

除草劑分類及其特性

蔣永正、蔣慕琰

農業藥物毒物試驗所 公害防治組

一、前言

二、除草劑化學分類

三、除草劑特性

四、主要作物田之除草劑使用現況

五、雜草對除草劑之抗性

六、結論

一、前言

1960年代初期臺灣正式有除草劑的登記及推薦，至2000年初為止，總登記之除草劑約150種。因毒性因素而禁用者，包括護谷、五氯酚、達諾殺、全滅草等10餘種。目前合法登記之除草劑仍超過130種，其中單劑約90種，餘為混合劑。近年市場上仍可取得之除草劑約70種。

近年來台灣每年商品除草劑之用量均超過1萬公噸；2000年除草藥劑之總銷售量為1.47萬公噸，約佔當年全部農藥用量之50%，金額則只佔國內市場(40.6億台幣)之35%。以各藥劑施藥劑量估算，全年除草劑之總量約相當於300萬公頃之一次用量。用量較多之藥劑為嘉磷塞、巴拉刈、丁基拉草、施得圃等，固殺草、百速隆及丁拉免速隆，有普遍被接受使用之趨勢，二、四-地、草殺淨則主要施用在蔗田，全年總量也頗為可觀。

二、除草劑化學分類

臺灣已登記之除草劑依化學結構可分如下類型：

(一) 醯胺類(amides)

1960年代初期開始有此類藥劑上市，全球至今約15種以上在使用，主要生產廠商為孟山都(Monsanto)，諾華(Novartis)。均用於萌前防治一年生之尖葉及闊葉雜草，可用於水稻、蔬菜及旱作。須施於土表，藥劑由根及幼

莖吸收可由導管向上傳送至其他部位，由抑制植物細胞分裂產生殺草作用。土壤殘效性短至中等，正常用量下，不至於導致後作藥害。臺灣主要為丁基拉草(butachlor)、拉草(alachlor)、次要者為普拉草(pretilachlor)、滅落脫(napropamide)、滅草胺(metazachlor)等。

丁基拉草

美國孟山都(Monsanto)公司最早研發，臺灣登記起於1971年，目前取得登記證有商品名稱者超過30種 - 馬上除(億豐)、草全除(興農)、必好除(惠光)、田草除(正豐)、馬祥治(大勝)。有5%粒劑、32%及60%乳化劑3種劑型。

難溶於水(23 mg/l)，揮發力弱(25 蒸氣壓為 4.5×10^{-6} mm Hg)在光照及常溫下穩定。可為土壤膠體吸附，主要受微生物所分解，半衰期12日，除草有效期30-60日。急性毒低(60% EC對白鼠之口服半致死量大於5000 mg/kg)，乳化劑略有皮膚刺激性，粒劑無刺激性。

每公頃有效成份(active ingredient, 簡稱 ai)用量1-2公斤(kg/ha)下，此藥劑對水田中由種子繁殖之各種雜草效果良好，對稗草防治更優於其他之水田藥劑。但對由走莖、地下莖或芽體繁殖之雙穗雀稗、野慈菰、瓜皮草、螢蘭等效果不理想。對移植稻相當安全，但易造成直播稻之藥害，是亞洲各移植水稻栽培地區最主要之除草劑，歐美稻作多

採直播很少使用此藥。



臺灣二期稻作溫度高雜草萌芽生育快，須在整地插秧後3~4日內施藥；一期作初期氣溫及水溫多在15~20℃之間，雜草發育緩慢，插秧後7~10日用藥，仍然可達相當程度之防治效果。尚無雜草對丁基拉草產生抗藥性。田間防治效果不良，多因未掌握施藥時期或田間不能保水之故。登記之水田藥劑中，有10餘種是含有丁基拉草之混合劑；其中用量及施用面積較多者為丁拉免速隆(億草除、龍無草-丁)、丁拉樂滅草(蓋好除)、丁拉甲護谷(克草丹)、丁拉滅草(上好除-M、掃草丹)。與其他類別除水田外，60%丁基拉草乳劑亦登記用於菠菜田。

(二) 芳 烴 氧 羧 酸 類 (aryloxy-carboxylic acids)

此屬之除草劑二、四-地(2,4-D)及 MCPA 於 1940 年代初期開發，是最早使用之選擇性除草劑。現代蓬勃發展之化學除草，開始於此類藥劑之出現及研發。共有10餘種藥劑仍在使用，6種在臺灣登記，主要者二、四-地、次要者氟氯比(fluroxypyr)及三氯比(triclopyr)。化學結構含苯基(phenyl)者亦稱苯氧羧酸(phenoxycarboxylic acids)，所含之藥劑較多開發於1960年代以前，生產之廠商甚多；結構含pyridine者僅氟氯比及三氯比，均由道禮(DowElenco)公司所生產。

此屬除草劑具有生長激素之活性。主要由葉部吸收，可移轉至體內各部位。闊葉植物對此類

藥劑相當敏感，接觸後1~2日內莖葉變型及扭曲；禾本科植物對此類藥劑有忍受性。用於防治一年生之闊葉雜草，三氯比及2,4,5-T(臺灣未登記)對多年生或木質化程度較深之藤類及雜木亦有效。

二、四-地

臺灣登記始於1963，目前取得登記證有商品名稱者超過20種-氰胺二、四-地(氰胺)，二點四(世大)、除草二號(榮民化工)、草多滅(中國農化)。有40%胺鹽溶液、72%及80%鈉鹽可溶性粉劑3種劑型。

胺鹽之水溶性高於鈉鹽，與硬水產生沉澱之程度較輕，有不易阻塞噴嘴及藥效較穩定之優點。國外之二、四-地亦見製成為純酸(acid)及脂化(ester)之劑型；脂化之二、四-地為油溶性且易揮發，具有較強之殺草力但也易導致藥害。土壤膠體對二、四-地僅有微弱之吸附力。

此藥主要受微生物所分解，半衰期10日，在土壤中之殘效期多短於1個月。急性毒低(胺鹽對白鼠之口服半致死量>1000mg/kg)。除殺草外並具有類似生長調節劑之特性，有用於調節發根、株形、開花、後熟及減少落果之記錄。臺灣之登記僅限於甘蔗田，在植蔗初期與萌前除草劑田間混合施用，或在植蔗後1個月單獨施用；公頃有效成份用量1.5~2.5公斤(kg/ha)。對藿香薊、刺莧、野莧等闊葉雜草之效果良好，對莎草科雜草之效果較

弱。



糖廠原料蔗田多以曳引機驅動之動力噴霧器施除草劑藥，二、四-地藥液易隨風飄散至蔗園外可引起蔬菜、花卉及果樹之藥害。其他國家及地區，二、四-地亦用於稻作、麥類、玉米、果園、草坪及水生雜草如布袋蓮之防治。北美洲及東南亞已有少數雜草對此藥產生抗藥性。

(三)芳烴氧苯氧羧酸類(aryloxy-phenoxy-carboxylic acids)

1974年由赫斯特(Hoechst)公司研發上市之dichlofop-methyl是此屬最早之藥劑，目前共有8種藥劑。臺灣先後有伏寄普(fluazifop)、快伏草(quizalofop-ethyl)、甲基合氯氟(haloxyfop-methyl)、芬殺草(fenoxaprop-ethyl)、普拔草(propaquizafop)之登記。多由國際性之大廠商AgrEvo、AstraZeneca、DowElanco、Novartis及DuPont所生產。

此屬藥劑可抑制禾本科植物脂肪合成之關鍵酵素(Acetyl CoA carboxylase, 簡稱 ACCase)。藥劑由葉吸收可傳送至其他部位，在生長點累積；首先產生之症狀為芽生長停頓及幼葉之黃化，可呈現不同程度之紅、紫或橙色葉後褐化枯死，通常須10~20天達最大效果。萌後施於莖葉防治禾本科雜草，對闊葉及莎草科雜草無效。對雙子葉植物之安全性高。土壤殘效性短，正常用量下萌前作用弱。臺灣市面常見者為伏寄普及快伏草。

伏寄普

此藥最早由日本之石原產業株式會社(Ishihara Sangyo)發現，並與英國之ICI(AstraZeneca之前身)共同發展。臺灣於1982年登記，新萬好為目前唯一登記之商品，由省農會農化廠生產，農會系統銷售。最初上市之35%乳化劑(商品名萬帥)含有半量不具殺草力之成分，已不再銷售。目前之劑型為均有殺草活性之17.5%乳化劑，此型之英名以fluazifop-p表示。藥劑不溶於水(1.1 mg/l)，不易揮發(25℃蒸氣壓為 2.5×10^{-7} mm Hg)，光照下穩定。半衰期15日，土壤殘效期短在1個月內。急性毒低(17.5%EC對白鼠之口服半致死量大於4000mg/kg)，略具皮膚及眼刺激性。

此藥劑登記範圍甚廣，可用於甘藍、大豆、落花生、洋蔥、番茄、西瓜、鳳梨及茶園。蔬菜及短期旱作田每公頃有效成份用量0.17~0.25公斤間，對牛筋草、馬唐、稗草等1年生禾草效果良好。鳳梨、茶園及非耕地常有狗牙根、白茅、雀稗等多年生禾草，須用偏高之劑量。葉部施藥後吸收快，2小時後下雨即不影響藥效。

國外已有雜草對伏寄普及同屬藥劑產生抗藥性。玉米、水稻、百慕達草坪對此藥敏感，誤噴或藥液飄散會造成明顯藥害。市面曾發現來源不明之此種藥劑，成份及防治效果不穩定。

(四)聯吡啶類(bipyridiniums)

此屬僅有巴拉刈(paraquat)及diquat(臺灣未登記)兩種藥劑。由英國ICI (AstraZeneca)公司開發，1950年代後期發現其殺草之特性。藥劑由葉部吸收後在細胞內產生極具活性之自由基(free radical)，將脂肪氧化，破壞細胞膜；作用快速，在強光下數小時後即顯現枯褐之徵狀，2-3日內殺死雜草。無選擇性，對大多數之植物具傷害力。葉部施用在藥液接觸部位附近作用，傳導性弱。與土壤接觸即被固定，無土壤殘效及萌前作用。主要用於防治1年生雜草。diquat用於水生雜草之防治。

巴拉刈

臺灣在1968年登記，商品名稱有20多種 - 克無縱(卜內門)。僅24%溶液1種劑型，受紫外光分解，在鹼液中不安定，溶於水(620,000 mg/l)，不易揮發(25℃蒸氣壓 $<10^{-7}$ mm Hg)。在植物及土壤表面有明顯光分解現象。土壤中之殘留期長，半衰期估計可長達1,000日；但土中之巴拉刈因被土壤微粒強力吸附，不具殺草力及其他生物活性。

具皮膚刺激性，急性毒高(白鼠之口服半致死量112-150mg/kg)；因無解毒劑，誤飲或吞服極易致命，須立即催吐急救。登記使用之對象為柑桔、茶園及整地前水稻田，並有數種與其他除草劑之田間立即混合用法。有效成份施用量0.5-1.0 kg/ha，防治期30-50日。作物田

或鄰近位置施藥須採用遮罩或行定向施用，以避免藥液傷及作物。

此藥之實際使用遠超過登記之對象田區，廣用於道路、非耕地、多種菜園及果園；為臺灣最普遍常用除草劑之一。臺灣地區野塘蒿已對巴拉刈產生抗性，全球已證實有抗性之雜草有10多種。

(五) 硫氨基甲酸類(thiocarbamates)及氨基甲酸類(carbamates)

兩類別之藥劑均在1970年以前所研發。硫氨基甲酸類在臺灣登記者為稻得狀(molinate)、殺丹(benthiocarb)及拔敵草(butylate)；前兩藥用於水田後者用於玉米田。殺丹為日本Kumia公司開發，1971年在臺登記商品名為掃丹，曾經是主要之水田除草劑，因價格較高，目前已甚少使用；除草兼殺福壽螺之唯一藥劑醋錫殺滅丹，即含有殺丹成份，但此混合劑已於1995年禁用。

硫氨基甲酸類藥劑之作用在干擾植物脂肪之合成，對萌芽期幼草有效。除殺丹外，其他藥劑均有較高之蒸氣壓(25℃蒸氣壓 10^{-2} - 10^5 mm Hg)，藥劑因此易揮發損失；施用後須用農具將藥液拌入土中，才能維持藥效之穩定。稻得狀及拔敵草均未在本地市場銷售。臺灣登記之亞速爛(asulam)及斯美地(metham)屬氨基甲酸類除草劑，實際之使用甚少，後者具有廣泛之殺生力，用於苗床及土壤燻蒸，可殺死雜草

種子、線蟲及土壤微生物。

(六)二硝基苯胺類(dinitroanilines)

均為較老之除草劑，1970年代中期後未有此屬之新藥出現，有些藥劑已停產。臺灣登記而實際上市者為施得圃(pendimethalin)、比達寧(butralin)、撻乃安(dinitramine)。土表施用之藥劑，由根及幼莖吸收，抑制細胞中微管體(microtubules)及紡錘體形成而阻礙細胞分裂；可殺死發芽中之幼小雜草，抑制較大植株根系之發展。藥劑僅在吸收部位附近作用，不移行到植物體之其他部位。此屬藥劑有幾種易光解及揮發，施用後須拌入土中以減少損失。比達寧及施得圃也用於菸草之腋芽抑制。

施得圃

氰氨(Cyanamid)公司所研發，1976年在臺灣登記，商品以斯統普(氰氨)為主，其他尚有施通普(生力)、賜得普(嘉濱)、賜滅草(合林)。登記於水稻之5%粒劑未上市，常見之劑型為34%乳化劑。受紫外光緩慢分解，不溶於水(0.3 mg/l)，揮發力不強(25 蒸氣壓 9.4×10^{-6} mm Hg)。溫帶地區田間半衰期約40日。被土壤微粒及有機質強力吸附，施藥後留在表土淺層，不受雨水及灌溉之影響向下淋洗。

略具眼刺激性，急性毒低(對白鼠之口服半致死量 >5000 mg/kg)。登記使用之對象為落花生、大豆、菸草、蘿蔔、番

茄、甘藍、蒜、洋蔥。施用量因作物敏感性及須要除草期長短差異頗大，每公頃有效成份施用量在0.5—2.0公斤間；一般質地土壤之田地，施用1.0 kg/ha時，可達2個月以上之有效防治期。此藥劑之藥效穩定，可用於多種蔬菜及旱地作物，是臺灣使用最普遍之萌前除草劑。國外有少數雜草對此藥有抗性，臺灣尚未發現有抗性雜草。

(七)聯苯醚類(diphenylethers)

此屬藥劑有10餘種，均在1980年以前已開發完成。臺灣先後有7種藥劑登記，其中曾普遍使用之護谷(nitrofen)、全滅草(chlornitrofen)及甲氧基護谷(chlomethoxynil)已禁用或停產。目前仍在使用之藥劑為至復氯芬(oxyfluorfen)、必諾芬(bifenox)及亞喜芬(acifluorfen)。萌前施用，由根及幼株之莖葉吸收，在吸收部位附近作用不轉移，抑制合成葉綠素過程之酵素(proto-porphyrinogen oxidase，簡稱PPO)，導致細胞異常幼葉白化。有接觸殺草效果，對闊葉雜草之效果高於尖葉草。

復氯芬

美國羅門哈斯(Rohm & Hass)公司所研發，1979年在臺灣登記，商品有割地草(羅門哈斯)免割草(省農化廠)、豬狗草(惠光)，均為23.5%乳化劑。受紫外光分解，不溶於水(0.1 mg/l)，揮發力弱(25 蒸氣壓 2×10^{-6} mm Hg)。溫帶地區田間半衰期約35日。與土壤接

觸即被強力吸附，藥劑留在表土淺層不向下移動。

皮膚刺激性強，眼刺激性中等，急性毒低(對白鼠之口服半致死量 $>2000\text{mg/kg}$)。登記使用之對象為大豆、菸草、大蒜。每公頃有效成份施用量約0.2公斤，可防治小葉灰藨、野莧、馬齒莧、山芥菜、牛筋草等1年生雜草。復氯芬田間混合巴拉刈或草脫淨分別用於茶園及甘蔗園。尚未發現有抗此藥之雜草。

(八)有機磷類(organic phosphorus)

化學結構含磷之除草劑約 10 種，藥劑間無共同之作用機制，其他之特性亦差異很大。用於旱作萌前者有 bensulide，水稻移植後早期萌後用者有 butamifos 及 anilofos，噴施葉部防治雜木者有 forsamine。畢拉草(bialophos)為放射菌之發酵產物，殺草作用由抑制酵素導致氨累積而產生，此藥已由化學合成之類似品固殺草(glufosinate)所取代。臺灣所使用有機磷除草劑以嘉磷塞(glyphosate)及固殺草為主；這兩種藥劑均無選擇性，後者不具系統移行性，對多年生雜草之防治效果較差。1990 年在臺灣登記之硫復松(sulfosate)其產生殺草作用之酸基部份與嘉磷塞者相同，此兩者可視為同一藥劑之不同劑型。

嘉磷塞

孟山都(Monsanto)公司研發，1973 年在臺灣登記，商品名稱超過 40 種，常見者為年年春(億豐)及好你春(興農)。異丙胺鹽

41%溶液為主要劑型，藥劑對光穩定，水溶性良好($900,000\text{mg/l}$)，不易揮發性(25 蒸氣壓 $1.84\times 10^{-7}\text{mm Hg}$)。具輕微眼刺激性，急性毒低(對白鼠之口服半致死量 $5,600\text{mg/kg}$)。在土壤中主要被微生物分解，半衰期 47 日。

藥劑由莖葉吸收可經篩管傳至未與藥液接觸之部位；在細胞內抑制酵素(EPSP)，阻礙氨基酸之合成而殺死植物。登記使用之對象包括非耕地、布袋蓮、茶園、蔗園、整地前水田及柑桔、梨、芒果等多種果園。是登記範圍最廣而實際上使用最普遍之除草劑。有效成份施用量 1.6—2.8 kg/ha ，此用量範圍對各類 1 年及多年生草本雜草效果良好，但對藤類及雜木之效果較弱。藥效之充分發揮，敏感種類須 4—7 日，忍受性高之雜草須 2—3 週。

藥液中添加展著劑或硫銨有利吸收可加強藥效，噴藥後 4—6 小時內下雨會降低殺草效果。嘉磷塞可迅速被土壤吸附而喪失殺草力；噴至土面之藥劑不會被作物種子及植株之根所吸收而產生傷害。嘉磷塞對作物之藥害主要由施藥不當，藥液與莖、葉、芽體或裸根接觸所引起。1996 年澳洲已發現黑麥草已對此藥產生抗性。

(九)環己烯氧類(cyclohexanedione)

已知之藥劑 6 種：
butoxydim、clethodim、tralkoxydim、亞汰草(allxymid)、環殺草(cycloxydim)及西殺

(sethoxydim)；均為萌後防治禾草藥劑，多為 1980 年以後所開發。殺草之作用與芳烴氧苯氧羧酸屬者相同，藉由對 Acetyl CoA carboxylase 之抑制，干擾禾本科植物脂肪之合成。藥劑由葉吸收在植物體內移行性良好，可傳導至地下根，對 1 年及多年生禾草均有防治效果。此屬之藥劑對闊葉植物相當安全，但會造成水稻、玉米、草坪等禾本科植物之嚴重藥害。環殺草及西殺草在臺灣有實際之使用。

環殺草

德國巴斯夫(BASF)公司開發，1990 年臺灣登記。僅禾快除 1 種商品，製成為 21%之乳劑，以每公頃有效成份量 0.2 0.3 公斤防治西瓜田及落花生田之禾草。藥劑之水溶性低(85mg/l)，紫外光可導致分解，不易揮發(25 蒸氣壓 1.0×10^{-7} mm Hg)。急毒性低(對白鼠之口服半致死量 $>5,000\text{mg/kg}$)無刺激性。土壤之吸附力弱，土中分解快，殘效期短。

(十)硫醯尿素類(sulphonylureas)

1980 年代發展之新一代除草劑，主要農藥公司均有此類藥劑之開發，已知之產品有 20 多種。重要之特性包括以下數點：

1. 活性高用量低，有效成份用量小於 0.1 kg/ha。

2. 毒性低，對人畜非目標生物及環境安全，口服半致死量均大於 5,000mg/kg。

3. 溶解度取決於水液之酸鹼性，酸性液中較小，隨 pH 質增高

而加大。

4. 抑制植物細胞中特定酵素 (acetolactate synthase, 簡稱 ALS 或 AHAS) 阻礙氨基酸合成達到殺草作用。

5. 移行性良好，可由導管及篩管傳導至各部位，有系統性作用。

6. 具抗性之雜草對作用機制之相同其他藥劑也有抗性。

7. 對闊葉莎草科草之效果良好，對禾本科雜草稍差。臺灣先後有免速隆(bensulfuron-methyl)、百速隆(pyrazofulfuron-ethyl)及依速隆(imazosulfuron)登記於水田，主要之混合藥劑為丁拉免速隆及免速普拉草。

百速隆

日本日產(Nissan)開發，1991 在臺登記，商品名免草繁，片劑及可溼性粉劑之成份均為 10%。難溶於水(pH6:221 mg/l, pH7: 1490 mg/l)，不易揮發(20 蒸氣壓為 1.1×10^{-7} mm Hg)，對光熱穩定。每公頃有效成份用量水田及草坪分別為 0.05 及 0.15 公斤。藥劑可由根及莖葉吸收，對萌芽期至 10 餘公分之闊葉草及莎草有效。施用之時期較具彈性，水田整地插秧後 5 15 日為理想之用藥期。可防治對一般萌前除草劑忍受性高之多年生草如野慈菰、瓜皮草、螢蔺、香附子；殘效較長，水田有效防治期可達兩個月以上。闊葉作物對此藥極為敏感，不可施用於芋田、空心菜田，施藥後田水不可用於蔬菜田

之灌溉。

(十一)三氮苯類(triazines)

1950 1960 年代主要由汽巴公司(Ciba-geigy 後改名 Novartis)開發之藥劑。可由根及葉部吸收向上傳輸至葉部及頂芽，藉抑制植物光合作用而產生除草作用。施用於土表，防治萌芽中及幼小之雜草，對闊葉草之效果較佳。藥劑在土壤中分解慢殘效期長；超量施用可導致後作藥害，典型之藥害症狀為葉脈之黃化及生長停頓。仍在使用之除草劑約 15 種。

此屬藥劑主要用於玉米、高粱、麥類、馬鈴薯、果園及非耕地；適用之作物多可迅速分解進入體內之藥劑，而免受傷害；此類藥劑廣泛使用已超過 40 年，全球目前有 60 種雜草產生抗性，很多地區有藥劑污染地下水之問題。臺灣登記之 9 種藥劑中有 5 種仍在使用；施用面積以草殺淨(ametryn)及草脫淨(atrazine)最多，滅蘇民(aziprotryne)、滅必淨(metribuzin)及草滅淨(simazine)亦有少量之使用；滅蘇民用於甘藍，其餘多用於甘蔗園。

草殺淨

1971 年在臺灣登記。80%可溼性粉劑及 25%乳劑 2 種劑型。數種商品：該草除(汽巴)、氰胺草殺淨(氰胺)、蓋殺霸(富農)、殺草霸(華農)。藥劑受紫外光分解，難溶於水(200 mg/l)，揮發力不強(25 蒸氣壓 2.7×10^{-6} mm Hg)。溫帶地區田間半衰期約 60 日。可為土

壤吸附。皮膚及眼刺激性輕微，急性毒低(對白鼠之口服半致死量 1,160mg/kg)。登記使用之對象僅甘蔗 1 種。臺糖蔗園除草以此除草劑為主，公頃有效成份施用量 1.6 公斤，與二、四-地田間混合使用，可防治野莧、牛筋草、馬唐、香附子、藿香薊及貓簽牛等草；臺灣蔗園指梳茅對此藥之忍受性強，但尚未證實是否有抗藥性。瓜類、豆類及蔬菜對草殺淨敏感，藥液觸及會造成傷害。

(十二)尿素類(ureas)

1950 年代初期開始發展之藥劑，仍在使用之除草劑超過 15 種，由杜邦、拜耳、艾格福、諾華及道禮等公司研發。藥劑由根部及幼葉吸收，須傳導至葉部，才能發揮此類藥劑抑制光合作用之功效。均為土面施用之萌前型藥劑，以防治 1 年生雜草為主。藥劑施用後被吸附於土表 2 3 公分內，不易向下移動，可殺死分佈於淺土之雜草；作物種子及根在藥劑層之下，較不受影響。適用之對象包括麥類、棉花、馬鈴薯等作物及非耕地。抗藥性之雜草有 10 餘種。臺灣有 10 種此類藥登記，常用者僅達有龍(diuron)。

達有龍

美國杜邦公司 1951 年開發，臺灣 1963 年登記。商品 10 餘種-卡滅克斯(杜邦)、克滅草(惠光)、氰胺達有龍(氰胺)、克園草(興農)，多為 80%可濕性粉劑。藥劑難溶於水(42 mg/l)，揮發性低(25

蒸氣壓 6.9×10^{-8} mm Hg), 可受光分解。溫帶地區田間半衰期約 90 日。可為土壤吸附。無皮膚刺激性, 輕微眼刺激性, 急性毒低 (對白鼠之口服半致死量 3,400mg/kg)。

臺灣登記於甘蔗、鳳梨、柑桔及茶, 公頃有效成份施用量 1.6

2.4 公斤; 此用量範圍對 1 年生雜草效果良好, 防治期可達 2 3 月以上。砂土田區須降低用量以避免藥害。土壤殘效期長, 不適栽培密集之短期作物田。臺灣尚未見抗此藥之雜草。巴達刈為達有龍與巴拉刈之混合劑用於柑桔及香蕉園。

(十三) 雜類 (miscellaneous)

重要者為本達隆 (bentazon)、樂滅草 (oxadiazon)、依滅草 (imazapyr)、快克草 (quinclorac)。

三、除草劑特性

除草劑在農田施用之效果, 主要與藥劑對不同種類植物作用之選擇性有關; 選擇性會受到植物對藥劑的吸收、傳導、代謝機制的差異, 及藥劑在環境中之殘留期長短, 而有不同程度的變化。如何在藥劑、作物及環境三者間做適當的調配, 為發揮除草劑最大效益及降低藥害發生之關鍵。

(一) 選擇性藥劑與非選擇性藥劑

巴拉刈、嘉磷塞及固殺草屬於非選擇性藥劑, 在正常用量下可對目標區內植物 (作物及雜草) 造成類似程度之傷害。適用於休閒

農地、道路、溝邊、荒地。也常見用於果園、棚架及木本植物下方低矮雜草之防治。作物之莖葉不得與非選擇性藥劑之藥液接觸, 否則會造成傷害。在草本作物田施用時, 必須使用蓋罩或定向噴施, 以保護作物。

大多數除草劑均具有選擇性, 對目標區植物產生不同程度之影響, 故可利用於作物田中防治雜草。但是藥劑對不同作物之安全性有相當大之差別。適用於某種作物之除草劑, 對另外一種作物不一定安全。

(二) 接觸型與系統型藥劑

接觸型除草劑如巴拉刈及固殺草對植物之傷害, 侷限於藥液接觸到之部份。藥液須要噴到莖葉各部位及芽體, 才能殺死雜草; 適於 1 年生草本雜草之防治。對多年生草, 僅能殺死其地上部份。芳烴氧羧酸類、芳烴氧苯氧羧酸類、硫醯尿素類、環殺草、西殺草及嘉磷塞均為良好之系統型除草劑; 這些藥劑可經導管及篩管, 輸送至藥劑未接觸到之部位發生作用。系統型除草劑, 不必對莖葉全面噴施, 仍然可充分發揮藥效。香附子、茅草等多年生草之地下繁殖器官 (球莖、走莖) 之有效防治, 須使用施於莖葉後可被輸送至根部之系統型藥劑。

(三) 短效性與長效性藥劑

除草劑施用於田間後, 會因蒸散、流失、被土壤固定、為植物所吸收、受光照、微生物分解等途徑, 失去生物活性。巴拉刈

及嘉磷塞可被土壤微粒強力固定，而不為植物之根所吸收。此 2 種藥劑幾無土壤殘效，施藥後可隨即種植作物，不致發生藥害，而雜草種子也能在用藥後短時間內發芽生長。

一般用量下，多數除草劑之土壤殘效，在 1 2 個月間；如使用得當，單次施藥即可符合田間作物防治雜草之實際需求。栽培期長或莖葉稀疏不易形成良好田面覆蓋之作物如大蒜，使用殘效短之藥劑，其防治有效期不足，中後期發生之雜草，須要二度施藥或以其他方法清除。三氮苯類、依滅草、達有龍、滅落脫為常見藥劑中土壤殘效超過兩個月，防治有效期長為其優點，但是使用不當，亦會造成輪作田後作之藥害。

(四) 燻蒸劑、萌前(萌前混拌、萌前施用)、萌後藥劑(萌後施用)

溴化甲烷(methyl bromide)、邁隆(dazomet)等燻蒸劑具有廣泛之殺生作用；處理得當，燻蒸劑可以完全殺除土壤中已發芽雜草以及在休眠狀態之繁殖體。由於成本相當高，此類藥劑僅用於栽培介質、苗圃、及有特殊須求場地(如高爾夫球場果嶺)之雜草防除。一般除草劑對休眠之雜草種子無效。

由除草劑對不同生育期雜草之抑制作用，可分為在雜草萌前(pre-emergence) 或 萌 後 (post-emergence)施用 2 大類。醃胺、氨基甲酸、二硝基苯胺、聯苯醚、三氮苯、尿素等類型之藥劑及雜

類中之依滅草、樂滅草均屬萌前除草劑，須要於萌前階段施用。這些藥劑主要經根及幼莖進入植體內。萌前藥劑對 3 4 葉以上雜草效果很差，必須在整地後數日內施用；所用噴霧器以帶有扇型噴頭者最理想。少數易蒸散或光分解之萌前藥劑如三福林，須要在種植前將所施藥液拌入土中，才能發揮預期之效果；稱為萌前混 拌 法 (pre-planting incorporation, PPI)。市售萌前藥劑約 20 種，全部施用面積小於 30 萬公頃，常用於蔗田、鳳梨園、落花生、大豆、及大面積栽培之蔬菜。主要藥劑為草殺淨、施得圃、草脫淨、達有龍、拉草、復祿芬。旱地萌前藥劑須用於雜草發芽至萌芽初期，藥效易受施用方法及土壤物化性質所影響。此類除草劑，各有其適用之作物，使用非登記藥劑易導至藥害。蔗田及鳳梨園所用萌前藥劑之土壤殘效長，多不適於期短作物之使用。

芳烴氧羧酸類、芳烴氧苯氧羧酸類、巴拉刈、嘉磷塞、固殺草、環殺草、本達隆、克草等藥劑，適於萌後施用，屬於萌後除草劑。通常噴施於較大之植物，主要由葉部吸收進入植體。硫醃尿素類及快克草之有效施用期較廣，可在萌前或萌後使用。萌後藥劑主要經由植物之葉部吸收，對已超過苗期(3 4 葉以上)而生長旺盛之雜草效果良好，可用於防治田間較大之雜草。以防治對象之類別可粗略分為 3 類；防治

禾本科雜草之藥劑，如伏寄普、快伏草等在臺灣之使用相當普遍，可安全用於大多數雙子葉作物田；對闊葉雜草有萌後效果之除草劑如二、四-地、本達隆、三氯比、氟氯比等，容易造成雙子葉作物之傷害，僅適用於果園、林地、草坪或甘蔗園，不可用於一般旱作田；非選擇性除草劑如嘉磷塞、固殺草及巴拉刈，對各類高等植物均有強烈之作用，可用於植株較高之果園及茶園，但施用時要避免藥液與作物莖葉之接觸，否則會導致嚴重之藥害。

四、主要作物田之除草劑使用現況

目前登記之除草劑用於水稻、雜作、特作、蔬菜、果樹、花卉、草皮、森林、水生雜草及非耕地等，約 40 種不同之作物及特定對象。其中水稻、大豆、花生、甘藍、柑桔、鳳梨、甘蔗、茶、菸草等主要作物均有多種除草劑登記可用，但栽培面積少之次要作物，如大多數之蔬菜、花卉觀賞、藥用植物，則僅有少數或完全無登記除草劑可用。

(一)水田除草劑

市售之水田藥劑超過 30 種不同劑型及成份之藥劑，主要者為丁基拉草、丁拉免速隆、丁拉樂滅草、百速隆、本達隆等。多為粒劑，在插秧期撒施於田中。對採用秧苗之移植水稻相當安全，而直播水稻則敏感易受藥害。丁

基拉草及含此成份之混合劑佔水田使用除草劑之 70%以上。

1960 年代後期本省水田開始使用除草劑，70 年代結束前藥劑除草之比率已達 100%。登記之除草劑依推薦用量及方法，可防治大多數之 1 年生雜草。一般田區每期稻作僅需在移植後數日內施藥 1 次。萌前除草劑對剛開始發芽至 1 2 葉期之雜草效果最好；雜草發育超過 2 3 葉以後，對萌前藥劑之忍受力明顯增強。因此必須掌握時機適時施藥，才能達到預期之防治效果。夏季高溫下，田間雜草萌芽生長快；二期作施用萌前除草劑之時間需要較一期作者為早。現有之除草劑對直播稻之安全性不足，易造成水稻缺株及苗期之生長抑制。為減少除草劑藥害，直播田需整地平坦及灌排水均勻，並將推薦用量在播種前後分兩次各以半量施用。

萌前藥劑施用後，少數未被殺死之雜草可用人工清除，如有高密度之闊葉雜草殘存時，則需補施百速隆、免速隆或本達隆等萌後作用較強之藥劑。田區中多年生闊葉草嚴重或農時延誤田間雜草已達 3 4 葉時，可逕行選用百速隆或免速隆來防治。田間稗草如已發育至 3 4 葉以上，則無法以上述藥劑來防治，目前僅除草寧(propanil)可防治大於苗期之稗草；此藥劑在本省因需求量少，市面上難以取得。除草寧會受有機磷或氨基甲酸鹽類農藥之影響，導致水稻嚴重之藥害，使

用時需特別注意。

巴拉刈及嘉磷塞為非選擇性除草劑，此兩藥劑主要用於農路、田埂、畦畔及整地前田面雜草之防治；施用時不可噴及水稻及其它作物，以免造成藥害。

(二)蔬菜田除草劑

臺灣地區農民栽培之蔬菜作物種類多達數 10 種，由於作物之生育期長短、田間管理方式及對藥劑的敏感性變異範圍廣，已建立之除草劑使用方法不若水稻田完備。大部分蔬菜田使用殘效短之萌前除草劑，由於作物生育期較短，通常須把握時機早期施用，否則雜草長至 4-5 葉以後，藥效會明顯降低，且容易引起藥害。

目前經常使用之蔬菜田除草劑有施得圃、拉草、丁基拉草、復氯芬、理有龍等萌前藥劑，及具選擇性之萌後藥劑，如伏寄普等。施得圃為目前使用最普遍之選擇性除草劑，防除一年生雜草，但對莎草科及菊科草效果較差；拉草、丁基拉草亦具選擇性，主要防除一年生禾本科草，對闊葉草效果略遜；復氯芬為接觸型非選擇性除草劑，可防除大部分一年草，但活性高易發生接觸性藥害，不適用於十字花科及小葉菜類蔬菜；理有龍主要防除一年雜草，但會引起蘿蔔、甘藍等藥害。伏寄普為系統型選擇性除草劑，與其作用機制相似之除草劑，尚包括環己烯氧系之環殺草，可安全使用於大多數蔬菜田，對已萌芽之禾本科草(達 3-6

葉)防除效果佳。

(三)果園除草劑

果樹一般株形較高大且根深，對除草劑具耐性，普遍使用效果強殘效久之萌後藥劑，以壓制多年生草之快速蔓延。臺灣果園雜草之管理方式，以除草劑配合中耕或人工刈草，主要於春下雜草生長茂盛時實施；於暖季施用除草劑 2-3 次，並配合 1-2 次之機械刈草，採收後即放任自然生長。

果園常用藥劑種類為嘉磷塞、固殺草及伏寄普等萌後藥劑。早年普遍施用之巴拉刈則逐漸為藥效較佳之固殺草所取代。嘉磷塞為系統型非選擇性除草劑，對多年生草亦有效果，但雷公根、華九頭獅子草、竹仔菜、臺灣木賊、火炭母草、牽牛花、細梗絡石的防除效果較差。一般質地土壤對嘉磷塞之吸附力強，因此對地下部根之活性影響低，唯砂質土或裸露之地下部，仍有引起藥害之可能。固殺草為接觸型藥劑，具局部移行性，可有效防除一年草及部分多年生草。

(四)草坪及非耕地除草劑

草坪上已登記之除草劑有滅落脫、汰硫草、百速隆、伏速隆、快克草及甲基砷酸鈉，用於實際的雜草管理仍嫌不足、尤其是草坪中禾本科多年生草的問題亟需解決。非耕地使用之除草劑，多為無選擇性或土壤殘效長之藥劑。臺灣此類藥劑之使用極為普遍；其中嘉磷塞及巴拉刈為用量居前之除草劑。

五、雜草對除草劑之抗性

除草劑會引起植物之生育抑制，但也有具耐性之植株，可容忍較高劑量之除草劑；通常容忍性與抗性會被交替使用，但後者更強調了藥劑篩選壓力之主導性。雜草對除草劑之抗性，是指長期重覆曝露於相同藥劑的一個雜草族群之忍受性，發生了明顯改變的結果。

雜草對除草劑抗性的發展史較之病蟲原對殺菌劑與殺蟲劑為短，因為植物生活史較長，大部份除草劑的篩選壓力不完全，土壤中存留的雜草種子量很多，雜草的適應性強，抗性植株的生長勢較差。但是近些年來抗性草的出現速率卻與日劇增，1989 年的增加速率即與病蟲者相當，目前已發現有 99 種以上的抗性草種，其中有一半為抗三氮苯類除草劑。

三氮苯類除草劑之抗藥性最早在 1960 年末期發現，現在已知有 40 種雙子葉植物，17 種禾本科，分屬 57 種，35 屬的抗性生物型。其他藥劑如硫醯尿素類則至少有 8 種以上的抗性草，此外還包括聯吡啶類，嘉磷塞，芳烴氧羧酸類，及尿素類等藥劑。目前證實臺灣旱田常見雜草野塘蒿 (*Erigeron sumatrensis*) 對巴拉刈已產生抗藥性。抗性草的發生通常是在田間的同種族群內，必須出現一種或多種的抗性基因；一旦雜草族群曝露於除草劑下，某些

抗性生物型會出現，敏感性植株被殺死，留下抗性的植株，經歷一段時間後，當抗性生物型成為族群和土壤種子庫(soil seed bank)內的優勢種後，即田間抗性株達族群 30%以上時即可偵測到，一般三氮苯類經 7 年以上的重覆使用會出現抗性生物型，而硫醯尿素類則只需 3-5 年。

雜草抗性中尚發現所謂的交互抗性(cross resistance)和多重抗性(multiple resistance)的現象，前者所指為一抗性生物型可能對相似化性與作用機制的同種型藥劑均產生抗性，但後者則是對完全不相關與不同作用模式的幾種藥劑也同時發生抗性，可能與基因的連鎖或多效性有關。學者針對具抗性特質之除草劑評估，發現單一特定作用點、廣效性、長殘效性及單一長期重覆使用而導致抗性的發生，諸如聯吡啶類，二硝基苯胺類，聯苯醚類，硫醯尿素類，三氮苯類，及尿素類除草劑屬於高危險群，而醯胺類，硫氨基甲酸類，氨基甲酸類及芳烴氧羧酸類，則相對產生抗性的機率較低。降低田間抗性發生之策略，主要以減少藥劑篩選壓力為主；如輪作、藥劑輪換使用、或配合其他防治方法，以及控制抗性植株之蔓延，限制抗性種子落入土壤種子庫中。

六、結論

作物栽培過程中，雜草持續性的發生與快速的蔓延，所造成

之競爭與非競爭性危害，對農業生產帶來極大的威脅，從“野草燒不盡，春風吹又生”的俗諺，不難體會農民對雜草的無奈。因此除草劑的適時發展與推廣，確實提供了經濟有效，兼具實用性的雜草防治方法。目前臺灣地區農民對除草劑的倚賴頗深，但在田面雜草發生的種類與數量，及除草劑的藥理與藥性考量上不盡周全，往往不僅達不到預期成效，甚至可能引起藥害。此外以

管理雜草的心態，取代傳統寸草不留的觀念，在作物產量、品質與雜草生存間取得一個平損點；結合田間栽培措施及合理施用適當除草劑，長期且持續的控制或利用雜草，使其發生量保持在可接受的範圍內，如此不但可提供作物較佳之生育空間，同時亦不會濫用藥劑污染環境，而達到符合經濟防治水準，及維護環境品質的原則。

