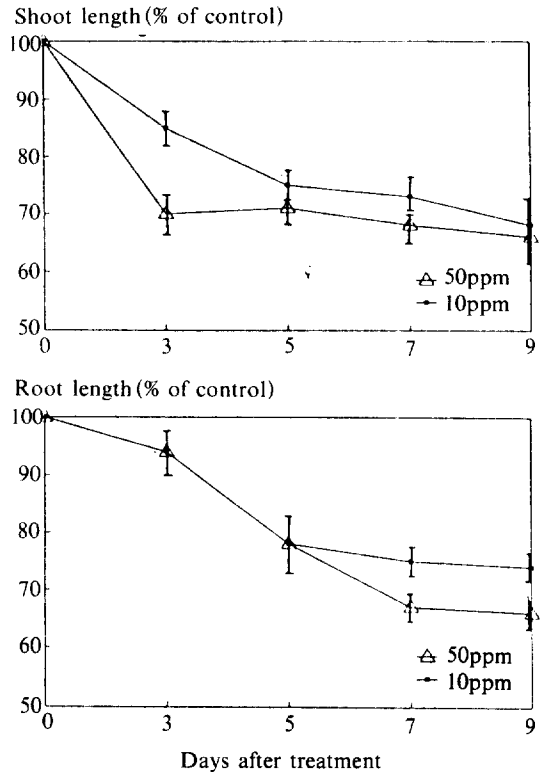


Fig. 4. Changes in Shoot and root length of *Echinochloa crus-galli* after the stem application of cyhalofop-butyl ester.

이러한 結果는 生體重을 調査했을 때도 濃度에 關係없이 無處理에 比하여 유의하게 抑制되었으 며 處理後 時間이 經過함에 따라 處理區와 無處理區間에 生體重 差異가 커졌다. 줄기에 處理할 境遇 藥劑의 吸收 程度가 가장 높은 傾向을 보였 으며, 또한 줄기 部位 處理로 藥劑吸收과 同時에 地下部 뿌리에 까지 移行되어 根伸長을 크게 抑制시키는 것으로 思料된다(그림 5).

위의 結果로 미루어 보아 cyhalofop-BE의 反應部位는 莖葉에 處理할 境遇 地下部の 根生育가

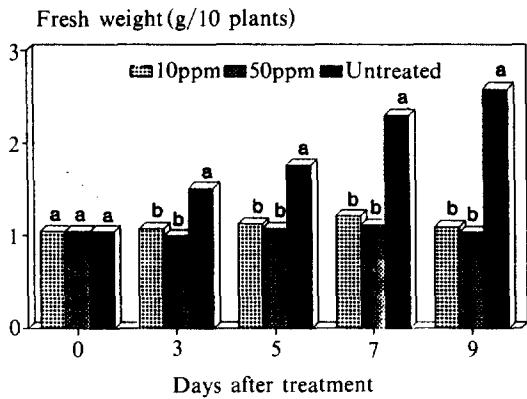


Fig. 5. Changes in fresh weight of *Echinochloa crus-galli* after the stem application of cyhalofop-butyl ester.

지도 억제시키는移行性藥劑로判斷되고新葉의異常肥大現象이觀察되어이藥劑의作用點이生長點의分裂組織임을強하게暗示해 주었다.既存의 phenoxy系除草劑의作用點은生長點을異常肥大시키는 2,4-D와分裂組織을壞死시키는 quizalofop, haloxyfop, fenoxaprop 등과同一한作用을 나타내는 것으로思料된다^{1,4,5,7,10,18,19,21}.

3. Cyhalofop-BE의植物體內吸收 및移行

Cyhalofop-BE를處理한後벼와피의體內에吸收移行되는時間을調査한結果는그림6과같다.藥劑를處理하고난後30分,1時間,3時間 및6時間後에地上部를자른뒤다시再生되는

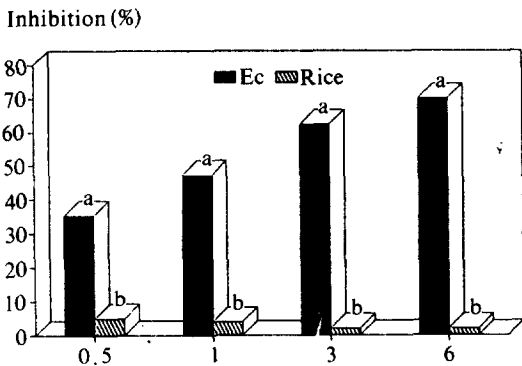


Fig. 6. Regrowth of *Echinochloa crus-galli* and rice as affected by cyhalofop-butyl ester.

部位만의生體重을比較해보면處理30分後에는피의境遇無處理의生體重에比較35.3%,벼는5%가抑制되었고,1時間後는피는41.7%,벼는4%,3時間後에는피가62.3%,벼가2%,그리고6時間後는피가70%가抑制되었는데比較벼는2%程度밖에抑制되지않아벼는時間이經過함에따라이藥劑에依한벼生育에는거의影響을받지않는것으로나타나cyhalofop-BE에強한耐性植物이아닌가思料되었다.

그러나피는處理1-3時間以內에40-60%程度의抑制力を 보이는 것으로 보아處理後1時間부터3時間以內에이藥劑가吸收되어生長點에移行되는 것으로 생각되며 cyhalofop-BE에對해強한感受性植物로思料된다.除草劑의體內吸收 및移行은殺草作用과密接한關係가있다.吸收된除草劑가作用點까지移行되어作用하여야만植物體가枯死되는데吸收 및移行時間은除草劑種類에따라다르다^{9,13}.Ishikawa¹⁴에依하면禾本科植物에選擇性除草劑인sethoxydim은處理後3時間이 지나면地上部の再生力은 거의 없으며^{8,14}2,4-D는數分內에吸收移行이 되어吸收移行時間이 매우 짧은藥劑로 알려져 있다^{16,17}.本試驗을 통해서 cyhalofop-BE의吸收移行에 있어벼와피 사이에 큰差異가 있었으며피에吸收移行時間은 매우 빠른藥劑로思料된다.

4. Cyhalofop-BE가葉綠素含量에 미치는影響

Cyhalofop-BE에對한벼와피의chlorophyll含量에 미치는影響을調査한結果는그림7과같다.피는180ppm處理後3일부터葉色の變化를 보이는데 이때 chlorophyll의含量은無處理의82.9%였고5日後에는50%以下로急激히 떨어져外觀上피의葉色이相當히變色이되었고處理後7日에는18.7%,9日後에는8.9%에不過하여피가 거의枯死되었다.反面에벼는處理後時間이經過해도無處理에比較chlorophyll含量的變化가 없었다. 이와같은結果는本藥劑處理後벼와피의生體重을調査한葉期別生物活性反應試驗結果와 매우類似하여生體重의變화와 더불어 chlorophyll含量도急速히減少하는

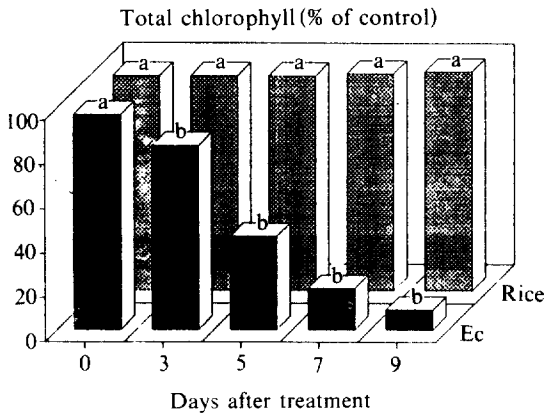


Fig. 7. Changes of total chlorophyll content of *Echinochloa crus-galli* and rice as affected by cyhalofop-butyl ester.

傾向을 보였다.

Cyhalofop-BE에 대한 피의 外形變化는 藥劑處理 2日後부터 新葉이 葉色變化를 보이기 시작하여 약간 밝은 退綠症狀과 同時에 新葉의 展開가 中止되고 점점 葉綠素가 消失되어 白色을 보이면서 검게 썩어간다. 이와같은 症狀은 3日後부터 急速히 進展되면서 地低部가 完全히 切斷되기도 하나 普通 分裂組織의 破壞로 葉色이 서서히 變化하면서 枯死되었다.

以上の 生物活性 反應을 綜合해 볼때 cyhalofop-BE는 벼는 草長 및 分裂抑制 등 生育에 전혀 影響을 미치지 않아 供試藥劑에 對해 강한 耐性을 보이는 耐性植物로 思料되고 피는 4葉期까지의 어린葉期에서는 cyhalofop-BE의 濃度에 關係없이 藥劑에 敏感하게 反應하여 感受性植物로 思料되어 벼와 피間에는 高度의 높은 屬間 選擇性이 있음을 보였다. 피의 葉期가 5葉期 以上 높아지면 藥劑의 反應程度는 同一하여 藥劑가 接觸된 줄기는 生育이 停止되고 枯死되는 殺草效果를 보였는데 側芽로 부터 分蘖株가 急速히 再生되어 나오는 特徵을 보여주었다. 本 藥劑의 吸收部位는 줄기處理時 가장 生育 程度가 높았는데 이것은 줄기로 부터 吸收된 藥劑가 生長點으로 移行이 容易하기 때문에 思料되고 피는 同藥劑의 吸收로 부터 30分後에는 30-40% 程度의 地上部 生體重이 抑制되었으므로 藥劑의 處理後 30分이면 吸收 移行되어 作用點에 到達하는 것으로 생

각되어 吸收 및 移行時間이 매우 빠른 藥劑라 思料된다. 그러나 이것은 本 藥劑 處理時의 外的 要因인 濕度, 溫度 및 植物體의 生育 狀態와 密接한 關係가 있기 때문에 이 部分에 對한 研究가 더 必要하다고 思料된다.

摘 要

벼와 피의 屬間 選擇性을 究明하기 위하여 除草劑 cyhalofop-BE에 對한 反應을 試驗하여 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. Cyhalofop-BE 濃度別 피의 生長反應은 100ppm 以上の 濃度에서 3葉期 까지 90% 以上の 抑制效果를 보였고, 180ppm 以上の 濃度에서는 4葉期까지 100%의 抑制效果를 나타내었으나 벼는 葉期에 關係없이 cyhalofop-BE를 180ppm 處理해도 抑制現狀을 보이지 않아 피와 벼間에 강한 選擇性이 있었다.
2. 피의 줄기, 잎 및 뿌리에 cyhalofop-BE 處理時 줄기에 處理한 것이 草長, 根長 및 生體重에 가장 크게 影響을 미쳤다.
3. Cyhalofop-BE는 피와 벼의 莖葉部 處理時 피에서는 地下部 生長點까지 30分內으로 移行되어 피의 生育이 35.3% 抑制된 反面, 벼는 5% 억제되었으며, 處理後 6時間에는 피는 70%, 벼는 2% 程度 抑制되어 本 除草劑의 移行에는 屬間에 따라 큰 差異가 있었다.
4. Cyhalofop-BE 處理後 피는 1時間이 지나면 作用點에 移行되어 地上部 再生力에 影響을 미치기 始作하여 處理後 7日에는 葉綠素 含量이 無處理에 對하여 18.7%에 불과하여 거의 枯死되었으나 벼는 藥劑 處理後 地上部의 再生力에 차이가 없었으며 Chlorophyll含量 變化도 보이지 않아 강한 耐性을 보였다.

引 用 文 獻

1. Achhireddy, N.R., R.C. Kirkwood and W.W. Fletcher. 1984. The uptake, metabolism and phytotoxicity of MCPA in plants. J. Pesticide Sci. 9 : 617-622.
2. 裒相熙. 1992. 우리나라의 農藥使用現況과

- 展望. 韓國植物病理學會特別심포지움. pp.5-24.
3. Berghaus, R. and B. Wuerer. 1989. The uptake, translocation and metabolism of quinclorac (BAS 514 H) in rice and barnyardgrass. 12th APWSS. Conf. PP.133-139.
 4. Buhler, D.D., B.A. Swisher and O.C. Burnside. 1985. Behavior of ¹⁴C-haloxyfop-methyl in intact plants and cell cultures. Weed Sci. 33 : 291-299.
 5. Chandrasena, N.R. and G.R. Sagar. 1989. Fluazifop toxicity to quackgrass (*Agropyron repens*) as influenced by some application factor and site of application. Weed Sci. 37 : 790-796.
 6. Chen, J.J. and S. Matsunaka. 1989. Distribution of propanil hydrolyzing enzyme, aryl acylamidase I in genus oryza. 12th APWSS. Conf. pp.479-486.
 7. Croon, K. A., M. L. Ketchersid and M. G. Merkle. 1989. Effect of bentazon, imazoquin, and chlorimuron on the absorption and translocation of the methyl ester of haloxyfop. Weed Sci. 37 : 645-650.
 8. 竹松哲夫・近内誠登. 1975. 水田除草の理論と實際. 博友社. pp.147-161.
 9. Dan, H.F. and R.H. Falk. 1990. Herbicide deposition on leaf surfaces. Weed Sci. 38 : 280-288.
 10. Derr, J. F., T.J. Monaco and T. J. Sheets. 1985. Uptake and translocation of fluazifop by three annual grasses. Weed Sci. 33 : 612-617.
 11. Guh, J.O., W.H. Im, S.U. Han and Y.I. Kuk. 1992. Application rate modification of paddy herbicide quinclorac depending on different cultural patterns. Kor. J. Weed Sci. 12(2) : 124-131.
 12. Hirase, K. and S. Matsunaka. 1989. Nitrogen metabolism in a propanil susceptible rice mutant. 12th APWSS. Conf. pp.405-410.
 13. Hitoshi, S. 1982. Current trends in foliage-applied herbicides. J. Pesticide Information. 42 : 28-35.
 14. 石川尙雄. ナフ乳劑の研究開發とその生理作用. 農藥時代. 153 : 36-38.
 15. 金吉雄. 1991. 雜草의 發生生態 變遷과 省力防除技術開發. '91 農振廳심포지움. 16 : 30-42.
 16. Koo, S.J., Y.W. Kwon and K.Y. Cho. 1991. Differences in herbicidal activity, phytotoxic symptom and auxin activity among plant species. 10th anniversary meeting of KSWs, Abstracts : 52-53.
 17. Lym, R.G. and K.D. Moxness. 1989. Absorption, translocation, and metabolism of picloram and 2, 4-D in leafy spurge (*Euphorbia esula*). Weed Sci. 37 : 498-502.
 18. Mito, N., R. Yoshida and Hiromichi. 1990. Effect of hormone-type herbicides on the ethylene production of mungbean hypocotyl sections. Weed Res. 35(4) : 325-331.
 19. 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.
 20. 朴來敬・林茂相. 1989. 水滔의 省力化 栽培技術 現況과 展望. 主要作物 省力化 栽培技術 심포지움 要旨. pp.3-8.
 21. Schott, P.E., H. and H.A. Schluter. 1989. Influence of new auxin analogues on fruit set and quality of tomatoes. Acta horticulturae. 239 : 391-394.
 22. Yoshida, H., D.A. Florno, J.H. Cock and K.A. Gomez. 1976. Laboratory manual for physiological study of rice(3rd ed). The International Manila, Philippines. pp. 43-45.