

植物體 및 土壤中에 있어서 除草劑 Pretilachlor의 移動特性

馬祥墉 · 文永熙 · 梁桓承

全北大學校 農科大學 農化學科
(1987년 10월 20일 수리)

Movement of Herbicide Pretilachlor in Plants and Soils

Sang-Yong Ma, Young-Hee Moon and Hwan-Seong Ryang

Department of Agricultural Chemistry, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the absorption and translocation of pretilachlor [2-chloro-2, 6-diethyl-N-(n-propoxyethyl)-acetanilide] in plants and to evaluate the mobility in soil using the ¹⁴C-or non-labelled compound in laboratory. Rice plant(*Oryza sativa* L.) was very tolerant to pretilachlor. *Echinochloa crus-galli* P. Beauv. was completely controlled by pretilachlor at 60g a.i./10a. At the 120g a.i./10a, growth of *Cyperus serotinus* Rottb. and *Sagittaria pygmaea* Miq. was inhibited by 75% and 25%, respectively. The growth inhibition depended on absorbed amount of ¹⁴C-pretilachlor. The greatest concentration of ¹⁴C was found in *E. crus-galli*, whereas the lowest was determined in rice plant. The rate of absorption and translocation in *E. curs-galli* was faster than in rice plant. Pretilachlor moved to 6cm deep in sandy clay loam, clay loam and loam soils, but to 10cm in sandy loam soil. In the soils herbicide-treated layer was found 0 to 2cm profile.

緒 論

除草劑 pretilachlor [2-chloro-2, 6-diethyl-N-(n-propoxyethyl)-acetanilide]는 우리나라에 1984年水稻用發芽前土壤處理劑로 告示되어 使用되고 있으며, 거의 모든 一年生雜草에 對하여 優秀한 效果가 있는 것으로 알려져 있다.^{1,2)}

一般的으로 除草劑의 効力은 施用한 除草劑가 植物體의 莖葉 또는 根部를 通해서 吸收되고 作用部位로 移行되어 植物體의 生理, 生化學的인 作用을 阻害함으로써 發現되며, 除草劑가 植物體內에 吸收, 移行되는 程度는 植物의 生理的 特性, 除草劑 自體의 特性等에 依하여 決定된다.^{3,4)} 따라서 除草劑의 吸收, 移行特性을 究明하는 것은 作物과 雜草間의 選擇性 여부를 明確히 하여 除草劑의 効

果를 增大시키는데 있어서 매우 重要하다.⁵⁾

한편 土壤處理型 除草劑는 土壤表面에 處理되어 土壤表層에 濃密한 處理層을 形成함으로써 作物과 雜草間의 生育程度의 差, 發生深度의 差에 따른 物理的 選擇性을 利用하여 그 殺草效果를 發現한다. 따라서 土壤中 除草劑의 移動性을 究明하는 것은 除草劑의 安全使用의 基本的 研究라 하겠다. 土壤中 除草劑의 移動은 土壤特性, 溫度, 水分, 光, 植生等에 따라서 그 樣相이 다르게 나타나므로, 諸外國에서 널리 利用되고 있는 除草劑라 하더라도 우리나라의 土壤에는 適合치 않을 수도 있으므로 우리나라의 土壤 氣象特性과 栽培樣式에, 알맞은 除草劑의 選擇이 이루어져야 한다.

그러나 pretilachlor의 植物體中 吸收移行性 및 우리나라 土壤에 있어서의 移動特性에 對해서는 거의 알려진 바가 없으므로 本 研究에서는 水稻 및

雜草에 있어서 pretilachlor의 吸收, 移行特性을 調査하고, 土壤中에서 移動性を 究明하여 pretilachlor의 合理的 使用法 및 選擇性 機構의 確立을 위한 基礎資料를 얻은 目的으로 實驗을 수행하였다.

材料 및 方法

1. 供試除草劑 및 供試土壤

除草劑 pretilachlor는 CIBA-GEIGY社로부터 分讓받은 標準品(純度 99%) 및 ¹⁴C-pretilachlor(38.4μCi/mg)와 10% 水和劑, 2% 粒劑를 使用하였다. 使用된 土壤은 全州市 全美洞 所在 2個所와 西新洞 所在 1個所 및 全北 沃溝郡 米面 所在 1個所에서 採取한 4種類이었으며, 土壤을 2mm체로 通過시킨 다음, 自然土(生土) 또는 風乾土로 保管하여 使用하였다. 土壤의 主要特性은 表 1과 같다.

2. 供試水稻品種 및 檢定植物

서남벼(日本型)와 풍산벼(日本×印度型)를 使用하였으며 檢定植物로는 前年度에 採取하여 休眠覺醒시킨 피(*Echinochloa crus-galli* P. Beauv.), 너도방동산이(*Cyperus serotinus* Rottb.), 올미(*Sagittaria pygmaea* Miq.)의 種子 및 塊莖을 實驗目的에 따라 催芽 또는 生育시켜 使用하였다.

3. Pretilachlor의 草種別 感受性 差異 究明實驗

壇壤土를 plastic pot(表面積 530cm²)에 一定量씩 채우고 2.5cm로 澆水시킨 後, 2.5葉의 풍산벼와 30°C의 暗所에서 催芽시킨 雜草(피, 너도방동산이, 올미)의 種子 및 塊莖을 一定量씩 播種, 移植하였다. 移植深度는 벼 2cm, 피 0.5cm, 올미 3cm로 하였다. 移植 5日後에 pretilachlor 2% 粒劑를 15, 30, 60, 120ga.i./10a水準으로 處理하여 野外條件에서 生育시켰다. 全 試驗期間동안 澆水深은 2.5cm로 維持시켰다. 藥劑處理 30日後에 各 草種

別로 地上部만을 採取하여 乾物重을 測定한 後 無處理區에 對한 生育抑制率로 感受性 程度를 評價하였다.

4. ¹⁴C-pretilachlor의 植物體中 吸收, 移行特性 究明實驗

1) 草種別 吸收移行 特性實驗(土耕實驗)

Plastic vat(表面積 1,200cm²)에 壇壤土를 一定量씩 채우고 2.5cm로 澆水시킨 다음, 2.5葉의 서남벼 및 풍산벼와 1葉의 피, 너도방동산이 및 올미를 2cm 深度로 移植하였다. 移植 5日後에 ¹⁴C-pretilachlor(3.33×10¹⁰dpm)를 土壤表面(澆水)에 處理하였다. 全 試驗期間동안 2.5cm의 澆水を 維持시켰다.

藥劑處理 5日後에 各 草種別로 採取하여 水洗한 後, 地上部와 根部를 分割하고 30°C에서 乾燥시켜 粉碎한 다음, 試料 20mg을 濕式酸化法⁹⁾에 따라 酸化시켜 發生한 ¹⁴CO₂를 liquid scintillation counter (Packard TRI-CARB Model 300)로 放射能을 測定하여 ¹⁴C-pretilachlor의 吸收, 移行量을 調査하였다.

2) 水稻와 피의 吸收, 移行特性 檢定實驗(水耕實驗)

2.5葉의 풍산벼와 皮를 25ml의 水耕液⁷⁾이 담긴 beaker에서 根部만을 침지시켜 2日間 生育시킨 다음 ¹⁴C-pretilachlor(4.26×10⁶dpm)를 根部(水耕液)에 處理하고 계속 生育시켰다.

藥劑處理 12, 24, 48時間 後에 水稻와 皮를 各各 採取하여, 水洗한 다음 根部와 莖葉部를 分割하여 30°C에서 乾燥시킨 後, 粉碎하여 上記와 같이 部位別로 ¹⁴C에 대한 放射能을 測定하였다.

5. 土壤中 移動性 檢定實驗

4種의 風乾土壤을 移動實驗用 PVC column(直徑 10cm, 높이 15cm, 下段部에 2枚의 filter paper와

Table 1. Main properties of soil samples used

Sampling place	Soil texture	Particle size distribution(%)			pH	Organic matter (%)	C.E.C (me/100g)
		Sand	Silt	Clay			
Jeonju	SCL	50.2	21.8	28.0	5.2	2.5	13.4
Jeonju	CL	41.6	30.6	27.7	5.7	1.9	11.6
Jeonju	L	59.8	26.9	13.3	5.3	1.9	10.6
Okgu	SL	64.6	20.6	14.8	7.0	0.7	8.8

寒冷紗 附着)에 10cm 높이로 各各 充填시켰다. 充填된 column을 물이 담긴 水槽에 옮겨 土壤下部로부터 水分이 供給되어 湛水 2cm가 되도록 하였다. 湛水土壤에 pretilachlor 10% 水和劑를 60g a.i./10a 水準으로 處理하였다. 藥劑處理後, 水槽中の 물을 漏水시킴으로써 土壤 column의 漏水量을 1cm/日로 調節하여 2日間 漏水시켰다. column內的 土壤을 2cm單位로 分割採取하여 잘 混合한 後, 生物檢定 및 GLC에 依한 分析으로 pretilachlor의 移動程度를 測定하였다.

1) 生物檢定 : 上記에서 分割採取한 土壤을 plastic pot(表面積 : 78.5cm², 높이 : 3cm)에 옮기고 催芽시킨 胚를 檢定植物로 20粒씩 播種하여 25~30°C의 유리溫室內에서 10日間 生育시킨 다음, 草長의 抑制率에 依해서 그 移動程度를 評價하였다.

2) GLC에 依한 分析 : 上記의 分割採取한 土壤을 잘 混合한 後, 35g을 삼각 flask에 옮기고 acetone 100ml를 加하여 1時間동안 振盪하였다. 振盪液을 Büchner funnel(TOYO, NO. 5A)을 통하여 吸引濾過하고, 殘渣土壤은 acetone 50ml로 再振盪, 濾過하여 濾液을 合한 다음 減壓濃縮器로 40°C에서 acetone을 溜去시켰다. 濃縮液은 20ml의 n-hexane으로 3회에 걸쳐 抽出한 後, 抽出液을 合하여 無水 Na₂SO₄로 脫水시켜 蒸發乾燥시킨 다음 5~10ml의 n-hexane으로 稀釋하여 2μl씩을 gas chromatograph(Pye Unicam, Series 304)에 注入分析하였다.

Gas chromatograph의 操作條件은 electron capture detector, 8% OV-17glass column(內徑2mm, 길이 1.5m), injector 溫度 : 275°C, column溫度 : 265°C, detector溫度 : 290°C, carrier gas : N₂(70 ml/min), purge gas : N₂(30ml/min)였다.

結果 및 考察

1. 植物體中 吸收, 移行特性

1) 草種別 感受性 差異 : 土壤中에 處理한 pretilachlor의 水稻와 雜草에 對한 生育抑制 程度를 比較한 結果는 그림 1에 나타난 바와같이 pretilachlor는 水稻에 對하여 매우 安全性이 높아 120g a.i./10a水準에서도 그 抑制率이 16%程度였다. 一年生雜草 胚에 對해서는 30g a.i./10a 水準에서도 60%의 生育抑制를 보였으며, 60g a.i./10a 以上이 되면 完全抑制를 나타내었다. 그러나 너도방동산이, 울미에 對해서는 그 效果가 減少되어 120g

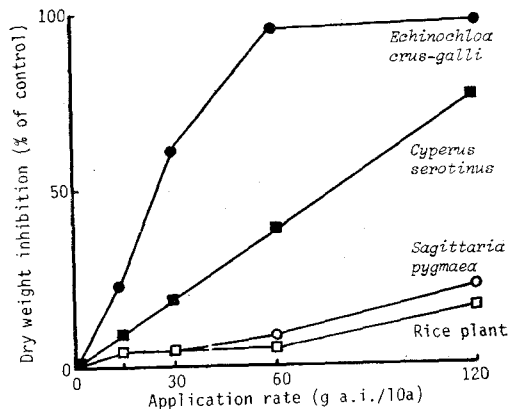


Fig. 1. Growth of rice plant and weed in soil applied with pretilachlor at different application rate.

a.i./10a에서도 너도방동산이는 75%, 울미는 25%의 抑制만을 나타내었다. 따라서 本劑는 15~120 g a.i./10a 水準에서 水稻에 對하여 매우 安全하고 胚에 對해서는 抑制效果가 優秀하나, 多年生雜草인 너도방동산이는 完全防除가 不可能하며, 울미에 對해서는 거의 防除效果가 없는 除草劑라 할수 있다.

一般的으로 土壤處理型 除草劑의 生育抑制는 植物의 生育程度 및 發生深度에 따라서 藥劑의 吸收 또는 移行量이 다른 것으로 알려져 있는 바⁸⁾, 本結果가 이에 依한 것인지 여부는 草種別 吸收, 移行性 結果와 더불어 考察하기로 한다.

2) 草種別 吸收, 移行特性 : Pretilachlor에 依한 生育抑制 程度가 草種別로 큰 差異를 나타냈던 바 水稻(2.5葉)와 雜草(1葉)를 일정한 深度(2cm)로 移植하여 ¹⁴C-pretilachlor의 吸收, 移行程度를 ¹⁴C의 量으로 調査한 結果는 表 2와 같다.

Table 2. Concentration of ¹⁴C in rice cultivars and weeds following 5 days absorption of ¹⁴C-pretilachlor in the soil

Species	Specific activity (dpm/mg dry wt.)	
	Root	Shoot
Rice plant(Seonam)	358	139
Ric plant(Poongsan)	351	136
<i>Echinochloa crus-galli</i>	592	231
<i>Cyperus serotinus</i>	447	196
<i>Sagittaria pygmaea</i>	483	174

藥劑處理 5日後에 草種別 吸收量을 보면 피에서 가장 높은 濃度の ^{14}C 가 존재하였으며, 다음으로 올미, 너도방동산이順으로 높게 나타났고, 水稻에서 ^{14}C 의 濃도가 가장 낮게 나타났다. 이는 草種別 生育抑制(그림 1) 樣相과 비슷한 경향으로 pretilachlor에 對한 草種別 感受性的 差異는 植物體 中에 吸收된 pretilachlor의 量에 依한 것으로 생각된다. 그러나 너도방동산이에 比하여 올미根에서의 ^{14}C 가 若干이나마 높게 나타난 것은 抑制效果結果(그림 1)와는 반대현상으로 이는 올미에 있어서 移行率이 방동산이보다 낮았기 때문으로 추측되며, 이에 對해서는 더욱 검토되어야 하겠다. 그러나 그외의 草種에 있어서는 根部와 莖葉部에 존재하는 ^{14}C 의 비율이 비슷한 것으로 보아 吸收된 pretilachlor의 移行樣相은 草種間에 差異가 없는 것으로 판단된다.

한편 藥劑에 따라서는 水稻品種間 特히 日本型벼와 日本-印度型벼에 있어서 吸收力の 差異에 依해 感受性 程度가 다른 경우도 있으나⁸⁾, 本劑의 경우는 서남벼(日本型)와 풍산벼(日本-印度型)에 있어서 吸收量에 差異가 없는 것으로 보아 벼品種에 따른 感應度의 차이는 없는 것으로 판단된다.

그러나 같은 禾本科인 水稻와 피의 吸收量을 비교할 때 處理 5日後에는 큰 差異를 나타내었기 때문에 藥劑處理 初期의 吸收樣相을 보다 깊이 究明하고자 水稻(2.5葉)와 피(2.5葉)에 依한 pretilachlor의 初期 吸收程度를 水耕液條件에서 實驗하였던바 그結果는 表 3에 나타낸 바와 같다. Pretilachlor는 水稻에 比하여 피에서 빠른 吸收를 보여 處理 12, 24, 48時間後 모두 ^{14}C 의 濃도가 피에서 높게 나타났으며 莖葉으로의 移行도 빨리 이루어졌

다. 그러나 두 植物의 根部와 莖葉部에 존재하는 ^{14}C 의 비율은 비슷하게 나타났으므로 두 草種間의 pretilachlor의 移行樣相은 거의 비슷한 것으로 판단된다.

2. 土壤中 移動特性

特性이 다른 4種(表 1)의 土壤에 있어서 pretilachlor의 移動性을 生物檢定 및 化學的 分析에 依하여 調査하였는 바, 그 結果는 그림 2에서와 같이 檢定植物인 피의 生育抑制率로 본 이동범위를 보면 砂壤土를 除外한 3種類의 土壤에 있어서는 0~2cm層에서 85% 以上の 높은 抑制率을 나타냈으며, 4~6cm層位에서는 30%內외의 沮害를 나타내었다. 砂壤土의 경우에는 0~2cm에서 75%의 沮害를 보였고, 8~10cm까지 移動幅이 확대되어 16%의 生育抑制를 나타냈다.

또한 pretilachlor의 化學的 分析에 依하여 各層位別 分布量을 調査한 結果는 表 4와 같다.

4種의 土壤 모두 0~2cm層에 處理量의 大部分이 濃密하게 集積되었다. 土壤別로 볼 때 砂質壤土, 壤土, 壤土에서는 거의 비슷한 移動性을 보여 0~2cm層에 處理量의 60% 以上이 存在하였으며, 그 以下の 層에서는 급격히 減少하여 8~10cm에는 0.9~1.2%가 移動되었다. 砂壤土에서는 0~2cm에 處理量의 50%程度가 分布되었으며 8~10cm層位에는 4.3%가 移動되어 다른 3土壤에 比하여 移動幅이 넓었다.

以上の pretilachlor의 移動性을 生物檢定(그림 2)과 化學的 分析에 依하여 調査한 結果(表 4)는 거의 부합되었으며, 두 結果 모두 砂質壤土, 壤土, 壤土에 比하여 砂壤土에서 移動幅이 넓었다 이 結果는 砂壤土에서 有機物 및 粘土含量 또는 CEC等이 낮아 吸着力이 작았기 때문으로 판단되며, 土壤中 除草劑의 移動은 吸着과 逆相關관계에 있으므로^{5,9-11)} 有機物含量 및 粘土含量이 낮은 砂壤土에서는 移動幅이 넓다는 報告와도¹²⁾ 잘 부합되는 結果라 할 수 있다. 또한 生物檢定結果와 化學的 分析結果를 比較해보면, 生物檢定의 경우에 pretilachlor의 移動幅은 砂質壤土等 3種의 土壤에서 6cm까지로 나타났으며 그 以下の 深度까지 移動된 것에 對해서는 測定할 수 없었다. 반면에 化學的 分析으로는 上記 3種의 土壤에 있어서 6cm 以下까지 移動된 pretilachlor를 미량까지도 測定할 수 있는 長點이 있었다.

Table 3. Concentration of ^{14}C in rice plant and *Echinochloa crus-galli* tissue following absorption of ^{14}C -pretilachlor

Species	Absorption period (hours)	Specific activity (dpm/mg dry wt.)	
		Root	Shoot
Rice plant	12	435	122
	24	968	271
	48	1205	340
<i>E. crus-galli</i>	12	884	241
	24	1956	550
	48	3047	832

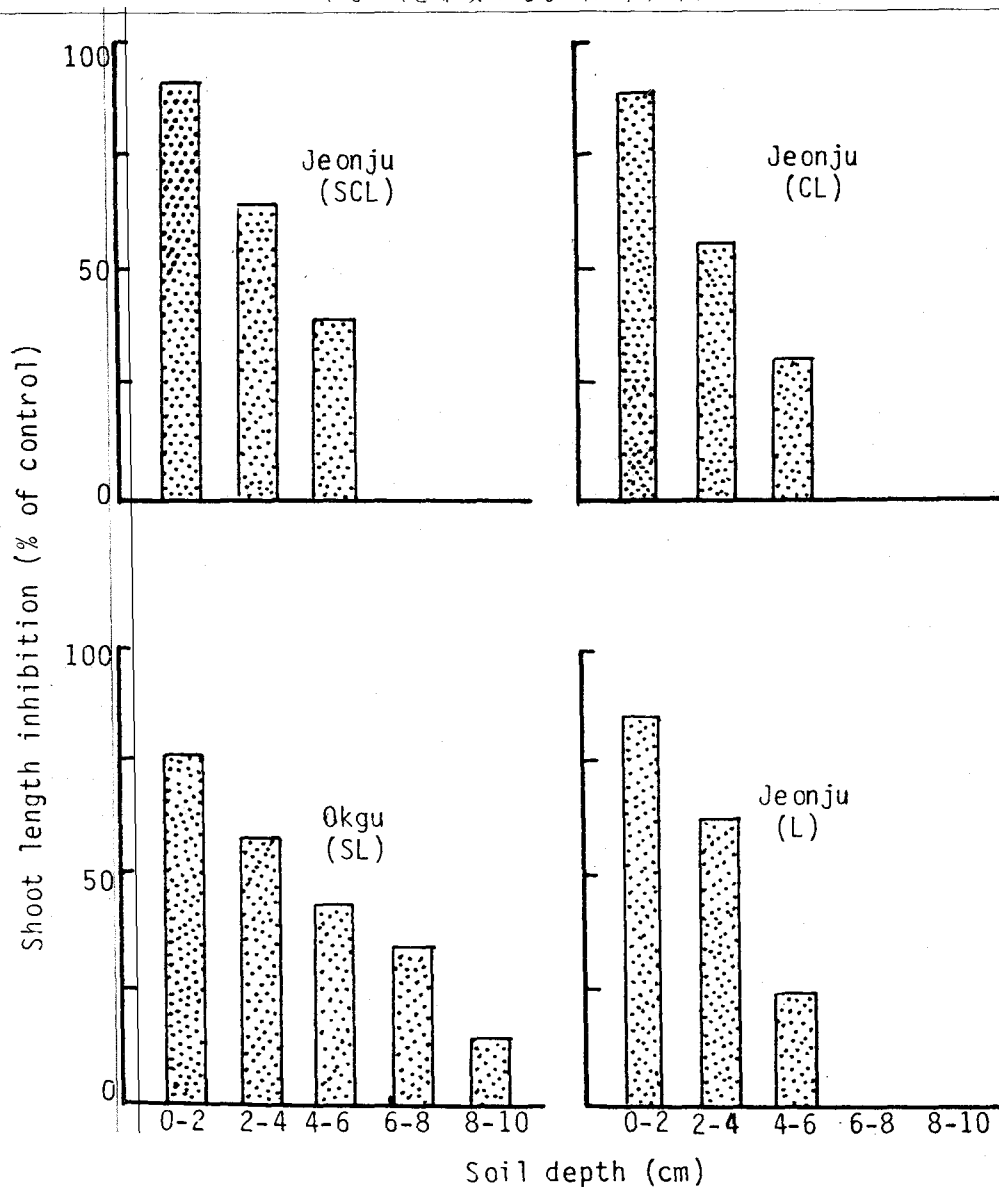


Fig. 2. Movement of pretilachlor in flooded soil column leached with 1cm/day for 2 days determined by the test plant, *Echinochloa crus-galli*.

Table 4. Distribution of pretilachlor in flooded soil columns leached with 1cm/day for 2 days

Soil	Soil depth(cm)				
	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10
— (% distribution of pretilachlor applied) —					
Jeonju(SCL)	65.6	18.6	8.2	2.0	1.2
Jeonju(CL)	64.5	17.7	8.4	2.4	0.9
Jeonju(L)	66.8	17.5	8.8	2.4	1.1
Okgu(SL)	52.3	16.2	11.7	5.6	4.3

초 록

¹⁴C-pretilachlor의 植物體中 吸收, 移行特性和 土壤中에 있어서 pretilachlor의 移動特性에 對하여 研究한 結果는 다음과 같다. pretilachlor는 水稻에 對하여 매우 安全性이 높았으며, 雜草中 皮에 對한 抑制效果가 가장 높았고, 너도방동산이, 올미順으로 抑制效果가 減少되었다. 各 植物間의 感受性의 差異는 吸收量의 差異와 一致하는 경향이였으며, 吸收된 pretilachlor는 莖葉部까지 移動되었고, 特히 水稻에서 보다 皮에서 吸收移行速度가 빨랐다. 土壤中의 pretilachlor는 4種의 土壤에서 모두 處理量의 大部分이 0~2cm層位에 集積되었으며, 檢定植物의 生育抑制率로 본 移動幅은 砂質壤土, 壤土, 壤土에서는 6cm, 砂壤土에서는 10cm로 나타났다.

參 考 文 獻

1. 農藥工業協會 : 農藥使用指針書, 農藥工業協會 p.151 (1986)
2. 梁桓承 · 具滋玉 · 卞鍾英 · 權容雄 : 新制雜草防

- 除學, 鄉文社, p.188 (1986)
3. Haderlie, L.C., Slife, F.W. and Butler, H.S.: Weed Res., 18 : 269 (1978)
4. Lolas, P.C. and Coble, H.D.: Weed Res., 20 : 267 (1980)
5. Hance, R.J.: Interactions between Herbicides and Soil, Academic Press, N.Y. Chap. 2, 7, 8 (1980)
6. 麻生未雄, 石塚皓造, 熊澤喜久雄, 內藤博 : アイソトープ實驗法, 養賢堂, 東京 p.43, (1982)
7. Yoshida, S., Forno, D.A., Cock J.H. and Gomes, K.A.: Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. IRRI (1972)
8. 韓成洙 : 全北大學校大學院博士學位論文(1984)
9. Obrigawitch, T., Hons, F.M., Abernathy, J.R. and Gipson, J.R.: Weed Sci., 29 : 332 (1981)
10. Weber, J.B. and Peter, C.J.: Weed Sci., 30 : 14 (1982)
11. Wu, C.H., Buehring, N., Davidson J.M. and Santelman, P.W.: Weed Sci., 23 : 454(1975)
12. 梁桓承 : 京都大學博士學位論文 (1975)