財團法人中正農業科技社會公益基金會 一〇二年農業科技研究計畫成果研討會專刊

中華民國一〇二年六月二十五日於國立中興大學

黄裕益 主編

財團法人中正農業科技社會公益基金會 國立中興大學農業機械實習工廠 編印 中華民國一〇二年六月

財團法人中正農業科技社會公益基金會 102 年農業科技研究計畫成果研討會議程

一、研討會時間:中華民國 102 年 6 月 25 日(星期二)

二、研討會地點:國立中興大學生物產業機電工程大樓 一樓演講廳

三、議程:

10:00~10:30 報 到

10:30~11:00 開幕典禮:陳烱松董事長、陳樹群院長

11:00~17:00 成果報告

時間	題目	演 講 人	
第一節	主持人:中興大學農業暨自然資源學院 陳樹群 院長		
11:00~12:00	專題演講:台灣農業機械發展史編纂	中華農業機械學會 盛中德 理事長	
12:00~13:00	午餐		
第二節	主持人:中興大學生物產業機電工程學系 雷鵬魁 教授		
13:00~13:30	小農制農業機械化推動策略之探討農機調配代耕與委託經營	中華農業機械學會 林明仁 顧問	
13:30~14:00	農業機械化與農機產業	台灣大學 生物產業機電工程學系 盧福明 名譽教授	
14:00~14:30	氣候變遷對台灣農業水利之衝擊評估 及其調適策略之研究	臺灣大學 張倉榮 教授	
14:30~15:00	活魚運輸技術之改進	臺灣海洋大學 陳瑤湖 教授	
15:00~15:30	茶 會		
第三節	主持人:嘉事	養大學生物機電工程學系 林正亮 教授	
15:30~16:00	樹木褐根病檢測試劑商品化技術建立	林業試驗所 吳孟玲 組長	
16:00~16:30	防齲齒之草本口腔保健產品開發	臺北醫學大學 王靜瓊 教授	
16:30~17:00	部份發酵茶類產製技術交流傳承 與優質人才培育	茶業改良場 林金池 課長	
17:00~17:30	綜合討論 主持人: 劉易昇執行長、李健全顧問、盛·	中德理事長、雷鵬魁教授、林正亮教授	

目 錄

專題演講

台灣農業機械發展史編纂	盛中德	3
小農制農業機械化推動策略之探討	林明仁	14
農業機械化與農機產業	盧福明	18
計畫成果報告		
氣候變遷對台灣農業水利之衝擊評估及其調適策略之研究	張倉榮	20
活魚運輸技術之改進	陳瑤湖	43
樹木褐根病檢測試劑商品化技術建立	吳孟玲	75
防齲齒之草本口腔保健產品開發	王靜瓊	83
部份發酵茶類產製技術交流傳承與優質人才培育	林金池	104

台灣農業機械發展史編纂

盛中德 中華農業機械學會理事長 國立中興大學生物產業機電工程學系教授

台灣農業機械化的推展過程,扮演台灣農業生產技術創新與升級的原動力,且對農業現代化發展具有關鍵性的貢獻。有關的農機發展演變、推廣應用和各項推行方案及措施規劃和執行,係經眾多的農機先進和專家學者精心策劃而擬訂,並胼手胝足所努力累積的成果,其演進過程與具體成果報告仍屬階段性的業務報告,或研究報告,分散在各權責的政府機構或學術研究單位收存,尚未有系統的整理成書,時逢政府機構、學術單位等組織體系的變革,致使許多執行報告或文獻資料流失不少。且資深農機工作的先進學者專家相繼屆齡退休,又近年來相關學術機構及政府單位原設有農業機械部門或科系,因環境因素已紛紛被裁併或改制為生物機電工程科系,目前以農業機械為名的僅剩國立中興大學農業機械實習工廠一處而已,因之,若再過幾年之後台灣推行農業機械化的光榮歷程和重大的貢獻恐被遺忘,令人腕惜。本(中華農業機械)學會於民國 98(2009)年底間召開理監事聯席會議時決議:台灣農業機械化發展過程與演變和具體成果之寶貴經驗,確有系統整理編輯成書之必要,足供爾後持續推動農業機械化、自動化之借鏡,並為後人留下珍貴歷史文獻,責由學會秘書單位策畫編輯規範和經費籌措等事宜。幸得中正農業科技社會公益基金會劉執行長易昇先生鼎力協助,商獲台北市瑠公農田水利會同意於民國 101(2012)年補助計畫方式補助經費辦理,方啟編輯本發展史的路程,至為感佩。

本發展史定名為「台灣農業機械發展史」,其編輯方向以圖文記敘台灣農機發展、機械化推行的歷史演進,和重要措施成果事蹟,不作學術上論述,和機械性能與操作技術之介紹。蒐集的文獻資料其收錄時間則至民國 100(2011)年底為止。內容包括農業機械行政及推廣教育體系變革、重要推行措施,農機具發展的演進及背景,產業機械發展應用,農業自動化與電子化、農機工業發展營運(含農機工業公會成立),農機機電整合應用以及未來展望等共分 8 篇,分別邀請具有實務經驗者為撰稿及審稿人,並特邀資深農機先進提供編輯諮詢,以其周延,茲概述如下。

「農業機械」係指農場經營所需機械,應指硬體本身而言,在狹義的農業機械,即為農作物生產管理所需的機具,包括整地、種植、中耕管理、病蟲害防治、流排水管理,和收穫調製等田間機械,以及收穫後初級處理與加工用機械。廣義上的涵蓋範圍則將畜產機械、漁業養殖機械與林業機械等包括在內。由於農業機械發展應用與「機械化」有其息息相關的密切關係,包括軟體政策的配合,和環境變遷等因素結合。故農業機械化的發展,必須具備三個重要的條件或因素的影響;第一,必須有適合的農業機械,就是合乎台灣農業環境適用的機械,若無合適使用的農業機械,自然無從談起機械化;第二,需要而有利於農業機械化的客觀環境,如農村勞力不足、工資上漲、教育普及、生活水準提高,及土地重劃等相關因素的整合,始可推動農業機械的工作;第三就是政府政策性支持和推動,如提供長期低利貸款與補助、加強農民訓練、輔導國產農機發展和加強

農機服務等,政府政策的支持對推展機械化的速度,有決定性的作用。於此,民國 42 (1953)年政府實施耕者有其田政策以後,已為農業土地問題,尋出一個全球舉步讚譽的解決方法。同期並推動四年經濟建設計畫,配合開發水土資源,健全農民組織,以及改進生產技術的結果,農業生產倍數增產,供應充裕的糧食及工業原料,穩定工資與物資,並積極擴展外銷,賺取外匯,達成「以農業培養工業」的目的,奠定台灣經濟發展的根基。台灣經濟在相當穩定的情況下高速發展,而社會結構亦由農業社會蛻變為工商社會。因此,在經濟發展的歷程中,最大的特點之一,即為廉價的勞工逐漸消失,勞力漸感不足,農村勞力大量移入都市及工廠,使得農業經營亦受到勞力不足的威脅,農忙期尤感勞力缺乏,加以工資上漲,尤其青年農民離鄉離農嚴重危及農業正常生產,這種勞力消長遷移情勢,自然反應到農業機械的需求上。又隨著社會的進步,農村生活提高,農村勞力持續外移致使農村人力顯著減少,和農業生產成本增加。為期突破農業經營的瓶頸,必須由農業機械的有效利用來補充,以達到維持或提高農業生產的目的。是故,有效地推行農業機械化直接影響農業發展,間接關係國計民生。

鑒於農業機械化的重要,政府先後推動實施「耕耘機推廣計畫」(民國 48 (1959) 年),針對稻作機械化整地需要引進耕耘機,並進行推廣及自行生產,以補充耕牛之不 足,但由於當時農村勞力尚屬充足故效果不彰。其後,政府在財政上、人力上及制度上 予以整合,持續公布實施「加速推行農業機械化方案」四年計畫(民國 59(1970)年)、「加 速推廣稻殼烘乾機」四年計畫(民國 67 (1978)年),以及「經建農業六年計畫」等重要 措施,並由經濟部成立「加速農業機械化推行小組」負責推動,另由國庫、農復會(農 業委員會前身)及農業行庫提供農機貸款資金,供農民購置農機之專案低利貸款。實施 結果在稻作機械化方面已獲顯著發展,其他雜糧、園特產、林業及其他畜產業機械化發 展,仍待繼續努力。因此,先總統 蔣經國先生在任行政院院長時,於民國 66 (1977) 年9月22日在立法院宣布繼續推動國家十二項建設,將「設置農業機械化基金促進農 業全面機械化」列為十二項建設之一,自民國 68 (1979) 年至 71 (1982) 年計四年由 國庫分年提撥 10 億元共計 40 億元,設立「農業機械化基金」,並由農業行庫(土地銀 行、農民銀行、合作金庫),和設有信用部之鄉鎮(區)農會等機構,提供同額資金配 合,共計八十億元,作為農民購買農業機械所需資金之低利貸款,並利用基金孳息推行 農業機械化相關措施的支應,以加速推行農業全面機械化,改善農業生產結構,提高農 業勞動生產力,解決農村勞力不足,達成台灣農業全面機械化的目標。





民國 60、64(1971、1975)年雙十節台北市重慶南路遊行

第一篇 農業機械行政及推廣教育體制之變革

台灣農業發展的推動行政單位在民國 34 (1945) 年以後包括中國農村復興聯合委員會 (簡稱農復會)、台灣省政府農林廳和糧食局。在中央政府層面,民國 68(1979) 年農復會結束改組成立行政院農業發展委員會 (簡稱農發會),為行政院的農業諮詢、設計、協調行政單位。民國 73(1984) 年農發會與經濟部農業局合併改組為行政院農業委員會 (簡稱農委會),延續中央政府層級的農業政策制定工作。

在台灣省政府層級,民國 34(1945)年 10 月 25 日成立臺灣省行政長官公署並設置農林處。民國 36(1947)年 5 月 16 日臺灣省行政長官公署改組成立臺灣省政府,仍設置農林處。民國 38(1949)年中央政府播遷來臺,為加強地方建設,將農林處改為農林廳。民國 88(1999)年 7 月 1 日臺灣省政府功能業務與組織調整,原台灣省政府農林廳裁併為農委會中部辦公室,改隸為農委會附屬機關。民國 93(2004)年 1 月 30 日農委會農糧處與中部辦公室(原農林廳)及第二辦公室(原糧食局)等單位的業務整併成立農糧署,仍隸屬於農委會。

政府部門設有農機頭銜的專責行政單位首推民國 59(1970)年在省農林廳農產科原設資材股改制為農產科農機肥料股,專責推動國內農業機械化工作。於民國 67(1978)年農產科農機肥料股分別獨立為農業機械股和土壤肥料股。民國 88(1999)年農林廳裁併為農委會附屬機關,原農林廳農產科農機股改為第三科農機股。民國 93(2004)年農糧署成立時改設農業資材組農業機械科。民國 100(2011)年 5 月 16 日農糧署縮減行政單位,將農業資材組農業機械科與土壤肥料科再合併為農機肥料科。歷年來台灣農業機械化推動工作雖由省級三級單位農機股負擔大部份第一線農機行政及推廣教育的執行工作,但其貢獻與成果有目共睹,獲得台灣農機相關業界肯定。

台灣農業機械推廣教育的規劃執行單位以農復會、台灣省政府農林廳和糧食局為主,開辦一年以內的農機訓練班和短期農機操作修護訓練講習班。訓練對象來自台灣省政府,鄉鎮公所、農會和民間的農機相關的行政、技術和管理人員。執行農機推廣工作的基層單位為各鄉鎮公所及農會。各地農業職業學校自民國 49(1960)年起廣設農機科培育基層農機操作和維修管理人才。高級農機人才的培育方面,各大學自民國 34(1945)年起即有農業機械專業課程的講授,於民 49(1960)年起在相關科系設置農機科組,並於民國79(1980)年代在農業特色大學成立農業機械工程學系,大量培育農機人才。

第二篇 農業機械發展概況及農業機械化重要行政措施

台灣自光復後,農業迅速成長,間接扶植工商業的發展,其成長且有青出於藍的趨勢。將以農業為骨幹的經濟型態,完全蛻變為以工商業為主的經濟體系,造成農業興非農業所得差距及逐漸加大,農村勞力大量外移,工資上漲,致使農業生產成本大幅增加,影響農業成長趨緩現象。為求農業更上一層樓,改變農業出產結構,提高農業勞動生產力,推動農業全面機械化、自動化均屬必要的手段。在整個農業機械化的過程中,政府政策的支持與輔助是台灣農業機械化成功的關鍵。早在民國 49(1960)年推動「耕耘機推廣十年計畫」,即以年度計畫執行推動農業機械化的工作,開啟台灣農業機械化推行之先導。民國 59(1970)年以後,政府大力推行農業機械化,在財政上,人力上及制度上積

極配合,先後實施「加速推行農業機械化方案」,四年計畫,「加速推廣稻穀乾燥機」四年計畫,更在 68(1979)年成立「設置農業機械化基金促進農業全面機械化」四年計畫,列為國家十二項重要建設之一,由政府逐年籌措 40 億元之設立農業機械化基金,辦理農民購買農機貸款,農機補助、農機訓練、農機調配代耕,農機研究發展及有關措施,使台灣到做達到全面機械化的程度,在亞洲僅次於日本。為配合農業的永續發展,促進農業轉型升級,創造較高品質而且有利的現代化農業,自 80(1991)年度起開始推動農業自動化計畫,輔導農民及民間企業利用自動化設備從事農業生產,加速農業發展,開拓農業機械化發展的新領域。

現行有關農機推廣與管理的施政,主要有農機貸款與補助、代耕中心、農機服務業 等設置輔導、農機用油、用電的優惠,以及農機工業輔導與售後服務等推行政策與措施, 多透過計書導入推行,同時利用行政規範之,但這些仍屬權宜性的措施。都是因應當時 農業生產環境,解決農村勞力不足,或提高農業勞動生產力等方面的需要而訂定,不免 有許多因地制宜、因時制宜的措失。在農業資材管理範圍中農藥方面有「農藥管理法」、 肥料有「肥料管理法」,種苗業有「種苗管理法」等依法律制訂,僅農業機械管理方面 還未有法制化的規範。為長期發展農業機械化著想,農機界人士在80(1991)年間積極推 動仿效,日本及韓國製訂「農業機械化促進法或振興法」之模式,研討擬定的「農業機 械化促進法」法制化工作,以促使國內農業機械化推行予以法律化,提昇我國生產力及 農機使用的品質,規範各級政府推廣農機的職權範圍,並對農機生產者與使用者的權益, 以法律予以保障及約束,樹立農業機械化與自動化長期發展的範疇,使農機的研究開發, 生產製造及檢測,農機推廣使用等各方面均有法律依據,並作為最高指導準則。曾在 83(1994)年 6 月透過當時立法委員趙少康等 21 位委員連署提案擬具「農業機械化推行 法」草案,雖經立法院第二屆第三會期第28次會議討論決議「送交立法院經濟委員會 審議」在案,惟迄今仍未獲得高層垂青與支持,恐被束之高閣,無法完成法制化,令農 機界腕扼之一大憾事。



改良乘坐式耕耘機



雜糧作物農機代耕中心



砲管式稻穀聯合收穫機 蔣總統經國先生巡視農機工業發展情形





陳副總統誠視察耕耘機操作示範 乾燥中心低溫暫存桶設置情形

第三篇 台灣農機具發展之演進及背景

台灣農業在明代漢人移入時已將閩粵農墾型態同時引進,爾後歷經荷據、明鄭、滿清及日據時期的演進,雖已有相當程度進步,但仍以人和畜力配合簡單農具為之。台灣光復以後,政府為繁榮社會經濟,大力發展工商業,以致農村勞力大量外移。因此當時幾完全依靠人、畜力和傳統農具操作的農田作業,頓感勞力不足、工資上漲、生產成本,面臨節節升高的困境。因此發展農業機械以提高工作效率,成為農民克服經營困難的第一要務。

農業機械化推行初期,著重整地機械以替代役牛,始於民國 44 年(1955)政府成功自日本引進小馬力耕耘機進行機耕,同時鼓勵學術機構、各區農業改良場、農民團體及廠商進行農業機械研究開發、示範推廣及生產,並以補助與低利貸款措施,協助農民購置耕耘機。在推廣初期,發現利用機耕,效率高且有利於配合農時增加產量,因而農民信心大增,同時培訓農機人才,台灣農業機械化得以順利展開。此期間國內產製耕耘機廠商多達 22 家,奠定台灣農機工業的基礎。49(1960)年政府開始辦理農地重劃,整理農地垃塊擴大田區面積,有利推行農業機械化,同年推動「耕耘機推廣計畫」,建立稻田整地全面機械化的基礎。



正條密植器



手拉式直播器



環流牌手推式插秧機



早期驅動式耕耘機

第四篇 各產業機械發展應用

「農業機械」即經營農業所需的機械,廣義的農業機械發展應用範圍包括農、林、漁、牧等各方面所需的資材及設備等,故其真正涵蓋的範圍相當廣泛。過去五、六十年代的農機發展,均僅限於田間作業所需的機械為主,主要以耕地整理及作物栽培管理、收穫調製乾燥的田間機械。一般通稱農業機械而言,對廣義的農業機械包括林業機械和漁業機械,惟在本發展史中,該等產業所需農機的開發將不涵蓋於本篇幅範圍。至七十年代以後由於作業層面之開展,在畜牧、園特產、農產品收穫後處理及儲運機械等方面,已陸續進行探討與研究開發,並加緊推廣應用,解決勞力不足及爭取農時、提高經營效率,並以促進農業全面機械化為目標。本篇產業機械以農產(稻作、雜糧、園特產、茶葉、果樹、蔗作及坡地用)和畜禽生產等產業別為主軸,另尚包括整地機械如農用引擎、電動機等,其各產業則依作業別功能性結構改進,多樣化用途和實務設計創新等方面,論及國內農業機械開發演進過程,大部分均依靠我們本身能力開發適用台灣的農業機具,且成就顯著。





民國 44 年自美國引進「快樂農夫號」

早期各式耕耘機





茶園自走式高架噴藥作業機 救國團蔣主任委員經國巡視農機訓練中心 第五篇 農業自動化與電子化

技術、人才、資金是產業發展的三大要素,其中在技術的發展上,隨著時代的進步,農業機械的技術,在民國80年起由單純的機械化發展,擴展成自動化技術發展。行政院於民國78年(1989)12月6日核定「中華民國產業自動化計畫」,決定擴大辦理,從民國80(1991)年至89(2000)年,推動「中華民國產業自動化計畫」,將農漁牧產業自動化,與製造業自動化、商業自動化、營建業自動化等一同列入計畫中推動,這是農業自動化的濫觴。然農漁牧產業自動化係由行政院農業委員會負責推動,並將該計畫分為農業生產、漁業生產、畜牧生產、農產運銷服務及推動配合措施等五個方向,分別成立計畫執行,並分為第一期五年(民國80(1991)年至84(1995)年)為引進開發期,第二期五年(民

國 85(1996)年至 89(2000)年)為應用推廣期,分階段實施。該項十年計畫,行政院在民國 88(1999)年 6 月通過「產業自動化與電子化推動方案」,設立自動化與電子化推動小組,成立指導委員會與民間諮詢委員會,選定製造業、商業、金融證券業、農業、營建業為推動範圍。自此農業電子化遂成為與農業自動化並行的另一項重要發展技術方向。民國 89(2000)年農委會成立農產運銷電子化計畫;另農委會動植物防疫檢疫局於民國 87(1998)年 8 月 1 日正式成立後,鑑於自動化技術的重要,也於民國 94(2005)年,成立防疫與檢疫自動化計畫。到了民國 98(2009)年農委會內部規定農漁牧自動化項目,回歸各業務處的科技計畫辦理,不再單列一施政項目;其餘與電子化有關的則由農委會資訊中心彙辦。為推動農漁牧產業自動化計畫,當時規劃十年投入新台幣 36 億元資金,平均每年約 3.6 億元。其中農業生產自動化約占 37%,比例最高;農產品服務業占 31%,居次。實際計畫推動後,因施政預算等相關因素,使計畫前 8 年實際投入經費為 24 億元,每年投入約 3 億元,實際投入經費,占規劃投入經費之 83%。實際投入經費為 24 億元,每年投入約 3 億元,實際投入經費,占規劃投入經費之 83%。實際投入以農業生產自動化,約占 41%為最高。但整合農漁牧產業自動化的推動配合措施經費,當時是歸類在農業生產自動化項下。





台大桃改型鼓式穴盤自動播種系統 國內自主開發之塑膠布溫室生產系統





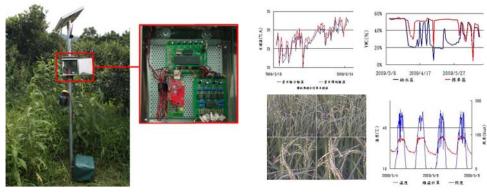


精米計量包裝機





水試所超集約養殖系統進行鰻魚分級作業 乳牛自動給飼系統



東方果實蠅自動化誘引計數裝置

水稻生長資料庫

第六篇 台灣農機工業發展營運

台灣農機工業應溯自民國 46(1957)年 22 家公司設廠製造小型耕耘機械算起,但由於當時產製的耕耘機品質不佳又不耐用,以致銷路不好,於是大部分工廠,相繼停止生產。故實際的農機工業起步,應從 49(1960)年的中國農機與新台灣農機設廠開始,以及52(1963)年大地菱成立,國內的農機工業也在三家公司設立專業工廠後,才算是有了根基。60(1971)年代初期政府訂定「加速農業機械化方案」和「加速推廣稻穀乾燥機」計畫公告實施,積極推廣耕耘機、插秧機、動力噴霧機、收穫機及乾燥機等稻作機械及農地搬運機。並致力輔導發展國產農機,充分供應國內適用的農機,免遭外人控制國內農機的供需。在此期間可以說是農機工業發展最迅速的時期,亦是國內農機市場競爭最劇烈的時期,國內產品要以品質、性能、售價及售後服務與進口同類產品競爭,同時期國內業者間亦有劇烈競爭。

在民國 67(1978)年度開始執行「設置農業機械化基金促進農業全面機械化計畫」,以推行稻作全面機械化為主,其他作物、畜牧及漁業等機械化為副。本計畫的推行不啻給農機工業各業者打了一針興奮劑,故又有很多新的農機工廠參與,當時農機工廠約有50 家均屬中小企業。政府為扶植國內農機工廠:訂定各種保護措施如「輔導設置農機中心工廠」、「降低農機零組件免關稅」、「農機進口管理」等計畫,有意藉此奠定農機工業的基礎,農機業者亦均投入資金準備進一步發展。但農機工業的輔導計畫因涉及政府單位多,又受各方不同意見的影響不能相互配合執行,以致未能有效輔導農機工業的發展,使原期望能國產化的重要農機種受日本進口農機傾銷壓力,農機萌出的幼芽被摧殘,在後期農機工業投資意願更是大幅滑落。目前除極少數幾家經營良好的農機工廠,繼續強化本身企業體質汰換設備以加強競爭外,同時積極拓展外銷市場如中耕管理機、迴轉型、動力噴霧機、噴藥車、乾燥機、農地搬運車等產品,而促進國內農機工業的升級,並生產價廉物美的農機,回饋國內農業。

台灣農機公會成立於民國 59(1970)年 4 月。由野興機械工業公司董事長王榮圳先生出任首位理事長,並由台灣農村社社長何佑元擔任總幹事。公會成立之後,各屆理事積極開發會員,並推展農機工業相關的工作,於民國 95(2006)年開始舉辦全國農機展,許多企業開始加入公會已爭取參與全國農機展,拓展農機企業視野與榮景。民國 98(2009)年之後是農機公會的另外一個里程碑,開始大量利用網路,推動網路 E 化,並許下「立

足大陸市場,站上國際舞台」的願景。農機公會積極出訪海外、開拓農機海外的行銷據點及技術合作,提升國產之名度,並在2012年首次組團參加國外展覽(東埔寨),以團體戰方式在展場受到當地政府的重視,之後也將以此目標繼續向前。





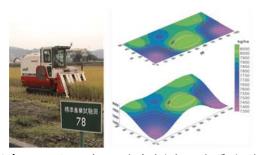
農機展實況

農機公會組團於國外參展情況

第七篇 精準農業研究--農機機電整合應用

美國20世紀初開始廣泛運用現代科技,50年代以後農業普遍採用規模化經營管理,藉由農業機械大量施用化學肥料及農藥於田間。不過,事實上在同一農場中的每一小區塊,其土壤肥力、土壤質地、土壤含水率、土壤有機質等條件往往存在著差異,雜草、蟲害與病害的發生也不均勻。大量投入化學資材於農田的作業模式並不合理,甚至於施肥或是施用除草劑、殺蟲劑與農藥過少會造成減產,施用過量會對作物傷害,甚至汙染環與造成藥物殘留,尤其在經過長期累積後,更對環境造成深遠的負面影響。因此,美國一些農業研究部門、大學與農業設備公司紛紛組織起來,以尋求一種可行的農業經營管理模式,期能使農田的灌溉、排水、中耕及其他管理作業都能依據當時當地的實際具體條件或狀況,利用高度發展的農業機械化與農業資訊化技術來進行控制,從而達到較好的農業生產效果、經濟效益與環境保護。於是,精準農業(Precision Agriculture,PA)或類似的概念逐漸成形,於70年代開始起步,80年代初期已有精準農業概念的商品化實際應用。

簡單來說,精準農業是一種以資訊及技術為基礎的農業經營管理系統,針對農田及植栽環境的變異給予最適當的耕作決策與處理,以減少資材之耗費、增加收益及減輕環境衝擊的經營管理手段。理想的精準農業作業系統必須包括六大要素:(一)農耕資料庫;(二)土壤資料庫;(三)地理資訊系統;(四)全球定位系統;(五)遙測技術;(六)自動化農機操作系統。此六大元素由一套完善的軟硬體整合串連,以擁有偵(檢)測、整理、分析、決策及作業等多重性功能。



安裝產量偵測系統之水稻合收穫機(左)及產量分佈等高線圖(右)

第八篇 展望

台灣農業機械化之發展起於 1950 年代引進耕耘機開始,迄今走過近 60 年之旅程,在政策規劃推動,相關單位及人員積極研發推廣而獲至豐碩成果,在產業上由稻作機械出發逐步擴及旱作、雜糧、果樹、特作茶葉、畜牧及漁撈業。在作業別上由整地之田間耕作機械,演進至收穫後處理之乾燥、病蟲害防治、清洗、選別分級、加工、包裝等系列作業。作業方式由機械式經半自動、發展成為機電整合之自動化系統,如今稻作、雜糧已全面機械化,其他產業的機械化及自動化也快速成長。台灣農機械化之快速長足發展,讓台灣農業生產得以因應生產環境快速變遷而持續成長,也奠定了持續發展之良好基礎。

現代化的農業,必須克服地球暖化及氣候變遷之自然逆境因素,還要面對急速改變的國際經濟貿易自由化發展的競爭環境,需調整經營策略,提升效率,降低成本,提高食用及安全品質,並符合節能減碳的環保規範。今後農業機械領域在農業發展上仍負有重大的使命,展望未來謹提出幾個方向,讓我們大家共同來繼續努力:

- 一、為維護國家糧食安全,提高糧食自給率,土地利用型的農糧產業,配合調整耕作制度活化農地及小地主大佃農政策之推動,將逐步引導走向大規模經營,相關生產、收穫、乾燥調製及儲存機具與自動化設備,需配合調整發展,提升效率及功能,減少勞力負荷及降低成本。
- 二、因應氣候異常,克服作物生產逆境,穩定產量,發展設施栽培是為重要的措施,開發適合各項作物生產之設施與設施內之栽培管理與環控技術、設備,以及具現代科技之植物工場,均有待持續研發以推廣應用。
- 三、面對國際貿易全面自由化之環境,農產品之精緻化、高級化,有利於提升市場競爭力,創造產值與利潤,提供作物在生產過程中最適當環境及養分補給之自動化感測調控,採後品質檢測分級、包裝、儲存及運輸保鮮等相關技術設備,也待持續發展。
- 四、農產品首重安全品質,精準有效之病蟲害施藥及物理性除蟲之設備,需積極研發推 廣使用,以減少化學藥劑使用,發展精準快速農藥殘留檢測儀器及產品追蹤履歷資 訊化管理設備,以建立安全農業新制,形塑台灣農產品的安全形象。
- 五、節能減碳已是世界共同重視之議題,農業生產上如何提升能源的使用效率,或研發 可使用替代能源之設備,發展綠能產業,也是農機界應配合推動之項目。
- 六、有機農業係主張以循環利用自然資源,從事生產的一種農業生產方式,世界各國也相繼加強推展,為穩定有機農產品的生產,相關種苗的培育,灌溉及肥培管理、病蟲害防治及採後集運、包裝、儲存,需有符合有機農業驗證基準之資材及設備,也有待農機技術之支援。
- 七、畜牧產業也是國內重要農產業之一,相關合適房舍結構、環境控制、自動化餵飼設 備及控制系統、產品之採集、捕捉及品質檢測、分級包裝、集運及貯存設備,也都 有進一步發展的空間。
- 八、農產品加工,方便保存,延長供應期限,提升利用範圍及提高產值,有關農產品加工之前處理,如去葉、去殼、脫粒、截切…等等,均需開發適當的機具設備,以取

代人力,提升效率,縮短處理時間,提升品質,降低成本,藉以協助促進農產品加工業之發展。

農業是關係國計民生之生物性基礎產業,產銷過程需克服內外在之影響因素及龐大的勞力負荷,回顧台灣農業機械化發展之成果,農業機械領域人員有能力及責任,延續加強相關技術及設備之研發,支援產業發展的需求,提升效率,穩定生產,造福社會人群。

誌 謝

本發展史完稿出書,有賴全體編撰人員的共同努力,和瑠公農田水利會及中正基金會的支助與鼓勵,藉此謹表最誠摯的謝忱。然史料的蒐集考証誠屬不易,又限執行期間的短侷,恐有掛一漏萬,難免遺珠之處,且圖片選用也有未盡完美之處,期望各同道先進能不吝賜教,尚待補充與指正,盼其不久的將來有更充實的專書問世,使台灣農業機械化輝煌得的發展歷史長久流傳,更使台灣農業機械化、自動化全面發展早日盡全功,則幸甚。

小農制農業機械化推動策略之探討---農機調配代耕與委託經營---

林明仁 中華農業機械學會 顧問

台灣在五、六十年代以後,由於工商業快速發展,使工商業的成長超越了農業,原由農業為骨幹的經濟型態蛻變為以工商業為主的經濟體系,對農業發展造成莫大衝擊,農工發展呈現不平衡現象,諸如農業與非農業所得差距加大,農村勞力持續外移,一般工資上漲,以及農業生產成本增加,使得農業經營困難。為突破此農業發展的困境,必須改變農業生產結構,提高勞動生產力,而推行農業機械化為主要途徑之一。但台灣農業環境特殊,小農制為其最大特徵,每一農戶平均只有1.10公頃左右,且近乎一半的農戶面積未達0.5公頃,另外,田區坵塊小亦為特色。在此條件下農機使用受許多不利因素限制,被認為較難於機械化。近年來經由政府有效推行政策措施和計畫積極推動,及配合整個社會經濟環境的演進及需求,已獲顯著成效。在稻作及雜糧等各項生產作業機械化程度已達98%以上,園特產、特作及畜牧等生產作業機械化已發展至相當程度,目前台灣農業機械化程度已被認為媲美於日本,並列前茅,使得台灣小農制農業機械化粉演一個相當有骨氣的角色,亦是小農制度下機械化發達最佳的國家。

推行農業機械化,並非僅單純的農業問題,而屬整個生產結構的全面調整,是以農業機械化的推行要能成功,必須配合有形的機械性革新,即要有適用的農機,小、大型農機合理化的利用,提高機械效率等;及無形的組織革新,即結合農民組織作適當的配合與調整,農場企業化經營的觀念加強,使農機利用能發揮優勢的經濟利益。機械性革新可以奠定機械化基礎,透過農民組織及妥善的農機調配,農機田間作業地點集中,避免往返移動及油料的浪費,有效提高農機利用率及降低作業成本,促進農業經營合理化和企業化發展,達到實質擴大經營規模的目標。

台灣在小農經營方式下,要求每一農戶同時擁有全套稻作或雜作等農機具,不僅是不經濟,也是一種投資浪費而發生「機械化貧窮」的不良後果。政府為發揮農機最大利用經濟效益,透過鄉鎮農機推廣服務機構,鼓勵專業農機戶購買農機、推動共同經營、合作農場、綜合栽培、共同作業、共同防治、代收穫及代乾燥等農機調配代耕服務,促進台灣農業機械化的有效原動力。惟該等措施均屬一種農戶的組織方式,其組織規模大小不同,鬆緊不一,造成持久性服務不足的現象。於七十年代之後,利用農機共同耕作主體,則以育苗中心、代耕中心或蔬菜種苗育苗場等供苗範圍或代整地、代播種為組織規模,使專業農機戶有固定農戶的顧客,有其固定代耕面積,無農機的農民則在農忙期亦無後顧之憂,或可安心離農,從事農業外的工作,這是農機調配代耕或委託經營的最大功能。近年來推動農機代耕或委託經營等措施執行情形略述如下。

一、 輔導設立「農業機械化推行中心」, 開拓稻作代整地業務的先驅

台灣省政府農林廳自民國 55 (1966) 年起輔導鄉鎮設立「農業機械化推行中心」(簡稱農機中心),全省計成立 51 處,以服務農村為宗旨,提供農民修護保養、農機使用訓練及農機調配等一系列服務。同時輔導設置「農機共同耕作專業使用隊」計 447 隊,除隊員耕作自有農地外,亦協助代耕鄰近農地,奠定全省稻田機械化代整地業務發展之雛型。

二、 設立「農機機耕隊」擴大代耕作業項目

民國 65 (1976) 年起由中國農村復興聯合委員會 (現農委會前身) 和台灣省政府農林廳、糧食局辦理「綜合發展示範計畫」,在全省水稻生產區鄉鎮設置「農機機耕隊」310 隊,推行稻作栽培代耕作業,包括整地、插秧、噴藥及收穫等工作。並配合第二階段農地改革擴大農場經營規模政策,輔導農機戶組織各項作業組,實施稻作委託代耕和委託經營,以擴大農場經營規模。於 69 至 73 (1980~1984) 年組成「共同經營隊」5,721 班,辦理稻作面積 115,500 公頃以上,對於稻作機械化一貫作業制度的發展,有相當助益。

- 三、 辦理全省性「水稻聯合收穫機」調配代耕收穫,加速水稻收穫機械化
 - 於民國 64 (1975) 年起透過鄉鎮公所及農會辦理全省性調配水稻聯合收穫機「從南至北」實施代收穫計畫,協助農民適時收穫水稻,完成稻作機械化一貫作業代耕制度之模式。目前民間仍沿用此一代收穫制度,使代耕者及被代耕者兩方甚為方便,收費亦合理,可節省成本 30%,有效建構完成稻作機械化收穫南北調配之健全體系。
- 四、國軍協助農民收割水稻全面使用水稻聯合收穫機進行助割工作 為紓解農村在稻作收穫期間因勞力不足及僱工不易的困難,台灣省政府糧食局配合 鄉鎮公所調查農民需求,協調國防部派出兵力,收穫機械則由台灣省政府購置或更 新提供,幫助農民收穫水稻,每年助割面積達5,000公頃以上。
- 五、 以水稻育苗中心為核心,建立稻作機械化一貫作業體系

運用以水稻育苗中心為核心,按照水利系統、區域性農業環境等因子,推行農場企業經營及農機利用推廣規劃,有計畫推動稻作全面機械化栽培,同時藉有效的農民組織,辦理委託代耕和委託經營,於 68 (1979) 年在屏東縣九如鄉試辦「水稻育苗中心契約化代耕組織實驗區示範」,以育苗中心為核心,供苗區域以 100 至 250 公頃為範圍,組織各類農機代耕作業組,為轄區內農民實施各項代耕作業,其作業時間、地點及代耕收費標準等,均透過農民組織自行協調、安排與調配等,且因農地相毗鄰,作業方便、農機作業效率提高,代耕費用和成本亦相對減低 10-50%,使代耕者與被代耕者均蒙其利,達到擴大作業規模之效,其示範成果顯著,獲致各方共鳴。遂自 69 (1980) 年第一期作起在全省 55 鄉鎮辦理,面積達 8,000 餘公頃,其後並逐年擴大推行,迅速達成稻作全面機械化的目的。

六、 配合南秧北調之農機代耕組織,建立代育苗、代插秧推廣體制

由於北部地區第一期稻作育苗期間氣溫較低,育苗困難成本亦高,而第二期作插秧期較為短促,供苗亦較急進,故多配合南秧北調方式,設立育苗中心(中小型)以配秧中心予以替代,與南部育苗中心建立合作關係,訂定長期性調苗契約,由南部育苗中心負責代育秧苗,北部育苗中心則負責供秧苗及協助轄區內農機調配的任務,經輔導南秧北調契約供苗數量每年達 40 萬箱。由於南北兩個合作的育苗中心,其農時不同,農機作業組亦互相支援,提高農機利用率。

七、 輔導成立稻作代耕代營隊,擴大水田經營規模

稻作個別委託代耕業務逐漸普遍化以後,有必要將委託代耕誘導為委託經營,俾利實質達到擴大農場經營規模的目的,於78至80(1989~1991)年度連續3年全省14縣輔助成立「水稻代耕代營隊235隊」,從事稻農辦理個別作業得的代耕業務,並兼營委託經營工作,對促進擴大水田經營規模及稻作機械化頗具貢獻。惟委託經營推行不易,其主要阻礙因素係受「375減租」和「耕者有其田」等土地利用法制及政策的影響,認為出租農地有收不回的恐懼心理,難維護委託人的權益。為卸除這種心理疑慮農委會曾數度修正「農業發展條例」規定委託經營不適用「375減租條例」等規定。不過農民仍盛行將農地私下委託親朋好友經營,即不訂定書面契約,亦不明確稱為出租。

為配合稻田轉作計畫的推行,促進雜糧機械化生產,提高農民轉作意願,於71(1982)年度起,輔導農民設立「雜糧農機代耕中心」,預定設立400處為目標,至79(1990)

八、 輔導農民設立雜糧作物農機代耕中心,建立雜糧生產機械化一貫作業體系

年度起,輔导晨民設立,維種晨機代耕中心」,損定設立 400 處為目標,至 (9(1990)年度止已在全省主要雜糧生產地區設立 389 處。於 75(1986)年起輔導績優代耕中心增購大型玉米、高粱及大豆聯合收穫機及乾燥設備,使代耕中心的代耕作業由代整地、代播種、中耕擴展至代收穫、代乾燥調製等項。同時促進土地合理利用,擴大經營規模,輔導代耕中心就現有農機設備與能量範圍,實施委託代營,使離農者將委託代耕中心代營,兩者均蒙其利,逐步建立委託代營的基礎。

行政院農委會為鼓勵無力耕種的老農或無意耕作的農民,將自有農地長期出租給有意願擴大農場經營規模的農業經營者,於 98(2009)年推動「小地主大佃農」政策,期解決農業所面臨小農、老農、農地休耕閒置及農業競爭力不足等問題藉由推動企業化經營,提高整體產業競爭力,其輔導農業經營者之一「專業農民」,皆由水稻育苗中心或雜糧機(代耕中心為主體,透過產銷班既有農業經營的農地,於同一鄉鎮或毗鄰鄉鎮再承租農地,組成各項農機作業組(隊),進行委託代耕或代營,擴大農地經營規模,企業化經營管理的層決。農委會最近以「樂活農業」及「健康、效率、永續經營」為施政主軸,在「樂活農業」之旗艦示範以三新二節新動能,「新技術、新農民、新產業」為策略目標,並以「節水、節能」為農業黃金廊道,這些新的政策方案將會塑造新的農機產業需求,和使用技術發展,建立在地農業新的經營模式與範疇。

台灣農業已邁向現代化的一種經濟生產企業發展,自然要合乎經濟原則來經營管理, 更應遵循經濟法則邁進,其發展方向應為小型與大型農機有效配合利用,多角化利用與 省能源的農機發展,和代耕、合作使用、委託經營提高農機利用率,藉由鄉鎮公所或農 會辦理農機登記,瞭解轄區各種農機數量、作業能量及分布情形等,建立詳細可靠的農 機資訊或資料庫,奠定完整規劃、推廣及利用和常態性農機調配輔導策略與農機推廣體 系,始可農機有效利用,而避免農機得過分投資。由於台灣農家耕地面積狹小,且兼業 農比例偏高,在農業利潤微薄的情況下,積極推行共同經營、合作經營、委託代耕和委 託經營等,運用組織的力量,結合小面積的家庭農場成為一大農場經營單位,期以提高 農機利用率,擴大農場經營規模。就加強農業機械的利用而言,乃以委託代耕和委託經 營兩方式是促使當前小農經營現代化與企業化的最佳途徑,即勞動力缺乏的農戶或因轉 業兼業而無法從事耕作的農民,可得田間作業委託擁有農機的代耕者,為其部分或全部 作業的代耕或代經營,使購有農機的專業農家,擴大作業面積,提高所得,並因農機充 分利用,始被代耕者亦蒙受其益。委託人可安心從事農業外工作,增加農家收入,提高 工商業所需的勞力,有助台灣整體社會經濟的全面發展,亦培養有能力的農村青年留農, 因此,農機調配委託代耕與委託經營的方式應為小農制的農業經營,擴大農場經營規模, 促進農業全面機械化最佳途徑。

農業機械化與農機產業

盧福明

國立台灣大學生物產業機電工程學系 名譽教授

臺灣自 1960 年代推動農業機械化之後,農機產業隨之萌芽茁壯,農機製造及行銷業界的努力貢獻居功厥偉,政府及時與有效的推動農業機械化政策亦功不可沒。時至今日台灣主要農作之機械化程度較之已開發國家不遑多讓,然而在進口農機之肆虐下,臺灣農機製造產業為了永續經營除了保守繼續困守國內市場,亦不得不積極開拓國際市場。在此關鍵時刻,政府政策之引導及業界佈局若有閃失,國內農機製造產業在國際激烈競爭激流中,有可能一厥不振而消聲匿跡。往後台灣農業機械化之永續發展只得仰賴國外進口農機,國人失去主導地位,農機類型及價格全由國外廠商掌控。未來台灣農業發展規劃在農業機械化走向方面宜未雨綢繆。

臺灣農業機械化之起跑點始於應用耕耘機取代耕牛,自1950年代至今歷經一甲子,農業機械化程度及成效有目共睹,耕牛由40多萬頭減為零,可分配到的耕地面積馬力數由零增至6馬力/公頃左右。1970年代檢視各國農業機械化程度指標之一為耕地面積馬力數達到1馬力/公頃以上,當時臺灣只有0.5馬力/公頃。六十年來跟隨農業機械化推動腳步,臺灣農機產業從無到有,卻由盛而衰。以耕耘機為例,1970年代有製造工廠廿餘家,大小農機公司百花齊放,目前則曲指可數。生產稻穀乾燥機的工廠亦由多變少,至今只剩兩家公司。目前國產農機產業不若往昔風光原因之一為進口大型農機盛行,國產中小型型農機招架無力。以稻田犁耕作業為例,進口曳引機已完全取代耕耘機。當年產業界沒及時或不願投入曳引機之製造發展策略是否正確值得檢討。反觀穀物乾燥作業之機械化,在政策正確引導之下,國產乾燥機企業轉型成功,往大型化發展,至今乾燥機市場仍歸國產天下,國外乾燥機完全無法立足臺灣市場。

政策引導產業發展落實在台灣農業機械化之演進過程有跡可循。1990年之前政府之重大農機政策計有「耕耘機推廣十年計畫(1960)」、「加速推行農業機械化方案(1973)」、「加速推廣稻穀乾燥機四年計畫(1975)」、「設置農業機械化基金促進農業全面機械化四

年計畫(1978)」「農業自動化十年計畫(1990)」。台灣農機產業指標性大規模公司於1960年左右在政府政策引導誘因之下先後設廠生產農機,初期以耕耘機為主力產品再擴充到插秧機和水稻聯合收穫機,營運積效快速成長。但在1980年以後農業機械化不再是政府施政重點,同時國產農機品質和效能不敵進口農機,上述指標性農機大廠逐步以銷售進口農機取代生產製造作業,公司規模緊縮,農機產業風光不在,甚至被視為夕陽產業。究其衰退原因除了失去政策性輔導效應之外尚有產業界研發能力不足及未及早擴展立足國外市場等因素。目前國農機公司都屬小規模,以生產小型農機為主。以稻作耕作為例,雖然己達全面機機化程度,但農民運用之主要農機皆屬進口農機傭兵,包括曳引機、插秧機和聯合收穫機。這是僅靠購置進口農機達成農業機機化成果,但無厚實國產農機產業支援之農業國家特徵之一,亦即無根的農業機械化國家,其農業發展易受制於人。早期進口耕耘機售價太高,但在國產耕耘機上市之後,進口農機售價倍減,應用農機耕作成本因而大幅減少。如何化解並穩固衰退中的台灣農機產業,值得有識之士深思。

全球農業機械市場預測在 2012 年達 641 億美元,遠大於食品飲料加工機械之 265 億美元,接近中央空調與冷凍機之 669 億美元,落後於輸送與搬運機械之 934 億美元。考量全球市場,農機產業絕對不是夕陽產業。為何今日台灣已高度農業機械化但農機產業卻較其他產業萎靡不振。檢討原因多歸咎於國內農機市場小且已飽和,國外大廠之中大型進口農機衝擊台灣中小型農機企業。德國農耕面積比美國小,但其全球農機市場占有率於 2009 年為 22. 4%(93 億美元),高於美國之 15. 6%(64 億美元)。德國外銷農機產值於 2009 年為 38 億美元,相當於德國生產農機有 40%外銷,2008 年有 61%外銷,2007 年有 46%外銷。美國 2009 年農機出口值占農機產值之 60%。台灣於 2009 年之農機出口值為新台幣 37 億元,進口值為新台幣 16 億元,若估計當年國內國產農機產值達新台幣 100 億元,台灣農機出口比例為 37%,低於德國和美國。德國無蔗田卻生產製造甘蔗收穫機大量行銷全世界,其農機產品之研發與行銷思維值得國內農機業界學習。與工業大國相比,台灣農機出口仍有寬廣成長空間,農機廠商生產行銷策略的努力方向宜加強開拓國際市場,政府相關單位亦應在此關鍵時刻重視農機產業的永續經營並協助國產農機外銷,以免步入無根農業機械化國家之林。

氣候變遷對台灣農業水利之衝擊評估及其調適策略之研究

張倉榮

國立臺灣大學生物環境系統工程學系教授

摘要

本計畫係兩年度(100、101年度)計畫,評估氣候變遷對台灣農業水利之衝擊影響,本計畫選擇12個中央氣象局的測站,採用常為國際採用的氣候 CM2.1、HADCM3以及ECHAM5 三種模式,進行降尺度操作估算未來短期與中期的降雨量,並建立乾旱參數推算未來可能在台灣北、中、南與東部造成的乾旱情勢。最後則以地理資訊系統,結合三種模式網格最小的 ECHAM5模式,進一步分析各水利會灌區受氣候變遷影響的乾旱情勢,研究結果顯示,在未來短期台東水利會灌區乾旱發生次數的趨勢比基期增加,其他水利會灌區則有稍微下降的趨勢,而乾旱延續的時間與乾旱強度在全台水利會灌區與基期相差不大,只有北部的乾旱持續時間上升幅度較大。在未來中期,各水利會乾旱發生次數皆有比基期增加的趨勢,尤其以台東水利會增加最多,不過乾旱持續的時期則以中北部水利會灌區增加較多,而乾旱強度則增加不多,平均約增加3%。為因應氣候變遷所造成的乾旱對未來水利會灌區的影響,水利會灌區除了做好傳統節流工作外,亦可開發綠色能源進行抽取地下水或是海水淡化等開源策略,進行在氣候變遷所造成乾旱形勢的調配工作。

關鍵字:氣候變遷、降尺度、台灣農業水利、乾旱

前言

台大生態工程中心與生工系生物與環境力學研究室過去八年承蒙財團法人中正基金會之經費資助,從事「農田水利會灌區風力潛勢分析及其在枯水期進行地下水抽取以輔助水資源調配之評估(一)、(二)」,「農田水利會灌區結合風力發電與太陽能發電之可行性評估(一)、(二)」與「氣候變遷對農田水利會灌區風能與太陽能資源研究中發現,台灣地區 17 個水利會灌區中,計有 11 個水利會具有豐沛的風能資源,而且南部地區具有最大的太陽能發電潛勢。但是溫室氣體所造成的全球暖化現象,不斷的影響氣候狀況,最明顯的影響就是極端降雨事件增加、颱風生成頻率增加,這種短時間災難性的衝擊會讓我們馬上感受到氣候變遷對人類生存的威脅。而另一方面氣候變遷亦緩慢的影響風力發電的空氣密度與風速、太陽能發電的日射量與日照時數,以及較不易為人查知的乾旱。因此本計畫深入探討水利會灌區未來受氣候變遷的影響,灌區降雨量的增減趨勢,評估未來可能發生乾早的區域,並預計在下來度計畫提出相關的調適策略,以提供水利會在氣候亢旱時減少缺水旱害的永續經營方向。此舉更能符合行政院農業委員會重大政策中的「農田水利事業之功能、施政方針與未來展望」第 10 項第 1 點,因應氣候變遷,預先做好農田水利之調適措施,颱風豪大雨時減少水害,氣候亢旱時減少缺水旱害,積極

發揮農田水利會今後在農業、糧食、環境體系之新定位及可扮演之角色,為國家總體經濟及農業永續發展作更大的貢獻。 (行政院農委會,2012)。

氣候變遷是自從 18 世紀中葉,人類的工業生產大量使用化石燃料(fossil fuel,如煤、石油、天然氣等),再加上人口的增加、經濟活動日趨活絡,因而製造了大量的二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物 (CFC) 等溫室氣體,並將其排放至大氣之中。在工業革命之前的一千年,大氣中二氧化碳含量一直維持在約 280ppmv (一百萬單位體積氣體中含有 280 單位體積的二氧化碳)。工業革命之後,二氧化碳含量迅速增加,1950 年代之後,增加速率更快,至 1995 年時,大氣中二氧化碳含量已達 358ppmv;而甲烷含量由工業革命之前到 1994 年,從 700ppbv (part per billion by volume,十億分之一)增加到 1721ppbv;氧化亞氮 275ppbv增加到 311ppbv(王,2008)。因為這些溫室氣體的增加,讓地球表面溫度加速上升。也因此將造成全球在未來 30 年或更遠的未來氣候不像以往穩定,相對地亦會造成日射量、日照時數的變化與降雨量不足的狀況發生,農田水利會擁有豐富的水資源,一旦氣候變遷影響台灣地區的降雨量,農田水利會可以積極發揮其穩定農業、糧食與環境體系的角色,為國家總體經濟及農業永續發展作更大的貢獻。

文獻回顧

有鑑於人為的活動所產生溫室氣體的數量,可能影響全球的氣候平衡,世界氣象 組織 (World Meteorological Organization, WMO) 與聯合國環境規劃署 (United Nations Environmental Program ,UNEP)於 1988 年成立了跨政府氣候變遷專門小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change,IPCC),做為評估氣候變遷對於全球環境、 人類生態的衝擊的專門機構,並從事擬定調適策略與緩和的方法。IPCC 自 1990 年發表 第一份評估報告後,學術機構遂開始重視氣候變遷的相關課題,並陸續研究發表相關研 究報告。而氣候變遷對環境影響最直接的包括水文、水資源、農業生產與農業需水量、 及生態系統等 (王,2006;王,2008;陳等,2001;童與吳,2002)。目前國內氣候變遷 的研究指出台灣地區年降水量中部、西南部減少的趨勢 (吳,1992;鍾等,2009),而且 有降雨日減少,降水強度變大的趨勢 (鍾等,2009;Liu et al., 1996),此外,河川流量也 有豐水期流量增加,枯水期流量減少的極端化現象 (童,1997)。王 (2008) 以降雨變異 與海水位變化均為增加之 HADCM3 模式 A2 情境考量未來 10 年地層下陷情境與氣候變 遷引致極端降雨變化及海水位變化對水患治理計畫之衝擊結果發現,在短期與中期境況 下會發生嚴重溢堤現象,而在長期境況下會有非常嚴重溢堤之現象發生,嚴重的威脅人 民生命財產安全。台灣也因氣候變遷而有發生乾旱的危機,虞與許 (1998)以不同分析方 法發現,台灣全省各區不降雨日數,以及年最長連續不降雨日數呈現逐年增加的趨勢。 因此台灣地區因為氣候變遷的影響,在水資源方面正承受著極端降雨的危機,亦即降水 強度變大以及不降雨日數變長的現象。

根據國際跨政府氣候變化委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)於 2007 年第 4 次評估報告提出排放情境特別報告(Special Report on Emissions Scenarios,簡稱 SRES),氣候變遷模擬與評估以 SRES 預設情境為主,而 SRES 預設情境屬於溫室氣體排放情境,亦即預測全球未來可能之經濟、人口、工業與環境的發展,提出數種可能溫室氣體排放的趨勢。考慮到未來可能致力於經濟發展,或是朝永續利用的目標等不同

程度的可能情形,以及考慮全球性或是區域性不同發展帶來的影響。分成了 A1、A2、B1、B2,四種情境,說明如下:

A1:代表快速的經濟成長,全球人口在21世紀中時期達到尖峰,之後便開始下降,擁有有效的科技技術,並且趨向於全球性發展。主要的主題在於實際人口的減少、地區的聚合、建築物的容積、教育的增進與社會的影響。而A1共分為三個群組分別為:

A1F1: 化石燃料使用的增加(指煤、石油、天然氣等)。

A1T:增加非化石燃料的來源使用。

A1B:所有能源平衡使用。

A2:描述一個非常多變異性組成的世界。主要的主題在於各國自力更生,與維持地方發展,而全球人口不斷地增加。經濟成長主要為區域性成長,而經濟成長率及技術的 改進較其他情節破碎且緩慢。

B1:如同A1情節,全球人口在21世紀中時期達到尖峰,之後開始下降,但經濟結構卻朝 向一個服務性與資訊性的經濟結構。能源使用減少,並引用較乾淨且有效率之技術。 注重經濟、社會與環境的永續性,卻不考慮額外的起始氣候條件。

B2:主要描述地方性經濟、社會與環境永續性的結果。全球人口持續增加,卻比A2情節慢。經濟發展中等,而科技的改變比A1、B1較緩且更多相異性。而情節主要也以社會平等與環境的保護為目標,且發展為區域性發展。

然而在氣候變遷評估時,主要是在探討未來氣候對生態環境與人類社會經濟之衝擊, 由於並無未來氣象資料,因此,必須建立未來氣候可能之情境,才能進一步探討氣候改 變之衝擊。目前國際研究多採用 SRES 之 A1B 情境,因此本計畫亦以 SRES 之 A1B 情境模 擬之輸出結果建立未來情境,探討氣候變遷預設情境下,評估氣象站未來降雨量可能之 變化情形。

目前最成熟之氣候模式是利用數值分析方法求解氣候物理特性之數學方程式,並利用三維網格分析不同經度、緯度、高度及時間之氣候狀況。目前用於預測未來氣候之最成熟物理性量化分析工具均歸類為全球環流模式(General Circulation Models, GCMs)。本計畫採用常被應用的三種氣候變遷模式,包括美國 GFDL 研究中心(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory)之 CM2.1 模式(The second generation coupled global climate model)、英國 HCCPR 研究中心(Hadley Centre for Climate Prediction and Research)之 HADCM3 模式(Hadley Centre Coupled Model, version 3)及德國 MPI 研究所(Max-Planck-Institute for Meteorology)之 ECHAM5(European Centre Hamburg Atmospheric Model, version 5)模式,來進行氣候變遷預設情境下之降雨量推估。全球環流模式係將全球劃分成格網,再依據大氣運行原理以數值方法計算每個格點的大氣狀態,而以電腦進行數值分析時,必須考慮電腦的運算負荷,所以網格劃分不可能太精細,一般一個網格大小大約是經度

2.5 度、緯度 2 度,本計畫所採用模式之網格數見表 1,但是此網格大小 (參考圖 1 至圖 3) 與台灣島面積相近。因此在評估水利會灌區的降雨量受氣候變遷影響時,必須將三種氣候變遷模式所提供的氣象參數進行空間降尺度。

乾旱評估模式

全球暖化現象,所造成的氣候變遷現象,其短時間氣候驟變所造成的洪災、颱風、大雨等災害,是人們可以馬上感受到的威脅,但是其漸進式的氣候改變所造成的乾旱,卻不易被明顯察覺。因此本計畫擬建立水利會灌區乾旱評估模式。在乾旱評估方面,國際上大都使用標準化降雨指標(standardized precipitation index, SPI)(McKee et al., 1993),其特點為無因次化之指標、可依照不同之時間尺度進行評估、且僅需單一變數。

計算 SPI 第一步必須先確認累積降雨量為何種分佈型態,並計算該分佈之累積機率函數。McKee et al.(1993) 研究美國地區之累積降雨量,發現 Gamma 分佈最符合累積降雨量之分佈,而宋(2003)、呂(2006)的研究結果也指出 Gamma 分佈適用於台灣地區之累積降雨量分佈,因此本計畫也使用 Gamma 分佈來描述累積降雨量的分佈。而 Gamma 之分佈如下:

$$F(R) = 1 - e^{-(R/c)^k}$$
 (1)

$$f(R) = \frac{k}{c} (\frac{R}{c})^{k-1} e^{-(R/c)^k}$$
 (2)

上式中F(R)為累積機率分佈函數,f(R)為機率密度函數,k為形狀參數,c為尺度參數,R為累積雨量(mm)。形狀參數與尺度參數可以利用最大概似法進行參數疊代:

$$k = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} R_{i}^{k} \ln(R_{i})}{\sum_{i=1}^{n} R_{i}^{k}} - \frac{\sum_{i=1}^{n} \ln(R_{i})}{n}\right)^{-1}$$
(3)

$$c = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} R_i^k\right)^{1/k} \tag{4}$$

其中R;為時間階段i的累積降雨量,n為非零累積降雨量資料點的個數。

由於最大概似法無法處理累積降雨量為 0 之狀況,因此需再經由下式轉換:

$$G(R) = q + (1 - q)F(R)$$
 (5)

其中 q 為累積降雨量為 0 的比例,如在總樣本 m 裡有 n 個樣本為 0, q 即為 n/m。

最後依照所選定的分佈型態,將其轉換為標準常態分佈,標準常態分佈方程式如下:

$$f(R) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp^{-\frac{R^2}{2}}$$
 (6)

本計畫中是採用 3 個月之累積雨量來計算 SPI,而判斷乾旱事件是參考 McKee et al. (1993)定義當 SPI 值小於零時為乾旱的開始,而在 SPI 值小於-1.0 之後出現正值的 SPI 時,則為一場乾旱事件的結束,同時依照 SPI 值來定義乾旱強度(drought intensity),其 SPI 值與乾旱程度之對應見下表:

 SPI
 乾旱等級
 發生機率 %

 0至-0.99
 輕度乾旱
 34.1

 -1.00至-1.49
 中度乾旱
 9.2

 -1.50至-1.99
 嚴重乾旱
 4.4

 -2以下
 極嚴重乾旱
 2.3

SPI 值與乾旱程度的對照表

(資料來源:翻自 McKee et al., 1993)

評估乾旱部分,參考游與孫(2007)將之分為四種指數,分別是乾旱發生次數、乾旱 平均延時、總乾旱量以及乾旱強度,並將之以未來相對基期之比值差來表示。

乾旱發生次數為一年發生乾旱事件次數之期望值,以避免資料年分長短影響到其大 小,其計算方式為一段時間之乾旱事件次數除以資料年數。

乾旱平均延時為單一乾旱事件的平均持續月數,可由各場乾旱事件之延時 D_i 以及乾旱總發生次數 n 來表示,如下式所示:

$$\frac{\sum_{i=1}^{N} D_i}{N} \tag{7}$$

總乾旱量 (Drought Magnitude, DM) 為乾旱時期內之 SPI 值之累積量,並將之取絕對值,以便於分析,其計算方式如下:

$$DM = \sum_{i=1}^{N} \left| SPI_i \right| \tag{8}$$

乾旱強度(Drought Intensity)即為乾旱的嚴重程度,其計算方式為總乾旱量除以總乾旱延時,其公式如下:

$$DI = \frac{\sum_{i=1}^{N} |SPI_i|}{\sum_{i=1}^{N} D_i}$$
(9)

降尺度模式

IPCC 所提供的 GCMs,雖然有解析度不夠的缺點,但仍然是目前用來預測全球受溫室氣體濃度增加影響下,未來氣候狀況的最佳工具 (Sailor et al., 2008)。因此在採用 GCMs 資料時,必須將其進行降尺度操作,以滿足較小區域所需要的氣象資料。目前降尺度的方式大致可分為三種,簡易降尺度 (Simple Downscaling)、統計降尺度 (Statistical Downscaling)、動力降尺度 (Dynamical Downscaling)。簡易降尺度是假設測站與所屬全球環球模式網格之變化是一致的,即可藉由過去觀測資料加上全球環流模式預測改變量來合成資料;統計降尺度選擇與小區域的目標氣候值,相關的大尺度 GCMs 所模擬出來的氣候因子,透過轉換方程式建立大尺度網格值與目標值的關係動力降尺度係將 GCMs 模擬出來之各種結果作為邊界條件,結合區域氣候模式 (Regional Climate Models,簡稱RCMs) 進行數值模擬以求得較細網格之結果。由於未來雨量評估不易,研究乾旱並不需要考慮極端值的情況,因此本計畫所採用的降尺度模式為簡易降尺度。

簡易降尺度是假設其目標測站只最鄰近之全球環流模式網格之影響,且同一網格內之比值變化是一樣的,則此網格數值隨時間變化可依照 GCMs 所模擬出的數據來推估,並可得到其公式如下:

$$\frac{R_{i,GCMs,future}}{R_{i,GCMs,base}} = \frac{R_{i,station,future}}{R_{i,station,base}}$$
(10)

上式中,i為月份,GCMs 意指全球環流模式所輸出之資料,station 為目標測站資料,future 意指未來資料,在此有未來短期(2011年至2040年)以及中期(2041年至2070年),base 為基期,乃為假設未受氣候變遷影響的時期,本計畫是使用1970年至1999年作為基期。藉由此公式,加上測站過去資料及GCMs資料,即可推求此測站未來雨量估算值。而累積降雨量部份,可採用一階馬可夫鍊(游與孫,2007),其表示方式如下:

$$R_{i,j} = \overline{\mu_j} + \rho_j \Box \frac{\sigma_j}{\sigma_{i-1}} \Box (R_{i,j-1} - \overline{\mu_{j-1}}) + \varepsilon \Box \sigma_j \Box \sqrt{1 - {\sigma_j}^2} + T_{i,j}$$
(11)

式中, $R_{i,j}$ 為未來第i年,第j月之月雨量值, \mathcal{E} 為常態分佈之隨機亂數值, $\overline{\mu_j}$ 為測站歷史資料計算第j月之平均月降雨量, σ_j 為測站歷史資料計算第j月之月標準差, ρ_j 為測站歷史月雨量第j月與臨前j-1月之相關係數, $T_{i,j}$ 為趨勢加項,是由降尺度模式所評估出來與基期之差值。利用此方法,即可得到未來之模擬月降雨量。

不同 GCM 模式對未來乾旱趨勢的推估

在評估未來風能受氣候變遷影響之前,必須先以地面測站建立基期的比較基準,及 其與全球環流模式的相對應關係。本計畫選擇 12 個中央氣象局的測站,分別為代表台 灣北部的基隆、淡水、鞍部與竹子湖等 4 個測站;代表台灣中部的玉山、台中與阿里山等 3 個測站;代表台灣南部的恆春與大武等 2 個測站;代表台灣東部的花蓮、成功與台東等 3 個測站。其 1970 年至 1999 年的 30 年降雨量資料,作為本計畫比較的基期,2011年至 2040 年視為未來短期年份,2041年至 2070年則為未來中期年份。

本計畫使用三種常為國際採用的氣候模式,美國的 CM2.1 模式、英國的 HADCM3 模式以及德國的 ECHAM5 模式,並採用 SRES 之 A1B 所有能源平衡使用的模擬情境輸出結果,以建立未來台灣水利會東、西、南、北部灌區,受氣候變遷影響下之降雨量推估,進而估算未來短期與中期的乾旱情勢。

(1) 未來短期(2011年至2040年)部份

在本計畫中為了表示未來的乾旱狀況,特以未來年份的乾旱情勢相對於基期之比例 差作為數據來分析,以乾旱強為例,假如最後結果是10%,則代表在此情境設定下,未 來之乾旱強度會比基期要嚴重10%。

①乾旱發生次數

三種氣候模式在估算水利會灌區,未來短期受氣候變遷影響乾旱發生次數方面,除了北部之外,其餘地區皆以 ECHAM5 模式為最低,而 HADCM3 模式估算北部與東部地區有較高的乾旱發生次數,請參考圖 4。三種氣候模式,在估算未來短期乾旱次數時,都呈現出北部乾旱次數降低、東部乾旱次數增加的趨勢。且由表 1 與圖 1 至圖 3 ,可知因為三種氣候模式的網格大小、座標位置不同,所以在估算氣候狀況時會有不同的結果。因此本計畫特別將三種氣候模式所求得的結果取平均值,以平衡三種氣候模式的差異。三種氣候模式的平均值顯示出北部地區以及中部地區是呈現減少的情形,其降低約為10%,南部地區則是沒有較大的變化,東部地區乾旱發生次數可能會大幅提昇 15%左右。②乾旱平均延時

乾旱平均延時,係指乾旱事件的平均持續時間,在三種氣候模式估算未來短期乾旱平均延時方面,除南部地區之外,HADCM3模式所估算的乾旱平均延時最高,ECHAM5模式次之,CM2.1模式則最低,如圖 5 所示。而且三種氣候模式,在估算未來短期乾旱平均延時的狀況時,都呈現出減少的趨勢。三種氣候模式的平均值,呈現北部地區及南部地區是些微減少的,但其變化皆在 5%內,中部地區以及東部地區則是與基期差距較大,中部地區乾旱平均延時減少了 11%,東部地區減少最多,其差距約為 18%。

③乾旱累積量

乾旱累積量部份,北部地區以及中部地區減少較多,以三種氣候模式的平均值而言, 大約減少了15%左右,而南部地區及東部地區則是減少幅度較小,其差距約為5%左右, 如圖6。

④乾旱強度

乾旱強度方面,四個地區皆與基期不會相差太多,以三種氣候模式的平均值而論, 皆在正負 4%內,請參考圖 7。在未來短期部份,乾旱的強度大致是稍微減少的。

(2) 未來中期(2041 年至 2070 年)部份

①乾旱發生次數

至於未來中期受氣候變遷影響乾旱發生次數方面,三種氣候模式在估算水利會灌區,

以 ECHAM5 模式估算為最高,而 CM2.1 模式為最低,請參考圖 8。由三種氣候模式的平均值可以看出,北部地區以及中部地區些微減少 5%左右,而南部地區些微增加 5%,東部地區增加最多,其增加值約為 9%。因此就乾旱發生次數而言,在未來短期與中期的時間點上,東部灌區乾旱的次數與基期相比都有明顯增加的趨勢,北部、中部與南部就不若東部明顯。

②乾旱平均延時

在比較不同氣候模式估算未來中期乾旱平均延時方面,也是以 HADCM3 模式所估算的乾旱平均延時最高, CM2.1 模式則最低,如圖 9 所示。而未來中期一旦發生乾旱時,乾旱平均延續狀況,北部與中部呈現增長的趨勢時,南部與東部則有縮短的趨勢。以三種氣候模式的平均值而言,北部地區以及南部地區較基期些微增加 5%左右,而中部地區減少了約 10%,東部地區則減少了 15%。

③乾旱累積量

以不同氣候模式估算未來中期乾旱累積量,CM2.1 模式估算北部中部、南部以及東部灌區,與基期比較的都是降低。而 ECHAM5 估算卻都是較高的,請參閱圖 10。若以三種氣候模式的平均值而言,乾旱累積量部份北部地區以及南部地區是些微增加約 5%左右,東部地區則是減少了 5%,中部地區與相較於基期為減少最多的,其差距有 17%。④乾旱強度

乾旱強度方面,四個地區與基期相比幾乎沒有變動,差距最大的南部地區也只有減少 4%,參考圖 11。整體來看南部地區在未來中期的乾旱災害是會增加的,北部地區是 些微增加,中部地區則是減少,東部地區的各項指標比較沒有一致性,不過平均來看是 些微減少的。

未來乾旱趨勢細部分析與調適策略

本計畫為方便使用者查詢不同區域的乾旱趨勢,特選擇三種氣候模式中,網格最小 具有較高解析度的 ECHAM5 氣候模式 (陳,2009)結合地理資訊系統與降尺度操作,將乾 旱延時、乾旱發生次數、乾旱累積量以及乾旱強度進行細部分析,建立未來短期與未來 中期的乾旱趨勢查詢圖以及水利會灌區未來短期與中期受氣候變遷影響,四種乾旱指數 變化表。

1. 未來乾旱趨勢

(1) 未來短期 (2011年至 2040年)部份

從未來短期乾旱趨勢查詢圖 (圖 12 至圖 15) 與表 2,可知未來短期乾旱發生次數與基期比較大多是減少的趨勢,北部、中部與南部的水利會灌區大約減少 20%,而花蓮與台東水利會灌區乾旱發生次數則是略為上升,其幅度約 7%至 8%。

乾旱延時部份與基期比較全台水利會灌區差異不大,大部分水利會灌區約下降 10% 左右。

乾旱累積量方面與基期比較,北部的水利會灌區下降幅度較大,約為30%,中部、南部以及花蓮水利會灌區則下降約25%,台東水利會灌區下降約5%。

乾旱強度與基期比較在全台水利會灌區變化都不大,變化範圍約介於-2%到 3%之間。

整體而言,在未來短期,氣候變遷對於乾旱的影響,未來短期僅花蓮與台東水利會灌區乾旱發生次數的趨勢比基期增加,其他水利會灌區則有稍微下降的趨勢,而乾旱累積量、乾旱延時與乾旱強度在全台水利會灌區都有比基期下降的趨勢。

(2) 未來中期(2041年至2070年)的部份

在未來中期乾旱趨勢查詢圖 (圖 16 至圖 19) 與表 3 中發現,未來中期方面**乾旱發生次數**與基期比較是增加的,北部水利會灌區約在 7%至 18%之間、中部水利會灌區約為 10%,南部水利會灌區約為 25%,花蓮水利會灌區約為 27%,台東水利會灌區約為 44%。

乾旱延時部份與基期比較,發現西部、東部以及南部的水利會灌區皆是略為下降 10%左右,而北部水利會與宜蘭水利灌區約增加 20%左右。

乾旱累積量與基期比較之後,可看出除了中部水利會灌區變化不大之外,北部、南部與東部水利會灌區都呈現升高的趨勢,北基水利會灌區約增加52%,北部水利會灌區約上升30%,而東部約上升20%,南部則增加約20%。

乾旱強度整體呈現略為上升的趨勢,北部、中部以及南部水利會灌區約在5%左右,東部水利會灌區則是上升約7%。

整體而言,在未來中期,各水利會乾旱發生次數皆有比基期增加的趨勢,尤其以台東水利會增加最多,不過乾旱持續的時期則以中北部水利會灌區增加較多,而乾強度則增加不多,平均約增加3%。

2. 調適策略

透過本計畫以三種氣候模式中,具有最小網格的 ECHAM5 模式,進行台灣水利會未來短期與中期,受氣候變遷影響的水利會灌區細部分析發現,台東水利會灌區,在未來短期與中期都有較基期增加乾旱發生次數的潛勢,其他水利會灌區則是在未來中期有增加的趨勢,因此為因應未來乾旱的形勢本計畫提出傳統與結合綠色能源的調適策略如下。

(1)傳統調適策略

為因應未來乾旱的形勢,水利會灌區除了做好水資源使用管理、找尋耐旱品種的農作物,並安排水利會所轄水庫浚渫計畫,並且加強乾旱預警系統,在乾旱來臨前,提早進行分區供水或是休耕等動作,在平時即預備乾旱來臨的計畫,以防備氣候變遷所帶來乾旱的影響。

(2)結合綠色能源

水利會灌區未來短期與中期受氣候變遷的衝擊影響分析中,發現台東水利會灌區不管在未來短期或是中期,都有比基期增加的趨勢,而台東水利會灌區,恰巧在本研究室 94 與 95 年「農田水利會灌區風力潛勢分析及其在枯水期進行地下水抽取以輔助水資源 調配之評估」的計畫中是屬於高風能潛勢的水利會灌區,適合發展風能在乾旱期進行地下水抽取以輔助水資源調配,在未來中期乾旱次數、乾旱延時與乾旱累積量較基期高的 北基水利會灌區,亦位於於高風能潛勢的水利會灌區,亦可考慮以風能在乾旱期進行地下水抽取以輔助水資源調配。因此水利會灌區未來實可開發風能與太陽能等綠色能源進行抽取地下水或是海水淡化來進行乾旱時期水資源的調配。

本年度計畫執行了「氣候變遷對台灣農業水利之衝擊評估及其調適策略之研究」的二年計畫,探討氣候變遷未來短期與中期降雨量狀況對台灣農業水利乾旱的衝擊影響,本計畫選擇 12 個中央氣象局的測站,分別代表台灣北部、中部、南部與東部灌區。測站的 1970 年至 1999 年的 30 年降雨量資料,作為本計畫比較的基期,2011 年至 2040年視為未來短期年份,2041 年至 2070 年則為未來中期年份。並透過常為國際採用的氣候 CM2.1、HADCM3 以及 ECHAM5 三種模式,其 SRES 之 A1B 所有能源平衡使用的模擬情境輸出結果,以降尺度操作估算台灣農業水利未來短期與中期的降雨量。更進一步以三種氣候模式中,具有最小網格的 ECHAM5 模式,結合地理資訊系統與乾旱評估指數,推估未來短期與中期,氣候變遷對農田水利會灌區的可能造成的乾旱情勢,得到以下的結論與建議。

- 在未來短期中,只有花蓮與台東水利會灌區乾旱發生次數的趨勢比基期增加,其他水利會灌區則有稍微下降的趨勢,而乾旱累積量、乾旱延時與乾旱強度在全台水利會灌區都有比基期下降的趨勢。
- 2. 在未來中期中,各水利會灌區乾旱發生次數皆有比基期增加的趨勢,尤其以台東水 利會增加最多,不過乾旱持續的時期則以中北部水利會灌區增加較多,而乾強度則 增加不多,平均約增加 3%。
- 3. 為因應未來乾旱的形勢,水利會灌區除了做好水資源使用管理、找尋耐旱品種的農作物,並安排水利會所轄水庫浚渫計畫等節流工作外,亦可以在高風能潛勢灌區與具有太陽能發電潛勢灌區,以綠色能源進行抽取地下水或是海水淡化等開源策略,進行在氣候變遷所造成乾旱形勢的調配工作。

執行成果與效益評估、建議事項

台灣地區十七個水利會灌區,具有豐沛的水資源與綠色資源。但是近年來溫室效應對氣候的影響越來越明顯,此效應亦同時影響水利會灌區降雨量。為因應氣候變遷對水利會灌區水資源的影響,本計畫透過全球氣候環流模式輸出資料,以及中央氣象局地面氣象測站資料,估算出未來短期(2011-2040年)與中期(2041-2070年)的降雨與乾旱情勢。以符合行政院農委會的重大政策綱領「預先做好農田水利之調適措施,氣候亢旱時減少缺水旱害,為國家總體經濟及農業永續發展作更大的貢獻。」

本計畫結三種全球環流模式與簡易降尺度,發展一套推估氣候變遷對台灣農業水利 乾旱評估模式。並以三種氣候模式中,網格最小的ECHAM5氣候模式結合地理資訊系統, 分析水利會灌區在未來受氣候變遷影響。研究中發現,東部灌區在未來短期與中期乾 旱發生次數會較基期為高,在未來中期,各水利會乾旱發生次數皆有比基期增加的趨勢, 乾旱持續的時期則以中北部水利會灌區增加較多。

機關首長評語

本計畫結合三種全球環流模式與簡易降尺度,發展一套推估氣候變遷對未來短期與中期台灣農業水利降兩與乾旱情勢影響之評估模式,可作為台灣農業水利評估未來乾旱

增減趨勢的基礎。其結果可讓農田水利會明瞭未來降雨與乾旱趨勢,以提早因應未來所 面臨的氣候變遷對水資源的衝擊。

參考文獻

- 王世為,2006,永續性水資源管理系統受氣候變遷影響之脆弱度評估,國立台灣大學生物環境系統工程學系碩士論文。
- 王嘉和,2008,氣候變遷與地層下陷對台灣西南沿海地區淹水之衝擊評估,國立台灣大學生物環境系統工程學系碩士論文。
- 行政院農業委員會網站。(http://www.coa.gov.tw/)
- 4. 吴明進,1992,台灣的氣候變化-氣溫和降水,大氣科學,20,295-318。
- 5. 宋嘉文,2003,氣候變遷對台灣西半部地區降雨及乾旱影響之研究,國立台灣成功 大學水利及海洋工程學系碩士論文。
- 6. 呂季蓉,2006,台灣南部地區長期乾旱趨勢分析之研究,國立台灣成功大學水利及 海洋工程學系碩士論文。
- 7. 陳吉宏等,2001,氣候變遷海平面上升對我國之衝擊評估與適應策略,行政院環保 署。
- 陳俊龍,2009,氣候變遷對台灣地區風能之影響評估,國立台灣大學生物環境系統工程學系碩士論文。
- 9. 游保杉、孫建平,2007,氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究-子計畫:台灣地區乾旱變異趨勢與辨識研究(一),行政院國科會。
- 10. 童慶斌、吳明進,2002,氣候變化綱要公約國家通訊衝擊調適資料建制-氣候、水文、生態部分(一),行政院環保署。
- 11. 童慶斌,1997,氣候變遷對大甲溪上游河川流量之衝擊,台灣水利季刊,第45卷, 第二期,64-70頁。
- 12. 虞國興、許書平,1998,氣候變遷對水資源之衝擊-雨量分析,農業工程學報,第 44 卷,第1期,9-24頁。
- 13. 鍾侑達、郭峻菖、陳昶憲,2009,台灣區域降雨趨勢分析,農業工程學報,第 55 卷,4期,1-18頁。
- 14. 楊道昌、郭俊超、呂季蓉、游保杉,2005,標準化降雨指標應用於農業乾旱監測之研究,農業工程學報,第51卷,第2期,第11~25頁。
- Liu, C.M., M.C. Wu and W. C. Wang, 1996, Potential climate change in Taiwan during greenhouse warming, A semi-empirical approach. J. of the Envir. Prot. Soc. R.O.C., Vol. 19, No 1, 1-23.
- 16. McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J., 1993, The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eight Conference on Applied climatology, 17-22 January Anaheim, California.
- 17. Sailor JD, Michael S, Melissa H. Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States. Renewable Energy 2008; 33: 2393-2406.

Investigation on the Impact of Climate Change and Adaptation Strategy Planning for Taiwan Agricultural Water Resources

Tsang- Jung Chang, Yi-Long Tu, Cheng-Lung Chen.

Abstract

This project is a two-year project started from 2011 to 2012. This project evaluates the impact of climate change on agricultural water resources in Taiwan. Three global circulation models (GCMs), CM2.1, HADCM3 and ECHAM5, with the precipitation data obtained from twelve meteorological stations, are used to evaluate the trends of precipitation and drought in the future. Furthermore, the ECHAM5 with best resolutions of the three GCMs are used to combine GIS to investigate the trends of climate change on drought in the Irrigation and Water Supply Associations (IWSA) of Taiwan.

The results show that the drought numbers are higher in the Tai-Dong IWSA but slight lower in the other IWSA for the future 30 year period, the year 2011 to 2040. In the same period, the drought duration is decreased in all IWSA.

In the year 2041 to 2070, the drought numbers are higher in all IWSA, especially the Tai-Dong IWSA. The drought duration is increased in the northern and central IWSA. Compared with the baseline, the drought intensity is increased only 3%.

Keywords: Climate change, Downscaling, Taiwan Agricultural Water Resources, Drought

表1 三種全球環流模式之網格數與網格大小

模式名稱	網格數	單網格大小 (經度 × 緯度)
CM2.1	144 × 90	2.5°×2°
HADCM3	96 × 72	3.75°×2.5°
ECHAM5	192 × 96	1.875°×1.875°

表2 以ECHAM5模式分析水利會灌區未來短期受氣候變遷影響,各種乾旱參數變化表

化2 为LCHAMS保践为价格们自在些不不应别文和区交通的音 古住和一多数交通				
水利會名稱	乾旱次數變化	乾旱延時變化	累積乾旱量變化	乾旱強度變化
北基水利會	100/	100/	250/	20/
(七星、瑠公)	-18%	-10%	-25%	3%
石門水利會	-25%	-8%	-32%	-1%
桃園水利會	-26%	-7%	-33%	-2%
新竹水利會	-20%	-10%	-29%	-1%
苗栗水利會	-16%	-12%	-27%	-1%
台中水利會	-10%	-15%	-25%	-1%
彰化水利會	-12%	-13%	-25%	-1%
南投水利會	-12%	-13%	-25%	-1%
雲林水利會	-15%	-11%	-25%	-1%
嘉南水利會	-13%	-10%	-23%	-1%
高雄水利會	-9%	-10%	-19%	-1%
屏東水利會	-8%	-10%	-18%	-1%
宜蘭水利會	-18%	-11%	-27%	2%
花蓮水利會	-8%	-14%	-21%	1%
台東水利會	7%	-13%	-5%	1%

表3 以ECHAM5模式分析水利會灌區未來中期受氣候變遷影響,各種乾旱參數變化表

水利會名稱	乾旱次數變化	乾旱延時變化	累積乾旱量變化	乾旱強度變化
北基水利會	18%	26%	52%	7%
(七星、瑠公)				
石門水利會	8%	20%	31%	2%
桃園水利會	7%	21%	30%	1%
新竹水利會	11%	13%	28%	3%
苗栗水利會	11%	3%	18%	3%
台中水利會	6%	-9%	0%	4%
彰化水利會	7%	-7%	3%	3%
南投水利會	8%	-7%	3%	3%
雲林水利會	10%	-5%	5%	1%
嘉南水利會	15%	-5%	10%	1%
高雄水利會	26%	-5%	22%	2%
屏東水利會	29%	-4%	27%	2%
宜蘭水利會	16%	17%	43%	5%
花蓮水利會	27%	-10%	22%	7%
台東水利會	44%	-10%	38%	6%

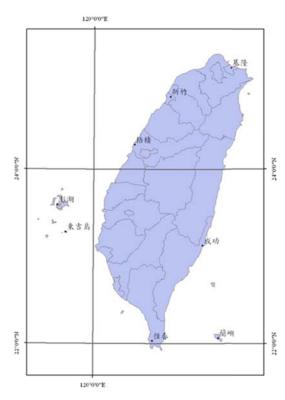


圖1 CM2.1模式之網格與各氣象站之地理位置圖

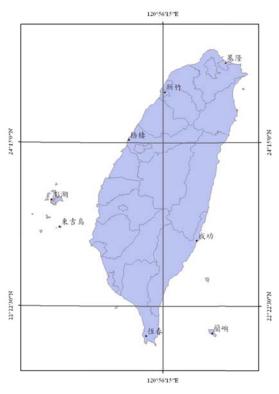


圖 2 ECHAM5 模式之網格與各氣象站之地理位置圖

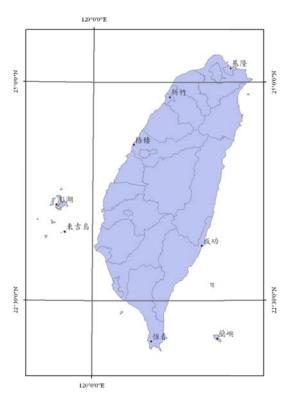


圖3 HADCM3模式之網格與各氣象站之地理位置圖

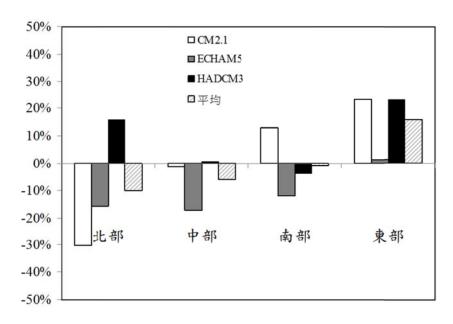


圖4 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及其平均值,分析台灣水利會北部、中部、 南部與東部灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱發生次數的增減趨勢圖

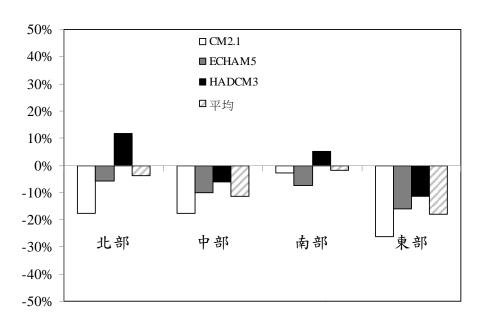


圖5 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及三者平均值,分析台灣水利會北部、中部、南部與東部灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱平均延時的增減趨勢圖

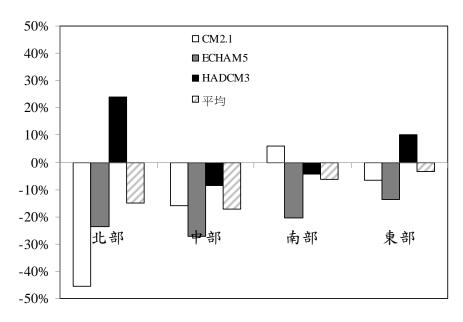


圖6 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及三者平均值,分析台灣水利會北部、中部、南部與東部灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱累積量的增減趨勢圖

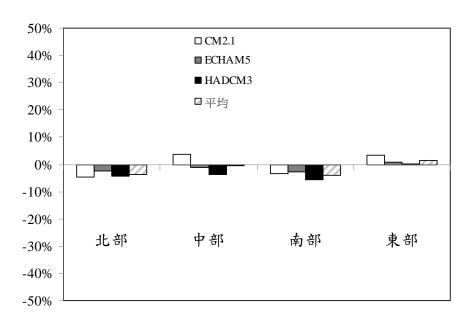


圖7 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及三者平均值,分析台灣水利會北部、中部、南部與東部灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱強度的增減趨勢圖

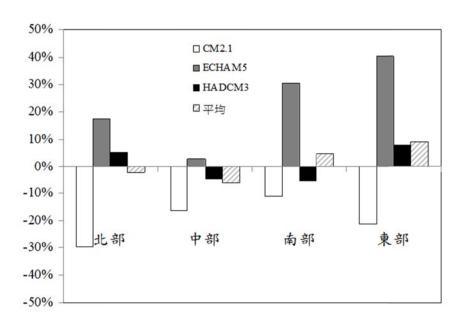


圖8 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及其平均值,分析台灣水利會北部、中部、南部與東部灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱發生次數的增減趨勢圖

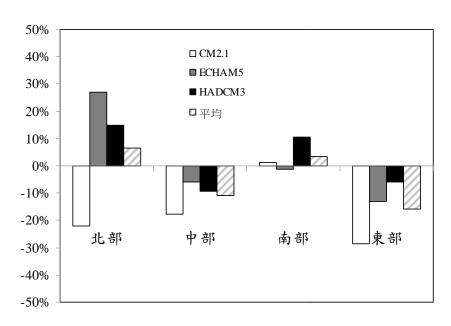


圖9 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及三者平均值,分析台灣水利會北部、中部、南部與東部灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱平均延時的增減趨勢圖

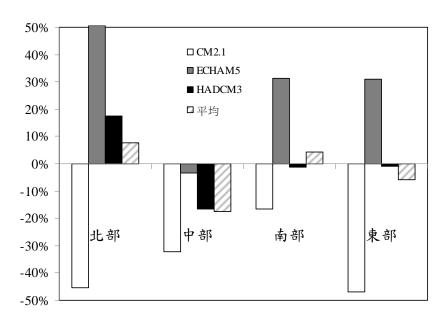


圖10 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及三者平均值,分析台灣水利會北部、中部、南部與東部灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱累積量的增減趨勢圖

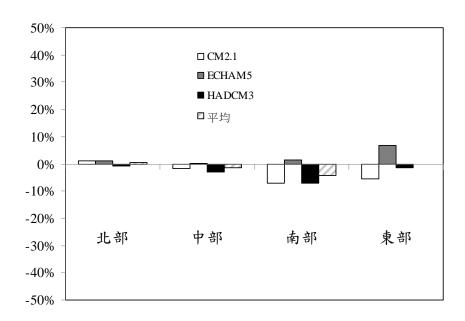


圖11 CM2.1、ECHAM5與HADCM3三種GCMs及三者平均值,分析台灣水利會北部、中部、南部與東部灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱強度的增減趨勢圖

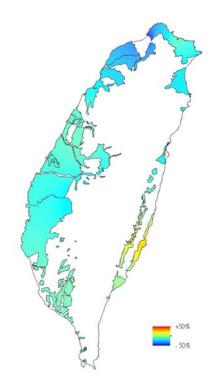


圖12 以ECHAM5模式分析水利會灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱發生次數的增減查 詢圖



圖13 以ECHAM5模式分析水利會灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱平均延時的增減查 詢圖



圖14 以ECHAM5模式分析水利會灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱累積量的增減查詢 圖



圖15 以ECHAM5模式分析水利會灌區未來短期受氣候變遷影響乾旱強度的增減查詢圖

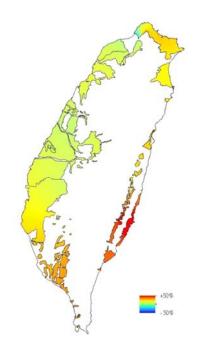


圖16 以ECHAM5分析水利會灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱發生次數的增減查詢圖

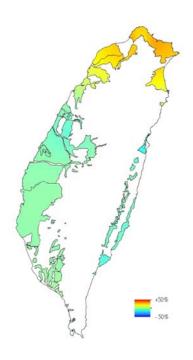


圖17 以ECHAM5分析水利會灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱平均延時的增減查詢圖

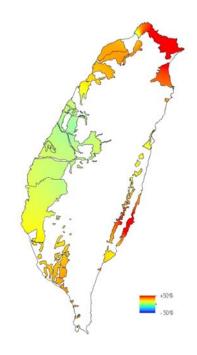


圖 18 以 ECHAM5 分析水利會灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱累積量的增減查詢圖



圖19 以ECHAM5分析水利會灌區未來中期受氣候變遷影響乾旱強度的增減查詢圖

活魚運輸技術之改進

陳瑤湖 國立台灣海洋大學水產養殖學系教授

摘 要

本研究以兩部分試驗分別探討絲蘭萃取物(Yucca schidigera pure extract, YUPE)和丁香油(Clove oil)對於孔雀魚(Poecilia reticulata)與白蝦(Litopenaeus vannamei)活魚運輸之應用。

試驗一之目的為利用絲蘭萃取物於孔雀魚 $(0.24\pm0.01~\odot 克)$ 與白蝦 $(0.99\pm0.01~\odot 克)$ 運輸過程中,降低氨氮累積。以四種絲蘭萃取物濃度 $(0~18~36~72~\mu l~L^{-1})$ 添加於不同密度孔雀魚(30~45~60~E/H)與白蝦(30~50~75~E/H),於六個採樣時間點(0~3~6~9~12~24~)時)檢測各項水質,包含酸鹼值(pH)~溶氧量(Dissolved~oxygen,DO)~總氨氮(Total~ammonia-N,TAN)~~硝酸氮 $(Nitrate-N,NO_3^--N)~~$ 亞硝酸氮 $(Nitrite-N,NO_2^--N)~~$ 總氮(Total~nitrogen,TN)與產氨率 $(Ammonia~production~rate,APR)。結果顯示,酸鹼值隨時間與密度增加而降低;總氨氮和產氨率隨絲蘭萃取物添加濃度增加而降低,亞硝酸氮累積量則隨添加濃度增加而提升,硝酸氮則在淡水與海水中有不同結果。當絲蘭萃取物添加濃度為<math>72~\mu l~L^{-1}$ 時,總氨氮累積量在孔雀魚30~E/H處理組能降低84.3%,75~E/H處理組則只能降低41.1%。硝酸氮與亞硝酸氮累積量在孔雀魚部分,平均增加21.6%與249.7%;在白蝦部分,硝酸氮卻減少46.4%,亞硝酸氮則平均增加1465.7%。產氨率於孔雀魚30~E/H處理組能從0.018~ppm/g/hrs降低至0.004~ppm/g/hrs;白蝦30~E/H處理組能從0.005~ppm/g/hrs降低至0.001~ppm/g/hrs。

試驗二係評估丁香油對於孔雀魚 $(0.31\pm0.02\ \text{公克})$ 與白蝦 $(1.43\pm0.09\ \text{公克})$ 之麻醉效果,以及使用丁香油進行麻醉運輸對水質之影響。分成三個實驗進行,實驗一測試短期麻醉之最適濃度,添加不同濃度之丁香油 $(10 \times 20 \times 25 \times 30 \times 50 \times 70 \times 100 \times 200\mu \text{IL}^{-1})$,紀錄達到第四麻醉階段之誘導時間以及復甦時間。實驗二測試長期麻醉(活魚運輸)之最適濃度,加入不同濃度之丁香油 $(0 \times 10 \times 20 \times 30 \times 50 \times 70\mu \text{IL}^{-1})$,紀錄達到第三麻醉階段之誘導時間以及復甦時間。實驗三則模擬活魚運輸,添加不同丁香油濃度 $(0 \times 10 \times 15 \times 20\mu \text{IL}^{-1})$ 對運輸袋中水質的影響,於 24 小時後檢測各項水質,包含酸鹼值、溶氧量、總氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮與總氮。結果顯示,孔雀魚短期麻醉時,最適丁香油濃度為 70 μIL^{-1} 至 100 μIL^{-1} ;白蝦短期麻醉時,最適丁香油濃度為 70 μIL^{-1} 可包與 μIL^{-1} 可包以 μIL^{-1} 可包以 μIL^{-1} 可包以 μIL^{-1} 可包 的 μIL^{-1} 可包 的 μIL^{-1} 可包 的 μIL^{-1} 可包 μIL^{-1} 可含 μIL^{-1} 可包 μIL^{-1} 可包 μIL^{-1} 可包 μIL^{-1} 可能 μIL^{-1} 可包 μIL^{-1} 可能 $\mu \text{$

關鍵詞:絲蘭萃取物、丁香油、孔雀魚、白蝦、活魚運輸、總氨氮、麻醉

前 言

活魚運輸技術中最大的挑戰是降低運輸過程中水中生物遭受緊迫之程度(Harmon, 2009)。Francis-Floyd (2002)對緊迫的定義是:「因各種不利之因素,使一動物不能維持正常生理狀態的情況」。因此解決運輸過程造成緊迫的不利因素是改善活魚運輸的目標。

Harmon (2009)提出五個活魚運輸過程造成緊迫的潛在問題,包含不適當的密度、魚缸空間限制、物理操作、水質不良與轉移至新環境。綜合上述問題,整理出下列三個活魚運輸過程中造成緊迫的主要因素:

1. 水質因素

水質條件對運輸包裝中的生物有極大影響,水中氨氮累積是活魚運輸所遭遇的主要問題,過量的氨氮會導致水中生物中毒死亡(何,2007)。水中鹽度則會影響魚體滲透壓調節能力(Weirich & Tomasso, 1991),水中溶氧量不足直接造成魚體缺氧死亡(Carmichael et al., 1992)。

2. 空間因素

運輸過程中,水中生物的活動被限制在狹小的空間,因此造成緊迫反應(Davis & Parker, 1986)。在既有的運輸空間中放入不適當的水生生物密度,造成空間資源的競爭而形成緊迫(Piper et al., 1982)。

3. 物理因素

在開始運輸前進行捕撈之時,此動作會對魚造成緊迫(Maule et al., 1988),因為捕撈過程中,會因為進行激烈的運動,造成代謝性酸中毒(Metabolic acidosis)引起緊迫反應(Cech et al., 1996)。

綜合上述各項緊迫因子,在水質因素方面,氨氮累積量是活魚運輸所遭遇的主要問題,當氨氮累積量在濃度達到 0.5 ppm 時,對生物即為有毒性之物質(Tomasso, 1994),且氨氮在水中會繼續轉換成亞硝酸,轉換過程中會消耗氧氣,造成水中溶氧量降低。所以降低活魚運輸期間的氨氮累積量可以改善水質造成之環境緊迫因子。空間與物理因素方面,主要是在進行水產養殖和漁業的操作時,為了盡量避免讓生物因為密度過高或者激烈運動,遭受不必要的傷害與緊迫,常利用麻醉劑使魚體鎮定。活魚運輸使用麻醉劑可降低運輸期間魚體新陳代謝,使排泄物產生減緩,同時降低活魚運輸包裝內水質的汙染,並且減少氧氣消耗,而減少空間與物理造成之環境緊迫因子。

目前利用在水體之降低氨氮方法中,較普遍的是沸石與福馬林,但是這兩種方法不適合在海水中使用(Boyd & Tucker, 1998)。絲蘭萃取物可以有效地降低淡水與海水中氨氮累積量(Santacruz-Reyes & Chien, 2009a; b),其中普遍認為皂素是絲蘭萃取物可以降低氨氮的主要成分(Makkar et al., 1999)。另外在於有效控制氨氮方面,絲蘭萃取物含有寡糖(糖苷, glycocomponent)和多酚(Polyphenols)兩種成分,其對於抑制氨氮累積量具有良好之協同作用(Synergistic effect) (Wallace et al., 1994)。因此,本實驗擬利用絲蘭萃取物降低活魚運輸過程中包裝袋內之氨氮累積量。

麻醉劑最常用在降低生物新陳代謝與減緩生物的反應能力,並且廣泛地使用在魚的收集、運輸、稱重、測量、標記以及進行各種實驗處理(Pawar et al., 2011)。藉由新陳代謝的降低,使運輸過程中氨氮累積減少,相對的可讓水中溶氧量不會因生理與化學反應而快速降低。最常使用之麻醉劑為魚保安 (MS-222, tricaine methanesulphonate),雖然魚保安為美國食品藥物管理局(United States Food and Drug Administration, FDA)唯一准許用於魚類及其他冷血動物的專用麻醉藥品(Bowser, 2001),但魚保安為人工合成之化學物質,且已經被許多歐洲國家停止使用(Kaiser, 2006)。

近年有許多研究針對不同麻醉劑進行測試,認為天然植物萃取之丁香油做為魚類麻醉劑是很好的選擇(King et al., 2005; Mylonas et al., 2005)。理想的麻醉劑應具備幾個特性,如無毒性、價格低廉、管理容易以及導致快速誘導(Induction)和快速復甦(Recovery) (Treves- Brown, 2000)。在活魚運輸的過程中,為降低運輸期間魚體新陳代謝,麻醉程度以達到鎮靜期(Sedation)最為合適(Hseu et al., 1998),無毒性與價格低廉特別重要,前者可以確保消費者與操作者的安全,後者則降低運輸所需之成本。FDA 將丁香油分級成一

般被視為安全(Generally regarded as safe, GRAS)之食品添加劑,因此更確實地保障食用麻醉魚的安全性。考慮以上條件,本實驗決定使用丁香油做為麻醉劑。

目前全球觀賞魚進出口貿易中,運輸費用及運輸過程的魚隻損失是最主要的成本 (于,2002)。新加坡具有鄰近觀賞魚主要出口國的優越地理位置,長期發展運輸技術使其觀賞魚出口占全球的 20%(朱,2011),並且採取 ISO 9002 品質管理系統確保出口之觀賞魚有 97%的存活率,顯示專業運輸的重要性。魚隻進出口為了降低運輸成本,大多採用集約式高密度包裝,高密度環境容易造成魚隻打鬥互咬或疾病感染,進而造成尾巴受損與體色變差(黃,2008)。而觀賞魚體色的表現及體態的完整程度又是市場接受與否的重要條件,因此在運輸過程中添加麻醉劑使魚隻鎮定,減少互相打鬥的行為,也可降低產品的損害,相對地可以維持甚至增加產品的價值。

孔雀魚(Poecilia reticulate)是觀賞魚市場中最受歡迎的物種,也是我國觀賞魚產業主要養殖物種之一,從 1971 年起即成為台灣主要外銷品種。而白蝦(Litopenaeus vannamei)則為目前我國養殖面積最大、產量最高的養殖蝦類。因此,本研究將以孔雀魚與白蝦為實驗生物,研究絲蘭萃取物與丁香油對其運輸之應用,共分成兩部分試驗,以下為各試驗之研究目的:

試驗一:早期由於將絲蘭萃取物添加至養殖有機廢水之相關實驗不多,因為牽扯到許多其他物質或者是微生物等問題,普遍使用人工配置之氨氮溶液進行降低氨氮實驗。近期絲蘭萃取物之相關實驗已經普遍使用於養殖環境中,探討其對於養殖池中氨氮累積量之影響,但試驗其在活魚運輸之應用則甚為有限。本試驗直接將絲蘭萃取物添加至活魚運輸之包裝袋中,分析運輸期間包裝袋內之酸鹼值 (pH)、溶氧量 (Dissolved oxygen, DO)、總氨氮 (Total ammonia-N, TAN)、硝酸氮(Nitrate-N, NO $_3$ -N)與亞硝酸氮 (Nitrite-N, NO $_2$ -N),並且計算總氮(Total nitrogen, TN)與產氨率(Ammonia production rate, APR),然後建立各項水質之複迴歸實驗模式(Empirical model)。

試驗二:因為不同麻醉劑對於不同物種之間有各種因素會造成使用濃度之差異性,所以當對於一物種進行特定麻醉劑進行麻醉時,皆需要有相關實驗數據提供參考。本試驗測試以丁香油做為麻醉劑,在短期操作和長時間運輸時,對孔雀魚與白蝦進行麻醉之最適濃度,並且分析運輸試驗之溶氧量、酸鹼值、總氨氮、硝酸氮與亞硝酸氮,並且計算總氮,測試丁香油對於活魚運輸期間包裝袋內水質之影響。

試驗一 絲蘭萃取物對孔雀魚與白蝦運輸之影響

1.1 材料與方法

1.1.1 試驗設計

本試驗為了瞭解在模擬運輸之包裝袋中,測試添加不同濃度絲蘭萃取物 $(0 \cdot 18 \cdot 36 \cdot 72 \ \mu l \ L^{-1})$,對不同密度孔雀魚 $(30 \cdot 45 \cdot 60 \ \textit{E}/\text{H})$ 與白蝦 $(30 \cdot 50 \cdot 75 \ \textit{E}/\text{H})$ 運輸期間之水質影響。充氧包裝後,依不同時間點 $(0 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot 12 \cdot 24 \ \text{小時})$ 檢測其各項水質,包含酸鹼值、溶氧量、總氨氮、硝酸氮與亞硝酸氮,並以上述數值計算總氮與產氨率。實驗依照不同密度,分別進行三重複。以絲蘭萃取物濃度為 $0 \ \mu l \ L^{-1}$ 與 $0 \ \text{小時為空白組}$ 。1.1.2 試驗方法

實驗前生物處理,孔雀魚部分,先將魚蓄養在25L的魚缸中,每天投餵商用飼料,每週換水一次,畜養一周後於實驗進行前三天禁食。白蝦部分,將蝦畜養在150L塑膠桶中,每天投餵商用飼料,每週換水一次,畜養一周後於實驗進行前三天禁食。孔雀魚平均重為0.24±0.01公克,白蝦平均重為0.99±0.01克。

進行實驗時,以不同密度將生物裝入袋中(孔雀魚:30、45、60 尾/升;白蝦 30、50、75 尾/升),每個密度各裝四袋,共十二袋。於同一密度之不同袋中,添加不同濃度絲蘭

萃取物(0、18、36、72 μl L⁻¹)。充氧包裝後,於各時間點進行水體採樣(0、3、6、9、12、24 小時),每次採樣後重新充氧包裝。檢測其各項水質,包含酸鹼值、溶氧量、總氨氮、硝酸氮與亞硝酸氮,並且計算總氮與產氨率,實驗進行三重複。

- 1.1.3 水質測量
- 1.1.3.1 酸鹼值(pH)

以 Mettler Toledo SevenEasy pH Meter Model: S20 檢測。

1.1.3.2 溶氧量(Dissolved oxygen, DO)

以 Lutron Dissolved Oxygen Meter DO-5510 檢測。

1.1.3.3 總氨氮(Total ammonia-N, TAN)

參考 Phenol hypochlorite method (Solorzano, 1969), 於波長 640 nm 處測定。

1.1.3.4 硝酸氮(Nitrate-N, NO₃-N)

參考 Bower and Thomas, 1980 測定。

1.1.3.5 亞硝酸氮(Nitrite-N, NO₂-N)

參考 Wood Armstrong Richard method。

1.1.3.6 總氮(Total nitrogen, TN)

將上述檢測之總氨氮、硝酸氮與亞硝酸氮加總,所得之值即為總氮。

1.1.3.7 產氨率(Ammonia production rate, APR)

APR = (FTAN - ITAN) / W / T

FTAN(Final total ammonia): 末氨氮量,為 24 小時所測得之總氨氮值,單位為 ppm。ITAN(Initial total ammonia): 初氨氮量,為 0 小時所測得之總氨氮值,單位為 ppm。W(Weight): 體重,為實驗結束後將每袋魚或蝦進行秤重所得,單位為公克(g)。T(Time):時間,此實驗固定以 24 小時為產氨率測量時間。

1.1.4 數據處理與統計分析

實驗數據利用 SAS/PC 軟體(SAS/PC version, SAS Institute, Cary, CA, USA)進行分析。 統計分析以三向變方分析,分析四種絲蘭萃取物濃度(0、18、36、72 μl L⁻¹),分別 對三種密度之孔雀魚(30、45、60 尾/升)與白蝦(30、50、75 尾/升),在六個時間點(0、3、6、9、12、24 小時)袋中各項水質變化量,瞭解絲蘭萃取物對活魚運輸之各項水質影響。 以鄧肯氏多變域測驗(Duncan's Multiple Range Test, DMRT)來分析各處理組間的差異排序 與比較。

各項水質模式建立以複迴歸分析進行,以時間、密度和絲蘭萃取物濃度與其自乘項、 交乘項作為自變數,總氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮與總氮分別為依變數,循逐步增加自變 數的方式,以獲得最大判定係數 R² 為目標,獲得最佳模式。

產氨率模式建立以複迴歸分析進行,以時間、密度和體重與其自乘項、交乘項作為自變數,產氨率為依變數,循逐步增加自變數的方式,以獲得最大判定係數 R² 為目標,獲得最佳模式。

1.2 結果

- 1.2.1 孔雀魚部分
- 1.2.1.1 水質各項氮變化
- 1.2.1.1.1 總氨氮

密度 30 尾/升處理組中,總氨氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 3 和 6 小時、6 和 9 小時與 9 和 12 小時之間無顯著差異,該密度下不同時間之總氨氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 ≥9 小時 ≥6 小時 ≥3 小時 >0 小時(表1-1)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度同時也有不同之趨勢,添加濃度越高之處理組與無

添加之處理組差異越大。起始總氨氮濃度依不同絲蘭萃取物濃度(0、18、36、72 μ l L^{-1}) 分別為 0.037、0.006、0.001 與 0 ppm,有添加絲蘭萃取物與無添加之處理組從起始值即有顯著差異,起始總氨氮濃度依差異性排序為 0 μ l L^{-1} > 18 μ l L^{-1} = 36 μ l L^{-1} = 72 μ l L^{-1} 。其他時間點不同添加濃度處理組之總氨氮濃度依差異性排序皆為 0 μ l L^{-1} > 18 μ l L^{-1} > 36 μ l L^{-1} > 72 μ l L^{-1} 。

密度 45 尾/升處理組中,總氨氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 $3 \cdot 6$ 和 9 小時與 9 和 12 小時之間無顯著差異,該密度下不同時間之總氨氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 ≥ 9 小時 ≥ 6 小時 =3 小時 >0 小時(表 1-1)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度同時也有不同之趨勢,添加濃度越高之處理組與無添加之處理組差異越大。起始總氨氮濃度依不同絲蘭萃取物濃度($0 \cdot 18 \cdot 36 \cdot 72 \, \mu l \, L^{-1}$)分別為 $0.046 \cdot 0.014 \cdot 0.001$ 與 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物從起始值即有顯著差異,但添加濃度為 $36 \, \mu l \, L^{-1}$ 之起始值無顯著差異,起始總氨氮濃度依差異性排序為 $0 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 36 \, \mu l \, L^{-1}$ 。其他時間點不同添加濃度處理組之總氨氮濃度依差異性排序皆為 $0 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 18 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 36 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 18 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 36 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 18 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 36 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 18 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 36 \, \mu l \, L^{-1}$ $> 18 \, \mu l \, L^{-1}$

密度 60 尾/升處理組中,總氨氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 3 和 6 小時與 9 和 12 小時之間無顯著差異,該密度下不同時間之總氨氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 =9 小時 >6 小時 =3 小時 >0 小時(表 1-1)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度同時也有不同之趨勢,添加濃度越高之處理組與無添加之處理組差異越大。起始總氨氮濃度依不同絲蘭萃取物濃度 $(0 \times 18 \times 36 \times 72 \, \mu l \, L^{-1})$ 分別為 $0.058 \times 0.014 \times 0.001$ 與 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物從起始值即有顯著差異,但添加濃度為 $36 \mu l \, L^{-1}$ 之起始值無顯著差異,起始總氨氮濃度依差異性排序為 $0 \mu l \, L^{-1}$ $>36 \mu l \, L^{-1}$

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,從 3 小時開始有顯著差異,其各時間之差 異性排列分別為: 3 小時 60 尾/升 = 45 尾/升 > 30 尾/升; 6 小時 60 尾/升 > 45 尾/升 > 30 尾/升; 9 小時 60 尾/升 > 45 尾/升 = 30 尾/升; 12 小時 60 尾/升 ≥ 45 尾/升 ≥ 30 尾/升; 24 小時 60 尾/升 > 45 尾/升 = 30 尾/升(表 1-1)。 1.2.1.1.2 硝酸氮

密度 30 尾/升處理組中,硝酸氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 $3 \times 6 \times 9$ 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 >9 小時 =6 小時 =3 小時 >0 小時(表 1-2)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度同時也有不同之趨勢,起始硝酸氮濃度為 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物之起始值沒有顯著差異。硝酸氮濃度在 3 小時於不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 18 μ l L^{-1} \Rightarrow 36 μ l L^{-1} \Rightarrow 18 μ l L^{-1} \Rightarrow 18

密度 45 尾/升處理組中,硝酸氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 $3 \cdot 6 \cdot 9$ 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 >9 小時 =6 小時 =3 小時 >0 小時(表 1-2)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度同時也有不同之趨勢,起始硝酸氮濃度為 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物之起始值沒有顯著差異。硝酸氮濃度在 3 和 6 小時於不同添加濃度處理組之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序皆為 0 μ L^{-1} >36 μ L^{-1} >72 μ L^{-1} 。而在 9 小時於不同添加濃度處理組之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 0 μ L^{-1} >18 μ L^{-1} >36 μ L^{-1} =72 μ L^{-1} 。硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序為 0 μ L^{-1} >18 μ L^{-1} >36 μ L^{-1} =72 μ L^{-1} =36 μ L^{-1} =72 μ =72 μ =72 =72 =72 =72 =72 =72 =72 =72 =72 =72 =72 <math>=72 =72 =72 <math>=72 =72 <math>=72 <math>=72

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,在 $3 \cdot 6 \cdot 9$ 小時亦無顯著差異。從 12 小時開始有顯著差異,其差異性排列分別為:12 小時 60 尾/升 >45 尾/升 >30 尾/升; 24 小時 60 尾/升 >45 尾/升 >30 尾/升(表 1-2)。 1.2.1.1.3 亞硝酸氮

密度 45 尾/升處理組中,亞硝酸氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 $0 \cdot 3 \cdot 6$ 小時間與 $9 \cdot 12$ 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之亞硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 =9 小時 >6 小時 =3 小時 =0 小時(表 1-3)。 起始亞硝酸氮濃度皆為 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物之起始值沒有顯著差異。在 3 小時於不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 18 μ l L^{-1} $\Rightarrow 36$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 72$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 18$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 36$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 72$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 18$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 36$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 72$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 18$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 36$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 72$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 18$ μ l L^{-1} $\Rightarrow 18$

μl L^{-1} 與 0 μl L^{-1} 之亞硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序皆為 72 μl L^{-1} >36 μl L^{-1} >18 μl L^{-1} =0 μl L^{-1} 。 24 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 72 μl L^{-1} >36 μl L^{-1} >18 μl L^{-1} >0 μl L^{-1} 。

密度 60 尾/升處理組中,亞硝酸氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 0 和 3 小時間、3 和 6 小時間、6 和 9 小時間與 9 和 12 小時間無顯著差異,於是該密度下不同時間之亞硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 ≥ 9 小時 ≥ 6 小時 ≥ 3 小時 ≥ 0 小時(表 1-3)。起始亞硝酸氮濃度皆為 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物之起始值沒有顯著差異。在 3 小時於不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 18 μ l L $^{-1}$ 奥 36 μ l L $^{-1}$ 之亞硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序為 0 μ l L $^{-1}$ > 18 μ l L $^{-1}$ 里 36 μ l L $^{-1}$ > 72 μ l L $^{-1}$ 。亞硝酸氮濃度從 6 小時發生轉變,不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 0 μ l L $^{-1}$ > 18 μ l L $^{-1}$ = 0 μ l L $^{-1}$ 。在 9 小時各添加濃度處理組之間有顯著差異,且添加濃度越高則亞硝酸氮濃度越高,但添加濃度為 18 μ l L $^{-1}$ 與 0 μ l L $^{-1}$ 之亞硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序為 18 μ l L $^{-1}$ 與 0 μ l L $^{-1}$ 之亞硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序為 18 μ l L $^{-1}$ 是 18

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,從3小時開始有顯著差異,其差異性排列分別為:3與6小時皆是60尾/升 >45尾/升 >30尾/升;9與12小時皆是60尾/升 = 45尾/升 >30尾/升。而24小時不同密度之間的亞硝酸氮濃度無顯著差異(表1-3)。1.2.1.1.4 總氮

密度 30 尾/升處理組中,總氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 3 和 6 小時間、6 和 9 小時間與 9 和 12 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之總氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 \ge 9 小時 \ge 6 小時 \ge 3 小時 >0 小時(表 1-4)。起始總氮濃度即為總氨氮濃度,因起始硝酸氮與亞硝酸氮濃度皆為 0 ppm,所以有添加絲蘭萃取物與無添加之處理組從起始值即有顯著差異,起始總氮濃度依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ >18 μ l L⁻¹ =36 μ l L⁻¹ =72 μ l L⁻¹。而 3 至 24 小時期間不同添加濃度處理組之總氮濃度依差異性排序皆為 0 μ l L⁻¹ >18 μ l L⁻¹ >36 μ l L⁻¹ >72 μ l L⁻¹ ,添加濃度越高之處理組與無添加之處理組差異越大。

密度 60 尾/升處理組中,總氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 3 和 6 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之總氮濃度依差異性排序為 24 小時 > 12 小時 > 9 小時 > 6 小時 = 3 小時 > 0 小時(表 1-4)。起始總氮濃度即為總氨氮濃度,因起始硝酸氮與亞硝酸氮濃度皆為 0 ppm,所以有添加絲蘭萃取物與無添加之處理組從起始值即有顯著差異,但添加濃度為 $36 \, \mu l \, L^{-1}$ 與 $72 \, \mu l \, L^{-1}$ 之起始值無顯著差異,起始濃度依差異性排序為 $0 \, \mu l \, L^{-1}$ > $18 \, \mu l \, L^{-1}$ > $36 \, \mu l \, L^{-1}$ > $18 \, \mu l \, L^{-1}$

為 $36 \, \mu l \, L^{-1}$ 與 $72 \, \mu l \, L^{-1}$ 之總氮濃度無顯著差異,不同添加濃度處理組之總氮濃度依差異性排序為 $0 \, \mu l \, L^{-1} > 18 \, \mu l \, L^{-1} > 36 \, \mu l \, L^{-1} = 72 \, \mu l \, L^{-1}$ 。

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,從 3 小時開始有顯著差異,其各時間之差 異性排列分別為: 3 和 6 小時皆是 60 尾/升 = 45 尾/升 > 30 尾/升; 9 小時 60 尾/升 \geq 45 尾/升 \geq 30 尾/升; 12 和 24 小時皆是 60 尾/升 > 45 尾/升 = 30 尾/升(表 1-4)。 1.2.1.1.5 產氨率

添加不同絲蘭萃取物濃度進行孔雀魚 24 小時模擬運輸之後,其不同密度與不同添加濃度之間皆有顯著差異。在添加不同絲蘭萃取物濃度部份,當密度為 30 和 45 尾/升,產氨率隨添加濃度增加而降低,其高低依差異性排序皆為 $0\,\mu$ l L $^{-1}$ $> 18\,\mu$ l L $^{-1}$ $> 36\,\mu$ l L $^{-1}$ $> 72\,\mu$ l L $^{-1}$ 。而密度為 $60\,$ 尾/升,產氨率亦隨濃度增加而降低,但在添加濃度為 $36\,\mu$ l L $^{-1}$ 和 $72\,\mu$ l L $^{-1}$ 之間無顯著差異,其高低依差異性排序為 $0\,\mu$ l L $^{-1}$ $> 18\,\mu$ l L $^{-1}$ $> 36\,\mu$ l L $^{-1}$ = $72\,\mu$ l L $^{-1}$ 。在不同密度部分,不同添加濃度下之不同密度間除 $18\,\mu$ l L $^{-1}$ 無顯著差異,其餘各組皆有顯著差異,產氨率高低依差異性排序分別為: $0\,\mu$ l L $^{-1}$ 是 $60\,$ 尾/升 $= 45\,$ 尾/升 $> 30\,$ 尾/升; $36\,$ 和 $72\,\mu$ l L $^{-1}$ 皆是 $60\,$ 尾/升 $> 45\,$ 尾/升 $= 30\,$ 尾/升(圖 1-(A))。

1.2.2.2 水質模式建立

1.2.2.2.1 總氨氮

 $TAN = 0.2744 - 2.173 \times 10^{-2} \times C + 3.1133 \times 10^{-4} \times C^2 + 7.24 \times 10^{-2} \times T - 2.34 \times 10^{-3} \times T^2 + 3.78 \times 10^{-3} \times DT - 1.22 \times 10^{-3} \times CT - 1.918 \times 10^{-5} \times CDT$

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)與時間(變數代號為 T)對於總氨氮濃度變化之迴歸模式,其 R² 為 0.9417。

各變數對於總氨氮之敏感度分別為添加絲蘭萃取物濃度(C)對總氨氮累積量之影響占 28.586%,而包裝密度(D)之影響占 95.688%,最後是時間(T)之影響占 97.886%。

1.2.2.2.3 亞硝酸氮

 $NO_2^- - N = -1.51 \times 10^{-3} - 2.6587 \times 10^{-4} \times C + 2.23 \times 10^{-6} \times C^2 + 1.2525 \times 10^{-4} \times D + 5.2625 \times 10^{-4} \times T + 6.44165 \times 10^{-7} \times CDT$

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)與時間(變數代號為 T)對於亞硝酸氮濃度變化之迴歸模式,其 R²為 0.9304。

各變數對於亞硝酸氮之敏感度分別為上述三項,其代表添加絲蘭萃取物濃度(C)對亞硝酸氮累積量之影響占89.596%,而包裝密度(D)之影響占87.779%,最後是時間(T)之影響占87.306%。

1.2.2.2.5 產氨率

APR = $9.88 \times 10^{-3} - 1.5548 \times 10^{-4} \times C + 4.05 \times 10^{-6} \times C^2 + 1.15 \times 10^{-3} \times D - 5.21 \times 10^{-6} \times D^2 - 2.77 \times 10^{-3} \times W - 1.794 \times 10^{-5} \times CD - 8.892086 \times 10^{-7} \times CDW$

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)與體重(變數代號為 W)對於產氨率變化之迴歸模式,其 R²為 0.992。

各變數對於產氨率之敏感度分別為上述三項,其代表添加絲蘭萃取物濃度(C)對產氨率累積量之影響占 98.418%,而包裝密度(D)之影響占 3.579%,最後是體重(W)之影響占 3.438%。

- 1.2.2 白蝦部分
- 1.2.2.1 水質各項氮變化
- 1.2.2.1.1 總氨氮

密度 30 尾/升處理組中,總氨氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 0 和 3 小時、3、6 和 9 小時與 6、9 和 12 小時之間無顯著差異,該密度下不同時間之總氨氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 ≥ 9 小時 =6 小時 ≥ 3 小時 ≥ 0

密度 50 尾/升處理組中,總氨氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 3 和 6 小時與 9 和 12 小時之間無顯著差異,該密度下不同時間之總氨氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 =9 小時 >6 小時 =3 小時 >0 小時(表 1-5)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度也有不同之趨勢,添加濃度越高之處理組與無添加之處理組差異越大。起始總氨氮濃度依不同絲蘭萃取物濃度(0、18、36、72 μ l L⁻¹)分別為 0.036、0.005、0.001 與 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物從起始值即有顯著差異,起始總氨氮濃度依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ >18 μ l L⁻¹ =36 μ l L⁻¹ =72 μ l L⁻¹。但在 3 和 6 小時不同添加濃度處理組之間皆無顯著差異。9 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 0 μ l L⁻¹、18 μ l L⁻¹ 與 36 μ l L⁻¹ 總氨氮濃度無顯著差異,而濃度高低依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ = 18 μ l L⁻¹ = 36 μ l L⁻¹ >72 μ l L⁻¹。而 12 小時不同添加濃度處理組之間僅 0 μ l L⁻¹和 72 μ l L⁻¹有顯著差異,其濃度高低依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ = 36 μ l L⁻¹ ≥ 72 μ l L⁻¹ 。 24 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 0 μ l L⁻¹ = 18 μ l L⁻¹ = 36 μ l L⁻¹ > 72 μ l L⁻¹。 24 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 0 μ l L⁻¹ = 18 μ l L⁻¹ > 36 μ l L⁻¹ > 72 μ l L⁻¹。

密度 75 尾/升處理組中,總氨氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,僅於 0 和 3 小時與 3 和 6 小時之間無顯著差異,該密度下不同時間之總氨氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 >9 小時 >6 小時 \ge 3 小時 \ge 0 小時(表 1-5)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度也有不同之趨勢,添加濃度越高之處理組與無添加之處理組差異越大。起始總氨氮濃度依不同絲蘭萃取物濃度(0、18、36、72 μ l L⁻¹)分別為 0.035、0.004、0 與 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物從起始值即有顯著差異,起始總氨氮濃度依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ >18 μ l L⁻¹ =36 μ l L⁻¹ =72 μ l L⁻¹ 。3 小時不同添加濃度處理組之間僅 72 μ l L⁻¹有顯著差異,而濃度高低依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ =18 μ l L⁻¹ >72 μ l L⁻¹。但在 6 小時不同添加濃度處理組之間無顯著差異。9 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 0 μ l L⁻¹ μ l 8 μ l L⁻¹ μ l L⁻¹ μ l 8 μ l L⁻¹ μ

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,從 3 小時開始有顯著差異,其 3 至 24 小時之差異性排列皆為 75 尾/升 >50 尾/升 >30 尾/升 (表 1-5)。 1.2.2.1.2 硝酸氮

密度 30 尾/升處理組中,硝酸氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 0 和 3 小時間與 3、6 和 9 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 >9 小時 =6 小時 ≥3 小時 ≥0 小時(表 1-6)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度有不同之趨勢,起始硝酸氮濃度皆為 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物之起始值沒有顯著差異。硝酸氮濃度在 3 小時於不同添加濃度之間有顯著差異,但

添加濃度為 $36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 與 $72\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 之硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序為 $0\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $> 18\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $> 36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $= 72\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 。在 6 小時於不同添加濃度處理組之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 $0\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $> 18\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $> 36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 。從 9 小時開始硝酸氮濃度發生轉變,於是否添加濃度處理組之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 $0\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $= 36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 。在 12 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 $36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 等分別與 $18\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 和 $72\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 之硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序為 $0\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 18\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ 。 24 小時不同添加濃度之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 $0\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 72\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 72\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 18\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 36\,\mu\text{l}\,\text{L}^{-1}$ $\geq 36\,\mu$

密度 75 尾/升處理組中,硝酸氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 $0 \times 3 \times 6$ 和 9 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 > 12 小時 > 9 小時 = 6 小時 = 3 小時 = 0 小時(表 1-6)。隨著添加不同絲蘭萃取物濃度有不同之趨勢,起始硝酸氮濃度為 0 ppm,有無添加絲蘭萃取物之起始值沒有顯著差異。硝酸氮濃度除了 6 小時以外,在 $3 \times 9 \times 12$ 和 24 小時於不同添加濃度處理組之間皆有顯著差異,濃度高低依差異性排序皆為 $0 \mu l L^{-1} > 36 \mu l L^{-1} > 72 \mu l L^{-1}$ 。而 6 小時於不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 $18 \mu l L^{-1}$ 與 $36 \mu l L^{-1}$ 之硝酸氮濃度無顯著差異,濃度高低依差異性排序皆為 $0 \mu l L^{-1} > 18 \mu l L^{-1} = 36 \mu l L^{-1} > 72 \mu l L^{-1}$ 。

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,從 3 小時開始有顯著差異,其各時間之差 異性排列分別為: 3 小時 75 尾/升 \geq 50 尾/升 \geq 30 尾/升; 6、9 和 12 小時皆是 75 尾/ 升 >50 尾/升 >30 尾/升; 24 小時 75 尾/升 =50 尾/升 >30 尾/升(表 1-6)。 1.2.2.1.3 亞硝酸氮

密度 30 尾/升處理組中,亞硝酸氮濃度隨時間增加而累積,也隨著添加不同絲蘭萃取物濃度而有不同之趨勢。各時間點中僅 24 小時與其他時間有顯著差異,該密度下不同時間之亞硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 =9 小時 =6 小時 =3 小時 =0 小時(表 1-7)。亞硝酸氮濃度至 9 小時有無添加絲蘭萃取物處理組之間皆無顯著差異,其濃度皆為 0 ppm。在 12 小時不同添加濃度處理組之間,唯 72 μ l L^{-1} 有顯著差異,但與 36 μ l L^{-1} 無顯著差異,亞硝酸氮濃度高低依差異性排序為 72 μ l L^{-1} ≥ 36 μ l L^{-1} ≥ 18 μ l L^{-1} =0 μ l L^{-1} > 36 μ l L^{-1} > 18 μ l L^{-1} > 0 μ l L^{-1}

密度 75 尾/升處理組中,亞硝酸氮濃度隨時間增加而累積,也隨著添加不同絲蘭萃取物濃度而有不同之趨勢。各時間點之間有顯著差異,但於 $0 \cdot 3 \cdot 6$ 和 9 小時間與 $3 \cdot 6 \cdot 6$ 9 和 12 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之亞硝酸氮濃度依差異性排序為 24 小時 > 12 小時 \ge 9 小時 = 6 小時 = 3 小時 \ge 0 小時(表 1-14)。亞硝酸氮濃度至 3 小時有無添加絲蘭萃取物處理組之間皆無顯著差異,其濃度皆為 0 ppm。在 6 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,其中又分為 0 μ L $^{-1}$ 與 18 μ L $^{-1}$ 無顯著差異以及 36 μ L $^{-1}$ 與 72 μ L $^{-1}$ 無顯著差異,濃度高低依差異性排序為 72 μ L $^{-1}$ = 36 μ L $^{-1}$ = 18 μ

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,從 3 小時開始有顯著差異,其各時間之差 異性排列分別為: $3 \cdot 6 \cdot 12$ 和 24 小時皆是 75 尾/升 > 50 尾/升 = 30 尾/升;唯有 9 小 時是 75 尾/升 > 50 尾/升 > 30 尾/升(表 1-7)。 1.2.2.1.4 總氮

密度 30 尾/升處理組中,總氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 0 和 3 小時間、3 和 6 小時間、6 和 9 小時間與 9 和 12 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之總氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 \ge 9 小時 \ge 6 小時 \ge 3 小時 \ge 0 小時(表 1-8)。起始總氮濃度即為總氨氮濃度,因起始硝酸氮與亞硝酸氮濃度皆為 0 ppm,所以有添加絲蘭萃取物與無添加之處理組從起始值即有顯著差異。而起始與 3 小時之總氮濃度依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ >18 μ l L⁻¹ =36 μ l L⁻¹ =72 μ l L⁻¹ =6 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但 18 μ l L⁻¹ 和 36 μ l L⁻¹ =36 μ l L⁻¹ =0 μ l L⁻¹ =0 μ l L⁻¹ =36 μ

密度 50 尾/升處理組中,總氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 0 和 3 小時間、3 和 6 小時間 6 和 9 小時間與 9 和 12 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之總氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 \ge 9 小時 \ge 6 小時 \ge 3 小時 \ge 0 小時(表 1-8)。起始總氮濃度即為總氨氮濃度,因起始硝酸氮與亞硝酸氮濃度皆為 0 ppm,所以有添加絲蘭萃取物與無添加之處理組從起始值即有顯著差異,其起始濃度依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ >18 μ l L⁻¹ =36 μ l L⁻¹ =72 μ l L⁻¹ 。而 3 至 6 小時間不同添加濃度處理組之總氮濃度皆無顯著差異。在 9 小時唯有 72 μ l L⁻¹ 與其他處理組之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ =18 μ l L⁻¹ =36 μ l L⁻¹ >72 μ l L⁻¹ 。而在 12 小時

唯有 $0\,\mu l\,L^{-1}$ 與其他處理組之間有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 $0\,\mu l\,L^{-1}>18\,\mu l\,L^{-1}=36\,\mu l\,L^{-1}=72\,\mu l\,L^{-1}$ 。 24 小時不同添加濃度處理組之總氮濃度有顯著差異,濃度高低依差異性排序為 $0\,\mu l\,L^{-1}>18\,\mu l\,L^{-1}>36\,\mu l\,L^{-1}>72\,\mu l\,L^{-1}$,添加濃度越高之處理組與無添加之處理組差異越大。

密度 75 尾/升處理組中,總氮濃度隨時間增加而累積,各時間點之間有顯著差異,但於 0 和 3 小時間與 3 和 6 小時間無顯著差異,該密度下不同時間之總氮濃度依差異性排序為 24 小時 >12 小時 >9 小時 >6 小時 \geq 3 小時 \geq 0 小時(表 1-8)。起始總氮濃度即為總氨氮濃度,因起始硝酸氮與亞硝酸氮濃度皆為 0 ppm,所以有添加絲蘭萃取物與無添加之處理組從起始值即有顯著差異,其起始濃度依差異性排序為 0 μ l L⁻¹ >18 μ l L = 36 μ l L⁻¹ =72 μ l L⁻¹ 。而 3 至 9 小時間只有 6 小時之不同添加濃度處理組之總氮濃度無顯著差異。在 3 和 9 小時不同添加濃度處理組之間有顯著差異,但添加濃度為 0 μ l L = 12 和 8 μ l L = 12 和 8 μ l L = 12 和 8 μ l L = 13 μ l L = 15 μ l L = 18 μ l L = 16 μ l L = 17 μ l L = 18 μ l L

不同密度之間,於起始值並無顯著差異,從 3 小時開始有顯著差異,其各時間之差 異性排列分別為:3 至 12 小時皆是 75 尾/升 >50 尾/升 >30 尾/升; 24 小時則是 75 尾/升 >50 尾/升 =30 尾/升(表 1-8)。

1.2.2.1.5 產氨率

添加不同絲蘭萃取物濃度進行白蝦 24 小時模擬運輸之後,其不同密度與不同添加濃度之間皆有顯著差異。在添加不同絲蘭萃取物濃度部份,不同密度之產氨率皆隨添加濃度增加而降低,但在添加濃度為 $18\,\mu$ l L $^{-1}$ 時和無添加絲蘭萃取物處理組之間無顯著差異,其高低依差異性排序皆為 $0\,\mu$ l L $^{-1}$ $= 18\,\mu$ l L $^{-1}$ $> 36\,\mu$ l L $^{-1}$ $> 72\,\mu$ l L $^{-1}$ 。在不同密度部分,各添加濃度下之不同密度皆僅有 30 尾/升與其餘兩組有差異,而 50 尾/升和 75 尾/升之間無顯著差異,產氨率高低依差異性排序皆為 60 尾/升 $= 45\,$ 尾/升 $> 30\,$ 尾/升(圖 1-15-(B))。

1.2.2.2 水質模式建立

1.2.2.2.1 總氨氮

 $TAN = -0.54146 + 8.3 \times 10^{-3} \times C + 5.472 \times 10^{-2} \times D - 7.9988 \times 10^{-4} \times D^{2} - 0.52606 \times T + 1.161 \times 10^{-2} \times T^{2} + 1.381 \times 10^{-2} \times DT - 5.958 \times 10^{-5} \times CDT$

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)與時間(變數代號為 T)對於總氨氮濃度變化之迴歸模式,其 R²為 0.9704(表 1-24)。

各變數對於總氨氮之敏感度分別為上述三項,其代表添加絲蘭萃取物濃度(C)對總氨氮累積量之影響占 1.04%,而包裝密度(D)之影響占 90.406%,最後是時間(T)之影響占 92.549%。

1.2.2.2.2 硝酸氮

 $NO_3^- - N = -0.63944 - 1.135 \times 10^{-2} \times C + 2.2366 \times 10^{-4} \times C^2 + 4.552 \times 10^{-2} \times D - 5.5515 \times 10^{-4} \times D^2 - 0.1976 \times T + 6.43 \times 10^{-3} \times T^2 + 4.09 \times 10^{-3} \times DT - 2.588 \times 10^{-5} \times CDT$

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)與時間(變數代號為 T)對於硝酸氮濃度變化之迴歸模式,其 R²為 0.8627(表 1-25)。

各變數對於硝酸氮之敏感度分別為上述三項,其代表添加絲蘭萃取物濃度(C)對硝酸氮累積量之影響占 8.972%,而包裝密度(D)之影響占 89.672%,最後是時間(T)之影響占 95.815%。

1.2.2.2.3 亞硝酸氮

 NO_2^- -N = 2.999×10⁻² - 8.9885×10⁻⁴×D - 6.81×10⁻⁶×D² - 4.26×10⁻³×T + 9.977×10⁻⁵×T² - 1.7×10⁻⁶×CD + 5.198×10⁻⁵×DT + 5.934207×10⁻⁷×CDT

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)與時間(變數代號為 T)對於亞硝酸氮濃度變化之迴歸模式,其 R²為 0.8879(表 1-26)。

各變數對於亞硝酸氮之敏感度分別為上述三項,其代表添加絲蘭萃取物濃度(C)對亞硝酸氮累積量之影響占 15.407%,而包裝密度(D)之影響占 89.763%,最後是時間(T)之影響占 97.286%。

1.2.2.2.4 總氮

 $TN = -1.18979 + 1.8991 \times 10^{-4} \times C^2 + 9.929 \times 10^{-2} \times D - 1.35 \times 10^{-3} \times D^2 - 0.72792 \times T + 1.814 \times 10^{-2} \times T^2 + 1.797 \times 10^{-2} \times DT - 8.557 \times 10^{-5} \times CDT$

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)與時間(變數代號為 T)對於總氮濃度變化之迴歸模式,其 R²為 0.9593(表 1-27)。

各變數對於總氮之敏感度分別為上述三項,其代表添加絲蘭萃取物濃度(C)對總氮累積量之影響占 1.251%,而包裝密度(D)之影響占 89.679%,最後是時間(T)之影響占 92.619%。

1.2.2.2.5 產氨率

 $\mathsf{APR} \! = \! -1.192 \times \! 10^{\text{-2}} \! - \! 5.644 \times \! 10^{\text{-5}} \times \! \text{C} \! + \! 7.3481 \times \! 10^{\text{-4}} \times \! \text{D} \! - \! 5.85 \times \! 10^{\text{-6}} \times \! \text{D}^2$

上述為添加絲蘭萃取物濃度(變數代號為 C)、包裝密度(變數代號為 D)對於產氨率變化之迴歸模式,其 R²為 0.9703。自變數體重(W)對此模式無影響,所以沒有被列出。

各變數對於產氨率之敏感度分別為上述兩項,其代表添加絲蘭萃取物濃度(C)對產氨率之影響占 26.013%,而包裝密度(D)之影響占 73.987%,體重(W)之影響為 0%。

1.3 討論

1.3.1 水質檢測

1.3.1.1 總氨氮

結果顯示,在孔雀魚(淡水)與白蝦(海水)部分,添加絲蘭萃取物皆會降低總氨氮的累積量,絲蘭萃取物添加濃度越高皆可降低總氨氮累積量越多。過去研究顯示,絲蘭萃取物直接添加於淡水或海水的氨氮試水中,以及人工配置之氨氮溶液中,皆可確實降低氨氮濃度(Santacruz-Reyes & Chien, 2009a; b)。海水部分,添加絲蘭萃取物於石斑魚養殖之有機氨氮廢水中,6小時內即可有降低氨氮濃度,而在斑節蝦養殖水中添加絲蘭萃取物,亦可在6小時將總氨氮濃度降低(洪,2011; Santacruz-Reyes & Chien, 2010)。淡水部分,添加絲蘭萃取物於鯰魚養殖池中,可有效降低氨氮濃度(Tidwell et al., 1992)。雖然添加絲蘭萃取物可於氨氮廢水中將其濃度降至0ppm,但那是無養殖生物之廢水,本試驗是以模擬活魚運輸之方式進行,因此總氨氮濃度會持續累積,而絲蘭萃取物只是降低其累積程度。

本試驗於孔雀魚部分,添加 72 μ l L⁻¹ 絲蘭萃取物在 30 和 45 尾/升處理組,皆有效降低總氨氮隨時間而累積。與空白組相比較,分別降低了 75.4%與 81.1%。而在 60 尾/升處理組發現,添加濃度為 36 和 72 μ l L⁻¹ 之間在 24 小時無顯著差異,且較低密度處理組差。與空白組相比較,分別降低了 57.5%與 57.9%。表示該添加濃度對 60 尾/升之密度下,雖對總氨氮累積之影響有限,但相較於空白組仍有顯著差異(圖 1-1)。白蝦部分發現 24 小時之總氨氮累積量,50 和 75 尾/升處理組僅分別降低 35.3%與 41.1%。雖添加絲蘭萃取物相較於空白組有顯著差異,但相較於 12 小時之累積量,分別增加了 573%與308%。

1.3.1.2 硝酸氮與亞硝酸氮

Cheeke(1996)研究指出,添加絲蘭萃取物在海水或淡水中都可以降低水中總氨氮濃度,至於能夠降低的原因仍不明瞭。其提出一假設:總氨氮濃度之減少,係因為絲蘭萃取物中有某些物質會導致其轉換成硝酸氮與亞硝酸氮。而本試驗結果亦接近此假設,總氨氮濃度雖隨時間增加而降低,但硝酸氮與亞硝酸氮濃度則相反。白蝦部分之硝酸氮累積量顯示,在50和75尾/升處理組中,24小時之硝酸氮濃度雖隨絲蘭萃取物添加濃度增加而減少。

上述結果與 Tidwell et al. (1992)之研究比較,其實驗中添加 0、4.3、43、430 mg kg⁻¹ 絲蘭萃取物至 2 ppm 人工配置氨氮溶液中,觀察其變化後發現,總氨氮濃度降低而硝酸氮濃度提高,但亞硝酸氮濃度沒有增加。而本試驗中發現,不只硝酸氮濃度隨絲蘭萃取物添加濃度而增加,亞硝酸氮濃度亦是如此。研究指出,當總氨氮濃度大於 7 ppm 時,氨氮的氧化機制會被抑制;而當其濃度高達 20 ppm 時,氨氮氧化機制將會停止(Abeling & Seyfried, 1992)。也有研究提出,當總氨氮濃度大於 3.5 ppm 時,會抑制亞硝酸氮氧化作用(Wong-Chong & Loehr, 1978)。其機制與絲蘭萃取物對氨氮轉換機制之間,造成本實驗結果中總氨氮濃度雖高於上述研究結果,但硝酸氮與亞硝酸氮濃度卻依舊增加,且酸鹼值也隨其濃度增加而降低,證明絲蘭萃取物協助氨氮轉化為硝酸氮與亞硝酸氮。 1.3.1.3 總氮

綜合上述討論後,從本實驗總氮結果可知,添加絲蘭萃取物可有效降低其累積量。 無論在各包裝密度處理組與不同絲蘭萃取物濃度處理組之間,皆顯示添加濃度越高則 總氮累積量越低。而總氮濃度即為總氨氮、硝酸氮與亞硝酸氮等相加。因此,藉由建立 各項水質模式可計算各項變因對其影響。

1.3.1.4 產氨率

從試驗結果發現,產氨率隨添加絲蘭萃取物濃度增加而減少。但在孔雀魚60尾/升處理組中添加濃度為72 µl L⁻¹與36 µl L⁻¹無顯著差異。顯示添加較高濃度之絲蘭萃取物對孔雀魚產氨率影響不顯著,可能原因為添加高濃度時造成魚隻緊迫,反而有較高的排氨現象。根據Tidwell et al.(1992)研究表示,絲蘭萃取物對鯰魚會造成緊迫反應,推測是其含有皂素成分會形成溶血作用,對魚隻血球與氧氣結合產生影響。其研究亦指出有可能可以去除絲蘭萃取物當中的皂素毒性,而且不會減少降低氨氮的能力,若能成功則會對於水產養殖業有極大的幫助。而在白蝦75尾/升處理組中,添加濃度為18 µl L⁻¹則與空白組無顯著差異。顯示添加較低劑量之絲蘭萃取物對於較高密度的處理時,沒有顯著降低其產氨率的效果。

1.3.2 水質模式

在水質模式建立結果中,各模式之敏感度皆以密度和時間交乘項(DT)為最高,唯有 孔雀魚部分之亞硝酸氮模式以濃度、密度與時間之交乘項(CDT)取代而成為最高,以上結 果與 Santacruz-Reyes & Chien (2010)研究中相同。而本試驗中加入了絲蘭萃取物濃度(C) 為自變數,進而提供添加不同絲蘭萃取物濃度對各項水質影響之參考依據。

在產氨率方面,孔雀魚部分之敏感度以絲蘭萃取物濃度(C)為最高(81.12%),其自乘項(C²)為次高(14.22%),顯示絲蘭萃取物對孔雀魚的產氨率有顯著影響。白蝦部分之敏感度卻以密度(D)為最高(52.16%),表示在白蝦包裝運輸中以密度影響其產氨率較深,但模式中絲蘭萃取物濃度之敏感度為次高(26.01%),其數值接近前者一半,表示其亦有相當之影響力。

表 1-1. 以絲蘭萃取物進行孔雀魚模擬運輸之總氨氮分析表

	總氨氮(ppm)		時間(hours)							
総安(炎	C(bbiii)	0	3	6	9	12	24	Means		
	20	_x 0.011 ^e	_y 0.631 ^d	_z 0.787 ^{cd}	_y 1.154 ^{bc}	_y 1.398 ^b	_y 1.888 ^a	_z 0.978		
	30	(0.017)	(0.159)	(0.217)	(0.411)	(0.554)	(1.030)	(0.780)		
	45	_x 0.015 ^d	_x 0.870 ^c	_y 1.060 ^c	_y 1.518 ^{bc}	_{xy} 1.836 ^b	_y 2.867 ^a	_y 1.361		
密度	45	(0.020)	(0.186)	(0.227)	(0.628)	(0.951)	(1.808)	(1.228)		
(尾/升)	60	_x 0.018 ^d	_x 0.966 ^c	_x 1.247 ^c	_x 1.940 ^b	_x 2.327 ^b	_x 4.326 ^a	_x 1.804		
	60	(0.025)	(0.157)	(0.122)	(0.370)	(0.854)	(1.697)	(1.556)		
	Means	0.015 ^f	0.822 ^e	1.031 ^d	1.537 ^c	1.854 ^b	3.027 ^a	1.381		
		(0.020)	(0.216)	(0.269)	(0.571)	(0.871)	(1.816)	(1.270)		

表 1-2. 以絲蘭萃取物進行孔雀魚模擬運輸之硝酸氮分析表

硝酸氮(ppm)		時間(hours)							
明政炎	((hhiii)	0	3	6	9	12	24	Means	
	20	_x 0.000 ^d	_x 0.091 ^c	_x 0.100 ^c	_x 0.154 ^c	_z 0.270 ^b	_z 0.406 ^a	_z 0.170	
	30	(0.000)	(0.136)	(0.135)	(0.117)	(0.061)	(0.060)	(0.164)	
	45	_x 0.000 ^d	_x 0.143 ^c	_x 0.158 ^c	_x 0.190 ^c	_y 0.346 ^b	_y 0.531 ^a	_y 0.228	
密度	43	(0.000)	(0.202)	(0.190)	(0.176)	(0.091)	(0.054)	(0.218)	
(尾/升)	60	_x 0.000 ^d	_x 0.203 ^c	_x 0.221 ^c	_x 0.253 ^c	_x 0.543 ^b	_x 0.887 ^a	_x 0.351	
	60	(0.000)	(0.236)	(0.223)	(0.209)	(0.068)	(0.009)	(0.328)	
•	Means	0.000 ^f	0.145 ^e	0.160 ^d	0.199 ^c	0.386 ^b	0.608 ^a	0.250	
		(0.000)	(0.196)	(0.188)	(0.172)	(0.137)	(0.211)	(0.256)	

表 1-3. 以絲蘭萃取物進行孔雀魚模擬運輸之亞硝酸氮分析表

亞硝酸氮(ppm)		時間(hours)							
显明颐	<i>&C</i> (hhιιι)	0	3	6	9	12	24	Means	
	20	_x 0.000 ^c	_z 0.002 ^c	_z 0.002 ^c	_y 0.007 ^b	_y 0.009 ^b	_x 0.028 ^a	_z 0.008	
	30	(0.000)	(0.003)	(0.003)	(0.006)	(0.006)	(0.012)	(0.011)	
	45	_x 0.000 ^c	_y 0.004 ^c	_y 0.005 ^c	_x 0.015 ^b	_x 0.019 ^b	_x 0.032 ^a	_y 0.012	
密度	45	(0.000)	(0.002)	(0.003)	(0.006)	(0.007)	(0.015)	(0.013)	
(尾/升)	60	_x 0.000 ^e	_x 0.007 ^{de}	_x 0.011 ^{cd}	_x 0.020 ^{bc}	_x 0.024 ^b	_x 0.042 ^a	_x 0.017	
	60	(0.000)	(0.002)	(0.004)	(0.009)	(0.010)	(0.026)	(0.018)	
	Means	0.000 ^f	0.004 ^e	0.006 ^d	0.014 ^c	0.017 ^b	0.034 ^a	0.013	
		(0.000)	(0.003)	(0.005)	(0.009)	(0.010)	(0.019)	(0.015)	

表 1-4. 以絲蘭萃取物進行孔雀魚模擬運輸之總氮分析表

	總氮(ppm)		時間(hours)							
《思 炎()	(ррііі)	0	3	6	9	12	24	Means		
	20	_x 0.011 ^e	_y 0.723 ^d	_y 0.889 ^{cd}	_y 1.314 ^{bc}	_y 1.677 ^b	_y 2.321 ^a	_z 1.156		
	30	(0.017)	(0.292)	(0.346)	(0.508)	(0.559)	(0.971)	(0.901)		
	45	_x 0.015 ^d	_x 1.016 ^c	_x 1.222 ^c	xy1.723 ^{bc}	_y 2.201 ^b	_y 3.429 ^a	_y 1.601		
密度		(0.020)	(0.358)	(0.400)	(0.785)	(1.006)	(1.749)	(1.381)		
(尾/升)	60	_x 0.018 ^e	_x 1.175 ^d	_x 1.478 ^d	_x 2.213 ^c	_x 2.894 ^b	_x 5.255 ^a	_x 2.172		
	60	(0.025)	(0.393)	(0.343)	(0.567)	(0.852)	(1.679)	(1.836)		
	Means	0.015 ^f	0.972 ^e	1.197 ^d	1.750 ^c	2.257 ^b	3.668 ^a	1.643		
		(0.020)	(0.389)	(0.430)	(0.717)	(0.949)	(1.910)	(1.478)		

表 1-5. 以絲蘭萃取物進行白蝦模擬運輸之總氨氮分析表

4 9 5 5	總氨氮(ppm)		時間(hours)							
総安(炎	C(bbiii)	0	3	6	9	12	24	Means		
	20	_x 0.011 ^d	_z 0.354 ^{cd}	_z 0.470 ^{bc}	_z 0.723 ^{bc}	_z 0.859 ^b	_z 2.177 ^a	_z 0.766		
	30	(0.017)	(0.030)	(0.068)	(0.241)	(0.382)	(1.128)	(0.841)		
	50	_x 0.010 ^d	_y 0.774 ^c	_y 1.213 ^c	_y 1.996 ^b	_y 2.333 ^b	_y 10.041 ^a	_y 2.728		
密度		(0.016)	(0.233)	(0.177)	(0.490)	(0.940)	(1.959)	(3.495)		
(尾/升)	75	_x 0.010 ^e	_x 1.092 ^{de}	_x 1.480 ^d	_x 2.986 ^c	_x 5.293 ^b	_x 14.824 ^a	_x 4.281		
	75	(0.016)	(0.155)	(0.132)	(0.554)	(1.322)	(3.027)	(5.207)		
	Means	0.010 ^f	0.740 ^e	1.054 ^d	1.902 ^c	2.829 ^b	9.014 ^a	2.591		
		(0.016)	(0.345)	(0.452)	(1.036)	(2.090)	(1.816)	(3.912)		

表 1-6. 以絲蘭萃取物進行白蝦模擬運輸之硝酸氮分析表

- 出 新允 气	硝酸氮(ppm)		時間(hours)							
<i>则</i> 殴 炎	"(bhiii)	0	3	6	9	12	24	Means		
	20	_x 0.000 ^d	_y 0.094 ^{cd}	_z 0.132 ^c	_y 0.168 ^c	_z 0.402 ^b	_y 0.774 ^a	_z 0.262		
	30	(0.000)	(0.050)	(0.037)	(0.241)	(0.217)	(0.294)	(0.300)		
	F.0	_x 0.000 ^c	_{xy} 0.123 ^{bc}	_y 0.170 ^{bc}	_y 0.214 ^{bc}	_y 0.604 ^b	_x 4.126 ^a	_y 0.873		
密度	50	(0.000)	(0.061)	(0.035)	(0.033)	(0.188)	(1.454)	(1.586)		
(尾/升)	75	_x 0.000 ^c	_x 0.175 ^c	_x 0.214 ^c	_x 0.361 ^c	_x 0.949 ^b	_x 4.377 ^a	_× 1.012		
	75	(0.000)	(0.074)	(0.046)	(0.108)	(0.156)	(1.714)	(1.687)		
	Means	0.000 ^f	0.131 ^e	0.172 ^d	0.248 ^c	0.651 ^b	3.092 ^a	0.716		
		(0.000)	(0.069)	(0.051)	(0.108)	(0.293)	(2.095)	(1.381)		

表 1-7. 以絲蘭萃取物進行白蝦模擬運輸之亞硝酸氮分析表

亞硝酸氮(ppm)		時間(hours)							
显 例 酸	ğζ(hhιιι)	0	3	6	9	12	24	Means	
	20	_x 0.000 ^b	_y 0.000 ^b	_y 0.000 ^b	_z 0.000 ^b	_y 0.001 ^b	_y 0.013 ^a	_z 0.002	
	30	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.001)	(0.012)	(0.007)	
	F0	_x 0.000 ^b	_y 0.000 ^b	_y 0.002 ^b	_y 0.003 ^b	_y 0.005 ^b	_y 0.032 ^a	_y 0.007	
密度	50	(0.000)	(0.000)	(0.003)	(0.004)	(0.005)	(0.030)	(0.017)	
(尾/升)	75	_x 0.000 ^c	_x 0.004 ^{bc}	_x 0.007 ^{bc}	_x 0.009 ^{bc}	_x 0.014 ^b	_x 0.089 ^a	_x 0.020	
	75	(0.000)	(0.004)	(0.007)	(0.006)	(0.005)	(0.030)	(0.034)	
	Means	0.000 ^e	0.001 ^{de}	0.003 ^{dc}	0.004 ^{bc}	0.006 ^b	0.045 ^a	0.010	
		(0.000)	(0.003)	(0.005)	(0.005)	(0.07)	(0.041)	(0.023)	

表 1-8. 以絲蘭萃取物進行白蝦模擬運輸之總氮分析表

總氮(ppm)		時間(hours)							
<i>(1)</i>	(ррііі)	0	3	6	9	12	24	Means	
	20	_x 0.011 ^d	_z 0.447 ^{cd}	_z 0.602 ^c	_z 0.891 ^{bc}	_z 1.262 ^b	_y 2.964 ^a	_z 1.029	
	30	(0.017)	(0.054)	(0.091)	(0.258)	(0.552)	(1.192)	(1.090)	
	Γ0	_x 0.010 ^e	_y 0.899 ^{de}	_y 1.385 ^{cd}	y2.213 ^{bc}	_y 2.941 ^b	_y 14.198 ^a	_y 3.608	
密度	50	(0.016)	(0.258)	(0.182)	(0.511)	(1.015)	(3.129)	(5.035)	
(尾/升)	75	_x 0.010 ^e	_x 1.270 ^{de}	_x 1.701 ^d	_x 3.356 ^c	_x 6.255 ^b	_x 19.290 ^a	_x 5.314	
	/5	(0.016)	(0.202)	(0.143)	(0.651)	(1.465)	(4.425)	(6.854)	
	Means	0.010 ^f	0.872 ^e	1.229 ^d	2.153 ^c	3.486 ^b	12.151 ^a	3.317	
		(0.016)	(0.389)	(0.489)	(1.132)	(2.350)	(7.584)	(5.234)	

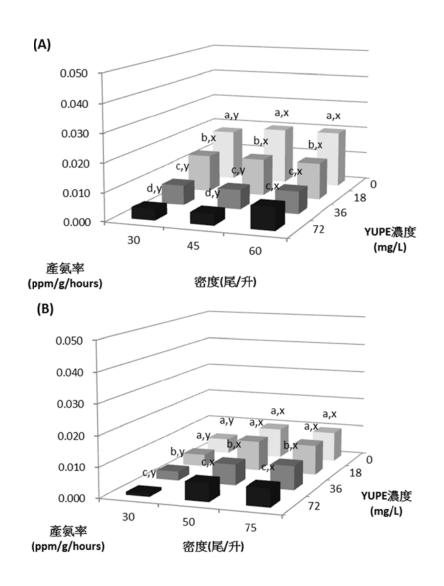


圖 1. 以絲蘭萃取物進行 24 小時模擬運輸之產氨率

(A)(B)為不同實驗物種,分別是孔雀魚與白蝦。a、b、c、d表示同一密度下,不同絲蘭萃取物濃度間之差異性,且以數值大至小順序排列。x、y、z表示同一絲蘭萃取物濃度下,不同密度間之差異性,且以數值大至小順序排列。

試驗二 丁香油對孔雀魚與白蝦麻醉及運輸之影響

2.1 材料與方法

2.1.1 試驗設計

本試驗共分成三部分實驗,實驗一測試以丁香油對孔雀魚與白蝦進行短暫麻醉操作 之最適濃度。實驗二測試以丁香油對孔雀魚與白蝦進行長期麻醉(活魚運輸)時最適濃度。 實驗三模擬孔雀魚與白蝦活魚運輸,添加不同濃度丁香油對孔雀魚與白蝦運輸袋中水質 的影響。

孔雀魚部分,先將魚蓄養在 25L 的魚缸中,每天投餵商用飼料,每週換水一次,畜養一周後於實驗進行前三天禁食。白蝦部分,將蝦畜養在 150L 塑膠桶中,每天投餵商用飼料,每週換水一次,畜養一周後於實驗進行前三天禁食。孔雀魚平均重為 0.31 ± 0.02 公克,白蝦平均重為 1.43 ± 0.09 克。將丁香油(新加坡製)以 95%酒精配置成 10%丁香油溶液,實驗時以 10μ L $^{-1}$ 為例,即為添加 100μ L $^{-1}$ 丁香油溶液。

2.1.2 試驗方法

2.1.2.1 實驗一 以丁香油對孔雀魚與白蝦進行短暫麻醉操作

將孔雀魚與白蝦分別置於 1L 燒杯中,添加不同濃度之丁香油 $(10 \times 20 \times 25 \times 30 \times 50 \times 70 \times 100 \times 200 \mu L^{-1})$,紀錄達到第四麻醉階段之誘導時間。麻醉階段以 Mattson & Riple (1989)制定的麻醉分期表(表 2-1)為標準。將被麻醉的孔雀魚與白蝦進行重量測量,並且紀錄。將操作完畢之孔雀魚與白蝦置入 1L 燒杯中,以乾淨的水進行復甦,紀錄復甦時間。觀察期活存率,進行三重複。

2.1.2.2 實驗二以丁香油對孔雀魚與白蝦進行長期麻醉

以 5 尾/升為密度裝入魚袋中,分別加入不同濃度之丁香油 $(0 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 70 \mu l$ $L^{-1})$ 。充氧包裝後放置於運輸用保麗龍箱中,利用空調將室溫控制於攝氏 25 度。觀察並以碼表紀錄是否達到第三麻醉階段,達到第三麻醉階段後,開始每小時觀察記錄完全復甦之時間,持續進行 48 小時,並且紀錄死亡率。麻醉階段以 Mattson & Riple (1989)制定的麻醉分期表(表 2-1)為標準。以 $0 \mu l$ L^{-1} 為空白組,進行三重複。

2.1.2.3 實驗三丁香油對孔雀魚與白蝦運輸包裝內水質之影響

孔雀魚以 60 尾/升,白蝦以 50 尾/升,分別裝入袋中,加入不同濃度丁香油(0、10、15、20µl L⁻¹),充氧包裝後放置於運輸用保麗龍箱中,利用空調將室溫控制於攝氏 25 度。放置 24 小時後,拆袋並檢測包裝袋水中之酸鹼值、溶氧量、總氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮。以 0µl L⁻¹ 為空白組,進行三重複。

- 2.1.3 水質測量
- 2.1.3.1 酸鹼值(pH)
- 以 Mettler Toledo SevenEasy pH Meter Model: S20 檢測。
- 2.1.3.2 溶氧量(Dissolved oxygen, DO)
- 以 Lutron Dissolved Oxygen Meter DO-5510 檢測。
- 2.1.3.3 總氨氮(Total ammonia-N, TAN)

參考 Phenol hypochlorite method (Solorzano, 1969),於波長 640 nm 處測定。

2.1.3.4 硝酸氮(Nitrate-N, NO₃-N)

參考 Bower and Thomas, 1980 測定。

2.1.3.5 亞硝酸氮(Nitrite-N, NO₂-N)

參考 Wood Armstrong Richard method。

2.1.4 數據處理與統計分析

實驗數據利用 SAS/PC 軟體(SAS/PC version, SAS Institute, Cary, CA, USA)進行分析。

實驗一以單向變方分析,分析八種丁香油濃度(10、20、25、30、50、70、100、200 µl L⁻¹)對孔雀魚與白蝦進行麻醉之平均誘導與復甦時間的差異性,進而瞭解使用丁香油 對孔雀魚與白蝦進行短暫麻醉之最適濃度。

實驗二以單向變方分析,分析六種丁香油濃度(0、10、20、30、50、70 µl L⁻¹)對孔 雀魚與白蝦進行運輸之平均誘導與復甦時間的差異性,並且分析其活存率,進而瞭解使 用丁香油對孔雀魚與白蝦進行長期麻醉之最適濃度。

實驗三以單向變方分析,分析四種丁香油濃度(0、10、15、20 μl L⁻¹)對孔雀魚與白 蝦運輸 24 小時後各項水質測量之比較,瞭解使用丁香油對運輸後的水質影響。以鄧肯 氏多變域測驗(Duncan's Multiple Range Test, DMRT)來分析各處理組間的差異排序與比 較。

2.2 結果

2.2.1 實驗一 以丁香油對孔雀魚與白蝦進行短暫麻醉操作

2.2.1.1 孔雀魚部分

根據表 2-2 顯示,丁香油添加濃度為 10 µl L⁻¹ 時,對孔雀魚沒有麻醉效果。添加濃 度為 20 ul L⁻¹ 時,誘導時間為 942±32 秒,而其復甦時間為 61±6 秒;分析結果顯示,其 誘導時間為最久,與其他濃度皆有顯著差異,而復甦時間與濃度 25 μl L⁻¹ 和 30 μl L⁻¹ 無 顯著差異。添加濃度為 25 μl L^{-1} 時,誘導時間為 878±19 秒,而其復甦時間為 74±7 秒; 分析結果顯示,其誘導時間與其他濃度皆有差異,而復甦時間與濃度 20 μl L⁻¹和 30 μl L $^{-1}$ 無顯著差異。添加濃度為 30 μ l L $^{-1}$ 時,誘導時間為 249±32 秒,而其復甦時間為 121±14 秒;分析結果顯示,其誘導時間與濃度 $50 \, \mu l \, L^{-1}$ 和 $70 \, \mu l \, L^{-1}$ 無顯著差異,復甦時間與濃 度 $20\mu l L^{-1}$ 和 $25\mu l L^{-1}$ 無顯著差異。添加濃度為 $50\mu l L^{-1}$ 時,誘導時間為 238 ± 21 秒,而 其復甦時間為 241 ± 52 秒;分析結果顯示,其誘導時間與濃度 30 μl L^{-1} 和 70 μl L^{-1} 無顯 著差異,而復甦時間與濃度 $70 \, \mu l \, L^{-1}$ 和 $100 \, \mu l \, L^{-1}$ 無顯著差異。添加濃度為 $70 \, \mu l \, L^{-1}$ 時, 誘導時間為 227±28 秒,而其復甦時間為 253±39 秒;分析結果顯示,其誘導時間與濃度 $30\,\mu l\,L^{-1}$ 和 $50\,\mu l\,L^{-1}$ 無顯著差異,而復甦時間與濃度 $50\,\mu l\,L^{-1}$ 和 $100\,\mu l\,L^{-1}$ 無顯著差異。 添加濃度為 100μ l L $^{-1}$ 時,誘導時間為 46 ± 5 秒,而其復甦時間為 266 ± 48 秒;分析結果顯 示,其誘導時間與濃度 200 μ l L^{-1} 無顯著差異,而復甦時間與濃度 50 μ l L^{-1} 和 70 μ l L^{-1} 無顯著差異。添加濃度為 200μl L^{-1} 時,誘導時間為 44 ± 2 秒,而其復甦時間為 560 ± 62 秒;分析結果顯示,其誘導時間與濃度 100 μl L⁻¹ 無顯著差異,而復甦時間為最久,與 其他濃度皆有差異。

2.2.1.2 白蝦部分

根據表 2-3 顯示,丁香油添加濃度為 $10\mu l L^{-1}$ 、 $20\mu l L^{-1}$ 、 $25\mu l L^{-1}$ 和 $30\mu l L^{-1}$ 時,對白蝦沒有麻醉效果。添加濃度為 $50\mu l L^{-1}$ 時,誘導時間為 720 ± 32 秒,而其復甦時間為 182 ± 15 秒;分析結果顯示,其誘導時間為最久,與其他濃度皆有顯著差異,而復甦時間 最快,與其他濃度皆有顯著差異。添加濃度為 $70\mu l L^{-1}$ 時,誘導時間為 233 ± 6 秒,而其復甦時間為 322 ± 21 秒;分析結果顯示,其誘導時間與其他濃度皆有差異,而復甦時間 亦與與其他濃度皆有差異。添加濃度為 $100\mu l L^{-1}$ 時,誘導時間為 183 ± 13 秒,而其復甦時間為 772 ± 8 秒;分析結果顯示,其誘導時間與其他濃度皆有差異,而復甦時間亦與與其他濃度皆有差異。添加濃度為 $200\mu l L^{-1}$ 時,誘導時間為 117 ± 9 秒,而其復甦時間為 1210 ± 39 秒;分析結果顯示,分析結果顯示,其誘導時間為最快,與其他濃度皆有顯著差異,而復甦時間最久,與其他濃度皆有顯著差異。2.2.2 實驗二 以丁香油對孔雀魚與白蝦進行長期麻醉

2.2.2.1 孔雀魚部分

表 2-4 顯示,以 $10~\mu$ l L⁻¹ 進行麻醉運輸時,無法達到麻醉效果。從 $20~\mu$ l L⁻¹ 開始可以達到麻醉效果,其誘導時間為 $763\pm45~$ 秒,而復甦時間為 $18\pm1~$ 小時,該處理組是唯一可以復甦且完全存活。添加濃度為 $30~\mu$ l L⁻¹ 時,其誘導時間為 $198\pm21~$ 秒,但存活率為 0%,無法進行復甦。添加濃度為 $50~\mu$ l L⁻¹ 時,其誘導時間為 $163\pm34~$ 秒,但存活率為 0%,無法進行復甦。添加濃度為 $70~\mu$ l L⁻¹ 時,其誘導時間為 $134\pm21~$ 秒,但存活率為 0%,無法進行復甦。

2.2.2.2 白蝦部分

表 2-5 顯示,以 $10\,\mu$ l L $^{-1}$ 和 $20\,\mu$ l L $^{-1}$ 進行麻醉運輸時,無法達到麻醉效果。從 $30\,\mu$ l L $^{-1}$ 開始可以達到麻醉效果,其誘導時間為 7091 ± 45 秒,但存活率為 0%,無法進行復甦。添加濃度為 $50\,\mu$ l L $^{-1}$ 時,其誘導時間為 2542 ± 97 秒,但存活率為 0%,無法進行復甦。添加濃度為 $70\,\mu$ l L $^{-1}$ 時,其誘導時間為 1487 ± 103 秒,但存活率為 0%,無法進行復甦。 2.2.3 實驗三 丁香油對孔雀魚與白蝦運輸包裝內水質之影響

2.2.3.1 孔雀魚部分

不同處理組之間酸鹼值沒有顯著差異,死亡率皆為零。溶氧量方面,分析結果顯示:添加不同濃度的丁香油對孔雀魚進行麻醉時,添加 $10\,\mu l\,L^{-1}$ 丁香油有較高溶氧量,反而丁香油濃度提高時,溶氧量亦相對減少,鄧肯氏多變域測驗趨勢為 $10\,\mu l\,L^{-1}>15\,\mu l\,L^{-1}=20\,\mu l\,L^{-1}>0\,\mu l\,L^{-1}$ 。總氨氮與總氮方面,分析結果顯示:添加不同濃度的丁香油對孔雀魚進行麻醉時,添加 $10\,\mu l\,L^{-1}$ 丁香油有較低總氨氮與總氮濃度,反而丁香油濃度提高時,總氨氮與總氮濃度亦相對增加,鄧肯氏多變域測驗趨勢皆為 $0\,\mu l\,L^{-1}\geq 15\,\mu l\,L^{-1}=20\,\mu l\,L^{-1}\geq 10\,\mu l\,L^{-1}$ 。硝酸氮與亞硝酸氮方面,分析結果顯示:添加不同濃度的丁香油對孔雀魚進行麻醉時,添加不同濃度之丁香油與空白組間皆無顯著差異(表 2-6)。 2.2.3.2 白蝦部分

不同處理組之間酸鹼值沒有顯著差異,死亡率皆為零。溶氧量方面,分析結果顯示:添加不同濃度的丁香油對白蝦進行麻醉時,添加丁香油有較高溶氧量,溶氧量隨添加丁香油濃度提高而增加,鄧肯氏多變域測驗趨勢結果為 $20\,\mu l\,L^{-1}=15\,\mu l\,L^{-1}=10\,\mu l\,L^{-1}>0\,\mu l\,L^{-1}$ 。在其他水質檢測方面,無論在總氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮或總氮,不同添加濃度與空白組皆無顯著差異(表 2-7)。

2.3 討論

2.3.1 實驗一 以丁香油對孔雀魚與白蝦進行短暫麻醉操作

表 2-2 與 2-3 皆顯示,添加麻醉劑濃度越高,孔雀魚與白蝦達到完全麻醉的時間越短,但復甦時間亦相對增加。研究指出,理想的麻醉劑應於三分鐘內麻醉,並且在五分鐘內恢復 (Guilderhus & Marking, 1987)。從實驗結果中發現,孔雀魚於 $100 \, \mu l \, L^{-1}$ 濃度才可以在三分鐘內達成完全麻醉,且在短暫操作後可以於五分鐘內復甦。不過在添加濃度為 $70 \, \mu l \, L^{-1}$ 處理組,雖必須花費三分鐘以上才能達到完全麻醉階段,但與三分鐘之標準仍相當接近,且其復甦時間亦於五分鐘以內。 $200 \, \mu l \, L^{-1}$ 處理組,只須花費不足一分鐘即能達到完全麻醉階段,但其復甦時間超過十分鐘。因此,推測進行孔雀魚短期麻醉之適合濃度為 $70 \, \mu l \, L^{-1}$ 至 $100 \, \mu l \, L^{-1}$ 。

白蝦部分,唯有 70 μl L⁻¹處理組接近標準,但是對於白蝦的麻醉有許多觀察上的困難。蝦類無法從鰓蓋判斷其鎮靜作用所影響呼吸的緩急,只能從外部進行刺激,觀察其反射反應。在本實驗中,經由觀察白蝦麻醉發現,蝦類的泳足與步足可以做為麻醉效果的初步參考依據。在誘導階段,除了失去平衡可以容易觀察,步足停止動作亦可協助判斷,而泳足的部分在達完全麻醉時會停止動作,可是對外部刺激仍有反應。在復甦階段,則同樣可從平衡狀況進行觀察,同時泳足會恢復至持續動作,當步足有正常運動且其行

為正常時,表示完全復甦。

Parodi et al.(2012)研究指出,對白蝦亞成體使用丁香油進行麻醉之濃度可達 175 μ l L $^{-1}$,Lorsingkum et al.(2011)則是以 190 μ l L $^{-1}$ 丁香油進行白蝦麻醉時,可在兩分鐘內使其失去平衡。但本實驗卻指出以 70 μ l L $^{-1}$ 為最適合之濃度,可見其中有實驗誤差或因觀察標準不同而導致。

2.3.2 實驗二 以丁香油對孔雀魚與白蝦進行長期麻醉

Mylonas et al. (2005) 提出以丁香油對特定水產養殖物種進行麻醉時,必須針對其麻醉劑量、誘導和復甦時間、長期暴露於丁香油之死亡率等項目進行詳細研究。Akbari (2010) 研究中,以丁香油進行印度蝦麻醉運輸,在安全濃度下只能使其達到鎮靜,24 小時之半致死濃度為 $5~\mu$ l L $^{-1}$ 。 Parodi et al. (2012)於研究中提出以丁香油進行白蝦運輸之麻醉時,最適合的濃度為 $20~\Xi~50~\mu$ l L $^{-1}$ 。

在孔雀魚部分,雖然短暫麻醉可添加丁香油濃度至 200 μl L⁻¹,而且可以進行復甦。但在長期麻醉運輸發現,當添加濃度於 30 μl L⁻¹以上時,即全數死亡。白蝦部分,結果顯示丁香油對長期運輸沒有明顯麻醉效果。綜合上述發現,同一物種對於同一麻醉劑於暴露不同時間下,其對於該麻醉劑的耐受性亦不相同。

對孔雀魚而言,10 μl L⁻¹處理組僅可以使孔雀魚呈現鎮靜狀態,推斷 20 μl L⁻¹ 是最適合進行麻醉運輸所添加的濃度,24 小時後不僅無魚死亡,且可以完全復甦。而在白蝦方面,20 μl L⁻¹ 可以使白蝦呈現鎮靜狀態,24 小時後亦無死亡,雖無法達到麻醉效果,但可作為運輸期間添加使其鎮靜。

2.3.3 實驗三 丁香油對孔雀魚與白蝦運輸包裝內水質之影響

兩部分實驗結果中,皆顯示添加丁香油使其達鎮靜狀態有助於降低耗氧量。孔雀魚方面,總氨氮濃度隨添加丁香油增加而有提升趨勢,硝酸氮與亞硝酸氮則無顯著差異。 Kaiser et al. (2006)研究中,添加丁香油對斜紋樸麗魚(Haplochromis obliquidens)進行長途運輸麻醉時,發現相對於沒有添加丁香油或是有放置沸石粉的處理組,只添加丁香油的處理組有最高氨氮濃度。而在白蝦方面,總氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮與總氮部分則無顯著差異,與 Akbari (2010)研究之結果符合。其研究結果中,添加 3.7 μl L⁻¹ 丁香油即可使耗氧量明顯減少,但在氨氮排泄方面沒有顯著差異。

由於丁香油具有抗菌性與其他效果(Leela & Sapna, 2008),總氨氮濃度在添加丁香油後增加有兩種可能:魚的排氨量增加或丁香油會抑制能分解氨的細菌,除了水中可以轉換氨氮的微生物量減少之外,因為水質變化較大而致使魚隻緊迫造成的排氨也是原因之一(Kaiser et al., 2006)。硝酸氮與亞硝酸氮的部分,同樣推論為水中將硝酸氮轉換為亞硝酸氮的微生物量減少所造成的結果。在總氮的部分,由於受總氨氮濃度的差異性所影響,所以呈現相同的趨勢。

表 2-1 魚類麻醉分期表(Mattson & Riple,1989)

分期	名稱	行為變化及反射反應
I	鎮靜期	對外界刺激反應部分喪失
II	部分失去平衡	移動不協調,繼之以活躍且怪異的游動方式
III	完全失去平衡	前期:魚體上下翻轉,但仍具有游泳能力
		後期:游泳能力喪失,對尾柄的刺激仍有反應
IV	麻醉期	失去反射反應,即使外界給予強力刺激亦無反應
V	延髓崩潰期	呼吸停止,死亡

表 2-2 以不同丁香油濃度進行孔雀魚短期麻醉

丁香油濃度	體重	誘導時間	復甦時間	活存率
(μl L ⁻¹)	(g)	(秒)	(秒)	(%)
0	0.31±0.02	N	N	100
20	0.26±0.04	942±32 ^a	61±6 ^c	100
25	0.30±0.01	878±19 ^b	74±7 ^c	100
30	0.31±0.03	249±31 ^c	121±14 ^c	100
50	0.29±0.04	238±21 ^c	241±52 ^b	100
70	0.31±0.06	227±28 ^c	253±39 ^b	100
100	0.34±0.04	46±5 ^d	266±48 ^b	100
200	0.32±0.01	44±2 ^d	560±62°	100

N 代表該項數值無結果。a、b、c、d 表示不同濃度之差異性,且以數值大至小排列。

表 2-3 以不同丁香油濃度進行白蝦短期麻醉

丁香油濃度(μl L ⁻¹)	體重(g)	誘導時間(秒)	復甦時間(秒)	活存率(%)
0	1.4±0.3	N	N	100
20	1.4±0.2	N	N	100
25	1.4±0.2	N	N	100
30	1.3±0.2	N	N	100
50	1.4±0.1	720±23 ^a	182±15 ^d	100
70	1.4±0.2	233±6 ^b	322±21 ^c	100
100	1.5±0.2	183±13 ^c	772±8 ^b	100
200	1.5±0.2	117±9 ^d	1210±39ª	100

N代表該項數值無結果。a、b、c、d表示不同濃度之差異性,且以數值大至小排列。

表 2-4 以不同丁香油濃度進行孔雀魚長期麻醉

丁香油濃度	誘導時間	復甦時間	活存率
(μl L ⁻¹)	(秒)	(小時)	(%)
0	N	n	100
10	N	n	100
20	763±45	18±1	100
30	198±21	N	0
50	163±34	N	0
70	134±17	N	0

N和 n代表該項數值無結果,於誘導時間 N 為無麻醉效果,於復甦時間 N 為死亡無甦醒,n 為原本即甦醒。

表 2-5 以不同丁香油濃度進行白蝦長期麻醉

丁香油濃度	誘導時間	復甦時間	 活存率
(μ l L $^{-1}$)	(秒)	(秒)	(%)
0	N	n	100
10	N	n	100
20	N	n	100
30	7091±172	N	0
50	2542±97	N	0
70	1487±103	N	0

N和n代表該項數值無結果,於誘導時間N為無麻醉效果,於復甦時間N為死亡無甦醒,n為原本即甦醒。

表 2-6 以不同丁香油濃度進行孔雀魚 24 小時模擬運輸之各項水質結果

丁香油濃度-			水气	質項目		
	酸鹼值	溶氧量	總氨氮	硝酸氮	亞硝酸氮	總氮
<u>μ</u> Ι L ⁻¹				ppm		
0	7.14 ^a	7.15 ^c	7.84 ^a	1.23 ^a	0.32 ^a	9.38 ^a
	(0.03)	(0.35)	(0.5)	(0.2)	(0.37)	(0.19)
10	7.11 ^a	8.14 ^a	5.68 ^b	1.33 ^a	0.2 ^a	7.21 ^b
	(0.02)	(0.04)	(0.41)	(0.36)	(0.18)	(0.64)
15	7.14 ^a	7.6 ^b	6.79 ^{ab}	1.3 ^a	0.29 ^a	8.382 ^{ab}
	(0.03)	(0.38)	(1.01)	(0.09)	(0.35)	(1.22)
20	7.1 ^a	7.82 ^b	6.68 ^{ab}	1.06 ^a	0.05 ^a	7.79 ^{ab}
	(0.02)	(0.21)	(0.75)	(0.23)	(0.06)	(0.89)

a、b、c、d表示不同丁香油濃度之間各項水質差異性,且以數值大至小排列。

表 2-7 以不同丁香油濃度進行白蝦 24 小時模擬運輸之各項水質結果

丁香油濃度 -	水質項目					
	酸鹼值	溶氧量	總氨氮	硝酸氮	亞硝酸氮	總氮
μl L ⁻¹				ppm		
0	7.25a	5.98b	14.76a	2.43a	0.27a	17.46a
	(0.04)	(0.21)	(1.1)	(0.19)	(0.12)	(0.80)
10	7.24a	6.84a	14.65a	2.46a	0.26a	17.37a
	(0.05)	(0.19)	(1.02)	(0.24)	(0.14)	(1.12)
15	7.22a	6.78a	14.58a	2.43a	0.28a	17.29a
	(0.03)	(0.24)	(1.41)	(0.23)	(0.16)	(1.18)
20	7.25a	6.99a	14.73a	2.45a	0.21a	17.39a
	(0.05)	(0.26)	(0.98)	(0.26)	(0.11)	(0.97)

a、b、c、d表示不同丁香油濃度之間各項水質差異性,且以數值大至小排列。

執行成果效益評估及建議事項

以添加絲蘭萃取物於活魚運輸時,對於硬骨魚類造成的緊迫反應而使其含氮代謝物增加,可從其生理反應進行研究。並且嘗試進行不同硬骨魚類在絲蘭萃取物下之半致死 濃度。

利用丁香油進行孔雀魚與白蝦麻醉時,可透過其各項生理指數研判緊迫程度。並且 建立無脊椎動物之麻醉階段,以供未來進行相關麻醉之參考。

未來可同時以絲蘭萃取物與丁香油進行活魚運輸實驗。嘗試以丁香油進行麻醉而使 耗氧量減少,並防止運輸過程中的打鬥行為;以絲蘭萃取物降低添加丁香油所造成之緊 迫反應進而使氨氮累積量增加。以及利用此組合作為運輸添加劑,於不同物種進行試 驗。

参考文獻

Abeling, U., Seyfried, C.F., 1992. Anaerobic-aerobic treatment of high-strength ammonium wastewater - Nitrogen removal via nitrite. Water Science and Technology 26, 1007-1015.

- Akbari, S., Khoshnod, M.J., Rajaian, H., Afsharnasab, M., 2010. The use of eugenol as an anesthetic in transportation of with indian shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) post larvae. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 10, 423-429.
- Bower, C. E. and Thomas H. H., 1980. A simplified hydrazine-reduction method for determining high concentration or nitrate in recirculated seawater. *Aquaculture* 21: 281-286.
- Bowser, P.R., 2001. Anesthetic Options for Fish. International Veterinary Information Service (www.ivis.org), Ithaca, New York, USA.
- Boyd, C.E., Tucker, C.S., 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA.
- Cech, J.J., Jr., Bartholow, S.D., Young, P.S., Hopkins, T.E., 1996. Striped bass exercise and handling stress in freshwater: physiological responses to recovery environment. Transactions of the American Fisheries Society 125, 308-320.
- Cheeke, P.R., 1996. Biological effects of feed and forage saponins and their impact on animal production. In: Waller, G.R., Yamasaki, Y. (Ed.), Saponins Used in Food and Agriculture. Plenum Press, New York, pp. 377-386.
- Cooke, S.J., Suski, C.D., Ostrand, K.G., Tufts, B.L., Wahl, D.H., 2004. Behavioral and physiological assessment of low concentrations of clove oil anaesthetic for handling and transporting largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquaculture 239, 509-529.
- Davis, K.B., Parker, N.C., 1986. Plasma corticosteroid stress response of fourteen species of warmwater fish to transportation. Transactions of American Fisheries Society 115, 495-499.
- Francis-Floyd, R., 2002. Stress Its Role in Fish Disease. University of Florida IFAS Extension Circular 919, University of Florida, Gainesville.
- Gaber, M.M., 2006. The effects of plant-protein-based diets supplemented with Yucca on growth, digestibility, and chemical composition of nile tilapia (Oreochromis niloticus, L) fingerlings. Journal of The World Aquaculture Society 37, 74-81.
- Guilderhus, P.A., Marking, L.L., 1987. Comparative efficacy of 16 anaesthetic chemicals on rainbow trout. North American Journal of Fisheries Management 7, 288-292.
- Gülçin, I., Elmastaş, M., Aboul-Enein, H.Y., 2010. Antioxidant activity of clove oil-A powerful antioxidant source. Arabian Journal of Chemistry, 10.1016/j.arabjc.2010.09.016.
- Harmon, T.S., 2009. Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics. Reviews in Aquaculture 1, 58-66.
- Hseu, J.R., Yeh, S.L., Chu, Y.T., Ting, Y.Y., 1998. Comparison of efficacy of five anesthetics in goldlined sea bream, *Sparus sarba*. Acta Zoologica Taiwanica 9, 35-41.
- Kaiser, H., Brill, G., Cahill, J., Collett, P., Czypionka, K., Green, A., Orr, K., Pattrick, P., Scheepers,R., Stonier, T., Whitehead, M.A., Yearsley, R., 2006. Testing clove oil as an anaesthetic for long-distance transport of live fish: the case of the Lake Victoria cichlid *Haplochromis*

- obliquidens. Journal of Applied Ichthyology 22, 510-514.
- Kildea, M.A., Allan, G.L., Kearney, R.E., 2004. Accumulation and clearance of the anaesthetics clove oil and AQUI-STM from the edible tissue of silver perch (*Bidyanus* bidyanus). Aquaculture 232, 265-277.
- Killeen, G.F., Connolly, C.R., Walsh, G.A., Duþy, C.F., Headon, D.R., Power, R.F., 1998. The effects of dietary supplementation with *Yucca schidigera* extract or fractions thereof on nitrogen metabolism and gastrointestinal fermentation processes in the rat. Journal of the Science of Food and Agriculture 76, 91-99.
- King, W.V., Hooper, B., Hillsgrove, S., Benton, C., Berlinsky, D., 2005. The use of clove oil, metomidate, tricaine methanesulphonate and PE for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata* L.). Aquaculture Research 36, 1442-1449.
- Kong, Z., 1998. Separation and characterization of biologically important substances. Ph.D. Dissertation. University of Illinois, Urbana- Champaign.
- Lásztity, R., Hidvégi, M., Bata, Á., 1998. Saponins in food. Food Reviews International 14, 371-390.
- Leela, N.K., Sapna, V.P., 2008. Clove. In: Parthasarathy, V.A., Chempakam, B., Zachariah, T.J.(Ed.), Chemistry of Spices. Indian Institute of Spices Research, Calicut, Kerala, India, pp. 146-164.
- Lin, M.N., Ting, Y.Y., Tzeng, B.S., Liu, C.Y., 1990. Penaeid parental shrimp rearing: culture of the third generation in penaeus vannamei. Journal of the Fisheries Society of Taiwan 17, 125-132.
- Lin, Y.C., Chen, J.C., 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 259, 109-119.
- Lorsingkum, T., Limsuwan, C., Purivirojkul, W., Chuchird, N., 2011. Evaluation of isoeugenol as an anesthetics for pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Proceedings of the 49th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart University, Thailand, 1-4 February, 2011. Volume 3. Subject: Fisheries. pp. 57-64.
- Maule, A.G., Schreck, C.B., Bradford, C.S., Barton, B.A., 1988. Physiological effects of collecting and transporting emigrating juvenile chinook salmon past dams on the Columbia River. Transactions of the American Fisheries Society 117, 245-261.
- Makkar, H.P.S., Aregheore, E.M., Becker, K., 1999. Effect of saponins and plant extracts containing saponins on the recovery of ammonia during urea ammoniation of wheat straw and fermentation kinetics of the treat straw. Journal of Agricultural Science 132, 313-321.
- Menz, A., Blake, B.F., 1980. Experiments on the growth of *Penaeus vannamei* Boone. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 48, 99-111.

- Mylonas, C.C., Cardinalettia, G., Sigelakia, I., Polzonetti-Magnib, A., 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. Aquaculture 246, 467-481.
- Oleszek, W., Sitek, M., Stochmal, A., Piacente, S., Pizza, C., Cheeke, P., 2001. Resveratrol and other phenolics from the bark of *Yucca schidigera* Roezl. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49, 747-752
- Oleszek, W., Sitek, M., Stochmal, A., Burda, S., Cheeke, P., 1999. Saponin and phenolic constituents from *Yucca schidigera* bark(Abstr.), In: Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants. Institute of Soil Science and Plent Cultivation, Pulawy, Poland, pp. 31.
- Parodi, T.V., Cunha, M.A., Heldwein, C.G., Souza, D.M., Martins, Á.C., Garcia, L.O., Junior, W.W., Monserrat, J.M., Schmidt, D., Caron, B.O., Heinzmann, B., Baldisserotto, B., 2012. The anesthetic efficacy of eugenol and the essential oils of *Lippia alba* and *Aloysia triphylla* in post-larvae and sub-adults of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea, Penaeidae). Comparative Biochemistry and Physiology 155, 462-468.
- Pawar, H.B., Sanaye, S.V., Sreepada, R.A., Harish, V., Suryavanshi, U., Tanu, Ansari, Z.A., 2011. Comparative efficacy of four anaesthetic agents in the yellow seahorse, *Hippocampus kuda* (Bleeker, 1852). Aquaculture 311, 155-161.
- Pérez Farfante, I., Kensley, B., 1997. Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. Mémories du Muséum National D'Histoire Naturelle, Paris.
- Piacente, S., Montoro, P., Oleszek, W., Pizza, C., 2004. *Yucca schidigera* bark: phenolic constituents and antioxidant activity. Journal of Natural Products 67, 882-885.
- Piper, R.G., McElwain, I.B., Orme, L.E., McCraren, J.P., Fowler, L.G., Leonard, J.R., 1982. *Fish Hatchery Management*. American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- Ponce-Palafox, J., Martinez-Palacios, C.A., Ross, L.G., 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. Aquaculture 157, 107-115.
- Rubin, A.J., Elmaraghy, M.A., 1976. Studies on the toxicity of ammonia, nitrate and their mixtures to the common guppy. Ohio Water Resources Center, Columbus, Completion Report 490.
- Santacruz-Reyes, R.A., Chien, Y.H., 2009a. Ammonia reduction in seawater by *Yucca schidigera* extract: efficacy analysis and empirical modeling. Aquaculture Research 41, 1221-1228.
- Santacruz-Reyes, R.A., Chien, Y.H., 2009b. Efficacy of *Yucca schidigera* extract for ammonia reduction in freshwater: Effectiveness analysis and empirical modeling approach. Aquaculture 297, 106-111.
- Santacruz-Reyes, R.A., Chien, Y.H., 2010. Yucca schidigera extract A bioresource for the

- reduction of ammonia from mariculture. Bioresource Technology 101, 5652-5657.
- Soto, C.G., Burhanuddin, 1995. Clove oil as a fish anaesthetic for measuring length and weight of rabbitfish (*Siganus lineatus*). Aquaculture 136, 149-152.
- Thurston, R.V., Russo, R.C., Vinogradov, G.A., 1981. Ammonia toxicity to fishes. Effect of pH on the toxicity of the un-ionized ammonia species. Environmental Science & Technology 15, 837-840.
- Tidwell, J.H., Webster, C.D., Clark, J.A., Yancey, D.H., 1992. Effect of Yucca schidigera exact on water quality and fish growth in recirculating-water aquaculture systems. The Progressive Fish Culturist 54, 196-201.
- Tomasso, J.R., 1994. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Reviews in Fisheries Science 24, 291-314.
- Treves-Brown, K.M., 2000. Anaesthesia. In: Treves-Brown, K.M. (Ed.), Anaesthetics in Applied Fish Pharmacology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 206-217.
- Tsai, S.J., Chen, J.C., 2002. Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. Aquaculture 213, 163-170.
- Wallace, R.J., Arthaud, L., Newbold, C.J., 1994. Influence of *Yucca shidigera* extract on ruminal ammonia concentrations and ruminal microorganisms. Applied and Environmental Microbiology 60, 1762-1767.
- Walsh, P.J., Wright, P.A., 1995. Nitrogen Metabolism and Excretion. CRC Press, Florida, USA.
- Weirich, C.R., Tomasso, J.R., 1991. Confinement- and transport- induced stress on red drum juveniles: effects of salinity. The Progressive Fish Culturist 53, 146–149.
- Wong-Chong, G.M., Loehr, R.C., 1978. Kinetics of microbial nitrification: nitrite-nitrogenoxidation. Water Research 12, 605-609.
- 李才根。2003。鱖魚的暫養與活運技術。養魚世界雜誌 2003 年 1 月號。
- 林永慶。白蝦曝露於亞硝酸下之急性毒性及緊迫反應之研究。國立臺灣海洋大學水產養 殖學系研究所碩士論文。基隆。
- 黃平山。2005。台灣地區白蝦養殖產業之經濟分析。國立臺灣海洋大學應用經濟研究所 碩士論文。基隆。
- 黃重景。2008。飼糧類胡蘿蔔素、魚體色及多種光照對孔雀魚成長、呈色、尾傷復原及 配偶選擇之影響。國立臺灣海洋大學水產養殖學系研究所碩士論文。基隆。
- 何珮綺。2007。仙人掌(Yucca schidigera)萃取物對虱目魚幼魚呼吸生理之影響及其在活魚運輸之應用。國立臺灣海洋大學水產養殖學系研究所碩士論文。基隆。
- 洪介學。2011。絲蘭萃取物在點帶石斑與紅紋笛鯛養殖之應用。國立臺灣海洋大學水產養殖學系研究所碩士論文。基隆。
- 朱鴻鈞。2011。全球觀賞魚產業發展概況與趨勢。農業生技產業季刊。第 26 期。1-5。
- 鄭金華。2007。無特定病原(SPF)白蝦繁養殖模式之開發與產業應用。農業生技產業季刊。 第 10 期。48-59。
- 于乃衡。2002。活魚運輸方法與管理。水產種苗。2002年 12 月第 55 期(增刊號)。

Improvement on Live Fish Transportation Techniques

Yew-Hu Chien

Abstract

Two experiments were conducted to investigate the application of *Yucca schidigera* pure extract (YUPE) and clove oil on live-fish transportation of guppy (*Poecilia reticulata*) and juvenile white shrimp (*Litopenaeus vannamei*).

Experiment I aimed at using YUPE to reduce ammonia accumulation during guppy (0.24±0.01g) and white shrimp (0.99±0.01g) live-fish transportation. Four levels of YUPE (0, 18, 36 and 72 μ I L⁻¹) were added in shipping bag containing different densities of guppy (30, 45 and 60 L⁻¹) and white shrimp (30, 50 and 75 L⁻¹). Water in bags was sampled at 0, 3, 6, 9, 12 and 24 h for the analysis of pH, dissolved oxygen (DO), total ammonia nitrogen (TAN), nitrate nitrogen (NO₃⁻-N), nitrite nitrogen (NO₂⁻-N), total nitrogen (TN) and ammonia production rate (APR). The results showed that pH decrease with time and density. When YUPE concentration increased, TAN and APR reduced but NO₂⁻-N increased. YUPE reacted with NO₃⁻-N differently in freshwater (guppy) and seawater (white shrimp) and with packing density. When 72 μ I L⁻¹ YUPE was added, TAN reduced 75.4% in the 30 guppy L⁻¹, but only reduced 57.9% in 60 fish L⁻¹. When at 30 shrimp L⁻¹, TAN decreased by 84.3%, but reduced only 41.1% at 75 L⁻¹. For guppy, NO₃⁻-N and NO₂⁻-N accumulated and increased NO₃⁻-N and NO₂⁻-N, respectively. For shrimp, NO₂⁻-N increased highly by 1465.7%, but NO₃⁻-N reduced 46.4%. APR reduced from 0.018 mg to 0.004 mg L⁻¹ g⁻¹ shrimp h⁻¹, and from 0.001 to 0.005 mg L⁻¹ g⁻¹ shrimp h⁻¹.

Experiment II assessed the anesthesia effects of clove oil on guppy and white shrimp and the water quality in shipping bags. Three trials were conducted. Trial I was to find out the optimal concentration of short-term anesthesia by adding various concentrations of clove oil (10, 20, 25, 30, 50, 70, 100 and 200 µl L⁻¹) and then observing the induction and recovery time when the fourth anesthetic phase reached. Trial II was to investigate the optimal concentration of long-term anesthesia (for live-fish transportation) by adding various concentration of clove oil (0, 10, 20, 30, 50 and 70 μ l L⁻¹) and then observing the induction and recovery time when the third anesthetic phase reached. Trial III simulated the live-fish transportation and studied the effect on water quality by adding various concentrations of clove oil (0, 10, 15 and 20 μ l L⁻¹) in the bag, and then monitoring pH, DO, TAN, NO₃-N, NO₂⁻-N and TN after 24 h. The results showed that the optimal concentrations for short-term anesthesia were 70 μ l L⁻¹ to 100 μ l L⁻¹ and 70 μ l L⁻¹ for guppy and white shrimp, respectively. When anesthetizing for live-fish transportation, adding 10 μl L⁻¹ to 20 μl L⁻¹ clove oil could make guppy and white shrimp sedation, respectively. While in sedation the oxygen consumption reduced 18%, but TAN increased with clove oil concentration. When 20 µl L⁻¹ clove oil was added, TAN increased about 5% than the control, but the other water parameters were not affected.

Keywords: *Yucca schidigera* pure extract; clove oil; guppy; white shrimp; live-fish transportation; total ammonia nitrogen; anesthesia

樹木褐根病檢測試劑商品化技術建立

吳孟玲¹⁾ 陳昭翰²⁾ 摘 要

褐根病(brown root rot disease)是國內林木目前最嚴重的病害,本病害是由病原真菌 Phellinus noxius 所引起。由於樹木罹病初期不易以外部病徵來診斷,為掌握防治先機,本研究開發新式分子檢測技術,研究成果有助於提高病害診斷效率。本研究主要目標在開發新的 LAMP 分子檢測技術,(LAMP, Loop-mediated isothermal Amplification) 恆溫環狀擴增法,近年逐漸被應用在疫病蟲害的檢測上,LAMP 技術與 PCR 技術主要不同之處在於前者可以在恆溫下反應,所以只需要溫度能達到 60-65℃的簡單恆溫儀器,如水浴槽(water bath)或加熱板(heat block)。LAMP 技術的特點有:(1)不需要昂貴的 PCR 儀器,只需要水浴槽或加熱器等恆溫器即可進行反應。對於某些田間檢測、偏遠地區實驗室來說,相當簡單實用。(2)專一性相對高,(3)反應時間短(40~60分鐘),(4)靈敏度高,(5)檢測反應所產生的白色沉澱用肉眼或濁度計即可觀察,相當簡便。若再加入核酸染劑則更有助於觀察,我們進一步比較 LAMP 技術與先前本實驗室所開發之褐根病 PCR 診斷技術,分析兩種方法的特性、優勢與劣勢。因此 LAMP 分子檢測技術是日後進行褐根病感染初期篩檢時之一項有利工具。

【關鍵詞】褐根病、恆溫環形核酸增幅法

- 1) 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組研究員。10066 台北市南海路 53 號。
 Researcher. Division of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.
- 2) 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組研究助理。10066 台北市南海路 53 號。
 Research Assistant. Division of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute. 53
 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

前 言

樹木褐根病(Brown Root Rot Disease)是亞洲熱帶及亞熱帶地區林木、多年生果樹及特用作物重要根部病害之一,其病原菌為 Phellinus noxius,此病害會造成根部腐朽,造成植株生長衰弱或急速枯萎死亡。在臺灣主要發生在海拔 1,000 公尺以下、排水良好、砂質土壤之區域,最適生長溫度為 24-32°C。台灣最早在 1928 年日本人 Sawada 已報導在樟、龍眼及月橘等樹木之根部受褐根病危害 (Sawada, 1928)。近年來樹木褐根病普遍發生在台灣之環境綠化樹木、公園行道樹、造林樹及海岸防風林,每年許多珍貴樹種陸續受到褐根病為害而枯死,是台灣重要樹木病害之一。根據張東柱博士多年來在褐根病病原性及寄主範圍調查研究,得知本病原寄主範圍極廣,褐根病的寄主範圍廣泛,包括多種果樹、觀賞花木、公園行道樹和海岸防風林、多年生雜草等,寄主記錄超過 100 種(Chang T. T., 1992, 1997)。本病原菌在自然界較少形成子實體,因此不易立刻診斷鑑定,必須當病原菌已嚴重危害樹種,根據其為害的根部及莖基部之茶褐色或黑褐色的大片菌

絲面包圍或受害木材切面具有明顯黃褐色網紋帶判斷鑑定,在診斷上有賴植病專業人員, 並常需經病菌分離培養鑑定之,每每造成疫情之延誤。

樹木罹褐根病初期不易以外部病徵來診斷,為掌握防治先機,本研究室先前已針對 病原菌應用聚合酶鏈鎖反應 (PCR) 進行分子檢測方法開發,有助於提高病害診斷效率 (吳孟玲, 2009, 2010)。近年來, Notomi 等人所發表的新式且快速靈敏的恆溫環式核酸增 幅法(Loop-mediated Isothermal Amplification, LAMP),利用 4-6 條專一性引子,於 60-65℃ 恆溫條件下,反應使用之聚和酶為 Bst DNA polymerase,保留其 5′至 3′聚合酶的片段, 但是去除 5'至 3'外切酶片段而成的 Large Fragment。此酵素最主要的特性是具有很強的 股取代能力(strand displacement),因此在聚合反應發生時會取代並釋出的單股 DNA, 這種被釋出的單股 DNA 具有可被專一性引子辨識與做為模板的功能進行特定區域的大 量核酸增幅反應 (Notomi, 2000)。由於在恆溫下反應,可不用 PCR 一樣的溫度控制熱循 環機進行反應,對於某些田間檢測、偏遠地區實驗室來說,相當簡單實用,檢測反應所 產生的白色沉澱用肉眼或濁度計即可觀察,相當簡便。亦可加入甲基藍染劑或是加入核 酸染劑如 EtBr 於 UV 光激發下則更有助於觀察 (圖一),LAMP 檢測技術目前已有相當多 方面的檢測應用,包括基因改造作物的檢驗 (Chen, 2011; Zhang, 2012)、疾病與病毒檢測 (鄧明中, 2007; 宋嘉軒, 2007; Imai, 2007; Jayawardena, 2007; Notomi, 2000)等方面,但在 植物病害的檢測應用方面尚無較具體的研究報告。因此,本實驗室希望能夠開發褐根病 之 LAMP 診斷技術,先以通用性引子對 ITS1-F/ITS-4 進行 PCR 增幅,產物經過定序與比對 後設計出三組 LAMP 分子診斷技術之褐根病菌專一性引子對,比較其個別專一性及靈敏 度,並與先前本實驗室所開發之褐根病 PCR 診斷技術進行比較,分析兩種方法的特性、 優勢與劣勢。本研究所研發的樹木褐根病快速且靈敏的 PCR 與 LAMP 診斷技術,可廣泛 應用於林木褐根病診斷及疫情監控,並可提供非植病之林業專業人員從事褐根病快速診 斷工作。

材料與方法

(I)病原菌菌株收集

供試菌株包括 P. gilvus、P. igniarius、P. linteus、P. Inermis、P. pachyphloeus、P. pectinatus、P. prunicola 及 P. torulosus,各菌株培養於馬鈴薯葡萄糖培養基上,在經切取單菌絲尖端或經單胞分離後培養於 PDA 上,以供後續實驗之用。

(Ⅱ)純培養褐根病菌株

從林地染病的植物根部組織切取 1 cm² 大小樣本數片,浸泡 0.5% NaOCl 溶液 45 秒 作為初步消毒,再以 ddH2O 震盪清洗數秒,靜置於擦手紙上以吸去多餘水分,用鑷子夾取置於選擇性培養基 (Chang T. T., 1995) (2% malt-extract, 2% agar,經高溫高壓滅菌,待溫度稍微降低之後加入 1,000 ppm Benlate, 1,000 ppm Dicloran, 40 ppm Ampicillin, 200 ppm Gallic acid)上,使其於 28℃生長箱中培養 2-3 天,切取菌落邊緣之新生菌絲塊 (0.5 X 0.5 cm²) 4-5 片,轉殖到新的選擇性培養基上,待 4-5 天後重覆轉殖一次,等待 4-5 天後切取 10 數片新生菌絲塊,浸泡於 ddH2O 中作為菌種保存。上述動作所使用之器具均需高溫高壓滅菌消毒,並全程於無菌通風櫥內操作,以避免菌種污染。

(III) Phellinus spp.菌絲核酸之抽取

(IV) 褐根病菌絲核酸之快速抽取

用微量吸管頭刮取少量純培養之 Phellinus spp.菌絲,置入離心管內,加入 50μ l squishing buffer (SB)[10 mM Tris-Cl pH 8.2, 1 mM EDTA, 25 mM NaCl, and 200μ g/ml Proteinase K 在每次使用前再行解凍使用)],利用微量吸管頭稍微加以磨碎後靜置於室溫 30 分鐘,之後利用乾浴槽於 95°C 加熱一分鐘使酵素失活,利用桌上型小離心機短暫離心 10 秒後取上清液使用。

(V) 感染褐根病樹木根部 DNA 之傳統抽取法

採集感染褐根病之樹木根部,取 0.15g 組織利用液態氮於研缽磨碎後,加入 0.9 ml CTAB 核酸抽取緩衝溶液(100 mM Tris-HCl, 1.5 M NaCl, 20 mM EDTA, 2% CTAB (hexadecryltrimethyl ammonium-bromide), $100\,\mu$ l 10% sarkosyl,置於 $55\,^\circ$ C 水浴作用 30 分鐘,加熱期間取出震盪數次。之後以 $6000\,\mathrm{rpm}$ 低速離心 $5\,\mathrm{分鐘}$,取上清液 $800\,\mu$ l,加入 $100\,\mu$ l 10%CTAB/ $0.7\,\mathrm{M}$ NaCl 及 $100\,\mu$ l $5\mathrm{M}$ NaCl,置於 $65\,^\circ$ C 水浴 $10\,\mathrm{分鐘}$,加熱期間取出震盪數次。之後加入 1/2 體積之氣仿/異戊醇 (chloroform/isoamyl alcohol, CIAA, $24:1\,\mathrm{v/v}$),劇烈混合至乳褐色後,以 $12,000\,\mathrm{rpm}$ 離心 $5\,\mathrm{min}$,收集含有核酸之上方水層;加入 $1/2\,\mathrm{m}$ 體積之酚/氯仿/異戊醇(phenol/CIAA, phenol: CIAA = $1:1\,\mathrm{v/v}$),劇烈混合至乳白色,以 $12,000\,\mathrm{rpm}$ 離心 $5\,\mathrm{min}$,收集含有核酸之上方水層。最後加入等體積的異丙醇(isopropanol)在 $-20\,^\circ$ C 沉澱 DNA $10\,\mathrm{min}$,高速 $12,000\,\mathrm{rpm}$ 離心 $5\,\mathrm{min}$ 收集沉澱核酸,再以 70%酒精洗涤沉澱之核酸以去除殘留之塩類,真空抽氣乾燥處理,加入 $100\,\mu$ l TE buffer 溶解核酸,置於 $-20\,^\circ$ C 下保存備用。

(VI) 感染褐根病樹木根部 DNA 之改良抽取法

採集感染褐根病之樹木根部,取 0.15g 組織利用液態氮於研缽磨碎後,加入 0.9 ml CTAB 核酸抽取緩衝溶液 (100 mM Tris-HCl, 1.5 M NaCl, 20 mM EDTA, 2% CTAB

(hexadecryltrimethyl ammonium-bromide), $100 \, \mu l \, 10\%$ sarkosyl,置於 $55 \, \mathbb{C}$ 水浴作用 30 分鐘,加熱期間取出震盪數次。之後以 $6000 \, \text{rpm}$ 低速離心 $5 \, \text{分鐘}$,取上清液 $700 \, \mu l$,加入 $200 \, \mu l \, 10\%$ CTAB/0.7 M NaCl 及 $100 \, \mu l \, 5M$ NaCl,置於 $65 \, \mathbb{C}$ 水浴 $10 \, \text{分鐘}$,加熱期間取出震盪數次。之後加入 $1/2 \, \text{體積之氣仿/異戊醇}(\text{chloroform/isoamyl alcohol, CIAA, }24:1 \, \text{v/v})$,劇烈混合至乳褐色後,以 $12,000 \, \text{rpm}$ 離心 $5 \, \text{min}$,收集含有核酸之上方水層;再次加入氯仿/異戊醇(chloroform/isoamyl alcohol, CIAA, $24:1 \, \text{v/v}$),劇烈混合至乳白色,以 $12,000 \, \text{rpm}$ 離心 $5 \, \text{min}$,收集含有核酸之上方水層。最後加入等體積的異丙醇(isopropanol)在 $-20 \, \mathbb{C}$ 沉澱 DNA $10 \, \text{min}$,高速 $12,000 \, \text{rpm}$ 離心 $5 \, \text{min}$ 收集沉澱核酸,再以 70% 酒精洗滌沉澱之核酸以去除殘留之塩類,真空抽氣乾燥處理,加入 $100 \, \mu l \, \text{TE}$ buffer 溶解核酸,置於 $-20 \, \mathbb{C}$ 下保存備用。

(VII)使用商業化核酸抽取套組抽取褐根病樹木根部 DNA

檢測使用根部組織樣本重量為 0.15g,樹木根部組織,利用商品化套組進行全核酸抽取萃取,所使用商品套件為 FavorPrep TM Plant Genomic. DNA Extraction Mini Kit,使用之操作流程依產品說明書所述。

(VIII) 褐根病菌 LAMP 引子對之設計

將純培養褐根病菌株抽取出來之 DNA,以下列通用性引子對 ITS1-F: 5'-CTT GGT CAT TTA GAG GAA GTA A-3';ITS-4: 5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'進行增幅,增幅出的產物經定序後,以利用 Lasergene 軟體(DNASTAR, Madison, WI, USA)之 MegAlign 程式比對分析,針對 P. noxius ITS1-F 與 ITS4 區間之保守性序列設計專一性引子對,以 Eiken 原廠引子設計網站 http://primerexplorer.jp/index.html 設計 LAMP 3 組引子對。

(IX)環式恆溫增幅反應(Loop mediated isothermal amplification;LAMP)

上述各抽好的病毒核酸溶液取 1μL,並同時加入 FIP($40\mu M/\mu L$)引子以及 BIP($40\mu M/\mu L$)引子各 $1\mu l \times F3(10\mu M/\mu L)$ 引子與 B3($10\mu M/\mu L$)引子各 $0.5\mu L$ 及 LF($10\mu M/\mu L$)引子與 LB($10\mu M/\mu L$)引子各 $1\mu L$ (LF 和 LB 不一定會有,需視序列有無合適片段), 加入 $12.5\mu L$ 之 2X LAMP reaction buffer 與 $1\mu L$ Bst DNA polymerase(Eiken)至 Eiken 公司發展之 LAMP 反應管內、再補無菌水至總體積 $25\mu L$,然後將反應管置入 LA500 型即時溫度監控器反應槽內進行反應。而允收值(cut-off value)則依據該儀器之操作說明訂為 0.1 濁度(Turbidity),當 LAMP 反應進行時,反應管內 LAMP 產物之濃度達到 0.1 濁度時,LA320 型即時溫度監控器即自動判讀為陽性,同時每隔 6 秒鐘計算 LAMP 產物濃度一次,以即時觀察 LAMP 產物濃度之變化。反應條件如下:先以 65° C 進行 120 分鐘之 LAMP 反應,再以 80° C 進行 7 分鐘以破壞 Bst DNA polymerase。

(X) P. noxius 專一性引子對 PCR 增幅反應

首先對 *P. noxius* genome DNA 全核酸序列,以引子對 G1F/G1R (吳孟玲,2009) 進行 PCR 增幅反應,25 μ I PCR 反應溶液中含:2 mM MgCl₂、0.2 mM dNTPs mixture、50 ng 引子對、1.5 U Tag DNA polymerase (Invitrogene, San Diego, CA, USA)、100 ng 模板核酸(template DNA)。PCR 反應器所設定之反應程式為:94 $^{\circ}$ C 預熱 2min;再以 94 $^{\circ}$ C 30sec 變性(denaturation),56 $^{\circ}$ C 30sec 黏合(annealing),72 $^{\circ}$ C 40sec 延展(extention)進行 30 個循環(cycles);最後再以 72 $^{\circ}$ C 反應 5 min 使 Tag 酵素完全作用,即完成 PCR 反

應。PCR 反應產物分析,以 1.5%瓊脂凝膠溶於 0.5X TAE (Tris-acetate-EDTA) buffer,使用 100 伏特之迷你電泳糟(Mulpid II, Cosmo, Japan)進行分析,經 EtBr(Ethylene Bromide, 0.5 μg/ml) 染色後,以 AlphalmagerTM 電泳照相系統(Alpha Innotech, San Leandro, CA, USA)分析觀察聚合酵素連鎖反應產物的電泳結果。

(XI) LAMP 引子對之專一性測試

以引子對 G1F/G1R 對於 Phellinus gilvus、P. igniarius、P. linteus、P. Inermis、P. pachyphloeus、P. pectinatus、P. prunicola 及 P. torulosus 及 P. noxius 等菌種進行 PCR 增幅 反應測試,DNA 樣本為前述之菌絲抽取法所得,LAMP 反應條件為 65℃恆溫反應 120 分鐘,使用反應器為 Eiken LAMP 即時濁度測定儀 (LA-500)。

(XII) LAMP 與 PCR 對於褐根病菌反應之靈敏度測試

將採樣感病樹木 0.15g 所抽取之 DNA,進行 $10^{1}X$ 、 $10^{2}X$ 、 $10^{3}X$ 、 $10^{4}X$ 、 $10^{5}X$ 、及 $10^{6}X$ 之序列稀釋,以 G1-F/G1-R 引子對進行 PCR 靈敏度測試,反應條件與上述相同。

結果與討論

(I) Phellinus spp. 的核酸抽取

此方法依據(Hung et al., 1999)之核酸抽取方法修改後進行,切取 0.16 (0.4X0.4) cm² 大小純培養之 Phellinus spp.菌絲塊,全核酸抽取僅需 2 小時即可完成,相較於以往之傳統 DNA 抽取,本方法僅需極少量之菌株樣本即可達到檢測褐根病菌所需之核酸量,以核酸計算儀測定 OD260 讀值,計算 DNA 含量約為 700 ng/μl。

(11) 褐根病菌絲核酸之快速抽取

使用本方法可在半小時內快速取得可供檢測之核酸,且在操作上十分便利,但無法使用於抽取大量樣本且抽取出之核酸含較多雜質,這是其美中不足的地方。要進行後續 PCR或是 LAMP 檢測時,須先稀釋至少十倍才能降低雜質含量以利反應進行。

(Ⅲ) 感染褐根病樹木樣本之核酸抽取

我們分別利用了三種方法抽取感染褐根病樹木樣本核酸:傳統抽取法、改良抽取法 及商業化套組抽取法,三種方法之中以商業化套組抽取法取得之核酸最為純淨,改良抽 取法次之,而傳統抽取法萃取出之核酸含較多雜質呈現淡褐色,然而商業化套組所需之 萃取成本亦是最高,因此,就各方面之考量下以改良抽取法是最佳的選項。

(IV) Phellinus spp. LAMP 專一性檢測

以三組 LAMP 引子對針對 Phellinus gilvus、P. igniarius、P. linteus、P. Inermis、P. pachyphloeus、P. pectinatus、P. prunicola 及 P. torulosus 及 P. noxius 等菌種進行 PCR 增幅反應測試,偵測結果顯示第一組引子對只對 P. noxius 之核酸進行增幅反應,得到預期的上升增幅曲線,對於其餘八種 Phellinus spp.均沒有進行特定 DNA 片段增幅,而第二組與第三組引子對除了對於 P. noxius 之核酸進行增幅反應外,還分別會對於 P. igniarius,P. pectinatus 出現增幅反應,顯示所設計的第一組 LAMP 引子對針對褐根病菌具有高度專一性。

(IV) LAMP 與 PCR 檢測法對於褐根病菌核酸之靈敏度測試

將純培養之褐根病菌絲萃取所得核酸依 $10X \times 10^1 X \times 10^2 X \times 10^3 X \times 10^5 X \times \mathcal{D}$ 進

行序列稀釋,分別以 LAMP 及 PCR 檢測技術進行靈敏度測試比較,結果顯示 G1F/G1R 引子對對於 10⁵X 稀釋濃度仍有反應,得到預期的 653-bp 的 DNA 片段,而 LAMP 檢測技術甚至對於 10⁶X 之稀釋濃度仍可偵測,顯示 LAMP 技術較 PCR 檢測技術具有更高的靈敏度。

(IV) LAMP 與 PCR 檢測法對於核酸品質(純度)之反應比較

我們利用 LAMP 與 PCR 分子技術對於不同核酸抽取法之進行測試比較,核酸來源包括 1.傳統萃取法之病原菌菌絲核酸,2.利用 kit 萃取病根組織核酸,3. 傳統萃取法之病根組織核酸,3. 改良萃取法之病根組織核酸及 4.快速萃取法之病原菌菌絲核酸,各核酸在使用前先個別稀釋十倍避免濃度過高影響反應,快速萃取法則不作稀釋。結果顯示 LAMP 與 PCR 技術對於核酸品質的反應具高度一致性,皆對稀釋 10 倍之傳統萃取法之病原菌菌絲核酸、kit 萃取病根組織核酸及改良萃取法之病根組織核酸產生良好的增幅反應,而對於含較多雜質之傳統萃取法之病根組織核酸及快速萃取法之病原菌菌絲核酸則沒有增幅反應。我們進一步分別對兩種核酸稀釋 100 倍與 10 倍,希望能降低雜質對於反應的干擾,結果 LAMP 與 PCR 技術皆能進行有效增幅反應。

結論與建議

以往實驗室之褐根病診斷技術,通常是進行病組織純培養分離,再觀察菌絲型態做為判定 (安寶貞,2005)。但全部流程耗時數日,且因觀察菌絲型態有與其它真菌病害混淆之虞,須具有植物病原菌背景專業人員才有能力辨識其型態。本實驗室近年針對褐根病分子檢測技術開發上已有許多研究成果 (吳孟玲,2009,2010),不僅大幅縮短診斷作業時程也提升病害鑑定之可靠性。因此本實驗室持續開發褐根病分子檢測方法,而近年來發展快速的 LAMP 檢測技術具有便利、快速及高靈敏度等優點,因此本實驗室針對褐根病進行 LAMP 檢測技術開發,根據我們的研究結果,所設計出的三組 LAMP 引子對中,第一組引子對具有最佳的專一性,我們也發現 LAMP 相對於 PCR 分子檢測技術具有更高的靈敏度,甚至高出十倍 (LAMP 對於 10⁶X 核酸稀釋液仍有增幅反應,而 PCR 檢測則無檢出),反應時間約在 60 分鐘之內,且 LAMP 檢測法在觀察上並不需要具污染性之 EtBr藥劑染色及紫外光激發,故本研究開發之 LAMP 分子診斷技術具有高專一性、高靈敏度、高便利性與診斷快速等優勢。

然而,LAMP 檢測法現階段上有一些需要克服的方面,例如我們觀察到 LAMP 檢測法對於待檢測核酸的品質(純度)要求與 PCR 反應十分類似,若所抽取之核酸含較多雜質亦會干擾反應之進行。根據我們的結果,檢測褐根病最佳的方法是利用 MA+4 培養基先將病根組織培養 4天 (傳統檢測方法須經過重複利用培養基純化培養 2-3 次才能確認褐根病菌存在,平均需要約 14 天時間,且如果褐根病菌含量太低而雜菌太多亦有可能無法分離出褐根病菌),再抽取菌絲核酸進行檢測,一方面可確認病根上褐根病菌之活性,另一方面所萃取出之核酸品質較佳有利反應進行,而雖然快速萃取法亦能有效萃取菌絲核酸,然而該方法所能萃取之菌絲量太少,容易因為選取誤差而造成未檢出之結果。如果必要抽取病根組織核酸時可利用本研究之改良萃取法或是利用 kit 萃取,可得到較高品質核酸。

再者,雖然 LAMP 技術不一定需要購買高單價的溫度控制循環機,但在每次反應的

單價上仍較已較具規模的傳統 PCR 檢測法高出許多,雖然已有許多研究報告提出 LAMP 技術的反應溶液濃度條件,雖然仍可進行增幅但仍不若商業套組反應理想,且在 LA500 型即時溫度監控器中無法被判讀為陽性,未來若能再改良反應溶液配方濃度進而降低單次反應成本後,LAMP 恆溫增幅法可成為一項極具應用與發展潛力的分子診斷技術。

致謝

本研究所使用之 Phellinus spp 多種菌株承蒙林業試驗所張東柱博士提供,特致謝忱。

參考文獻

- 張東柱 (1997) 林木褐根病的發生與防治。林木病蟲害研討會論文集 97-102。
- 安寶貞 (2005) 木本植物褐根病之診斷鑑定與防治。植物重要防疫檢疫病害診斷鑑定研習會專刊 1-20。
- 鄧明中 、林育如 、宣詩玲 、李敏旭 、黃天祥 、黃金城 、簡茂盛 (2008) 應用反轉 錄恆溫環形核酸增幅法偵測豬瘟病毒。 臺灣獸醫學雜誌 34(2) 97-105
- 宋嘉軒 (2007) 恆溫環狀擴增法(LAMP)應用於石斑魚虹彩病毒之檢測。 動植物防疫檢疫季刊 13(07): 61-62
- 吳孟玲、張東柱、莊鈴木、洪挺軒、陳昭翰、林立大 (2009) 樹木褐根病 PCR 快速檢測 技術之建立。中華林學季刊 42(2):239-247
- 吳孟玲、陳昭翰、張東柱、莊鈴木、洪挺軒 (2010) 樹木褐根病之 PCR 分子檢測標準技術之建立。中華林學季刊 35(6):7-17
- Chang T. T. (1992), Decline of some forest trees associated with brown root rot caused by *Phellinus noxius*. Plant Pathol Bull 1:90-95.
- Chang T. T. (1995), A selective medium for *Phellinus noxius*. Eur. J. For. Pathol. 25: 185-190.
- Chen, L., Guo, J., Wang, O., Kai, G., Yang, L. (2011) Development of the visual loop-mediated isothermal amplification assays for seven genetically modified maize events and their application in practical samples analysis. J. Agric. Food Chem. 59: 5914-5918.
- Hung, T. H., Wu, M. L., and Su, H. J. (1999), Development of a rapid method for the diagnosis of citrus greening disease using the polymerase chain reaction. J. Phytopathol. 147: 599-604.
- Imai M., Ninomiya A., Minekawa H., Notomi T., Ishizaki T, Van Tu P, Tien N. T., Tashiro M, Odagiri T. J. (2007) Rapid diagnosis of H5N1 avian influenza virus infection by newly developed influenza H5 hemagglutinin gene-specific loop-mediated isothermal amplification method. Virol Methods 141: 173-80
- Jayawardena S., Cheung C. Y., Barr I., Chan H., Guan Y., Peiris J. S. M., Poon L. L. M. (2007) Loop-mediated isothermal amplification for influenza A (H5N1) virus. Emerg Infect Dis 13: 899-901
- Notomi T, Okayama H., Ma subuchi H., Yonekawa T., Watanabe K., Amino N., Hase T. (2000) Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Res 28: e63.
- Parida M., Posadas G., Inoue S., Hasebe F., Morita K. (2004) Real-time reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of West Nile virus. J Clin Microbiol 42: 257-63
- Sawada K. (1928), Descriptive Catalogues of Formosan Fungi IV 86-91. (in Japanese)
- Zhang, M., Liu, Y., Chen, L., Quan, S., Jiang, S., Zhang, D. (2012) One simple DNA extraction device and its combination with modified visual loop-mediated isothermal amplification for rapid on-field detection of genetically modified organisms. Analy. Chem. 85: 75-82.



圖一、LAMP 分子檢測流程。抽取待檢測樣本之核酸後,將核酸進行 LAMP 恆溫增幅反應,最後再進行結果判讀,此為染色後在 UV 光照射下之顯色情形,左邊管中產物明顯發光為陽性反應,右邊則呈現陰性。

防齲齒之草本口腔保健產品開發

王靜瓊 臺北醫學大學藥學系教授

摘 要

本研究利用 70%酒精萃取洛神花,冷凍乾燥製成粉末,並製成防齲齒之牙膏添加物,開發具有防齲齒之草本牙膏配方(洛潔牙膏)。再利用健康食品防齲齒之人體試驗方法進行洛潔牙膏功效評估,結果發現:含洛神花萃取物之牙膏比未含萃取物的空白組牙膏,更可以抑制牙菌斑的形成,及降低牙斑菌的堆積量。而根據自我感覺量測問卷:多數受試者表示其具抗過敏之效果,且起泡性佳,但粘稠度較差及潔白牙齒的效果不明顯。綜合上述結果,此洛潔牙膏具有預防齲齒之效果,但因外觀色澤與草藥味,未來可改良成漱口水。

研究目的

牙膏是重要的民生用品,也是口腔保健必備的產品。從單純清潔牙齒、去污漬的牙膏,到防齲齒、美白、抗敏等不同功效牙膏不斷被研發生產,可見此產業的活絡。而近日因添加物-三氯沙(triclosan),被報導疑有致癌可能,而使產品全面回收下架。所以選用具防齲齒、抗發炎等功效之草本蔬果萃取物,添加致牙膏中,增加風味外、還具功效,應較符合現代人保健養生的概念需求,且可以使牙膏加值。因此,本研究將利用台灣產之洛神花,以酒精萃取,製成牙膏添加物,並以台灣可栽種之薄荷作為香料,開發具有防齲齒之草本牙膏配方,並試製出產品、進行安定性試驗,以期開發具台灣特色之草本牙膏,彰顯經濟農業的成效。

全計畫分為兩個階段:

第一年度:開發含洛神花配方之草本牙膏

先開發含有洛神花配方之草本牙膏,並經過添加物比例之測試、口感 測試以及安定性之測試後,再請詠麗生化股份有限公司(GMP廠)試 製成為牙膏產品。

第二年度:確認開發之洛神花牙膏防齲齒之功效

利用受試者口中的牙菌斑酸鹼值之變化,牙菌斑堆積量之變化,及牙菌斑內 Streptococcus mutans 數量之變化來評估食品的牙齒保健功能外,再利用問卷了解使用者接受度及防過敏之效用。

實驗方法

1. 開發出洛神花之牙膏

- 1.1 洛神花之萃取物:為酒精萃取物其安全檢查報告如附件一。
- 1.2 牙膏之主成: (為第一年研發之成果)

(1) Dipotassium Glycyrrhizinate(甘草精)0.03% 抗過敏性強,可防止皮膚發炎及排毒效果

(2) Sodium Fluoride(氟化鈉): 0.1% 可增加牙齒對齲齒的抵抗力

(3)洛神花萃取物:0.2% 抗齲齒功效性添加物

(4) o-Cymen-5-ol(殺菌劑) 0.08% 具有殺菌、抗發炎效果

(5) propanediol(植物性多元醇)3.0% 無刺激的純天然高效保濕劑,具有天然抗菌性

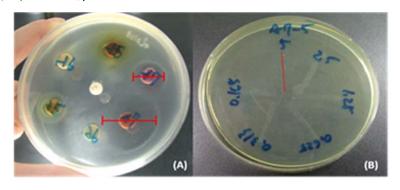
(6) Cocamidopropyl betaine(烷基醯胺甜菜鹼)5.0% 為一種溫和的兩性界面劑

- (7) Peppermint (Mentha piperita oil)(薄荷精油)1.0%
 - 1.3 委託詠麗 生化股份有限公司(GMP工廠)生產(附件二)

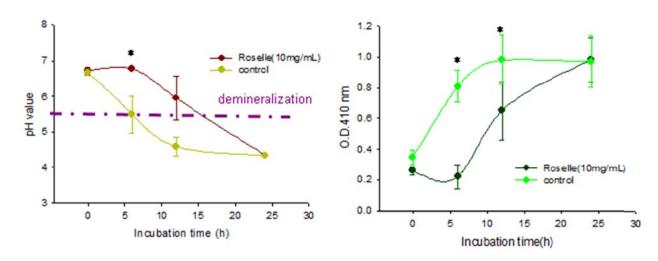


圖一、洛潔牙膏包裝圖

2.動物及臨床前試驗數據



圖二、洛神花之抗牙斑菌試驗。(A)紙錠瓊脂擴散試驗,標示處為抑菌直徑 (B)最小殺菌濃度試驗,標示處未長菌表示該濃度為殺菌濃度。



圖三、洛神花能延長 pH 值下降的時間,延長去礦化(demineralization,一般發生於 pH 值等於 5.5)之前的時間,並能抑制細菌的吸附能力。

3.風險/效益評估

牙膏屬清潔用品,並未內服且接觸時間短暫無安全之疑慮。預期洛神花萃取物 牙膏可有預防齲齒之作用

4.試驗設計之理論基礎

根據衛生署公告之健康食品功效評估之預防齲齒之功效評估法(附件三)

5.法規依循

- 5.1 本研究遵循藥品優良臨床試驗規範(Good Clinical Practice, GCP),從事藥品臨床研究應符合之基本事項,內容包括確保研究合乎科學和倫理考量的研究設計、處理、監測、終止、稽核、分析、報告及各項書面紀錄。
- 5.2 參與臨床試驗進行的相關人員,應依赫爾辛基宣言的規定,保障受試驗者的個人權益。試驗主持人並應以嚴謹的研究設計,確保果的正確性。試驗期間所有試驗計畫書之修正及發生嚴重或未預期的藥品不良反應事件,均應向人體試驗委員會報告。

6.受試者族群介紹

實驗對象:不抽煙、無全身疾病、年齡為 20 至 40 歲之間且每毫升唾液中有 10^5 個以上之 Streptococcus mutans 之健康成人, 隨機分成含洛神萃取物實驗組 與不含萃取物之牙膏,每組 15 人。

7. 參考文獻資料整理

Polyphenol (多酚類) 對於 Streptococcus mutans 的抑制作用:

文獻中指出,polyphenol 類的化合物,有抗 Streptococcus mutans 之效用,且可保護口腔中對抗其他的不利影響。

- (1) S. Yoo R.M. Murata S. Duarte Caries Res 2011;45:327-335
- (2) Hara K, Ohara M, Hayashi I, Hino T, Nishimura R, Iwasaki Y, Ogawa T, Ohyama Y, Sugiyama M, Amano H *Eur J Oral Sci* 2012; 120: 132–139

(3) Simone Duarte, Stacy Gregoire, Ajay P. Singh, Nicholi Vorsa, Karen Schaich, William H. Bowen1 & Hyun Koo *FEMS Microbiol Lett* 257 (2006) 50–56

8.試驗設計方式

8.1 本試驗以雙盲平行設計,試驗產品為含洛神花萃取物之牙膏,安慰劑為不含 洛神花萃取物之牙膏。

受試者先由牙醫師檢驗後,給予牙膏進行試驗。並有一組研究人員記錄給予試驗牙膏或安慰劑(醫師與患者不知情),並於使用兩週後回診檢測。

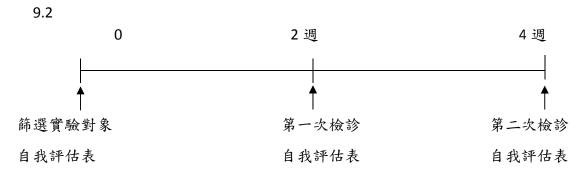
- 8.2 於試驗期間,將請受試者填寫牙膏滿意度評估表。
- 8.3 受試者需用標準牙刷,及利用貝氏刷牙法(附件四)進行刷牙。



圖四、人體實驗檢查流程圖

9.試驗治療程序

9.1 實驗期間為二週,在實驗期間,實驗對象仍維持平日之飲食習慣及口腔衛生 習慣,每日用牙膏刷。在第二次檢診前 48 小時開始,實驗對象不可刷牙及 使用牙線至檢診完後。



- 9.3 先從自願參予實驗之對象中,並取得實驗對象之同意書,告知實驗對象有關實驗內容、方法及目的,再進行檢測篩選。
- 9.4 同意者再取其唾液中突變形鏈球菌數及實驗對象之 DMFS index, 篩選出符合條件之實驗對象,並施與全口洗牙,未合格者則終止試驗。
- 9.5 篩選後二週後(wash-out period),符合者回來進行第一次檢診,取得實驗對象口內之牙菌斑樣本,並測量實驗對象口內牙菌斑之堆積量,做為測量之基準值(baseline level)。結束後,發給實驗對象測試牙膏及標準牙刷,請他們每日早晚刷牙使用。
- 9.6 連續使用二週後(experimental period)再回診,進行第二次檢診,取得樣本之測量值為實驗值(experimental level)。

9.7 第一次、二次檢診在早上進行,檢診前 6 小時,實驗對象不可進食但可喝水。 檢診前 2 小時,實驗對象不可進食及喝水。

9.8 試驗期間

- (1)人體試驗全程為四週,經篩選病患兩週後,進行第一次檢診,測量實驗對 象口內牙菌斑堆積量並取得實驗對象口內之牙菌斑樣本,並發給試驗用牙 膏供其使用。在第一次檢診後兩週,須回醫院進行第二次檢診,測量實驗 對象口內牙菌斑堆積量並取得實驗對象口內之牙菌斑樣本。
- (2)病人須於試驗期間配合填寫牙膏滿意度自我評估表,一週填寫一次,共四次。
- (3)病人有權隨時退出本研究,且不影響任何醫療上應有的保障和權利。
- 9.9 退出試驗之情況

受試者有權隨時退出本研究,且不影響任何醫療上應有的保障和權利。

- 9.10 研究用產品/製品/器材/處置方法的給予、使用及管理
 - (1)牙膏製備:本試驗所使用之牙膏,皆由詠麗生化科技公司(GMP)製造。
 - (2)牙膏管理:試驗牙膏由研究人員統一保管及發放,一次發放兩週。
- 9.11 試驗數據之收集方式

本試驗之檢查數據結果,會保留記載於本研究之實驗記錄本中。此數據亦會記錄於個案報告表中。檢查數據將放置於上鎖的櫃子中,只有計畫/協同主持人、研究相關人員有權打開。

10.受試者的選擇及退出

- 10.1 受試者納入條件
 - 20 歲以上有意願參加者,且無裝置假牙或植牙者及齒顎矯正者。
 - 10.2 受試者排除條件
 - (1)習慣性嚼食檳榔、抽菸及喝酒者。
 - (2)實驗期間須口腔疾病治療者排除。
 - 10.3 受試者退出試驗的情況

受試者可在任何時間內,無理由退出試驗。

10.4 試驗治療方法與處置流程

本試驗為檢測此牙膏是否具有預防齲齒之功效,及自我感覺評估是否有 防過敏之功效,無特別之治療流程,其試驗方法如 10.3

10.5 併用與禁用藥物/治療

無併用之藥物,受試者參與其間,不可使用抗菌之漱口水及其他牌之牙膏。

- 10.6 受試者順從性之監測
- 10.7 電話連絡提醒回診

11.療效評估

- (1)評估牙菌斑堆積量之變化
- (2) 評估牙菌斑內突變形鏈球菌數量之變化
- (3)進行自我評估表評估
- 11.1 評估方法及時間點

受試者在開始試驗後需每兩週回診一次,由牙醫師記錄其口腔內牙菌斑 堆積量、以及突變形鏈球菌數量之變化。另外由研究人員利用問卷之方式,請受試者每週填寫自我評估表。

12.安全性評估

12.1 用以評估安全性之參數

牙膏屬清潔用品,並未內服且接觸時間短暫無安全之疑慮。

12.2 不良事件之通報

如因使用此牙膏而導致牙齦腫脹或發炎之不良反應請立即停用,並洽詢 牙醫師或計畫主持人。

12.3 不良事件之定義

因接觸本牙膏所引起的牙齦腫脹、發炎現象,非因刷牙方法不當,而致 牙龈流血等現象。

12.4 不良事件追蹤

若有不良事件發生,將持續追蹤一星期並將會以書面記錄之。

13.統計分析

- 13.1 統計方法
 - (1) 牙菌斑堆積量之變化,利用 Student's paired t test 及 Wilcoxon rank sum test 分析。
 - (2) 牙菌斑酸鹼值之變化,利用 Wilcoxon text for paired difference 分析。
 - (3) 牙菌斑內突變形鏈球菌之變化,利用 Pearson , Chi-square test,及 Student's paired t test 分析。
 - (4) Correlation coefficients 利用 Spearman test 計算。
 - (5) Statistical significance p < 0.05 ∘
- 13.2 預定收納的受試者人數及分析族群的選擇

不抽煙、無全身疾病、年齡為 20 至 40 歲之間且每毫升唾液中有 10^5 個以上之 Streptococcus mutans 之健康成人,隨機分成實驗組與含氟牙膏及一般牙膏組,共 30 人。

空白組:約15人(不含洛神花萃取物相同組成之牙膏)

治療組:約15人(含洛神花萃取物之牙膏)

13.3 決定統計檢定的顯著水準(Significance)

牙菌斑堆積量之變化及牙菌斑內 Streptococcus mutans 數量的變化,二種檢測中有兩種檢測結果為正向極為對人體牙菌斑檢驗有正向效果。

13.4 終止試驗的條件

- (1)完成15位可評受試者之試驗。(每一實驗組)
- (2)發生未預期之嚴重不良反應事件,由牙醫師判定需終止試驗

14.原始資料的直接檢視

將配合在試驗計畫書或其他書面協議內,列舉試驗主持人對於試驗相關之監測、 稽核,人體試驗委員會檢閱,及主管機關的查核時乃應給予其直接視察原始數 據及文件之權利。

15.品質管制

本計畫將依計畫書之流程進行試驗的執行及資料的收集、記錄及通報,是符合本計畫書、GCP及我國法規之要求。相關資料將裝櫃並上鎖儲存。

16.倫理考量

- (1) 尊重病人之自主原則,可自由選擇是否加入此試驗,於受試者同意書上已 清楚載明此試驗之益處及可能風險、及此試驗之相關資訊,亦提供受試者 可能之其他治療方法。
- (2) 受試者之選擇已排除無自主性或自主性較低者。
- (3) 受試者皆具公平參加試驗及受平等對待之機會。

17.資料處理及保存

- (1) 在法律上所規範的程度內將受試者的資料視為機密,研究相關單位、衛生 署與醫院人體試驗委員會皆有權檢視病人的資料。
- (2) 試驗所得資料可能會發表於學術性雜誌,但受試者姓名將不會公布,受試 者的隱私將予以保密。
- (3) 在試驗進行時,所有資料數據放置於上鎖的櫃子中,放置於計畫主持人所屬機構單位中,且只有計畫主持人有權打開。

18.財務及保險

本計畫之相關經費由財團法人中正農業科技社會公益基金會提供,無保險。但 全程參與者,會提供受試者 1000 元車馬補助費及 2 條洛潔牙膏。

19.發表著作原則

研究成果將學術發表或技術轉移

20.附錄

(1)洛神花萃取物之成分檢查表 (2)瓶器樣品檢測/裸瓶樣品確認單 (3)自我評估表 (4)貝氏刷牙法之衛教單。

實驗結果

1.風味問卷調查結果:

- (1)牙膏感受結果如表一。本次問卷調查共計發出 52 份,回收 44 份,回收率 為 84.62%。在受試者對於洛潔牙膏泡沫、清涼度、顆粒度、濃稠度、顏色及 外部包裝結果感受為普通。
- (2)使用牙膏後問卷如表二。結果表示,受試者在使用牙膏後有乾淨舒服感 覺。

(3)使用牙膏後的建議結果如表三。結果表示,對於口味接受度需要再改進。

2. 牙膏功效性結果

牙膏使用後自我評估表如表四。結果表示,使用後第一周與第二周牙膏功效 性無顯著差異。

3.人體試驗牙斑菌結果

使用前後牙斑菌重量及菌落分布結果如圖四、圖五。結果顯示,實驗組在使用牙膏後有明顯減少牙斑菌的菌落。

表一、請問您對「洛潔牙膏」的感受如何?

		非常喜歡	喜歡	普通	不喜歡	非常 不喜歡	未勾選 其他建議
	全部	4	12	19	7	2	
a. 泡沫	男生	4	6	13	3	2	
	女生	0	5	6	4	0	
	全部	2	12	10	17	3	
b. 清涼度	男生	2	8	7	9	2	
	女生	0	3	3	8	1	
	全部	2	12	15	12	1	沒有顆粒度*2
C. 顆粒度	男生	2	7	9	8	1	
	女生	0	4	6	4	0	
	全部	2	8	15	14	5	有點淡
d. 牙膏濃稠度	男生	2	4	10	7	5	
	女生	0	3	5	7	0	
	全部	0	11	16	13	4	
e. 牙膏顏色	男生	0	8	11	7	2	
	女生	0	3	4	6	2	
	全部	1	16	21	4	2	
f. 整體外包裝的感覺	男生	0	15	11	1	1	
	女生	1	1	9	3	1	

表二、 請問您,在使用完洛潔牙膏後,有任何的特別感受嗎?(如牙齒酸性程度減緩.....)

人刷牙起來很乾淨,但洛神花的味道不是很明顯 刷完覺得澀澀的沒有清涼感 刷完後沒有清涼感,口內卡卡的無順口感 涼度不夠濃度不夠 對於國小一年級的小朋友而言,外觀及包裝盒並不吸引小朋友喜歡 鹹口味接受度不高 無清涼感牙膏顏色不佳 口中有洛神花的天然香氣 泡沫細緻 乾淨舒服 清涼舒服 感受有點乾澀 沒有很清爽的感覺 口腔內有乾澀感不滑順 鹹鹹的澀澀的 好澀 感覺涼涼的很舒服 有苦的感覺 牙齒較白皙

表三、請問您,在使用完洛潔牙膏後,有任何的建議嗎?

牙膏的蓋子宜用直接打開(例 舒酸錠)不要用轉開較為方便 牙膏的顏色讓人非常不喜歡,是否可更改深紅或草莓顏色為最適當 味道不好 味道不喜歡 味道可以再香甜 味道要甜一點涼一點 沒感受到清涼感,第一次使用剛擠時會有類似泡泡的水流出 牙膏濃稠度不一 外包裝可以多一些可愛的圖案 口味加重 (如甜味 或 清涼感) 加強清涼感 泡沫過多像加了清潔劑般 沒味道

表四、自我評估表

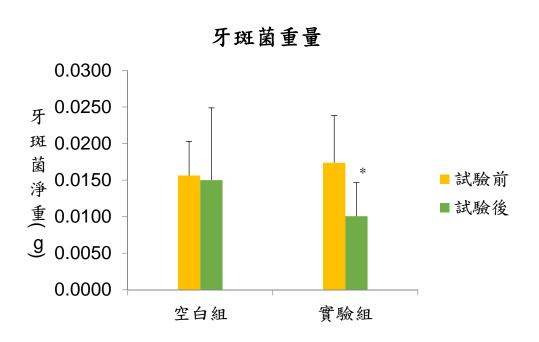
	問見	題 1	問題	題 2	問題	題 3	問題	題 4	問力	題 5	問力	題 6	問力	題 7
使	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第	第
用	_	=	_	=	_	=	_	=	_	=	_	=	_	=
後	週	週	週	週	週	週	週	週	週	週	週	週	週	週

空白組

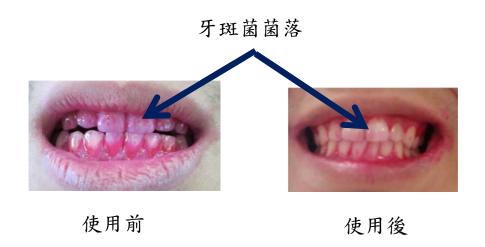
4.1±0.9 4.1±0.9 4.1±0.9 4.1±0.9 4.0±1.4 3.8±1.3 2.9±1.7 2.8±1.8 4.3±1.9 4.2±2.0 4.6±3.0 4.7±3.0 5.3±2.3 5.2±2.4

實驗如

3.6±0.9 3.5±1.3 3.4±1.0 3.2±1.2 3.6±0.9 2.9±1.4 2.6±1.0 2.6±1.0 4.1±1.5 3.9±1.4 2.9±1.7 3.1±2.0 5.1±1.6 5.0±1.6



圖四、試驗前後空白組與實驗組之牙斑菌重量(P<0.05)



將牙菌斑顯示劑滴於牙齒表面,再以漱口將多於的顯示劑吐出,可以發現牙齒及牙齦表面上還會出現紅色的區塊,此紅色區塊就為牙菌斑。

圖五、使用洛潔牙膏後牙斑菌落分布情形。

附件一: 洛神花萃取物之成分檢驗報告



台灣易養股份有限公司

International Total Solution (Taiwan), Inc.
An Atthiosad Company of Internat Total Solution, Inc. (USA)

官網:www.its-big.com.tw 品牌網站:www.herbesta.com E-mail: service@herbesta.com 地址:(104) 台灣臺北市南京東路 3 段 101 號 4 樓 電話:886-2-5580-3787 傳真:886-2-2500-6332

檢驗報告

產品名稱 Hibiscus Extract 10:1 拉丁名稱 Hibiscus sabdariffa L. 生產批號 HSE-101123 生產日期 November 23, 2010 生產批量 1000kg 失效日期 November 21, 2012

項目	標準	結果
萃取比例	10:1	Conforms
性狀檢查		· .
外觀	Fine Powder	Conforms
顏色	red purple	Conforms
氣味	Characteristic	Conforms
味道	Characteristic	Conforms
使用部位	Flower(Dried,100% Natural)	Conforms
物理性狀	4	
粒徑	NLT95%Through 80 mesh	Conforms
乾燥失重	≦5.0%	3.56%
灰分	≦5.0%	3.45%
重金屬	•	(D)
總量	≤10ppm	Conforms
砷	≤1ppm	Conforms
鉛	≤3ppm	Conforms
汞	≤0.1ppm	Conforms
微生物檢測		•
菌落總數	≤1000cfu/g	Conforms
酵母菌及黴菌	≤100cfu/g	Conforms
大腸桿菌	Negative	Negative
沙門氏菌	Negative	Negative
葡萄球菌	Negative	Negative

附件二:瓶器樣品檢測/裸瓶樣品確認單

詠麗生化科技(股)公司

Unicare Biotechnology Corp. 台北縣中和市永和路 339 號

(T)02-8226-7799 (F)02-8226-7788

產品名稱: 好波兒牙膏

瓶器樣品檢測/裸瓶樣品確認單(自購)

客戶名稱:	台北醫學	检测日期:_	101	年	01	_月_	10	日
Control of the Contro								

樣品編號: ORGW0004-3L

在 埴 号: 49σ 检测数号: 4ncs 检测人员: 陳維良

真次	檢驗項目	判定	備註
1	(渗漏测試)瓶口渗漏檢測 負壓 700mHg、時間 100ml 以上/5 分鐘:99ml 以下/3 分鐘	OK	
2	(渗漏測試)內杯與外瓶身間滲漏檢測 負壓 700mmHg、時間 100ml 以上/5 分鐘:99ml 以下/3 分鐘		
3	(液位測試)產品預設容量	42m1	
4	(液位測試)充填至瓶口容量 (透明瓶需充填至液位線) (真空壓頭瓶內容物最少需充填至吸管長度的一半)	42g	
5	(軟管測試)充填內容物至預設容量,觀測擠出內容物時,瓶 器之飽足感	Ok	
6	(塗裝測試)膠贴	Ok	
7	(塗裝測試)塗抹內容物	Ok	
8	(配件測試)噴/壓頭擠出效果及功能測試 (於充填 48/hr 後測試, 需完全擠壓測試完畢)	OK	
9	(壓頭測試)臉部水、乳類單次壓出內容物需約 0.20-0.25g (壓頭測試)臉部洗劑類單次壓出內容物需約 0.8-1.0g (壓頭測試)身體洗劑類單次壓出內容物需約 3.5-4g		
10	(水凝霜劑型) 需完全擠壓測試完畢,觀測是否化水		
11	工廠現有設備是否可生產、製造	OK	
液體位置標示圖	充填 42g		
客戶確認事	1. 押頭或噴霧頭押出感覺是否 Ok O	確認簽名: 0	科多
認事項	2. 液位是否 Ok 成览较不饱隔	確認簽名:	种维

*此瓶器檢測僅供樣品之檢測報告,不代表批次產品之品質。

*此文件為詠麗生化科技股份有限公司著作版權所有,翻印必究。

- 管:

品保:

採購:

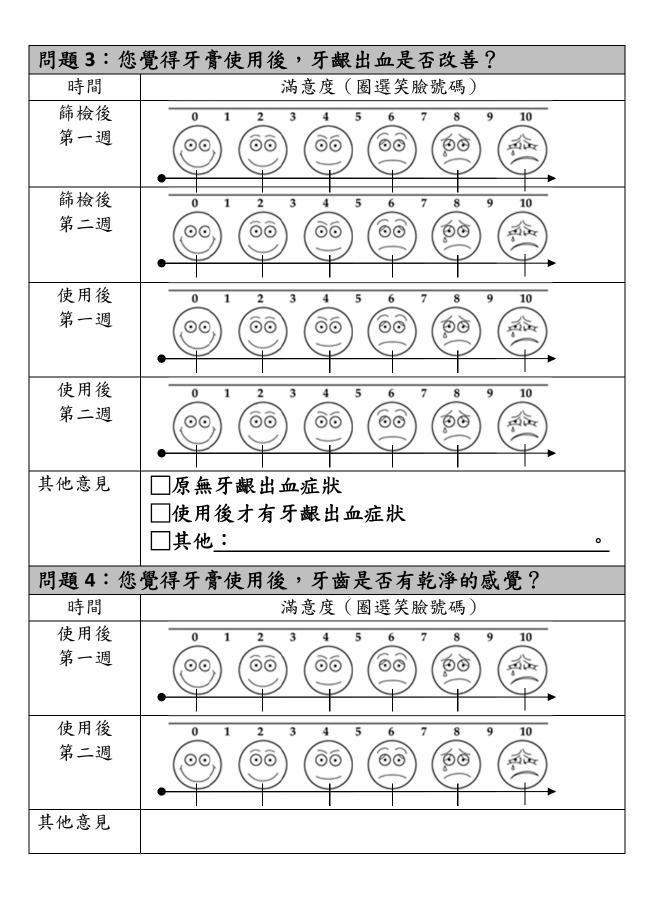
業務:

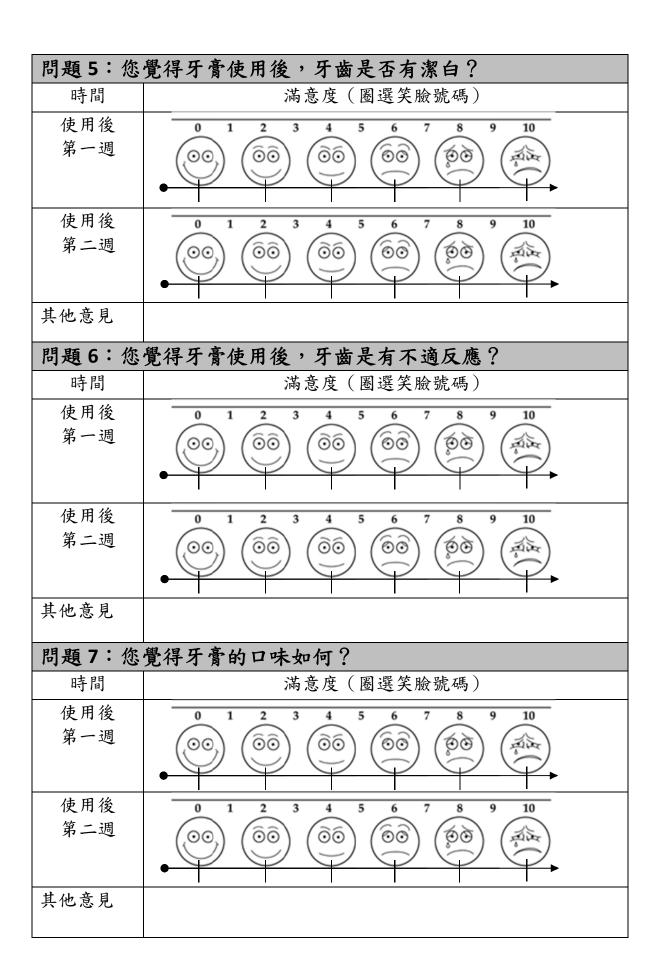
檢測員 第4年 (10 SR425-23-01

附件三:自我評估表



問題2:您	覺得牙膏使用後,喝冰水過敏感覺是否改善?
時間	滿意度 (圈選笑臉號碼)
篩檢後	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
第一週	
篩檢後	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
第二週	
使用後	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
第一週	
使用後	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
第二週	
其他意見	□原無過敏症狀
	□使用後才有過敏症狀
	□其他 <u>: 。</u>





附件四:貝氏刷牙法之衛教單

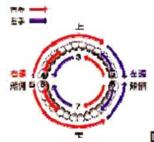
洛潔牙膏人體試驗-衛教單

受試者請用計畫提供之標準牙刷,依下列方法刷牙。

貝氏刷牙法

刷牙主要是清潔牙齒的頰面與舌面,尤其是牙齒靠近牙齦處及咬合面。刷牙時必須涵蓋一點牙齦才能把牙蓋清乾淨,『涵蓋一點牙齦』並不代表刷牙齦或按摩牙齦。只要把牙菌斑除掉,牙齦自然會恢復健康。貝氏刷牙法主要的優點是它能刷進牙齦 溝內一點點,這對牙周健康最有幫忙。

刷牙的順序



頰側牙面用同側手刷,舌側牙面用對側手刷,

咬合面用同側手刷,前牙用右手刷。先刷上牙,

再刷下牙:右邊開始,右邊結束。

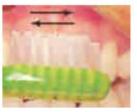
牙刷的握法



正確握法,拇指前伸。

洛潔牙膏人體試驗-衛教單





刷毛與牙面成 45°~60°, 涵蓋一點點 牙齦,

兩顆兩顆來回的刷,約10次。

貝氏刷牙的方法



1.由右上頰側開始,刷毛與齒面成四十五度至六十度,涵蓋一點點牙齦,兩顆兩顆來回的刷。



2.刷上排前牙。



3.刷左上頰側。



4.刷左上咬合面,也是兩顆兩顆來回刷。



5.刷左上舌側

6.刷上排前牙舌側。



7.刷右上舌側請用左手。



8.刷右上咬合面。到此,刷牙是由右 邊開始,也在右邊結束。



9.用同樣的方法及順序,刷下排牙 齒。由右下頰側開始。

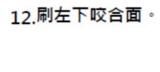


10.刷下排前牙外侧。

洛潔牙膏人體試驗-衛教單



11.刷左下頰側。





13.刷左下舌側。



14.刷下排前牙舌側。



15.刷右下舌側,請用左手。



16.刷右下咬合面。

部份發酵茶類產製技術交流傳承與優質人才培育

林金池、郭寬福、黃正宗、簡靖華、戴佳如、劉天麟 行政院農業委員會茶業改良場暨魚池分場

摘要

本計畫於民國 100 年 6 月 8~10 日、8 月 26~28 日及 101 年 8 月 30 日至 9 月 1 日、10 月 23~24 日分別在嘉義縣梅山鄉瑞里村王鼎製茶廠、南投縣鹿谷鄉小半天富茗製茶廠及嘉義縣阿里鄉樂野村天隆製茶廠與嘉義縣梅山鄉瑞峰村戴雲製茶廠各辦理一場部份發酵茶類產製技術交流傳承與優質人才培育訓練,四期招訓學員合計 161 名。課程採理論講授及實務討論方式交互進行,製茶流程從茶菁採摘標準、日光萎凋、室內靜置攪拌等關鍵技術由坪林製茶達人陳天佑與陳志成先生等負責指導及說明,炒菁、揉捻及團揉由嘉義製茶達人王宏誠、郭俊麟、李俊成及薛文鎰先生等講解,後續茶葉烘焙部份則由鹿谷劉揮評及劉瑞都先生講解,由三天密集緊凑的品評交流討論中,使學員能充分瞭解部份發酵茶製造關鍵技術;也利用夜間講授製茶廠安全衛生,使學員充分體認產製高優質臺灣特色茶必備之條件。四梯次訓練學員均給予本研習課程高度肯定與讚譽,希望透過技術交流與傳承,能培育各茶區種子教師,強化台灣各茶區特色茶品質競爭優勢,為臺灣特色茶的永續發展帶來深遠影響。

關鍵詞:部份發酵茶;產製技術;優質人才培育

前言

台灣地理、氣候及環境非常適合茶樹生長,有關茶樹的栽培管理及茶葉製造已有二百年的歷史,是世界馳名的茶葉產區,產製包括綠茶、包種茶、烏龍茶及紅茶等,其中 又以「北包種南烏龍」最負盛名。

近年來,台灣茶業在國際化和自由化的政策下,很多茶葉產品自國外進口,與本地茶之間形成強烈競爭。從此茶葉產品數量的增加已不如以前重要,重要的是品質的提升,茶業改良場在中正基金會經費支持下積極進行茶葉製造技術創新,開發具有地方特色的各種茶類製品,並加強用藥安全宣導,以防止污染,且輔導合理化施肥,強化茶農生態保育及環境保護的有機栽培等茶業永續經營管理之理念。因為茶葉重質不重量,唯有好品質才能賣得好價格,才可以增加茶農收益。

茶業科技研發創新是發展優勢產業的原動力,面對日益激烈的國際競爭環境,茶業的經營必須以科技為導向,促使產業升級。在台灣特色茶中包種茶講求清香鮮活甘醇,中南部高山茶需香氣與滋味並重,凍頂茶則著重於烘焙後喉韻的展現。各種特色茶類都具有特殊關鍵技術,但各茶區顯少交流。

本計畫擬召集各茶區製茶達人與茶農透過教育訓練,進行技術交流、經驗分享與技術改良創新,使參訓學員瞭解部份發酵茶產製關鍵技術,製成茶葉再經由化學成分及官 能品評分析進行研討,檢討優缺點,重新思考與定位各茶區發展茶類之品質優異性和獨 特性,期能強化台灣各茶區特色茶品質競爭優勢,促使茶產業朝本土特色化、精緻化與 多元化發展,厚植台灣茶產業的永續競爭優勢。

材料與方法

- 本計畫 100~101 年於嘉義茶區辦理參場次及鹿谷茶區一場次之部份發酵茶製造技術 教育訓練與研習,使學員瞭解包種茶、高山茶及凍頂茶等部份發酵茶各製程作業模 式與關鍵技術。
- (1)每期購買茶菁原料(青心烏龍或台茶 12 號)200~250 公斤,並租賃製茶廠及場地辦理研習訓練。
- (2)每期遴聘坪林、嘉義及鹿谷茶區製茶達人各 2~4 名,負責研習學員實務操作演練之講座,指導學員各製程關鍵技術。製程間之空檔安排由茶業改良場研究人員講解茶葉產製衛生安全操作管理技術、製茶理論與感官品評等課程。由理論與實作演練課程,提升學員專業技能。
- 2. 部份發酵茶研習訓練之製程規劃設計及確立製造模式:

每期由學員組成以傳統慣行製法製成茶葉當對照組,另由製茶達人分階段指導3~10 組學員依設計製程操作。茶菁進廠→日光萎凋→室內萎凋靜置攪拌(本階段由坪林製茶達人負責指導)→炒菁→揉捻→初乾→複炒→團揉→成茶(本階段由嘉義製茶達人負責指導)→茶葉精製與焙火(本階段由鹿谷製茶達人負責指導)。

為瞭解各製程間品質之差異,設計於製程中取樣乾燥,該茶樣做為學員感官品評與檢討及茶葉化學成分分析之材料。

3. 本計畫利用 101 年第二次於戴雲製茶廠依坪林、梅山、鹿谷茶區製茶方式控制其發酵度,另加入重發酵組進行比較,再探討不同發酵程度茶類經不同烘焙程度處理後,其品質與化學特性之變化,並與感官品評之結果相對照,以探究不同烘焙方式對茶葉品質之影響,期能找出不同茶類最適合之烘焙條件及其化學成分變化。各組茶類於毛茶、半球型毛茶及各烘焙溫度與時間處理變化時均取樣進行分析,各處理及代號如下表:

(1)文山組(清香型文山包種茶製法)

烘焙日期	烘焙溫度處理(代號)
10/23-24	條型毛茶(文-A)、半球型毛茶毛茶(文-0)
10/31	75°C 2Hr(文-1) →80°C 4Hr(文-2) →85°C 4Hr(文-3) →
11/01	90°C 4Hr(文-4) →95°C 4Hr(文-5) →
2013/01/14	100°C 4Hr(文-6) →105°C 5Hr(文-7) →
01/15	110℃6Hr(文-8) →115℃3Hr 出風口半關(文-9) →
01/16	115°C 2Hr(文-10) → 115°C 5Hr(文-11) →118°C 4Hr 出風口半關(文-12)
01/17	120℃2Hr(文-13) 出風口半關

1. 梅山組(清香型高山茶製法)

烘焙日期	烘焙溫度處理(代號)
10/23-24	條型毛茶(梅-A)、半球型毛茶毛茶(梅-0)
11/02	80°C 4Hr (梅-1) → 85°C 4Hr (梅-2) →
11/13	90℃4Hr 95℃2Hr (梅-3) → 100℃2Hr (梅-4)→
2013/01/11	100℃4Hr(梅-5) →105℃4Hr(梅-6) →
01/15	110℃6Hr(梅-7) →115℃3Hr 出風口半關(梅-8)→
01/16	115℃2Hr(梅-9) → 115℃5Hr(梅-10) →118℃4Hr 出風口半關(梅-11)
01/17	120℃2Hr(梅-12) 出風口半關

2. 鹿谷凍頂組(中發酵凍頂茶製法)

烘焙日期	烘焙溫度處理(代號)
10/23-24	條型毛茶(鹿-A)、半球型毛茶毛茶(鹿-0)
11/02	80°C 4Hr (鹿-1) → 85°C 4Hr (鹿-2) →
11/13	90°C 4Hr(鹿-3) → 95°C 2Hr (鹿-4) → 100°C 2Hr(鹿-5) →
2013/01/15	100°C 6Hr(鹿-6) →105°C 3Hr(鹿-7) →
01/16	105°C 2Hr(鹿-8) →105°C 5Hr(鹿-9) → 110°C 4Hr(鹿-10)出風口半關→
01/17	115℃4Hr(鹿-11) →120℃2.5Hr(鹿-12)出風口半關

3. 重發酵組(發酵程度 20%以上)

烘焙日期	烘焙溫度處理(代號)
10/23-24	條型毛茶(重-A)、半球型毛茶(重-0)
10/31	75℃2Hr (重-1) →
11/05	80°C 4Hr (重-2) →85°C 4Hr (重-3)
11/14	90°C 4Hr(重-4) → 95°C 5Hr (重-5) →
2013/01/15	100°C 6Hr(重-6) →105°C 3Hr(重-7) →
01/16	105°C 2Hr(重-8) →105°C 5Hr(重-9) → 110°C 4Hr(重-10)出風口半關→
01/17	115℃4Hr(重-11) →120℃2.5Hr(重-12)出風口半關

- 4. 感官品評分析:每處理茶樣稱取茶葉 3 克,以沸水 150cc 浸泡 5~6 分鐘,濾出茶湯, 進行感官品評分析,由製成茶葉之外觀、水色、香氣與滋味等茶葉品質進行分析。
- 5. 茶湯分析:以標準沖泡法所得茶湯進行下列各種性質之分析:
 - (1) pH 值:茶湯取樣後,待快速降溫至室溫,以玻璃電極法測定茶湯之 pH。
 - (2) 電導度 (EC): 茶湯取樣後, 待快速降溫至室溫, 以電導度計測定茶湯之 EC, 可瞭解茶湯中可溶鹽類多寡。
 - (3) 水色:茶湯取樣後,待快速降溫至室溫,以色差計測定茶湯之水色,可瞭解各種 處理對茶湯水色變化之影響。
- 6. 統計分析:本試驗將化學成分與品評各項評分結果使用 SAS 等軟體進行變方分析 (GLM)。

結果與討論

- 一、本計畫於民國 100 年 6 月 8~10 日、8 月 26~28 日及 101 年 8 月 30 日至 9 月 1 日、 10 月 23~24 日分別在嘉義縣梅山鄉瑞里村王鼎製茶廠、南投縣鹿谷鄉小半天富茗製茶廠及嘉義縣阿里鄉樂野村天隆製茶廠與嘉義縣梅山鄉瑞峰村戴雲製茶廠各辦理一場部份發酵茶類產製技術交流傳承與優質人才培育訓練。其中於天隆製茶廠辦理研習活動由於受到颱風影響延期兩次,8 月底研習期間天候不佳,為避免下雨無法採茶,在天亮露水未乾即進行採摘,茶菁為露水菁其含水量高,相對提高製茶萎凋處理困難度。民國 100 年進行二次研習模組討論試驗,經攸正研習內容建立模組後,茲將 101 年兩次研習討論結果整理如下,請卓參:
 - 1. 在阿里山石桌茶區多霧日光萎凋不易,製茶廠應重視通風性,萎凋室之相對濕度保持 60-70%,茶菁走水較順;露水茶菁入廠後需先行攤薄及送風處理,使萎凋葉表面乾燥,利於後續製造作業。露水菁與中午及下午茶菁也應分開製造較佳,曬菁時也要減少翻菁次數,茶菁走水不能太快,否則葉片輸導系統易受損造成積水。總之,露水菁不能過度萎凋,而且要延長萎凋時間後再行炒菁,製作要先求味清水甜,再講求香氣,可有效提升品質。

坪林茶區陳天佑先生指出製茶要先審視茶菁條件及採茶前之氣候狀況。採茶前如遇連續晴天,則曬菁走水順暢,可縮短製茶時間。以文山包種茶製法為例,露水菁應拌5次較佳(嫩菁、雨水菁或露水菁要延長時間),攪拌靜置進行中如因氣候變化亦會影響茶菁味道,成熟茶菁要縮短攪拌之間隔時間,使茶菁走水勻暢保持活力,茶聞起來味清才會轉化產生香氣。當葉片失去光澤,聞茶菁已轉清花香或甜香,觸摸手感輕柔時即可進行炒菁作業。

鹿谷茶區劉揮評、劉瑞都先生指出若製造中度發酵之凍頂茶類,日光萎凋若 走水足夠則後續製程掌控較容易;輕萎凋之茶菁在室內要延長靜置萎凋時間。室 內萎凋前二次攪拌手勢要輕,使茶菁走水均勻,如果手拌三次後再用浪菁機進行 攪拌,則香氣表現較佳,第四次攪拌有利於促進茶葉的發酵,製造中發酵凍頂茶 若攪拌機速度太慢不太有作用,攪拌時的轉速可較快,約1分鐘4轉左右,並在 25~30 分鐘內完成。凍頂茶以常溫發酵成茶較具韻味,在冷氣空調室發酵則會呈現較清爽味淡之滋味;攪拌後併堆以中間留孔的方式發酵最平均也較佳,高山清香型茶類要避色悶雜,則以平台式較佳。併堆發酵期間以布包覆萎凋架可提升茶葉發酵速率且防止茶葉吸附異味,但確記要保持空氣流通。若茶葉併堆發酵時茶葉香氣呈現菁香或清香時炒菁,香氣不易保持,味清帶有甜香才炒菁,香氣較不會散失,滋味亦較甘醇。

- 一般傳統凍頂茶攪拌靜置發酵待茶葉轉化至帶有成熟香蕉香或果香時才炒菁, 成茶品質最佳;若萎凋重之茶菁攪拌可以愈重,但要縮短炒菁時間,炒菁後期轉 速調整變慢,有利梗葉水分重新分配均勻,茶葉較易炒熟且揉捻時不會梗葉分離。 另建議炒菁炒熟即可,不要炒太乾再以布包覆回潤,炒菁後未經揉捻直接整型時, 葉片外皮未破壞,茶葉色澤易偏黃且茶湯滋味呈現淡澀;若檢視葉底茶梗變紅即 表示炒菁未熟透。
- 在嘉義縣梅山鄉瑞峰村戴雲製茶廠辦理培訓,本次採用秋末冬初上午9-12時採摘之茶菁原料進行製茶研習,天氣涼爽,日夜溫差大,適合烏龍茶製造。製茶研習結果討論如下:

坪林茶區陳天佑及陳志成先生指出,露水茶菁可先在遮蔭網下攤開,送風可加速葉面水分乾燥再曬菁,室內要輕拌,茶菁如走水順,則易掌控攪拌時間點,並可依照自己的喜好去做微調。文山包種茶每次攪拌間隔時間較短,即是利用不斷輕攪拌輸送梗中水分去補給嫩葉與心芽,若靜置太久不攪拌,茶菁會因失水過多而造成枯萎現象。一般靜置期間若茶菁柔軟伏貼平攤在笳藶上,即表示茶菁走水均勻。製造清香型包種茶第一、二次攪拌主要目的是促使茶菁走水,手勢一定要輕,不要攪拌至產生明顯菁味為宜;最後利用浪菁機攪拌二次,可有效降低菁味,前段攪拌主要在使滋味清爽,後段攪拌主要提高茶葉香氣;但鹿谷凍頂茶最後之攪拌時間較長,則可明顯提高滋味濃稠感。文山包種茶攪拌併堆 20 分鐘後茶葉香氣開始起變化,靜置萎凋期間會有三次高低起伏變化。併堆以平堆為主,一般靜置發酵 3~6 小時內完成炒菁作業,天冷低溫可用高堆中空式,當第三次香氣清甜時才進行炒菁。

一般坪林包種茶炒茶時機點會視當日茶菁量多寡而定,茶菁量多時可在茶菁 攪拌後菁味散失味清(未產生明顯香氣時)即進行炒菁,一般若超過 15 鍋應提早炒 菁(單鍋作業),避免發酵過度;若只有 2 至 3 鍋時,則可以在併堆後茶菁失去光澤、 菁味散失並轉清香,並在香氣最高時進行炒菁,固定茶葉之品質。

鹿谷區劉揮評、劉瑞都、詹德豪及康誌誠先生針對學員提出問題回應指出,茶菁第一、二、三次之攪拌主要目的是促使茶菁走水,春冬茶攪拌程度應不同,冬茶生長季節天候乾冷、茶菁水分少,第三次小浪菁會促進走水,降低茶菁水分含量;春茶嫩菁則不用小浪(第一次機械攪拌),避免積水產生,小浪速度要較冬茶慢,以減少受傷(水分多)。當茶菁萎凋末期葉柄部份轉暗紅(如紅色鴿子眼),即表示攪拌足,走水夠,製成的茶乾水色可保持金黃色。一般植物葉部之葉柄出現紅點,在植物生理觀點應是即將產生離層現象(植物落葉前的現象),攪拌足的茶葉相

對的耐泡程度較高,文山包種茶的茶菁走水控制模式可供梅山茶區製茶參考。

目前高山茶區利用層積式萎凋架進行室內萎凋,一般會誤認為利用低溫低濕即可促進茶菁走水,但利用空調冷氣降低萎凋室之溫度,只利於抽出茶菁中水分,但對茶葉化學成分轉化、發酵及提升品質並無助益;製造包種茶要提升茶葉之品質,記得室外曬菁需足夠,茶菁走水勻順,攪拌後轉為淡黃色澤,若轉為深黑色則是積水現象。室內靜置萎凋及配合攪拌茶菁走水順暢,茶葉成品會具有發酵特色。若茶菁成熟度高水分含量少時,炒菁之置菁量多,嫩菁則量少;萎凋不足之茶菁,炒菁一定要熟透才可確保品質不致劣變。炒鍋投菁口大小未來設計應依春冬茶之茶菁水分含量高低可進行調整使用。春茶之茶菁含水量高,投菁口要大,有利於排除水分;冬茶之茶菁節間短含水量低,投菁口要小,有利於減緩茶菁水分散失。另外,今天的茶葉併堆後為何未呈現花香?併堆 3 小時應有花香但卻未呈現,或是否室溫太低?是否因為茶菁受長期乾旱的影響,上述等等問題值得進一步探討。

陳天佑先生更進一步指出,室外萎凋不足時,室溫應提高至 22℃左右可使茶 菁走水更順,滋味清爽不帶菁澀。嘉義茶區王宏誠先生補充說明若茶菁室外日光 萎凋不足時,應由室內多次輕拌來補足;郭俊麟先生也表示,高山茶區曬場不足, 日光萎凋時也可增加翻菁次數來促進茶菁走水,有利於後續室內萎凋發酵。

康誌誠先生表示,製造傳統凍頂茶有部分茶農將日光萎凋後重度失水之茶菁進室內後即先攪拌使水分重新分佈(保水),並增厚攤菁量,減緩茶菁走水速率,萎凋期間茶菁其水分蒸散作用會使茶菁表面之微氣候濕度提高,故有抑制水分快速散失之效果。如果室外日光萎凋時間長且失水多,則室內可以減少攪拌次數。劉瑞都先生表示,第四組重發酵組之茶菁第四次攪拌轉速可以加快,但時間可以縮短,陳天佑先生亦表示,日光萎凋足夠進室內可以直接上笳藍,但攤菁厚度應增加,可以提升萎凋室微氣候的濕度,避免茶菁失水過重,造成氣味不良,攪拌可以減少一次,發酵程度即可達到設定之程度。

3. 四次研習均以傳統揉布球整型,並委託代工,整型階段時間討論揉布球要領,並進行各組別製茶過程報告,取條形茶沖泡品評,分析各組處理間優缺點。第二天下午四、五點球型茶葉製造完成,取樣進行 80、100 及 120℃各二小時左右烘焙試驗,第三天上午取條型及球型毛茶與烘焙茶樣進行感官品評,由茶葉外觀、水色、香氣、滋味及葉底討論處理間差異。清香型茶葉在烘焙 80℃以下品質表現優異,但超過 100℃烘焙即帶有明顯火味,中高度發酵茶葉,在焙至 100℃火味不明顯,滋味轉為甘醇;若以 120℃烘焙,清香型茶葉香氣散失,滋味略帶菁澀,火味更明顯,中高度發酵茶葉,已有焙火味產生,滋味甘醇度佳。再將茶葉沖泡第二次,由茶葉香味中探討茶葉發酵度與茶湯濃稠度相關性,希望促使學員能夠瞭解控制茶葉香味中探討茶葉發酵度與茶湯濃稠度相關性,希望促使學員能夠瞭解控制茶菁萎凋及配合適度攪拌控制茶葉酵的重要性。因此,茶葉發酵程度的高低與茶葉烘焙溫度息息相關,有關「看茶製茶,看茶焙茶」此句製茶名言相信對受訓學員而言有很深的體認。

二、 茶葉化學成分分析

(一) 不同茶類烘焙處理其茶湯 pH 之變化:

不同茶類經烘焙處理後,茶湯 pH 之變化如圖 1a、1b、1c、1d。各處理 茶湯之分析結果如下:

- 1. 文山組(輕發酵文山包種茶製法),其條型毛茶之 pH 約為 7.2,經包布揉成半球型後,pH 略微下降之 7.1,而烘焙至文-3 處理時,茶湯 pH 又略為下降至 7.0,再持續烘焙至文-8 時,茶湯 pH 又略為下降至 6.9,若持續烘焙之文-10 時,茶湯 pH 反而略微上升至 7.0 (圖 1a)。
- 2. 梅山組(輕發酵高山茶製法),其條型毛茶之 pH 約為 7.2,經包布揉成半球型後, pH 略微下降之 7.1,而烘焙至梅-4處理時,茶湯 pH 又略為下降至 7.0,而後茶 湯 pH 又持續下降,至梅-11 時 pH 最低至 6.8,但持續烘焙至梅-12 時,茶湯 pH 反而略微上升至 7.0 (圖 1b)。
- 3. 鹿谷凍頂組(中發酵凍頂茶製法),其茶湯 pH 條型毛茶相對於輕發酵茶類是較低的,約為 7.1,經包布揉成半球型後,pH 明顯下降至 6.9,再持續烘焙至鹿-12時,茶湯 pH 又略為下降至 6.8 (圖 1c)。
- 4. 重發酵組為重發酵茶類,其茶湯 pH 條型毛茶相對於輕發酵茶類是較低的,約為7.1,經包布揉成半球型後,pH 明顯下降至 6.9,再持續烘焙至重-8 處理以後, 茶湯 pH 略持續下降至 6.8 (圖 1d)。

試驗結果顯示,茶湯 pH 值會隨揉布球整型、茶葉發酵度加深而降低,且隨茶葉烘焙溫度提高與時間延長 pH 值會顯著降低。

(二) 不同茶類烘焙處理其茶湯 EC 之變化:

不同茶類經烘焙處理後,茶湯 EC 之變化如圖 2a、2b、2c、2d。各處理 茶湯之分析結果如下:

- 文山組(輕發酵文山包種茶製法),其條型毛茶之 EC 約為 600 μS/cm,經包布揉成半球型後,EC 明顯上升至 780μS/cm,而烘焙處理後期之文-9,EC 亦會隨之增加至最高 880μS/cm,而後 EC 則逐漸下降(圖 2a)。
- 2. 梅山組(輕發酵高山茶製法),其條型毛茶之 EC 約為 550 μS/cm,經包布揉成半球型後,EC 明顯上升至 800μS/cm,而初期烘焙處理之梅-1 其 EC 降至 730μS/cm,而後 EC 維持在 800μS/cm 左右,在梅-10 又陡降至 750μS/cm (圖 2b)。
- 3. 鹿谷凍頂組(中度發酵凍頂茶製法),其條型毛茶之 EC 約為 570 μS/cm,經包布揉成半球型後,EC 明顯上升至 800μS/cm,而初期烘焙處理之鹿-2 其 EC 降至770μS/cm,而後 EC 上升至最高在 840μS/cm 左右,在鹿-8 及鹿-11 有低點為770μS/cm (圖 2c)。
- 4. 重發酵組:為重發酵茶類,其條型毛茶之 EC 約為 580 μS/cm,經包布揉成半球型後,EC 明顯上升至 850μS/cm,而初期烘焙處理之重-2 其 EC 降至 770μS/cm, 而後 EC 緩慢上升至最高在 870μS/cm 左右 (圖 2d)。

試驗結果顯示,茶湯 EC 高低與茶湯溶解出之內容物有關,茶葉經布球揉捻 後茶湯 EC 值明顯提升,在烘焙過程四組之 EC 值呈波段式變化,烘焙時 EC 升高, 表示茶葉水色也有偏黃變深現象,易帶有苦澀滋味。

(三) 不同茶類烘焙處理其茶湯水色之變化:

- 1. 不同茶類經烘焙處理後,茶湯水色之明亮度變化如圖 4a、4b、4c、4d。各處理分析結果顯示,文山組由條型茶製成半球型毛茶,經初步烘焙後,水色 L 值約維持在 89,而烘焙處理於文-4 時水色 L 值明顯下降,茶葉品評結果評價較差,滋味易帶有澀味,已有明顯火味產生;而後水色恢復明亮,香氣清爽且滋味轉為甘甜,但繼續焙茶後,水色則逐漸下降。梅山組烘焙處理則是於梅-6時水色 L 值明顯下降。輕發酵兩組茶在烘焙過程 L 值變化大,鹿谷凍頂組與重發酵組隨著烘焙溫度提高及時間延長茶湯水色 L 值逐漸下降,但其變化幅度較小。
- 2. 不同茶類經烘焙處理後,茶湯水色之 a 值變化如圖 5a、5b、5c、5d。各處理分析結果顯示,由條型製成半球型毛茶時,文山組水色 a 值由-4.5 下降至-6,梅山組由-4.2 下降至-6.5,鹿谷凍頂組由-4.3 下降至-5.4,重發酵組由-4.3 下降至-4.8,顯示水色變綠,但隨發酵程度提高,水色變綠程度變化較小。但四組茶葉經過烘焙處理後,水色 a 值逐漸增加,逐漸由綠色往紅色方向改變。

綜合比較四組茶類由條型毛茶製成半球型毛茶時,水色變綠程度最高者為梅山組,而水色變綠程度最小者為重發酵組。而隨著烘焙處理時間愈久,水色愈偏紅,尤其以發酵較重者最為明顯。試驗顯示,四組均隨著烘焙溫度的提高及時間延長處理後水色a值逐漸增加,顯示水色均由綠色往紅色方向改變。

3. 不同茶類經烘焙處理後,茶湯水色之 b 值變化如圖 6a、6b、6c、6d。各處理分析結果顯示,由條型製成半球型毛茶時,文山組水色 b 值由 15 提高至 22,梅山組由 15.5 提高至 23,鹿谷凍頂組由 16.5 提高至 25,重發酵組由 18.8 提高至 27,試驗結果顯示,茶湯水色會隨發酵程度加重而變黃。再經過烘焙處理後水色 b 值亦會逐漸增加,水色明顯往黃色方向改變。

綜合比較四組茶類由條型毛茶製成半球型毛茶時,水色變黃程度最高者為 重發酵組,而水色變黃程度最小者為文山組。而隨著烘焙處理時間愈久,水色 愈偏黃,尤其重發酵較重者水色變化最為明顯,為四組之最。

(四) 不同茶類烘焙處理其茶葉香氣評分之變化:

(五) 不同茶類烘焙處理其茶湯滋味之變化:

不同茶類經烘焙處理後,茶湯滋味之變化如圖 8a、8b、8c、8d。各處理分析結果顯示,四組茶葉經過烘焙處理滋味評價呈波段式變化,文山烘焙至第三階段(85℃)及梅山組焙至第五階段(100℃),茶湯水色轉趨清澈明亮,滋味甘甜,但梅山組已有明顯火味產生;鹿谷及重發酵組,則在烘焙第二及第三階段即呈現高評價;在100℃烘焙時輕發酵再現高峰,火味轉趨不明顯滋味甘甜或甘醇度提升;隨著烘焙溫度提高及時間延長,香氣降低,相關香味轉變為焙火香,在超過115~118℃,茶湯水色轉趨金黃明亮,滋味甘醇,講求喉韻之熟香型凍頂茶葉滋味表現漸趨明顯。試驗顯示,萎凋走水順之文山組與凍頂組及重發酵組茶葉烘焙應縮短時間,若長時間烘焙茶湯活性降低,品質明顯下降趨勢。

(六) 不同茶類烘焙處理其茶葉香氣及茶湯滋味(香味)之變化:

不同茶類經烘焙處理後,茶葉香味之變化如圖 9a、9b、9c、9d。各處理分析得分最高者為文山組之文-6與文-12處理;梅山組為梅-4處理;鹿谷組為鹿-2及鹿-10;重發酵組為重-3與重-9。四組前階段(1~6)烘焙處理評價高者,可做為清香型高山茶烘焙參考依據,烘焙處理後階段(7~13)評價高者,可做為講求喉韻之熟香型凍頂茶烘焙參考指標。試驗顯示,茶葉萎凋、靜置攪拌及發酵等製程控制良好,茶葉會呈現清香、花香或果香,有利於茶葉烘焙處理,除可縮短烘焙時間外,更會提升品質。

執行成果效益評估及建議事項

茶業科技研發創新是發展優勢茶產業的原動力,面對日益激烈的國際競爭環境,茶業的經營必須以科技為導向,促使產業升級。在台灣特色茶中包種茶講求清香鮮活甘醇,中南部高山茶需香氣與滋味並重,凍頂茶則著重於烘焙後喉韻的展現。各種特色茶類都具有特殊關鍵技術,但各茶區顯少交流。

透過中正基金會支持,本計畫得予遴聘新北市坪林茶區、嘉義茶區及南投(凍頂)茶區製茶達人指導茶農進行製程實務解說演練,期間並安排製茶理論與感官品評教育訓練課程。茶葉進廠後之萎凋階段由坪林茶區負責解說及管控,嘉義茶區協助層積式空調操作,使茶葉能由菁草香轉花香或發酵香;由嘉義茶區製茶達人指導炒菁、揉捻及團揉,並解說使茶葉外觀呈球型及墨綠圓整關鍵技術;製成茶葉後之精製烘焙則由凍頂茶區製茶達人負責,製成茶葉再經由化學成分及感官品評分析進行研討,檢討處理間優缺點,使參訓學員透過技術交流、經驗分享等標竿學習活動,瞭解優質茶產製關鍵技術,本計畫已協助培育各茶區種子教師計161名,期能提升各茶區茶葉產製技術、開創新茶類與提升特色茶之品質。因為唯有知己知彼,找出本身的長處和獨特性,才能在茶葉產製技術上開創新局,並厚植台灣茶產業的永續競爭優勢。

參考文獻

- 1. 甘子能,1984。茶葉化學入門 pp.12-92。台灣省茶業改良場林口分場。新北市。
- 林木連。2002。茶作栽培技術。茶業改良場茶業技術推廣手冊。桃園。行政院農業 委員會茶業改良場編印。

- 林木連。2002。製茶技術。茶業改良場茶業技術推廣手冊。桃園。行政院農業委員會茶業改良場編印。
- 4. 陳宗懋主編。2000。中國茶葉大辭典。北京。中國輕工業出版社。
- 5. 陳椽。1984。製茶技術理論。上海科學技術出版社。
- 6. SAS Institute .1988. SAS/STAT User's guide. 6.03ed. SAS Institute, Cary, NC.

Partially-fermented tea production and manufacture technique exchange and inheritance and nurturing high-quality personnel

Lin Jin Chih , Kuo Kuan Fu, Huang Cheng Chung, Chien Ching Hua,
Dai Jia Ru, Liou Tien Lin

Abstract

In this project, several trainings of partial fermentation tea production had been held. The trainings offered opportunities for the skill exchanging and delivering and nurturing good talent persons as well. The trainings were held on Jun. 8-10, Aug. 26-28 in 2011, Aug. 30-Sep. 1 and Oct. 23-24 in 2012. The training locations were in 4 places, which are Wang Ding tea factory, situated in Ruieli village, Meishan Township, Chiayi County., Fu Ming tea factory, situated in Siau Ban Tian, Lugu Township, Nantou County., Tang L factory ong tea factory, situated in Leye Alishan Township, Chiayi County., and Dai Yuin tea in Ruifeng, Meishan Township, Chiayi County. There were 161 members been trained in the four trainings. The courses were applied by turns of theory teaching and practical discussing. The key tea processing was instructed by Pingling tea philosophers, Mr. Chen Tain Yu and Mr. Chen TZi Cheng, which courses included the picking standard, sun withering, and indoor sharking. The firing, rolling, and ball shaping were instructed by Chaiyi tea philosophers, Mr. Wang Hong Cheng, Kuo Chuin Lin, Lee Juin Cheng and Xuah Wen Yi. The tea baking was instructed by Lugu tea philosophers, Mr. Lui Hua Ping and Mr. Lui Tzua Du. In the three days tea tasting, skill exchanging and discussing, the members could well understand the partial fermentation tea processing key skills. The course also provided the tea factory safety and health conception in the night time. So the members could fully recognize the high quality Taiwan tea processing. The training courses were highly positive responded and praised by the members. We hope through tea processing skill exchanging and delivering, the seed teachers in each tea district could be trained. Thus the characteristic tea quality and Taiwan tea competition advantage could be enhanced. It would deeply and positively influence the Taiwan characteristic tea permanent development.

Key word: Partly-fermented tea; production and manufacturing technology; nurturing high-quality personnel

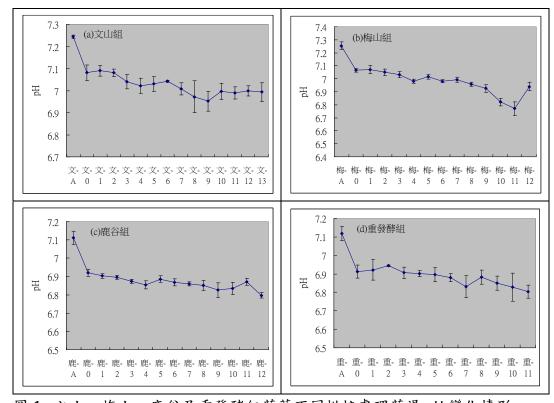


圖 1. 文山、梅山、鹿谷及重發酵組茶葉不同烘焙處理茶湯 pH 變化情形 Fig. 1. The pH change in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu

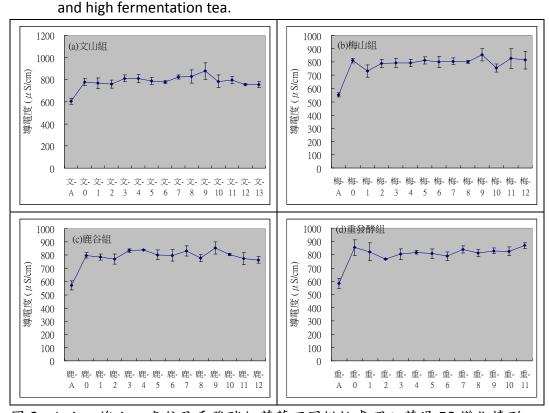
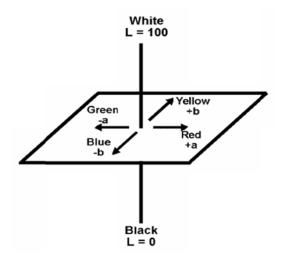


圖 2. 文山、梅山、鹿谷及重發酵組茶葉不同烘焙處理之茶湯 EC 變化情形 Fig. 2. The EC change in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu and high fermentation tea.



- 圖 3. 三度色彩空間值示意圖,以 L、a 與 b 值表示
- Fig. 3. The three dimensions chromatic value illustration, expressed by L, a, and b value.

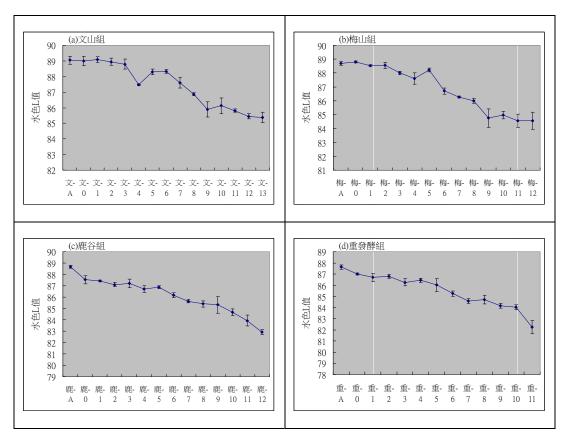


圖 4. 文山、梅山、鹿谷及重發酵組不同烘焙處理之茶湯水色 L 值變化情形

Fig. 4. The L value change of tea soup in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu and high fermentation tea.

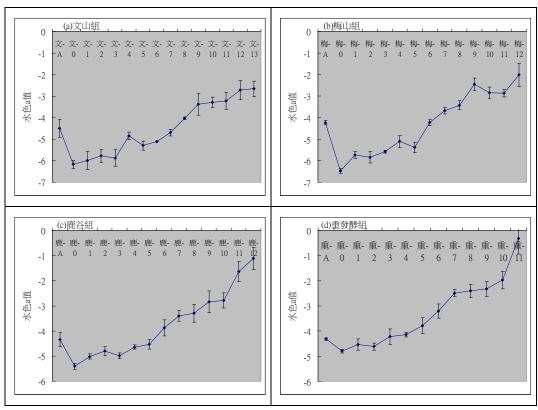


圖 5. 文山、梅山、鹿谷及重發酵組不同烘焙處理之茶湯水色 a 值變化情形

Fig. 5. The a value change of tea soup in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu and high fermentation tea.

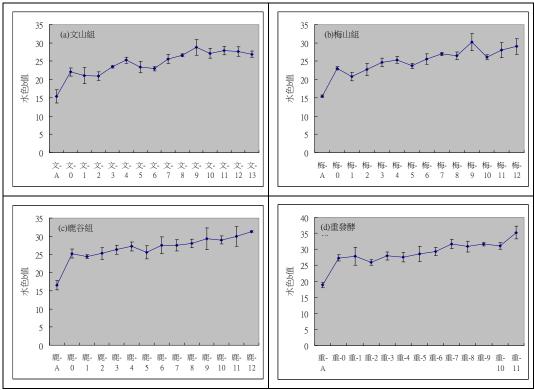


圖 6. 文山、梅山、鹿谷及重發酵組茶葉不同烘焙處理之茶湯水色 b 值變化情形

Fig. 6. The b value change of tea soup in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu and high fermentation tea.

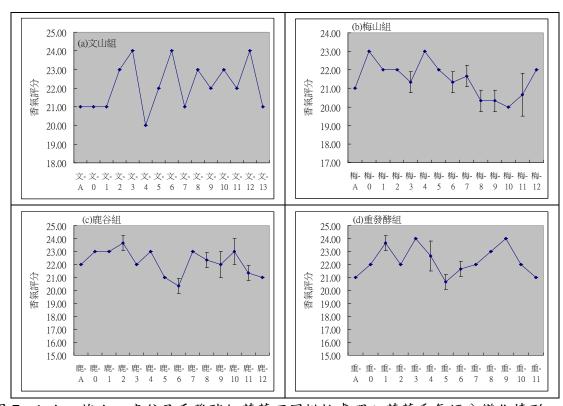


圖 7. 文山、梅山、鹿谷及重發酵組茶葉不同烘焙處理之茶葉香氣評分變化情形 Fig. 7. The tea leaves fragrance score change in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu and high fermentation tea.

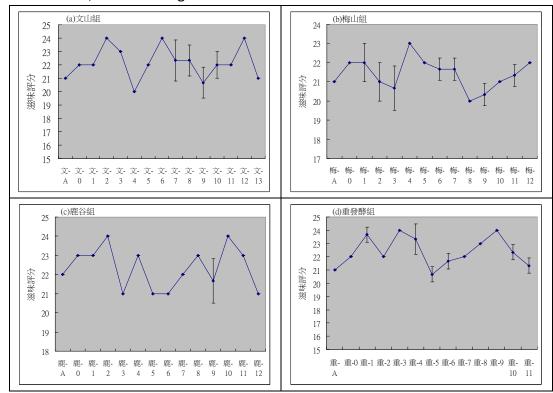


圖 8.文山、梅山、鹿谷及重發酵組茶葉不同烘焙處理之茶湯滋味評分變化情形

Fig. 8. The tea soup taste score change in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu and high fermentation tea.

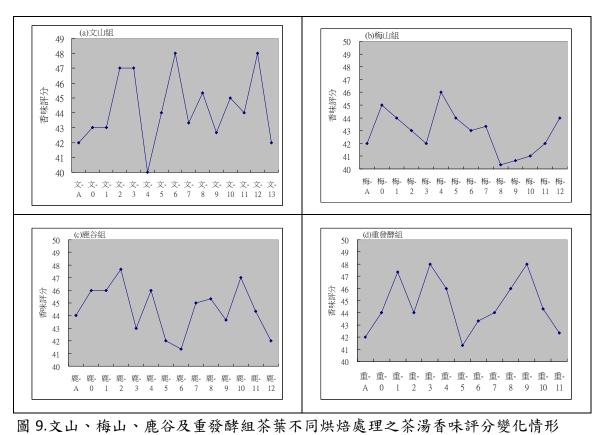


Fig. 9. The tea soup fragrance score change in different baking treatments of Wen Shan, Mei Shan, Lu Gu and high fermentation tea.