

除草劑百速隆在土壤中之命運及其釋放趨勢

初建* 林浩潭 翁懷慎 李國欽

台中縣霧峰鄉 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

(接受日期：中華民國 91 年 7 月 16 日)

摘 要

初建*、林浩潭、翁懷慎、李國欽 2002 除草劑百速隆在土壤中之命運及其釋放趨勢 植保會刊 44 : 147-156

百速隆是一種具有很高殺草活性的硫醯尿素類除草劑，國內登記使用於水田插秧後雜草防除。本研究應用“半開放式模擬生態系統”探討百速隆在台灣地區水田環境下的分佈及田水、土壤及稻株中之降解情形。結果顯示百速隆在本地水田土壤及水體中降解之半生期分別為 16-27 天及 9-16 天。水稻植株上濃度則高於環境濃度，但收穫後之稻穀碾製成糙米，並未偵測到百速隆殘留。

(關鍵詞：百速隆、消散性、半開放式模擬生態系統、水稻、水稻田)

緒 言

硫醯尿素類化合物在 1970 年代中期被發現具有殺草活性及具極佳之作物選擇性 (good crop selectivity)⁽⁶⁾後，1980 年代初期即開發為除草劑。該類除草劑具有極高之殺草活性，其用量較傳統除草劑減少約十至一百倍，田間施藥量可低至 2 - 840 g a.i./ha⁽⁷⁾。其作用機制主要是抑制植物與細菌中之乙醯奶酸合成酵素 (acetolactate synthase) 活性，因而影響 2- 氨基異戊酸 (valine)、白胺酸 (leucine) 和異白胺酸 (isoleucine) 等

必需胺基酸之生合成^(3, 4, 6)，導致植物根及芽的抑制生長。硫醯尿素類藥劑能有效防除禾本科作物田之大部份雜草，主要使用於穀類作物如水稻田^(6, 10, 17, 19)。

硫醯尿素類化合物對動物的急性 (acute) 毒性與慢性 (chronic) 毒性都相當低，並且對非目標生物不具生物累積性^(6, 11, 12)，在土壤中之半生期為 4 至 28 星期，土壤中主要的降解機制為化學水解與微生物分解；降解速率與土壤溫度、土壤 pH 值、土壤水份、土壤組成份及土壤性質有關^(6, 10, 14, 16)。在水稻田水中硫醯尿素類除草劑

* 通訊作者。E-mail: chu@tactri.gov.tw

之半生期為 2 - 10 天，以微生物降解為主⁽¹³⁾，其次為化學水解，光分解及土壤吸附⁽¹⁹⁾。硫醯尿素類除草劑屬環境中具長殘效性農藥，並具有植物毒性 (phytotoxicity)，可引起其他非目標作物藥害⁽⁹⁾，在南歐國家使用硫醯尿素類除草劑之灌溉水經重覆使用後，曾發生藥害問題⁽¹⁵⁾。

臺灣水稻田普遍使用之硫醯尿素類除草劑有免速隆 (bensulfuron - methyl, α - (dimethoxypyrimidin-2-ylcarbamoysulfamoyl) - o - toluic acid)、百速隆 (pyrazosulfuron - ethyl, 5 - (4,6 - dimethoxypyrimidin - 2 - ylycarbamoysulfamoyl) - 1 - methylpyrazole - 4 - carboxylate) 及依速隆 (imazosulfuron, 1 - (2 - chloroimidazo[1,2 - a] pyridin - 3 - ylsulfonyl) - 3 - (4,6 - dimethoxy - primidin - 2 - yl) urea) 等，一般推薦在水稻移植後 3 - 15 天使用，以防治一年生與多年生闊葉雜草及莎草科草⁽²⁾，因該類除草劑兼具高選擇性、用量少、適用期長及對動物毒性低等特質，廣為農民所接受。但因臺灣地區環境特殊，單位耕作面積小，作物相又十分複雜，曾發生施用硫醯尿素類除草劑之水稻田引用田水灌溉，為害其它作物之藥害案例；此外，農民使用百速隆防治水稻田雜草後，進行水稻與蔬菜輪作時，對後期種植的蔬菜亦有藥害問題^(3, 4)。本試驗之目的在探討硫醯尿素類除草劑百速隆，在本地環境下施用，其在田間的分佈及在田水、土壤及稻株中之消散情形，以取得該藥劑在本土環境下之田間消散性資料，作為防止藥害及維護農業生產與生態之參考。

材料與方法

供試藥劑

供試藥劑為日產公司之「免草繁」(SIRIUS) 10% 片劑，普通名稱為百速隆 (Pyrazosulfuron - ethyl)，化學名稱為 5 - (4,6 - dimethoxypyrimidin - 2 -

ylcarbamoysulfamoyl) - 1 - methylpyrazole - 4 - carboxylate，屬硫醯尿素類除草劑。百速隆之理化性質如下：熔點為 180 - 181°C，蒸汽壓為 1.1×10^{-7} mm Hg (20°C)，水中溶解度 14.5 mg/kg，丙酮溶解度 31.7 g/L。標準劑 (99.5% 百速隆) 來源為 Nissan chemical，以氰甲烷配置成 1000 mg/l 濃度之儲存液，置於冷藏室 (4°C) 備用。

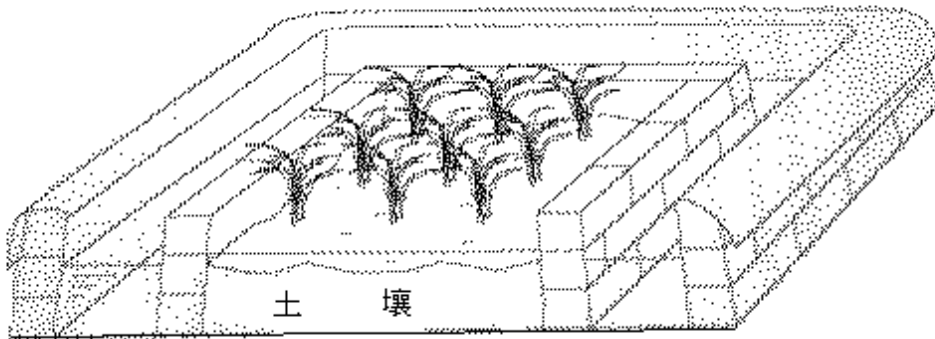
試驗方法

半開放式模擬生態系統設置

於屋頂為塑膠布覆蓋之網室中設置長方形栽培槽 (如圖一所示)，外槽長、寬、高分別為 380 cm、180 cm 及 50 cm，內槽長、寬、高分別為 275 cm、80 cm 及 45 cm。內槽內填入土壤 1585 kg，土壤性質如表一所示。內外槽間灌水，添加水量為 1500 l，內槽種植水稻 5 行，每行 10 叢，水稻田之管理方法同一般慣行方法。

田間消散性試驗

利用上述“半開放式模擬生態系”種植水稻，於水稻種植一週後施藥 (88 年 2 期作為 8 月 2 日種植，8 月 9 日施藥；89 年 2 期作為 7 月 31 日種植，8 月 7 日施藥)；依推薦施用量與推薦量 3 倍施用百速隆，推薦量為每 6 坪投藥一片，試驗田面積約 2 坪 (6.77 m²)，故推薦施用量處理區投藥 1/3 片 (以重量計算)；推薦量 3 倍處理區投藥 1 片，另設不施藥之對照組，每一處理二重覆，於施藥後 3 小時、第 1、3、7、14、28、56 及 84 天 (89 年期作為施藥後 3 小時、第 1、3、7、14、21、35、56、77 及 105 天) 定期進行田水、土壤及稻株採樣，分析免速隆殘留量。採樣方式如下：水樣以 250 ml 三角瓶，採取 10 點樣品均勻混合成一個樣品。土壤樣品以直徑 2.5 cm 採土器逢機採集表土 0 - 15 cm 與底土 15 - 30 cm 樣品各 10 點，分別混合成為表土樣品與底土樣品。稻株每區採 5 叢，每



圖一、半開放式模擬生態系統設置圖。

Fig. 1. Diagram of the semi-open model ecosystem.

表一、供試土壤理化性質

Table 1. Physical and chemical properties of soil used in the experiments

pH	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Organic carbon (%)
6.6	70	20	10	SL	627	2.13

叢 3 株，均勻混合成一個樣品。稻米樣品待稻穀成熟後收割去殼碾製成糙米再行分析。

分析方法

水中百速隆殘留量之分析方法

取水樣 500 ml，通過固相萃取管【Bakerbond spe Octadecyl (C18) disposable extraction columns (J.T. Baker)】，以抽氣幫浦抽氣過濾，流速維持 5 ml/min，待水樣過濾完後，繼續抽氣 15 分鐘，除去 C18 cartridge 中的水份，萃取管再以 15 ml 氘甲烷淋洗，收集濾液，以氮氣吹乾，最後以 1 ml 氘甲烷定量，以高效液相層析儀測定之。

土壤中百速隆殘留量之分析方法

土壤中百速隆測定依 Giovanni 等人方法⁽⁸⁾以 C18 cartridge 固相萃取法淨化，分析步驟如下：稱取濕土樣品 100 g（另一樣品

測定水份）放置於三角瓶中，加入 100 mL 丙酮，以 200 rpm 迴旋震盪 30 分鐘後，三角瓶內加入 20 g 無水硫酸鈉，以 Whatman No.1 濾紙過濾，過濾後以減壓濃縮機濃縮至乾，以 5 ml 氘甲烷將圓底瓶殘留物洗入 C18 cartridge (cartridge 先以 5 ml 氘甲烷流洗) 中收集濾液，再以 10 ml 氘甲烷淋洗 C18 cartridge，收集濾液，合併兩次濾液，以氮氣吹乾，最後以 1 ml 氘甲烷定量，以高效液相層析儀測定之。

稻株中百速隆殘留量之分析方法

稻株樣品均勻切碎後取 5 g 放置於打碎瓶中，加水 5 ml 搖勻後加入 50 ml 丙酮，利用均質機打碎 1 分鐘，加入 20 g 無水硫酸鈉以 Whatman No.1 (11 cm) 濾紙抽氣過濾去除殘渣，將濾液轉入分液漏斗中，加入 50 ml 石油醚及 50 ml 二氯甲烷，振盪 1 分鐘，收集有機層，水層部份再加入 50 ml 二氯甲烷，振盪 1 min，收集有機層，合併

有機層，加入 20 g 無水硫酸鈉，以濾紙過濾，過濾後以減壓濃縮機濃縮至乾，以 5 ml 氫甲烷將圓底瓶中殘留物洗入 C18 cartridge (cartridge 先以 5 ml 氫甲烷流洗)，再以 10 ml 氫甲烷流洗 C18 cartridge，收集濾液以氮氣吹乾，最後以 1 ml 氫甲烷定量，以高效液相層析儀測定之。

稻米中百速隆殘留量之分析方法

稻米中百速隆殘留量分析方法，參照初建等之稻米中農藥分析方法⁽¹⁾加以修飾，其步驟如下：取磨碎米樣品 10 g 放置於打碎瓶中，加 5 ml 去離子水搖勻後，靜置 20 分鐘，加入 50 ml 丙酮，利用均質機打碎 1 分鐘，加入 20 g 無水硫酸鈉，以 Whatman No.1 (11 cm) 濾紙抽氣過濾，收集濾液，將濾液以減壓濃縮機濃縮至乾，以 5 ml 氫甲烷將圓底瓶中殘留物洗入 C18 cartridge (cartridge 先以 5 ml 氫甲烷流洗)，再以 10 ml 氫甲烷流洗 C18 cartridge，收集濾液以氮氣吹乾，最後以 1 ml 氫甲烷定量，以高效液相層析儀測定之。

分析儀器條件

高效液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatography): HP 1100 HPLC, 分析管為 RP-18e (5 μ m, 25cm), 移動相由三個 pump 注入溶液, A pump 為去離子水; B pump 為氫甲烷; C pump 為 10% 醋酸。初始時間溶液比例 A : B : C 為 60% : 30% : 10%, 以梯度模式調整, 30 分鐘後, A : B : C 比例變成為 0% : 90% : 10%。溶液流速為

每分鐘 1 ml。樣品注入體積為 20 μ l, 檢出器為紫外光檢出器 (波長為 254 nm)⁽²⁰⁾。

百速隆在土壤、水中、稻株及稻米中分析方法之回收率試驗

百速隆 1 μ g 添加於 100 g 土壤、1 μ g 添加於 500 ml 水樣、0.1 μ g 添加於 5 g 稻株中及取 0.1 μ g 添加於 10 g 稻米中，測試上述之分析方法，不同樣品之回收率及偵測極限如表二所示，回收率介於 78 - 105%。

消散半量期 (DT₅₀) 之計算

消散半量期 (DT₅₀) 為百速隆在土壤、水中與稻株中降解至最高濃度之 50% 所需時間, DT₅₀ 之計算為利用最高濃度 (C₀) 及相對處理時間 (t) 之濃度 (C_t), 經由迴歸統計分析, 求出一動力反應方程式: $\ln C_0/C_t = Kt$, K 為一次動力反應速率常數, 由 $DT_{50} = \ln 2/K$, 則可求出 DT₅₀。

結果與討論

百速隆在水稻田之分析

本試驗於 88 年 2 期作與 89 年 2 期作進行, 二個期作之施藥量與施藥方法皆相同。「免草繁」片劑中 pyazosulfuron-ethyl 含量, 經分析結果為 9.4%。在水稻插秧後第七天開始施放藥劑, 置於田區的中間位置, 試驗期間水體並未加以擾動。在採樣前將水體加注至一定的標線, 以補充蒸發與植株吸收的水份。百速隆在水稻田之土壤與水體中殘留量分別示於表三與表四。

表二、百速隆在不同樣品中分析之回收率

Table 2. Recoveries and detection limits of pyazosulfuron-ethyl analysis in soil, water, plants, and rice

Parameters	Soil	Water	Plant	Rice
Pyazosulfuron-ethyl spiked (μ g)	1	1	0.1	0.1
Recovery (%)	94 \pm 5	105 \pm 7	78 \pm 2	104 \pm 3
Detection limit (ppb)	0.20	0.20	10.0	5.0

表三、百速隆在水田水、土壤與稻株中降解情形（88年2期作）

Table 3. Degradation of pyrazosulfuron-ethyl in paddy soil, water, and rice plants (autumn crop of 1999)

Time after Application (day)	Soil (µg/kg)				Water (µg/l)		Rice plant (µg/kg)	
	50 g a.i./ha ¹⁾		150 g a.i./ha ²⁾		50g	150g	50g	150g
	Surface ³⁾	Bottom ⁴⁾	Surface	Bottom	a.i./ha	a.i./ha	a.i./ha	a.i./ha
0 ⁵⁾	0.52±0.11 ⁶⁾	ND ⁷⁾	1.13±0.15	0.37±0.10	0.29±0.08	0.48±0.02	102±14	97±11
3	0.93±0.19	0.70±0.06	1.32±0.05	0.94±0.06	2.73±0.24	4.65±0.75	68±6	65±14
7	1.10±0.31	0.58±0.14	2.08±0.24	0.43±0.05	2.95±0.33	12.5±1.10	107±9	164±45
14	1.57±0.35	0.27±0.10	3.83±0.09	0.24±0.08	—	—	101±6	182±34
21	2.72±0.51	ND	5.58±1.26	ND	0.80±0.04	3.05±0.25	146±26	163±38
28	2.39±0.73	ND	4.59±1.01	ND	0.57±0.03	2.22±0.13	118±16	194±29
42	0.62±0.11	ND	1.39±0.10	ND	ND	ND	131±2	166±11
63	0.37±0.08	ND	1.17±0.36	ND	ND	ND	95±24	148±45
84	ND	ND	0.97±0.07	ND	ND	ND	90±11	143±69

¹⁾ The application rate was 500 g/ha of SIRIUS® (10% of pyrazosulfuron-ethyl content.)

²⁾ The application rate was 1.5 kg/ha of SIRIUS® (10% of pyrazosulfuron-ethyl content.)

³⁾ Surface soil: 0-15 cm depth.

⁴⁾ Bottom soil: 15-30 cm depth.

⁵⁾ Three hours after application.

⁶⁾ Mean ± SD (duplicate.)

⁷⁾ ND, not detectable.

表四、百速隆在水田水，土壤與稻株中降解情形（89年2期作）

Table 4. Degradation of pyrazosulfuron-ethyl in paddy soil, water, and rice plants (autumn crop of 2000)

Time after Application (day)	Soil (µg/kg)				Water (µg/l)		Rice plant (µg/kg)	
	50 g a.i./ha ¹⁾		150 g a.i./ha ²⁾		50g	150g	50g	150g
	Surface ³⁾	Bottom ⁴⁾	Surface	Bottom	a.i./ha	a.i./ha	a.i./ha	a.i./ha
0 ⁵⁾	1.94±0.80 ⁶⁾	ND ⁷⁾	2.26±0.17	0.35±0.15	0.36±0.16	2.19±0.80	117±17	117±32
3	2.26±0.78	0.98±0.12	2.19±0.14	0.94±0.08	0.24±0.05	26.8±2.1	114±7	170±39
7	2.23±0.18	1.95±0.13	2.52±0.24	1.14±0.24	4.78±0.29	31.1±5.1	92±6	148±41
14	2.13±0.42	1.79±0.24	2.85±0.23	1.20±0.12	3.35±0.47	28.6±2.3	104±12	231±36
21	1.18±0.15	0.83±0.05	3.17±0.29	1.15±0.36	2.94±0.31	23.5±4.6	93±8	87±21
35	0.74±0.15	0.82±0.11	3.39±0.41	2.14±0.11	—	—	76±8	65±3
56	0.47±0.11	0.57±0.17	3.00±0.18	0.54±0.09	1.15±0.56	2.08±0.52	74±17	144±37
77	0.20±0.09	0.28±0.05	0.33±0.12	0.69±0.13	0.38±0.22	1.08±0.27	117±5	117±24
105	0.21±0.05	ND	0.39±0.11	ND	ND	ND	—	—

Same as Table 3.

88 年 2 期作施用百速隆 3 小時後採樣，在水中與土壤皆可測得殘留百速隆，隨著時間增加水中與土壤中百速隆皆有增加的趨勢（見表三），究其原因可能施用之片劑在進入田間後並未立即崩解，而是因時釋放，至第七天在水體中百速隆之濃度達最高為 2.95 $\mu\text{g}/\text{l}$ 與 12.5 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，土壤則至 21 天才達到 2.72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 及 5.58 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 之最高殘留量，89 年 2 期作亦有相同之結果。

第 0 天及 3 天在底土（15 - 30cm）中可測得百速隆殘留（見表三、表四），表示該藥劑在土壤中移動性相當高，具有污染地下水之潛勢，此結果與 Battaglin 等人指出在美國中西部表面水體及地下水中皆可測得某些硫醯尿素類除草劑相吻合⁽⁵⁾，因此使用此類藥劑需加以注意。

將土壤與水中殘留量，除上百速隆施藥量，可得該藥劑在水體與土壤的分佈比例。施藥初期片型藥劑尚未完全崩解，並未有大量百速隆釋放於環境中，但隨著時間增加，環境中百速隆在第七天達到最高殘留量，此時百速隆在環境中主要是分佈在水相中，其中 89 年期三倍劑量處理樣品，水體中百速隆含量高達施藥量之 64.4%；爾後，隨著時間增加，水體中百速隆殘留量呈現下降趨勢。至水稻生長末期，環境中百速隆逐漸降解與消散，此時水體與土壤中的百速隆低至施藥量之 5% 以下，大部份百速隆主要是分佈於土壤中。

因為百速隆具有植物性毒易產生植物藥害，由實驗結果顯示，施藥後七天水體中百速隆達到最高殘留濃度，依推薦量施用，在 88 年期作田水中濃度為 2.95 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、89 年期作則為 4.95 $\mu\text{g}/\text{l}$ ，兩者皆可達到對敏感等級作物（萵苣、油菜）產生胚根伸長抑制 50% 之藥劑劑量⁽³⁾，如在此時取田水灌施於對百速隆敏感作物，則可能產生藥害問題。而在稻作收割後，有些處理之土壤中仍可偵測到殘留之百速隆（見表四），因此要慎重選擇後作作物種類。

百速隆在水稻田之降解

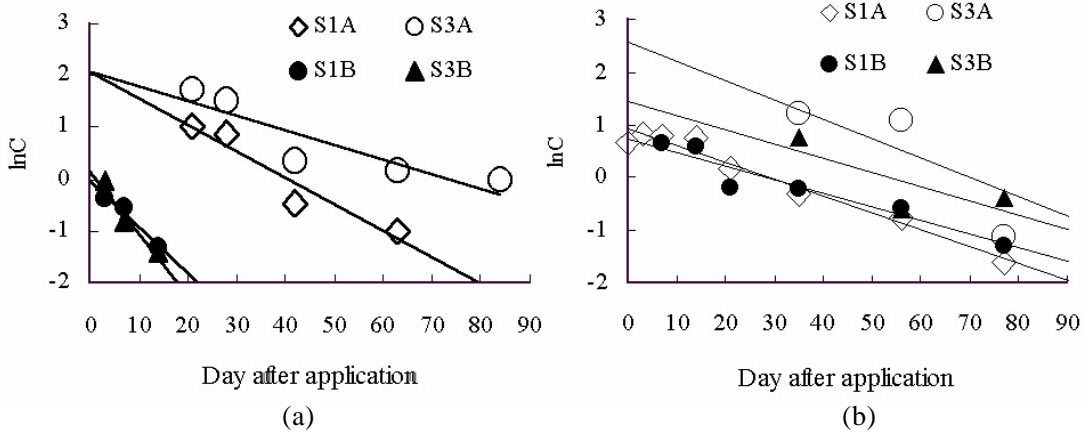
將土壤、水體中的百速隆濃度之對數值與時間進行迴歸分析，求出直線相關關係，得出降解方程式： $\ln C = \ln C_0 - Kt$ ， C_0 為最高濃度， K 為反應數率常數， t 為時間，可得出百速隆在水稻田土壤與水體中之降解反應，為化學動力學的一階（first order）反應，其降解情形示如圖二、圖三。再由一階反應半生期公式 $t_{1/2} = 0.693/K$ ，推算百速隆在水稻田土壤與水體中之消散半量期（ DT_{50} ），可得百速隆在土壤中消散半量期為 16 - 27 天（其中雖然在 88 年期末底土中可測得 6 - 8 天的消散半量期，但此兩數值皆由三點數據迴歸而得，所以可信賴度較低。）結果示如表五，此結果與免速隆在水田中土壤消散半量期為 4 - 6 天⁽¹²⁾相較，百速隆殘留在環境之時間更長。百速隆在水田田水中的消散半量期為 9 - 16 天（如表五所示），與前人所進行免速隆在水稻田水中消散半量期為 2 天之實驗結果⁽¹⁹⁾相較亦較長，亦有學者指出百速隆與免速隆、依速隆相較，具有更高的植物毒性⁽¹⁸⁾。因此，在水稻田中施用百速隆防治水田雜草，應特別注意其可能對非目標作物所造成之藥害。

百速隆在水稻植株與稻穀中之殘留量

由施藥三小時後，可在水稻植株上測得百速隆的殘留，且濃度明顯的高於環境中，可知其很快被植體吸收，為系統性藥劑。有學者指出硫醯尿素類除草劑之選擇性是與植體中之代謝速率有關⁽⁸⁾，免速隆在稻米中的半生期為 6 小時，而在對硫醯尿素類除草劑敏感之植物體中，其半生期可能超過 50 小時⁽⁸⁾。本實驗過程中，稻株中之百速隆一直維持一定的濃度（見表三及表四），但由於植株可不斷生長，植株除了自環境中吸收百速隆，同時植體中降解作用與植株生長的稀釋作用亦交互進行，而達至平衡。將此植體濃度套入化學動力

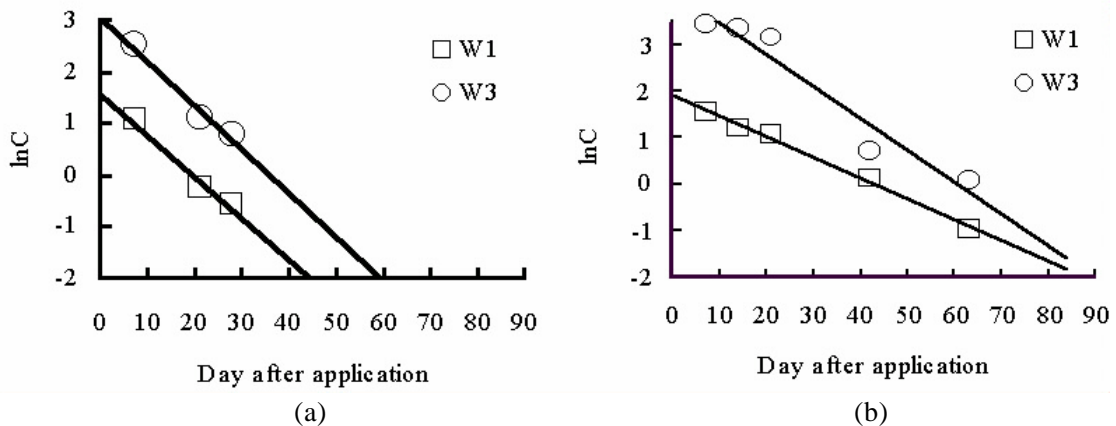
學中的一階反應公式，所得迴歸直線之 r^2 小於 0.001，可證明百速隆在水稻植體中之降解並非化學動力學中的一階反應，且直

到收割稻穀時，植株中仍有百速隆殘留。將收穫後之稻穀碾製成糙米後，測定百速隆含量，並未偵測到百速隆之殘留。



圖二、百速隆在土壤中之降解情形，(a) 為八十八年二期作，(b) 為八十九年二期作。S1A：一倍推薦量處理表土；S1B：一倍推薦量處理底土；S3A：三倍推薦量處理表土；S3B：三倍推薦量處理底土。

Fig. 2. Degradation of pyrazosulfuron-ethyl in paddy soil during the autumn crop of 1999(a) and 2000(b), respectively. S1A : 0-15 cm soil, 500 g/ha of SIRIUS®. S1B : 15-30 cm soil, 500 g/ha of SIRIUS®. S3A : 0-15 cm soil, 1500 g/ha of SIRIUS®. S3B : 15-30 cm soil, 1500 g/ha of SIRIUS®.



圖三、百速隆在水體中之降解情形，(a) 為八十八年二期作，(b) 為八十九年二期作。W1：一倍處理水體；W3：三倍處理水體。

Fig. 3. Degradation of pyrazosulfuron-ethyl in paddy water during the autumn crop of 1999(a) and 2000(b). W1 : application rate of 500 g/ha of SIRIUS®. W3 : application rate of 1500 g/ha of SIRIUS®.

表五、百速隆在水田水，土壤降解半生期

Table 5. Half-life of pyrazosulfuron-ethyl in paddy soil and water.

Year	Half-life	Soil				Water	
		50 g a.i./ha ¹⁾		150 g a.i./ha ²⁾		50g	150g
		Surface ³⁾	Bottom ⁴⁾	Surface	Bottom	a.i./ha	a.i./ha
1999	r ²	0.93	0.97	0.81	0.94	0.98	0.97
	t _{1/2} (days)	16.2	7.8	24.4	5.8	8.6	8.2
2000	r ²	0.92	0.96	0.75	0.59	0.99	0.94
	t _{1/2} (days)	26.1	27.0	18.9	25.8	15.5	10.1

1) The application rate was 500g/ht of SIRIUS[®] (10% of pyrazosulfuron-ethyl content) .

2) The application rate was 1.5kg/ht of SIRIUS[®] (10% of pyrazosulfuron-ethyl content) .

3) Surface soil: 0-15 cm depth.

4) Bottom soil: 15-30 cm depth.

以模擬生態系統探討百速隆在本地環境下於水稻田之分佈與累積，結果顯示在土壤與水體中百速隆會發生降解，降解半生期分別為 16 - 27 天及 9 - 16 天；施用後 3 小時測定環境樣品中百速隆的濃度，在土壤與水體中百速隆含量只佔施藥量之 4.26 - 14.9%，其原因是百速隆片劑在進入田間後，並未立即崩解。在第 7 天環境中百速隆達到最高殘留量，89 年期三倍劑量處理樣品，水體與土壤中百速隆含量高達施藥量之 72.4%，此時百速隆在環境中主要是分佈在水相中，其殘留百速隆約佔施藥量為 18.4 - 64.3%，土壤則為 5.64 - 27.4%，爾後，隨著時間增加，水體中百速隆殘留量呈現下降趨勢。在第 28 天之後，環境中殘留百速隆主要是存在土壤相，施藥後 28 天 88 年期一、三倍劑量處理之土壤百速隆殘留量分別佔施藥量 15.7% 與 10.0%，水體則為 3.51% 與 4.09%；89 年期亦有相同趨勢，施藥後 35 天土壤殘留百速隆為施藥量 10.2% (一倍劑量) 與 12.1% (三倍劑量)。至水稻生長末期，環境中百速隆逐漸降解與消散，此時水體與土壤中的百速隆低至施藥量之 5% 以下，大部份百速隆主要是分佈於土壤中。

稻作生長期間百速隆在植株上無明顯

降解情形，並且濃度高於環境背景值，但收穫後之稻穀碾製成糙米後，並未偵測到百速隆殘留。

引用文獻

1. 初建、翁愷慎、李國欽。2000。稻米中有機磷農藥多重殘留分析方法探討。藥物食品分析 8：63-73。
2. 植物保護手冊。2000。行政院農業委員會農藥技術咨議委員會審定。行政院農業委員會農藥藥物毒物試驗所編印。638-661 頁。臺中。
3. 蔣永正、蔣慕琰。2001。生物檢測田水中硫鹽尿素類除草劑之殘留活性。中華民國雜草學會會刊 22：85-99。
4. 蔣永正、蔣慕琰、劉威廷、蔡瑞真。1999。稻田田水殘留之百速隆引起非目標作物藥害之潛力。植保會刊 41：67-78。
5. Battaglin, W. A., Furlong, E. T., Burkhardt, M.R., and Peter, C. J., 2000, Occurrence of sulfonylurea, sulfonamide, imidazolinone, and other herbicides in rivers, reservoirs and ground water in the Midwestern United States, 1998. Sci.

- Total Environ. 248: 123-133.
6. Brown, H. M. 1990. Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfurea herbicides. *Pestic. Sci.* 29: 263-281.
 7. Gigliotti, C., Allievi, L., Salardi, C., Ferrari, F., and Farini, A. 1998. Microbial ecotoxicity and persistence in soil of the herbicide bensulfuron methyl. *J. Environ. Sci. Health. B33*: 381-398.
 8. Giovanni, D., Alberto, V., and Vincenzo, B. 1995. Detection and quantitation of sulfonylurea herbicides in soil at the ppb level by capillary electrophoresis. *J. Chromatogr. A855*: 575-582.
 9. Johnson, D. H., and Talbert, R. E. 1993. Imazaquin, chlorimuron, and fomesafen may injure rotational vegetables and sunflower (*Helianthus annuus*). *Weed Technol.* 7: 573-577.
 10. Kazuki, M., Akihiro, Y., and Shigeki, T. 1996. Degradation of Imazosulfuron in flooded soils. *J. Pestic. Sci.* 21: 171-177.
 11. Kidd, H., and James, D. [eds]. 1991. *The Agrochemicals Handbook*. 3rd ed pp.A1191. Royal Society of Chemistry. Cambridge.UK.
 12. Kidd, H., and James, D. [eds]. 1991. *The Agrochemicals Handbook*. 3rd ed pp.A1195. Royal Society of Chemistry. Cambridge.UK.
 13. Langeland, K. A., and Laroche, F. B. 1994. Persistence of bensulfuron-methyl and control of hydrilla in shallow ponds. *J. Aquatic Plant Manage.* 32: 12-14.
 14. Metzger, L. O. Y., Munier-Lamy, C., Chone, T., Belgy, M. J., Andreux, F., and Vendy, J. C. 1996. Fate of a sulfonylurea in an alluvial soil as shown by experimental degradation of pyrimidine-2-¹⁴C-labeled rimsulfuron. *Chemosphere* 33: 625-633.
 15. Sabadie, J. 1996. Alcoholysis and chemical hydrolysis of bensulfuron-methyl. *Weed Res.* 36: 441-448.
 16. Sabadie, J. 1997. Degradation of bensulfuron-methyl on various minerals and humic acids. *Weed Res.* 37: 411-418.
 17. Takeda, S., Yuyama, T., Ackerson, R. C., Weigel, R. C., Sauers, R. F., Neal, W., Gibian, D. G., and Tseng, P. K. 1985. Herbicidal activities and selectivity of a new rice herbicide DPX-F5384. *Weed Res.* 30: 284-289.
 18. Wang, C. Y. 1997. Effects of sulfonylurea herbicides on the seedling growth of corn (*Zea mays L.*) plants. *Weed Sci. Bull.* 18: 29-39.
 19. Yuko, O., Richard, L. F., Kevin, L. A., and Peter, C. J. 1998. Surface water monitoring survey for bensulfuron methyl applied in paddy fields. *J. Pestic. Sci.* 23: 235-240.
 20. Zahnow, E. W. 1985. Analysis of the herbicide sulfometuron methyl in soil and water by liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 33: 479-483.

ABSTRACT

Chu, C.*, Lin, H. T., Wong, S. S., and Li, G. C. 2002. Distribution and degradation of pyrazosulfuron-ethyl in paddy field. Plant Prot. Bull. 44: 147-156. (Department of Residue Control, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC)

Pyrazosulfuron - ethyl is a highly active sulfonylurea herbicide and is mainly registered for use in paddy fields in Taiwan. The fate of pyrazosulfuron - ethyl in flooded soil, water and rice was studied in a semi - open model ecosystem under local conditions. SIRIUS 10% tablet (contain 9.4% pyrazosulfuron - ethyl) were used for seven days after rice was planted. The water, soil, and rice plants were sampled during rice growing period, and hulled rice sample was analyzed after harvesting. The results showed the half - lives of pyrazosulfuron - ethyl in soil and field water were 16 - 27 days and 9 - 16 days, respectively. Pyrazosulfuron - ethyl was stable in rice plant, concentrations of pyrazosulfuron - ethyl in rice plants were higher than those in other environmental compartments. Residue of pyrazosulfuron - ethyl was not detected in milled rice.

(Key words: pyrazosulfuron-ethyl, dissipation, semi-open model ecosystem, rice plant, paddy field)

*Corresponding author. E-mail: chu@tactri.gov.tw