

# 中華民國雜草學會簡訊

The Weed Science Society of Republic of China Newsletter

八十八年十月

第六卷第四期

- 本期題要
- ◎草坪草介紹—神奇的綠色堤防—培地茅草籬 (Vetiver Hedge Row) 1
  - ◎少量多樣化作物—轉型的雜草，野苾菰 3
  - ◎除草劑生理—除草劑在植物體內的經基化解毒作用 5
  - ◎會務及編輯室專欄 7

## ※草坪草介紹※

### 神奇的綠色堤防 -- 培地茅草籬 (Vetiver Hedge Row)

國立臺灣大農藝系 王裕文

#### 一、災後重建

百年僅見的強震襲臺之後，人命財產立即的損失一幕一幕地在電視上出現，積極的救援工作也展現出全民團結的力量與意志。從事農業工作的我們，在我們的專業領域中，土地的破壞是特別值得我們注意的，尤其是大規模的地層活動所造成的走山現象，使得整座蒼翠的青山一夕之間變色，裸露土石所造成的影響，在近期仍然會因崩塌而造成直接的人命財產損失，而在中長期的問題中，如何減少水土的流失及生態系統的復育，是最值得我們密切注意及投入的部分。

災變之後，許多工程土木專家趕赴現場謀求對策，我們了解工程技術所能做的貢獻，但是工程技術仍有其限制，在人煙罕至的地方，工程機械無法到達的地方，通常是水土流失的源頭，如果無法在這些地區進行防治，水土工程的投資恐將無濟於事。另一方面，如此大面積的水土保育，如果要完全依賴土木工程，曠日費時，新的崩坍勢必造成工程設計的變更；如果要仰賴森林的建立，更是緩不濟急。在筆者接觸的領域中，培地茅這種植物生育快速，生態適應性廣泛，而又能被有效控制與利用的草本植物，作為水土保持的績效在其他國家是有目共睹的。因此筆者於兩年前進行引種、檢疫、生態適應性評估的工作，原

本計劃兩年後完成生態環境衝擊影響評估後，再行大量繁殖推廣，但是值此變局，如果再延緩，生態環境不復存在，生態環境衝擊問題也喪失評估的意義。擬先行援引國外的經驗與資料作為依據，暫緩此評估階段，直接進行推廣的工作。目前正進行材料的繁殖，希望有興趣的人士能與筆者(ywang@ccms.ntu.edu.tw)聯繫，共襄盛舉。

以下為培地茅的簡介，更完整的資料可以在筆者的網站(<http://www.agron.ntu.edu.tw/grassland/vetiver.htm>)或者是培地茅國際網路(<http://www.vetiver.org/>)查詢。

#### 二、培地茅的發現與利用



培地茅(英文俗名: Vetiver, 印度俗名: Khus-khus, 中國大陸俗名: 香根草, 南非俗名: 奇蹟草 (miracle grass), 學名: *Vetiveria zizanioides*), 為目前聯合國在第三世界國家大力推行的水土保持植物。自 1986 年起推廣應用後, 已引起廣泛的注意。泰國在泰王的全力推廣之下, 成效尤其受到注目。

大多數的植物學者相信培地茅起源於北印度地區, 原始分布範圍包括北印度、孟加拉及緬甸。應用於農業已有相當的歷史, 在印度地區為其傳統的精油香料作物(Essential oil crop), 印度人取其根部抽取精油用於祭典或熏香, 或將根部乾燥置於室內或袍內以驅蟲。

坡的功  
幾十年,  
後方, 已  
的土層厚

午會以為  
。事實上  
。原因是  
生長點是  
加厚, 生  
。同時培  
部分的分  
堆出土表  
芽在生育  
大量的生  
壤, 是無  
。培地茅  
地茅花序  
之外, 當  
在土表上  
芽點會迅  
芽, 繼續  
土壤而長  
比擬的,  
導致失去  
會長高的

保持工程

培地茅應用於水土保持的功用, 受到研究人員注意伊始於 John Greenfield 任職於斐濟期間。1956 年 Greenfield 先生擔任甘蔗栽培的工作, 公司的老闆在農場的平坦土地都種完甘蔗後, "相信" 農場內的坡地是可以加以開發利用, 以增加甘蔗的種植面積, 只是坡度太陡。同時, 因為斐濟地處太平洋熱帶地區, 夏季暴雨所造成的土壤流失極可能危害到公司、人員甚至整個國家, 另一方面坡地土壤的含水量不足以供應需水量極大的甘蔗生長, 所有具有農場操作經驗的人都不同意。但是在老闆的要求下, Greenfield 先生開始設計、試驗各種水土保持的方法, 期望能找到有效的方法, 其中包括廣泛應用於商業規模生產的工程技術(利用推土機沿等高線建立厚土牆), 以及一種他聽說在二次世界大戰前在加勒比海地區已經被成功利用於水土保持的一種粗大的草本植物 -- 培地茅。Greenfield 先生在農場外找到了培地茅, 將其分蘖(slip)沿著等高線種植。單薄的這一行培地茅, 看在大家的眼裡, 大部分的人都不抱希望。但是, 生長快速的培地茅迅速的長成草籬(hedge row), 許多人發現在本地區常見的午後雷雨後, 在培地茅草籬保護區內, 地表的逕流(runoff)量明顯地減緩, 同時也向水平方向分散開來, 甚至被攔阻在培地茅草籬所形成的綠色堤防的後方。在培地茅充分長成之後, 其草籬的厚度可達一公尺, 想要徒手穿越草籬就變成是一件非常辛苦的差事。由於所形成的草籬如此厚, 降下的雨水無法直接從坡面上直接灌入到河川, 在這段被培地茅草籬遲滯而停留在坡面上的期間, 雨水就有足夠的時間滲入土中。最重要的一點是: 土壤不會隨著雨水被帶離坡面, 更進一步, 隨著雨水被培地茅草籬所形成的綠色堤防攔阻, 混雜在水中的

土壤在這段遲滯的期間內, 大部分也沉澱在草籬的後方。在反覆的降雨與沉澱的過程, 經過長時間的作用, 原本陡峭的坡面, 在培地茅的草籬間逐漸形成梯田。

培地茅的功效在一次斐濟史上最大的降雨紀錄中顯現出來了, 500 公厘的雨量在短短的 3 小時內夾雜著狂風降下, 利用堆土機建立的厚土牆在大量的雨水累積之下從較弱的點被突破之後, 迅速潰堤造成整個坡面坍塌。相反地, 培地茅草籬所保護的坡面毫髮無傷。在這場大雨後, 全公司上下每個人都服氣了, 培地茅全面的被用在坡地的水土保持, 甘蔗被栽培於草籬之間, 產量相較於平地栽培的甘蔗, 毫不遜色。截至 1990 年斐濟

島上的培地茅草籬仍然存在, 繼續提供功能, 差別是地形改變了, 原本的坡面經過每一次的降雨所帶來的土壤累積在草籬後經將斜坡轉變成梯田, 實際去測量累積的度已經達到兩公尺深。

### 三、會長高的綠色堤防

一般大眾不熟悉植物生長習性, 或培地茅已經被深埋在土中, 功成身退了。培地茅依然屹立在土表上繼續維持青綠。這樣的, 像培地茅這類的禾本科植物其生長點在距離土表下約 1-2 公分處, 當土表力長點會隨之向上抬伸以維持適當的距離。培地茅的叢生特性, 大量的分蘖分支, 在節支形成花序隨著節間的延長而將生長點抬後, 新的分蘖芽會產生(事實上新的分蘖芽期間會持續發生), 繼續保持在土表下有生長點。因此日常的降雨所伴隨夾雜的土壤法將培地茅淹沒而置其於死地。相反地, 會向上抬伸以配合增高的土表, 推昇培地出土的莖節, 除了提供支持花梗的功用之外大量的土石淹沒大部分植株, 任何保留在的莖節就成為再生的組織, 莖節部位的莖節快速分化, 向下長出新的根, 向上長出新莖提供水土保持的功能。這一種隨著沖積土高的特性, 是一般人造工程堤防所無法比到處可見擋土牆因為被沖積的土壤淹沒導功能而被棄置, 就可以證明培地茅草籬會特性是如何的重要而特別。

### 四、會加深的堅強地錨

地基是一切建築的根本, 在水土保



中，地錨是用來穩固地上結構的重要構造。一般人相信樹木森林具有水土保持功能，除了植冠減緩雨水衝擊力量，樹幹提供儲水功能之外，最主要的一點就是樹木的根系粗大深入土層，提供類似地錨的功用。

培地茅在根系的生育上是最令人稱奇的，培地茅的根系生長快速，在培地茅網路的資料顯示，三個月可達一公尺深，一年可達三公尺深，平均長成的根系可達五公尺。筆者初步的試驗資料顯示，在 35°C 日溫 30°C 夜溫的條件下，在砂土介質內 20 天可達 80 公分。培地茅根部組織的拉張強度(Tensile strength)介於 40~120 MPa，平均 75 MPa，超過楊柳，白楊木的 5~38 MPa，赤楊木及縱木的 4~74 MPa。長成的培地茅根系龐大，組織綿密錯結，在土層中提供大量的纖維構造，所具有的斷面強度(Shear strength)為 6~10 KPa per kg of root per m<sup>3</sup> of soil 遠超過一般樹木的平均值(3.2~3.7)。由以上資料顯示，培地茅根系的強度相較於大多數的樹種是毫不遜色的，同時培地茅被成功地運用於農地的水土保持，主要原因是大量的根系是垂直向下生長，側生根系極少，因此不會與農作物競爭肥料與水分。應用在裸露坡地上，培地茅可作為生態系統中的先驅植物(pioneer plant)，先行穩定坡面，等坡面穩定後，原生的物種就可以自然滋生或進行人工樹種栽植。

## 五、建議

筆者並不是建議以培地茅取代森林，畢竟森林的功能決不僅止於水土保持。裸露地最終演化回原本的生態系統可能是大多數人的願望，但是原有生態系統中的植被部分因為地震而被破壞，如果再無法保留系統中原有的非生物部分(Abiotic component，包括土壤、地形等)，原來的生態系統是毫無復原的希望。筆者的建議是利用培地茅快速生長的特性及其所能提供的優越的水土保持能力，儘速穩定坡面，以利後續工程設施構建或是森林植栽的復育工作的進行。

## 少量多樣化作物—轉型的雜草※

# 野 茨 菰

政院農業委員會農業試驗所農藝系 邱文貞 楊純明

## 、前言

野茨菰(*Sagittaria trifolia* L)為澤瀉科(Alismataceae)多年生草本植物，別名野慈菇、水芋、鉸剪仔草、三腳剪，英名為 Arrow head<sup>(2,4)</sup>。野茨菰分佈於印度、馬來西亞、中國大陸、韓國及日本，在臺灣則為全境池澤、水田灌溉溝及山地水溝散見之水生植物<sup>(1)</sup>。

## 二、植物學上之形態及習性

野茨菰為多年生喜濕性植物，係水田中最主要的雜草之一<sup>(8)</sup>，常見於水稻田、水芋田等。植株全株柔軟、脆弱、易折，株高可達 30-60 cm，根莖短，著生許多鬚根，由根莖發芽。葉於基部叢生，葉柄長 20-50 cm，具縱稜，基部成鞘互抱。葉身戟形狀箭形，頂片細長披針形，先端銳，長 7-15 cm，腳片披針狀線形或線形，先端較頂片細銳；葉脈隆起於葉背。夏秋間長出花莖，高達 40-70 cm，單一或分枝之圓錐花序，輪生花；花 3-5 枚輪生一節，節有苞；花蕾稍呈悱紅色，花單性；雌花著生花序下部，雄花則著生花序之上部。萼三片，綠色，橢圓形，長 6-8 mm，花瓣三片，白色，圓形而薄。雄花具多數雄蕊，雄、雌花皆具有短花柄。雌花較雄花少，多數雌蕊集成球狀。果實密集而扁平之球形，淡綠色；秋天從株間或葉中間長出白色地下莖，著有稀疏鱗片，頂端具小形芽<sup>(1,2,3,4)</sup>。

## 三、一般用途

野茨菰之食用部位為葉及根莖。葉用水煮燙，去苦味後，煮熟，油鹽調食或煮食，根莖亦可煮食<sup>(4)</sup>。在藥用上，野茨菰全草用為利尿、解毒藥、治黃疸、癰癤及蛇咬傷；其性寒，味辛，有小毒。內服可煎湯，0.5-1 兩，外用則搗敷或研末調敷。文獻上可見之處方例(1)治黃疸病：慈菇、倒觸傘各一兩，煨水服。(2)治九子瘍：慈菇根、黃山藥根、獨腳蓮根各等分，研末，以適量調甜酒敷患處。(3)治蛇傷：慈菇、一支蒿，搗絨，包患處；慈菇乾研末，用二至三錢調水敷患者頭頂百會穴，又用適量敷患處；鮮慈菇二兩，煨水服，并用適量煨水洗傷處<sup>(5)</sup>。由此顯示，野茨菰似具有食用及藥用的價值，但在臨床上之研究報告並無較完整的結果，在藥理及化學成份上亦未明確，因此對於其藥效僅能供參考之用，切忌盲目食用，應由醫師指示使用。

## 四、防除方法



野茨菰為水稻田常見雜草之一，以一期作水田發生較多，二期作亦常見，主要以球莖繁殖<sup>(7)</sup>。在本省各地均可見，但以桃園及新竹地區最為嚴重<sup>(8)</sup>，其對水稻生育時的養分競爭非常嚴重<sup>(6)</sup>。另

外，雖然野茨菰在移植田通常較稻株矮，不致造成頂上遮陰，但仍可減少植株中下層葉片之受光量<sup>(8)</sup>。依照『植保手冊, 1984』，野茨菰之防除方法如下列<sup>(9)</sup>：

### (一) 秧田時期防除

藥劑名稱	每公頃施用量	稀釋倍數(倍)	施藥時期及方法	注意事項	防除對象
1%本達隆溶液 (Bentazon)	3 公升	200	秧苗移植前第 1 期作 10 天，第 2 期作 2 天，床面雜草在螢蘭 4-5 公分，野茨菰 1-2 葉，鴨舌草 4-5 葉時噴施，施藥後仍保持排水狀態 3 至 5 日。		鴨舌草、球花蒿草、紅骨草、母草、溝繁縷、螢蘭、野茨菰、瓜皮草、木虱草、蘋草、莎草。

### (二) 移植本田時期防除

#### 1. 插秧前處理：

藥劑名稱	每公頃施藥量	稀釋倍數(倍)	施藥時期及方法	注意事項	防除對象
8%丁拉普芬草混合粒劑 (SL-530)	5 公升		第 1 期作插秧前 3 日至插秧後 8 天；第 2 期作插秧前 3 日至插秧後 7 天。積水 3-5 天。		螢蘭、鴨舌草、母草、球花蒿草、紅骨草、瓜皮草、野茨菰。

#### 2. 插秧後處理：

藥劑名稱	每公頃施藥量	稀釋倍數(倍)	施藥時期及方法	注意事項	防除對象
10%免速隆可濕性粉劑 (Bensulfuron-methyl)	0.4-0.5 公斤	100-125	插秧後 3-15 日，田面雜草之生長狀態為萌芽至 4 葉時施藥。	保持積水 4-7 天，水深 3-5 公分。	螢蘭、鴨舌草、母草、球花蒿草、紅骨草、瓜皮草、野茨菰。
11.8%免速克草可濕性粉劑 (Bensulfuronmethyl+quinchorac)	2.5 公斤	稀釋至 600 公升	第一期作插秧後 10-12 天，第二期作 6-8 天後施藥。	保持積水 3-7 天，水深 3-5 公分。	野茨菰、瓜皮草、螢蘭、木虱草。

#### 3. 中期處理

藥劑名稱	每公頃施藥量	稀釋倍數(倍)	施藥時期及方法	注意事項	防除對象
54.7%本達快克草可濕性粉劑 (Bentazon+Quinclorac)	3 公斤	600 公升/公頃	插秧後 20-40 日全面施藥。	田間雜草發生時施藥。	鴨舌草、球花蒿草、螢蘭、野茨菰、瓜皮草等。
7.3%本達隆粒劑 (Bentazon)	35 公斤		插秧後 15-35 日，田面雜草之生長為 3-5 葉時施藥。	田面保持 1-2 公分積水時均勻施用，田面乾後再灌水。	如上述



## 五、參考文獻

1. 許建昌。1971。臺灣常見植物圖鑑(I)，臺灣省教育會印行，P283。
2. 李煥榮、劉國柱、周正仁。1976。臺灣藥用植物之探討(二)，國立中國醫藥研究所出版，P222。
3. 洪亮吉、呂理榮。1980。臺灣農地雜草，中華民國雜草學會出版，P34。
4. 許喬木、邱年永。1980。原色野生食用植物圖鑑，臺北南天書局，P231。
5. 高木村。1988。臺灣民間藥(2)，臺北南天書局，P12。
6. 蔣永正。1988。本省水稻田常見雜草及防治。農之光。77(2):100-103。
7. 蔣永正。1989。本省水田雜草之分佈及防治。興農雜誌。240:35-37。
8. 蔣慕琰。1995。水田雜草概觀:種類、生態及防治。37:339-355。
9. 臺灣省政府農林廳。1984。植物保護手冊，524pp-540pp。

## ※除草劑生理※

### 除草劑在植物體內的羥基化解毒作用

國立中興大學農藝學系 韓岳麒 王慶裕

#### 一、前言

長久以來，除草劑在世界各國廣泛使用的情形下也同時面臨許多問題，其中主要的問題之一是有些雜草出現抗藥性。一般而言，影響除草劑作用的因素很多，包括從除草劑與植物的接觸開始，直到除草劑抵達其在植物體內的作用位置，其間任何一步驟受到干擾即會影響除草劑的致死生理作用(c.f Cobb, 1992)。例如植物中的單加氧酵素(monooxygenase)可以控制芳香環化合物的羥基化作用(aryl hydroxylation)，使得某些具有苯環或雜環之除草劑，例如本達隆(bentazon)、primisulfuron 會因羥基化作用無法和目標位置結合而失去其植物毒性(phytotoxicity)。

植物體中之單加氧酵素係泛指氧化還原酵素之一，在其催化反應中，一個氧原子會加入產物分子，而另一個氧原子會還原成水分子。單加氧

酵素具有兩種不同的形式：包括(1)黃素蛋白(flavoprotein)構成之細胞色素 P<sub>450</sub> -NADPH 還原酵素，其負責微粒體(microsome)內的電子傳遞系統，以及(2)黃素蛋白構成之細胞色素 b<sub>5</sub> -NADH 還原酵素，其構成內質網(endoplasmic reticulum)的電子傳遞(Haack and Blake, 1994)。本文將介紹

#### 二、除草劑在植物體內的羥基化作用

植物體內的羥基化作用可藉由細胞色素單加氧酵素(cytochrome P<sub>450</sub> monooxygenase)催化，此細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酵素是植物體內氧化作用的一個重要複合蛋白酵素系統(A Blake, 1994)。一般而言，此酵素系統在植物體內各種物質上佔有一重要地位，包括：萜類、荷爾蒙、類固醇、類黃酮等，同時對外來物質進行解毒代謝作用(c.f. Durst, 1991; 1991)。

##### (一)植物對本達隆的羥基化作用

單加氧酵素系統對於植物體內一些有毒物質的解毒作用佔有重要地位。光系統 II 抑制劑本達隆在進入植物體內會被一種細胞色素單加氧酶，即 bentazon 6-hydroxylase (B6H) 使本達隆芳香環第六個碳位置上產生一個羥基(-OH)，此時羥基化的本達隆會快速地和葡萄糖結合，形成葡萄糖羥基化的本達隆(glucose hydroxybentazon)，此種形式的本達隆即失去與光系統 II 內 D1 蛋白質的結合能力，因此光合電子傳遞鏈中的電子可以順利地傳遞到質體醌(plastoquinone)，繼續將電子傳遞下去(1992)。

Burton and Maness(1992)利用 shattercane (*Sorghum bicolor*) 和 johnsongrass (*S. halimifolium*) 兩種材料，分別從活體內(*in vivo*)和活體外(*in vitro*)了解本達隆在植物體內的羥基化作用。氏在白化的 shattercane 和 johnsongrass 植物體本達隆會被快速的代謝，形成羥基化的本達隆。此外，並發現如果預先用保護劑(safener) NA(1,8-naphthalic anhydride)處理兩材料之則會增加其幼苗代謝本達隆的比例，試驗示有用 NA 預措處理種子之地上部所萃取本達隆和其代謝物的比例是未用 NA 預措處理的 10 倍，並且證實用 NA 處理會增加兩材料對本達隆的羥基化作用，而減少植株的傷害。

另一方面，Burton and Maness(1992)利



細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶的抑制劑 tetcyclacis 處理 shattercane 和 johnsongrass 發現會抑制 NA 預措處理所促進的本達隆的代謝，而未用 NA 預措處理的幼苗同樣有抑制的效果。有關 NA 誘導微粒體內細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶活性的原因，目前尚未完全了解，但氏等認為 NA 可能會誘導基因的表現、增加其轉譯作用或改變細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶的分子結構使其對本達隆更有專一性所造成的(Burton and Maness, 1992)。

## (二)植物對 primisulfuron 的羥基化作用

Primisulfuron 為一種具選擇性的硫醯尿素類(sulfonylureas)除草劑，會抑制植物體內支鏈氨基酸的合成(Beyer, 1988)，這種除草劑的選擇性主要是在於植物本身是否能將 primisulfuron 代謝成為不具除草劑毒性的代謝物。在玉米植株體內 primisulfuron 的代謝主要是藉由細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶的羥基化作用，及酚環(phenol ring)、嘧啶環(pyrimidine ring)和糖的結合作用，使 primisulfuron 失去其毒性(Fonne-Pfister *et al.*, 1990)。

Fonne-Pfister *et al.*(1990)從玉米植株內所萃取之微粒體，其內含有較多量的細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶，在處理 <sup>14</sup>C- primisulfuron 30 分鐘後，會形成兩種具有放射線標定的代謝物 M1 及 M2。氏等為了確定代謝物 M1 及 M2，分別使用 CGA239769、CGA219741 作為參考性化合物，以及配合質譜儀(mass spectrometry)分析 primisulfuron 羥基化的代謝產物。試驗結果顯示，M1 代謝物上羥基所存在的位置在嘧啶環上。而 M2 代謝物羥基所存在的位置則在苯環上。氏等證實 primisulfuron 的羥基化作用會發生在苯環或嘧啶環上而產生不同的代謝物。

## 三、影響植物羥基化之可能因素

### (一)氧氣

McFadden *et al.* (1990)證實在活體外培養的過程中有 N<sub>2</sub> 及 CO 的存在時，本達隆的羥基化作用分別被抑制達 82% 及 70%。氏等推測在有 N<sub>2</sub>、CO 的存在下，會影響細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶對 O<sub>2</sub> 的結合能力。

### (二)電子供應者

Fonne-Pfister *et al.* (1990)利用不同濃度的 NADH、NADPH 來探討對羥基化作用的影響。理論上 NADH、NADPH 都可以作為電子的提供者。但對於 primisulfuron 羥基化作用而言，NADH 單

獨的還原效果要比 NADPH 差許多，然而在 NADH 和 NADPH 共同存在的條件下，對 primisulfuron 的羥基化作用具有協力的效果(synergistic effect)。氏等推論 primisulfuron 的羥基化作用主要是受細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶的催化，而細胞色素 b<sub>5</sub> 單加氧酶則具有輔助的效果，因此 NADPH 對 primisulfuron 之羥基化作用要比 NADH 有效。

### (三)植物年齡

Frear *et al.* (1969), Russell (1971) 及 Haack and Balke (1994)證實植物幼苗的年齡會影響微粒體中所含的細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶的活性。氏等認為在不影響酶活性以及考慮總酶量的條件下，高粱幼苗使其生長 96 小時後取樣最佳，此時期取樣有助於獲得較高的細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶含量，或許可以作為除草劑施用時機之重要參考，以減少除草劑對於作物的藥害。

## 四、增加植物羥基化作用的可能方式

目前已知植物細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶具有可誘導性(induceble)，例如玉米植株內的細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶會被 NA 所誘導；高粱則會被一些除草劑的保護劑(NA、BAS 145138、flurazole、oxabetrinil、fluxofenim 和 benoxacor)所誘導(Moreland *et al.*, 1993)。這也是保護劑防止作物受到除草劑藥害的方式之一。另外，Haack and Balke(1994)以 NA 處理之高粱種子可以增加 B6H 的活性，從 53.1 pmole product/mg/min 增加至 98.9 pmole/mg/min，和對照組比較起來增加 1.9 倍，如果以每 nmole 的細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶來計算，B6H 的活性從 408 pmole/nmole cyt P450/min 增加至 452 pmole/nmole cyt P450/min。同時，細胞色素 P<sub>450</sub> 的含量由原本 0.130 nmole/mg 提高至 0.219 nmole/mg，和對照組比較增加 1.7 倍。雖然 NA 不會增加細胞色素 P<sub>450</sub> 內 NADPH 還原酶的活性，但試驗結果證明 NA 處理之種子會增加植物幼苗內 B6H 的活性及細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶的含量。

## 五、結語

植物體中單加氧酶以兩種形式存在，一是細胞色素 P<sub>450</sub> NADPH 還原酶，另一種是細胞色素 b<sub>5</sub> NADH 還原酶。而負責除草劑羥基化作用的主要是細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶，目前所知會被細胞色素 P<sub>450</sub> 單加氧酶羥基化的除草劑有硫醯尿素類、本達隆、莫多草(metolachlor)、diclofop、2,4-D



等。在植物體內，這種羥基化作用目前確定需要 $O_2$ 及NADPH的參與反應才會產生(McFadden *et al.*, 1990; Burton and Maness, 1992)。羥基化作用會受到一些保護劑的誘導而加速其反應，但也會受到 $N_2$ 、CO及tetcyclacis強烈抑制，這顯示細胞色素 $P_{450}$ 單加氧酶的活性很容易受外界物質的影響。在探討除草劑在植物體內之代謝解毒上，相信此酶系統扮演一重要角色。

## 六、參考文獻

1. Beyer, E. M., M. J. Duffy, Jr., J. V. Hay, and D.D. Schlueter. 1988. Sulfonylureas. p.117-189. *In*: Kearney, P. C., and D. D. Kaufman. (ed.) *Herbicides: Chemistry, Degradation and Mode of Action*. Dekker, New York.
2. Burton, J. D., and E. P. Maness. 1992. Constitutive and inducible bentazon hydroxylation in shattercane (*Sorghum bicolor*) and johnsongrass (*S. halapense*). *Pestic. Biochem. Physiol.* 44 : 40-49.
3. Cobb, A. H. 1992. Herbicides that inhibit photosynthesis. p.36-81. *In*: *Herbicides and Plant Physiology*. T. J. Press (Padstow) Ltd, Padstow, Cornwall, London. UK.
4. Durst, F. 1991. Biochemistry and physiology of plant cytochrome P450. p.191-232. *In*: Ruckpaul, K., and H. Rein (ed.) *Biochemical Characteristics, Genetic Engineering and Practical Implication, Frontiers in Biotransformation*. New York.
5. Fear, D. S., H. R. Swanson, and F. W. Thalacker. 1969. N-demethylation of substituted 3-(phenyl)-1-methylureas: isolation and characterization of a microsomal mixed function oxidase from cotton. *Phytochemistry* 8 : 2157-2164.
6. Fonne-Pfister, R., J. Gaudin, K. Kreuz, K. Ramsteiner, and E. Ebert. 1990. Hydroxylation of primisulfuron by an inducible cytochrome P450-dependent monooxygenase system from maize. *Pestic. Biochem. Physiol.* 37 : 165-173.
7. Haack, A. E., and N. E. Balke. 1994. Enhancement of microsomal bentazon 6-hydroxylase and cinnamic acid 4-hydroxylase activities from grain sorghum shoots. *Pestic. Biochem. Physiol.* 50 : 92-105.
8. Hatzios, K. K. 1991. Biotransformations of herbicides in higher plants. p.141-184. *In*: Grover, R., and A. J. Cessna.(ed.) *Environmental Chemistry of Herbicides*. CRC press, Boca Raton, FL.
9. McFadden, J. J., D. S. Frear, and E. R. Mansager. 1989. Aryl hydroxylation of diclofop by a cytochrome P450 dependent monooxygenase from wheat. *Pestic. Biochem. Physiol.* 34 : 92-100.
10. McFadden, J. J., J. W. Gronwald, and C. V. Eberlein. 1990. *In vitro* hydroxylation of bentazon by microsomes from naphthalic anhydride-treated corn shoots. *Biochem. Biophysic. Res. Commun.* 168(1) : 206-213.
11. Moreland, D, E., F. T. Cobbin, and J. E. McFarland. 1993. Effects of safeners on the oxidation of multiple substrates by grain sorghum microsomes. *Pestic. Biochem. Physiol.* 45 : 43-53.
12. Riviere, J. L., and F. Cabanne. 1987. Animal and plant cytochrome P450 systems. *Biochemistry.* 69 : 743-781.
13. Russell, D. W. 1971. The metabolism of aromatic compounds in higher plants. X. Properties of the cinnamic acid 4-hydroxylase of pea seedlings and some aspects of its metabolic and developmental control. *J. Biol. Chem.* 246 : 3870-3878.