

# 生物檢測田水中硫醯尿素類除草劑之殘留活性

蔣永正 蔣慕琰

農委會農業藥物毒物試驗所

## 摘 要

本研究以生物檢測方法，偵測硫醯尿素類除草劑在水田田水中之殘留活性。依據藥劑對測試作物種子胚根伸長之 50% 抑制劑量，將作物歸類為耐、中、感三種藥劑忍受性等級；玉米及高粱高於 400 ppb，綠豆及胡瓜在 100 ppb 上下，萵苣及甘藍低於 10 ppb。由中、感等級作物劑量反應趨勢所估算之 50% 抑制劑量理論值，與田區水樣之藥劑實測值頗為相近，但耐性作物反應則顯示理論值較實測值高估之結果。施藥後 0-4 日採集之水樣，噴施於 2-3 葉齡之測試植株，由受害程度、發生之起始天數及恢復天數結果顯示，萵苣及甘藍亦最為敏感，達到 70-80% 之受害程度，且 0-2 日之水樣會導致萵苣發生不可恢復之傷害。對藥劑有不同忍受等級之作物組，在特定除草劑處理下，胚根伸長受到明顯抑制之敏感品種，其植株亦表現出具有發生藥害之潛力。

關鍵詞：百速隆、免速隆、依速隆、生物檢測、儀器分析、殘留活性

## Bioassay for detecting the residual activities of sulfonylurea herbicides in paddy water

Chiang, Y. J. and Chiang, M. Y.

*Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research  
Institute, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan, ROC*

## Abstract

Sulfonylureas are widely used in field crops for control of broadleaf weeds. In Taiwan, sulfonylureas are mainly registered and used in paddy field. This class of herbicide is merited with low application rate and low mammalian toxicity. However, strong activities and residual activities often result in phytotoxicity of non-target species. In these studies, we evaluated phytotoxicity potential of sulfonylureas on local crops and investigated the bioactivities of these herbicides in paddy water. Bioassay used involved planting pre-germinated seeds of tested species in filter papers soaked in herbicide solutions and measuring the radicle length after 5 days.  $I_{50}$  of pyrazosulfuron on radicle elongation enabled classification tested species into three response groups. Lettuce and cabbage,  $I_{50}$  less than 10 ppb, were highly sensitive; Cucumber and mungbean were moderate sensitive with  $I_{50}$  around 100 ppb; Corn and sorghum were tolerant showing  $I_{50}$  above 400 ppb. Water sampled from paddy field resulted in various degree of phytotoxicity when sprayed on seedlings of tested species. Lettuce and cabbage were injured severely by paddy water containing tested herbicides at 0-2 days after herbicides application. Sensitive plants showed symptoms of leaf chlorosis, leaf crinkling and reduction of leaf size. Residual activity in paddy water was highest at the day of application, and lasted for 4 days. It seemed injury occurred to test bioassay species, the potential existed for significant crop plants injury.

Key words : pyrazosulfuron-ethyl, bensulfuron-methyl, imazosulfuron, bioassay, HPLC, residual activity

## 前 言

許硫醯尿素類化合物為高活性之 ALS (acetolactate synthase) 抑制型除草劑，能有效防除穀類作物田及草坪區內大部份雜草，田間施用量可低至  $2-75\text{g ha}^{-1}$ ，較傳統除草劑減少約 100-1000 倍用量，為現代農業化學上頗具潛力之除草劑<sup>(7,10)</sup>。藥劑經由植物的根與葉吸收，再傳導轉移至植株各部份，在細胞內之主要作用位置為 ALS 酵素，會影響 valine、leucine 及 isoleucine 必需胺基酸之生合成，而抑制細胞的分裂；其他生理作用尚包括促進乙烯產

生，二次代謝物和花青素的形成及 cellulase 活性的提高<sup>(9)</sup>。對植物生育抑制的典型徵狀包括葉脈紅褐化、葉肉黃化、嫩葉及芽體扭曲簇生，最後導致葉片脫落和根莖停止生長<sup>(7, 11)</sup>。在耐性植體內因為會被快速的代謝解毒及限制傳導作用，而提高對藥劑的容忍性<sup>(7, 11)</sup>。已登記在水田使用之硫醯尿素類除草劑，有免速隆(bensulfuron)、百速隆(pyrazosulfuron)、依速隆(imazosulfuron)及西速隆(cinosulfuron)，推薦在移植後 3 至 15 天使用，百速隆及伏速隆(flazasulfuron)也用於防治草皮上生育初期之雜草<sup>(1)</sup>。硫醯尿素類除草劑可有效防治水田內多年生闊葉草和莎草科雜草，同時對水稻生育沒有負面影響，在目前農村勞力極為難求及配合下，因為具有用量少、使用適期長及對人畜十分安全的特質，頗為稻農所接受使用<sup>(2)</sup>。但由於對植物毒性強，即使殘留在田水中之微量農藥，經由灌溉水流入鄰近作物田內，也有引起其他非目標作物藥害之可能；一般此類型藥劑在田間消退的半衰期達 1-6 星期，並隨土壤組成、土壤環境及化合物種類而增減<sup>(12, 15, 18, 21)</sup>。桃園地區蔬菜產銷班即曾發生，使用殘留有硫醯尿素類除草劑之田水噴灌作物時，會引起植株不同程度的生育異常，甚至死亡的藥害現象；高屏地區之水芋田亦有類似之藥害案例，造成芋株軟化死亡。因此有關除草劑在田間殘留活性之偵測，對用藥安全上提供了頗為直接的參考依據。

作物胚根伸長反應之生物分析方法，已廣範使用在硫醯尿素類除草劑之殘留活性偵測<sup>(23)</sup>，大部份的研究集中在篩選適合的測試作物種類，主要目的是提高偵測靈敏度及準確度，Duffy et. al. (1987) 利用 lentil 胚根伸長抑制反應可檢測到田區內低至 0.01 ppb 之藥劑殘留量<sup>(13)</sup>。檢測的時效性與再現性亦為實際應用上所必須具備之要件，因此相對於化學分析技術之複雜性<sup>(16)</sup>，生物檢測的快速易行是十分明顯的。本研究主要是依據測試作物胚根伸長之 50% 抑制劑量值，歸類為耐、中、感三種藥劑忍受性等級之作物組，用為藥劑殘留活性檢測之測試植物。以藥劑施用後不同天數採集之田水，處理各等級作物組，調查胚根伸長抑制作用與幼齡植株藥害發生反應之一致性，提供田間環境下實際發生之殘留活性監測技術，及診斷藥害案件之適切依據。

## 材料與方法

### 供試藥劑

生物測定及盆栽試驗所用之成品藥劑，分別為 10% 百速隆片劑(日產公司)，10% 免速隆可濕性粉劑(杜邦公司)，及 10% 依速隆水懸劑(豈農公司)。水樣中百速隆殘留量測定，用為高效液態層析儀(HPLC)製作標準線之百速隆純度>99%，為日產公司所提供。

### 供試植物

生物分析主要採用禾本科(水稻-臺中私十號、玉米-蜜珍 3 號、高粱-台中 5 號)，豆科(大豆-台農 15 號、綠豆-台南 5 號)，瓜科(胡瓜-清綠)，茄科(番茄-四季紅)，十字花科(油菜、甘藍-高峰甘藍)，及菊科(萵苣-興農 2 號)等種子為測試材料。作物劑量反應測試，於裝有約 1.5kg 之一般栽培土壤的栽植盆內(15cm×15cm；直徑×高度)，播種玉米、高粱、綠豆、胡瓜、甘藍及萵苣(品種如上述)等種子，播種前每盆施用 0.5 公克複合肥料(台肥 5 號)做為基肥，種後置於溫室內，待萌芽後植株生長至一葉期，間苗成每盆一株。

### 田區設置及藥劑處理

本試驗於霧峰鄉農業藥物毒物試驗所內農場試驗地進行。田間劃分為 10m×4.5m 之長方形試驗區，分別於各小區施用百速隆 50 g ai ha<sup>-1</sup>、免速隆 50 g ai ha<sup>-1</sup>、或依速隆 100 ml ai ha<sup>-1</sup>，施藥後定期採集藥劑處理區及對照區內之水樣，供各藥劑殘留活性之生物檢測，及百速隆之 HPLC 殘留量分析。

試驗進行期間之最高溫為 26.5°C，最低溫 21.6°C，平均溫 24.5°C 左右，田水水樣之 pH 值，分佈在 6.7 至 7.2 之間，電導度值在 300 至 400 μScm<sup>-1</sup>，不同試區之 pH 及電導值差異不大。

### 百速隆殘留活性與殘留量分析

1. 胚根伸長劑量反應之生物測定：以 30cm×20cm (長×寬) 之濾紙分別包覆 10 粒測試種子，置於裝有不同濃度藥液(0、1、10、100、1000 及 10000ppb)之燒杯中(100ml/杯)，並將燒杯放置在溫度控制約 25°C 之培育箱內，於處理後 5 日調查胚根之長度。試驗中各處理均為三重複，所得資料以回歸分析方法，估算作物胚根長度與藥劑不同濃度處理之劑量反應趨勢，及 50% 抑制劑量，做為測試作物在藥害分級上之依據。
2. 田水含量之儀器分析：以濾紙過濾掉含有土壤懸浮粒子之水樣，經氫化氫酸化後，再以二氯甲烷抽出並收取有機層，濃縮後之收集液以氫甲烷定量，做為 HPLC (Kontron; Programmable Photodiode Array Detector 440) 檢測用。所用之 column 為 LiChropher 100 RP-18e 250\*4mm i.d., mobile phase 為 water:acetonitrile (4:4, v/v) 之混合液中含有 4% acetic acid, 流速 1ml/min, retention time 約為 8 min, 在波長 250nm 之 UV 檢出器檢測<sup>(5, 16, 26)</sup>；本試驗中分析方法之回收率為 94.6±3.5%，最低偵測限界為 2.6ppb。
3. 田水殘留活性測定：田區藥劑施用後，於不同天數採集之田水水樣，以前述胚根長度測定方法，分別處理玉米、高粱、綠豆、胡瓜、萵苣及甘藍等作物種子，5 日後調查胚根伸長長度；同時將水樣噴施於 2-3 葉齡之測試植株，處理後觀察藥害發生時間與外觀受害程度，及恢復正常生育天

數，比較不同藥害等級之作物對殘留於田水中百速隆之反應差異。

### 免速隆及依速隆殘留活性測定

1. 胚根伸長劑量反應之生物測定：如前述方式配置系列濃度之免速隆及依速隆，處理玉米、高粱、綠豆、胡瓜、萵苣及甘藍等作物種子，及調查胚根伸長反應。將所得資料以回歸分析，估算作物胚根長度之劑量反應趨勢，及 50% 抑制劑量。
2. 田水殘留活性測定：藥劑施用後不同天數採集之水樣，處理作物種子並調查胚根長度，比較各等級作物之反應差異。另如前述之田水中百速隆殘留活性測定方法，調查植株噴施水樣後之藥害發生情形。綜合分析水樣處理之測試作物組，在胚根伸長及植株生育抑制作用之變異範圍，及對藥劑反應之一致性。

## 結果與討論

### 百速隆殘留活性與殘留量分析

將百速隆不同處理之劑量值(0-10000 ppb)經 log 轉換後，與胚根長度抑制百分比做回歸分析，以所得之回歸方程式估算 50% 抑制劑量(表一)。水稻、玉米及高粱三種禾本科作物之 50% 抑制劑量在 400 - 600 ppb 範圍內，大豆、綠豆、胡瓜及番茄之抑制劑量在 100 ppb 以下，萵苣、油菜及甘藍則低於 10 ppb。依劑量反應趨勢將測試作物對藥劑之忍受性，分類為耐、中、感三等級；水稻、玉米及高粱為耐性作物，大豆、綠豆、胡瓜及番茄歸屬中感性，萵苣、油菜及甘藍則為敏感性。依據發芽整齊度及發芽快慢之植物特質，及參考有關生物分析適用植物種類之文獻<sup>(25)</sup>，選擇玉米、高粱、綠豆、胡瓜、萵苣及甘藍，分別代表不同劑量反應等級之作物，用為分析田水中之藥劑殘留活性與殘留量。

將 HPLC 檢測所得水樣中百速隆之含量，與耐中感三等級作物之胚根長度抑制百分比做相關分析(圖 1)。田水中百速隆可測得之最高劑量為 226 ppb，對玉米、高粱、綠豆、胡瓜、萵苣及甘藍的抑制百分比，依次為 31, 46, 79, 77, 85 及 92%；玉米及高粱對水樣中百速隆之劑量反應，變化速率極為緩慢，且在 150 ppb 處已接近最大抑制值；綠豆及胡瓜在 50 ppb 內，抑制百分比即增加至 60%，50-226 ppb 範圍內趨於平緩，萵苣及甘藍在 15 ppb 左右，抑制百分比高達 70%，15 ppb 以上接近最大抑制程度。由測試作物胚根伸長長度，對田水中殘留之百速隆劑量反應趨勢，與上述藥劑耐性等級分類之結論符合。比較表一所列之玉米、高粱、綠豆、胡瓜、萵苣及甘藍劑量反應趨勢估算之理論 50% 抑制劑量值，與圖 1 所示水樣中百速隆含量對胚根長度抑

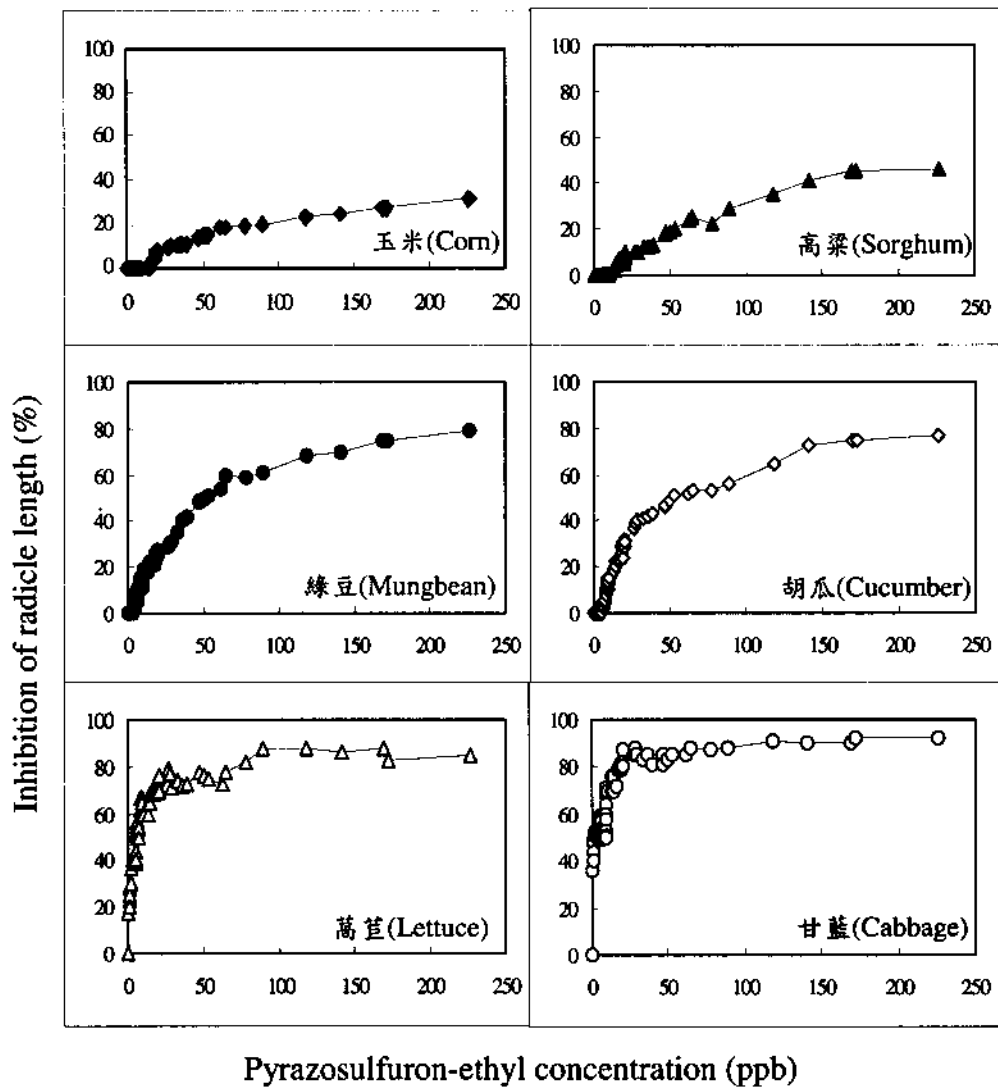


圖1.田水中不同殘留量之百速隆對作物胚根伸長之抑制。

Fig. 1. Radicle elongation of tested crops affected by paddy water containing different levels of pyrazosulfuron-ethyl; each batch of water sample used for bioassay of radicle growth was analyzed for pyrazosulfuron-ethyl by HPLC.

表一、硫醯尿素類除草劑對作物胚根伸長之抑制  
 Table 1. Radicle elongation of tested crops as affected by different concentrations of sulfonylurea herbicides solution prepared with distilled water.

測試作物 Tested crops	50%抑制劑量 (ppb)* (I <sub>50</sub> ; ppb)	回歸方程式 (Regression equation)
<b>百速隆</b> <b>Pyrazosulfuron</b>		
秈稻(Rice)	562	$Y = 2.1x^2 + 9.2x + 7.8; R^2=0.95$
玉米(Corn)	501	$Y = 1.8x^2 + 9.3x + 12.2; R^2=0.98$
高粱(Sorghum)	427	$Y = 2.0x^2 + 10.8x + 8.1; R^2=0.99$
大豆(Soybean)	55	$Y = -3.4x^2 + 29.7x + 9; R^2=0.96$
綠豆(Mungbean)	78	$Y = -2.8x^2 + 26.0x + 11; R^2=0.99$
胡瓜(Cucumber)	87	$Y = -8.9x^2 + 53.2x - 86.3; R^2=0.96$
番茄(Tomato)	93	$Y = -6.5x^2 + 68.5x - 59.8; R^2=0.95$
萵苣(Lettuce)	3	$Y = -9.2x^2 + 51.0x + 30.5; R^2=0.98$
油菜(Rape)	5	$Y = -6.2x^2 + 41.4x + 25.8; R^2=0.95$
甘藍(Cabbage)	6	$Y = -6.8x^2 + 45.7x + 18.6; R^2=0.98$
<b>免速隆</b> <b>Bensulfuron</b>		
玉米(Corn)	783	$Y = 1.2x^2 + 7.3x + 19.7; R^2=0.96$
高粱(Sorghum)	621	$Y = 1.5x^2 + 8.3x + 15.3; R^2=0.95$
綠豆(Mungbean)	112	$Y = -0.5x^2 + 21.0x + 10.9; R^2=0.95$
胡瓜(Cucumber)	122	$Y = -2.1x^2 + 23.4x + 10.3; R^2=0.96$
萵苣(Lettuce)	3	$Y = -9.6x^2 + 54.3x + 26.2; R^2=0.95$
甘藍(Cucumber)	11	$Y = -5.0x^2 + 38.7x + 14.4; R^2=0.98$
<b>依速隆</b> <b>Imazosulfuron</b>		
玉米(Corn)	684	$Y = 5.1x^2 - 3.3x + 0.5; R^2=0.96$
高粱(Sorghum)	611	$Y = 6.7x^2 - 2.1x + 3.7; R^2=0.94$
綠豆(Mungbean)	147	$Y = -1.7x^2 + 24.8x + 4.2; R^2=0.94$
胡瓜(Cucumber)	153	$Y = -2.9x^2 + 23.9x + 11.6; R^2=0.98$
萵苣(Lettuce)	5	$Y = -5.3x^2 + 37.4x + 27.0; R^2=0.97$
甘藍(Cucumber)	19	$Y = -5.7x^2 + 36.1x + 13.0; R^2=0.95$

\* 50%抑制劑量：胚根伸長抑制 50%之藥劑劑量。  
 (I<sub>50</sub>: Concentration to inhibit radicle elongation by 50%)

制百分比之實測值，除玉米及高粱之反應高估外(兩者在 150 ppb 以上幾乎已達最大抑制率；31 及 46%左右)，其餘四種測試作物頗為一致。

將百速隆施用後 0-4 日採集之水樣，噴施於耐中感三種不同等級之作物植株上，引起植株生育之藥害程度有明顯差異(表二)。水樣中測得之百速隆濃度依次為 118, 89, 65, 47 及 35 ppb，對玉米及高粱植株生長均無影響，綠豆主要是接近維管束組織之葉基部與葉脈處會發生黃化現象，胡瓜、萵苣及甘藍，除了黃化現象外，還會引起葉片的綳縮。另外在葉菜類之莖頂初生葉也表現簇生聚集現象，節間縮短而無明顯葉位區別。

以藥害發生的起始天數及恢復天數來比較作物對百速隆的敏感性差異(表二)；萵苣在水樣噴施後 1-3 天內即顯現明顯的藥害徵狀，且高藥量水樣之處理於試驗期間(處理後三星期)未恢復正常；甘藍在 0-1 天之水樣(118 及 89 ppb)處理後 1 日即發生藥害，敏感程度略低於萵苣；胡瓜及綠豆只對含有高藥量之水樣(118 及 89 ppb)較為敏感，但在藥害發生後一星期會逐漸恢復正常；玉米和高粱則對所有的水樣處理，均無明顯藥害反應。除萵苣及甘藍外，施藥後四日採集之水樣，對大部份作物生育均無抑制作用，萵苣及甘藍在處理後的 18 及 7 日內也會恢復正常生育。

硫醯尿素類為具選擇性，防治闊葉雜草之萌後除草劑，一般較易引起雙子葉作物發生藥害<sup>(7)</sup>。除萵苣及甘藍外，百速隆引起植株之生育抑制，較胚根伸長作用不明顯，但在不同忍受性作物間之影響趨勢仍屬一致。

#### 免速隆及依速隆殘留活性測定

免速隆及依速隆不同處理劑量(0-10000 ppb)之 log 值，與胚根長度抑制百分比所得之回歸方程式，及 50%抑制劑量之估算值(表一)。玉米、高粱之 50%抑制劑量為 783 及 621 ppb，綠豆、胡瓜為 112 及 122 ppb，萵苣、甘藍則為 3 及 11 ppb。依速隆對六種測試作物之胚根伸長抑制反應，與百速隆及免速隆之趨勢相似(表一)。三種藥劑之抑制強度以百速隆最大，免速隆及依速隆則較無差別。

將免速隆及依速隆處理區之水樣，進行胚根伸長抑制調查(表三)。水樣中藥劑對玉米及高粱之抑制均未高於 50%，綠豆及胡瓜在 50% 左右，萵苣及甘藍則高達 75%以上。由綠豆及胡瓜之 50%抑制劑量，推算 0 天水樣中之藥量接近 100 ppb，以此估值代入萵苣及甘藍之抑制劑量反應方程式，計算得之抑制率與實測值差異不大。以種子胚根伸長抑制率做為藥害評估指標，在劑量反應偵測上亦頗為穩定而一致，在硫醯尿素類其他除草劑的試驗中也得到證實，且靈敏度高達 1ppb 以下<sup>(8, 17, 20, 23)</sup>。

將免速隆及依速隆施用後 0-4 日所採集之水樣，噴施於玉米、高粱、綠豆、胡瓜、萵苣、甘藍等植株上，造成植株生育之不同藥害程度(表四、五)。



各處理水樣對玉米及高粱生長亦無明顯抑制，綠豆、胡瓜、萵苣及甘藍之藥害徵狀與百速隆之作用情形亦相類似。

表二、田水殘留之百速隆引起作物植株之藥害

Table 2. Phytotoxicity of crops as induced by paddy water sampled at different time after pyrazosulfuron-ethyl application.

水樣* (DAA)	劑量 (ppb)	藥害 (%)**					
		玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
CK	0	0	0	0	0	0	0
0	118	0	0	25	22	82	73
1	89	0	0	21	19	75	65
2	65	0	0	13	11	35	33
3	47	0	0	0	0	21	22
4	35	0	0	0	0	22	24

水樣* (DAA)	劑量 (ppb)	徵狀出現天數/藥害恢復天數***					
		玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
CK	0	N	N	N	N	N	N
0	118	N	N	3/18	3/7	1/-	1/20
1	89	N	N	3/7	3/7	1/-	1/20
2	65	N	N	10/7	10/7	1/20	3/7
3	47	N	N	N	N	3/18	6/7
4	35	N	N	N	N	3/18	6/7

\*水樣：藥劑處理後不同天數採集之田水樣品

(days after pyrazosulfuron-ethyl application; DAA)

\*\*評估指標為葉片黃化、皺縮、植株矮化之百分比；0=正常；100=死亡

(Visual injury rating: 0= no damage; 100= complete destruction)

\*\*\*徵狀出現天數：水樣處理後天數；恢復天數：徵狀出現後天數

(Days to initial symptom: days after water sample application;

Days to recovery: days after initial symptom occurrence)

表三、田水殘留之免速隆及依速隆對作物胚根伸長之抑制(%)

Table 3. Residual phytotoxicity of paddy water sampled at different time after bensulfuron-methyl and imazosulfuron application on the radicle elongation of tested crops.

水樣* (DAA)	免速隆(Bensulfuron-methyl)					
	玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
0	25	33	58	56	89	79
1	19	25	44	45	82	72
2	13	18	35	33	73	65
3	7	9	22	23	62	58
4	2	5	11	12	55	51

水樣* (DAA)	依速隆(Imazosulfuron)					
	玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
0	27	31	49	45	87	75
1	21	25	38	39	78	69
2	15	19	25	33	71	61
3	9	15	19	26	60	54
4	5	7	11	15	52	43

\*施藥後不同天數採集之水樣(days after application)

由藥害發生的起始天數及恢復天數之資料顯示(表四、五)；萵苣仍為最敏感之測試作物，次為甘藍、綠豆及胡瓜。除 0-1 天之水樣會造成萵苣不可逆之藥劑傷害外，大部份作物在試驗進行期間會逐漸恢復正常生育。硫酸尿素類除草劑引起作物發生藥害之徵狀，多出現於分生組織附近的器官；低劑量時會促使葉片黃化、捲曲；高劑量下則導致葉片縮縮、簇生等現象<sup>(7,9)</sup>。但不同作物對藥劑的敏感程度也有明顯差異<sup>(11)</sup>，葉菜類如白菜、油菜、青江菜、空心菜及莧菜之短期蔬菜因為生育期短，收穫前不易恢復正常，較之芥藍、

甘藍等生育期長之蔬菜為敏感，瓜果類之蔬菜若在生育早期受到藥劑污染，都會在藥害發生後一、二星期內恢復正常，至於玉米等禾本科作物則具有相當高之容忍性<sup>(4)</sup>。

表四、田水殘留之免速隆引起作物植株之藥害

Table 4. Phytotoxicity of crops as induced by paddy water sampled at different time after bensulfuron-methyl application.

水樣* (DAA)	藥害 (%)**					
	玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
免速隆(Bensulfuron-methyl)						
0	0	0	19	17	71	73
1	0	0	11	10	65	69
2	0	0	5	5	43	57
3	0	0	0	0	31	32
4	0	0	0	0	20	24

水樣* (DAA)	徵狀出現天數/藥害恢復天數***					
	玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
免速隆(Bensulfuron-methyl)						
0	N	N	3/10	10/7	1/-	1/20
1	N	N	3/7	10/7	1/-	1/20
2	N	N	10/7	10/7	1/18	3/20
3	N	N	N	N	3/18	6/10
4	N	N	N	N	6/18	6/10

\*水樣：藥劑處理後不同天數採集之田水樣品

(days after pyrazosulfuron-ethyl application; DAA)

\*\*評估指標為葉片黃化、皺縮、植株矮化之百分比；0=正常；100=死亡  
(Visual injury rating: 0= no damage; 100= complete destruction)

\*\*\*徵狀出現天數：水樣處理後天數；恢復天數：徵狀出現後天數  
(Days to initial symptom: days after water sample application;  
Days to recovery: days after initial symptom occurrence)

表五、田水殘留之免速隆及依速隆引起作物植株之藥害

Table 5. Phytotoxicity of crops as induced by paddy water sampled at different time after imazosulfuron application.

水樣* (DAA)	藥害 (%)**					
	玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
依速隆(Imazosulfuron)						
0	0	0	27	32	62	63
1	0	0	23	25	55	57
2	0	0	18	13	38	43
3	0	0	5	5	21	22
4	0	0	0	0	18	14

水樣* (DAA)	徵狀出現天數/藥害恢復天數***					
	玉米 Corn	高粱 Sorghum	綠豆 Mungbean	胡瓜 Cucumber	萵苣 Lettuce	甘藍 Cabbage
依速隆(Imazosulfuron)						
0	N	N	3/10	3/10	1/-	1/20
1	N	N	3/10	3/10	1/-	1/20
2	N	N	10/10	3/10	1/-	3/10
3	N	N	10/3	10/3	3/20	6/10
4	N	N	N	N	6/10	6/10

\*水樣：藥劑處理後不同天數採集之田水樣品  
(days after pyrazosulfuron-ethyl application; DAA)

\*\*評估指標為葉片黃化、皺縮、植株矮化之百分比；0=正常；100=死亡  
(Visual injury rating: 0= no damage; 100= complete destruction)

\*\*\*徵狀出現天數：水樣處理後天數；恢復天數：徵狀出現後天數  
(Days to initial symptom: days after water sample application;  
Days to recovery: days after initial symptom occurrence)

田間除草劑施用後，受土壤形態、組成、微生物活性及溫度等氣候因子的交互作用而有不同的消退速率，同時藥劑本身之溶解度及移動性，會影響其淋洗至土層之深度<sup>(6, 14, 19, 22, 24)</sup>。一般殘留在土壤或田水中之藥劑極其微量，受限於經費及時效未必均可被儀器偵測到，若以涵蓋不同等級藥劑忍受性之藥害測試作物組進行生物測定，是從植物反應的觀點考量藥害發生的可能性，則較為直接而確切。

本研究利用玉米、高粱、綠豆、胡瓜、萵苣及甘藍等作物種子胚根伸長抑制反應，篩選出耐、中、感三種等級忍受性之藥害測試作物；同時比較由劑量反應趨勢估算之 50% 抑制劑量之理論值，與水樣實測值之符合度，發現在中感及敏感之作物具有一致的表現，但在抗性作物上尚有些差距。生物分析較之化學分析之偵測靈敏度高且易操作，後者適合殘留量之檢測<sup>(3, 7, 23)</sup>，前者可用於直接偵測田間土壤、或田水中殘留之除草劑，對作物生育所顯現之殘留活性，在藥劑對植物毒性考量下可提供較為直接之參考依據<sup>(3)</sup>。

## 引用文獻

1. 行政院農委會農業藥物毒物試驗所 2000 植物保護手冊。農業藥物毒物試驗所編印，臺中，臺灣。
2. 蔣慕琰 1995 水田雜草概觀：種類、生態及防治。植物保護學會會刊 37:339-355.
3. 蔣永正、蔣慕琰 1996 稻作淺水環境下水中巴拉刈之消退及殘留活性。中華民國雜草學會會刊 17:47-57.
4. 蔣永正、蔣慕琰 劉威廷 蔡瑞真 1999 稻田田水殘留之百速隆 (pyrazosulfuron - ethyl) 引起非目標作物藥害之潛力。植保會刊 41: 67-78.
5. Barefoot, A. C., J. C. Strahan, C. R. Powley, L. M. Shalaby and F. K. Klemens. 1995. Analytical methods for sulfonylureas in environmental samples. Proc. Brighton Crop Protection Conference. pp.707-712.
6. Beckie, H. J. and R. B. Mckercher. 1990. Mobility of two sulfonylurea herbicides in soil. J. Agric. Food Chem. 38:310-315.
7. Blair, A. M. and T. D. Martin. 1988. A review of the activity, fate and mode of action of sulfonylurea herbicides. Pestic. Sci. 22:195-219.
8. Boucounis, T. G., T. Whitwell, and J. E. Toler. 1990. Correlation of bioassay crop growth with cinmethylin and chlorimuron application rates for two soils. HortScience 25:536-538.
9. Brown, H. M. 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. Pestic. Sci. 29:263-281.

10. Brown, H. M., F. T. Lichtner, J. M. Hutchison and J. A. Saladini. 1995. The impact of sulfonylurea herbicides in cereal crops. Proc. Brighton Crop Protection Conference. pp. 1143-1152.
11. Carry, J. B., D. Penner and J. J. Kells. 1997. Physiological basis for nicosulfuron and primisulfuron selectivity in five plant species. Weed Sci. 45:22-30.
12. de Barreda, D. G., E. Lorenzo, E. A. Carbonell, B. Casas, and N. Munoz. 1993. Use of tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedlings to detect bensulfuron and quinclorac residues in water. Weed Technol. 7:376-381.
13. Duffy, M. J., M. K. Hanaffey, D. M. Linn, M. H. Russell and C. J. Peter. 1987. Predicting sulfonylurea herbicide behavior under field conditions. Proceedings 1987 British Crop Protection Conference-Weeds, Brighton, 541-547.
14. Eleftherohorinos, I. G. and E. Kotoula-Syka. 1989. Field persistence of chlorsulfuron and DPX-L5300 in relation to rotational crops. Weed Res. 29:127-134.
15. Friesen, G. H. and D. A. Wall. 1991. Residual effects of CGA-131036 and chlorsulfuron on spring-sown rotational crops. Weed Sci. 39:280-283.
16. Galletti, G. C., A. Bonetti and G. Dinelli. 1995. High performance liquid chromatographic determination of sulfonylureas in soil and water. J. Chromatogr. 692:27-37.
17. Gunther, P., A. Rahman, and W. Pestemer. 1989. Quantitative bioassays for determining residues and availability to plants of sulfonylurea herbicides. Weed Res. 29:141-146.
18. Johnson, D. H. and R. E. Talbert. 1993. Imazaquin, chlorimuron, and fomesafen may injure rotational vegetables and sunflower (*Helianthus annuus*). Weed Technol. 7:573-577.
19. Kotoula-Syka, E., I. G. Eleftherohorinos, A. A. Gagianas, and A. G. Sficas. 1993. Persistence of preemergence applications of chlorsulfuron, metsulfuron, triasulfuron, and tribenuron in three soils in Greece. Weed Sci. 41:246-250.
20. Morishita, D. W., D. C. Thill, D. G. Flom, T. C. Chambrell, and G. A. Lee. 1985. Method for bioassaying chlorsulfuron in soil and water. Weed Sci. 33:420-425.
21. Moyer, J. R. 1995. Sulfonylurea herbicide effects on following crops. Weed Technol. 9:373-379.
22. Russel, M. H., T. H. Carski and R. A. Mckelvey. 1995. Risk evaluation of the leaching potential of sulfonylurea herbicides. Proc. Brighton Crop Protection

- Conference, pp. 695-700.
23. Sunderland, S. L., P. W. Santelmann and T. D. Baughman. 1991. A rapid, sensitive soil bioassay for sulfonylurea herbicides. *Weed Sci.* 39:296-298.
  24. Walker, A. and S. J. Welch. 1989. The relative movement and persistence in soil of chlorsulfuron, metsulfuron methyl and triasulfuron. *Weed Res.* 29:375-383.
  25. Windeatt, A. J., J. F. Tapp and R. D. Stanley. 1991. The use of soil-based plant tests based on the OECD guidelines. "Plants for Toxicity Assessment: second volume". ASTM STP 1115, J. W. Gorsuch, W. R. Lower, W. Wang and M. A. Lewis, Eds., American Society of Testing and Materials, Philadelphia, pp. 29-40.
  26. Zahnow, E. W. 1985. Analysis of the herbicide sulfometuron methyl in soil and water by liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 33:479-483.