

國立臺灣大學生物資源暨農學院農藝學系



碩士論文

Department of Agronomy
College of Bioresources and Agriculture
National Taiwan University
Master Thesis

痲瘋樹可用除草劑之篩選

Screening of Herbicides for Weed Control
in *Jatropha curcas*

陳傑君

Chieh-Chun Chen

指導教授：黃文達 博士 (Dr. Wen-dar Huang)

楊棋明 博士 (Dr. Chi-Ming Yang)

中華民國102年7月

July, 2013



誌謝

首先要感謝黃文達老師與楊棋明老師的引導，在論文的架構及內文的寫作上多所指點，以及平時討論所給予的教導，使論文得以順利完成。並感謝黑哥及綠豆學長在實驗中所提供的協助，以及張新軒老師、鄭誠漢技正、黃秀鳳技士在研究上的指導使論文能順利完成。

兩年碩士班的過程中，黃老師與楊老師除了專業領域的指點外，也在人生哲理上多所傳授，使人生更為充實。此外要感謝實驗室的各位夥伴，領導實驗室的盟元大博士及昶璋大學長在實驗上耐心的指導，引領實驗室的方向。而實驗室執行長相全則提供我們不同的視野，也使我們對更有信心面對未來的挑戰。同為直系柏齡學長，有幸同在一間實驗室，並在那炎熱的夏天共同為癩瘋樹的研究所奮鬥。在學的過重中實驗室的夥伴元慶與流水，我們則是在無數分組報告中共同奮鬥，那樣的感動將永存我心。此外實驗室之寶瀨文、雅臻與秋月姐使實驗室更為溫馨。也感謝中研院與研究所的夥伴與同學，以及一路上所有給與幫助的人。

最後要感謝我的父母及妹妹，有你們的支持與陪伴我才能順利度過求學的生涯，並且邁向人生下個階段。

摘要



痲瘋樹(*Jatropha curcas* L.)對環境適應力強，耐乾旱且耐貧瘠，適合應用於污染地之植生復育，並兼具生質能源作物之功能。痲瘋樹造林初期生育速度緩慢，雜草入侵嚴重，影響成林速度，但目前台灣仍未有適合之除草劑推薦。因此本研究利用痲瘋樹種子或移植苗為材料，分別於直播與移植苗制度下篩選用於萌前與萌後之除草劑，並藉由光生理指標了解除草劑對痲瘋樹之藥害。本研究結果如下：痲瘋樹萌前除草劑試驗中，以19種除草劑進行發芽試驗，其中草脫淨(1.60 kg ha^{-1})、滅必淨(1.50 kg ha^{-1})、拉草(2.50 kg ha^{-1})、丁基拉草(1.50 kg ha^{-1})、施得圃(1.25 kg ha^{-1})、達有龍(2.00 kg ha^{-1})、撻乃安(3.00 kg ha^{-1})、本達隆(1.50 kg ha^{-1})、伏寄普(0.25 kg ha^{-1})、固殺草(1.60 kg ha^{-1})、嘉磷塞(2.50 kg ha^{-1})對痲瘋樹種子萌芽及幼苗生長無明顯抑制，具潛力可應用於痲瘋樹萌前雜草管理。痲瘋樹萌後除草劑試驗中萌前除草劑拉草(1.25 kg ha^{-1})、丁基拉草($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)、施得圃($1.25, 0.63 \text{ kg ha}^{-1}$)及萌後除草劑本達隆($1.20, 0.60 \text{ kg ha}^{-1}$)、伏寄普($0.25, 0.13 \text{ kg ha}^{-1}$)處理對痲瘋樹移植苗無明顯之生長阻礙，具潛力應用於痲瘋樹萌後雜草管理。痲瘋樹田間試驗結果顯示噴施除草劑嘉磷賽(1.6 kg ha^{-1}) + 拉草(1.4 kg ha^{-1}) + 草脫淨(1.6 kg ha^{-1})混劑，並不會影響玉米及痲瘋樹播種後發芽率及幼苗生長，可應用於痲瘋樹間作玉米之栽培制度。

關鍵字：痲瘋樹、雜草管理、除草劑、不整地栽培、萌前、萌後

Abstract



Jatropha curcas is a multipurpose, stress resistant plant, potentially as a source of renewable energy, medicine and phytoremediation. In *J. curcas* cultivation, weed management is crucial. However, there are few studies on *J. curcas* tolerance on registered herbicides in Taiwan. The objective of this research is to screen the proper herbicides used in *J. curcas* fields at the period of pre-emergence and post-emergence of the cultivation.

Nineteen herbicides registered for major crops were evaluated in germination of *J. curcas* seeds for the pre-emergence screen. The result shown that atrazine (1.60 kg ha⁻¹), alachlor(2.50 kg ha⁻¹), bentazon(1.50 kg ha⁻¹), butachlor (1.50 kg ha⁻¹), dinitramine (3.00 kg ha⁻¹), diuron (2.00 kg ha⁻¹), fluazifop-buty (0.25 kg ha⁻¹), metribuzin (1.50 kg ha⁻¹), pendimethalin (1.25 kg ha⁻¹), glufosinate (1.60 kg ha⁻¹) and glyphosate (2.50 kg ha⁻¹) are suited for pre-emergence application.

Twelve herbicides registered for major crops were evaluated for the post-emergence screening. The result showed that alachlor (1.25 kg ha⁻¹), butachlor (1.50, 0.75 kg ha⁻¹), pendimethalin (1.25, 0.63 kg ha⁻¹), bentazon (1.20, 0.60 kg ha⁻¹) and fluazifop-butyl (0.25, 0.13 kg ha⁻¹) were safe to *J. curcas* at rates effective for weed control.

In field test, combination of glyphosate (1.6 kg ha⁻¹) + alachlor (1.4 kg ha⁻¹) + atrazine (1.6kg ha⁻¹) was applied before planting. The results showed that the combination of glyphosate, alachlor and atrazine could provide acceptable weed control without damaging to *J. curcas* and maize.

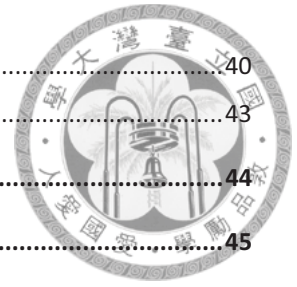
Key words: *Jatropha curcas*, herbicides, weed management, pre-emergence, post-emergence.

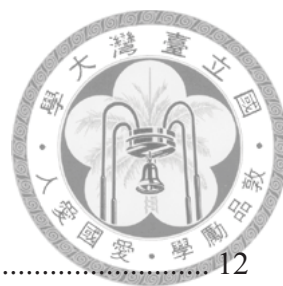
目錄



誌謝.....	I
摘要.....	II
ABSTRACT.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
第一章、前言.....	8
第二章、前人研究.....	10
2.1 癩瘋樹介紹.....	10
2.1.1 癩瘋樹生物學特徵.....	10
2.1.2 癩瘋樹應用價值.....	11
2.1.3 癩瘋樹應用於植生復育.....	12
2.1.4 癩瘋樹栽培現況.....	14
2.2 癩瘋樹栽培管理.....	15
2.2.1 癩瘋樹栽培.....	15
2.2.2 雜草管理.....	17
2.2.3 光生理指標.....	21
2.2.4 癩瘋樹相剋作用.....	22
2.2.5 不整地栽培.....	22
第三章、材料與方法.....	24
3.1 癩瘋樹萌前除草劑篩選與生物檢定.....	24
3.2 癩瘋樹萌後除草劑篩選與藥害檢定.....	26
3.3 癩瘋樹田間除草劑試驗.....	28
第四章、結果.....	30
4.1 癩瘋樹萌前除草劑試驗與生物檢定.....	30
4.2 癩瘋樹萌後除草劑篩選與藥害檢定.....	32
4.3 癩瘋樹田間除草劑試驗.....	37
第五章、討論.....	39
5.1 癩瘋樹萌前除草劑篩選與生物檢定.....	39

5.2 癩瘋樹萌後除草劑篩選與藥害檢定.....	40
5.3 癩瘋樹田間除草劑試驗.....	43
第六章、結語及未來展望.....	44
參考文獻.....	45
附錄.....	55





表目錄

表 1、不同大戟科植物對重金屬的累積能力	12
表 2、植生復育的機制	13
表 3、癩瘋樹萌前除草劑試驗之參試藥劑	55
表 4、癩瘋樹萌前除草劑試驗之參試藥劑	56
表 5、除草劑施用對癩瘋樹種子發芽之影響	58
表 6、除草劑抑制癩瘋樹幼苗胚根及胚軸伸長達 50%所需濃度	61
表 7、癩瘋樹萌後除草劑試驗測試除草劑之劑型、使用時期與劑量	75
表 8、萌前除草劑施用後癩瘋樹株高之變化	76
表 9、萌前除草劑施用後癩瘋樹莖徑之變化	77
表 10、萌前除草劑施用後癩瘋樹分枝數之變化	78
表 11、萌前除草劑施用後癩瘋樹葉數之變化	79
表 12、萌前除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株鮮重	80
表 13、萌前除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株乾重	81
表 14、萌後除草劑施用後癩瘋樹株高之變化	82
表 15、萌後除草劑施用後癩瘋樹莖徑之變化	83
表 16、萌後除草劑施用後癩瘋樹分枝數之變化	84
表 17、萌後除草劑施用後癩瘋樹葉數之變化	85
表 18、萌後除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株鮮重	86
表 19、萌後除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株乾重	87

圖目錄



圖 1、痲瘋樹不同生育時期	10
圖 2、試驗期間台北平均日溫變化	57
圖 3、不同除草劑對痲瘋樹幼苗生長影響	59
圖 4、不同除草劑對痲瘋樹幼苗生長之劑量反應	60
圖 5、十二種除草劑推薦量處理七天後痲瘋樹之藥害徵狀	62
圖 6、除草劑 Glufosinate 對痲瘋樹生長之影響	63
圖 7、除草劑 Glyphosate 對痲瘋樹生長之影響	64
圖 8、除草劑 Pendimethain 對痲瘋樹生長之影響	65
圖 9、除草劑 Butachlor 對痲瘋樹生長之影響	66
圖 10、除草劑 Alachlor 對痲瘋樹生長之影響	67
圖 11、除草劑 Fluazifop-butyl 對痲瘋樹生長之影響	68
圖 12、除草劑 2,4-D 對痲瘋樹生長之影響	69
圖 13、除草劑 Triclopyr 對痲瘋樹生長之影響	70
圖 14、除草劑 Bentazon 對痲瘋樹生長之影響	71
圖 15、除草劑 Diuron 對痲瘋樹生長之影響	72
圖 16、除草劑對痲瘋樹生長之影響	73
圖 17、除草劑 Atrazine 對痲瘋樹生長之影響	74
圖 18、萌前除草劑對痲瘋樹葉片葉綠素含量指數之影響	88
圖 19、萌後除草劑對痲瘋樹葉片葉綠素含量指數之影響	89
圖 20、萌前除草劑對痲瘋樹葉片光量子產值之影響	90
圖 21、萌前除草劑對痲瘋樹葉片常態化差異植生指標之影響	91
圖 22、萌後除草劑對痲瘋樹葉片光量子產值之影響	92
圖 23、萌後除草劑對痲瘋樹葉片常態化差異植生指標之影響	93
圖 24、不整地栽培痲瘋樹與玉米於種植後不同天數之生長情形	94
圖 25、不整地栽培制度下痲瘋樹之累積乾重、作物生長速率及相對生長速率(A)圖與葉面積指數(B)圖	95
圖 26、不整地栽培制度下玉米之累積乾重、作物生長速率及相對生長速率(A)圖與葉面積指數(B)圖。	96


第一章、前言



石化能源的使用帶給人類文明許多便利，卻同時對社會及環境造成了許多的問題。首先，石化能源不具再生性，石化能源的日漸枯竭與石化能源產出的變動深深影響國際能源的價格，並對各國社會與經濟造成衝擊。此外，使用石化能源會排放出大量氣體廢物，其中二氧化碳因會吸收輻射使環境溫度提升而被稱為溫室氣體，過去 20 年大氣二氧化碳濃度已提升 20%至 $384\mu\text{mol mol}^{-1}$ ，並預計於 2050 年達到 $550\mu\text{mol mol}^{-1}$ (Prentice et al., 2001)，二氧化碳濃度上升除造成全球暖化外，同時也影響作物的生育與產量。有鑑於氣候變遷的影響以及環保意識抬頭，近年來永續的概念逐漸興起，尋找可靠的替代能源成為首要之務(Lund, 2007)。生質能源因具有可再生性而被受到重視，此外能源作物能將排放至大氣中二氧化碳重新固定，有助於減緩溫室效應。麻瘋樹 (*Jatropha curcas* L.) 為能源作物，可生產生質柴油，因具有經濟與生態上的效益，聯合國認為種植麻瘋樹可改善或增進第三世界地區人民的福祉，並建議列為碳吸存造林樹種，是公認最具潛力的能源作物。(Contran et al., 2013; Brittain and Lutaladio, 2010; Trabucco et al., 2010)

台灣為能源進口國，約 98%的能源由外國進口(經濟部能源局，2013)，石化能源價格波動對工業及民生影響頗鉅，生質能源的使用有助於降低對石油的依賴。台灣每年有 22 萬公頃的田地進行休耕，每年農委會花費大量預算補助休耕，若能將部分休耕地活化栽植能源作物，可降低石油進口與降低對石化能源依賴，減少休耕地與活化田地，增加農民收益與減少政府財政支出。此外台灣有許多受到污染的土地，麻瘋樹可耐受環境逆境並可具有累積及清除污染物之能力，可以種植在重金屬污染或鹽化之土地，具有應用於污染地之復育的價值(Jamil et al., 2009)。

麻瘋樹為新興能源作物，過去未有大規模經濟栽培的經驗，近年來隨著生質



能源發展的需求，癩瘋樹栽培面積不斷擴大，然而；大規模栽培的栽培及管理技術仍有待發展及建立(Sahoo et al., 2009)。作物生育過程中，雜草會與作物競爭養分並影響作物產量(Swinton et al., 1994)，癩瘋樹栽培初期須對田間雜草進行管理，以避免影響植株的發育與生長，成樹之癩瘋樹可長高至 2-5 公尺。但雜草的生長也會與癩瘋樹競爭養分，影響子實的產量，因此雜草管理為癩瘋樹栽培上的重要課題。施用除草劑可以避免雜草對癩瘋樹生長造成競爭，此外，為了減少癩瘋樹栽培上的投入，不整地栽培為可行的栽培制度，但也需要除草劑清除前作作物及雜草，選擇適當的除草劑類型可以減少施用量，以及避免對癩瘋樹及環境造成影響；然而，目前為止台灣仍未有應用癩瘋樹雜草管理之除草劑推薦，因此有必要了解不同除草劑對癩瘋樹對癩瘋樹之藥害反應，以推薦適用於癩瘋樹栽培管理之除草劑。

本研究目標針對不同癩瘋樹樹栽培管理制度推薦適合的除草劑，分別於癩瘋樹萌前與萌後處理不同除草劑，了解除草劑對於癩瘋樹造成的藥害反應與光生理指標，以及實際噴施除草劑於田間對於癩瘋樹以及間作作物的影響，以期建立正確的癩瘋樹雜草管理制度以應用在癩瘋樹栽培管理中。

第二章、前人研究



2.1 痲瘋樹介紹

2.1.1 痲瘋樹生物學特徵

痲瘋樹學名 *Jatropha curcas* L.，為大戟科(Euphorbiaceae)、巴豆亞科(Crotonoideae)、痲瘋樹屬(*Jatropha*)，落葉灌木或小喬木，具有不同俗名如痲瘋樹、亮桐、假白欖、油桐樹、南洋油桐、青桐子、小桐子等。原產熱帶美洲，今廣泛分佈在亞、非熱帶及亞熱帶地區。少有病害與蟲害，可生長於雨量 200 mm 至 1500 mm 的地區(Openshaw, 2000)。

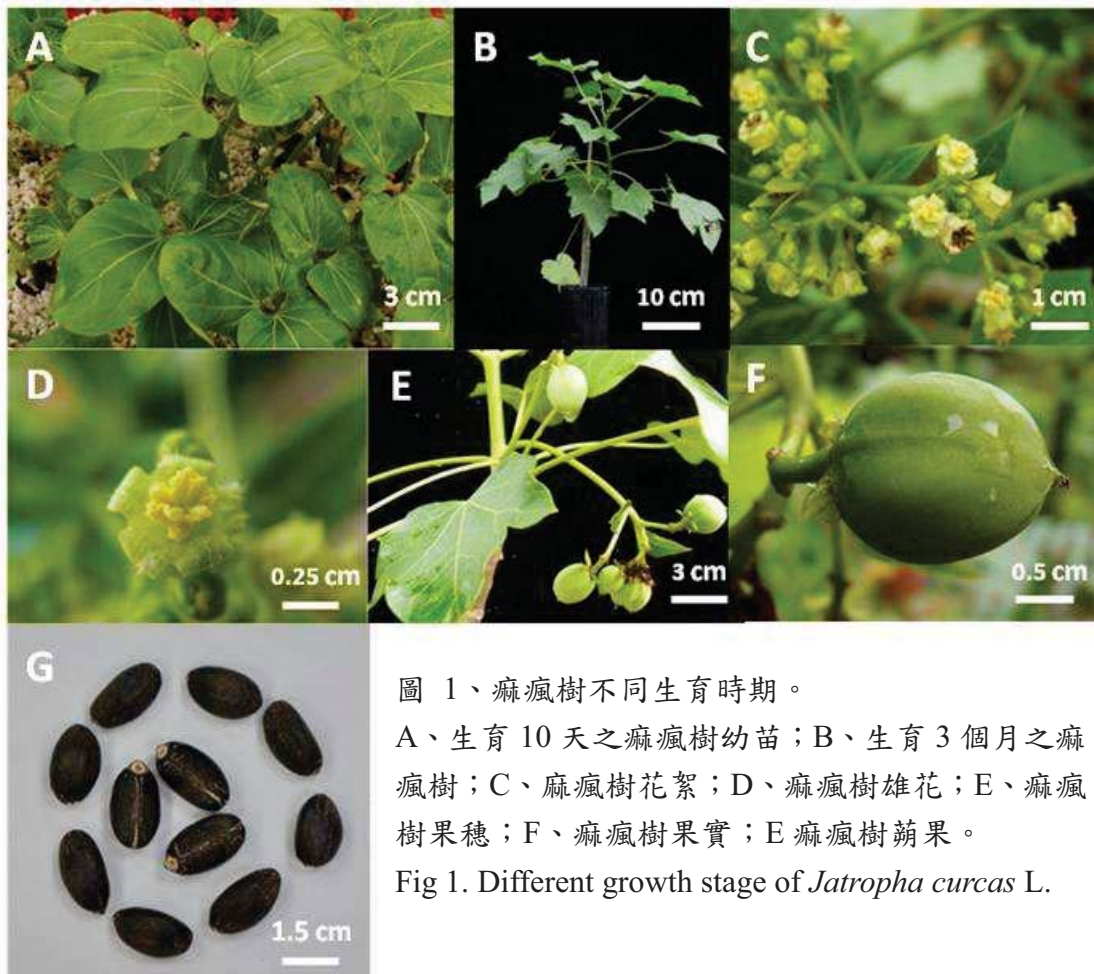



圖 1、痲瘋樹不同生育時期。

A、生育 10 天之痲瘋樹幼苗；B、生育 3 個月之痲瘋樹；C、痲瘋樹花絮；D、痲瘋樹雄花；E、痲瘋樹果穗；F、痲瘋樹果實；E 痲瘋樹蒴果。

Fig 1. Different growth stage of *Jatropha curcas* L.



癩瘋樹屬熱帶作物，生長快速，樹高 2-5 公尺；單葉互生、葉為闊心型、先端尖銳、葉長 10-15 公分、寬 12-18 公分、具有長柄；全緣或 3-5 緣淺裂、葉無毛、掌狀葉脈 5-7 條；枝幹粗、樹皮光滑呈灰白色、具凸起葉痕、無毛、會分泌白色乳汁；單性花、雌雄同株、聚繖花序腋生或頂生，花細小呈白色或淡綠色；雄花上部花梗有節雌花則無，具花瓣及萼片各五片；雄蕊 10 枚雌蕊 12 枚，子房 2~4 室，雌雄花比例約為 1:10；癩瘋樹果實為蒴果、呈橢圓形、色呈黃色、長 3-3.5 公分，果實成熟後不會從樹上脫落，乾燥後自動開裂，內有種子 2-3 顆，成熟種子外表平滑呈黑色，長約 1.6 至 2 公分、寬約 1 公分，乾燥果實每千粒重約 600-800 克(Kaushik et al., 2007; Kumar et al., 2011；何等人，2010；劉等人，2012；應，1993)，種子含油 30%~60%(Pramanik, 2003)，利用種子直播至產果約需一至三年，產果生產壽命可長達 40-50 年，每公頃產量 0.5-12 公噸(Kumar et al., 2011)，配合修剪技術一年可採收 2-3 次果實。癩瘋樹種子無休眠性，未經儲藏的癩瘋樹種子發芽率可達 80%，在 30°C 的發芽環境下，癩瘋樹種子於播種後 3 天後開始萌芽，播種後 5 天出土(蘭等人，2007)。性喜光，根系發達可耐乾旱，能在貧瘠的土地生長。

2.1.2 癩瘋樹應用價值

癩瘋樹為油料作物，耐乾旱與貧瘠，並具有水土保持、提供生物棲息等生態功能之綠化作物，可作為防風林以及圍籬使用。癩瘋樹種子含高油份而具工業利用價值，癩瘋樹子實油主要成份為：棕櫚酸(14-15%)、硬脂酸(3.7-9.8%)、油酸(34-45%)、亞油酸(29-44%)等(Berchmans and Hirata, 2008)。近年來已有大量研究報導癩瘋樹子實油加工的工藝(Koh and Ghazi, 2011)，癩瘋樹子實油可用於油漆、潤滑油、肥皂等產品製造，並可作為燃料與照明用途(高與鐘，2011)。子實油經過加工後可生產脂肪酸酯以應用於生質柴油之使用(Berchmans and Hirata, 2008)，榨油後的癩瘋樹粕經過脫毒後可作為飼料使用(Wang, 2011)，經發酵後的癩瘋樹粕也可以做為肥料使用(Kumar and Sharma, 2008)。此外，產油後的癩瘋樹也可取其纖維

來製造酒精(Evan et al., 2011)。



癩瘋樹全株有毒以避免動物與昆蟲的啃食。在非洲與拉丁美洲國家癩瘋樹可做為民俗用藥，癩瘋樹葉治療虐疾、風濕、發炎、根用於治療肺炎、梅毒等疾病，除此之外，在非洲種子可作驅蟲劑及瀉藥，葉可做止血劑 (Gübitz et al., 1999)，日本治台時期已有記錄使用癩瘋樹作為藥用植物(嚴，2005)，近年來在癩瘋樹全株及種子中皆發現大量的蛋白質、黃酮類、萜類、生物鹼等活性物質(林等，2004)，並發現具有抗病、抗腫瘤、抗菌、抗蟲等功能(Adebowale and Adedire, 2006; Sabandar et al., 2013)，顯示癩瘋樹具有開發做為醫藥、生物農藥、生物殺草劑等用途的價值。

2.1.3 癩瘋樹應用於植生復育

癩瘋樹屬於大戟科，目前已知多種大戟科植物具有蓄積或清除污染物的能力如(表 1)，並且因癩瘋樹對環境耐受性強，可種植於貧瘠及待復育的土地，顯示癩瘋樹應用在植生復育的潛力。

表 1、不同大戟科植物對重金屬的累積能力。

Table 1. Heavy metal accumulate ability of different species of the Euphorbiaceae family.

Species	Heavy Metals	Parts	Metal Accumulation	References
			---mg kg ⁻¹ ---	
<i>Euphorbia cheiradenia</i>	Pb	Shoot	1183	Chehregani et al., 2007
<i>Euphorbia cheiradenia</i>	Zn	Shoot	1803	
<i>Ricinus communis</i>	Pb	Root	600-25000	Romeiro et al., 2006
<i>Euphorbia helenae</i>	Ni	Leaf	6710-15500	Reeves et al., 1996
<i>Leucocroton linearifolius</i>	Ni	Leaf	13000-27000	
<i>Leucocroton avicans</i>	Ni	Shoot	30900	
<i>Phyllanthus pallidus</i>	Ni	Leaf	28400	Berazaín et al., 2007
<i>Euphorbia macroclada</i>	Zn	Shoot	452	Sasmaza et al., 2009
<i>Euphorbia macroclada</i>	Zn	Leaf	243	
<i>Euphorbia macroclada</i>	Pb	Shoot	1138	Mohsenzadeh et al., 2011

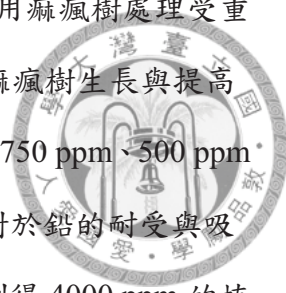
植生復育(Phytoremediation)為利用植物或微生物本身清除環境中汙染物質的方法。利用植物將汙染物質吸收至植體內儲存、轉化為無害物質、黏附或吸附於根、或促進微生物轉化汙染物質(Ali et al., 2013)。相較於傳統復育法，植生復育適合應用於大面積、中低汙染濃度土壤。依農委會統計資料台灣地區第4級農地汙染面積約5萬公頃，第5級農地汙染面積約790公頃，這些土地不適合食用作物生產，若將麻瘋樹應用於汙染地的復育，利用麻瘋樹具有的利基點如生長快速、高生質量累積、豐富的根系、對於逆境耐受性高、具經濟效益等，則可在汙染地復育的同時，兼具生產生質柴油的功能，以提供農民基本的收益。

表 2、植生復育的機制。

Table 2. Mechanism of phytoremediation

方法	內容
植物萃取法(Phytoextraction)	將汙染物質累積在可收穫部位，例如植物莖部與葉部。
植物穩定法(Phytostabilization)	利用植物限制土壤中汙染物質的移動性與生物可利用性。
根部濾除法(Phytofiltration)	利用植物根部吸收水中汙染物質。
植物根圈微生物降解(Rhizodegradation)	透過植物根圈微生物將汙染物質分解。
植物揮發(Phytovolatilization)	植物吸收汙染物質之後，將之轉化成可揮發之物質，並由氣孔釋放至大氣。

近年來已有多篇研究說明麻瘋樹吸收與清除土壤汙染物的能力，此外，適當的栽培管理可促進麻瘋樹的生長與清除汙染物的能力。Mangkoedihardjo and Surahmaida (2008)以盆栽試驗測試麻瘋樹清除土壤重金屬的能力，以鉛或鎘含量達50 ppm的土壤種植麻瘋樹，分別於種植後130及100天可移除土壤中50%之重金屬；Mangkoedihardjo et al. (2008)則以六價鉻濃度70 ppm的土壤進行試驗，種植麻



瘋樹 42 天後可移除土壤中 50% 六價鉻。Kumar et al. (2008) 則利用瘋瘋樹處理受重金屬污染的土地，結果顯示土壤添加乳漿廢液與固氮菌可促進瘋瘋樹生長與提高瘋瘋樹對於重金屬的耐受性，對於砷、鉻、鋅耐受濃度分別可達 750 ppm、500 ppm 以及 4000 ppm。Shu et al. (2012) 則測試瘋瘋樹種子苗與扦插枝對於鉛的耐受與吸收能力，在 800 ppm 的處理濃度下，於瘋瘋樹扦插枝根部可以測得 4000 ppm 的植體鉛含量。除了清除土壤中重金屬外，瘋瘋樹同時可應用於清除土壤中的有機化合物，在 2% 潤滑油污染的土壤上種植瘋瘋樹並且施以酒糟作為肥料，於 180 天後可清除土壤中 89% 的潤滑油 (Agamuthu *et al.*, 2010)。Abhilash et al. (2013) 則將瘋瘋樹種植於六氯環己烷污染的土壤，300 天後可清除土壤中 28% 的六氯環己烷。目前已有研究報導瘋瘋樹可應用於遭燃煤飛灰、尾礦或廢木屑所造成污染區域之植生復育工程 (Majid et al., 2012; Wu et al., 2011)。此外，在污染地的瘋瘋樹栽培管理上，若是能施與土壤添加物（如活性污泥與乳漿廢液）並輔以生物肥料，可以幫助瘋瘋樹維持生長勢與吸收重金屬，達到植生復育的功能 (Yadav et al., 2009)。

2.1.4 瘋瘋樹栽培現況

FAO 認為瘋瘋樹栽培具有下列優點：1、為高品質的油源，可用於製作生質柴油供柴油引擎的使用；2、瘋瘋樹生長快速，栽種後不久即可產果，果實耐儲存可於偏遠地區栽培；3、對環境適應力強，可栽種於非糧食耕作地，因此將瘋瘋樹推薦為適合落後國家栽種的能源作物 (Brittaine R and Lutaladio, 2010)。

近年來政府組織、企業、農民紛紛投入瘋瘋樹的生產與栽培，2008 年 FAO 估計世界瘋瘋樹栽培面積為 90 萬公頃，其中栽種於亞洲 76 萬公頃、非洲 12 萬公頃、拉丁美洲 2 萬公頃，並預計於 2015 年全球栽培面積可達 1280 萬公頃 (Brittaine and Lutaladio, 2010)。許多國家大力推廣栽植瘋瘋樹以期作為替代能源的來源，如非洲國家：衣索比亞、莫三比克、塞內加爾、甘比亞，拉丁美洲國家：巴西、宏都拉斯、

貝里斯及亞洲國家印度、菲律賓、印尼、中國等(Ouwens et al., 2007)。


中國於十一五計劃中將麻瘋樹列入農林生物質工程重大項目，目前中國木本能源作物栽培面積達 600 萬公頃，2006-2010 期間中國能源作物增加面積達 89 萬公頃，其中麻瘋樹栽培面積佔 35.6% (Li et al., 2012)。中國麻瘋樹摘陪主要以南方為主，廣東、廣西、雲南、福建、四川、海南等省份中自然生長或人工栽培，並且在中部及南部小面積試驗栽培(Liu et al., 2012)。麻瘋樹為印度政府大力推廣的能源作物，並於能源計畫中規劃利用 40 萬公頃的荒地種植麻瘋樹，並預計於 2017 年達成以生質能源替代 20% 的能源需求(Kumar et al., 2012)。巴西為生質能源生產大國，麻瘋樹為政府推廣的能源作物，2010 栽培面積為 4 萬公頃(Robert and Jennifer, 2010)。印尼政府則預計在 2015 年達到 300 萬公頃的栽培面積(Silitonga et al., 2011)。

麻瘋樹非台灣原生物種。麻瘋樹的引進可追溯至荷蘭時代，目前已適應台灣氣候並在野外可見野生麻瘋樹的生長。台灣麻瘋樹栽培多為零星種植，目前未有大量面積的栽培，於台灣中南部有較廣泛的栽植(應，1993)。

2.2 麻瘋樹栽培管理


2.2.1 麻瘋樹栽培

麻瘋樹是一種未馴化的野生作物，儘管世界各地麻瘋樹遺傳背景差異不大，外表性狀卻顯示極大的差異，顯示栽培環境會影響麻瘋樹生長與產量(Singh et al., 2010)，因此適當的栽培管理有助於提升麻瘋樹產量，然而，對於麻瘋樹生長的適應性以及栽培的農藝特性如施肥反應、病蟲害抗(耐)性仍有待研究。



在國外癩瘋樹栽培已有完整的栽培制度可供推薦，因此參考宏都拉斯農業研究基金會所編製的癩瘋樹栽培手冊對癩瘋樹的栽培管理進行介紹(Bartoli, 2008)。栽種癩瘋樹可利用種子點播造林也可使用枝條扦插繁殖。以種子繁殖時，使用採收後三個月內，大於 1.7 公分的種子為佳，隨儲藏時間增加種子活性會快速下降。當種子發芽率高於 80%時，可採行育苗或田間直播的方式栽培，當發芽率低於 80%則建議採行育苗方式以提高癩瘋樹苗的供給。癩瘋樹不耐淹水，育苗應採用排水良好的介質，1.2 公尺 X 2 公尺的苗盤即可供應一公頃所需之種苗。種子於育苗後 7 天發芽，15~20 天左右即可移植，第一片真葉展開時則為最適當的移植時機。育成之癩瘋樹苗可移至 6 X 7、7 X 8 吋育苗袋栽培 20~60 天，每 15 天施用尿素(7.4 g L^{-1})，栽培過程需適當遮陰，並須注意病蟲害的發生。利用扦插苗繁殖最適當時機為春、夏季節，取超過一公尺的枝條，去除葉片與枝條，將底端約 10~15 公分枝條埋入土壤，並置於陰涼且潮濕的環境，靜待癩瘋樹發根發葉。癩瘋樹種植可以採取田間直播、育苗、扦插等方式栽培，但文獻中指出採取育苗移植方式為佳。

田區為栽種癩瘋樹，需經整地作畦以防止淹水，畦溝深 50~80 公分，直播時將種子埋入土壤約 3 公分深，行株距採行 2 公尺 X 2 公尺 至 3 公尺 X 2 公尺，每公頃推薦栽種株樹為 1,666~2,500 株，若需間作其他作物，可採取 1 公尺 X 5 公尺至 1 公尺 X 6 公尺的方式栽培。肥培管理部分，每公頃氮磷鉀推薦施肥量為 40-20-40 公斤；此外，癩瘋樹根在 pH 值低於 4.8 的土壤會受到抑制，施用生石灰可以改善癩瘋樹生長。儘管癩瘋樹可以忍受乾旱，適當的灌溉可以大幅提升癩瘋樹的產量，而在低溫乾旱的環境下會嚴重影響產量。田間雜草管理在第一年最為重要，每三個月執行雜草防除，並將雜草以手拔或使用除草劑的方式移除，第二年則可利用機器除草方式清除。癩瘋樹能抵抗病蟲害，但仍須適當的病蟲害防治以降低對癩瘋樹栽培的影響，病害以炭疽病、白粉病、銹病、灰霉病、葉斑病、根腐病等為主，蟲害則有榆潛蛾黑絨金龜、球菜葉蛾、油桐尺蠖、白蚊、烏白蚱、七星盾背椿、花金龜、三點粗腳葉蛾及蜘蛛等。




台灣野外可見癡瘋樹蹤跡，並有小規模栽培，但應用於台灣癡瘋樹栽培管理的報告並不多，楊和陳(2008)於苗栗種植癡瘋樹，探討在台灣栽培癡瘋樹對於育苗、移植及結果率的影響，結果顯示種子的發芽率、移植率、結果率分別為 80%、94%、21%，單株結果數量為 3-19 顆，與國外種植結果一致。賈(2009)則比較亞洲及台灣七種不同地區之癡瘋樹繁殖與生育情形，以台灣台東種源具有最高與最穩定的生產量。施和游(2010)則報導台灣癡瘋樹病蟲害的發生情況，病害有白粉病、炭疽病和褐根腐病等與蟲台灣黃毒蛾與東方果實蠅等，大部分病蟲害皆為零星發生，未有重大危害。以上結果初步顯示台灣適合癡瘋樹生長與栽培，但仍須進一步的研究來找出適合台灣的栽培管理模式。

目前癡瘋樹栽培上產量仍是不穩定的，為提供農民穩定收益，可以癡瘋樹栽培過程中間作其他作物以提高土地的利用(Puente-Rodríguez, 2010；Green, 2009)。癡瘋樹栽培中癡瘋樹成林前三年為適合間作的時機，植株尚且幼小時間作其他作物，以提供產果前農民的收益。此外台灣冬季癡瘋樹會落葉，光線可直達地表，此時可間作小麥、玉米等作物，提供短期收益以及避免雜草增加，此外間作豆科植物可提供有機質與氮素供癡瘋樹生長利用。

2.2.2 雜草管理

在許多影響作物生產力的生物性及非生物性因素中，雜草競爭亦是需關注的重點(Ghersa et al., 2000)。新植苗木生長過程中，易受雜草壓抑生長，幼苗初期生長緩慢，常無法與雜草競爭而遭覆蓋導致生長不良甚至枯死。冬季低溫休眠期，癡瘋樹整株落葉，亦造成地面雜草開始生長，此外田間雜草亦會成為病蟲害的中間宿主，而成為病蟲害發生的溫床(蔣和蔣，2002)。因此，在人力成本及除草效率的考量下，仍需使用除草劑於田間雜草管理(蔣，2002)。



目前市售除草劑有許多類型，針對雜草之生育期，除草劑依作用機制不同可以分為萌前(pre-emergence)與萌後(post-emergence)除草劑(蔣與蔣，2008a)，抑制雜草種子發芽，或抑制成株雜草之生長。針對作物不同的栽培時期，除草劑的使用時機可分為：1、植前處理 (pre-planting)：於作物整地播種前施用；2、萌前處理 (pre-emergence)：於作物種子播種後至萌芽前施用；3、萌後處理(post-emergence)：作物種子萌芽後施用。一般栽培以萌前噴施除草劑對雜草防除效果最佳，同時避免雜草對作物競爭(蕭等人，2003)。除草劑因作用機制與使用時機的不同，可分為選擇性除草劑與非選擇性除草劑。選擇性除草劑能達到防除雜草的目的，但卻不會對作物本身造成傷害。非選擇性除草劑則會抑制所有植物的生長，但適當的使用非選擇性除草劑可以達到選擇性除草的效果(邱，1995)，因此選擇適當的除草劑有助於雜草管理以及降低對作物的影響。

依據蔣和蔣(2006)的分類方式，常見除草劑依照不同的作用機制可以區分為七大類：生長調節型除草劑、胺基酸合成抑制劑、脂質合成抑制劑、幼苗生長抑制劑、光合作用抑制劑、細胞膜破壞劑及色素生合成抑制劑。以下依化學性質與作用機制介紹本實驗施用除草劑。

生長調節劑型除草劑

此類除草劑以人工合成生長激素為主，主要用於防除闊葉雜草。二，四-地(2,4-D)與三氯比 (triclopyr)同屬 Phenoxy-carboxylic acids 類除草劑，快克草 (quinclorac)則屬 Quinoline carboxylic acids 類除草劑，皆為萌後除草劑。作用機制似類似吲哚乙酸，會干擾植物體內荷爾蒙調控與蛋白質形成。此外，快克草會影響禾本科植物細胞壁合成。

胺基酸合成抑制劑

此類除草劑主要功能為抑制植物體胺基酸的合成，依抑制胺基酸合成機制的不同共分為支鏈胺基酸合成抑制劑(Branch chain amino acid synthesis inhibitors) 和芳香族胺基酸合成抑制劑(Aromatic amino acid synthesis inhibitors) 兩大類，百速隆(pyrazosulfuron-ethyl)屬支鏈胺基酸合成抑制劑中 Sulfonylureas 類除草劑，抑制植物細胞內 Acetolactase synthase (ALS) 酵素活性，影響纈胺酸、白胺酸、異白胺酸之合成。嘉磷塞(glyphosate)屬芳香族胺基酸合成抑制劑中 Glycines 類除草劑，主要抑制細胞 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS)酵素的活性，影響苯丙氨酸(phenylalanine)、色氨酸(tryptophan) 及酪氨酸(tyrosine)之生成

脂質合成抑制劑

此類除草劑主要機制為抑制脂肪酸合成之關鍵酵素活性，同時破壞細胞膜系完整性，並且影響禾本科植物分生組織之生長。伏寄普 (fluazifop-butyl) 屬 Aryloxyphenoxypropionates 類除草劑，主要機制為抑制植物細胞內 Acetyl-CoA carboxylase (ACCase) 酵素活性，破壞細胞膜系完整性。

幼苗生長抑制劑

此類除草劑依作用機制不同分為芽抑制劑與根抑制劑，抑制蛋白質、脂質及勃激素(GAs)之合成，並干擾細胞發育。施得圃(pendimethalin)與撻乃安(dinitramine) 屬 Dinitroanilines 類除草劑，作用機制為抑制與干擾細胞維管的聚合與形成。拉草(alachlor)、丁基拉草(butachlor)、左旋莫多草 (s-metolachlor)與滅草胺 (metazachlor) 同屬 Chloroacetamides 類除草劑，為萌前除草劑，與 acetyl CoA 結合並蛋白質合成；另外，滅草胺可控制一年生禾草及闊雜草。

光合作用抑制劑

此類除草劑可細分為可移動型與不可移動型除草劑。草脫淨 (atrazine)屬可移動型 triazine 類除草劑，主要抑制光合作用電子傳遞系統中 D1 protein，干擾光合

作用電子傳遞，產生自由基並影響膜的穩定。達有龍 (diuron) 屬 Ureas 類除草劑、滅必淨(metribuzin) 屬可移動型 Triazinones 類除草劑，為萌後除草劑，阻斷光合作用 PS II 電子傳遞，降低光合作用效率。本達隆(bentazon) 屬不可移動 Benzothiadiazinone 類除草劑，為萌後施用除草劑，其功能為阻斷光合作用 PS II 電子傳遞，降低光合作用效率。



細胞膜破壞劑

此類除草劑作用機制主要為影響細胞膜穩定性。樂滅草(oxadiazon) 屬 Oxadiazoles 類除草劑、復祿芬(oxyfluorfen)屬 Diphenylethers 類除草劑，作用機制為抑制與葉綠素合成有關之 polyphenol oxidase (PPO) 酵素活性，導致 Protoporphyrin IX (Proto IX) 累積，產生活化氧族並破壞細胞膜，引起細胞質滲漏。固殺草(glufosinate) 屬 Phosphorylated amino acids 類除草劑，為氮代謝抑制劑，主要降低 glutamine synthetase (GS) 酵素活性，影響胺基酸的合成，並且使植物細胞累積氮並產生毒害。

慣行農法下，針對田區尖葉雜草或闊葉雜草，皆有多種萌前、萌後的選擇性除草劑可供選擇使用，惟這些除草劑是否會對於癩瘋樹植株造成傷害，仍須進行試驗研究以篩選出適合使用之除草劑。目前已有數篇研究說明除草劑對癩瘋樹的生長影響。張等人(2008)測試五種除草劑對癩瘋樹苗田雜草清除的效果，以巴拉刈防除田間雜草效果最佳，癩瘋樹萌前除草劑中復祿芬及施得圃可作為選擇性除草劑使用(Rocha 2010 et al., 2010)，萌後除草劑的試驗中復祿芬施用初期對於癩瘋樹幼苗造成傷害，但於施用後期癩瘋樹幼苗完全恢復其生長勢(Gonçalves et al., 2009)，施用非選擇性除草劑嘉磷塞則對於癩瘋樹會造成嚴重的藥害(Costa et al., 2009)，Gonçalves et al. (2011)則對癩瘋樹處理萌後除草劑嘉磷塞、伏寄普與二，四-地，三種除草劑處理中以嘉磷塞與伏寄普在低劑量處理下對於雜草與癩瘋樹具有完全選擇性，而高劑量嘉磷塞及二，四-地處理則會對癩瘋樹生長發育產生影響。

儘管前人研究推薦了數種除草劑供麻瘋樹栽培使用，為了搭配不同的間作作物以及選擇性防除不同雜草，目前的推薦仍是不足的。因此仍需進行研究以了解適用以了解不同栽培環境、栽培作物生育時期與間作作物種類下可使用之除草劑，以利針對不同栽培管理制度推薦適用之除草劑。



2.2.3 光生理指標

儘管藥劑的選擇可達成對於作物與雜草的選擇性防除，但由於作用機制、施用劑量錯誤、混合噴施、藥物擴散等因素也會造成作物本身的藥害(蔣和蔣, 2002)。而藥害可能與病蟲害、營養元素不平衡或環境因素等原因而錯失判斷的關鍵時刻，以至於植株的損害與死亡。因此，快速與正確的判讀藥害可以作為栽培管理的重要依據。

依據除草劑作用機制的不同，會直接或間接影響植物光合反應造成光合作用電子傳遞鍊的破壞、葉綠素的降解以及植物生化合成與代謝(Drabber et al., 1991)，並對植物造成生長逆境。植物在遭受逆境的同時，除了顯現於外表之徵狀外，在葉片反射光譜上亦有相對應的變化，如可見光與近紅外光 (Peñuelas and Filella, 1998)、光化學反射指數(Garbulsky et al., 2011)。此外，葉片之葉綠素螢光 (chlorophyll fluorescence) 亦可反應植株當時的生理狀態(Kooten and Snel, 1990)。這類反應可藉由儀器的輔助而測得其變化，並且已廣泛應用於許多領域。上述反應方式在此統稱為「光生理指標」(photophysiological index)，其優點在於是非破壞性測量，並且為即時資料，在實際監測植物生長上具應用價值；並且已有輕便的儀器可供使用(Uddling et al., 2007)，供田間快速檢測作物的生理狀況，提供精準的數值以供使用者參考。

2.2.4 癩瘋樹相剋作用

1832 年瑞士生化學家 De Candolle 提出作物的根泌物質會對產量造成影響，說明植物間具有交互作用並會影響彼此生長。隨著對植物生長代謝的了解，Rice(1984)把相剋作用(Allelopathy)定義為植物將其化學物質釋放至環境以對鄰近植物造成影響。而周與許(1991)定義植物藉分泌代謝物質以抑制植物本身與相鄰作物造成影響，近年來研究發現許多作物會分泌抑制物質影響周圍植物的生長，如苜蓿、水稻、高粱、玉米、小麥、大麥、黑麥、燕麥 (Belz, 2007; Maldonado, 2001; Olofsdotter, 1999; Wu et al., 2001)，這些物質可抑制雜草生長以提供作物生長的優勢。

癩瘋樹為新興作物，因此與間作作物間的效應以及栽培管理的資訊仍是較為缺乏。癩瘋樹全株有毒，對於動物的影響已有廣泛的研究，然而對於癩瘋樹除草活性及對間作作物的影響仍是有待研究。目前已知癩瘋樹可能對周圍植物造成生長影響。Li et al. (2009)以不同溶劑萃取癩瘋樹果殼及葉部，發現以水萃液抑制效果最佳，處理 0.01 g ml^{-1} 水萃液對胡蘿蔔、莧、蘇丹草和黑麥草幼苗生長抑制達 80%。其他研究報導癩瘋樹葉水萃液可以對玉米、番茄、菜豆、秋葵、紫花苜蓿、多年生黑麥草、白三葉、高羊茅等種子萌芽及生長抑制(Abugre and Sam, 2010; 王, 2012)。Ma et al. (2011)發現癩瘋樹根泌液及植體水萃液可對玉米及菸草幼苗生長造成抑制，分析癩瘋樹有效成分發現杜鵑花酸(azelaic acid)可能是癩瘋樹相剋化合物。了解癩瘋樹相剋作用可幫助推薦合適之癩瘋樹間作作物，應用於癩瘋樹雜草管理與控制，以及評估癩瘋樹林復耕一般作物時所可能造成的影響。

2.2.5 不整地栽培

傳統耕作法下於作物種植之前會進行田區整地與耕犁，目的為清除地表之雜草與作物殘株、使土壤疏鬆以及避免病蟲害的發生，然而整地工作除了耗費人力

外，也會破壞土壤表層結構造成土表蒸散量增加以及雨水對土壤的侵蝕，考量到資源的投入以及對環境的影響，保育耕作(conservation tillage)的概念漸漸受到重視 (Soane et al., 2012)。



現今許多國家積極推廣保育耕作的栽培技術。保育耕作法包含不整地(no-till)、最少耕作(minimum tillage) 及低整地(reduced tillage)等栽培法，這些方法對於田區不整地或低整地，並利用前期作後的作物與雜草的殘體敷蓋田地表面，可節省整地所需之人力物力、降低雜草管理之費用、降低土壤水分散失速率以及減少雨水侵蝕土表，以及維持土壤構造維護土壤永續生產力。透過保育耕作可以降低作物的生產成本，這種耕作方式優點很多，因此在台灣近年逐漸受農民採用。

近年來台灣因為農村老化、農村勞力外移等因素，降低生產成本成為提升農業競爭力的重要目標，低整地或不整地栽培因而受到重視。台灣作物栽培制度中，會於期作中間短暫種植其他作物，如秋冬裡作會短暫種植經濟作物如玉米、小麥、大豆、紅豆、毛豆，這些裡作作物都有報導採用不整地或低整地的方式栽培，也具有良的成效(侯與林，1984；邱與蔡，2002；郭等人，1988)，癩瘋樹栽培若能採用不整地耕作制度，可以降低人力及物力的投入，節省建林初期的費用。

作物栽培採用不整地栽培可能面臨嚴重的雜草問題，或是前後期收穫後於田間無適當的殘體可供敷蓋土表。因此於前後作物栽種之間種植覆蓋作物，可避免雜草叢生及提供覆蓋物，如利用綠肥作物作為覆蓋作物則可提供土壤氮素，減少肥料用量(Weston, 1990)，同時抑制雜草生長減少除草劑施用量及雜草管理成本 (Galloway and Weston, 1996 ; Yenish et al., 1996)。

第三章、材料與方法



3.1 痲瘋樹萌前除草劑篩選與生物檢定

本實驗目的篩選適用於痲瘋樹萌前雜草管理之除草劑，以不同類型除草劑處理盆栽種植之痲瘋樹種子，觀察痲瘋樹種子的發芽率以及藥害反應。由其中選出四種除草劑:拉草、草脫淨、施得圃、百速隆進行痲瘋樹種子生物檢定，觀察胚根及胚軸之劑量反應。

3.1.1 痲瘋樹萌前除草劑篩選

參試藥劑

參試除草劑為市售之藥劑，進行測試藥劑(如表 3)分別為:六種常用萌前除草劑拉草:(alachlor) 41.5%乳劑、草脫淨 (atrazine) 50%可濕性粉劑、丁基拉草 (butachlor) 58.8%乳劑、達有龍 (diuron) 80%可濕性粉劑、滅必淨 (metribuzin) 70%可濕性粉劑、施得圃 (pendimethalin) 34%乳劑。以及常用萌後除草劑為二，四-地 (2,4-D) 80%水溶性粉劑、本達隆 (bentazon) 44.1%溶液、伏寄普 (fluazifop-butyl) 17.5%乳劑、固殺草 (glufosinate) 13.5%溶液、嘉磷塞 (glyphosate) 41%溶液、三氯比 (triclopyr) 61.6%乳劑，滅草胺 (metazachlor) 43.1%水懸劑、快克草

(Quinclorac) 50%可濕性粉劑、百速隆 (pyrazosulfuron-ethyl) 10%可濕性粉劑、樂滅草 (oxadiazon) 12%乳劑、復祿芬 (Oxyfluorfen) 23.5%乳劑、左旋莫多草 (S-metolachlor) 87.3%乳劑、捷乃安(dinitramine) 25%乳劑。以植物保護手冊常用的田間推薦量為基準量(X)(表 5)。實際操作時依各藥劑標準推薦稀釋倍數加水，每一處理 3 重覆。

試驗條件與方法

本實驗於台大四號館溫網室內進行，癩瘋樹種子經消毒後種植於塑膠盆鉢(直徑約 7 cm、高約 11 cm)，栽培介質為取自台大附設農場之田土。



植物材料噴施各項藥劑，施藥時以手提式高壓碳瓶噴霧器，型號 LF-2 80° 之 Hollow-Cone Nozzles 噴嘴，在壓力 2.1 kg cm^{-2} 下，速度為 0.22 m s^{-1} ，稀釋水量為 600 L ha^{-1} ，將藥液分別均勻噴施土表，噴施藥劑後以灑水系統定期噴水。

於施藥後 14 天測量癩瘋樹種子發芽率，結果以統計軟體 SAS 9.1 程式做統計分析 (SAS Institute, 1999)，以 Duncan 新多變域測驗法比較各因子內之均值差異，顯著水準定為 5%。

3.1.2 生物檢定—癩瘋樹種子胚根伸長之劑量反應

植物材料種植

種子經消毒後種植於塑膠盆鉢(直徑約 7 cm、高約 11 cm)，栽培介質為珍珠石，盆底放置水盤以維持濕度，置於生長箱(Chang-Kuang, CK-68S)中四天，生長箱條件為 30°C 16 小時 25°C 8 小時，等待癩瘋樹種子發芽以供生物檢定使用。

參試藥劑

參試除草劑為市售之藥劑，進行測試藥劑分別為:拉草 (alachlor) 41.5%乳劑、草脫淨 (atrazine) 50%可濕性粉劑、施得圃(pendimethalin) 34%乳劑、百速隆 (pyrazosulfuron-ethyl)10%可濕性粉劑。

試驗條件

試驗方法修改自(Sunderland et al., 1991)檢測硫醯尿素類除草劑活性之生物檢定方法，改以 100 ml 之燒杯，盛裝發泡煉石，放置發芽一致的癩瘋樹種子 3 顆，並加入不同濃度($0\text{-}5000 \text{ mg L}^{-1}$; 0, 0.5, 5, 50, 500, 5000 mg L^{-1})藥液 40 ml，(百速隆

增加 0.05, 0.005 mg L⁻¹ 兩組處理組)，並以石蠟模封住杯口避免水份蒸發，隨後將燒杯置放在生長箱(Chang-Kuang, CK-68S)內，生長箱條件為光照環境 30°C 16 小時；25°C 8 小時，於處理後 3 日調查各處理之胚根及下胚軸長度。試驗中各處理均為三重複。所得資料以平均值計算不同濃度藥液對胚根伸長之抑制率，抑制率計算公式為(1 - 試驗組平均生長長度/對照組平均生長長度) X 100%。並以回歸分析估算 50%胚根長度之抑制劑量。

3.2 癩瘋樹萌後除草劑篩選與藥害檢定

本實驗以不同除草劑處理癩瘋樹扦插苗，觀察並記錄癩瘋樹株高、莖徑、分枝數與葉綠素含量指數(SPAD)、常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)、光量子產值 (Quantum yield, QY) 等數值，以及癩瘋樹藥害反應，並於試驗結束時收穫癩瘋樹植株，依根、莖、葉部分別測量鮮重與乾重，以了解施用除草劑對癩瘋樹植株所造成的影響。

植物材料與種植

植物材料於台灣大學四號館網室內栽培，種子經消毒後種植於塑膠盆鉢(直徑約 7 cm、高約 11 cm)，栽培土為泥碳土：珍珠石：蛭石=2：1：2，施用緩效性肥料 (1 g pot⁻¹ year⁻¹，肥料量為 N-P₂O₅-K₂O:14-12-14)，栽培 60 天後於種子發芽之癩瘋樹幼苗中選擇癩瘋樹中~粗徑 (1~2.5 cm)、長 25-30 cm 的枝條，剔除葉片，以生根粉溶液浸泡插穗基部 (深度 2cm 左右) 12~16hr，插入深度約 6-8cm，種植於塑膠盆鉢(長寬約 9 cm、高約 35 cm) 施用緩效性肥料 (5 g pot⁻¹ year⁻¹，肥料量為 N-P₂O₅-K₂O:14-12-14) 置放於定時噴霧的扦插苗圃，20~40% 的遮蔭處理。待發根、發葉 6-8 片後為試驗材料再進行各項處理。

試驗條件

本實驗於 2012 年 8-10 月間在台大四號館溫網室內進行，植物材料噴施各項藥劑，施藥時以手提式高壓碳瓶噴霧器，型號 LF-2 80°之 Hollow-Cone Nozzles 噴嘴，在壓力 2.1 kg cm⁻² 下，速度為 0.22 m s⁻¹，稀釋水量為 600 L ha⁻¹，將藥液分別均勻噴施麻瘋樹植株上，噴施藥劑後以灑水系統定期噴水。



參試藥劑

參試除草劑為市售之藥劑，進行測試藥劑(如表 4)分別為:6 種萌前除草劑有拉草 (alachlor) 41.5%乳劑、草脫淨 (atrazine) 50%可濕性粉劑、丁基拉草(butachlor) 58.8%乳劑、達有龍 (diuron) 80%可濕性粉劑、滅必淨(metribuzin) 70%可濕性粉劑、施得圃(pendimethalin) 34%乳劑。另 6 種萌後除草劑為二，四-地 (2,4-D) 80%水溶性粉劑、本達隆 (bentazon) 44.1%溶液、伏寄普 (fluazifop-butyl) 17.5%乳劑、固殺草 (glufosinate) 13.5%溶液、嘉磷塞 (glyphosate) 41%溶液、三氯比 (triclopyr) 61.6%乳劑。以植物保護手冊常用的田間推薦量為基準量(X)，分別測試各藥劑的 X、0.5X 二種劑量噴施(表 7)。實際操作時依各藥劑標準推薦稀釋倍數加水，每一處理 3 重覆。

藥害調查

施藥後於第 8, 16, 24 及 48 天分別調查麻瘋樹株高 (cm)、莖徑、分枝數、葉綠素含量、常態化差異植生指標、光量子產值等並記錄，另於 4、8、48 天觀察並記錄麻瘋樹藥害，第 48 天採取全株，洗淨根部後，依根、莖、葉測量鮮重與乾重，以未噴藥處理者為對照組計算藥害率，結果以統計軟體 SAS 9.1 程式做統計分析 (SAS Institute)，以 Duncan 新多變域測驗法比較各因子內之均值差異，顯著水準定為 5%。

試驗相關調查分析法



1. 株高：測定莖幹到頂生葉之高度。
2. 莖徑：測量離地 1 cm 高度的莖部直徑。
3. 分枝數：計算每一植株的分枝數。
4. 葉綠素含量指數 (SPAD)：以 Konica Minolta 公司製造之 SPAD-520，取植株最上位枝條的完全展開葉之前三分之一部位測量。
5. 常態化差異植生指標(NDVI):以 Photon Systems Instruments 公司製造之 PlantPen NDVI 300 取植株最上位枝條的完全展開葉之前三分之一部位測量。
6. 光量子產值(QY)以 Photon Systems Instruments 公司製造之 PlantPen FP 取植株最上位枝條的完全展開葉之前三分之一部位測量。

3.3 痲瘋樹田間除草劑試驗

本實驗以不整地栽培法種植痲瘋樹與玉米，於種子播種後噴施除草劑混劑嘉磷賽(1.6 kg ha^{-1}) + 拉草(1.4 kg ha^{-1}) + 草脫淨(1.6 kg ha^{-1})，並測量莖葉之鮮重與乾重，以及測量葉面積以計算作物生長速率(crop growth rate, CGR)、相對生長速率(relative growth rate, RGR)以及葉面積指數 (leaf area ratio, LAR)，以了解除草劑應用於痲瘋樹田間雜草管理之影響。

植物材料與種植

本實驗於台大附設農場進行，種植前將覆蓋作物刈割，讓枯死植株敷蓋田面表土。於 2012 年 9 月 17 日利用移植鏟不整地播種 (點播)，痲瘋樹行距 2.4m，株

距 2m，播種深度 2 cm；玉米行株距 80 cm ×20 cm，每穴 1~2 粒種子，並撒施基肥。

肥培管理：本次試驗為 N-P₂O₅-K₂O 為 160-40-80，以台肥複合肥 1 號(20-5-10) 施用，基肥 40%、出土後於玉米株高 30-40 公分，條施於畦中間施 40%、其餘 20% 在雄穗初期施用。播種後隨即噴施除草劑混劑嘉磷塞+拉草+草脫淨 (1.6+1.4 +1.6 kg ai./ha)。



取樣調查

2012/9/17 田間播種，每隔 7 天測量麻瘋樹與玉米莖、葉之鮮重，並使用葉面積測定儀測定葉面積；然後分器官(葉、莖)裝入紙袋(寫上標籤)置於烘箱內，先於 55 °C 下烘至少 7 天小時(至恆重)，稱乾物重。所得資料計算下列三項指數：

1、作物生長速率(CGR):計算公式為 $CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$ (W₁ 及 W₂ 分別代表第一次和

第二次收穫之植物重量，t₁ 及 t₂ 分別為第一次和第二次收穫的時間)。

2、相對生長速率(RGR):計算公式為 $RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$ (W₁ 及 W₂ 分別代表第一次

和第二次收穫之植物重量，t₁ 及 t₂ 分別為第一次和第二次收穫的時間)。

3、葉面積指數(LAI):計算公式為 $LAI = \frac{A}{P}$ A 代表葉面積，P 代表種植之土地面積。

第四章、結果



4.1 痲瘋樹萌前除草劑試驗與生物檢定

痲瘋樹萌前除草劑試驗中，播種之痲瘋樹種子施用 19 種除草劑，於 14 天後觀察痲瘋樹種子的發芽率，結果顯示施用 7 種萌前除草劑，草脫淨(1.6 kg ha^{-1})、拉草(2.50 kg ha^{-1})、丁基拉草(1.50 kg ha^{-1})、達有龍(2.50 kg ha^{-1})、滅必淨(1.50 kg ha^{-1})、施得圃(1.50 kg ha^{-1})、捷乃安(3.00 kg ha^{-1})以及 7 種萌後除草劑二，四-地(2.00 kg ha^{-1})、本達隆(1.50 kg ha^{-1})、伏寄普(0.25 kg ha^{-1})、固殺草(1.00 kg ha^{-1})、嘉磷塞(2.50 kg ha^{-1})、三氣比(1.00 kg ha^{-1})、快克草(1.00 kg ha^{-1})對於痲瘋樹發芽率的影響與對照組相比無顯著差異。抑制率分別為草脫淨 13%、拉草 4%、丁基拉草 30%、達有龍 8%、滅必淨 4%、施得圃 0%、捷乃安 4%、二，四-地 13%、本達隆 0%、伏寄普 4%、固殺草 0%、嘉磷塞 4%、三氣比 22%、快克草 27%如(表 5)。

施用萌前除草劑滅草胺(1.50 kg ha^{-1})、左旋莫多草(1.20 kg ha^{-1})、樂滅草(1.20 kg ha^{-1})、復祿芬(1.00 kg ha^{-1})及萌後除草劑百速隆(0.50 kg ha^{-1})之痲瘋樹種子發芽率與對照組相比呈現顯著的抑制。抑制率分別為滅草胺 35%、左旋莫多草 44%、樂滅草 61%、復祿芬 35%及百速隆 70%。所有的處理中，除草劑對痲瘋樹幼苗之子葉與根皆無發現明顯之藥害，但施用生長調節劑型除草劑二，四-地與三氣比及快克草可以觀痲瘋樹幼苗察到莖抽長扭曲之藥害影響。


為了解除草劑對痲瘋樹之生物活性，自 19 種藥劑選擇拉草、草脫淨、施得圃作為目標藥劑，並選擇百速隆作為負向對照組進行痲瘋樹幼苗之生物檢定。不同除草劑對於痲瘋樹幼苗之抑制現象如圖 3。拉草在高於 500 mg L^{-1} 處理濃度下會嚴重抑制痲瘋樹幼苗根生長並且產生壞死現象，對於胚軸生長抑制現象隨處理濃度提高而增加，草脫淨在於高 50 mg L^{-1} 會對根及胚軸之生長產生明顯抑制，在 500 mg

L⁻¹ 的處理濃度下可觀察到根部壞死的現象。百速隆在 0.5 mg L⁻¹ 處理濃度下即可對麻瘋樹幼苗根與胚軸之生長產生明顯的抑制現象。施得圃對於麻瘋樹幼苗胚軸及根在高於 50 mg L⁻¹ 的處理濃度下會對麻瘋樹幼苗根及胚軸之生長造成明顯抑制，在 500 mg L⁻¹ 的處理濃度下可觀察到麻瘋樹根不明顯的壞死現象。四種處理中百速隆在低濃度下即可觀察嚴重的抑制現象，施得圃則需高濃度下才能觀察到明顯的抑制現象。

麻瘋樹幼苗生物檢定試驗結果顯示如圖 4。百速隆對麻瘋樹抑制活性較高，在低處理濃度下即可嚴重抑制麻瘋樹幼苗胚軸延長與根的生長；又百速隆對麻瘋樹幼苗根生長最高抑制率達 95.7%、對胚軸延長最高抑制率 89.3%，為四種處理中最高。草脫淨、拉草、施得圃對麻瘋樹幼苗抑制活性較低，草脫淨對麻瘋樹幼苗根生長最高抑制率達 79.5%、但對胚軸延長最高抑制率只為 38.3%，拉草對麻瘋樹根生長最高抑制率達 95.3%、而對胚軸延長最高抑制率為 50.1%；施得圃對麻瘋樹根生長最高抑制率達 95.5%、而對胚軸延長最高抑制率 45.4%。

四種除草劑處理對麻瘋樹胚軸與根抑制 50% 所需濃度 (IC₅₀) 如表 6 所示，拉草對麻瘋樹幼苗根與胚軸生長抑制 50% 所需濃度別分為 575 及 4168 mg L⁻¹，草脫淨抑制麻瘋樹幼苗根生長抑制 50% 所需濃度為 562 mg L⁻¹，在處理濃度下對於麻瘋樹胚軸根生長抑制率皆低於 50%；施得圃抑制麻瘋樹幼苗根生長抑制 50% 所需濃度為 467 mg L⁻¹，在處理濃度下對於麻瘋樹胚軸根生長抑制率皆低於 50%，百速隆抑制麻瘋樹幼胚軸生長抑制 50% 所需濃度為 1.25 mg L⁻¹，在處理濃度下對於麻瘋樹幼苗根生長抑制率皆高於 50%，對麻瘋樹抑制活性為四種除草劑中最高之除草劑。

4.2 痲瘋樹萌後除草劑篩選與藥害檢定



施用除草劑後痲瘋樹藥害如圖 5~圖 17，施用萌前除草劑會抑制痲瘋樹生長，除施得圃(1.25, 0.63 kg ha⁻¹)外皆可觀察到不同程度的藥害表現，在除草劑施用後初期(4 DAT)，草脫淨(1.60, 0.8 kg ha⁻¹)、滅必淨(1.50, 0.75 kg ha)可觀察到明顯的藥害產生(圖 16~圖 17)，老葉呈現黃化，新葉出現扭曲變形，滅必淨(1.50, 0.75 kg ha)至施藥中期(8 DAT)老葉皆已枯黃，並且至施藥後期(48 DAT)植株皆已死亡，草脫淨(1.60, 0.8 kg ha⁻¹)至施藥中期(8 DAT)呈現部分葉片枯黃，至施藥後期(48 DAT)草脫淨(1.60 kg ha⁻¹)植株已死亡，但在(0.8 kg ha⁻¹)的施藥濃度下植株皆已恢復正常生長勢。達有龍(2.00, 1.00 kg ha⁻¹)可觀察到老葉黃化(圖 15)，新葉葉色呈淡色並且皺縮，(8 DAT)老葉部分則已枯黃脫落，至施用後期(48 DAT) (2.00, kg ha⁻¹)植株已死亡，拉草(2.50, 1.25 kg ha⁻¹)、丁基拉草(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)可觀察到新葉皺縮變形以至於枯死(圖 9、圖 10)，至除草劑施用後中期(8 DAT)新生葉則已恢復正常的生長狀態，至施藥後期(48 DAT)植株皆維持良好的生長勢。施得圃(1.25, 0.63 kg ha⁻¹)則無觀察到發現明顯的藥害表現(圖 8)。

施用萌前除草劑會抑制嚴重抑制痲瘋樹生長，固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)在除草劑施用後後 24 小時即可觀察到痲瘋樹全株葉片葉色轉淡，至施藥初期(4 DAT)固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)處理下的痲瘋樹全株葉片皆已枯黃(圖 6)，至施藥後期(48 DAT)植株皆已死亡。嘉磷塞(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)至施藥初期(4 DAT)新芽顏色呈現淡黃色並且葉緣可觀察到焦黑的徵狀(圖 5)，部分老葉呈現黃化(圖 7)，至施藥後期(48 DAT)植株生長勢皆呈嚴重抑制或是植株死亡。三氣比(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)與二，四-地(2.00, 1.00 kg ha⁻¹)於施藥初期(4 DAT)及可觀察到葉柄伸長(圖 9、圖 12)，新芽扭曲，葉脈突起，葉片皺縮等徵狀(圖 5)，至施藥後期(48 DAT)除二，四-地(1.00 kg ha⁻¹)外植株皆已死亡。本達隆(1.20, 0.60 kg ha⁻¹)於施藥初期(4 DAT)可於部分老葉可觀察到脈間枯黃的徵狀(圖 14)，至施藥後期(48 DAT)則植株恢復正常的生長

狀態。伏寄普($0.25, 0.13 \text{ kg ha}^{-1}$)於試驗期間並無觀察到明顯的藥害徵狀(圖 11)。

萌前除草劑施用後顯著地影響生癩瘋樹株高之變化(表 8)，在除草劑施用後初期(8 DAT)，草脫淨(1.60 kg ha^{-1})、丁基拉草(1.50 kg ha^{-1})及達有龍明顯地抑制癩瘋樹株高之生長，在 16 DAT 及 24 DAT，除拉草(1.25 kg ha^{-1})處理外，其餘除草劑處理皆造成癩瘋樹株高顯著地低於對照處理。在 48 DAT，除拉草(1.25 kg ha^{-1})及丁基拉草(0.75 kg ha^{-1})處理外，其餘除草劑處理之株高顯著地低於對照處理，其中草脫淨(1.60 kg ha^{-1})、達有龍(2.00 kg ha^{-1})及滅必淨($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)處理之癩瘋樹植株已死亡(表二)。在莖徑變化方面，除草劑施用後初期(8 DAT)，拉草(1.25 kg ha^{-1})、丁基拉草($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)及施得圃(1.25 kg ha^{-1})處理之癩瘋樹莖徑與對照處理無顯著差異，在 16 DAT 及 24 DAT，除拉草(1.25 kg ha^{-1})、丁基拉草($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)及施得圃(1.25 kg ha^{-1})處理外，其餘除草劑處理之莖徑生長皆受到明顯地抑制。在 48 DAT，拉草(1.25 kg ha^{-1})、丁基拉草($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)及施得圃($1.25, 0.63 \text{ kg ha}^{-1}$)處理之癩瘋樹植株莖徑與對照處理無顯著差異，其餘處理之莖徑顯著地低於對照處理，其中有些處理之癩瘋樹植株已死亡(表 9)。

在 8 DAT，萌前除草劑拉草及施得圃處理增加癩瘋樹植株之分枝數，在 16 DAT 及 24 DAT，除了達有龍及滅必淨外，其餘萌前除草劑處理皆促進分枝的生長，在 48 DAT，除植株死亡之處理外，草脫淨(0.80 kg ha^{-1})及施得圃(0.63 kg ha^{-1})明顯地促進分枝數的增加，而其餘除草劑處理之植株分枝數雖有增加，但未達顯著差異(表 10)。

癩瘋樹植株之葉數在萌前除草劑施用後初期(8 DAT)，各處理間未達顯著差異，但自 16 DAT 開始，萌前除草劑的要害開始呈現在葉數的變化上，草脫淨、達有龍及滅必淨處理之植株葉片劇烈地萎凋減少，其中草脫淨(1.60 kg ha^{-1})、達有龍(2.00 kg ha^{-1})及滅必淨($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)處理之植株最終死亡(48 DAT)，草脫淨($0.80 \text{ kg$

ha⁻¹)及達有龍(1.00 kg ha⁻¹)處理之植株有恢復生長，但葉數僅為對照處理者之一半左右。拉草(2.50 kg ha⁻¹)處理組植株葉片生長雖受影響，但影響程度未及草脫淨、達有龍及滅必淨這三種除草劑之處理。而施得圃(1.25 kg ha⁻¹)植株葉數在 48 DAT 時亦顯著地低於對照處理組(表 11)。



光生理指標葉綠素含量指數(SPAD)與葉片常態化差異植生指標(NDVI)主要反應葉片葉綠素含量，光量子產值(QY)則反應植株光合作用能力。萌前除草劑處理中以草脫淨(1.60, 0.8 kg ha⁻¹)、達有龍(2.00, 1.00 kg ha⁻¹)與滅必淨(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)施用會對光生理指標產生嚴重的影響(圖 18、圖 20、圖 21)。草脫淨(1.60, 0.8 kg ha⁻¹)在 8 DAT 會嚴重抑制光生理指標值，在 16 DAT 新葉的光生理指標值皆已明顯的回復。在 48 DDA 草脫淨(0.8 kg ha⁻¹)的處理植株光生理指標值與對照組無顯著差異，草脫淨(1.60 kg ha⁻¹)處理植株則皆已死亡。滅必淨(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)在 4 DAT 即已對 NDVI、SPAD、QY 值產生嚴重的抑制現象；在 16 DAT 與 24 DAT 的新葉，NDVI 及 QY 值已恢復至對照組水準、SPAD 值也有明顯的回復；在 48 DAT 所有處理植株已死亡。達有龍(2.00, 1.00 kg ha⁻¹)在 8 DAT 會嚴重抑制光生理指標值，於 16 DAT 及 24 DAT 光生理指標值有明顯的恢復，在 48 DDA 草脫淨(1.00 kg ha⁻¹)的處理植株光生理指標值與對照組無顯著差異，草脫淨(2.00 kg ha⁻¹)處理植株已死亡。拉草(2.50, 1.25 kg ha⁻¹)、丁基拉草(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)、施得圃(1.25, 0.63 kg ha⁻¹)之光生理指標值則於試驗期間無明顯的抑制現象。

萌後除草劑以固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)、三氣比(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)與本達隆(1.20, 0.60 kg ha⁻¹)會對光生理指標產生影響。固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)於 4 DAT 即對光生理指標值產生嚴重的抑制，其中 QY 值已無法測得，16 DAT 已無法測得 NDVI 及 SPAD 值。三氣比(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)在 8 DAT 對光生理指標值產生嚴重的抑制，16 DAT 植株已死亡，本達隆(1.20, 0.60 kg ha⁻¹)於施藥初期 4 DAT 及 8 DAT 對於部分植株之光生理指標產生影響，至 16 DAT 後光生理指標值以與對照主無顯

著差異。嘉磷塞(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)、伏寄普(0.25, 0.13 kg ha⁻¹)與二，四-地(2.00, 1.00 kg ha⁻¹)之光生理指標值則不受影響。



試驗結束後，收取各處理癩瘋樹植株測量鮮乾重，並以對照處理組為基準計算除草劑處理對癩瘋樹鮮乾重累積之藥害抑制率。在鮮重方面，草脫淨(1.60 kg ha⁻¹)、達有龍(2.00 kg ha⁻¹)及滅必淨(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)處理之植株已死亡，藥害抑制率達100%。草脫淨(0.80 kg ha⁻¹)處理之葉、莖、根鮮重抑制率分別為53%、39%、33%，全株鮮重抑制率達46%；達有龍(1.00 kg ha⁻¹)處理之葉、莖、根鮮重抑制率分別為67%、40%、78%，全株鮮重抑制率達59%，屬於嚴重藥害。拉草(2.50 kg ha⁻¹)處理之葉、根鮮重與對照處理比較顯著地較低，全株鮮重亦達顯著差異，藥害抑制率為24%。拉草(1.25 kg ha⁻¹)、丁基拉草(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)、施得圃(1.25, 0.63 kg ha⁻¹)則無顯著地藥害抑制癩瘋樹鮮重累積，其中丁基拉草(0.75 kg ha⁻¹)處理之葉、莖、根及全株鮮重顯著地高於對照處理組(表 12)。

癩瘋樹植株乾重受到萌前除草劑處理之影響與鮮重結果相似，草脫淨(1.60 kg ha⁻¹)、達有龍(2.00 kg ha⁻¹)及滅必淨(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)處理之植株已死亡，植株乾重累積抑制率達100%。拉草(2.50 kg ha⁻¹)、草脫淨(0.80 kg ha⁻¹)及達有龍(1.00 kg ha⁻¹)處理之葉、根乾重累積顯著地受到抑制，施得圃(1.25, 0.63 kg ha⁻¹)處理之根乾重亦顯著地比對照處理組低。在全株乾重方面，拉草(1.25 kg ha⁻¹)及丁基拉草(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)處理之植株乾重高於對照處理，草脫淨(0.80 kg ha⁻¹)及施得圃(1.25, 0.63)處理之乾重低於對照處理，但未達顯著差異(表 13)。

萌後除草劑施用後，除伏寄普(0.13 kg ha⁻¹)處理外，其餘萌後除草劑處理皆造成癩瘋樹株高生長明顯地受到抑制。在16 DAT，固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)及三氣比(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)處理之植株已經死亡；在24 DAT，二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)處理之植株亦死亡；至48 DAT時，二，四-地(1.00 kg ha⁻¹)、嘉磷塞(2.50, 1.25 kg ha⁻¹)

處理之植株株高生長受到嚴重抑制；本達隆(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)及伏寄普(0.25 kg ha⁻¹)處理之株高生長受到的抑制較為輕微，而伏寄普(0.13 kg ha⁻¹)處理之株高則與對照處理無顯著差異(表 14)。

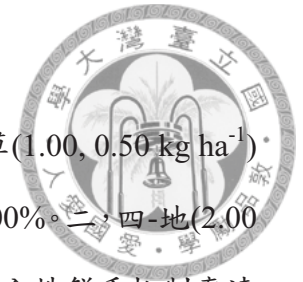


在莖徑變化方面，與株高變化趨勢相似，除草劑施用後初期(8 DAT)，伏寄普(0.13 kg ha⁻¹)處理與對照處理無差異，其餘萌後除草劑處理之癩瘋樹莖徑明顯地比對照處理低；16 DAT 時固殺草及三氯比處理之植株死亡；至 24 DAT 時，二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)處理之植株死亡。在 48 DAT 時，本達隆(0.75 kg ha⁻¹)、伏寄普(0.25, 0.13)處理之莖徑與對照處理無顯著差異；二，四-地(1.00 kg ha⁻¹)及本達隆(1.50 kg ha⁻¹)處理之植株莖徑受到輕微抑制；而嘉磷塞(2.50, 1.25 kg ha⁻¹)處理之莖徑則受到較嚴重之抑制(表 15)。

在 8 DAT 時，萌後除草劑二，四-地、伏寄普及三氯比(0.50 kg ha⁻¹)處理增加癩瘋樹植株之分枝數。二，四-地處理在 16 DAT 後分枝數與對照處理無差異，其中二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)處理植株在 24 DAT 死亡。本達隆(1.50 kg ha⁻¹)處理在試驗期間植株分枝數與對照處理無差異，而本達隆(0.75 kg ha⁻¹)在 16 DAT 後植株分枝數則高於對照處理。伏寄普(0.25, 0.13 kg ha⁻¹)處理在試驗期間植株分枝數皆高於對照處理，嘉磷塞(2.50, 1.25 kg ha⁻¹)則在試驗後期(24 DAT, 48 DAT)分枝數顯著地高於對照處理(表 16)。

在萌後除草劑施用後初期(8 DAT)，各處理間癩瘋樹植株之葉數已達顯著差異。二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)、本達隆(1.50 kg ha⁻¹)、固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)、嘉磷塞(2.50, 1.25 kg ha⁻¹)及三氯比(1.00 kg ha⁻¹)處理植株葉片數都明顯地比對照處理少。二，四-地、固殺草及三氯比處理在 16 DAT 後植株葉片劇烈地萎凋減少，其中固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)、三氯比(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)處理之植株在 16 DAT 死亡，二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)處理植株在 24 DAT 死亡。本達隆處理植株葉片生長受到較輕微抑制，伏寄

普處理之植株葉片生長則完全不受影響(表 17)。



在試驗結束時，萌後除草劑二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)、固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)及滅必淨(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)處理之植株已死亡，藥害抑制率達 100%。二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)處理之葉、莖、根鮮重抑制率分別為 85%、60%、59%，全株鮮重抑制率達 73%。嘉磷塞(2.50 kg ha⁻¹)處理之葉、莖、根鮮重抑制率分別為 100%、80%、83%，全株鮮重抑制率達 91%；嘉磷塞(1.25 kg ha⁻¹)處理之葉、莖、根鮮重抑制率分別為 96%、75%、72%，全株鮮重抑制率達 87%。二，四-地與嘉磷塞皆屬於嚴重藥害。本達隆及伏寄普處理則無顯著地藥害抑制癩瘋樹鮮重累積，其中伏寄普處理之鮮重累積顯著地高於對照處理組(表 18)。

癩瘋樹植株乾重受到萌後除草劑處理之影響與鮮重結果相似，二，四-地(2.00 kg ha⁻¹)、固殺草(1.00, 0.50 kg ha⁻¹)及滅必淨(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)處理之植株已死亡，植株乾重累積抑制率達 100%。二，四-地(1.00 kg ha⁻¹)處理之葉、根、全株乾重累積及嘉磷塞(2.50, 1.25 kg ha⁻¹)處理之葉、根、莖與全株乾重累積受到嚴重抑制。本達隆(1.20, 0.60 kg ha⁻¹)處理之乾重累積受到較輕微之抑制，伏寄普(0.25, 0.13 kg ha⁻¹)處理之葉、莖、根及全株乾重則與對照處理無顯著差異(表 19)。

4.3 癩瘋樹田間除草劑試驗

本試驗於癩瘋樹與玉米播種後噴施除草劑嘉磷賽(1.6 kg ha⁻¹) + 拉草(1.4 kg ha⁻¹) + 草脫淨(1.6 kg ha⁻¹)混劑，玉米在播種後 3~4 天、癩瘋樹在播種後 6~7 天均整齊萌芽出土(圖 24 A-B)。實驗期間於癩瘋樹與玉米植株上皆無發現明顯之藥害表現。癩瘋樹累積乾重與葉面積隨生育天數而增加(圖 25)，作物生長速率 CGR 及相對生長速率 RGR 則隨時間下降，但於第五周有增加的現象。玉米累積乾重與葉面積隨生育天數而增加(圖 26)，作物生長速率 CGR，於第五周達到最高，相對生長速率 RGR 則隨時間而下降。試驗結果顯示噴施除草劑嘉磷賽(1.6 kg ha⁻¹) + 拉草

(1.4 kg ha⁻¹) + 草脫淨(1.6kg ha⁻¹)，並不會影響玉米及麻瘋樹播種後發芽率及幼苗生長。



第五章、討論



5.1 痲瘋樹萌前除草劑篩選與生物檢定

痲瘋樹萌前除草劑篩選試驗中 14 種除草劑對痲瘋樹種子發芽率之影響與對照組無顯著差異。草脫淨、達有龍及滅必淨皆為光合系統 II 抑制劑；達有龍為尿素類除草劑，施藥後主要殺死分布於 2-3 公分淺土之雜草，而作物種子及根在藥劑層之下較不受影響(蔣與蔣，2008a)。拉草與丁基拉草同為芽抑制劑，抑制禾本科苗生長及闊葉草根部分，丁基拉草對水稻直播苗會有抑制現象，對移植苗則無抑制現象(蔣與蔣，2008a)，二，四-地與三氣比及快克草皆為生長調節劑型除草劑，主要為抑制闊葉雜草，三者處理下之痲瘋樹種子萌芽率雖然與對照組相比無顯著差異，但於痲瘋樹幼苗可觀察到莖伸長扭曲之藥害反應，對痲瘋樹幼苗生長發育產生影響。伏寄普對禾本科雜草具有高選擇性，對闊葉雜草幾乎無影響。(Luo et al., 2002)。

施用滅草胺(1.50 kg ha^{-1})、左旋莫多草(1.20 kg ha^{-1})、樂滅草(1.20 kg ha^{-1})、復祿芬(1.00 kg ha^{-1})及萌後除草劑百速隆(0.50 kg ha^{-1})對痲瘋樹種子發芽抑制與對照組相比有顯著的差異。百速隆為胺基酸合成抑制劑，可在極低的濃度下對 acetolactase synthase (ALS) 酵素造成抑制，在試驗中對痲瘋樹種子發芽抑制能力最高，對闊葉雜草極度敏感(Usui, 2001)。滅草胺與左旋莫多草抑制一年生禾草及闊葉，與拉草、丁基拉草同屬 Chloroacetamides 類除草劑，但卻顯著的抑制痲瘋樹幼苗生長，可能與除草劑的運移能力或是 glutathione S-transferase 的酵素活性有關(Fuerst et al., 1987)。復氯芬與樂滅草皆屬於膜抑制劑，對於擴葉雜草具有良好的抑制效果(Achhireddy et al., 1984; Schroede, 1992)。

癩瘋樹萌前除草劑試驗中選出拉草、草脫淨、施得圃以及負向控制組百速隆進行生物檢定，四種除草劑處理中、拉草、草脫淨對於癩瘋樹種子胚軸及根抑制達 50%所需濃度大於 500 mg L^{-1} ，施得圃對於癩瘋樹種子根抑制抑制達 50%所需濃度也接近 500 mg L^{-1} ，而百速隆抑制達 50%所需濃度皆小於 5 mg L^{-1} ，前人研究中蔣與蔣等人(2008b)以百速隆對薏苡胚根抑制達 50%所需濃度為 1.6 ppm 吳等人(2007)以百速隆處理稗草兩天抑制達 50%所需濃度為 13 ppm ，顯示百速隆對癩瘋樹的抑制活性較高。程等人(2006)報導拉草對高粱胚根抑制達 50%所需濃度為 $62-170 \text{ ppm}$ 。馬與袁(1994)處理拉草對小麥芽與胚根抑制達 50%所需濃度為 22 及 16 ppm 。Phewnil et al(2012)則報導草脫淨對浮萍生長抑制達 50%所需濃度為 13.4 ppm 。顯示相對於其他作物，癩瘋樹對拉草、草脫淨及施得圃三種除草劑有較高的耐受性，可選擇性防除雜草而不影響癩瘋樹生長。

本研究測試了 19 種除草劑對癩瘋樹種子發芽率的影響，參試藥劑中 14 種除草劑對癩瘋樹種子萌芽率與對照組無顯著差異，顯示草脫淨、拉草、丁基拉草、達有龍、滅必淨、施得圃、捷乃安、本達隆、伏寄普、固殺草、嘉磷塞等藥劑具潛力應用於癩瘋樹萌前雜草管理，其中挑選拉草、草脫淨及施得圃進行癩瘋樹胚軸與根伸長之生物檢定，顯示拉草、草脫淨及施得圃對於癩瘋樹幼苗胚軸與根的生長抑制活性較低，且其田間用量已足以達到雜草抑制。

5.2 癩瘋樹萌後除草劑篩選與藥害檢定

萌前除草劑施用後，草脫淨、達有龍及滅必淨對癩瘋樹植株之生長發育有嚴重傷害，這三種除草劑之作用機制皆為在光合系統 II (photosystem II) 抑制光合作用之進行(Cobb, 1992; Devine et al., 1993)，藥劑處理後藥害徵狀主要為葉片黃化萎凋。16 DAT 後葉片數目劇烈減少(表 11)，草脫淨(1.60 kg ha^{-1})、達有龍(2.00 kg ha^{-1})及滅必淨($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)處理之植株最終死亡，劑量減半之草脫淨(0.80 kg ha^{-1})及

達有龍(1.00 kg ha^{-1})處理組植株亦遭受嚴重之生長阻礙(表 5、表 6)。Erasmó et al. (2009)的研究亦指出草脫淨(3.00 kg ha^{-1})處理造成癩瘋樹嚴重藥害，但在同研究中，達有龍(2.00 kg ha^{-1})處理造成的初期傷害可回復至與對照處理無顯著差異。本研究中於癩瘋樹植株生長至 30 cm 時進行除草劑處理，而 Erasmó et al. (2009)的研究中則為癩瘋樹種子播種後即進行萌前除草劑處理，這可能是因為除草劑處理方式不同而造成結果的差異。

拉草(2.50 kg ha^{-1})處理造成癩瘋樹植株之輕微傷害，影響植株莖葉生長及乾鮮種累積，但拉草(1.25 kg ha^{-1})及丁基拉草($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)處理則無抑制癩瘋樹植株之生長。施得圃處理雖然影響癩瘋樹株高生長，但在鮮乾重累積上與對照處理無顯著差異。在相關研究中亦有相似結果，施得圃(1.25 kg ha^{-1})處理不會抑制癩瘋樹植株之生長發育，株高、莖徑及分枝數與對照處理無顯著差異(Erasmó et al., 2009)；另一研究則顯示施得圃(1.50 kg ha^{-1})對三種基因型癩瘋樹的藥害皆在 10%以下，適合於癩瘋樹之雜草管理上使用(Rocha et al., 2010)。

萌後除草劑二，四-地及三氯比為生長素型除草劑，作用對象為闊葉植物(Cobb, 1992; Devine et al., 1993)，因此施用後對癩瘋樹植株產生嚴重之傷害。固殺草為接觸型除草劑，作用機制為抑制植物 glutamine synthetase (GS) 酵素之作用，造成植物體內氨之代謝受阻，產生毒害現象(王，2000)。嘉磷塞為系統型除草劑，作用機制為抑制 EPSP 合成酶，造成植物體內芳香族胺基酸合成受阻而產生毒害(Cobb, 1992; Devine et al., 1993)。固殺草及嘉磷塞皆屬於萌後非選擇性除草劑，施用後對癩瘋樹植株產生嚴重的毒害作用，阻礙生長甚至造成植株死亡。本達隆與萌前除草劑草脫淨、達有龍及滅必淨同為光合作用抑制型除草劑，但本達隆處理後並未對癩瘋樹植株產生嚴重之藥害。伏寄普胺基酸合成抑制型除草劑，對癩瘋樹亦未造成傷害(表 17、表 18)。本達隆作用對象為闊葉雜草，伏寄普作用對象為禾本科雜草，這兩種除草劑對癩瘋樹之生長無明顯之阻礙，亦可以適合於癩瘋樹之雜草

管理上使用。



除草劑噴施時可能因操作不當、藥劑飄散等因素而對作物產生影響，除草劑會直接或間接的影響植物光合作用，抑制光系統以及電子傳遞鍊能力，並降低葉綠素含量(Draber et al., 1991)。然而藥害產生至表現期間植株可能已受嚴重的影響。光生理指標中常態化差異植生指標(NDVI)與葉綠素含有指數(SPAD)可反映葉片葉綠素含量的變化(Gitelson and Merzlya, 1998; Markwell et al., 1995; Uddling et al., 2007)，光量子產值(QY)則可反應植株光合作用電子傳遞鍊的能力(Hogewoning et al., 2012)。藉由上述指標可以快速獲得植株的生理狀態。萌前除草劑草脫淨、達有龍、滅必淨與萌後除草劑本達隆主皆為對光合系統進行抑制，直接反應在光量子產值(QY)葉綠素含有指數(SPAD)及常態化差異植生指標(NDVI)的表現上。三氯比為生長調節劑型除草劑，會使植物快速生長而枯竭，最終反映在植株光合能力的下降與葉綠素的降解。固殺草為 glutamine synthetase (GS) 酵素抑制劑，前人研究多有提及會影響植物光合作用，但其作用機制仍有待釐清(Coetzer and Al-Khatib, 2001)。結果顯示施用作用機制與光合作用相關之除草劑後，除草劑對於癩瘋樹光合作用的影響會反應在光生理指標的表現上，說明光生理指標值可即時監測施用藥劑對於癩瘋樹的影響，以作為後續雜草管理用藥的依據。

本研究測試了 6 種萌前除草劑及 6 種萌後除草劑施用對癩瘋樹植株之影響，篩選適合於癩瘋樹田間栽培雜草管理上使用之除草劑。結果顯示萌前除草劑拉草(1.25 kg ha⁻¹)、丁基拉草(1.50, 0.75 kg ha⁻¹)、施得圃(1.25, 0.63 kg ha⁻¹)及萌後除草劑本達隆(1.20, 0.60 kg ha⁻¹)、伏寄普(0.25, 0.13 kg ha⁻¹)處理對癩瘋樹植株無明顯之生長阻礙，具有潛力可適用於癩瘋樹栽培之雜草防除上。

5.3 痲瘋樹田間除草劑試驗



本研究測試痲瘋樹不整地栽培中，針對休耕田種植覆蓋作物（田菁）後作種植不整地痲瘋樹同時間作青割玉米，並於痲瘋樹及玉米植前噴施除草劑，以了解除草劑對痲瘋樹及間作玉米的影響。結果顯示痲瘋樹與玉米出土時間不受除草劑噴施影響且與文獻一致(蘭等人, 2007)，田間雜草則被有效的防除(圖 24)，於痲瘋樹及玉米幼株至成株皆無觀察到明顯之藥害產生，與痲瘋樹萌後除草劑試驗結果一致。草脫淨與拉草為選擇性闊葉草除草劑，已被廣泛應用於玉米栽培中(Gaynor et al., 1992; Shimabukuro et al., 1971)。嘉磷賽雖然為廣效性除草劑，但噴施後會與土壤結合而降低作物有效吸收的量(Sprankle et al., 1975)。因此痲瘋樹與玉米出土後，土壤中嘉磷賽有效含量可能不足以達到抑制。此外與田菁後作種植不整地痲瘋樹並間作青割玉米，對新植痲瘋樹成林初期的雜草能有效的控制，且不整地栽培可有效減少整地作業成本支出，並增加一期作青割玉米的收益。

本研究測試痲瘋樹不整地栽培制度中噴施除草劑混劑嘉磷賽(1.6 kg ha^{-1}) + 拉草(1.4 kg ha^{-1}) + 草脫淨(1.6 kg ha^{-1})對於痲瘋樹及玉米的影響，結果顯示嘉磷賽(1.6 kg ha^{-1}) + 拉草(1.4 kg ha^{-1}) + 草脫淨(1.6 kg ha^{-1})，對痲瘋樹及玉米植株無明顯之萌芽及生長阻礙，具潛力應用於痲瘋樹不整地栽培及痲瘋樹田間作玉米時之雜草管理之推薦用藥。

第六章、結語及未來展望

本研究篩選可用於癩瘋樹萌前及萌後雜草管理之除草劑，並觀察間作制度下除草劑施用對癩瘋樹及間作作物玉米之影響，初步對於癩瘋樹萌前及萌後雜草管理推薦數種可用之除草劑，提供多種選擇以滿足不同的雜草管理需求



癩瘋樹萌前雜草管理試驗中，草脫淨、拉草、丁基拉草、達有龍、滅必淨、施得圃、撻乃安、本達隆、伏寄普、固殺草與嘉磷塞對癩瘋樹種子萌芽及生長無明顯抑制，具潛力應用於癩瘋樹萌前雜草管理。

癩瘋樹萌後除草劑試驗中，萌前除草劑拉草(1.25 kg ha^{-1})、丁基拉草($1.50, 0.75 \text{ kg ha}^{-1}$)、施得圃($1.25, 0.63 \text{ kg ha}^{-1}$)及萌後除草劑本達隆($1.20, 0.60 \text{ kg ha}^{-1}$)、伏寄普($0.25, 0.13 \text{ kg ha}^{-1}$)處理對癩瘋樹植株無明顯之生長阻礙，具有潛力可適用於癩瘋樹萌後之雜草管理。

癩瘋樹田間除草劑試驗中，嘉磷賽(1.6 kg ha^{-1}) + 拉草(1.4 kg ha^{-1}) + 草脫淨(1.6 kg ha^{-1})混劑對於癩瘋樹與玉米生長無明顯之生長阻礙，可應用於癩瘋樹不整地栽培之雜草管理。

未來仍需更進一步的研究來建立適合台灣的癩瘋樹栽培制度，以及了解除草劑對癩瘋樹及不同間作作物之影響，供不同栽培制度即不同雜草管理需求推薦合適之除草劑，以期達成有效的農藥施用，並降低對環境及作物所造成的影響。

參考文獻



- 王志清。2012。麻瘋樹葉片提取液對植物種子發芽的化感效應。現代農業科技。10:199-212。
- 王慶裕。2000。固殺草除草劑之作用及抗性機制。科學農業。48:322-324。
- 何璐、虞泓、范源洪、沙毓滄、袁理春。2010。麻瘋樹(*Jatropha curcas* L.)植物學研究進展。長江流域資源與環境。19:120-127。
- 吳聲敢、王強、趙學平、吳長興、陳麗萍、沈晉良。2007。稗草對7種除草劑的敏感性及其生物測定方法的研究。浙江農業學報。19(1):37-41。
- 周昌弘、許福星。1991。覆蓋作物與森林再生之相生相剋作用。雜草學會會刊。12(1):33-40。
- 林娟、周選圍、唐克軒、陳放。2004。麻瘋樹植物資源研究概況。熱帶亞熱帶植物學報。12:285-290。
- 邱怡詮、蔡文福。2002。田菁敷蓋對不整地栽培青割玉米雜草管理及產量的影響。中華民國雜草學會會刊。23(1):13-22。
- 邱建中。1995。殺草劑的選擇性。台中區農業專訊。10:20-24。
- 侯福分、林文龍。1984。不整地栽培法之研究及展望。科學農業。32:351-355。
- 施欣慧、游漢明。2010。台灣麻瘋樹病蟲害報導。林業研究專訊。17(5):68-71。
- 馬式廉、袁樹忠。1994。小麥種芽對6種酰胺類除草劑敏感性測定。雜草科學。1:8-9。
- 高順、鍾財王。2011。麻瘋樹油與生物活性物質的分離純化及其潛在應用。化工。58(1):40-49。
- 張明忠、瞿文林、陳新云、楊順林、金杰、苟平、武遠、袁理春。2008。幾種除草劑對麻瘋樹苗田雜草的防除效果。雜草科學。2:60-61。
- 郭能成、林萬居、黃尚義。1988。玉米不整地栽培技術之研究。雜糧作物試驗研究年報。第243-247頁。

程根武、邢姍姍、張楊、谷祖敏、范瑛、紀明山。2006。高粱對甲草胺的敏感性研究。雜糧作物。26(2):126~127。

楊金昌、陳森勝。2010。台灣種植麻瘋樹的可行性初探。環境與管理研究。11:105-116。

經濟部能源局。2013。台灣地區能源統計年報。

賈希。2009。麻瘋樹種原在台灣生長特性與繁殖技術評估。屏東科技大學熱帶農業暨國際合作系所碩士論文。

劉方炎、李昆、孫永玉。2012。中國麻瘋樹研究進展與開發利用現狀。中國農業大學學報。17(6):178-184。

蔣永正、蔣慕琰。2002。農藥藥害的發生與診斷。農委會農業藥物毒物試驗所。第 180-182 頁。

蔣永正、蔣慕琰。2006。農田雜草與除草劑要覽。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所出版。第 1-104 頁。

蔣永正、蔣慕琰。2008a。常用除草劑之特性與應用。作物診斷與農藥使用安全技術手冊。第 205-226 頁。

蔣永正、蔣慕琰。2008b。蕙苡田除草劑篩選。中華民國雜草會刊。29：121-130。

蔣永正。2002。有機栽培之雜草防治技術。農業試驗所特刊。102:97-104。

蕭政弘、邱建中、鍾維榮。2003。台灣蔬菜田除草劑之應用與發展。中華民國雜草學會會刊。24(2):99-113。

應紹舜。1993。台灣高等植物彩色圖誌第四卷。第 590 頁。

嚴新富。2005。台灣外來種植物的引種與利用。台灣地區植物資源之多樣性發展研討會。第 43-61 頁。

蘭生葵、陸文科、盧靜韻、范瓊、蘭健勇。2007。麻瘋樹及其栽培技術。廣西農學報。22:43-45。

Abhilash P.C., Singh B., Srivastava P., Schaeffer A., Singh N. (2013) Remediation of lindane by



Jatropha curcas L: Utilization of multipurpose species for rhizoremediation. *Biomass & Bioenergy* 51:189-193.



Abugre S., Sam S. J. Q. (2010) Evaluating the allelopathic effect of *Jatropha curcas* aqueous extract on germination, radicle and plumule length of crops. *Int. J. Agric. Biol.* 12:769–772.

Achhireddy N. R., Kirkwood R. C., Fletcher W. W. (1984) Oxadiazon absorption, translocation, and metabolism in rice (*Oryza sativa*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science* 32:727-731

Adebowale K.O., Adedire C.O. (2006) Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *Biotechnol.* 5:901-906.

Agamuthu P., Abioye O. P., Aziz A. A. (2010) Phytoremediation of soil contaminated with used lubricating oil using *Jatropha curcas*. *Journal of hazardous materials*, 179(1):891-894.

Ali H., Khan E., Sajad M.A. (2013) Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications. *Chemosphere* 91:869-881.

Bártoli J. A. A. (2008) Physic Nut (*Jatropha curcas*) Cultivation in Honduras Handbook. Agricultural Communication Center of the Honduran Foundation for Agricultural Research.

Belz R. G. (2007) Allelopathy in crop/weed interactions—an update. *Pest management science* 63(4):308-326.

Berazaín R., Fuente V., Sanchez-Mata D., Rufo L., Rodríguez N., Amils R. (2007) Nickel localization on tissues of hyperaccumulator species of *Phyllanthus* L. (Euphorbiaceae) from ultramatic areas of Cuba. *BiolTrace Elem Res* 115:67–86.

Berchmans H. J., Hirata S. (2008) Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresource Technology* 99:1716-1721.

Brittaine R., Litaladio N. (2010) *Jatropha*: a smallholder bioenergy crop: the potential for pro-poor development. *Integrated Crop Management* vol. 8. FAO, Rome.

Caamal-Maldonado J.A., Jimenez-Osornio J.J., Torres-Barragan A., Anaya A.L. (2001) The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy*

Journal 93:27-36.

Chehregani A., Malayeri B. E. (2007) Removal of heavy metals by native accumulator plants. *Int. J. Agri. Biol.* 9(3):462-265.

Cobb A. (1992) *Herbicides and plant physiology*. Chapman & Hall, Inc. London, New York, USA.

Coetzer E., Al-Khatib K. (2001) Photosynthetic inhibition and ammonium accumulation in palmer amaranth after glufosinate application. *Weed Science* 49(4):454-459

Contran N., Chessa L., Lubino M., Bellavite D., Roggero P.P., Enne G. (2013) State-of-the-art of the *Jatropha curcas* productive chain: From sowing to biodiesel and by-products. *Industrial Crops and Products* 42:202-215.

Costa N. V., Erasmo E. A. L., Queiroz P. A., Dornelas D. F., Dornelas B. F. (2009). Effect of simulated glyphosate drift on the initial growth of physic nut plants. *Planta Daninha* 27:1105-1110.

Devine M., Duke S. O., Fedtke C. (1993) *Physiology of herbicide action*. P T R Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA.

Draber W., Tietjen K., Kluth J. F., Trebst, A. (1991), *Herbicides in Photosynthesis Research*. *Angewandte Chemie International Edition in English* 30: 1621–1633.

Erasmo E.A.L., Costa N.V., Terra M.A., Fidelis R.R., (2009) Initial tolerance of physic nut plants to pre and post-emergence herbicide application. *Planta Daninha* 27:571-580.

Erismann N.M., (2006) Lead uptake and tolerance of *Ricinus communis* L. *Braz. J.Plant Physiol.* 18:483-489.

Evan M.V., Filho D.O., Martins M.A., Steward B.L. (2011) Bioethanol production potential from Brazilian biodiesel co-products. *Biomass Bioenerg.* 35:489-494.

Fuerst E. P. (1987) Understanding the mode of action of the chloroacetamide and thiocarbamate herbicides. *Weed Technology* 1(4):270-277

Galloway B. A., Weston L. A. (1996) Influence of cover crop and herbicide treatment on weed control and yield in no-till sweet corn (*Zea mays* L.) and pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch). *Weed technology* 341-346.



Garbulsky M. F., Peñuelas J., Peñuelas J., Inoue Y., Filella I. (2011) The photochemical reflectance index (PRI) and the remote sensing of leaf, canopy and ecosystem radiation use efficiencies: A review and meta-analysis. *Remote Sensing of Environment* 115:281-297.

Gaynor J. D., MacTavish D. C., Findlay W. I. (1992) Surface and subsurface transport of atrazine and alachlor from a Brookston clay loam under continuous corn production. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 23(2):240-245

Ghersa C.M., Benech-Arnold R.L., Satorre E.H., Martinez-Ghersa M.A. (2000) Advances in weed management strategies. *Field Crops Research* 67:95-104.

Gitelson A. A., Merzlya M. N. (1998) Remote sensing of chlorophyll concentration in higher plant leaves. *Advances in Space Research* 22(5):689-692

Gonçalves K. S., São José A. R., Velini E. D. (2009) Selectivity of oxyfluorfen for physic nut culture. *Planta Daninha* 27:1111-1116.

Gonçalves K. S., São José A. R., Cavalieri S. D., Martins I. S. B., Velini E. D. (2011) Selectivity of herbicides applied in post-emergence on physic nut (*Jatropha curcas* L.). *Revista Brasileira de Herbicidas* 10(2):110-120

Green L. (2009). *Jatropha* as biofuel: an analysis of the possible implications for food Security in Mali (Doctoral dissertation, Dalhousie University)

Gübitz G. M., Mittelbach M., Trabi M. (1999) Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology* 67:73-82.

Hogewoning S. W., Wientjes E., Douwstra P., Trouwborst G., Ieperen W V., Croce R., Harbinson J. (2012) Photosynthetic quantum yield dynamics: from photosystems to leaves. *The Plant Cell* 24: 1921-1935.

Jamil S., Abhilash P.C., Singh N., Sharma P.N., (2009) *Jatropha curcas*: a potential crop for phytoremediation of coal fly ash. *J. Hazard. Mater.* 172:269-275.

Kaushik N., Kumar K., Kumar S., Kaushik N., Roy S. (2007) Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) accessions. *Biomass & Bioenergy*

31:497-502.

Koh, M.Y. Ghazi T.I.M. (2011) A review of biodiesel production from *Jatropha curcas* L. oil. *Renew.*

Sust. Energ. Rev. 15:2240-2251.

Kooten, O., Snel J. F., (1990) The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynthesis Research* 25(3):147-150.

Kumar A., Sharma S. (2008) An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial crops and products* 28:1–10.

Kumar G.P., Yadav S.K., Thawale P.R., Singh S.K., Juwarkar A.A. (2008) Growth of *Jatropha curcas* on heavy metal contaminated soil amended with industrial wastes and *Azotobacter* - A greenhouse study. *Bioresource Technology* 99:2078-2082.

Kumar S., Chaube A., Jain S.K. (2011) Post copenhagen summit scenario: attainment of sustainable energy regime in india by *Jatropha* biodiesel. *Energy & Environment* 22:877-889.

Kumar S., Chaube A., Jain S.K. (2012) Critical review of *jatropha* biodiesel promotion policies in India. *Energy Policy* 41:775-781.

Li C. Z., Li P. W., Xiao Z. H., Chen J. Z., Zhang L. B. (2012) Current progress in research and development of woody biodiesel oil feedstock and its industrialization prospect in China. *Journal of China Agricultural University* 17:175-170.

Li Y. C., Guo Q. S., Shao Q. S., Zhang P., Dai X. L. (2009) Bioassay on herbicidal activity of extracts from *Jatropha curcas*. *Journal of Plant Resources and Environment* 18:72-78.

Liu F. Y., Liu L. K., Sun Y. Y. (2012) Research development and utilization status on *Jatropha curcas* in china. *Journal of China Agricultural University* 17:178-184.

Lund H. (2007) Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy* 32:912–91

Luo X. Y., Matsumoto H. (2002) Susceptibility of a broad-leaved weed, *Acanthospermum hispidum*, to the grass herbicide fluazifop-butyl. *Weed Biology and Management* 2:98–10

Ma Y., Chun J., Wang S.H., Chen F. (2011) Allelopathic potential of *Jatropha curcas*. *African Journal of Biotechnology* 10:11932-11942.



- Majid N. M., Islam M.M., Riasmi Y. (2012) Heavy metal uptake and translocation by *Jatropha curcas* L. in sawdust sludge contaminated soils. Australian Journal of Crop Science 6(5):891-898
- Maldonado J. A. C., Osornio J J., Barragan T. A., Anaya A. L. (2001) The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping system. Agron. J. 93: 27-36.
- Mangkoedihardjo S., Ratnawati R., Alfianti N. (2008). Phytoremediation of hexavalent chromium polluted soil using *Pterocarpus indicus* and *Jatropha curcas* L. World Appl Sci J 4(3):338-342.
- Mangkoedihardjo S., Surahmida. (2008) *Jatropha curcas* L. for phytoremediation of lead and cadmium polluted soil. World Appl. Sci. J. 4(4):519-522.
- Markwell J., Osterman C. J., Mitchell J. L. (1995) Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. Photosynthesis Research 46:467-472.
- Mohsenzadeh F., Rad A. C. (2011) Application of nano-particles of *Euphorbia Macroclada* for bioremediation of heavy metal polluted environments. International Conference on Nanotechnology and Biosensors 25:16-20.
- Olofsdotter M., Navarez D., Rebulanan M, Streibig J. C. (1999) Weed suppressing rice cultivars-Does allelopathy play a role. Weed Res 39:441-454.
- Openshaw K. (2000) A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. Biomass & Bioenergy 19:1-15.
- Ouwens K. D., Francis G., Franken Y. J., Rijssenbeek W., Riedacker A., Foidl N., Bindraban, P. (2007). Position paper on *Jatropha curcas* state of the art, small and large scale project development. Fuels from Agriculture in Communal Technology (FACT), Wageningen, The Netherlands: Wageningen Univ; 2007
- Peñuelas J., Filella I. (1998) Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. Trends Plant Sci 3:151-156.
- Phewnil O.A., Tungkananurak N., Panichsakpatana S., Pitiyont B. (2012) Phytotoxicity of Atrazine Herbicide to Fresh Water Macrophyte Duckweed (*Lemna perpusilla* Torr.) in Thailand. Environment and Natural Resources J. 10:16-27



Pramanik K. (2003) Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy* 28(2):239–248.

Prentice, I.C., Farquhar, G.D., Fasham, M.J.R., Goulden, M.L., Heimann, M., Kheshi, H.S., Quere, Le, C., Scholes, R.J., Wallace, D.W.R., Archer, D., Ashmore, M.R., Aumont, O., Baker, D., Battle, M., Bender, M., Bopp, L.P., Bousquet, P., Caldeira, K., Ciais, P., Cramer, W., Dentener, F., Enting, I.G., Field, C.B., Holland, E.A., Houghton, R.A., House, J.I., Ishida, A., Jain, A.K., Janssens, Ivan, Joos, F., Kaminski, T., Keeling, C.D., Kicklighter, D.W., Kohfeld, K.E., Knorr, W., Law, R., Lenton, T., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Manning, A., Matear, R.J., McGuire, A.D., Melillo, J.M., Meyer, R., Mund, M., Orr, J.C., Piper, S., Plattner, K., Rayner, P.J., Sitch, S., Slater, R., Taguchi, S., Tans, P.P., Tian, H.Q., Weirig, M.F., Whorf, T., Yool, A. (2001) The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide - In: *Climate change 2001: the scientific basis: contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press 183-237.

Puente-Rodríguez D. (2010). Biotechnologizing *Jatropha* for local sustainable development. *Agriculture and Human Values* 27(3):351-363.

Reeves R.D., Baker A. J. M., Borhidi A., Berazaín R. (1996) Nickel-accumulating plants from the ancient serpentine soils of Cuba. *New Phytol* 133:217–224

Rice E. L. (1984) *Allelopathy*. Academic press.

Robert E. B., Jennifer E. B. (2010) Greenhouse gas emissions and land use change from *jatropha curcas*-based jet fuel in brazil. *Environ. Sci. Technol* 44:8684–8691.

Rocha P.R.R., Silva A.F., Faria A.T., Galon L., Ferreira E.A., Felipe R.S., Silva A.A., Dias L.A.S. (2010) Selectivity of pre-emergence herbicides to physic nut (*Jatropha curcas*). *Planta Daninha* 28:801-806.

Romeiro S., Lagôa A. M. M. A., Furlani P.R., de Abreu Cl A., de Abreu M.F., Erismann N.M. (2006) Lead uptake and tolerance of *Ricinus communis* L Braz. *J. Plant Physiol.* 18:483–489

Sabandar C.W., Ahmat N., Jaafar F.M., Sahidin I. (2013) Medicinal property, phytochemistry and pharmacology of several *Jatropha* species (Euphorbiaceae): A review. *Phytochemistry* 85:7-29.



Sahoo N. K., Kumar A., Sharma S., Naik, S. N. (2009) Interaction of *Jatropha curcas* plantation with ecosystem. *Engineering & Technolog* 51:666-671

SAS Institute. (1999) SAS/STAT User's guide. Releases 9.1.3 Ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.

Sasmaz A., Sasmaz M. (2009) The phytoremediation potential for strontium of indigenous plants growing in a mining area. *Environmental and Experimental Botany* 67:139-144.

Schroede J. (1992) Oxyfluorfen for directed postemergence weed control in chile peppers (*Capsicum annuum*). *Weed Technology* 6(4): 1010-1014

Shimabukuro R. H., Frear D. S., Swanson H. R., Walsh, W. C. (1971). Glutathione conjugation an enzymatic basis for atrazine resistance in corn. *Plant physiology* 47(1):10-14.

Shu X., Yin L.Y., Zhang Q.F., Wang W.B. (2012) Effect of Pb toxicity on leaf growth, antioxidant enzyme activities, and photosynthesis in cuttings and seedlings of *Jatropha curcas* L. *Environmental Science and Pollution Research* 19:893-902.

Silitonga A.S., Atabani A.E., Mahlia T.M.I., Masjuki H.H., Badruddin I.A., Mekhilef S. (2011) A review on prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 15:3733-3756.

Singh P., Singh S., Mishra S. P., Bhati S. K. (2010) Molecular characterization of genetic diversity in *Jatropha curcas* L. *Genes, Genomes and Genomics* 4:1-8.

Soane B.D., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J. (2012) No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research* 118:66-87.

Sprankle p., Meggitt W. F., Penner D. (1975) Rapid inactivation of glyphosate in the soil. *Weed Science* 23(3):224-228

Sunderland S. L., Santelmann P. W., Baughman T. A. (1991) A rapid, sensitive soil bioassay for sulfonylurea herbicides. *Weed Science* 39:296-298.

Swinton S.M., Buhler D.D., Forcella F., Gunsolus J.L., King R.P. (1994) Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed species. *Weed Science* 42:103-109.



- Trabucco A., Achten W.M.J., Bowe C., Aerts R., Van Orshoven J., Norgrove L., Muys B. (2010) Global mapping of *Jatropha curcas* yield based on response of fitness to present and future climate. *Global Change Biology Bioenergy* 2:139-151.
- Uddling J., Gelang-Alfredsson J., Piikki K., Pleijel H. (2007) Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynth Res.* 91:37–46.
- Usui K. (2001) Metabolism and selectivity of rice herbicides in plants. *Weed Biology and Management* 1: 137–146.
- Wang H., Chen Y., Zhao Y. N., Liu H. Y., Liu J. X., Makkar H. P. S., Becker K. (2011) Effects of replacing soybean meal by detoxified *Jatropha curcas* kernel meal in the diet of growing pigs on their growth, serum biochemical parameters and visceral organs. *Animal Feed Science and Technology* 170:141-146.
- Weston L. A. (1990) Cover crop and herbicide influence on row crop seedling establishment in no-tillage culture. *Weed Science* 38(2):166-171
- Wu H., Pratley J., Lemerle D., Haig T. (2001) Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Applied Biology* 139:1-9.
- Wu Q.H., Wang S.Z., Thangavel P., Li Q.F., Zheng H., Bai J., Qiu R.L. (2011) Phytostabilization Potential of *Jatropha Curcas* L. in Polymetallic Acid Mine Tailings. *Int J Phytoremediation* 13:788-804.
- Yadav S.K., Juwarkar A.A., Kumar G.P., Thawale P.R., Singh S.K., Chakrabarti T. (2009) Bioaccumulation and phyto-translocation of arsenic, chromium and zinc by *Jatropha curcas* L.: Impact of dairy sludge and biofertilizer. *Bioresource Technology* 100:4616-4622.
- Yenish J. P., Worsham A. D., York, A. C. (1996) Cover crops for herbicide replacement in no-tillage corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 815-821.



附錄

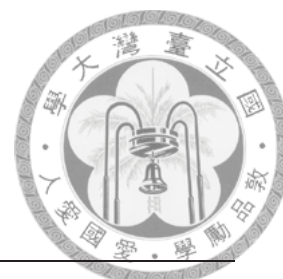


表 3、癩瘋樹萌前除草劑試驗之參試藥劑。

中文名	英文名	商品名	劑型	有效成分
二,四-地	2,4-D	二、四-地	可濕性粉劑	80%
拉草	Alachlor	拉索	乳劑	41.5%
草脫淨	Atrazine	草脫淨	可濕性粉劑	50%
本達隆	Bentazon	克草星	溶液	44.1%
丁基拉草	Butachlor	根本除	乳劑	60%
撻乃安	Dinitramine	割枯草	乳劑	25%
達有龍	Diuron	清固草	水懸劑	40%
伏寄普	Fluazifop-butyl	旺萬歲	乳劑	17.5
固殺草	Glufosinate	百試達	溶液	13.5%
嘉磷塞	Glyphosate	興隆春	溶液	41%
滅草胺	Metazachlor	圃地善	水懸劑	43.1%
滅必淨	Metribuzin	聖克	可濕性粉劑	70%
樂滅草	Oxadiazon	滴滅草	乳劑	43.1%
復祿芬	Oxyfluorfen	草無影	乳劑	23.5%
施得圃	Pendimethalin	斯統圃	乳劑	34%
百速隆	Pyrazosulfuron-ethyl	省草繁	可濕性粉劑	10%
快克草	Quinclorac	攏克草	粉劑	50%
左旋莫多草	S-metolachlor	金-除豪	乳劑	87.3%
三氣比	Triclopyr	加農	乳劑	61.6%

表 4、癩瘋樹萌前除草劑試驗之參試藥劑。

中文名	英文名	商品名	有效成分	劑量
草脫淨	Atrazine	草脫淨	可濕性粉劑	50.0%
達有龍	Diuron	清固草	水懸劑	40.0%
滅必淨	Metribuzin	聖克	可濕性粉劑	70.0%
拉草	Alachlor	拉索	乳劑	41.5%
丁基拉草	Butachlor	根本除	乳劑	60.0%
施得圃	Pendimethalin	斯統圃	乳劑	34.0%
嘉磷塞	Glyphosate	興隆春	溶液	41.0%
固殺草	Glufosinate	百試達	溶液	13.5%
二,四-地	2,4-D	二、四-地	可濕性粉劑	80.0%
三氯比	Triclopyr	加農	乳劑	61.6%
本達隆	Bentazon	克草星	溶液	44.1%
伏寄普	Fluazifop-butyl	旺萬歲	乳劑	17.5%

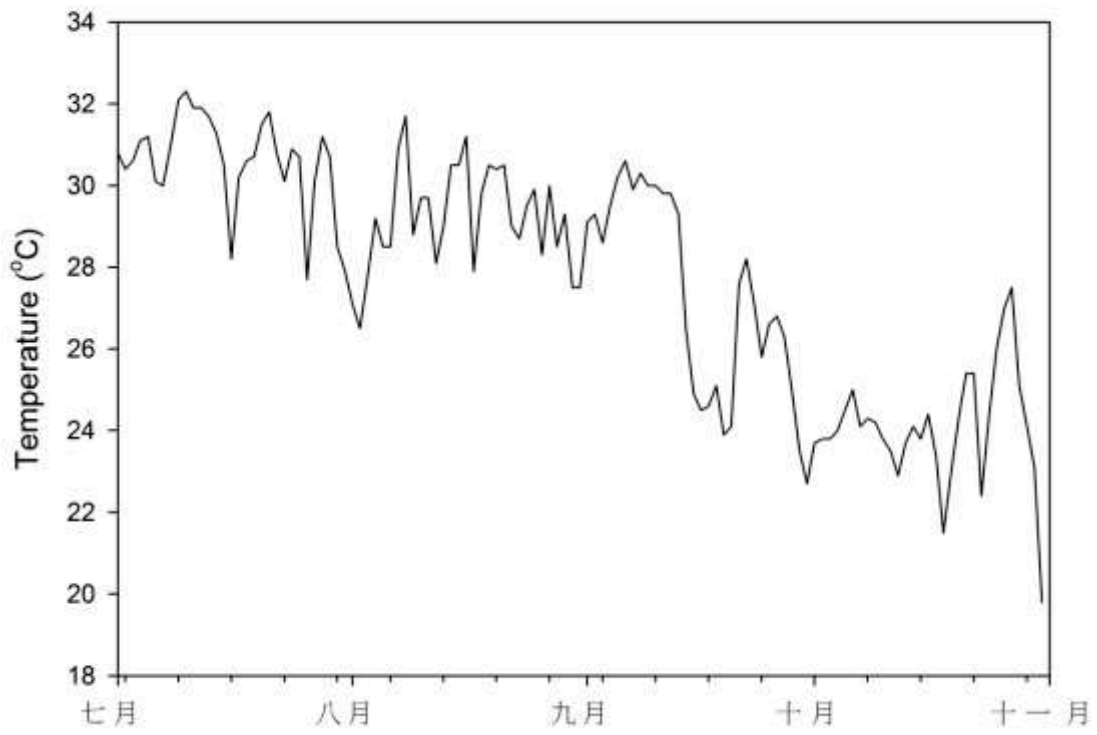


圖 2、試驗期間台北平均日溫變化。

Fig. 2. Average day temperature in taipei during experiment.

表 5、除草劑施用對麻瘋樹種子發芽之影響。

Table 5. Germination rate of *Jatropha curcas* seeds treated by herbicides

Herbicide	Rate ----kg ai ha ⁻¹ ----	Application ²⁾	Germination rate ----%----
Control	-	-	76.7 ^{a1)}
Alachlor	2.50	pre	73.3 ^{ab}
Atrazine	1.60	pre	66.6 ^{abc}
Butachlor	1.50	pre	53.3 ^{abc}
Diuron	2.00	pre	70.0 ^{ab}
Metribuzin	1.50	pre	73.3 ^{ab}
Pendimethalin	1.25	pre	76.7 ^a
2,4-D	2.00	post	66.7 ^{abc}
Bentazon	1.50	post	73.3 ^{ab}
Dinitramine	3.00	post	73.3 ^{ab}
Fluazifop-butyl	0.25	post	73.3 ^{ab}
Glufosinate	1.00	post	76.7 ^a
Glyphosate	2.50	post	73.3 ^{ab}
Metazachlor	1.50	post	50.0 ^{bcd}
Oxadiazon	5.00	post	30.0 ^{bcd}
Oxyfluorfen	1.00	post	50.0 ^{de}
Pyrazosulfuron-ethyl	0.50	post	23.3 ^e
Quinclorac	1.00	post	56.7 ^{abc}
S-metolachlor	1.20	post	43.3 ^{cde}
Triclopyr	1.00	post	60.0 ^{abc}

¹⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)

²⁾ pre, pre-emergence herbicide; post, post-emergence herbicide.

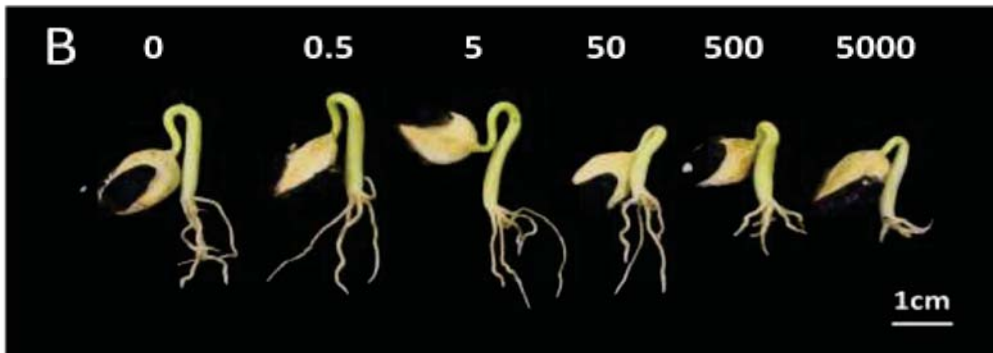
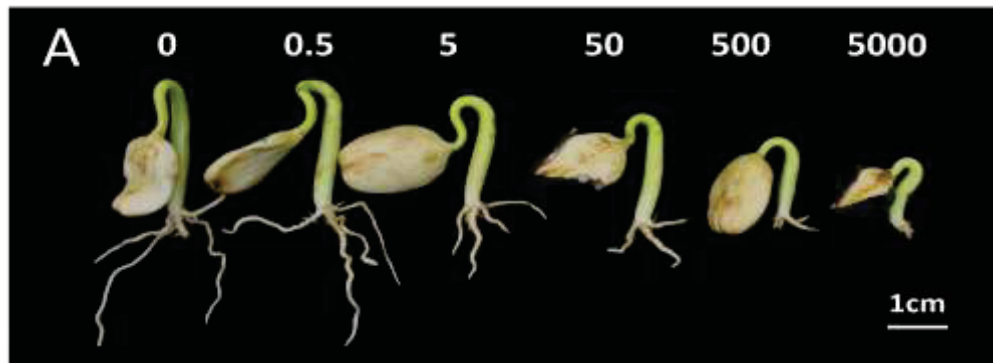


圖 3、不同除草劑對麻瘋樹幼苗生長影響。

(A)拉草、(B)草脫淨、(C) 施得圃、(D) 百速隆。

Fig. 3. Effect of different concentration (mg L^{-1}) of herbicides on growth of *Jatropa curcas* seedling. (A) Alachlor; (B) Atrazine; (C) Pendimethalin; (D) Pyrazosulfuron-ethyl.

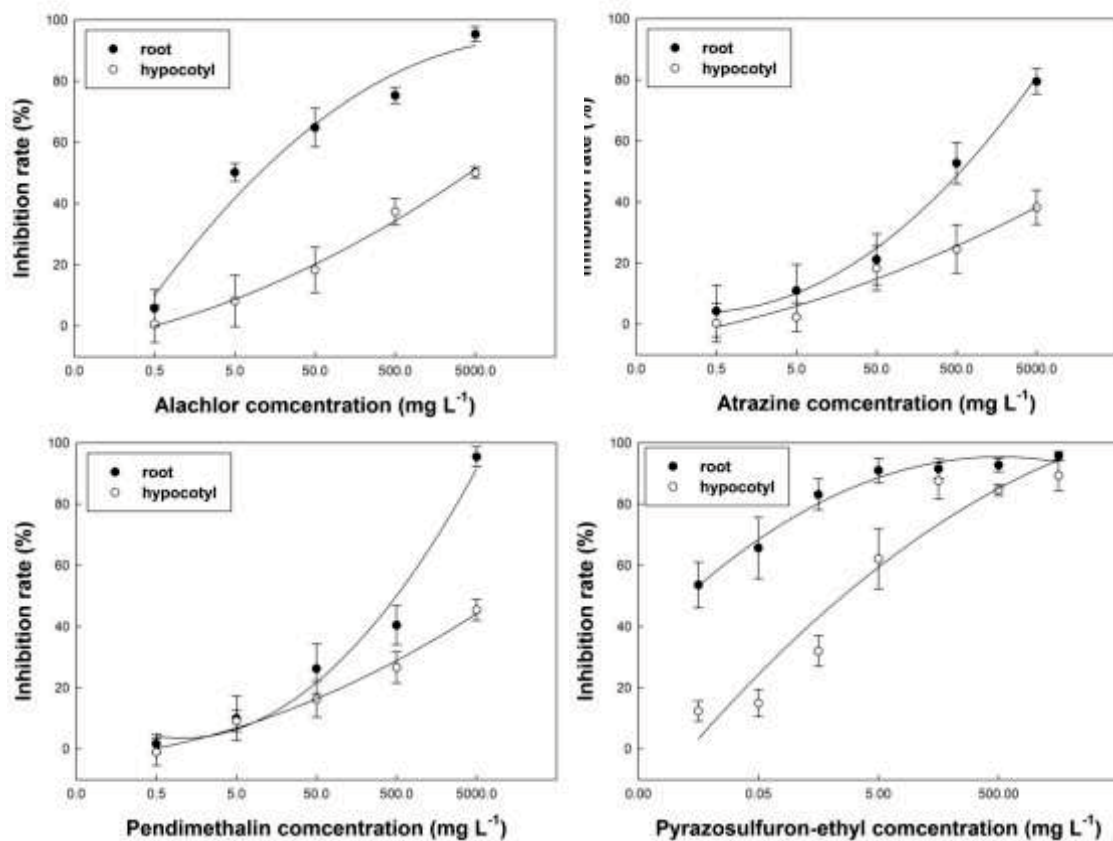


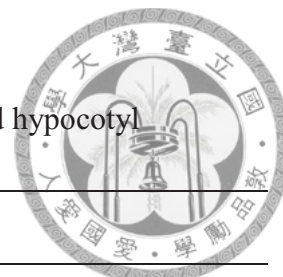
圖 4、不同除草劑對麻瘋樹幼苗生長之劑量反應。

Fig. 4. Dose-response of *Jatropha curcas* to alachlor based on the root and hypocotyl elongation assay.

Percentage inhibition was determined by the formula: $[(\text{control plant length} - \text{plant length incubated with alachlor}) / \text{control plant length}] \times 100$. Means \pm SE from experiment with three replicates for each treatment are shown.

表 6、除草劑抑制癩瘋樹幼苗胚根及胚軸伸長達 50%所需濃度。

Table 6. Herbicide concentrations causing 50% inhibition of root and hypocotyl elongation of *Jatropha curcas* seedling.



Herbicide	Part	IC ₅₀	Regression equation	
Alachlor	R	575	$Y=6.60 + 2.81 (\log X) + 4.66 (\log X)^2$	R ² =0.99
	H	4,168	$Y=2.39 + 8.12 (\log X) + 1.38 (\log X)^2$	R ² =0.99
Atrazine	R	562	$Y=5.02 + 4.30(\log X) + 4.38(\log X)^2$	R ² =0.99
	H	32,359	$Y=1.00 + 6.48(\log X) + 0.97 (\log X)^2$	R ² =0.97
Pendimethalin	R	467	$Y=3.55 - 0.37 (\log X) + 6.52 (\log X)^2$	R ² =0.97
	H	10,715	$Y=1.93 + 6.03 (\log X) + 1.46 (\log X)^2$	R ² =0.98
Pyrazosulfuron-ethyl	R	0.003	$Y= 83.09 + 9.10 (\log X) -1.68 (\log X)^2$	R ² =0.97
	H	1.25	$Y= 48.21 + 16.84 (\log X) -1.17 (\log X)^2$	R ² =0.93

¹⁾ R, Root , H, hypocotyl.

²⁾ IC₅₀(mg L⁻¹): The concentrations required for 50% growth inhibition of hypocotyls and roots

³⁾ Investigation at 3 days after herbicides treatment.

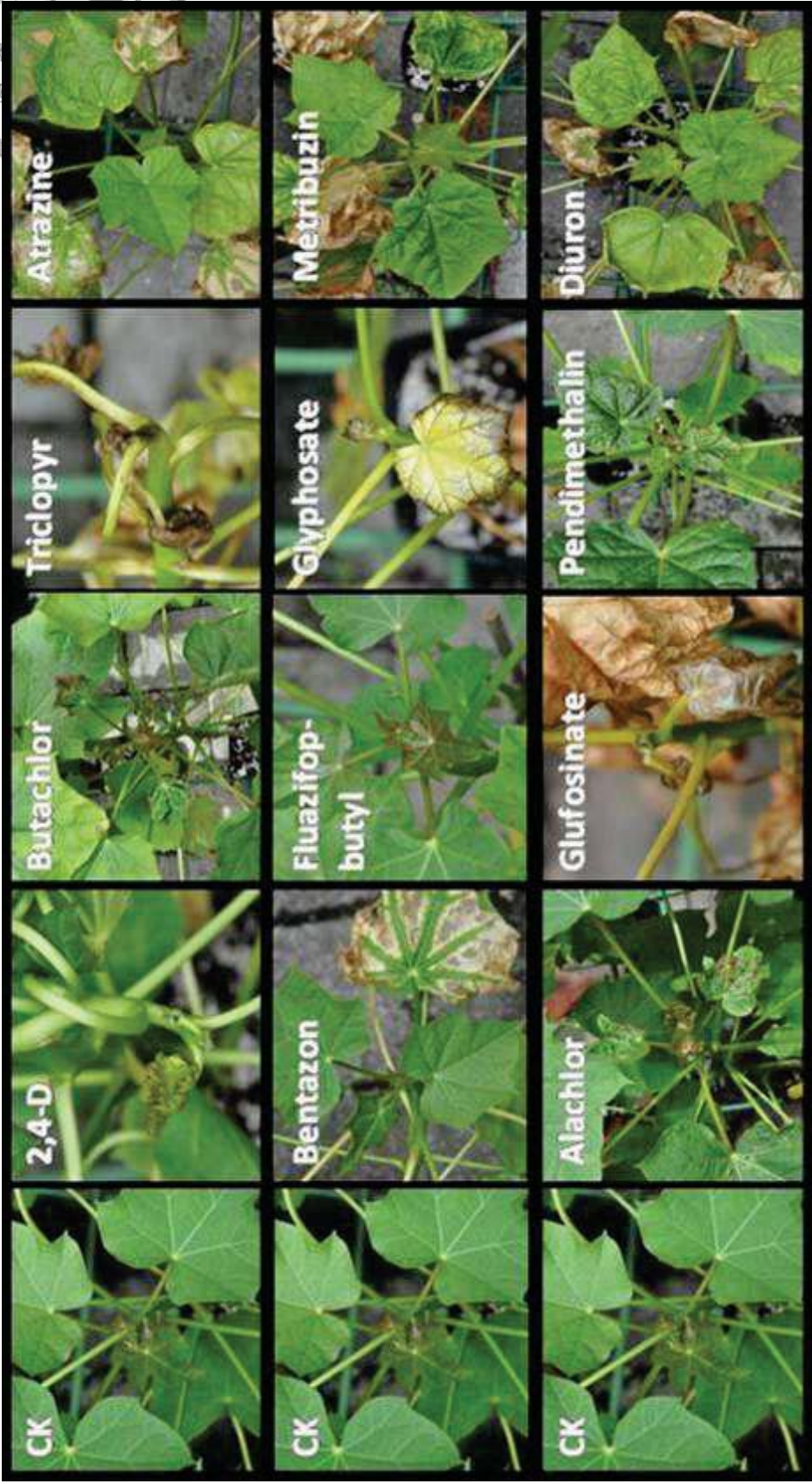


圖 5、十二種除草劑推薦量處理七天後癩瘋樹之藥害徵狀。
Fig. 5. The symptoms caused by 12 herbicides injury in *Jatropha curcas* with recommended dosage.

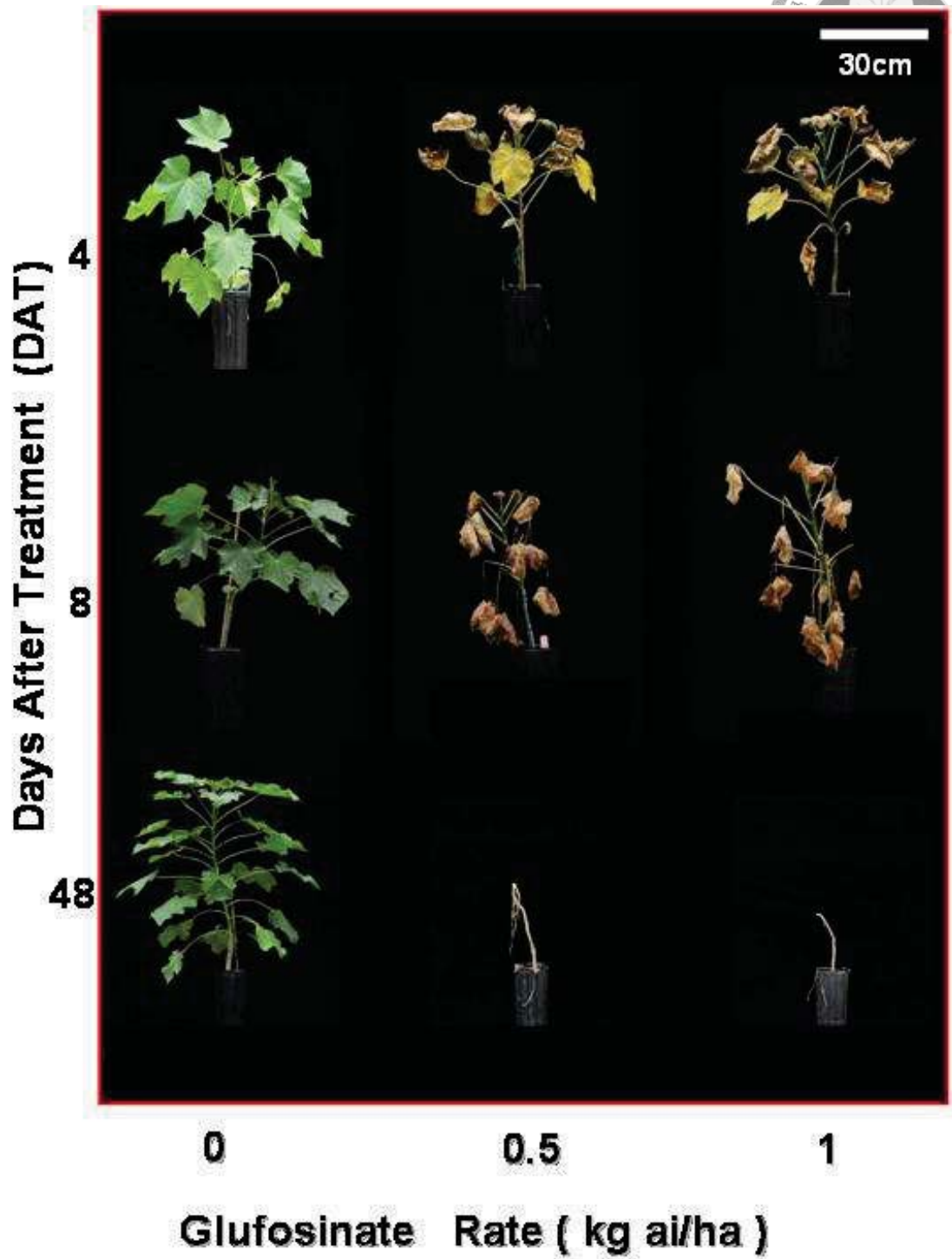
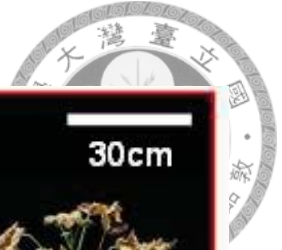


圖 6、除草劑 Glufosinate 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 6. The effects of the Glufosinate on the growth in *Jatropha curcas*.



圖 7、除草劑 Glyphosate 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 7. The effects of the Glyphosate on the growth in *Jatropha curcas*.

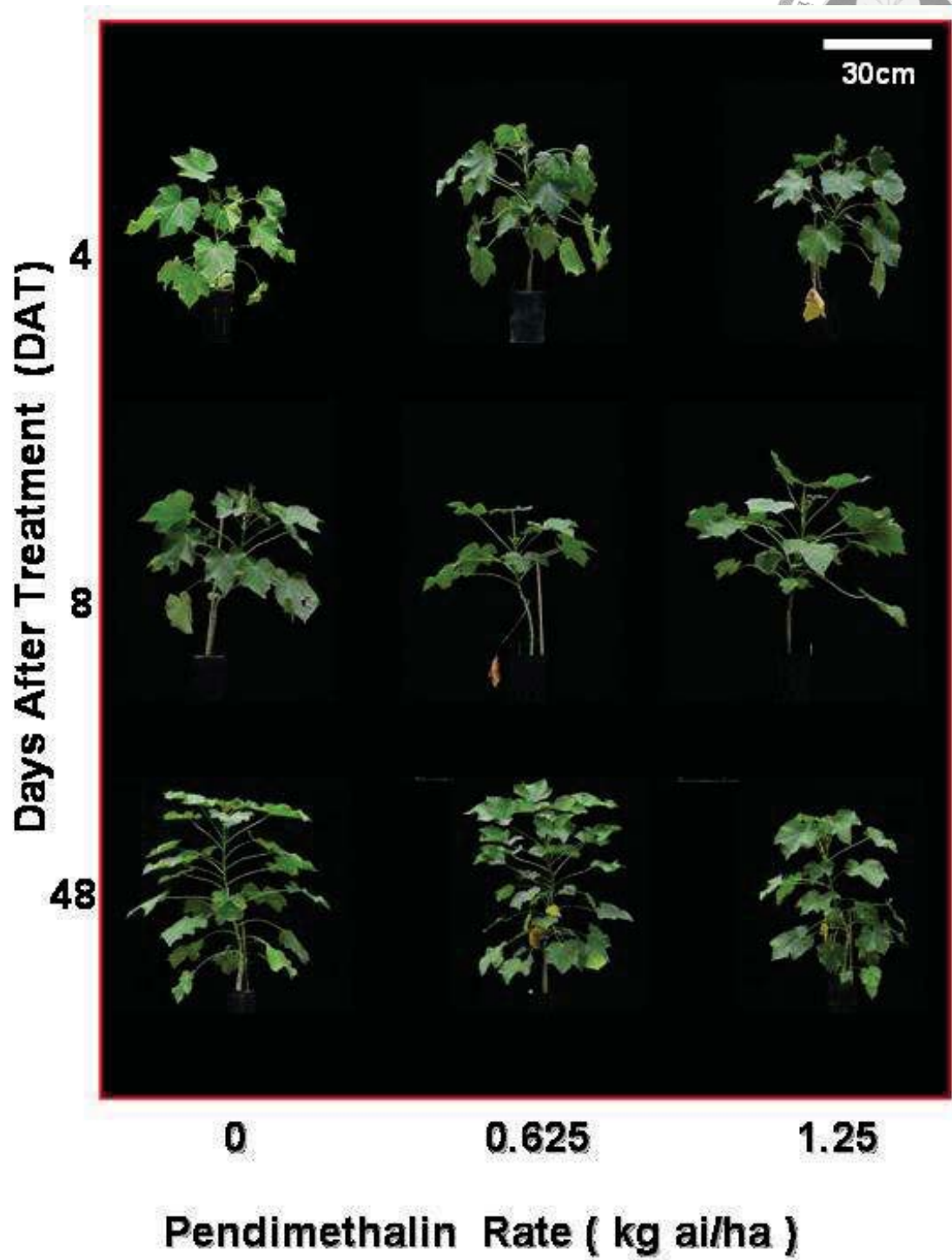
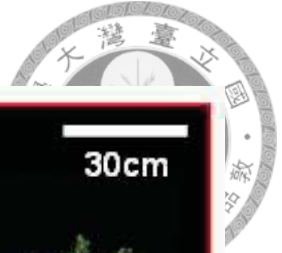


圖 8、除草劑 Pendimethain 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 8. The effects of the Pendimethain on the growth in *Jatropha curcas*.

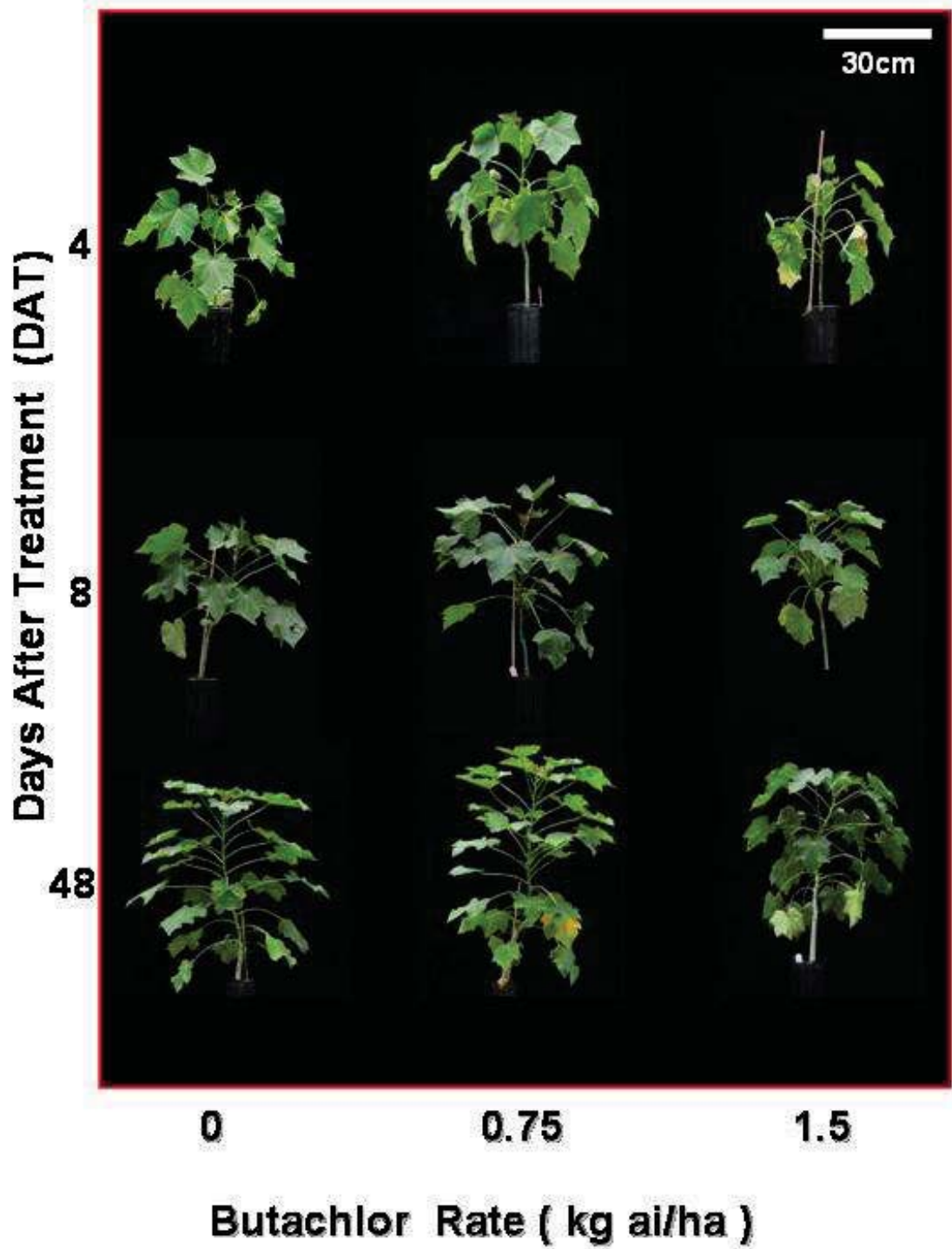
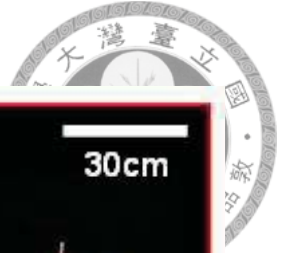


圖 9、除草劑 Butachlor 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 9. The effects of the Butachlor on the growth in *Jatropha curcas*.



圖 10、除草劑 Alachlor 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 10. The effects of the Alachlor on the growth in *Jatropha curcas*.



圖 11、除草劑 Fluzifop-butyl 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 11. The effects of the Fluzifop-butyl on the growth in *Jatropha curcas*.



圖 12、除草劑 2,4-D 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 12. The effects of the 2,4-D on the growth in *Jatropha curcas*.

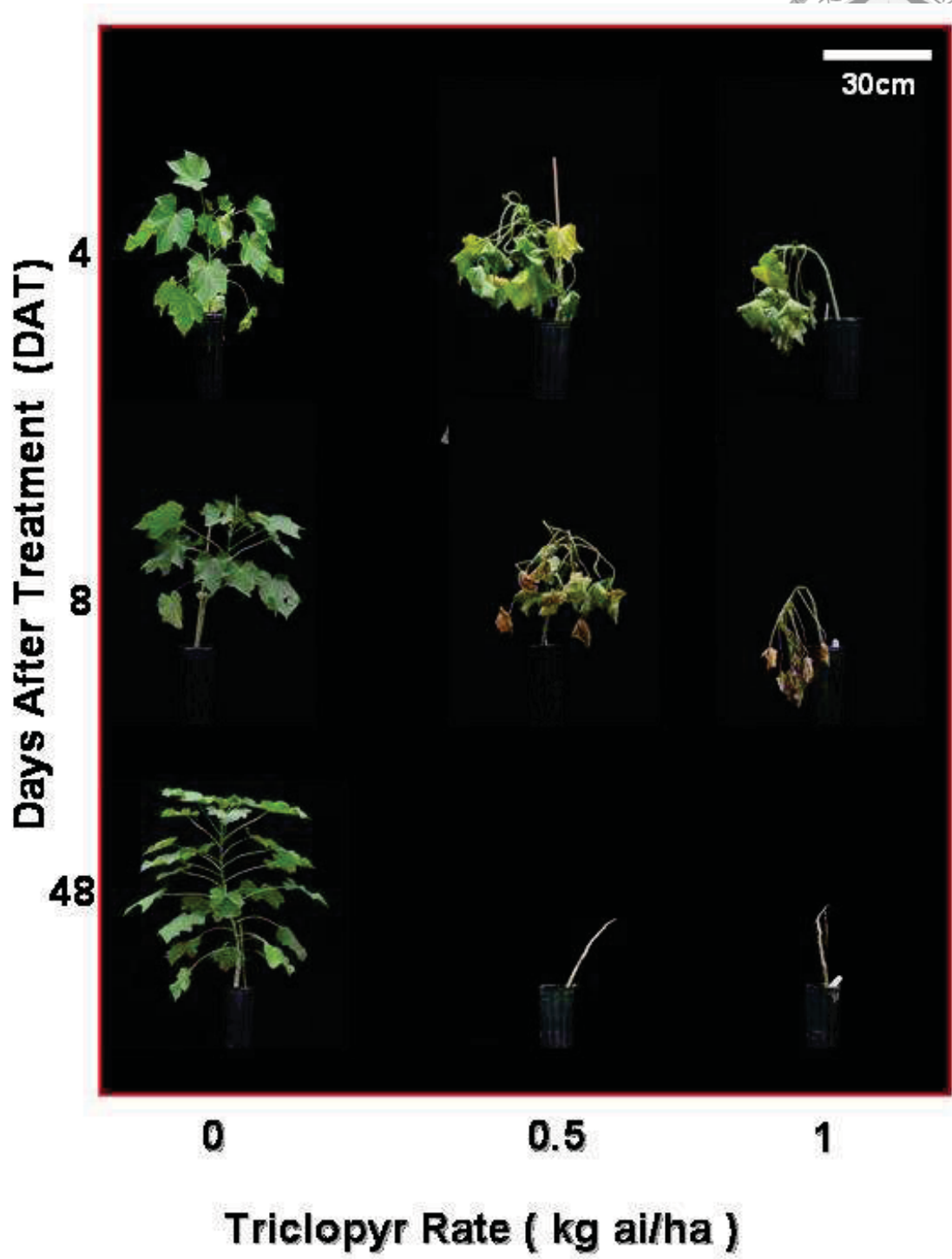
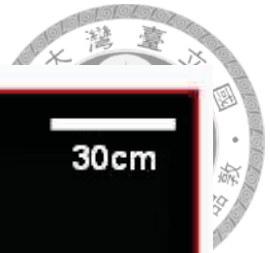


圖 13、除草劑 Triclopyr 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 13. The effects of the Triclopyr on the growth in *Jatropha curcas*.

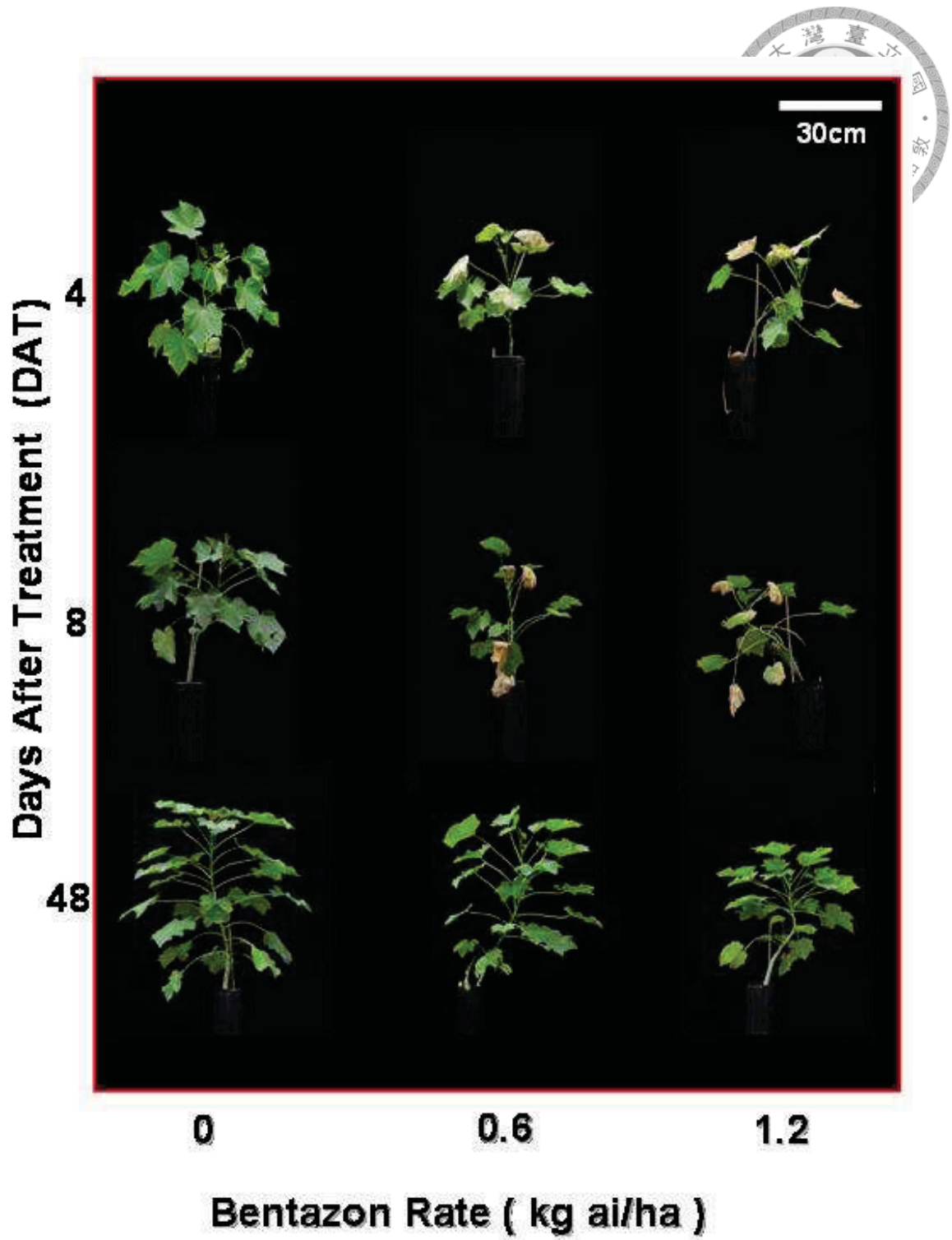


圖 14、除草劑 Bentazon 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 14. The effects of the Bentazon on the growth in *Jatropha curcas*.



圖 15、除草劑 Diuron 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 15. The effects of the Diuron on the growth in *Jatropha curcas*.

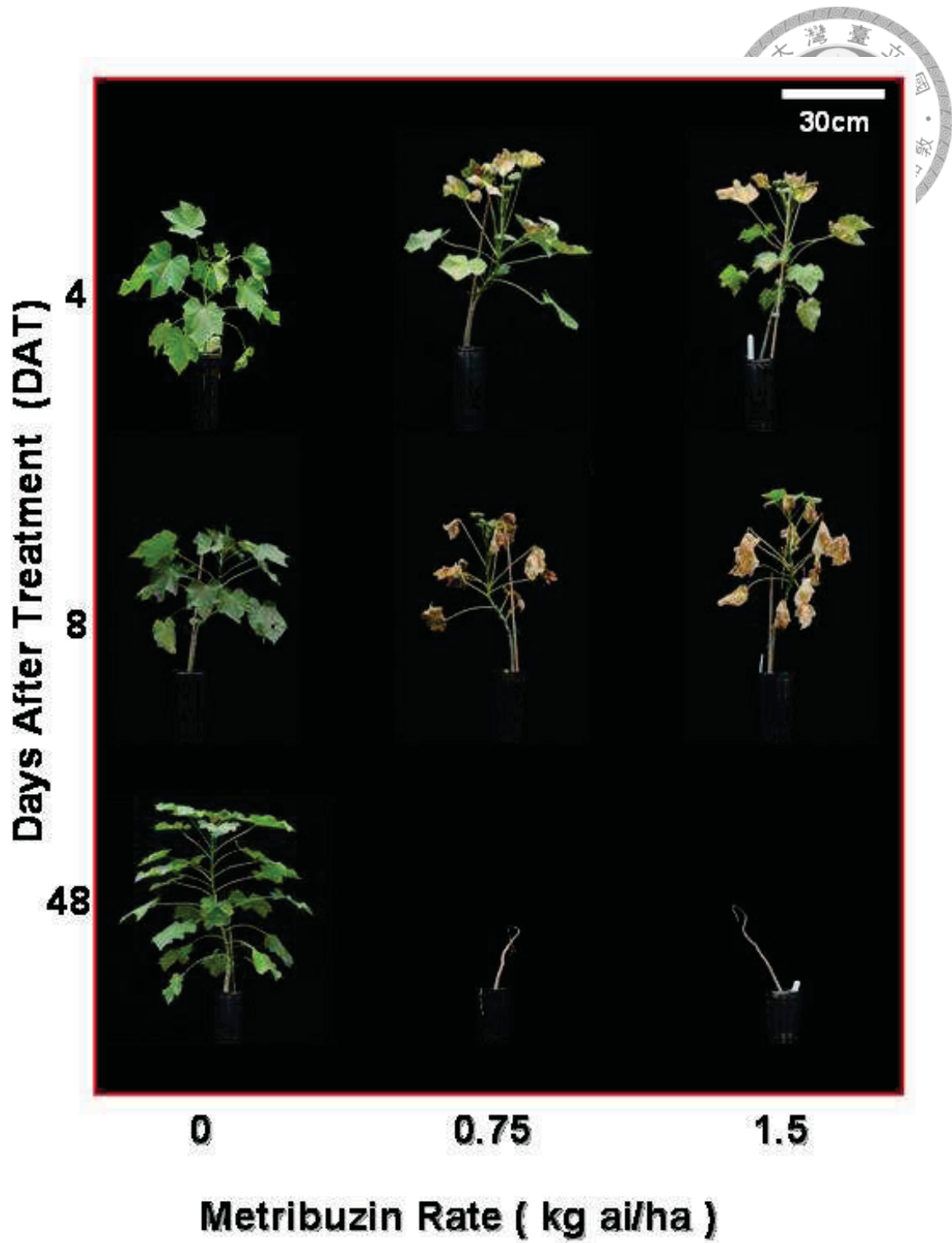


圖 16、除草劑對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 16. The effects of the Metribuzin on the growth in *Jatropha curcas*.

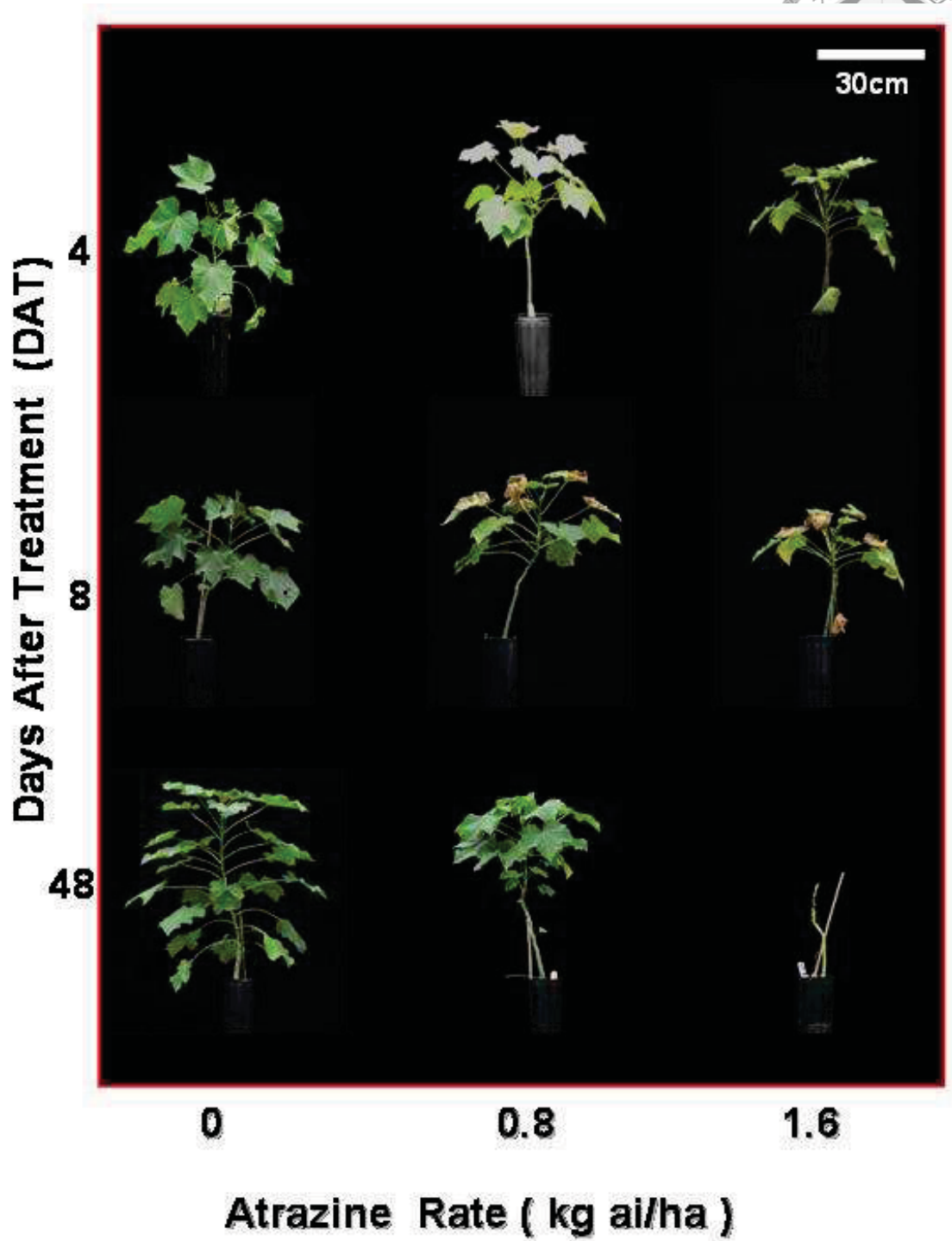
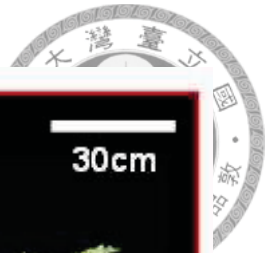


圖 17、除草劑 Atrazine 對麻瘋樹生長之影響。

Fig. 17. The effects of the Atrazine on the growth in *Jatropha curcas*.

表 7、癩瘋樹萌後除草劑試驗測試除草劑之劑型、使用時期與劑量。

Table 7. Formulation, application, and rate of herbicides tested.

Name	Formulation ¹	Application ²	Rate	
			Kg ai ha ⁻¹ (X) ³	0.5X
Alachlor	EC	pre	2.50	1.25
Atrazine	WP	pre	1.60	0.80
Butachlor	EC	pre	1.50	0.75
Diuron	WP	pre	2.00	1.00
Metribuzin	WP	pre	1.50	0.75
Pendimethalin	EC	pre	1.25	0.63
2,4-D	SP	post	2.00	1.00
Bentazon	SL	post	1.20	0.60
Fluazifop-butyl	EC	post	0.25	0.13
Glufosinate	SL	post	1.00	0.50
Glyphosate	SL	post	2.50	1.25
Triclopyr	EC	post	1.00	0.50


¹⁾EC, emulsifiable concentrate; SL, soluble concentrate; SP, water-soluble powder; WP, wettable powder.

²⁾pre, pre-emergence herbicide; post, post-emergence herbicide.

³⁾a.i., active ingredient.

表 8、萌前除草劑施用後麻瘋樹株高之變化。

Table 8. Changes in plant height (cm) of *Jatropha curcas* after treatment of pre-emergence herbicides.



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	--	46.0 _{ab} ¹	52.0 _{ab}	57.7 _a	71.8 _{ab}
Alachlor	2.50	41.3 _{bcd} _e	39.9 _{ef}	41.9 _{cd}	55.9 _{ef}
	1.25	48.2 _a	53.5 _a	57.8 _a	66.9 _{bc}
Atrazine	1.60	36.0 _f	36.8 _{fg}	39.3 _d	— ³
	0.80	46.0 _{ab}	45.1 _{cd}	48.5 _{bc}	61.3 _{cde}
Butachlor	1.50	40.8 _{cdef}	43.7 _{de}	49.8 _b	63.2 _{cd}
	0.75	45.9 _{ab}	48.4 _{bc}	50.2 _b	73.8 _a
Diuron	2.00	37.8 _{ef}	33.7 _g	44.2 _{bcd}	—
	1.00	40.1 _{cdef}	40.5 _{ef}	46.8 _{bc}	54.1 _f
Metribuzin	1.50	44.6 _{abcd}	45.3 _{cd}	45.2 _{bcd}	—
	0.75	45.5 _{abc}	46.1 _{cd}	46.4 _{bc}	—
Pendimethalin	1.25	42.0 _{bcd} _e	42.6 _{de}	47.5 _{bc}	56.5 _{ef}
	0.63	43.9 _{abcd}	45.8 _{cd}	51.0 _b	59.5 _{def}
<i>F</i> -vaule		5.60 ^{**2}	15.64 ^{**}	6.97 ^{**}	255.39 ^{**}

¹⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p = 0.05$)

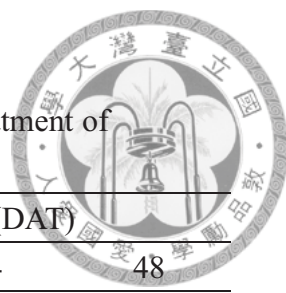
²⁾ ** Significant at 1%.

³⁾ — represented the death of plants.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 9、萌前除草劑施用後麻瘋樹莖徑之變化。

Table 9. Changes in stem diameter (cm) of *Jatropha curcas* after treatment of pre-emergence herbicides.



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	--	1.34 _a ¹	1.47 _a	1.56 _{ab}	1.78 _{ab}
Alachlor	2.50	0.98 _f	1.04 _{cdef}	1.24 _d	1.47 _{cd}
	1.25	1.33 _a	1.38 _{ab}	1.53 _{ab}	1.70 _{ab}
Atrazine	1.60	0.99 _f	1.01 _{def}	1.04 _{ef}	— ³⁾
	0.80	1.14 _{de}	1.13 _{cd}	1.15 _{de}	1.32 _{de}
Butachlor	1.50	1.25 _{abcd}	1.36 _{ab}	1.46 _{bc}	1.77 _{ab}
	0.75	1.28 _{abc}	1.37 _{ab}	1.50 _{abc}	1.83 _a
Diuron	2.00	1.06 _{ef}	0.95 _f	0.98 _f	—
	1.00	1.00 _f	0.99 _{ef}	1.02 _{ef}	1.27 _e
Metribuzin	1.50	1.17 _{bcde}	1.16 _c	1.14 _{de}	—
	0.75	1.11 _{ef}	1.12 _{cde}	1.12 _{de}	—
Pendimethalin	1.25	1.29 _{ab}	1.40 _{ab}	1.62 _a	1.58 _{bc}
	0.63	1.15 _{cde}	1.30 _b	1.40 _c	1.61 _{bc}
<i>F</i> -vaule		9.34 ^{**2}	17.67 ^{**}	31.30 ^{**}	159.31 ^{**}

¹⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)


²⁾ ** Significant at 1%.

³⁾ — represented the death of plants.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 10、萌前除草劑施用後癩瘋樹分枝數之變化。

Table 10. Changes in branch number of *Jatropha curcas* after treatment of pre-emergence herbicides. ¹



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁵	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	--	1.0(1.2) _{cd} ²	1.0(1.2) _{cd}	0.7(1.1) _{cd}	0.7(1.1) _d
Alachlor	2.50	2.0(1.5) _{bc}	3.0(1.7) _{bc}	3.0(1.9) _{ab}	1.0(1.2) _{cde}
	1.25	4.0(2.1) _{ab}	5.7(2.4) _{ab}	3.7(2.0) _{ab}	2.7(1.7) _{bcd}
Atrazine	1.60	0.0(0.7) _d	2.0(1.5) _{cd}	2.7(1.6) _{bc}	– ⁴
	0.80	2.0(1.6) _{bc}	5.7(2.5) _{ab}	2.0(1.5) _{bcd}	7.7(2.8) _a
Butachlor	1.50	1.0(1.2) _{cd}	6.0(2.5) _{ab}	2.0(1.6) _{bc}	2.7(1.6) _{bcd}
	0.75	2.0(1.5) _{bc}	2.7(1.7) _{bc}	2.0(1.6) _{bc}	2.7(1.7) _{bcd}
Diuron	2.00	0.7(1.1) _{cd}	0.7(1.1) _{cd}	0.7(1.1) _{cd}	–
	1.00	0.7(1.1) _{cd}	0.7(1.1) _{cd}	0.0(0.7) _d	3.7(2.0) _{bc}
Metribuzin	1.50	0.7(1.1) _{cd}	1.0(1.2) _{cd}	0.7(1.1) _{cd}	–
	0.75	0.0(0.7) _d	0.0(0.7) _d	0.7(1.1) _{cd}	–
Pendimethalin	1.25	4.7(2.3) _a	7.7(2.9) _a	6.0(2.5) _a	2.7(1.7) _{bcd}
	0.63	2.0(1.6) _{bc}	3.0(1.9) _{bc}	3.0(1.9) _{ab}	5.0(2.3) _{ab}
<i>F</i> -vaule		4.45 ^{**3}	6.45 ^{**}	4.73 ^{**}	8.13 ^{**}

¹) The original data were transformed into $\sqrt{x+0.5}$ and are highlighted in parentheses.

²) Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p = 0.05$)


³) ** Significant at 1%.

⁴) – represented the death of plants.

⁵) a.i., active ingredient.

表 11、萌前除草劑施用後癩瘋樹葉數之變化。

Table 11. Changes in leaf number of *Jatropha curcas* after application of pre-emergence herbicides.



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	--	16.0 _{ab} ¹	18.0 _{ab}	22.7 _b	28.7 _{ab}
Alachlor	2.50	12.7 _b	14.7 _c	17.0 _c	22.7 _c
	1.25	16.7 _a	19.7 _a	22.0 _b	28.0 _{ab}
Atrazine	1.60	13.0 _b	5.0 _d	7.7 _d	– ³
	0.80	14.0 _{ab}	5.0 _d	6.7 _{de}	15.0 _d
Butachlor	1.50	14.7 _{ab}	16.7 _{bc}	20.0 _{bc}	25.0 _{bc}
	0.75	15.0 _{ab}	17.7 _{ab}	21.7 _{bc}	31.0 _a
Diuron	2.00	14.7 _{ab}	3.7 _d	2.7 _e	–
	1.00	12.7 _b	4.0 _d	5.7 _{de}	11.7 _d
Metribuzin	1.50	15.7 _{ab}	4.0 _d	2.7 _e	–
	0.75	15.7 _{ab}	5.0 _d	4.0 _{de}	–
Pendimethalin	1.25	15.0 _{ab}	17.0 _{bc}	19.0 _{bc}	22.0 _c
	0.63	15.0 _{ab}	20.0 _a	27.0 _a	27.0 _b
<i>F</i> -vaule		1.42 ^{ns 2}	68.93 ^{**}	36.00 ^{**}	113.75 ^{**}

¹⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)

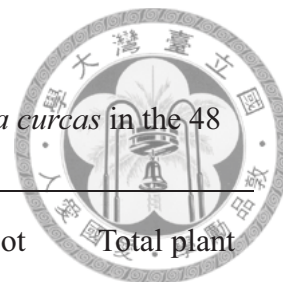
²⁾ ** Significant at 1%, ns - not significant.

³⁾ – represented the death of plants.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 12、萌前除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株鮮重。

Table 12. Leaf, stem, root and total plant fresh weight (g) of *Jatropha curcas* in the 48 days after treatment of pre-emergence herbicides.¹



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Leaf	Stem	Root	Total plant
Control	-	127.2(0) _b ²	82.7(0) _b	31.7(0) _{bc}	241.6(0) _b
Alachlor	2.50	84.0(34) _c	80.1(3) _b	20.5(35) _e	184.5(24) _c
	1.25	118.2(7) _b	100.3(-7) _{ab}	28.7(9) _{cd}	247.2(-2) _b
Atrazine	1.60	0.0(100) _e	0.0(100) _d	0.0(100) _f	0.0(100) _e
	0.80	60.0(53) _d	50.1(39) _c	21.3(33) _e	131.4(46) _d
Butachlor	1.50	109.1(14) _b	88.7(-7) _b	38.0(-20) _{ab}	235.7(2) _b
	0.75	167.1(-31) _a	119.1(-44) _a	41.2(-30) _a	327.4(-35) _a
Diuron	2.00	0.0(100) _e	0.0(100) _d	0.0(100) _f	0.0(100) _e
	1.00	42.5(67) _d	49.2(40) _c	7.0(78) _f	98.7(59) _d
Metribuzin	1.50	0.0(100) _e	0.0(100) _d	0.0(100) _f	0.0(100) _e
	0.75	0.0(100) _e	0.0(100) _d	0.0(100) _f	0.0(100) _e
Pendimethalin	1.25	124.2(2) _b	89.9(-9) _b	29.4(7) _{cd}	243.5(-1) _b
	0.63	133.1(-5) _b	82.9(0) _b	23.3(27) _{de}	239.2(1) _b
<i>F</i> -vaule		59.96 ^{**3}	31.47 ^{**}	40.47 ^{**}	52.26 ^{**}

¹⁾ The inhibitions in percentage relative to untreated control are highlighted in parentheses.

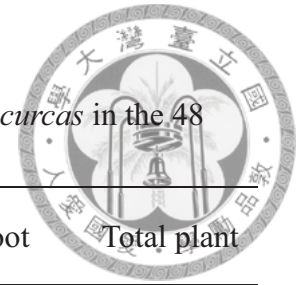
²⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p = 0.05$)

³⁾ ** Significant at 1%.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 13、萌前除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株乾重。

Table 13. Leaf, stem, root and total plant dry weight (g) of *Jatropha curcas* in the 48 days after treatment of pre-emergence herbicides.¹



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Leaf	Stem	Root	Total plant
Control	-	16.9(0) _b ²	15.8(0) _b	6.2(0) _a	38.9(0) _{bcd}
Alachlor	2.50	10.9(36) _c	16.8(-6) _b	3.6(41) _{bcd}	31.3(20) _{de}
	1.25	16.9(0) _b	24.1(-52) _a	6.2(0) _a	47.2(-21) _{ab}
Atrazine	1.60	0.0(100) _e	0.0(100) _c	0.0(100) _e	0.0(100) _f
	0.80	7.1(58) _d	21.3(-35) _{ab}	3.3(47) _{cd}	31.7(18) _{de}
Butachlor	1.50	15.2(10) _b	20.3(-28) _{ab}	6.6(-7) _a	42.1(-8) _{bc}
	0.75	21.5(-27) _a	24.6(-55) _a	7.2(-16) _a	53.2(-37) _a
Diuron	2.00	0.0(100) _e	0.0(100) _c	0.0(100) _e	0.0(100) _f
	1.00	6.1(64) _d	16.9(-7) _b	2.5(59) _d	25.5(34) _e
Metribuzin	1.50	0.0(100) _e	0.0(100) _c	0.0(100) _e	0.0(100) _f
	0.75	0.0(100) _e	0.0(100) _c	0.0(100) _e	0.0(100) _f
Pendimethalin	1.25	14.7(13) _b	15.6(1) _b	4.8(22) _b	35.1(10) _{cde}
	0.63	14.2(16) _b	15.2(4) _b	4.2(33) _{bc}	33.6(14) _{cde}
<i>F</i> -vaule		59.78 ^{**3}	21.47 ^{**}	37.19 ^{**}	36.69 ^{**}

¹⁾ The inhibitions in percentage relative to untreated control are highlighted in parentheses.

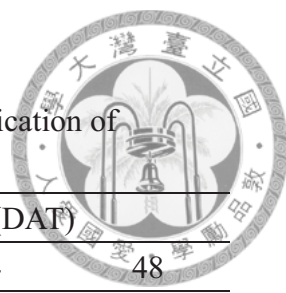
²⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p = 0.05$)

³⁾ ** Significant at 1%.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 14、萌後除草劑施用後癩瘋樹株高之變化。

Table 14. Changes in plant height (cm) of *Jatropha curcas* after application of post-emergence herbicides.



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	--	46.0 ¹ _a	52.0 _a	57.7 _a	71.8 _a
2,4-D	2.00	31.8 _{ef}	28.8 _e	– ³	–
	1.00	36.9 _{cd}	36.8 _c	29.5 _d	27.0 _e
Bentazon	1.50	33.0 _{def}	34.6 _{cd}	40.4 _c	58.5 _{bc}
	0.75	35.0 _{de}	36.1 _c	44.3 _c	57.5 _c
Fluazifop-butyl	0.25	41.6 _b	46.0 _b	50.0 _b	63.5 _b
	0.13	46.2 _a	50.2 _a	56.3 _a	70.8 _a
Glufosinate	1.00	30.5 _f	–	–	–
	0.50	40.8 _{bc}	–	–	–
Glyphosate	2.50	32.2 _{ef}	31.5 _{de}	28.8 _d	26.0 _e
	1.25	33.1 _{def}	33.5 _{cd}	32.5 _d	32.5 _d
Triclopyr	1.00	40.2 _{bc}	–	–	–
	0.50	43.1 _{ab}	–	–	–
<i>F</i> -vaule		16.25 ^{**2}	353.89 ^{**}	254.92 ^{**}	275.31 ^{**}

¹⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)

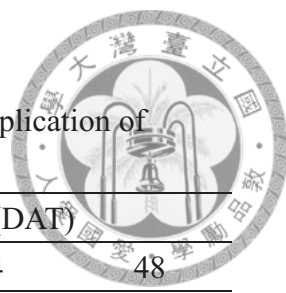
²⁾ ** Significant at 1%.

³⁾ – represented the death of plants.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 15、萌後除草劑施用後癩瘋樹莖徑之變化。

Table 15. Changes in stem diameter (cm) of *Jatropha curcas* after application of post-emergence herbicides.



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	--	1.34 ¹ _a	1.47 _a	1.56 _a	1.78 _a
2,4-D	2.00	1.08 _{cdef}	0.98 _e	– ³	–
	1.00	0.98 _f	1.13 _{bcd}	1.07 _{cd}	1.40 _b
Bentazon	1.50	0.99 _f	1.02 _{de}	1.17 _c	1.46 _b
	0.75	1.09 _{cdef}	1.16 _{bc}	1.32 _b	1.63 _a
Fluazifop-butyl	0.25	1.14 _{bcd}	1.25 _b	1.42 _b	1.69 _a
	0.13	1.35 _a	1.39 _a	1.57 _a	1.80 _a
Glufosinate	1.00	1.13 _{bcd}	–	–	–
	0.50	1.19 _{bc}	–	–	–
Glyphosate	2.50	1.01 _{def}	1.01 _e	0.96 _e	0.95 _c
	1.25	1.10 _{bcd}	1.05 _{cde}	1.06 _{de}	1.06 _c
Triclopyr	1.00	1.00 _{ef}	–	–	–
	0.50	1.22 _b	–	–	–
<i>F</i> -vaule		9.99 ^{**2}	218.62 ^{**}	357.24 ^{**}	198.71 ^{**}

¹⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)

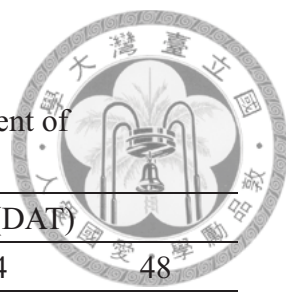
²⁾ ** Significant at 1%.

³⁾ – represented the death of plants.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 16、萌後除草劑施用後癩瘋樹分枝數之變化。

Table 16. Changes in branch number of *Jatropha curcas* after treatment of post-emergence herbicides. ¹



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁵	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	-	1.0(1.2) _b ²	1.0(1.2) _{de}	0.7(1.1) _{de}	0.7(1.1) _{de}
2,4-D	2.00	2.7(1.8) _a	0.0(0.7) _e	- ⁴	-
	1.00	4.0(2.1) _a	0.7(1.1) _{de}	0.0(0.7) _e	1.0(1.2) _{cd}
Bentazon	1.50	0.0(0.7) _c	2.0(1.5) _{cd}	1.7(1.4) _{cd}	0.0(0.7) _e
	0.75	0.0(0.7) _c	6.7(2.6) _a	4.7(2.2) _b	3.7(2.0) _b
Fluazifop-butyl	0.25	2.7(1.8) _a	3.0(1.9) _{bc}	2.0(1.6) _c	1.7(1.5) _c
	0.13	3.0(1.9) _a	4.0(2.1) _{ab}	2.0(1.6) _c	1.7(1.5) _c
Glufosinate	1.00	0.0(0.7) _c	-	-	-
	0.50	0.0(0.7) _c	-	-	-
Glyphosate	2.50	0.0(0.7) _c	0.0(0.7) _e	3.7(2.0) _b	7.7(2.9) _a
	1.25	1.7(1.4) _b	1.0(1.2) _{de}	6.7(2.7) _a	8.0(2.9) _a
Triclopyr	1.00	0.0(0.7) _c	-	-	-
	0.50	3.0(1.9) _a	-	-	-
<i>F</i> -vaule		22.49 ^{**3}	11.71 ^{**}	19.37 ^{**}	47.62 ^{**}

¹) The original data were transformed into $\sqrt{x+0.5}$ and are highlighted in parentheses.

²) Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p = 0.05$)

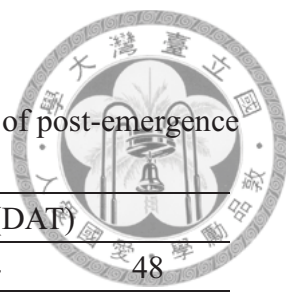
³) ** Significant at 1%.

⁴) - represented the death of plants.

⁵) a.i., active ingredient.

表 17、萌後除草劑施用後癩瘋樹葉數之變化。

Table 17. Changes in leaf number of *Jatropha curcas* after treatment of post-emergence herbicides.



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Day after treatment (DAT)			
		8	16	24	48
Control	-	16.7 _{ab} ¹	18.0 _a	20.0 _b	30.7 _a
2,4-D	2.00	12.7 _{def}	4.7 _c	- ³	-
	1.00	14.7 _{bcd}	6.0 _c	3.0 _d	3.7 _c
Bentazon	1.50	12.0 _{efg}	12.0 _b	15.0 _c	25.0 _b
	0.75	14.7 _{bcd}	12.0 _b	15.0 _c	23.7 _b
Fluazifop-butyl	0.25	16.0 _{abc}	18.0 _a	21.7 _b	30.0 _a
	0.13	17.7 _a	19.0 _a	24.7 _a	31.0 _a
Glufosinate	1.00	10.0 _g	-	-	-
	0.50	13.7 _{cde}	-	-	-
Glyphosate	2.50	7.7 _h	3.0 _{cd}	0.7 _e	0.0 _d
	1.25	11.0 _{fg}	4.7 _c	2.0 _{de}	5.7 _c
Triclopyr	1.00	12.0 _{efg}	-	-	-
	0.50	15.0 _{bcd}	-	-	-
<i>F</i> -vaule		13.99 ^{**2}	39.05 ^{**}	206.02 ^{**}	173.18 ^{**}

¹⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)

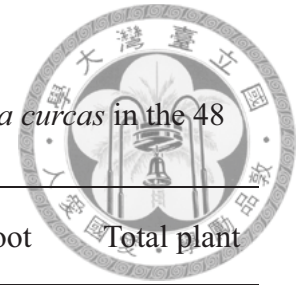
²⁾ ** Significant at 1%.

³⁾ - represented the death of plants.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

表 18、萌後除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株鮮重。

Table 18. Leaf, stem, root and total plant fresh weight (g) of *Jatropha curcas* in the 48 days after treatment of post-emergence herbicides.¹



Herbicide	Rate (kg ai ha ⁻¹) ⁴	Leaf	Stem	Root	Total plant
Control	-	127.2(0) _{ab} ²	82.7(0) _b	31.7(0) _a	241.6(0) _b
2,4-D	2.00	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d
	1.00	19.4(85) _d	32.8(60) _c	13.1(59) _b	65.4(73) _c
Bentazon	1.20	106.2(17) _{bc}	80.2(3) _b	25.8(19) _a	212.1(12) _b
	0.60	95.8(25) _c	101.8(-23) _{ab}	26.2(17) _a	223.8(7) _b
Fluazifop-butyl	0.25	125.4(1) _{ab}	92.6(-12) _{ab}	31.7(0) _a	249.6(-3) _{ab}
	0.13	140.3(-10) _a	109.8(-33) _a	34.7(-9) _a	284.8(-18) _a
Glufosinate	1.00	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d
	0.50	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d
Glyphosate	2.50	0.0(100) _d	16.3(80) _{cd}	5.5(83) _{bc}	21.7(91) _d
	1.25	5.0(96) _d	20.9(75) _{cd}	8.8(72) _{bc}	34.7(87) _{cd}
Triclopyr	1.00	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d
	0.50	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d
<i>F</i> -vaule		63.34 ^{**3}	32.86 ^{**}	19.53 ^{**}	87.52 ^{**}

¹) The inhibitions in percentage relative to untreated control are highlighted in parentheses.

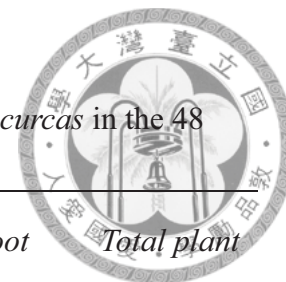
²) Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)

³) ** Significant at 1%.

⁴) a.i., active ingredient.

表 19、萌後除草劑施用 48 天後癩瘋樹葉、莖、根與全株乾重。

Table 19. Leaf, stem, root and total plant dry weight (g) of *Jatropha curcas* in the 48 days after treatment of post-emergence herbicides.¹



<i>Herbicide</i>	<i>Rate</i> (kg ai ha ⁻¹) ⁴	<i>Leaf</i>	<i>Stem</i>	<i>Root</i>	<i>Total plant</i>
Control	-	16.9(0) _{ab} ²	15.8(0) _a	6.2(0) _a	38.9(0) _a
2,4-D	2.00	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _e
	1.00	2.8(84) _d	14.1(11) _{ab}	1.8(71) _c	18.7(52) _d
Bentazon	1.20	13.0(23) _c	9.4(40) _b	4.4(28) _b	26.9(31) _c
	0.60	12.5(26) _c	14.6(8) _a	4.5(27) _b	31.6(19) _b
Fluazifop-butyl	0.25	14.0(17) _{bc}	16.4(-4) _a	5.8(6) _{ab}	36.2(7) _a
	0.13	18.4(-9) _a	16.3(-3) _a	5.7(8) _{ab}	40.4(-4) _a
Glufosinate	1.00	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _e
	0.50	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _e
Glyphosate	2.50	0.0(100) _d	2.3(86) _c	0.8(87) _{cd}	3.1(92) _e
	1.25	0.5(97) _d	2.5(84) _c	1.3(80) _{cd}	4.3(89) _e
Triclopyr	1.00	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _e
	0.50	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _d	0.0(100) _e
<i>F</i> -vaule		54.16 ^{**3}	19.59 ^{**}	24.98 ^{**}	142.88 ^{**}

¹⁾ The inhibitions in percentage relative to untreated control are highlighted in parentheses.

²⁾ Means followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, p = 0.05)

³⁾ ** Significant at 1%.

⁴⁾ a.i., active ingredient.

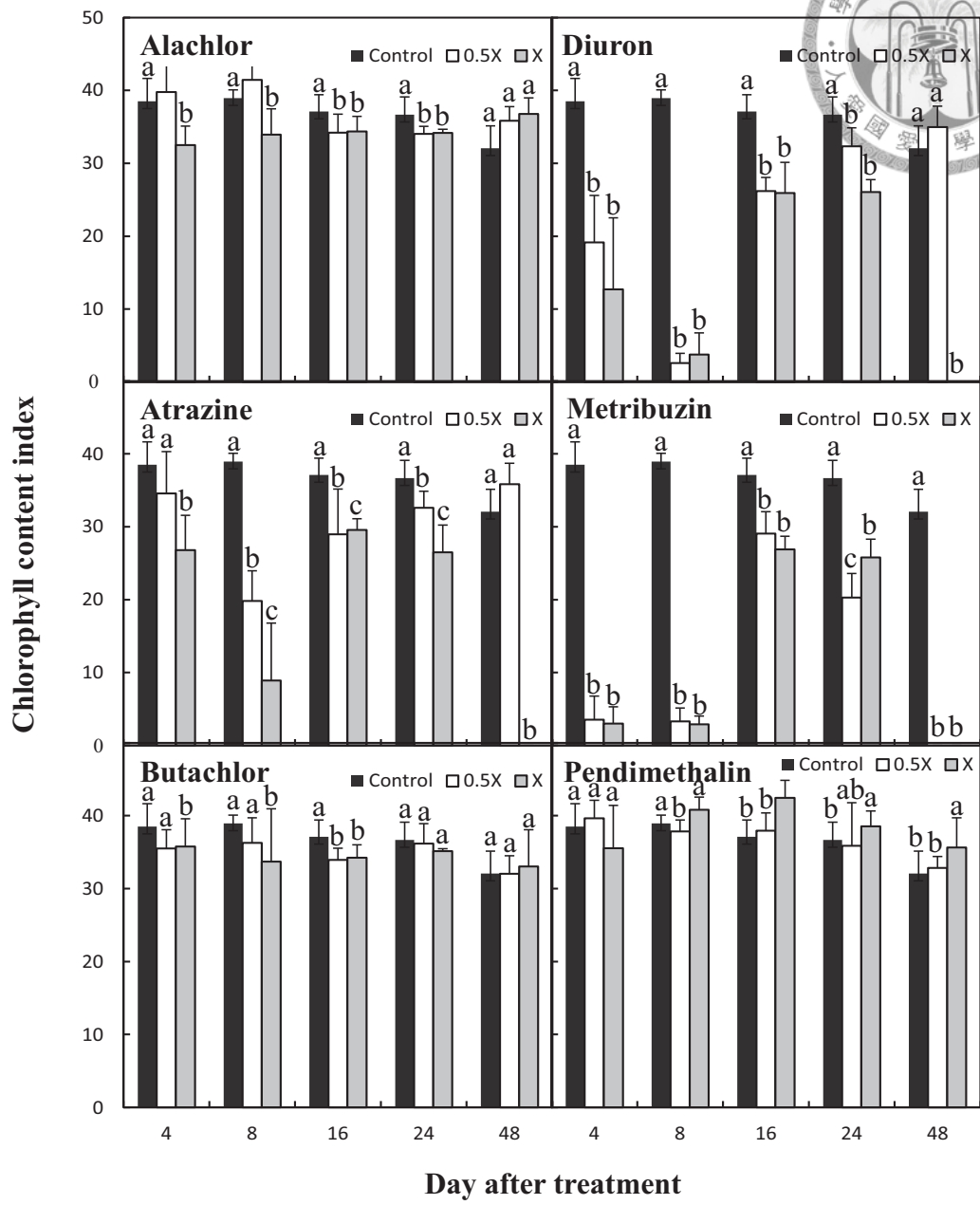
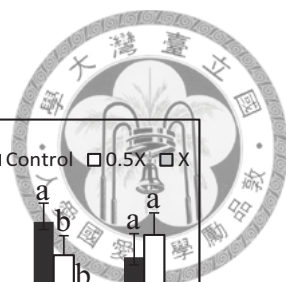


圖 18、萌前除草劑對麻瘋樹葉片葉綠素含量指數之影響。
 Fig. 18. Effects of pre-emergence herbicides on *Jatropha curcas* leaf chlorophyll content index (SPAD value).

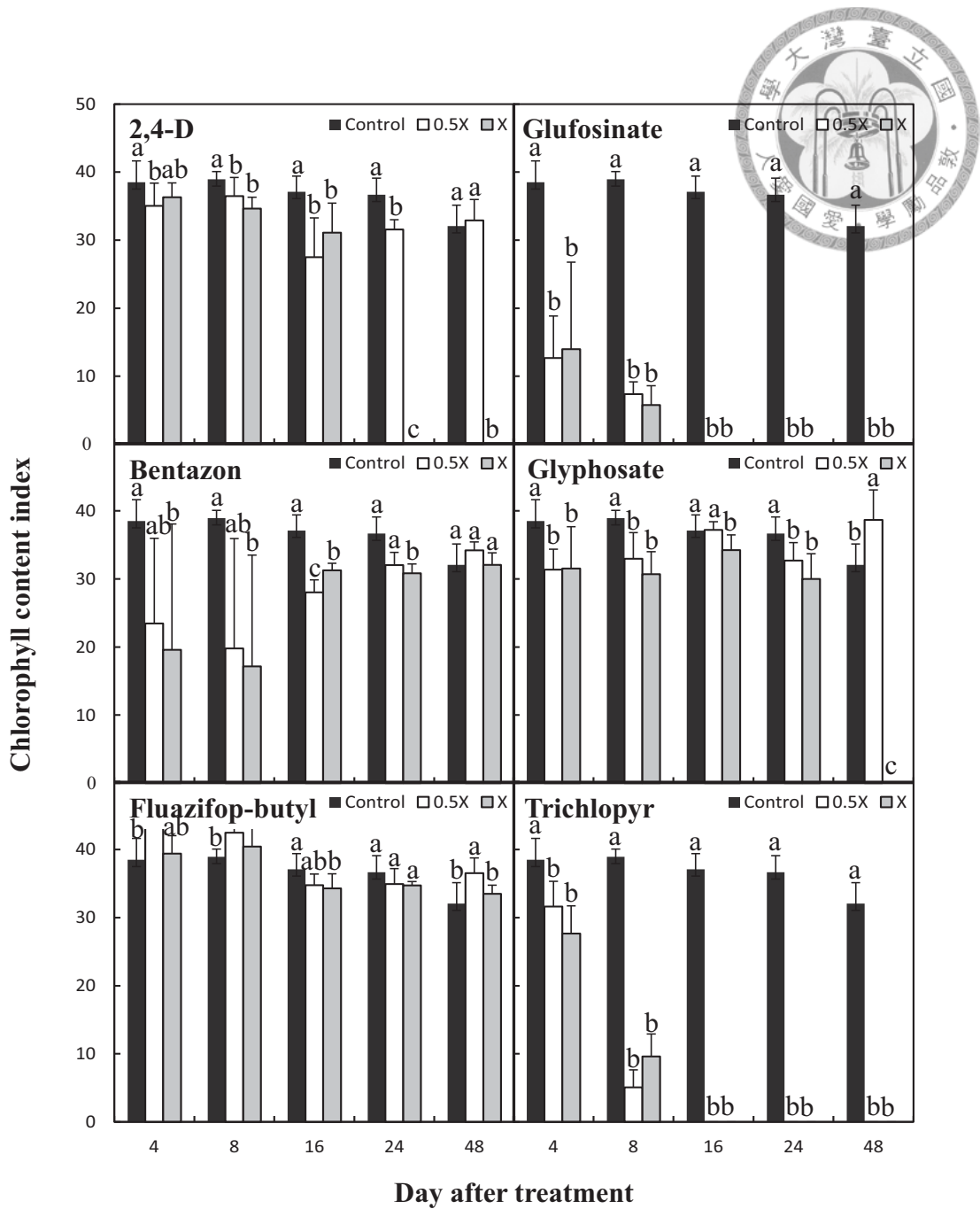


圖 19、萌後除草劑對麻瘋樹葉片葉綠素含量指數之影響。

Fig. 19. Effects of post-emergence herbicides on *Jatropha curcas* leaf chlorophyll content index (SPAD value).

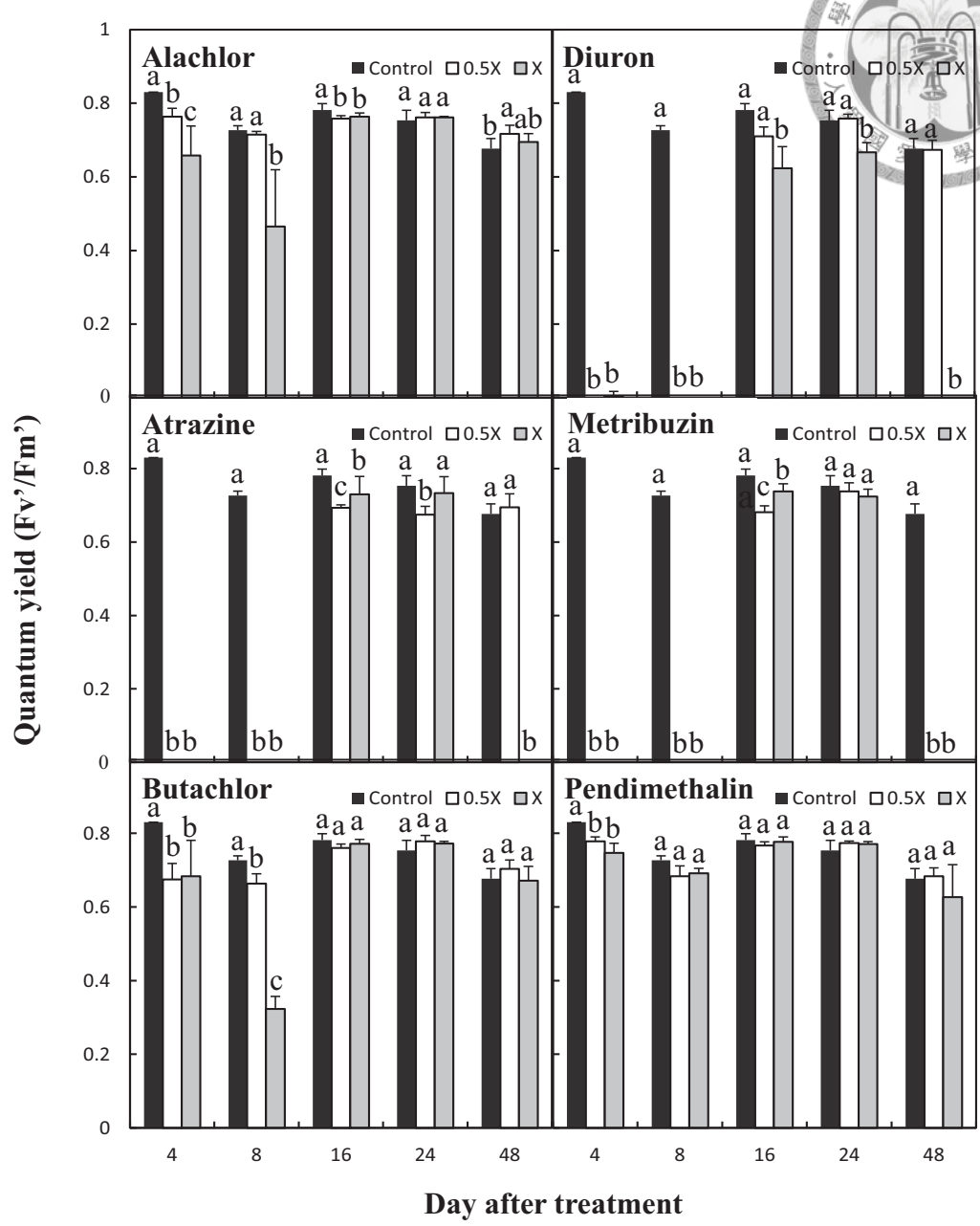
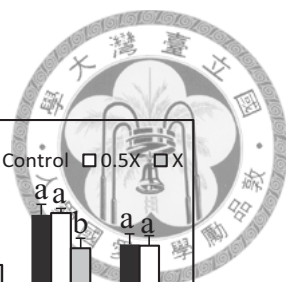


圖 20、萌前除草劑對麻瘋樹葉片光量子產值之影響。

Fig. 20. Effects of pre-emergence herbicides on *Jatropha curcas* leaf chlorophyll fluorescence parameter Fv'/Fm' .

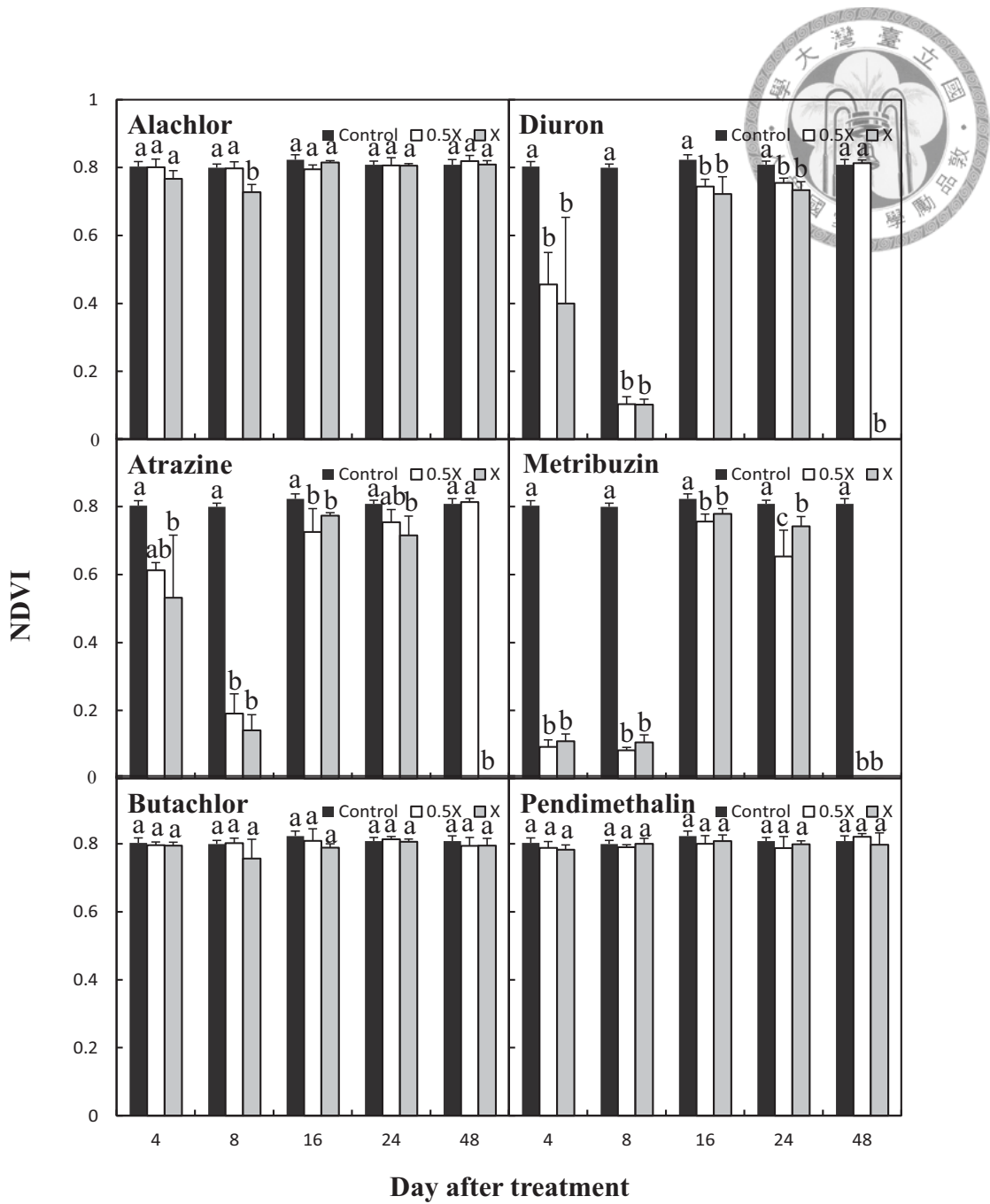


圖 21、萌前除草劑對麻瘋樹葉片常態化差異植生指標之影響。
 Fig. 21. Effects of pre-emergence herbicides on *Jatropha curcas* leaf normalized difference vegetation index.

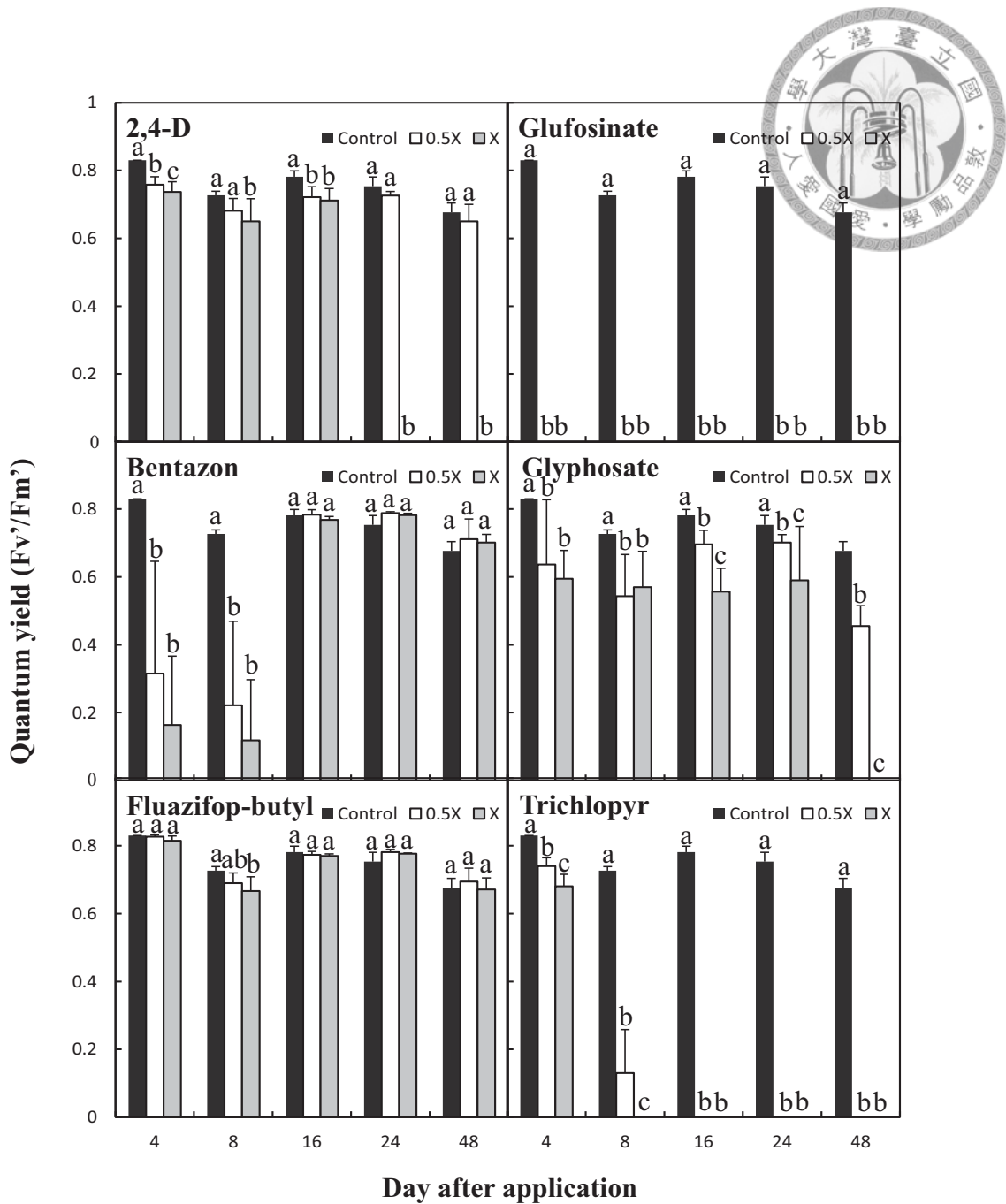


圖 22、萌後除草劑對麻瘋樹葉片光量子產值之影響。

Fig. 22. Effects of pre-emergence herbicides on *Jatropha curcas* leaf chlorophyll content index.

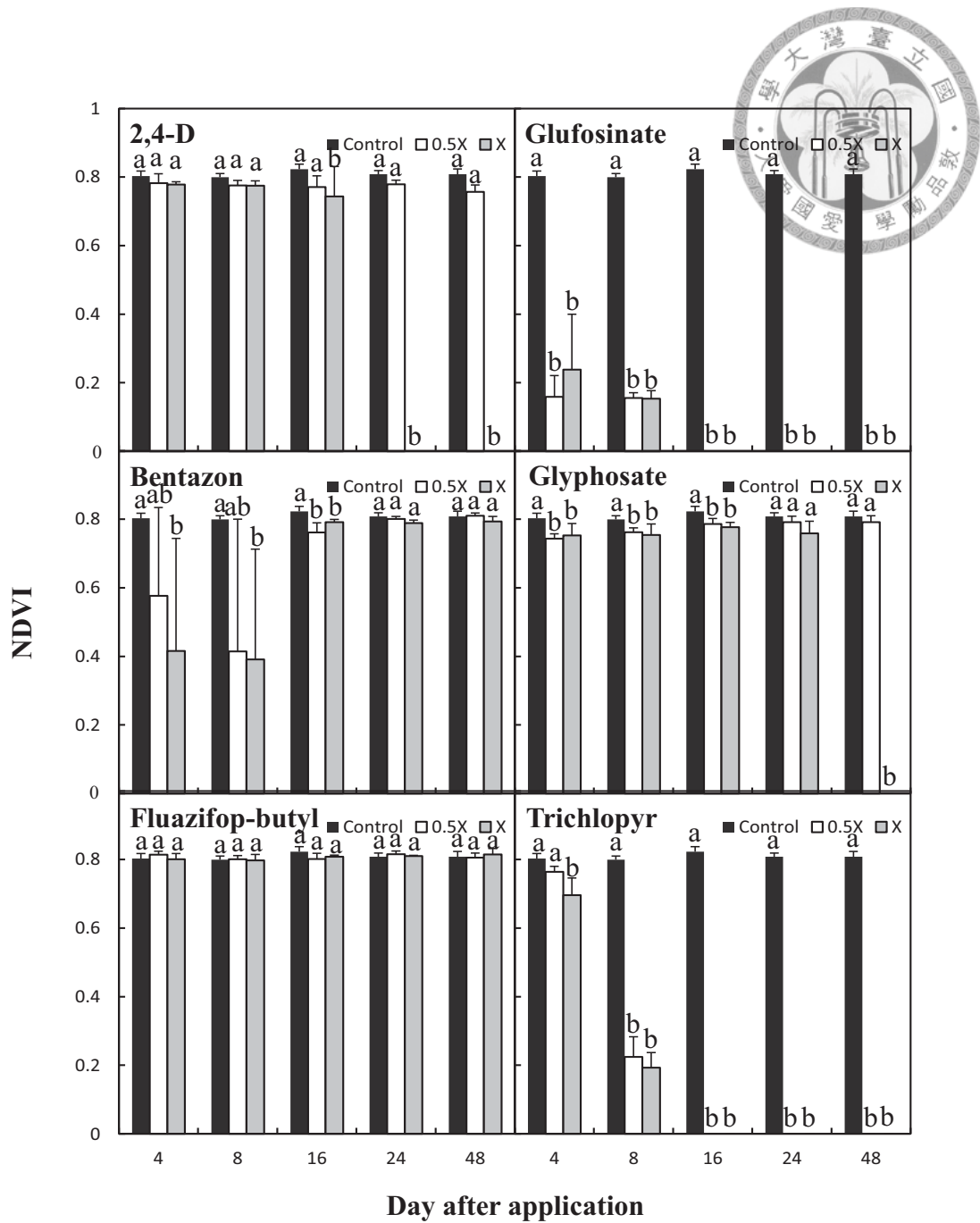


圖 23、萌後除草劑對麻瘋樹葉片常態化差異植生指標之影響。

Fig. 23. Effects of post-emergence herbicides on *Jatropha curcas* leaf normalized difference vegetation index.



圖 24、不整地栽培瘋瘋樹與玉米於種植後不同天數之生長情形。
(A)及(B)玉米與瘋瘋樹分別種植後 10 天；(C)、(D)及(E)為玉米與瘋瘋樹分別種植至 40、50 及 60 天之生長情形
Fig. 24. Growth effect of *Jatropha curcas* and corn with no-till cultivation .

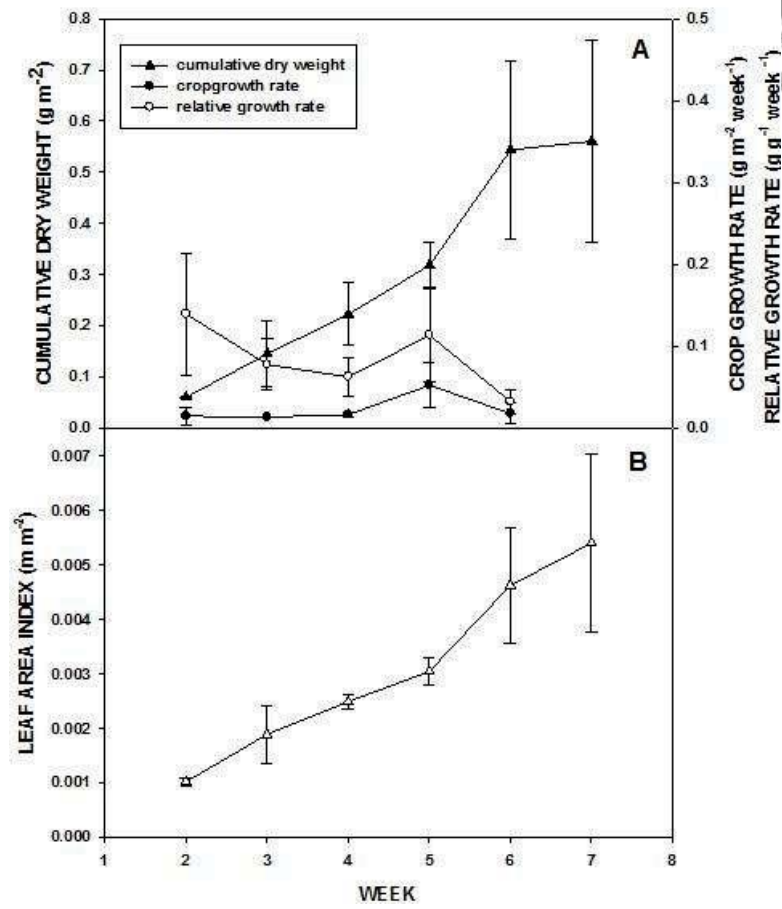
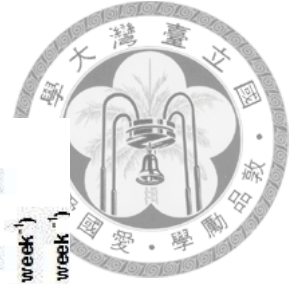


圖 25、不整地栽培制度下痲瘋樹之累積乾重、作物生長速率及相對生長速率(A)圖與葉面積指數 LAI (B)圖。

Fig. 25. Cumulative dry weight, crop growth rate, relative growth rate and leaf area index of *Jatropha curcas* with no-till cultivation.

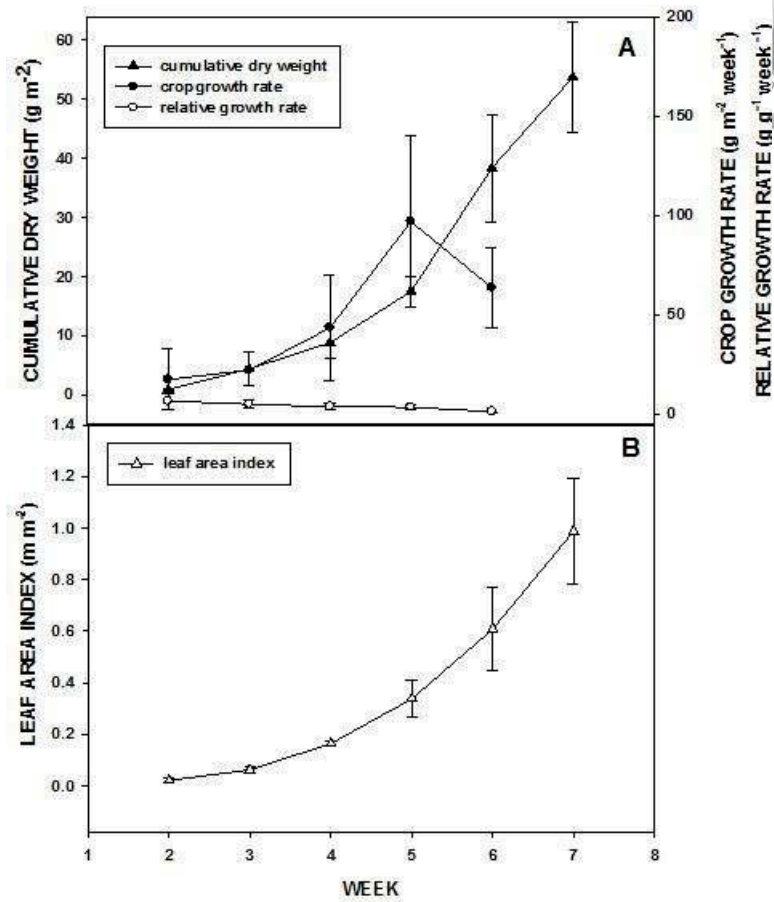
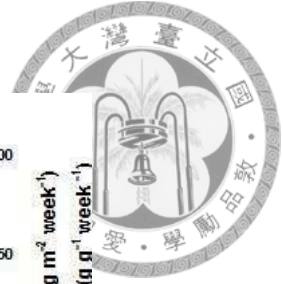


圖 26、不整地栽培制度下玉米之累積乾重、作物生長速率及相對生長速率(A)圖與葉面積指數(B)圖。

Fig. 26. Cumulative dry weight, crop growth rate, relative growth rate and leaf area index of corn with no-till cultivation.