

# 除草劑引起之草相變遷及抗藥性

蔣慕琰 蔣永正 袁秋英

農業藥物毒物試驗所

## 前言

台灣除草劑之登記始於 1960 年代初期。最初 10 年使用尚不普遍，藥劑多用於大區域之蔗園。一般小農田之使用多在 1970 之後。長期藥劑篩選壓力可導致農田雜草相改變及抗藥雜草之產生。此種現象普遍發生在藥劑使用之地區國家。本文利用文獻及農藥所未發表資料，簡介除草劑使用對台灣雜草相之影響及抗藥性雜草。由於可獲得資料之限制，草相之探討以水田為主；雜草抗藥性部分則提出台灣及鄰近國家地區已經證實個案之資料。祈望由相關之檢討中，進一步掌握雜草組成及抗藥性種類之實際狀況及可能走向，以為實際防治及管理因應之參考。

## 除草劑使用前台灣農田之雜草

1946 至 1970 年間，有多種涉及蔗田、鳳梨園、及農田之雜草調查報告；其中前台大農藝系林正義教授主持之調查涵蓋範圍最廣。該調查在 1960 年代初期由各地區改良場參與，於全台灣各地水田、甘薯、花生、玉米、蔬菜、香蕉、茶園、果園等園區取樣 3900 餘點。調查完成後於 1968 年出版上下兩冊『台灣耕地之雜草』，這是歷來有關台灣農田雜草最豐富之文獻資料，計載有 77 科 390 種雜草之發生頻率及生物量數據。所記錄之水旱田草分別有 145 及 345 種。發生於農田之雜草種類雖多達數百種，但多數草之發生率及生物量均微不足道。此調查資料顯示，普遍重要而須防治之水田草約 20 種，旱田草約 40 種。

當時水田最常見之雜草為稗草及鴨舌草其發生頻率接近 70%，居前 10 位之水田雜草另有球花蒿草、虱眼草、木蝨草、蓮子草、心葉母草、鱧腸、母草及印度水豬母乳；最普遍之 10 種旱田草為牛筋草、蒼香薊、野萵、香附子、馬齒莧、飛揚草、絹毛馬唐、刺萵、水蜈蚣及碎米砂草（表一）。由於當時台灣農田之除草完全依靠人力及小型之農具。其所呈現之雜草種類及特性為未受藥劑影響之情況。

表一 1960年代初期台灣水旱田發生頻率最高之10種雜草，表內數字代表個別草之發生頻率，水旱田調查之總樣區分別為879及3032點。

科名	普通名	學名	水田 %	旱田 %
莧	蓮子草	<i>Alternanthera sessilis</i>	26.2	-
莧	刺莧	<i>Amaranthus spinosus</i>	-	13.8
莧	野莧	<i>Amaranthus viridis</i>	-	30.4
菊	蒼香菊	<i>Ageratum conyzoides</i>	-	37.3
菊	鱧腸	<i>Eclipta prostrata</i>	24.6	-
莎草	球花蒿草	<i>Cyperus difformis</i>	53.0	-
莎草	碎米砂草	<i>Cyperus iria</i>	-	15.1
莎草	香附子	<i>Cyperus rotundus</i>	-	27.2
莎草	木虱草	<i>Fimbristylis miliacea</i>	29.5	-
莎草	水蜈蚣	<i>Kyllinga brevifolia</i>	-	13.6
大戟	飛揚草	<i>Euphorbia hirta</i>	-	26.4
禾本	絹毛馬唐	<i>Digitaria sericea</i>	-	17.3
禾本	臺灣野稗	<i>Echinochloa crus-galli</i>	69.1	-
禾本	牛筋草	<i>Eleusine indica</i>	-	50.3
千屈菜	印度水豬母乳	<i>Rotala indica</i>	18.9	-
兩久花	鴨舌草	<i>Monochoria vaginalis</i>	68.3	-
馬齒莧	馬齒莧	<i>Portulaca oleracea</i>	-	27.1
玄參	豨眼草	<i>Dopatrium junceum</i>	31.4	-
玄參	心葉母草	<i>Vandellia cordifolia</i>	25.9	-
玄參	陌上菜、母草	<i>Lindernia procumbens</i>	22.7	-

取材自台灣耕地之雜草(1968)

### 台灣農田除草藥劑使用概觀

過去四十年間曾通過委託測試並完成登記取得中文普通名之單劑超過130種，另有近70種之混合劑。相關領域各層面之工作者投注了難以計數之時間及精力，來促成這些藥劑之田間試驗、登記及推廣。不少藥劑已因毒性之因素被禁，劇烈市場競爭力也限制了很多藥劑之發展。近幾年尚在台灣實際銷售之除草藥劑少於70種。水田除草劑之使用開始於在1970年代初期，在1970年代後期已達全面使之狀況。蔗田以外之旱田，除草劑之使用較晚，其普及程度高者有花生、大豆、大面積栽培之蔬菜、茶園及果園等，次要作物研究及推廣均不足，除草藥劑之使用因作物有大程度之差異。

1990年代中期幾年間，台灣每年產銷之除草劑在1.8萬公噸上下；依據各藥劑之銷售量及單位面積用量，估算總施用面積約相當於280萬公頃。對台灣約90萬公頃之農地而言，這意味著除草藥劑之高度使用。施用面積在10,000公頃

以上之藥劑約 20 種。使用面積高之藥劑包括嘉磷塞(glyphosate)、巴拉刈(paraquat)、丁基拉草(butachlor)、二、四一地(2,4-D)、草殺淨(amestryne)、施得圖(pendimethalin)、伏寄普(fluzifop)、達有龍(diuron)、拉草(alachlor)、草脫淨(atrazine)、丁拉免速隆(butachlor-bensulfuron)、百速隆(pyrazosulfuron)、固殺草(glufosinate)等。

以總施用面積而言，葉部施用(foliage-applied)非選擇性藥劑在 1980 年代有大幅度之增加，水田除草劑，旱田土壤施用(soil applied)藥劑，萌後禾草藥劑及萌後闊葉草藥劑等在近十餘年來之改變不大；1990 代中期，此五類藥劑分別約佔全部施用面積 280 萬公頃之 68,16,9,4 及 3%。

農田除草劑使用之情勢在 1980 年代晚期已成形，目前使用之主要除草劑多登記於 1970 年代中期以前。1980 年以後登記之重要藥劑為禾草防治劑（伏寄普、快伏草）、硫醯尿素類（免速隆免速隆）及非選擇性之固殺草。

### 農田草相變遷及雜草抗藥性

#### 除草劑使用後水田雜草之變動

日本及韓國除草藥劑使用後，水田雜草相主要變動為多年生雜草如野茨菇、瓜皮草、異匙葉藻 (*Potamogeton distinctus*) 水莎草(*Cyperus serotinus*)及荸薺類之 *Eleocharis kuroguwai*。日韓屬溫帶，水稻單作但生育期長；多年草危害之田區，防治須使用長效性之萌前藥劑或萌前配合萌後藥劑多次施藥。

台灣多數地區可行雙期水稻之栽培，水稻之栽培期短。水田多年生雜草僅在局部地區造成問題；如桃園地區之野茨菇，中部沿海之雲林莞草 (*Scirpus planiculmis*)。多數水田雜草化學防治只需施用一次萌前藥劑。丁基拉草為主之單劑及混合劑是水田中最常用之藥劑。

農藥所在中部地區之研究顯示水田多年生草並未隨除草藥劑之使用而增加。表二所列為 20 種代表性水田草在 1961-2002 期間四次調查之發生頻率之變動；1961-1966 之資料取材自『台灣耕地之雜草』，為台灣水田尚未使用藥劑時之狀況；1981-2002 之資料得自農藥所之採土調查(模擬水田狀況，但不施除草劑)。藥劑使用後發生之頻率增高之雜草有水莧、多花水莧、定經草、碎米莎草；呈大幅度降低者有滿天星、稗草、鴨舌草、鱧腸、牛毛氈、螢蘭及田字草。

表二 台灣中部水田代表性雜草 1960 年代以後發生頻率之變動。

科名	中名	學名	1961-66	1981-82	1992	2002
莧	滿天星	<i>Alternanthera sessilis</i>	+++++	-	-	-
莎草	球花蒿草	<i>Cyperus difformis</i>	+++++	+++++	+++++	+++++
禾本	稗草	<i>Echinochloa crus-galli</i>	+++++	+++	++	-
兩久花	鴨舌草	<i>Monochoria vaginalis</i>	+++++	+++++	+++	+++
菊	鱧腸	<i>Eclipta prostrata</i>	++++	-	-	-
莎草	木虱	<i>Fimbristylis miliacea</i>	++++	+++	++++	+++
玄參	母草	<i>Lindernia procumbens</i>	++++	+++++	+++++	+++++
莎草	牛毛氈	<i>Eleocharis acicularis</i>	+++	+++	-	-
莎草	螢蘭	<i>Schnoenoplectus juncoides</i>	+++	++	+	+
蘋	田字草	<i>Marsilea quadrifolia</i>	++	-	-	-
千屈菜	水莧	<i>Ammannia baccifera</i>	-	++++	++++	++++
千屈菜	多花水莧	<i>Ammannia mutiflora</i>	-	+++	++++	++++
莎草	碎米莎草	<i>Cyperus iria</i>	-	-	++	+++
禾本	千金子	<i>Leptochloa chinensis</i>	-	+	+	+
玄參	定經草	<i>Lindernia anagallis</i>	-	+++++	+++++	+++++
玄參	美洲母草	<i>Lindernia dubia</i>	-	-	-	++
禾本	雙穗雀稗	<i>Paspalum distichum</i>	-	-	-	-
千屈菜	紅骨草	<i>Rotala indica</i>	-	++++	+++	+
澤瀉	野茨菇	<i>Sagittaria trifolia</i>	-	+	-	-
密實桔梗	尖瓣花	<i>Sphenoclea zeylanica</i>	-	-	+	+

1) 發生頻率：- = 0-2.5%, + = 2.5-5%, ++ = 5-10%, +++ = 10-20%, ++++ = 20-40%, +++++ = >40%。

2) 四次調查之樣點數：1961-66=279, 1981-82=190, 1992=231, 2002=399。

3) 1961-66 之資料取自台灣耕地之雜草(1968), 其餘三次為農藥所資料。

### 台灣及周邊國家雜草之抗藥性

使用巴拉刈行雜草防治之農田及果園，常可看到灰綠之野苧蒿散生於一片枯黃之之園區中，持續使用相同藥劑則會造成強勢高密度之野苧蒿族群。中部地區此現象在 1980 年代已顯現。野苧蒿對巴拉刈之抗性被確認於 1994 年之報告(蔣, 1994)。此為台灣最早經證實且報導之雜草抗藥性個案。1990 以後中部東勢及新社果園中之華九頭獅子草 (*Dicliptera chinensis*) 在當地造成防治上之困擾，農民必須改用其他較昂貴之防治方法，否則整個園區會被此雜草所獨佔。此爵床科之雜草對嘉磷塞具高度耐性，藥劑測定顯示其半抑制量 (ED<sub>50</sub>) 值為紫花霍香薊、野甘草、野莧、鬼針之 2-7 倍。由於台灣其他未曾施嘉磷塞地區之華九頭獅子草也具有相同程度之藥劑反應，此草所具有者為自然之耐藥性，而非藥劑施用後所產生之抗性。其耐藥之機制為具高活性之 EPSPS 及嘉磷塞可誘導新 EPSPS 之生成(袁, 2001)。

表三 台灣抗藥及耐藥雜草特性簡表

雜草名稱	除草劑類別 (藥劑)	性質	機制	發生地區
<i>Conyza sumatrensis</i> 野苧蒿	paraquat (巴拉刈)	抗	?	普遍
<i>Eleusine indica</i> 牛筋草	多種萌後禾草藥劑, glyphosate (嘉磷塞)	多重抗 交互抗	ACCCase? EPSPS 突變	高雄,屏東, 彰化
<i>Dicliptera chinensis</i> 華九頭獅子草	glyphosate (嘉磷塞)	自然耐藥性	多種	中部果園

依據蔣(1994,2001), 袁(2001)及農藥所資料

表四 感抗牛筋草對嘉磷塞 (glyphosate) 及伏寄普 (fluazifop) 之反應,所列數據為對植株重量之半抑制劑量 (ED<sub>50</sub>)

藥劑	抗性族群	感性族群	抗/感比
glyphosate	0.44 kg	0.15 kg	2.9
fluazifop	0.41 kg	0.008 kg	51

最近幾年中南部牛筋草出現田間耐藥現象。已知者包括彰化、高雄及屏東部分地區之果菜園。農藥所之調查及研究顯,此台灣農田主要之旱田禾本科雜草已對嘉磷塞及作用於 ACCase 之萌後禾草藥劑產生抗性 (表三、表四)。溫室環境之探討顯示族群間對嘉磷塞反應之抗感比為 2.9 倍,對伏寄普者為 51 倍。抗伏寄普之牛筋草對其他 ACCase 抑制劑有交互抗性 (cross resistance) 之現象。同一地區可發生單抗嘉磷塞之牛筋草及對嘉磷塞與伏寄普具多重抗性 (multiple resistance) 之族群; 很明顯是受到園區間不同施用藥歷史之影響而造成。

國際抗藥性調查 (International Survey of Herbicide-Resistant Weeds) 所公布於網站上之資料顯示; 1980 年以來, 台灣鄰近國家已出現有二十多種抗藥性雜草 (表五)。其中半數以上之雜草亦發生於台灣, 涉及之除草藥劑也是台灣常用之藥劑。日本、韓國及台灣水田藥劑中廣泛使用硫醯尿素類 (免速隆、免速隆), 周邊國家已有多種雜草對此類作用於 ALS 之藥劑產生抗性。台灣中部水田雜草調查 (表二) 中所顯示雜草相之變動很可能已涉及抗硫醯尿素類雜草之產生。南方國家中馬來西亞之牛筋草已對禾草藥劑 (ACCCase inhibitors) 及嘉磷塞 (glycine) 產生抗性。以台灣農田高度使用除草劑之情況而言, 很多雜草可能已發生抗性, 只是尚未被確認及報導。

表五 台灣及鄰近地區雜草抗藥性之紀錄

雜草名稱	年	除草劑類別 (台灣主要藥劑)	國家
<i>Alopecurus japonicus</i> 日本看麥娘(大陸)	1990	Ureas (達有龍)	1
<i>Amaranthus lividus</i> 烏莧	1990	Bipyridiliums (巴拉刈)	4
<i>Amaranthus retroflexus</i> 反枝莧 (大陸)	1990	Photosystem II inhibitors (草脫淨、草殺淨)	1
<i>Beckmannia syzigachne</i>	1993	Ureas (達有龍)	1
<i>Conyza bonariensis</i> 野塘蒿	1989	Bipyridiliums (巴拉刈)	2
<i>Conyza canadensis</i> 加拿大蓬	1980	Bipyridiliums (巴拉刈)	2
<i>Conyza sumatrensis</i> 野苧蒿	1980	Bipyridiliums (巴拉刈)	2,4,6
<i>Crassocephalum crepidiodes</i> 昭和草	1990	Bipyridiliums (巴拉刈)	4
<i>Echinochloa crus-galli</i> 稗草	1993, 2001	Chloroacetamides (丁基拉草), ACCase inhibitors (伏奇普、快伏草), Thiocarbamates (殺丹)	1,7
<i>Eleusine indica</i> 牛筋草	1990, 1997	ACCase inhibitors (伏奇普、快伏草), Bipyridiliums (巴拉刈), Glycines (嘉磷塞)	4
<i>Erigeron philadelphicus</i>	1989	Bipyridiliums (巴拉刈)	2
<i>Fimbristylis miliacea</i> 木虱草	1989	Synthetic Auxins (二、四—地)	4
<i>Ischaemum rugosum</i> 田間鴨嘴草	1989	Bipyridiliums (巴拉刈)	4
<i>Limnocharis flava</i>	1998	ALS inhibitors (免速隆、百速隆), Synthetic Auxins (二、四—地)	4
<i>Linnophila sessiliflora</i> 無柄花石龍尾	1997	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	2
<i>Lindernia attenuata</i>	2000	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	3
<i>Lindernia dubia</i> 美洲母草	1996	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	2
<i>Lindernia dubia var. major</i>	1996	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	2
<i>Lindernia micrantha</i>	1996	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	2
<i>Lindernia procumbens</i> 母草	1997	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	2
<i>Monochoria korsakowii</i>	1994	ALS inhibitors (免速隆、百速隆), Bipyridiliums (巴拉刈)	2,3
<i>Monochoria vaginalis</i> 鴨舌草	1999	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	3
<i>Poa annua</i> 早熟禾	1982	Photosystem II inhibitors (草脫淨、草殺淨)	2
<i>Scripus juncooides var. ohwianus</i>	1997	ALS inhibitors (免速隆、百速隆)	2
<i>Solanum nigrum</i> 龍葵	1990	Bipyridiliums (巴拉刈)	4
<i>Sphenoclea zeylanica</i> 尖瓣花	1983	Synthetic Auxins (二、四—地)	4,5
<i>Youngia japonica</i> 黃鹼菜	1980	Bipyridiliums (巴拉刈)	2

1) 取自 The International Survey of Herbicide-Resistant Weeds 2002 年 11 月網上資料

<http://www.weedscience.com>

2) 國家: 1=中國, 2=日本, 3=韓國, 4=馬來西亞, 5=菲律賓, 6=台灣, 7=泰國