

國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系

碩士論文

Department of Forestry and Resource Conservation

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

金門農耕地之棲地變化及地景組成

與鳥類群聚之影響

Effects of habitat changes and landscape compositions to
avian communities at agricultural lands in Kinmen

黃婉如

Wan-Ju Huang

指導教授：袁孝維 博士

邱祈榮 博士

Advisor: Dr. Hsiao-Wei Yuan

Dr. Chyi-Rong Chiou

中華民國 99 年 1 月

JAN, 2010



誌謝

終於等到這一天。過去的二、三年以來不間斷揣摩、幻想自己寫謝誌的心情，只是下筆的這一刻，準備了好久。在研究所的過程中，謝謝袁老師出錢出力讓我得以在我可愛的家鄉-金門作研究，並循循善誘、訓練我獨立思考問題。感謝丁老師，總是作我精神上的後盾，謝謝你總是這麼願意和我討論論文所有問題、總是這麼不厭其煩的回覆我 mail，儘管你在天高地遠的非洲或巴西。謝謝劉小如老師對論文寫作的費心指正、邱祈榮老師提供研究過程中所需相關資源，以及謝寶森、王穎、許富雄老師對於論文提供寶貴的建議。

07年初到熟悉的金門展開研究，感謝淑瑋學姐及育倫學長協助及教導我鳥類調查技巧、鳥神煥彰學長的建議，以及一直被我凹著看我 proposal 的怡平；感謝金門國家公園陳姐、邱課長。感謝邱老師研究室的孝榮學長、Kiki、佩佩學姐協助，以及後續有關統計資料分析部分，謝謝李培芬老師研究室建議、生物資源暨農學院統計諮詢研究室。

研究所的日子充斥著出野外看 Paper 寫論文，出野外的時候想看 paper，寫論文的時候想念出野外的日子。在這過程，感謝引領我進入這個領域的佩好，你對於研究的熱情深深影響著我。還有謝謝永遠的 308。球雖然和你玩樂的日子總是大於正經的日子，但每天和你分享生活是最沒有壓力的事；惠冰那一夜和你在研究室輪流睡覺趕論文的點滴一直在心頭，真是苦澀又美好；還有湘靜你真的很優秀，要認真考慮念一下博班！至於阿炮，個人非常佩服你不斷寫 proposal 不斷換題目的精神，那種一直摸索的心情我懂！而鄭凱中非常感謝你把靠窗戶的位子讓給我，好讓我完全沉浸在與論文博鬥的世界裡，儘管後來松鼠的地位都比我高，我還是非常感恩，特別謝謝你們這群玩咖。沒有你們，我的研究生生活不會那麼精彩。

此外，謝謝小貓、陳威廷教我怎麼把 SPSS 搞定、文宜幫我處理雜事、愷愷和我一起思考統計方法的漏洞以及分析結果解讀、討論專業但不忘搞笑幽默的 QD，還有外表很酷可是會幫忙認真找出問題的明淵，也特別感謝大力、怡良學姐、錦淑的幫忙…

大概謝得差不多了。還有謝謝大學的眾同學們阿貴、杏仁、滿足、肚子、阿慧…不管是不是大家同樣水深火熱，仍感謝你們總是讓我不寂寞。此外，一群不太懂我到底在研究什麼卻無條件挺我的朋友們，你們的加油讓我更有力量。

當然，謝謝我親愛的家人，沒有你們不會有這篇論文的。還有，誠摯的感謝一起陪我走過這麼多的阿雄，精神上的鼓勵、GIS 專業教學都很到位。總之，要謝謝的很多很多，很開心可以和你們一起完成一段里程碑。

中文摘要

金門農耕地的作物隨季節而改變，以 11 月至 12 月種植小麥 (*Triticum aestivum*)、3 月至 4 月種植一作高粱 (*Sorghum bicolor*) 以及 6 月至 7 月種植二作高粱為主，而島上林地、農耕地、草生地、水塘等各類棲地鑲嵌程度高。本研究主要探討作物類型 (小麥、一作高粱與二作高粱)、作物的生長時期 (抽穗開花期與乳熟期) 以及不同的地景組成對鳥類密度 (density)、種豐富度 (species richness)、種歧異度 (Shannon-Wiener's index) 以及 6 種常見危害鳥種族群密度之影響；且分別以樣區不同半徑 (300m 與 500m) 內的地景組成，檢視對鳥類群聚介量與危害鳥種族群密度的影響是否有差異。我共選取 11 個小麥樣區、23 個一作高粱樣區與 30 個二作高粱樣區，並利用穿越線法 (line transect) 及定點計數法 (point count) 進行鳥類相調查。結果發現，食物資源與季節為影響鳥類群聚與環境之間關係的主要因素。無論在半徑 300m 或 500m 的尺度，作物生長時期對鳥類密度、種豐富度、種歧異度以及八哥 (*Acridotheres cristatellus*)、斑文鳥 (*Lonchura punctulata*)、麻雀 (*Passer montanus*)、珠頸斑鳩 (*Streptopelia chinensis*)、紅鳩 (*Streptopelia anquebarica*) 的密度有顯著影響 ($p < 0.05$)；在半徑 300m 尺度，作物類型對鳥種豐富度、種歧異度與八哥、環頸雉 (*Phasianus colchicus*)、麻雀、珠頸斑鳩、紅鳩的族群密度有顯著影響 ($p < 0.05$)，而在半徑 500m 的尺度，作物類型才對鳥類密度有顯著影響；地景組成中以建成地對鳥類密度、種歧異度影響最大，當建成地比例越高則鳥類密度愈高、種歧異度愈低，而鳥種豐富度則不受地景因子影響。因此，探討農地之微棲地變化及農地周圍地景組成與農地鳥類群聚結構之研究，有助於釐清鳥類群聚與環境之間的關係。

關鍵字：鳥類群聚、農地鳥種、地景、土地利用、尺度

Abstract

Kinmen consists of different land use types, such as forests, agricultural lands, grasslands, ponds, and the others. About 27 percentage of the total area in Kinmen is covered by agricultural land, of which sorghum (*Sorghum bicolor L.*) and wheat (*Triticum aestivum L.*) are the most important and widespread seasonal crop in agricultural land. To understand the relationships between bird distributions and agricultural habitats, I studied the effects of cropping practice (crop type of season), crop growing stage (premature and mature period of crop) and landscape composition at two different scales (within 300m and 500m radius of the site) on farmland birds. The study sites where bird censuses were performed by line transects and point counts comprised 11 sites in wheat fields, 23 sites in the first cultivated sorghum and 30 sites in the second cultivated Sorghum. Bird density, species richness, Shannon-Wiener's diversity index, and damaged birds' density (including Crested Myna (*Acridotheres cristatellus*), Scaly-breasted Munia (*Lonchura punctulata*), Ring-necked Pheasant (*Phasianus colchicus*), Eurasian Tree Sparrow (*Passer montanus*), Spotted-necked Dove (*Streptopelia chinensis*), Red-collared Dove (*Streptopelia trichogaster*)) were assessed. The analysis was conducted using multivariate analysis at two different scales: within 300m and 500m level. The results show that cropping practice and crop growing stage were the principal determinants of the bird assemblage and damaged bird density ($p < 0.05$). The bird density, diversity and damaged bird density differed significantly in their landscape compositions at distinct scales ($p < 0.05$). Moreover building was a major factor of the studied landscape variables affect the bird assemblage and damaged bird density. The present results suggest that food resources and season variation were the most important determinants of farmland bird assemblage, and multi-scale analyses can greatly enhance our understanding of bird distribution and of their interaction with the environment.

Key words: avian communities, farmland bird, land use types, landscape, scale

目錄

中文摘要	I
Abstract.....	II
目錄	III
表目錄	IV
圖目錄	V
附錄	VI
Chapter 1 文獻回顧	1
引用文獻.....	7
Chapter 2	12
金門農耕地區之棲地環境變化及周邊地景組成與鳥類群聚之關係	12
一、前言	12
二、研究方法	15
研究區域	15
研究方法	16
資料分析	19
三、結果	22
四、討論	28
五、引用文獻	35
表	43
圖	58
附錄	65

表目錄

表 1、金門土地利用類型表	43
表 2、各類作物在樣區半徑 300m 內的地景組成比例	44
表 3、各類作物在樣區半徑 300m 的地景組成主成分分析	45
表 4、各類作物在樣區半徑 300m 地景組成與主成分之相關關係	46
表 5、各類作物在樣區半徑 500m 內的地景組成比例	47
表 6、各類作物在樣區半徑 500m 地景組成主成分分析	48
表 7、各類作物在樣區半徑 500m 地景組成與主成分之關係	49
表 8、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=300m）與鳥類密度的關係	50
表 9、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=300m）與鳥種豐富度的關係 ..	51
表 10、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=300m）與鳥種歧異度的關係	52
表 11、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=500m）與鳥類密度的關係	53
表 12、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=500m）與鳥種豐富度的關係	54
表 13、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=500m）與鳥種歧異度的關係	55
表 14、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=300m）與危害鳥種密度的關係	56
表 15、各類作物、作物生長期及地景組成（半徑=500m）危害鳥種密度的關係	57

圖目錄

圖 1、小麥樣區與其周邊地景組成	58
圖 2、一作高粱樣區與其周邊地景組成	59
圖 3、二作高粱樣區與其周邊地景組成	60
圖 4、小麥、一作高粱與二作高粱在抽穗開花期與乳熟期的鳥類密度	61
圖 5、小麥、一作高粱與二作高粱在抽穗開花期與乳熟期的鳥種豐富度	62
圖 6、小麥、一作高粱與二作高粱在抽穗開花期與乳熟期的鳥種歧異度	63
圖 7、二作高粱高度及覆蓋度與鳥類群聚介量關係圖	64



附錄

附錄一、鳥類定點計數法的調查時段與停留時間之先期試驗.....	65
附錄二、鳥種名錄.....	69
附錄三、個別鳥種於小麥、一作高粱與二作高粱之密度.....	73



Chapter 1 文獻回顧

生物群聚與環境之間的關係為群聚生態學研究的主要課題 (Morin 1999)。一般而言，鳥類的族群變動會受到外在環境因子與內在生物因子的影響，其中主要與食物資源、繁殖巢位、氣候、被捕食、疾病，以及死亡率等因子有關 (Morrison *et al.* 1992)。而探討環境與生物群聚的關係應先界定研究或觀察尺度之大小 (Whittaker 1977)，農田生態系分布廣泛，為野生動物棲息的重要場所，且是人類與野生動物接觸極為頻繁的生態系統 (Moonen and Marshall 2001)。一般探討農地生物多樣性或與農地相關生態研究最使用的空間尺度有三類：

1. 地景尺度 (Landscape scale)：棲地異質性 (habitat heterogeneity) 與鳥類多樣性 (diversity)、鳥種豐富度 (species richness) 有關 (Berg 2002)，亦即在特定面積區域內空間異質性會影響鳥類種類及數量之變化 (Fermon *et al.* 2005)。

2. 農地間尺度 (Between-field scale)：農地間除了種植作物之棲地外，其鑲嵌於農地內，例如樹木、水體等提供鳥類多樣需求如庇護 (refuge)、覓食 (feeding) 以及散佈 (dispersal)，有利於提高生物多樣性 (O'Connor and Shrubbs 1986, Galbraith 1988, Benton *et al.* 2003)。

3. 農地內尺度 (Within-field scale)：作物植群組成種類、植群結構差異以及植群區塊分布皆會影響鳥類棲地利用 (Benton *et al.* 2003)。

在不同空間尺度，影響農田生態系鳥類群聚分布差異的因素主要有四種：

1. 作物類型與多樣性

作物之組成種類與鳥類的食物種類及數量有直接關係。作物之種子類型與種子密度會吸引不同鳥種覓食，進而影響鳥類數量 (Robinson and Sutherland 1999, Baker *et al.* 2009)。作物植群結構的差異亦會影響鳥類食物資源 (昆蟲與種子) 的取得，鳥類通常會選擇節肢動物或無脊椎動物豐富度高的區塊 (patch) 或棲地覓食 (Holland *et al.* 2006)，此外植群結構也會影響鳥類天敵躲避與營巢地的利用，例如植群的高

度與密度會影響雲雀 (*Aluda arvensis*)、小瓣鴿 (*Vanellus vanellus*) 在農耕地築巢與覓食的密度 (Chamberlain *et al.* 1999, Benton *et al.* 2003)。作物多樣性亦會影響鳥類棲地選擇，例如雀類 (sparrows)、雀科鳴禽 (finches)、鴉科 (Emberizidae) 等鳥種會因混合作物轉變為單一作物的棲地類型，而減少於該棲地築巢 (Benton *et al.* 2003)。施義杰 (2004) 探討嘉義機場隙地的鳥類群聚生態，發現不同隙地類型稻米 (*Oryza sativa*)、玉米 (*Zea mays*)、番茄 (*Solanum lycopersicum*)、鳳梨 (*Ananas comosus*)、馬拉巴栗 (*Pachira aquatica*)、天堂鳥花 (*Strelitzia reginae*) 和夜來香 (*Cestrum nocturnum*) 會影響鳥種豐富度，農地環境越複雜其鳥種密度及豐富度也會越高。農地鳥類主要聚集於種子資源豐富之區域，對大部分的鳥種而言，棲地偏好的原因與可利用食物資源關係最密切 (Robinson and Sutherland 1999, Wilson *et al.* 1996, Moorcroft *et al.* 2002)。

2. 人類農業活動

作物在不同的生長過程，除了植被環境變化外，受到人為干擾程度亦不同，例如灌溉、耕種、收割、休耕，殺蟲劑使用等 (Wretenberg 2006)。例如過度使用殺蟲劑直接影響鳥類繁殖成功率及增加死亡率，間接影響鳥類食物資源供應；除草劑因抑制雜草生長與種子生產，影響鳥類對種子 (籽) 及昆蟲之食物資源利用。農業活動時間之改變亦會影響鳥類族群數量 (Benton *et al.* 2003)，例如作物收穫期與鳥類繁殖季重疊，對在農地築巢鳥類如黃鸝 (*Motacilla flava*)、黍鴉 (*Miliaria calandra*)、長腳秧雞 (*Crex crex*)、灌木石鴿 (*Burhinus grallarius*) 之干擾增加，而影響幼鳥死亡率及蛋的孵化率。Maeda (2001) 於日本關東平原進行農地鳥類群聚研究，探討稻田不同時間的變化對鳥類組成的影響，發現水稻田的植被變化如栽種期、生長期、收割期、翻耕期與休耕期，會影響不同鳥種的棲息利用，例如在灌溉後尚未種植的時期會吸引小白鷺 (*Egretta garzetta*) 和小環頸鴿 (*Charadrius dubius*)，黃頭鷺 (*Bubulcus ibis*) 則通常會在稻田翻耕過後於田地中活動。施義杰 (2004) 亦發現稻米在生長過程中導致的環境改變會影響鳥類利用棲地的方式，如

在插秧期致稻苗成長期，土壤潮濕積水且稻苗間的空隙較大，會吸引水鳥覓食，稻苗生長至稻穀收割前，棕扇尾鶯 (*Cisticola juncidis*) 等鳥類會利用較高之稻苗覓食或鳴叫，稻穀收割之際，則會吸引蟲食性鳥類燕鴿 (*Glareola maldivarum*)、大卷尾 (*Dicrurus macrocercus*) 等利用。Tourenq 等人 (2003) 探討耕種方式與水鳥利用稻田的關係，結果發現在潮濕有水和第一年種植稻田的環境中鳥類數量較多。Elphick 和 Oring (2003) 的研究亦提出灌溉後的稻田可吸引較多的水鳥。黃仲雲 (2008) 則將水田棲地變化依照區塊 (patch) 類別及稻作活動產生的不同干擾程度區分成蓄水休耕期、翻土插秧期、稻作生長期、收割休息轉作期及田埂翻田期等五個稻作經營分期，結果發現紅冠水雞 (*Gallinula chloropus*) 的族群數量變化及分布在各稻作經營分期呈顯著差異，顯示水田環境的棲地變化及人為經營擾動對紅冠水雞族群數量與生殖行為有所影響。

3. 非作物棲地的結構與型態

非作物棲地 (noncrop habitat) 的組成如農地邊緣 (margins)、樹籬 (hedge)、林地、池塘、溝渠及休耕地等提供鳥類繁殖、築巢與覓食的棲地 (Henderson *et al.* 2000, Vickery *et al.* 2002, Reif *et al.* 2008)。不同類型與數量的非作物棲地或半自然棲地 (semi-natural habitat) 會影響鳥類分布及多樣性 (Berg 2002)。Hinsley 和 Bellamy (2000) 的研究即指出偏好在樹籬築巢及棲息的鳥類，會受到樹籬的長度、寬度以及樹籬組成樹種的影響；Jobin 等人 (2001) 發現天然樹林及人工防風林等農地邊緣的鳥種豐富度 (species richness)、量豐富度 (abundance) 及密度顯著高於草生地，其中鳥種豐富度及量豐富度與樹木層及灌木層的覆蓋度、樹種以灌木高度呈顯著正相關。Maeda (2005) 亦發現不同鳥種對於稻作區邊緣棲地類型如稻田、田埂、道路、溝渠、草地與雜林等不同邊緣棲地的偏好不同。

4. 地景組成與地景結構

農田地景主要指除了農田地外尚由其他不同土地利用類型鑲嵌而成，大部分物種在鑲嵌環境呈區塊分布，因此地景結構對物種豐富度的影響相當明顯 (Berg

2002)。Bennett等人(2006)即指出不同地景型態、地景組成比例與地景空間配置皆會影響農地鳥類群聚。特定地景組成會影響特定鳥種的出現或影響偏好某一棲地類型之鳥種數量，例如鑲嵌於農田地景的森林數量會決定森林性鳥種出現與否而影響農地鳥類群聚組成(Wang and Young 2003)，大部分森林性鳥種需要大面積同質性森林且避免利用邊緣棲地及破碎化地景(Hinsley *et al.* 1995)，而Berg(1997)、Loman和von Schantz(1991)則發現部分鳥種在森林地築巢但卻偏好於農耕地邊緣覓食，因此農田鑲嵌森林區塊地景之鳥類數量會高於單純森林地景。顧芝寧(2004)探討武陵地區不同土地利用型(天然混合林、次生混合林、人造針葉林、早期復育地、進期復育地、菜園、果園)的鳥類群聚，亦發現土地利用型會影響鳥種組成及鳥類密度，森林型環境的鳥種數均高於開墾型環境，且顯示開墾環境會降低鳥類多樣性。大部分的研究亦指出地景組成多樣性或異質性與鳥類多樣性有關，例如1km²區域內，雲雀的量豐富度與棲地多樣性呈正比(Chamberlain *et al.* 1999)。種食性鳥種在鑲嵌農耕地的草生地景會比單純草生地景擁有較高的族群數量(Robinson *et al.* 2001)。對於昆蟲而言，棲地多樣性會影響作物田內昆蟲之多樣性，間接影響蟲食性鳥種密度與豐富度(Holland and Fahring 2000)。盧惠敏和陳炤杰(2006)探討鳥類多樣性與地景多樣性之關係，發現同質性相似的農村環境，不同比例、不同類型的棲地組合會有不同的鳥種出現，且鳥類多樣性與地景多樣性及綠地面積比例呈正相關。因此，不同物種受對於不同地景組成與不同地景結構鑲嵌所形成環境的差異，其受到的影響亦不同(Bennett *et al.* 2006)。

金門特殊鳥類相與作物相

金門島位於東經118度24-28分，北緯24度27分，在福建省東南方之廈門灣，屬於典型的大陸性島嶼。主要島嶼大、小金門的面積約150.5km²，在氣候上屬於亞熱帶季風型態，冬季東北季風強烈，夏季為西南氣流，高溫炎熱，春天季節交替經常引起海霧，年平均溫為21°C，氣候變化較台灣明顯(郭城孟、陳尊賢 2002)。金

門在生物地理區的分區上，位於舊北區及舊熱帶區之東方亞區之過渡地帶，兩區的鳥類皆可在此地出現。此外，因地區人口少，聚落多成散村狀態，林地、農地、水塘等各類棲地鑲嵌程度高，多樣的棲息環境與低密度的人口條件，造就金門地區特殊的鳥類相（劉小如 1999）。

金門島在土地管制規定下，並未有大規模的農地或林地轉為其他用途的現象。人為主動的改變土地利用所導致的地景變遷，包括工程建設、農地轉作、休耕等，對生態系統的影響大多來自於棲地特性的變化，例如農地利用方式的改變即會影響鳥類活動。金門傳統上是以農漁經濟結構的社會，在物候條件的限制下以旱田為主，主要栽植的作物包含高粱（*Sorghum bicolor*）、小麥（*Triticum aestivum*）、花生（*Arachis hypogaea*）、番薯（*Ipomoea batatas*）等旱作及少量的蔬菜。根據統計資料，1990 年以後金門地區各種作物栽種面積均大幅減少，1996 年後耕作面積又漸次增加，以釀酒所需而有保價收購政策所補助之小麥及高粱為主要作物。春季至夏季、秋季至冬季種植高粱，冬季種植油菜花（*Brassica napus*），以及冬季至春季種植小麥，旱田作物相隨季節的改變而變化（楊婉如 2005，黎明儀 2004）。

根據金門縣野鳥學會近二十年來累計的資料顯示，目前金門地區累計發現的鳥種數量已多達 305 種（廈門約 284 種、台灣約為 550 種）。終年棲息於金門繁殖的留鳥約有 40 種，其中部分鳥種未於台灣分布或極為稀少的候鳥，例如褐翅鴉鵂（*Centropus sinensis*）、黑翅鳶（*Elanus caeruleus*）、戴勝（*Upupa epops*）等。因地處東亞遷徙候鳥必經的要道，許多生活在北方寒冷國度的遷徙性候鳥，於秋天、春天過境或停留於金門地區度冬，種類及族群數量多（梁皆得 2008）。鳥種豐富度以春、秋、冬三季較高，夏季較低，冬季以 12 月份較高；春秋二季則以春過境期（4 月）的豐富度較高，個別鳥種之量豐富度偏低，故多樣性較高；冬季少數冬候鳥數量龐大如鷗鷺（*Phalacrocorax carbo*），因而鳥類多樣性較低（董景生 2007）。金門地區的鳥類資源、生態棲地使用類型及食性分析，可追溯劉小如（1999）於金門國家公園鳥類生態之紀錄研究，袁孝維（2007）綜合舊有文獻、鳥會公布相關調查資

料與研究人員觀察及記錄的鳥類生態與行為，彙整分類出以農田區域為主要棲息環境的常見鳥類，以及常見危害農作物之鳥種，其中約有 162 種鳥種會出沒於農地區域，依其食性分析，專以農業作物為主食且實際造成危害的鳥類約為 14 種，分別為環頸雉 (*Phasianus colchicus*)、金背鳩 (*Streptopelia orientalis*)、珠頸斑鳩 (*Streptopelia chinensis*)、紅鳩 (*Streptopelia tranquebarica*)、麻雀 (*Passer montanus*)、黑頭文鳥 (*Lonchura atricapilla*)、斑文鳥 (*Lonchura punctulata*)、八哥 (*Acridotheres cristatellus*)、家八哥 (*Acridotheres tristis*)、灰椋鳥 (*Sturnus cineraceus*)、絲光椋鳥 (*Sturnus sericeus*)、小椋鳥 (*Sturnus philippensis*)、灰背椋鳥 (*Sturnus sinensis*)、喜鵲 (*Pica pica*)；不會危害的有 134 種，不確定是否危害者有 14 種，此有利於進一步針對鳥類群聚與農耕地環境的關係進行探討。

綜合以上文獻分析，於農田生態系統有關探討作物生長時期變化對農地鳥類群聚的影響，主要集中於水稻田的研究，稻田內的水域環境會吸引不同水鳥與陸鳥，因此作物不同生長時期的水量變化是影響鳥類群聚的主要原因。金門農耕地主要以種植小麥與高粱等旱田作物為主，然而有關旱田作物不同生長時期的耕地環境變化以及作物類型與鳥類群聚的關係鮮少被探討。農田生態系研究已從小範圍尺度（農地間與農地內尺度）的研究延伸至地景尺度的地景生態或空間性生態研究，能夠比較不同空間及時間尺度上之環境變化與鳥類群聚的關係。然而，過去探討鳥類與棲地關係的研究，大多集中於單一尺度的研究，鮮少同時探討微棲地與地景組成對鳥類群聚的影響，且金門不同的棲地類型鑲嵌程度高，多樣棲息環境提供鳥類棲地利用的多樣性選擇，鳥類可在不同棲地間輕易移動。因此，微棲地變化與地景組成對鳥類群聚的影響相當重要，值得深入的研究與探討。

引用文獻

- 施義杰。2004。嘉義機場隙地之鳥類群聚生態。彰化師範大學碩士論文。
- 袁孝維。2007。金門鳥類對農業產業之影響及因應對策之研究。金門國家公園管理處委託研究報告。
- 梁皆得。2008。觀鳥金門。金門縣政府。
- 郭城孟、陳尊賢。2002。金門國家公園土壤調查分析及植生適應性研究。內政部營建署金門國家公園管理處。
- 黃仲雲。2008。宜蘭地區水田地景與紅冠水雞生殖生態學研究。宜蘭大學碩士論文。
- 楊婉如。2005。金門島地景變遷監測與分析—1995、2000、2001年。台灣大學碩士論文。
- 董景生。2007。金門國家公園物種監測方法及調查技術之評析與建議。金門國家公園管理處委託研究報告。
- 劉小如。1999。金門國家公園鳥類生態記錄研究。內政部營建署金門國家公園管理處。
- 黎明儀。2004。應用衛星影像於金門島土地覆蓋圖繪製。台灣大學碩士論文。
- 盧惠敏、陳炤杰。2006。農村生態環境與鳥類多樣性之研究-以屏東縣五溝村水圳地景為例。建築學報 57：123-141。
- 顧芝寧。2004。武陵地區鳥類群聚與土地利用類型之關係。東華大學碩士論文。
- Baker, D. J., R. A. Stillman, and J. M. Bullock. 2009. The effect of habitat complexity on the function response of a seed-eating passerine. *Ibis* 151:547-558.
- Bennett, A. F., J. Q. Radford, and A. Haslem. 2006. Properties of land mosaics: implications for nature conservation in agriculture environments. *Biological Conservation* 133:250-264.
- Benton, T. G., J. A. Vickery, and J. D. Wilson. 2003. Farmland biodiversity: is habitat

- heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18:182-188.
- Berg, Å. 1997. Diversity and abundance of birds in relation to forest fragmentation, habitat quality and heterogeneity. *Bird Study* 44:355-366.
- Berg, Å. 2002. Composition and diversity of bird communities in Swedish farmland-forest mosaic landscapes. *Bird Study* 49:153-165.
- Chamberlain, A. M., A. M. Wilson, S. J. Browne, and J. A. Vickery. 1999. Effects of habitat type and management on the abundance of skylarks in the breeding season. *Journal of Applied Ecology* 36:856-870.
- Elphick, C. S., and L. W. Oring. 2003. Conservation implications of flooding rice fields in winter waterbirds communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 94:17-29.
- Fermon, H., M. Waltert, R. I. Vane-Wright, and M. Mühlenberg. 2005. Forest use and vertical stratification in fruit-feeding butterflies of Sulawesi, Indonesia: impacts for conservation. *Biodiversity Conservation* 14:333-50.
- Galbraith, H. 1988. Effects of agriculture on the breeding ecology of lapwings *Vanellus vanellus*. *Journal of Applied Ecology* 25:487-503.
- Henderson, I. G., J. Cooper, R. J. Fuller, and J. A. Vickery. 2000. The relative abundance of birds on set-aside and neighbouring fields in summer. *Journal of Applied Ecology* 37:335-347.
- Hinsley, S. A., and P. E. Bellamy. 2000. The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: A review. *Journal of Environmental Management* 60:33-49.
- Hinsley, S. A., P. E. Bellamy, I. Newton, and T. H. Sparks. 1995. Habitat and landscape factors influencing the presence of individual breeding bird species in woodland fragments. *Journal of Avian Biology* 26:94-104.

- Holland, J. M., and L. Fahrig. 2000. Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 78:115-122.
- Holland, J. M., M. A. S. Hutchison, B. Smith, and N. J. Aebischer. 2006. A review of invertebrates and seed-bearing plants as food for farmland birds in Europe. *Annals of applied biology* 148:49-71.
- Jobin, B., L. Choiniere, and L. Belanger. 2001. Bird use of three types of field margins in relation to intensive agriculture in Que'bec, Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 84:131-143.
- Loman, J., and T. von Schantz. 1991. Birds in farmland- more species in small than in large habitat fragments. *Conservation Biology* 5:176-188.
- Maeda, T. 2001. Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan. *Ecological Research* 16:569-585.
- Maeda, T. 2005. Bird use of rice field strips of varying width in the Kanto Plain of central Japan. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105:347-351.
- Moonen, A. C., and E. J. P. Marshall. 2001. The influence of sown margin strips, management and boundary structure on herbaceous field margin vegetation in two neighbouring farms in southern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 86:187-202.
- Moorcroft, D., M. J. Whittingham, R. B. Bradbury, and J. D. Wilson. 2002. The selection of stubble fields by wintering granivorous passerine birds reflects vegetation cover and food abundance. *Journal of Applied Ecology* 39:535-547.
- Morin, P. J. 1999. *Community ecology*. Blackwell Science. Malden, MA.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot, and R. W. Mannan. 1992. *Wildlife-habitat relations: concepts and applications*. University of Wisconsin Press. Madison, Wisconsin,

USA.

O'Connor, R. J., and M. Shrubbs. 1986. *Farming and Birds*. Cambridge University Press.

Cambridge, UK.

Reif, J., P. Voříšek, K. Štastný, V. Bejček, and J. Petr. 2008. Agricultural intensification and farmland birds: new insights from a central European country. *Ibis* 150:596-605.

Robinson, R. A., and W. J. Sutherland. 1999. The winter distribution of seed-eating birds: habitat structure, seed density and seasonal depletion. *Ecography* 22:447-454.

Robinson, R. A., J. D. Wilson, and H. Q. P. Crick. 2001. The importance of arable habitat for farmland birds in grassland landscapes. *Journal of Applied Ecology* 38:1059-1069.

Tourenq, C., S. Nicolas, B. Nicolas, M. Francois, and J.-L. Martin. 2003. Effects of cropping practices on the use of rice fields by waterbirds in the Comargue, France. *Agriculture, Ecosystems & Environments* 95:543-549.

Vickery, J. A., N. Carter, and R. J. Fuller. 2002. The potential value of managed cereal field margins as foraging habitats for farmland birds in the UK. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89:41-52.

Wang, Z. J., and S. S. Young. 2003. Differences in bird diversity between two swidden agricultural sites in mountainous terrain, Xishuangbanna, Yunnan, China. *Biological Conservation* 110:231-243.

Whittaker, R. H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evolutionary Biology* 10:1-67.

Wilson, J. D., R. Taylor, and L. B. Muirhead. 1996. Field use by farmland birds in winter: an analysis of field type preferences using resampling methods. *Bird Study* 43: 320-332.

Wretenberg, J. 2006. The decline of farmland birds in Sweden. Doctor's dissertation.

University of Agricultural Science. Swedish.



Chapter 2

金門農耕地區之棲地環境變化及周邊地景組成與鳥類群聚之關係

一、前言

棲地選擇 (habitat selection) 是動物對不同環境，產生有階層性的行為反應過程 (Hutto 1985, Jones 2001)。鳥類的棲地選擇會受到地理分布範圍或鳥類生理上的限制，而在特定的地理範圍內，個體的活動範圍 (home range)、活動範圍內特殊位置之使用以及資源的可利用性，皆會影響鳥類的棲地選擇 (Hutto 1985, Johnson 1980)。農地鳥類的棲地選擇主要受到地景組成 (landscape composition)、地景結構 (landscape structure)、棲地異質性 (habitat heterogeneity)、食物資源、巢位的可利用性 (nest-site availability) 等影響 (Bridle *et al.* 2009, Piha *et al.* 2007, Benton *et al.* 2003)。

生物群聚與環境之間的關係，常取決於觀察尺度 (scale) (Wiens 1989a, Levin 1992, Böhning-Gaese 1997)。有關地區尺度 (local scale) 的農地鳥類群聚研究指出作物類型 (crop type)、作物多樣性 (diversity) (Newton 2004)、耕作方式 (O'Connor and Shrubbs 1986, Lokemoen and Beiser 1997) 以及特定的農業活動，例如灌溉、耕種、收割、休耕與殺蟲劑的使用等 (Wretenberg 2006, Reif *et al.* 2008) 是影響農地鳥類群聚的主要因素。Pierluissi (2006) 與 Tourenq 等人 (2003) 即指出鳥類族群數量及鳥種豐富度與作物生長時期及耕作活動有關；Maeda (2001) 研究發現水稻田不同生長時期的植被變化、積水程度的環境變化以及食物來源量的多寡，會影響不同鳥種的棲息利用；方蕙菁 (2007) 亦指出常見的農地鳥種例如麻雀 (*Passer montanus*) 與斑文鳥 (*Lonchura punctulata*) 在稻作成熟前期與後期的棲息數量即有差異。

地景尺度的研究大多探討地景組成形式、地景結構、地景組成比例與異質性對鳥類群聚的影響 (Andrén 1994, Virkkala *et al.* 2004, Vickery *et al.* 2009)。Forman

(1995) 定義地景 (landscape) 為一塊至少某一項特質在空間上是異質 (spatially heterogeneous) 的區塊。Wiens (1989b) 指出地景中由不同植群類型組成的棲地或由不同類型人為干擾所產生的地景空間分布模式對地景內鳥類的密度、分布以及族群動態會有影響。Clergeau 等人 (2001) 和 Benton 等人 (2003) 皆指出農田地周圍之棲地異質性越高，鳥類多樣性也會越高；而鑲嵌於農田地內非作物棲地的型態、結構與數量對農地鳥類群聚組成與穩定性亦有很大的影響 (Reif *et al.* 2008)，例如農地邊緣 (margins)、樹籬、林地、池塘、溝渠及休耕地等提供鳥類繁殖、築巢 (nesting)、覓食 (foraging)、棲息 (roosting)、庇護 (refuge) 以及短距離移動或長距離遷徙等多樣資源之利用 (Hinsley and Bellamy 2000, Galbraith 1988)。而特定地景組成會影響特定的鳥種 (Herzon and O'Hara 2007, Berg 2002)，例如水域環境會較吸引涉禽 (waders) 及蟲食性的雀科鳥類 (insectivorous passerines) 等 (Berg 1993, Longcore *et al.* 2006)。

近年來，有關生態系統在多尺度方面的研究已有相當完善的發展，鳥類群聚結構及分布與尺度的關係也廣泛被探討 (Cushman and McGarigal 2002, Grand and Cushman 2003, Stephens *et al.* 2003)，例如 Piha 等人 (2007) 探討有機 (organic) 與傳統 (conventional) 農業的耕作方式、土地利用類型、地景結構對鳥類密度、種豐富度與歧異度的影響，結果發現地景結構與土地利用類型是影響鳥類群聚最主要的因子，而耕作方式只對雲雀 (*Aluda arvensis*) 與小瓣鴿 (*Vanellus vanellus*) 的族群密度有影響。不同物種對空間尺度或異質性的敏感性 (sensitivity) 不同，植群結構 (vegetation structure) 與植群組成 (vegetation composition) 為影響鳥類食物資源、天敵躲避與繁殖成功主要的因素，但對於地區植群 (local vegetation) 分布或地景結構敏感性的差異則與其生活史特徵 (life history traits) 及棲地選擇 (眾多生態策略執行下最終的結果) 有關 (Tworek 2002, Skowno and Bond 2003, Brotons *et al.* 2005)。因此，並無單一研究尺度即可完整描述與解釋一個生態系統 (Levin 1992)。

農田生態系分布廣泛，鳥類因可在不同棲地間輕易移動，故微棲地環境結構與

地景組成對鳥類群聚的影響相當重要。然而，在台灣探討農地鳥類與棲地環境關係的研究，則鮮少同時探討微棲地與地景組成對鳥類群聚的影響。此外，人類與野生動物接觸極為頻繁，農田生態系統同時也是許多野生動物棲息的重要場所 (Moonen and Marshall 2001)，但當人類的經濟活動與野生動物 (鳥類) 之覓食及活動行為等需求同時發生，即會衍生出人類與野生動物之間的衝突 (Caughley and Sinclair 1994)。因此，進行農地鳥類群聚相關研究，以瞭解其鳥類群聚的結構與分布，解釋並分析鳥類群聚在空間或時間上與環境因子的關係，可將其結果用以農業經營、鳥類棲地選擇的經營管理參考或保育策略的設計。

金門農耕地面積約占全島之 27.9%，屬於乾旱性氣候環境，主要以耐旱性的小麥 (*Triticum aestivum L.*) (生長期為 11 月至翌年 5 月) 及高粱 (*Sorghum bicolor L.*) 為主，高粱依不同生長季節再細分為一作高粱 (生長期為 3-7 月) 與二作高粱 (生長期為 6-11 月) (黎明儀 2004)，本研究依作物種類與特性 (小麥及高粱) 以及生長季節差異，將小麥、一作高粱及二作高粱定義為三種不同的作物類型，俾利納入後續分析。此外，金門地區林地、農地、水塘等各類型的地景鑲嵌程度高，特殊的棲地環境與地理位置，造就金門豐富的鳥類相以及鳥類與環境之間密切的關係 (劉小如 1999)。因此，本研究目的主要探討 (1) 作物生長時期：抽穗開花期與乳熟期 (成熟期) (2) 作物類型：小麥、一作高粱與二作高粱 (3) 特定半徑的地景組成對鳥類群聚介量 (包括密度 (density)、種豐富度 (species richness)、種歧異度 (Shannon-Wiener's index)) 以及危害鳥種族群密度的影響。而為了瞭解不同半徑內的地景組成對鳥類群聚介量與危害鳥種族群密度的影響是否有差異，分別以半徑 300m 與 500m 進行研究。以期能更釐清金門農地鳥類群聚與棲地環境之間的關係。

二、研究方法

研究區域

金門島位於東經 118 度 24-28 分，北緯 24 度 27 分，位於中國大陸東南沿海福建省九龍江口外，行政區域包含 12 個大小島嶼，這些島嶼大多面積狹小，地勢平緩，其中以金門島及烈嶼—小金門為最大，總面積約 150.5 km²，屬於典型的大陸性島嶼。在氣候上屬於亞熱帶季風型態，由於夏、秋兩季炎熱，冬季盛型強勁東北季風，夏季為西南氣流，蒸發量約為降雨量 1.6 倍，因此常年乾旱，且乾溼季明顯。大部分地區都處於先鋒形植被，現生植被大致可分為水域植群、草生地、灌叢、疏林及森林等不同形相，以草生地佔有最大範圍，灌叢大多出現在裸岩地區，疏林則為演替初期的林相。目前金門地區之林地，大部分是造林及原生植群混生之樹林（郭城孟、陳尊賢 2002）。金門島在土地管制規定下，並未有大規模的農地或林地轉為其他用途的現象（楊婉如 2005），農耕地佔全島面積的 27.9%，可耕地面積約為 6300 ha，因受地理環境影響，田塊多狹小且畸零分散，因飽水蓄肥差、有機質含量少，且多為砂質土壤，實際上能耕地的面積僅為 2400 ha（黎明儀 2004）。在物候條件的限制下僅適宜旱作雜糧栽培，其中高粱、小麥係由政府保價收購，因此依作物不同與季節氣候變化等因素，有訂定適宜作物種植期限，小麥播種期以每年 11 月至翌年 1 月 15 日為主，一作高粱播種期以 4 月 1 日至 5 月 30 日，二作高粱播種期則以 7 月 2 日至 8 月 30 日為主（金門農業試驗所 <http://web.kinmen.gov.tw/371022600g/>）。

金門島面積小，地區人口少，聚落多成散村狀態，林地、農地、水塘等各類棲地鑲嵌程度高，而擁有特殊的陸域地景；因地處大陸沿海的弧線邊緣，特殊的地理位置恰為候鳥南遷北返的路徑，且自然環境優渥擁有多樣適合鳥類的棲息地及豐富食物資源，加上人為干擾少，因此每年吸引許多鳥類在此繁殖、度冬或是過境停留（黃光瀛 1997，劉小如 1999，廖東坤 2007，梁皆得 2008）。

研究方法

1. 小麥、一作高粱、二作高粱樣區選取

本研究於 2008 年在金門地區，以有種植小麥、一作與二作高粱的旱作地進行相關的調查。金門旱田作物種植主要分為三個階段：1.小麥於 11 月下旬至 12 月中旬種植，收穫期在 4 月下旬至 5 月下旬；2.一作高粱播種期為 3 月下旬至 4 月中旬，收割期在 7 月下旬；3.二作高粱的播種期為 6 月下旬至 7 月中旬，收割期在 10 月下旬至 11 月；而一作高粱與二作高粱的品種相同。樣區選取為透過現地調查並在不同階段隨機選取植有作物之農地，所有樣區均不重覆選取，並以掌上型 GPS (Global Positioning System, GARMIN GPS) 定位座標，將座標置於 ArcMap9.X(Environmental System Research Institute, Inc) 上檢視，各個樣區至少間隔 200m。共設置 64 個樣區，分別為小麥 11 個 (圖 1)，一作高粱 23 個 (圖 2) 及二作高粱 30 個 (圖 3)。本研究依作物種類特性差異 (小麥與高粱) 以及生長季節變化，將小麥、一作高粱及二作高粱定義為三種不同的作物類型，以納入後續分析及簡化論述上的繁瑣。

2. 作物不同生長時期界定

金門小麥生育日數約 145-160 日，生長時期可概略分為 3 個時期 1.營養生長期：長根、長葉和分蘗；2.抽穗開花期：根、莖生長及抽穗分化發育，小麥於抽穗後 2-5 日開花，每穗開花的時間平均 5-7 日；3.成熟期：已抽穗開花完至胚乳成熟，麥穗 90%呈金黃色，且向下彎曲即為 (枯熟期) 理想收穫期。而一、二作高粱的生育期受雨量的影響生長日數略有不同，一作高粱的生長日數為 105-115 天，二作高粱生長日數為 120-130 天。高粱生長期大致可分為 1.播種期；2.幼穗形成期 (播種後 35 天左右)；3.抽穗開花期 (播種後 60 天左右)；4.乳熟期 (播種後 75 天左右)；5.收穫適期 (高粱抽穗後 35-40 天) (金門農業試驗所

<http://web.kinmen.gov.tw/371022600g/>)。

本研究，現地調查發現二作高粱之播種期與收穫期較往年提前一個月，因此，作物生長時期變化之判定除了以播種日期進行推估外，亦從作物外觀及特徵進行判斷。

3. 鳥類調查方法

本研究的鳥類調查時期於作物之抽穗開花期與乳熟期（成熟期），因播種期、幼穗形成期或營養生長期變異較大且時期較長，不列入調查；實際調查時間配合當地現場作物栽種狀況而定。小麥平均高度為 85-90cm，作物播種方式為撒播、密度較高梁高（金門農業試驗所 <http://web.kinmen.gov.tw/371022600g/>），在不影響鳥類與破壞作物的前提下，採用穿越線法（line transect）（許富雄 2001）於 4 月上旬至 5 月上旬進行鳥類調查，沿著田埂或溝渠設置穿越線（n=11），穿越線長約 150m，於日出至日出後 3 小時內進行，於 8 分鐘內以穩定的速度沿穿越線前進，記錄沿途兩邊 50m 內目擊及聽到的鳥類種類、數量。每一條穿越線在抽穗開花期與乳熟期各進行 9 次，每一條穿越線共有 18 次調查記錄（共 1584 分鐘），調查順序則以隨機方式安排。

一作高粱（n=23）的鳥類調查於 2008 年 5 月下旬至 7 月上旬間進行，二作高粱（n=30）則於 2008 年 8 月下旬至 9 月下旬。高粱高度較小麥高，平均高度為 130 公分，採人工條播或機械式耕作，行距與株距固定，作物植群間具空隙（金門農業試驗所 <http://web.kinmen.gov.tw/371022600g/>），鳥類調查採用定點計數法（point count）進行（許富雄 2001）。在以定點計數法進行正式鳥類調查前，先於 3 月下旬在植有小麥的旱作地進行先期試驗（附錄一），以決定每日調查時間及每個樣點的停留時間。依試驗結果每日有二個主要的調查時段：1.日出至日出後 3 小時內、2.日落前 3 個小時內調查；每個樣點均停留 6 分鐘記錄半徑 50m 內目擊及聽到的鳥類種類、數量（一次調查）。每個樣點在抽穗開花期與乳熟期各進行 12 次調查，上午與下午分別各 6 次。一作高粱（23 個樣區）共計有 552 次調查的鳥類調查（共 3312 分鐘）；二作高粱（30 個樣區）共 720 次調查（共 4320 分鐘），調查順序也以隨機方式安排。

三類作物之抽穗開花期與乳熟期皆以 10 天作間隔，不進行鳥類調查與記錄。調查只在天候狀況良好的情況下進行，記錄時除了空中捕食的燕科（*Hirundinidae*）鳥種之外，飛越而不停留於樣區內者均不列入紀錄。

4. 危害鳥種定義

金門地區約有 162 種鳥種會出沒於農田地，依其食性分析，專以農作物為主食且實際造成危害（造成農民經濟損失）的鳥類約為 14 種，分別為環頸雉（*Phasianus colchicus*）、金背鳩（*Streptopelia orientalis*）、珠頸斑鳩（*Streptopelia chinensis*）、紅鳩（*Streptopelia tranquebarica*）、麻雀、黑頭文鳥（*Lonchura atricapilla*）、斑文鳥、八哥（*Acridotheres cristatellus*）、家八哥（*Acridotheres tristis*）、灰椋鳥（*Sturnus cineraceus*）、絲光椋鳥（*Sturnus sericeus*）、小椋鳥（*Sturnus philippensis*）、灰背椋鳥（*Sturnus sinensis*）、喜鵲（*Pica pica*）；不會危害的有 134 種，不確定是否危害者有 14 種（袁孝維 2007）。由於調查期間所發現的麻雀、斑文鳥、紅鳩、珠頸斑鳩、八哥及環頸雉的數量較多，故僅將這些鳥種密度進行後續分析。

5. 棲地環境因子建立

本研究探討的棲地環境因子包括生物性環境因子與非生物性環境因子。

(1) 生物性環境因子：作物植被結構變化

本研究於二作高粱各次鳥類調查後進行高粱高度（cm）與覆蓋度（%）測量。

- a. 高度（height）：以皮尺測量高粱由地面到頂端的長度。
- b. 覆蓋度（coverage）：利用數位相機於固定高度拍攝 0.5m*0.5m 的高粱田，再利用 ENVI 4.3（Research System Inc.）軟體進行估算。

(2) 非生物性環境因子：地景組成比例（%）

為了探討樣區周圍（穿越線或樣點半徑 50m 以外）的地景組成對鳥類群聚的影響，本研究分別計算樣區半徑 300 及 500m 內各地景組成之比例以進行後續之分析。

金門地區之土地利用類型可分為 24 種（邱祈榮 2009），進行土地利用類型判釋的金門地區航空照片圖為 2007 年 10 月所拍攝。本研究利用地理資訊系統（Geographic information system, GIS）將所有定位樣區套疊於金門土地利用類型圖，計算分析每一樣區半徑 300m 與 500m 內各種土地利用類型面積與比例，部分土地利用類型所佔比例太低，故將 24 種土地利用類型依其性質分類合併為 8 種地景類型（表 1），分別為森林、農耕地、灌叢、草生地、建成地、道路、裸露地及內陸水體；其中，旱作與農業用地除外之農用土地合併為農耕地，針葉林、闊葉林及針闊葉混淆林等合併為森林計算，裸露地與災害地合併為裸露地，河道與人工湖合併為內陸水體，建地、軍事用地、水工設施等合併為建成地；此外，灌叢在所有樣區的面積皆為零，遂將此地景類型刪除。因此，僅有 7 種地景類型納入後續分析。

資料分析

原始資料以 Microsoft Excel 建檔計算，主成分分析（Principal component analysis, PCA）、相關分析（Analysis of correlation）、簡單線性迴歸（Simple linear regression）、Mann-Whitney *U* test、Kruskal-Wallis One Way ANOVA 以及一般線性模式（General linear Model, GLM）中的多變量分析（multivariate analysis）皆以 SPSS15.0 進行。所有統計分析均採雙尾檢定是否有顯著差異，顯著差異水準定為 0.05。

鳥類群聚介量

以各類作物調查樣區所記錄的鳥種與隻次，分別計算鳥類密度、種類豐富度以及種歧異度，其計算公式如下：

(1) 鳥類密度

$$D = (N * 10000) / (C * r^2 * \pi)$$

$$D = (N * 10000) / (n * W * L)$$

N：鳥種隻數（總隻數）

C：調查次數（抽穗開花期12次、乳（成）熟期12次）

r：樣區半徑（m）

W：長方形樣區的寬度（m）

L：長方形樣區的長度（m）

(2) 種類豐富度

R=S

S：群聚內所出現的鳥種數

(3) 種歧異度

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i \cdot \log_e P_i$$

$P_i = n_i / N$

n_i ：第i種鳥類的數量

N：群聚內所有鳥類的數量



植被結構與鳥類群聚的關係

二作高粱各個調查點的高粱高度、覆蓋度與鳥類密度、種豐富度、種歧異度之相關性以 Person's correlation coefficient 計算。顯著性的檢測以簡單線性迴歸進行。

地景組成與鳥類群聚的關係

本研究先分別以單一環境因子方式進行線性迴歸分析，探討單一地景組成與鳥類群聚的關係，但二者間之關係並不明顯。一般生態資料的收集在特定距離或空間上，變數與變數間往往有自相關的關係 (Legendre 1993)；具有空間自相關的生態資料在進行以空間獨立性為前提的一般線性模式分析或迴歸分析時，易造成共線性

(multicollinearity) 的問題 (Cliff and Ord 1973); 為了控制地景變數所產生的空間自相關, 本研究以 SPSS15.0 套裝統計軟體將所有樣區的地景組成比例進行主成分分析, 縮減為幾個互為獨立的主成分, 再以此數個主成分納入後續分析, 以消除共線性的問題; 除了保有變數原有的資訊內涵, 且適當地解決地景變數間存在高度線性相關的問題。

鳥類群聚結構及危害鳥種族群密度分析

鳥類群聚結構探討以多變量分析進行, 自變數 (independent variable) 分別為 1. 作物生長時期 (抽穗開花期與乳熟期)、2. 作物類型 (小麥、一作與二作高粱)、3. 地景組成 (經 PCA 分析後所得的主要成分); 鳥類群聚介量則為應變數 (dependent variable) 包括鳥類密度、種豐富度、種歧異度以及個別危害鳥種之密度 (包括八哥、斑文鳥、環頸雉、麻雀、珠頸斑鳩及紅鳩), 具有顯著影響者, 再以 Mann-Whitney *U* test、Kruskal-Wallis One Way ANOVA 檢測個別鳥種於作物生長時期與作物類型的密度差異。又因探討不同半徑的地景組成對鳥類群聚組成的影響, 依空間尺度設置二個模式分別為半徑 300 及 500m。

三、結果

鳥類群聚組成

研究期間於小麥樣區 (n=11) 之鳥類調查共記錄到 27 科 50 種；一作高粱 (n=23) 記錄到 23 科 38 種鳥類；二作高粱 (n=30) 記錄到 26 科 39 種 (附錄二)。小麥、一作高粱與二作高粱抽穗開花期之最優勢鳥種皆為麻雀、八哥、家燕 (*Hirundo rustica*)；乳熟期時，小麥優勢鳥種為麻雀、黃鸝 (*Motacilla flava*)、八哥；一作高粱的優勢鳥種依序為麻雀、八哥、珠頸斑鳩；二作高粱則以八哥最為優勢，麻雀與栗喉蜂虎 (*Merops superciliosus*) 次之。所有個別鳥種之密度請參閱附錄三。

鳥類群聚介量

鳥類密度以二作高粱乳熟期每平方公尺平均 94.1 隻 (94.1±21.8) 最高，一作高粱抽穗開花期平均 19.8 隻 (19.8±5.0) 為最低 (圖 4)；鳥種豐富度以小麥乳熟期平均 17.3 種 (17.3±2.6) 最高，二作高粱抽穗開花期平均 11.3 種 (11.3±1.8) 為最低 (圖 5)；乳熟期的鳥類密度與鳥種豐富度皆高於抽穗開花期。鳥種歧異度以小麥抽穗開花期最高，平均為 2.165 (2.165±0.330)，二作高粱乳熟期平均 1.479 (1.479±0.219) 為最低 (圖 6)；抽穗開花期的鳥種歧異度皆高於乳熟期。

植被結構與鳥類群聚介量的關係

鳥類群聚介量與高粱高度、覆蓋度的相關分析中 (圖 7)，高粱高度與鳥類密度及鳥種豐富度呈顯著正相關 (height vs. density, $r=0.80$, $p<0.01$ 、height vs. richness, $r=0.52$, $p<0.01$)，高粱高度與鳥種歧異度呈顯著負相關 (height vs. diversity, $r=-0.64$, $p<0.01$)；高粱覆蓋度與鳥種歧異度的相關性次之 (coverage vs. diversity, $r=-0.42$, $p<0.01$)；而高粱覆蓋度則與鳥類密度與鳥種豐富度無顯著相關 (coverage vs. density, $r=0.19$, $p>0.05$ 、coverage vs. richness, $r=0.12$, $p>0.05$)。

地景組成分析

本研究分析並計算穿越線及樣點半徑 300 及 500m 內 7 種地景組成比例(森林、農耕地、草地、建成地、道路、裸露地及內陸水體)。在半徑 300m 內，三類作物皆以農耕地的比例為最高，森林次之，其中農耕地比例以二作高粱較高，森林則以小麥較高；道路及建成地組成在二作高粱比例最高；草地、裸露地比例以一作高粱最高；內陸水體所佔比例則以小麥較高(表 2)。以 PCA 分析 7 種地景組成在半徑 300m 內的比較，參考各主成分的 eigenvalue 和 cumulative percentage variance 選擇前 3 項主成分(表 3)，3 項主成分可用來代替原來的 7 個地景變數，且無線性相關。此 3 項主成分與各地景變數的相關性顯示，第 1 主成分(Pri1)與森林($r=0.88$)、農耕地($r=-0.987$)相關性最高，第 2 主成分(Pri2)與道路($r=0.83$)、建成地($r=0.69$)、裸露地($r=-0.66$)最相關，第 3 主成分(Pri3)與草地($r=0.76$)、內陸水體($r=0.656$)最相關(表 4)。

半徑 500m 內的地景組成，三類作物中皆以農耕地的比例為最高，森林次之；道路、建成地比例以二作高粱最高，一作高粱最低；內陸水體、裸露地、草地比例以一作高粱最高(表 5)。經由 PCA 分析，7 種地景變數亦縮減為 3 項主成分(表 6)，第 1 主成分(Pri1)與森林($r=0.86$)、農耕地($r=-0.99$)相關性最高，第 2 主成分(Pri2)與道路($r=-0.73$)、內陸水體($r=0.63$)、裸露地($r=0.56$)最相關，第 3 主成分(Pri3)與建成地($r=-0.75$)、草地($r=0.53$)最相關(表 7)。

不同尺度之鳥類群聚結構分析

半徑 300m

鳥類密度

在半徑 300m 尺度，影響鳥類密度的因子以 GLM 的多變量分析結果發現作物生長時期($p<0.01$)與第 2 地景主成分($p<0.05$)對鳥類密度有顯著影響(表 8)，乳熟期的鳥類密度顯著高於抽穗開花期；且當道路、建成地比例愈高，鳥類密度愈高；

裸露地比例愈高，鳥類密度呈愈低之趨勢。其中，八哥、斑文鳥、麻雀、珠頸斑鳩、大卷尾(*Dicrurus macrocercus*)、小雲雀(*Alauda gulgula*)、棕背伯勞(*Lanius schach*)、黃鶺鴒、褐頭鷓鴣(*Prinia subflava*)、白頭翁(*Pycnonotus sinensis*)在二作高粱乳熟期的密度顯著較高($p<0.05$)。八哥、麻雀、珠頸斑鳩、紅鳩、小雨燕(*Apus affinis*)、金翅雀(*Carduelis sinica*)、鵲鴿(*Copsychus saularis*)、灰頭紅尾伯勞(*L.c.superciliosus*)、白頭翁在一作高粱的乳熟期亦顯著較高($p<0.05$)。灰頭黑臉鷓鴣(*E.s.spodocephala*)、灰頭紅尾伯勞、黃鶺鴒在小麥抽穗開花期與乳熟期的鳥種密度也有顯著差異($p<0.05$)。

鳥種豐富度

檢定結果顯示，僅作物類型與生長時期對鳥種豐富度有顯著影響($p<0.01$) (表9)。鳥類調查在乳熟期平均記錄到 15.7 種顯著高於抽穗開花期的 13.3 種。3 種作物類型中以小麥之鳥種豐富度最高，平均每個樣區可記錄到 16.9 種。僅出現在小麥樣區的鳥類有 18 種，包括大花鵯(*Anthus novaeseelandiae*)、黃頭鷺(*Bubulcus ibis*)、小鵯(*Emberiza pusilla*)、灰頭黑臉鷓鴣、赤喉鵯(*Anthus cervinus*)、燕鴿(*Glareola maldivarum*)、黑臉鷓鴣(*Emberiza spodocephala*)、樹鵯(*Anthus hodgsoni*)、蒼鷺(*Ardea cinerea*)、鷺(*Buteo buteo*)、灰鶺鴒(*Motacilla cinerea*)、白背鵯(*Anthus gustavi*)、褐色鵯(*Anthus rubescens*)、銹鷓鴣(*Emveriaz rutila*)、大白鷺(*Egretta alba*)、中白鷺(*Egretta eulophotes*)、藍磯鶺鴒(*Monticola solitarius*)、綠繡眼(*Zosterops japonica*)；其中，燕鴿、黑臉鷓鴣、樹鵯、蒼鷺、鷺、灰鶺鴒僅出現於抽穗開花期，白背鵯、褐色鵯、銹鷓鴣、大白鷺、中白鷺、藍磯鶺鴒、綠繡眼僅出現於乳熟期。小麥之鳥類群聚組成中，只出現在抽穗開花期的鳥種還包括夜鷺(*Nycticorax nycticorax*)、小白鷺(*Egretta garzetta*)；只出現在乳熟期的有灰頭紅尾伯勞、褐翅鴉鷂(*Centropus sinensis*)、大卷尾、魚鷹(*Pandion haliaetus*)。

池鷺(*Ardeola bacchus*)、斑翡翠(*Ardeola bacchus*)僅出現於一作高粱，且僅於抽穗開花期；一作高粱鳥類群聚組成中，只出現在抽穗開花期的亦包括夜鷺、小

白鷺、蒼翡翠 (*Halcyon smyrnensis*)、翠鳥 (*Alcedo atthis*)；只出現在乳熟期的有玉頸鴉 (*Corvus torquatus*)、小雲雀、魚鷹、黑領椋鳥 (*Sturnus nigricollis*)、噪鵲 (*Eudynamis scolopacea*) 及小桑鵲 (*Saxicola torquata*)。

大葦鶯 (*Acrocephalus orientalis*)、灰椋鳥、灰背椋鳥只出現在二作高粱，且僅在乳熟期出現；二作高粱鳥類群聚中，黃小鶯 (*Ixobrychus sinensis*)、蒼翡翠、翠鳥、白鶺鴒 (*Motacilla alba*) 與田鶺鴒 (*Gallinago gallinago*) 僅出現在抽穗開花期，只出現在乳熟期有紅冠水雞 (*Gallinula chloropus*)、野鴿 (*Columba livia*)、玉頸鴉、黑領椋鳥、小桑鵲與黑喉鵲 (*Saxicola torquata*)。

鳥種歧異度

作物類型與作物生長時期 ($p < 0.01$) 以及第 2 地景主成分對鳥種歧異度有顯著影響 ($p < 0.01$) (表 10)，其中抽穗開花期的鳥種歧異度顯著高於乳熟期，三種作物類型中又以小麥的鳥種歧異度最高；在地景組成部分，道路、建成地組成比例愈高，鳥種歧異度愈低、裸露地比例愈高，鳥種歧異度則愈高。

半徑 500m

鳥類密度

在半徑 500m 尺度，以 GLM 的多變量分析發現作物類型 ($p < 0.05$)、作物生長時期 ($p < 0.01$)、第 2 ($p < 0.05$) 及第 3 地景主成分 ($p < 0.05$) 對鳥類密度有顯著影響 (表 11)。與半徑 300m 尺度的研究差異發現地景組成對鳥類密度的影響顯示，內陸水體、裸露地、草生地的比例愈高，鳥類密度愈低、道路及建成地組成比例愈高，鳥類密度愈高。進一步發現鳥類密度以一作高粱最高，其中，麻雀、珠頸斑鳩、紅鳩、小雨燕、野鴿、金翅雀、大卷尾、黑翅鳶 (*Elanus caeruleus*)、家燕、白頭翁、黃小鶯的密度在一作高粱顯著較高。

鳥種豐富度

在半徑 500m 的分析結果與半徑 300m 相似。作物類型與生長時期對鳥種豐富

度有顯著影響 ($p < 0.01$)，所有地景主成分對鳥種豐富度皆無顯著影響 ($p > 0.05$) (表 12)。

鳥種歧異度

作物類型與作物生長時期 ($p < 0.01$)，以及第 3 地景主成分 ($p < 0.01$) 對鳥種歧異度有顯著影響 (表 13)；顯示建成地組成比例愈高，鳥種歧異度愈低、草生地比例愈高，鳥種歧異度愈高。

不同尺度危害鳥種族群密度分析

探討作物類型、生長時期、樣區半徑 300 及 500m 內的地景組成對危害鳥種密度的影響，其分析結果顯示危害鳥種族群的密度主要受到生長時期與季節作物的影響，不同半徑內的地景組成對不同危害鳥種的影響也不同，分述如下。

半徑 300m

八哥、斑文鳥、麻雀、珠頸斑鳩與紅鳩 (除了環頸雉外) 的族群密度在不同生長時期有顯著差異 ($p < 0.01$)。作物類型之差異對八哥、環頸雉、麻雀、珠頸斑鳩、紅鳩 (除了斑文鳥外) 亦皆有顯著影響 ($p < 0.01$)。第 2 地景主成分對環頸雉、紅鳩、麻雀的密度有顯著影響 ($p_{\text{環頸雉}} < 0.01$, $p_{\text{麻雀}} < 0.01$, $p_{\text{紅鳩}} < 0.05$)，顯示道路、建成地比例愈高，環頸雉、紅鳩的密度就愈低，而麻雀密度則相反；且麻雀密度亦受第 1 主成分顯著影響 ($p < 0.01$)，當森林比例愈高，麻雀密度愈高、農耕地比例愈高，麻雀密度則愈低 (表 14)。

半徑 500m

作物生長時期對八哥、斑文鳥、麻雀、珠頸斑鳩、紅鳩的密度有顯著影響 ($p < 0.01$)。作物類型對八哥、環頸雉，麻雀、珠頸斑鳩與紅鳩的族群密度亦有顯著影響 ($p < 0.01$)。第 2 地景主成分對八哥、珠頸斑鳩之族群密度有顯著影響 ($p < 0.05$)，顯示道路比例愈高，珠頸斑鳩密度愈高、八哥密度愈低；內陸水體、裸露地比例愈高，珠頸斑鳩密度愈低、八哥密度卻愈高 (表 15)。而麻雀密度受所有地景主成分

顯著影響 ($p < 0.01$)，顯示森林、內陸水體比例愈高，麻雀密度愈高；農耕地、建成地、道路比例愈高，麻雀密度愈低。



四、討論

本研究結果發現，作物生長時期（抽穗開花期與乳熟期）與作物類型（小麥、一作與二作高粱）為影響鳥類密度、鳥種豐富度、鳥種歧異度以及部分危害鳥種密度的主要原因；且鳥類密度與歧異度也會受到地景組成的影響，地景組成則對鳥種豐富度沒有影響；而鳥類群聚與棲地環境變化以及地景組成的關係，會因探討的半徑尺度（300m 與 500m）不同有不同的結果。以下分別針對個別影響因子進行討論。

鳥類群聚與作物生長時期的關係

鳥類密度會隨著作物抽穗開花期至乳熟期的變化而增加，以留鳥的密度在不同生長時期最具顯著差異。作物在不同生長期之改變，除了作物之高度與覆蓋度等植被結構的變化外，其種子（或胚乳）愈趨成熟亦增加鳥類對農地食物資源的利用。因此，鳥類組成及族群數量即隨著作物生長變化而改變。

研究結果顯示，八哥、麻雀、斑文鳥、珠頸斑鳩、紅鳩與金翅雀在一作、二作高粱不同生長時期有顯著差異的原因，主要與種子資源的可利用性增加有關。方蕙菁（2007）在嘉南平原進行的農地鳥類群聚研究也指出，食物資源是影響麻雀與斑文鳥在稻作穀粒成熟前期與後期數量呈顯著差異的原因。大多農地鳥類或種食性（granivore）的鳥種與農耕地有特定的關係，主要與種子植物提供鳥類重要的覓食資源有關，通常農地資源密度高的地方會吸引大量鳥類聚集（Wilson *et al.* 1996, Robinson and Sutherland 1999, Berg 2005, Holland *et al.* 2006）。Stephens 等人（2004）的研究也指出大部分種食性農地鳥種對食物資源的聚集反應（aggregative response）相似，一般會避開利用種子（籽）密度較低（ $<200-500$ seeds/m²）的農耕地；燕雀目（passerine）鳥類也會選擇種子密度高的農耕地覓食，尤其是在草生地景中的農耕地，因提供鳥類額外的食物資源，會吸引更多的鳥類（Parish and Sotherton 2008）。然而，方蕙菁（2007）研究指出珠頸斑鳩與紅鳩在稻作穀粒成熟前期與後期無顯著

差異，與本研究的發現不同，推測農耕地環境不同是影響差異的原因，嘉南平原稻田中沒有田埂不適於珠頸斑鳩與紅鳩利用該棲地，而金門高粱作物行列間具有空隙有利鳩類進入作物田取食。

大卷尾、小雲雀、棕背伯勞、灰頭紅尾伯勞、褐頭鷓鴣、白頭翁、栗喉蜂虎等蟲食性鳥種在乳熟期的密度顯著較高。Bridle 等人 (2009) 研究即指出小型、移動性低的生物群容易受到農耕地內微棲地環境及植被結構變化的影響，隨著作物愈趨成熟會吸引種類及數量豐富的昆蟲與無脊椎動物，昆蟲資源的可及性即間接影響蟲食性鳥種的密度與豐富度。因此，食物資源類別（種子與昆蟲）可利用之狀況、數量以及分布為影響鳥類選擇棲地重要之考量因子。然而，本研究有關昆蟲與無脊椎動物的部分則需要進一步調查。

高粱高度與覆蓋度自抽穗開花期至乳熟期大致隨作物成熟遞增，代表高粱作物高度愈高，枝葉結構愈茂密。研究也發現，鳥類密度、鳥種豐富度與高粱高度呈顯著正相關，而鳥種歧異度與高粱高度、覆蓋度呈負相關。一般而言，植群水平與垂直的層次結構會直接影響鳥類對棲枝、營巢地以及躲避天敵的空間需求，並與食物資源的多樣性、可獲取性及可見性有間接的關係 (Benton *et al.* 2003, Wilson *et al.* 2005)。因此，作物植被結構變化造成微棲地環境的改變，即會影響偏好於農耕地棲息的鳥種，例如紅冠水雞與小雲雀在高粱乳熟期的族群密度較高，即因紅冠水雞普遍活動於有水域的棲地，活動棲息地或領域棲息地需有植群高度足夠的植被作為逃離危險時之掩蔽 (Forman and Brain 2004)；小雲雀也會選擇植群密度較高地方活動，一旦被捕食者發現，植群即有利於掩護鳥類個體 (Chamberlain *et al.* 1999)，但是也有研究指出小雲雀偏好選擇植被結構稀疏的平坦開闊地築巢與覓食，以利於提早偵測到捕食者 (Galbraith 1988, Henderson *et al.* 2000)。

本研究亦發現，黃鵪鶉的族群密度在二作高粱乳熟期顯著較高，與其秋過境有關；在小麥乳熟期顯著較高的原因則與其剛好春過境有關。因此，個別鳥種的遷徙習性亦為影響作物不同生長時期鳥類群聚變化的原因。

作物類型與鳥類群聚的關係

金門的小麥以撒播方式密植，平均高度為85-90cm；而一作與二作高粱以人工條播及機械配帶式播種兩種方法為主，栽培密度為行距50cm、株距10cm，植株間具有明顯空隙，其平均高度為130cm（金門農業試驗所

<http://web.kinmen.gov.tw/371022600g/>）。研究結果顯示，八哥、麻雀、珠頸斑鳩、斑文鳥、金翅雀以及小桑鵲等鳥種在高粱的族群密度顯著高於小麥，可能與作物的高度、密度有關。危害鳥種大多在作物表面覓食，作物植株高度高，食物資源相對較明顯。Sato和Maruyama（1996）以及Maeda（2001）指出作物植群間的空隙（gaps）有利鳥類進入取食或蟲食性鳥種覓食昆蟲，而對體型較大的鳥種也相當重要。

Moorcroft等人（2002）則指出冬天農耕地內殘株的種子豐富度與作物植群間空隙的可利用性，對赤胸朱頂雀（*Carduelis cannabina*）與其他種食性燕雀目鳥類的棲地選擇同等重要。一般而言，在農耕地築巢與覓食的鳥種對於作物的植群高度與密度、植群結構多樣性會有不同偏好，而鳥類覓食的效率會受植群結構的影響，植群密度高會妨礙鳥類移動覓食，鳥類取得食物與搜尋食物資源的效率即會降低（Wilson *et al.* 2005）。例如棕背伯勞覓食活動範圍和草本層植被的密度和高度有關，草本層密度及高度偏高時，伯勞搜尋食物的能力和獵食的成功率會下降（Mills 1979, Yosef and Grubb 1993），Chabot等人（2001）、Esely和Bollinger（2001）與Hernández（1994）的研究也指出，伯勞偏好有一定數量棲枝的植被類型。因此，棲枝密度太低或植被覆蓋度太高的棲地，都不適合伯勞利用。對於本研究樣區內的棕背伯勞而言，小麥雖然高度較低矮但作物密度較高且不適於站立，可能因此較不適合棕背伯勞利用。

研究亦發現，小麥田的鳥種豐富度顯著高於一作與二作高粱。只出現在小麥樣區的18種鳥種中，除了綠繡眼為留鳥外，其他的17種包括春過境的白背鸚、褐色鸚、鏤鸚、赤喉鸚、小鸚、燕鴿，冬候鳥的鷺、大花鸚、灰頭黑臉鸚、蒼鷺、樹鸚、黑臉鸚、灰鵲、黃頭鷺、大白鷺、中白鷺、藍磯鸚皆於特定的月份在金門度冬或過境；而池鷺僅出現在一作高粱，大葦鷺、灰椋鳥與灰背椋鳥只出現在二作高粱，皆

與個別鳥種遷徙習性受季節及生態需求的影響有關。因此，遷徙性鳥種在不同作物類型的變化，受到季節之影響較大，與作物類型較無關。Bennett等人（2006）亦指出農耕地環境在時間尺度上的動態變化會影響資源的空間分布，遷徙性鳥種受到季節的影響，因而季節性循環的輪作作物即間接影響鳥類群聚組成。Lokemon和Beiser（1997）則發現在農耕地出現的鳥類在季節上會有種類及數量上的差異，主要與耕作方式以及作物不同有關，休耕的農耕地在春季及夏季會有較高的鳥類密度，與其保有較高的植物覆蓋度以及鳥類所需的各樣食物來源有關。

除了季節因素外，具有相似生態習性與棲地需求的鳥種，例如小雲雀、花嘴鴨（*Anas poecilorhyncha*）、環頸雉在小麥田的族群密度較高，可能與小麥田附近（樣區半徑50m外）的小麥已收割有關（留有殘株），這些鳥種皆喜於開闊地活動，且於地面啄食無脊椎動物或雜食（梁皆得 2008），可能因此吸引較多數量。以空中掃掠無脊椎動物為食的鳥種例如家燕與小雨燕，以無脊椎動物為食的大卷尾、白頭翁，主要出現在一作高粱，顯示不同作物類型具有不同環境特性，不同覓食行為之鳥種對其棲地亦會有所選擇。研究也發現，紅鳩在一作高粱的族群密度顯著高於二作高粱。紅鳩在金門地區為近年入侵之留鳥，族群數量雖稀少（廖東坤 2007），但於一作高粱樣區有穩定的族群數量，推測與其大量聚集於一作高粱樣區附近的棲地有關。此外，氣候亦會影響鳥類群聚組成，小麥作物之季節較易下雨與起霧，因而雨後、露水較濃或起霧的環境通常會吸引水鳥出現，例如夜鷺、田鷗、小白鷺等鳥種。

地景組成與鳥類群聚的關係

研究發現地景組成對鳥種豐富度沒有影響，建成地與道路為影響鳥類密度主要的地景類型。建成地與道路可視為人為干擾或都市化的結果，都市化程度提高通常會導致生物物種組成結構的改變，提高部分鳥種的族群密度（Beissinger and Osborne 1982, Blair 1996）。本研究不論在半徑300或500m的尺度，建成地與道路組成皆與鳥類密度呈正相關，建成地組成類別中如住宅、學校、垃圾掩埋場等之建築用地、灌

溉排水之水工設施等可能提供鳥類額外的食物資源與棲息地有關；Vepsäläinen等人（2005）亦指出建築物可提供鳥類鳴唱之位置以利於建立領域；而農田地景中道路邊緣的帶狀植群也會吸引較多鳥類覓食與棲息，以及提供鳥類重要的庇護棲地（Fulton *et al.* 2008, Arnold and Weeldenburg 1990），Fulton等人（2008）則認為道路會增加鳥種遷徙的障礙以及增加車禍致死率，有些鳥種也會因邊緣增加而提高巢的被捕食率，因而影響鳥類棲地選擇（Wallander *et al.* 2006）。

此外，研究結果也發現，不論在半徑300或500m尺度，建成地比例與麻雀密度呈正相關，顯示建築物能提供麻雀聚棲、休息，而主要的食物來源仍在鄰近的農耕地，鄰近農耕地內若有建物鳥類危害情形會越嚴重。洪士程（2003）的研究也指出，稻田旁若有農舍則稻田受麻雀危害的情形較嚴重，但其他危害鳥種並無發現類似的結果，並推測這可能與不同鳥種對人為干擾耐受性（tolerance）不一的結果有關，或是生物在改變的環境中，逐漸演變出不同的行為或改變原有鳥種習性（食性、築巢位置或遷徙性）以適應其環境變化（Marsden and Symes 2008）。而不同物種的生活史和散佈能力（dispersal ability）不同，對不同地景變化的反應亦不同（With and King 1999），例如圃鴉（*Emberiza hortulana*）的密度與農村建築物呈正相關，與其棲地需求及領域性建立有關（Vepsäläinen *et al.* 2005）；而小斑鴿的密度與農村建築物呈負相關，極少出現於人工建築或農地邊緣的棲地，以降低巢被掠食的風險（Wallander *et al.* 2006）。

其他的地景組成如河道、人工湖等水域環境亦會提高鳥類密度，例如偏好水域性的陸域鳥種白腹秧雞、紅冠水雞、翠鳥、蒼翡翠與斑翡翠等以及鷺科（Ardeidae）鳥種的出現皆與內陸水體組成有關。栗喉蜂虎因水域環境為其食物來源—蜻蜓的主要棲息環境（王力平 2003），因此可能會影響栗喉蜂虎的棲地選擇。許多研究也指出，水體對於一些涉禽及蟲食性的燕雀目鳥類而言，擁有較豐富多樣無脊椎動物而提供一個合適的覓食棲地（Berg and Pärt 1994, Williams *et al.* 2003, Longcore *et al.* 2006）。研究發現森林與農耕地組成對麻雀的族群密度亦有顯著影響，顯示森林可提

供鳥類不同需求的棲息環境，或增加食物資源的豐富度 (Heikkinen *et al.* 2004)；而樣區周圍之農耕地組成較低時，代表可利用的食物資源相對較少，因此會影響麻雀的棲地選擇。Freemark和Kirk (2001) 研究加拿大安大略 (Ontario) 的農地鳥類群聚，則發現農地面積越大地景組成越單一，鳥種豐富度越低。本研究也發現，農耕地景中或附近有反空降樁、電桿或電線有利於鳥類棲息，常見鳥種包括大卷尾、麻雀、八哥、珠頸斑鳩、紅鳩、棕背伯勞與栗喉蜂虎，鴛與黑翅鳶等猛禽也都會使用反空降樁。

尺度和限制

本研究由小至大之空間尺度探討鳥類群聚組成與農地樣區內作物生長時期變化、作物類型差異以及樣區外地景組成之關係。研究結果顯示鳥類之棲地選擇與棲地利用是多尺度現象，鳥類群聚組成不僅受到農耕地內環境變化之影響，周邊地景組成也會影響。而不論以半徑 300 或 500m 探討，鳥類群聚與環境的關係皆與個別鳥種的領域行為、活動範圍、散佈距離、繁殖習性或棲地偏好有很大的關係 (Vickery *et al.* 2009)。有關空間尺度與生態研究之分析，特定的半徑在生物學上所代表的意義、特定半徑對特定鳥種是否存有不同意義等相關資訊皆須考量。江彥政和張俊彥 (2004)，以半徑 250m 探討景觀生態結構與鳥類族群關係的原因即認為此範圍 (250m) 與鳥類族群的生活圈 (228m) 最為接近，Schifferli (2001) 認為許多燕雀目鳥類育雛期平均的覓食距離約為 100m，遂以此距離為測量半徑探討鳥類群聚與環境的關係。因此，尺度選取仍須視研究目的與問題進一步探討。

農田地景生物多樣之保存 (preservation) 與復原 (restoration) 為二十一世紀迫切的保育議題 (Bennett *et al.* 2006)。以多尺度探討農田鑲嵌地景隨時間尺度的動態變化以及空間變異與鳥類群聚及個別鳥種的關係，有助於農地經營管理決策以及設計鳥類棲地經營管理及保育策略，因此，了解多尺度的鳥類棲地利用有利於維持農地鳥類多樣性。本研究以金門島為樣區，探討鳥類群聚、危害鳥種與作物類型、

生長時期及地景組成的關係，結果發現作物種類隨季節而變化，造成二者會同時影響鳥類群聚結構，作物生長時期則是影響鳥類數量變化的主要原因，而地景組成的影響相對較低，但若能進一步分析探討地景結構（例如地景形狀、大小、地景隔離度與連結度）與地景多樣性對鳥類群聚組成的影響，或是將地景組成劃分為更精細的地景類別以進行探討，將有助於對金門農耕地區鳥類群聚與環境關係有更多的了解。



五、引用文獻

- 丁宗蘇。1993。玉山地區成熟林之鳥類群聚生態。台灣大學碩士論文。
- 方蕙菁。2007。嘉南平原稻作區的鳥類群聚與鳥害探討。嘉義大學碩士論文。
- 王力平。2003。金門栗喉蜂虎 (*Merops philippinus*) 營巢地選擇與繁殖生物學研究。台灣大學碩士論文。
- 江彥政、張俊彥。2004。景觀生態中塊區結構指數與鳥類物種歧異度相關性之研究。興大園藝 29：94-110。
- 邱祈榮。2009。金門地區森林健康監測計畫。金門縣政府林務局委託研究報告。
- 洪士程。2003。植物保護圖鑑系列8—水稻保護。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。p 200-204。
- 袁孝維。2007。金門鳥類對農業產業之影響及因應對策之研究。金門國家公園管理處委託研究報告。
- 梁皆得。2008。觀鳥金門。金門縣政府。
- 許富雄。2001。鳥類資源的調查方法。特有生物研究 3：81-90。
- 許皓捷。1994。台灣中海拔山區森林鳥類群聚結構與環境因子之關係。台灣大學碩士論文。
- 許皓捷。2003。台灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。台灣大學博士論文。
- 郭城孟、陳尊賢。2002。金門國家公園土壤調查分析及植生適應性研究。內政部營建署金門國家公園管理處。
- 黃光瀛。1997。浯洲飛羽。金門縣政府。
- 楊婉如。2005。金門島地景變遷監測與分析—1995、2000、2001年。台灣大學碩士論文。
- 廖東坤。2007。風中之舞。內政部營建署金門國家公園管理處。
- 劉小如。1999。金門國家公園鳥類生態記錄研究。內政部營建署金門國家公園管理處。

- 黎明儀。2004。應用衛星影像於金門島土地覆蓋圖繪製。台灣大學碩士論文。
- Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscape with different proportions of suitable habitat- a review. *Oikos* 71:355-366.
- Arnold, G. W., and J. R. Weeldenburg. 1990. Factors determining the number and species of birds in road verges in the wheatbelt of Western Australia. *Biological Conservation* 53:295-315.
- Beissinger, S. R., and D. R. Osborne. 1982. Effects of urbanization on avian community organization. *Condor* 84:75-83.
- Bennett, A. F., J. Q. Radford, and A. Haslem. 2006. Properties of land mosaics: implications for nature conservation in agriculture environments. *Biological Conservation* 133:250-264.
- Benton, T. G., J. A. Vickery, and J. D. Wilson. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18:182-188.
- Berg, Å. 1993. Food resources and foraging success of Curlews (*Numenius arquata*) in different farmland habitats. *Ornis Fennica* 70:22-31.
- Berg, Å. 2002. Composition and diversity of bird communities in Swedish farmland-forest mosaic landscapes. *Bird Study* 49:153-165.
- Berg, Å. 2005. Preferences for different arable field types among breeding farmland birds- a review. *Ornis Svecica* 15:31-42.
- Berg, Å., and T. Pärt. 1994. Abundance of breeding farmland birds on arable and set-aside fields at forest edges. *Ecography* 17:147-152.
- Blair, R. B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications* 6:506-519.
- Böhning-Gaese, K. 1997. Determinants of avian species richness at different spatial scales. *Journal of Biogeography* 24:49-60.

- Bridle, K., M. Fitzgerald, D. Green, J. Smith, P. McQuillan, and T. Lefroy. 2009. Relationships between site characteristics, farming system and biodiversity on Australian mixed farms. *Animal Production Science* 49:869-882.
- Brotons, L., A. Wolff, G. Paulus, and J.-L. Martin. 2005. Effect of adjacent agricultural habitat on the distribution of passerines in natural grasslands. *Biological Conservation* 124:407-414.
- Caughley, G., and A. R. E. Sinclair. 1994. *Wildlife ecology and management*. Blackwell Scientific Publication. Oxford.
- Chabot, A. A., R. D. Titman, and D. M. Brid. 2001. Habitat use by loggerhead shrikes in Ontario and Quebec. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 79:916-925.
- Chamberlain, A. M., A. M. Wilson, S. J. Browne, and J. A. Vickery. 1999. Effects of habitat type and management on the abundance of skylarks in the breeding season. *Journal of Applied Ecology* 36:856-870.
- Clergeau, P., J. Jokimäki, and J.-P. L. Savard. 2001. Are urban bird communities influenced by the bird diversity of adjacent landscapes? *Journal of Applied Ecology* 38:1122-1134.
- Cliff, A. D., and J. K. Ord. 1973. *Spatial autocorrelation*. Pion, London.
- Cushman, S. A., and K. McGarigal. 2002. Hierarchical, multi-scale decomposition of species-environment relationships. *Landscape Ecology* 17:637-646.
- Esely, J. D., and E. K. Bollinger. 2001. Habitat selection and reproductive success of Loggerhead Shrikes in northwest Missouri: A hierarchical approach. *Wilson Bulletin* 113:290-296.
- Forman, D. W., and P. F. Brain. 2004. Reproductive strategies used by moorhens (*Gallinula chloropus*) colonizing an artificial wetland habitat in south Wales.

- Journal of Natural History 8:389-401.
- Forman, R. 1995. Some general-principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* 10:133-142.
- Freemark, K. E., and D. A. Kirk. 2001. Birds on organic and conventional farms in Ontario: partitioning effects of habitat and practices on species composition and abundance. *Biological Conservation* 101:337-350.
- Fulton, G. R., M. Smith, C. M. Na, and S. Takahashi. 2008. Road ecology from a road-side assemblage of forest birds in south-western Australia. *Ornithological Science* 7:45-57.
- Galbraith, H. 1988. Effects of agriculture on the breeding ecology of hapwings *Vanellus vanellus*. *Journal of Applied Ecology* 25:487-503.
- Grand, J., and S. A. Cushman. 2003. A multi-scale analysis of species-environment relationships breeding birds in pitch pine-scrub oak (*Pinus rigida-Quercus ilicifolia*) community. *Biological Conservation* 112:307-317.
- Heikkinen, R. K, M. Luoto, R. Virkkala, and K. Rainio. 2004. Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agriculture-forest mosaic. *Journal of Applied Ecology* 41:824-835.
- Henderson, I. G., J. Cooper, R. J. Fuller, and J. A. Vickery. 2000. The relative abundance of birds on set-aside and neighbouring fields in summer. *Journal of Applied Ecology* 37:335-347.
- Hernández, A. 1994. Selective predation by Northern Shrikes on small mammals in a natural environment. *Journal of Field Ornithology* 66:236-246.
- Herzon, I., and R. B. O'Hara. 2007. Effects of landscape complexity on farmland birds in the Baltic States. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118:297-306.
- Hinsley, S. A., and P. E. Bellamy. 2000. The influence of hedge structure, management

- and landscape context on the value of hedgerows to birds: A review. *Journal of Environmental Management* 60:33-49.
- Holland, J. M., M. A. S. Hutchison, B. Smith, and N. J. Aebischer. 2006. A review of invertebrates and seed-bearing plants as food for farmland birds in Europe. *Annals of applied biology* 148:49-71.
- Hutto, R. L. 1985. Habitat selection by nonbreeding migratory land birds. *Condor* 86:19-26.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61:65-71.
- Jones, J. 2001. Habitat selection studies in avian ecology: A critical review. *Auk* 118: 557-562.
- Legendre, P. 1993. Spatial autocorrelation: Trouble or new paradigm? *Ecology* 74:1659-1673.
- Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73:1943-1967.
- Lokemoen, J. T., and J. A. Beiser. 1997. Bird use and nesting in conventional, minimum-tillage, and organic cropland. *Journal of Wildlife and management* 61:644-655.
- Longcore, J. R., D. G. McAuley, G. W. Pendelton, C. R. Bennett, T. M. Mingo, and K. L. Stromborg. 2006. Macroinvertebrate abundance, water chemistry, and wetland characteristics affect use of wetlands by avian species in Maine. *Hydrobiologia* 567: 143-167.
- Maeda, T. 2001. Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan. *Ecological Research* 16:569-585.
- Marsden, S. J., and C. T. Symes. 2008. Bird richness and composition along an agricultural gradient in New Guinea: The influence of land use, habitat

- heterogeneity and proximity to intact forest. *Austral Ecology* 33:784-793.
- Mills, G. S. 1979. Foraging patterns of kestrels and shrikes and relation to an optimal foraging model. Ph.D. dissertation. University of Arizona. Tucson, AZ.
- Moonen, A. C., and E. J. P. Marshall. 2001. The influence of sown margin strips, management and boundary structure on herbaceous field margin vegetation in two neighbouring farms in southern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 86:187-202.
- Moorcroft, D., M. J. Whittingham, R. B. Bradbury, and J. D. Wilson. 2002. The selection of stubble fields by wintering granivorous passerine birds reflects vegetation cover and food abundance. *Journal of Applied Ecology* 39:535-547.
- Newton, I. 2004. The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. *Auk* 146:579-600.
- O'Connor, R. J., and M. Shrubbs. 1986. *Farming and Birds*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Parish, D. M. B., and N. W. Sotherton. 2008. Landscape-dependent use of a seed-rich habitat by farmland passerines: relative importance of game cover crops in a grassland versus an arable region of Scotland. *Bird Study* 55:118-123.
- Pierluissi, S. 2006. Breeding waterbird use of rice fields in southwestern Louisiana. Master thesis. University of Illinois. Baton Rouge, USA.
- Piha, M., J. Tiainen, J. Holopainen, and V. Vepsäläinen. 2007. Effects of land-use and landscape characteristics on avian diversity and abundance in a boreal agricultural landscape with organic and conventional farms. *Biological Conservation* 140:50-61.
- Reif, J., P. Vofříšek, K. Štastný, V. Bejček, and J. Petr. 2008. Agricultural intensification and farmland birds: new insights from a central European country. *Ibis* 150:596-605.
- Robinson, R. A., and W. J. Sutherland. 1999. The winter distribution of seed-eating birds:

- habitat structure, seed density and seasonal depletion. *Ecography* 22:447-454.
- Sato, N., and N. Maruyama. 1996. Foraging site preference of intermediate egrets *Egretta intermedia* during the breeding season in the eastern part of the Kanto Plain, Japan. *Journal of Yamashina Institute for Ornithology* 28:19-34.
- Schifferli, L. 2001. Bird breeding in a changing farmland. *Acta Ornithology* 36:35-51.
- Skowno, A. L., and W. J. Bond. 2003. Bird community composition in an actively managed savanna reserve, importance of vegetation structure and vegetation composition. *Biodiversity and Conservation* 12:2279-2294.
- Stephens, P. A., R. P. Freckleton, A. R. Watkins, and W. J. Sutherland. 2004. Predicting the response of farmland bird populations to changing food supplies. *Journal of Applied Ecology* 40:970-983.
- Stephens, S. E., D. N. Koons, J. J. Rotella, and D. W. Willey. 2003. Effects of habitat fragmentation on avian nesting success: a review of the evidence at multiple spatial scales. *Biological Conservation* 115:101-110.
- Tourenq, C., S. Nicolas, B. Nicolas, M. Francois, and J.-L. Martin. 2003. Effects of cropping practices on the use of rice fields by waterbirds in the Comargue, France. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95:543-549.
- Tworek, S. 2002. Different bird strategies and their responses to habitat changes in an agricultural landscape. *Ecological Research* 17:339-359.
- Vepsäläinen, V., T. Pakkala, M. Piha, and J. Tiainen. 2005. Population crash of the ortolan bunting *Emberiza hortulana* in agricultural landscapes of southern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 42:91-107.
- Vickery, J. A., R. E. Feber, and R. J. Fuller. 2009. Arable field margins managed for biodiversity conservation: A review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133:1-13.

- Virkkala, R., M. Luoto, and K. Rainio. 2004. Effects of landscape composition on farmland and red-listed birds in boreal agricultural-forest mosaics. *Ecography* 27:273-284.
- Wallander, J., D. Isaksson, and T. Lenberg. 2006. Wader nest distribution and predation in relation to man-made structures on coastal pastures. *Biological Conservation* 132:343-350.
- Wiens, J. A. 1989a. *The ecology of bird communities, Volume I: foundations and patterns*. Cambridge University Press. New York, NY.
- Wiens, J. A. 1989b. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology* 3:385-397.
- Williams, P., M. Whitfield, J. Biggs, S. Bray, G. Fox, P. Nicolet, and D. Sear. 2003. Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biological Conservation* 115:329-341.
- Wilson, J. D., M. J. Whittingham, and R. B. Bradbury. 2005. The management of crop structure: a general approach to reversing the impacts of agricultural intensification on birds? *Ibis* 147:453-463.
- Wilson, J. D., R. Taylor, and L. B. Muirhead. 1996. Field use by farmland birds in winter: an analysis of field type preferences using resampling methods. *Bird Study* 43: 320-332.
- With, K. A., and A. W. King. 1999. Extinction thresholds for species in fractal landscapes. *Conservation Biology* 13:314-326.
- Wretenberg, J. 2006. *The decline of farmland birds in Sweden*. Doctor's dissertation. University of Agricultural Science. Swedish.
- Yosef, R., and J. T. C. Grubb. 1993. Effect of vegetation height on hunting behavior and diet of Loggerhead Shrikes. *Condor* 95:127-131.

表1、金門土地利用類型，參考自邱祈榮（2009）

地景類別	土地利用類型	定義
農耕地	旱作	指從事稻米栽植
	農業其他	除上述各項農業用地外之農用土地，如水產養殖、畜牧等。蓄水池
森林	松類林型	人工松樹造林
	人針闊混	人工針葉及闊葉樹林混合造林
	相思樹造林	人工相思樹造林
	楓香造林	人工楓香造林
	樟樹造林	人工樟樹造林
	光臘樹造林	人工光臘樹造林
	其他闊造林	其他人工闊葉樹造林
	人闊混	人工闊葉混合造林
	桂竹造林	人工桂竹造林
	人竹針混	人工竹林針葉混合造林
人竹闊混	人工竹林闊葉混合造林	
公路		國道、省道、縣道等及一般路寬>5m之道路
內陸水體	河道	指河川、溪、運河等水流經過之區域。
	人工湖	係指作為水源使用者之人工湖泊，形狀整齊，有輸水幹管等相關設施。
草生地		從未栽植農作物及林木之草生荒地
灌叢		灌木雜生之荒地
裸露地	裸露地	包括灘地、崩塌地及礁岩等以及海灘
	災害地	指已發生災害地區，包括因海水倒灌、土壤污染等無法再利用之土地
建成地	建地	包括商業、住宅、工業、及其他建築用地，公共設施使用含機關團體、學校、醫療、福利、公共與環保設施等以及垃圾掩埋場
	水工設施	灌溉、排水、堤防消波塊等設施、堤防
	軍事用地	指軍事設施、軍用港口、軍事院校、軍事機場等軍事機關
	其他	除上述使用類別外之土地以及墓地、停車場

表 2、小麥、一作高粱與二作高粱各樣區半徑 300m 內之地景組成比例，各地景變數平均值 (mean) 與標準差 (SD)

樣區		小麥 (n=11)	一作高粱 (n=23)	二作高粱 (n=30)
		mean ± SD	mean ± SD	mean ± SD
地景覆蓋類型 (%)	森林	17.29 ± 16.02	14.31 ± 9.83	10.94 ± 9.15
	農耕地	73.40 ± 16.44	73.72 ± 14.17	75.99 ± 13.67
	道路	4.16 ± 1.42	2.97 ± 1.21	5.38 ± 0.96
	內陸水體	0.65 ± 1.18	0.20 ± 0.53	0.27 ± 0.37
	建成地	3.13 ± 3.21	3.06 ± 5.69	5.01 ± 5.18
	草生地	0.18 ± 0.31	1.04 ± 1.48	0.99 ± 2.52
	裸露地	1.20 ± 1.20	4.70 ± 7.98	1.43 ± 2.36



表 3、利用主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 小麥、一作高粱與二作高粱各樣區半徑 300m 內的地景組成比例，將原始 7 個地景變數分析萃取出 3 個主成分的變異解釋

Principal Component	Initial Eigenvalues ¹⁾	Percentage variance (%) ²⁾	Cumulative percentage variance (%) ³⁾
1	2.192	31.317	31.317
2	1.610	23.007	54.323
3	1.081	15.437	69.760
4	0.915	13.071	82.831
5	0.681	9.723	92.554
6	0.521	7.446	100.000
7	0.000	0.000	100.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.

- 1) Initial Eigenvalues 初始特徵值，為每一成分 (component) 解釋原變數的變異量。
- 2) Percentage Variance (%) 百分比變異，為已被解釋的變異對總變異的百分比。
- 3) Cumulative percentage variance (%) 累積百分比，為百分比變異的累積。特徵值大於 1 才被選取。

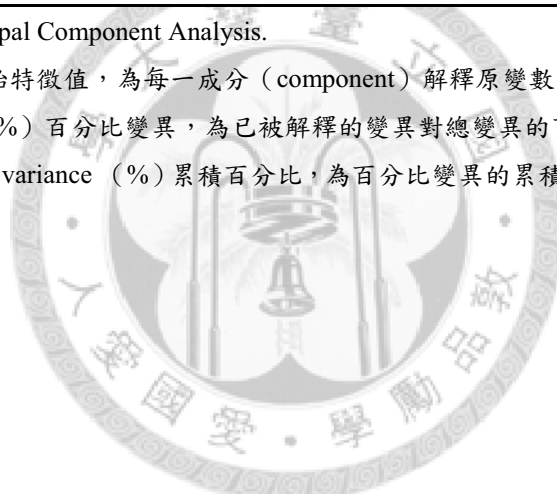


表 4、以主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 小麥、一作高粱與二作高粱樣區半徑 300m 內之地景組成比例後所得的 3 個主成分，與原始 7 種地景變數的皮爾森相關係數 (Pearson correlation coefficients)

variable	Component ¹⁾		
	Pri1	Pri2	Pri3
森林	0.877* ²⁾	-0.006	0.070
農耕地	-0.987*	-0.090	-0.066
道路	-0.103	0.830*	0.013
內陸水體	-0.222	-0.085	0.656*
建成地	0.391	0.685*	-0.154
草生地	0.212	0.030	0.764*
裸露地	0.439	-0.660*	-0.185

Extraction Method: Principal Component Analysis.

1) 3 components extracted.

2) *代表各個成分 (component) 與其關係較密切的地景變數 (variable)



表 5、小麥、一作高粱與二作高粱各樣區半徑 500m 內之各地景組成比例，各地景變

數平均值 (mean) 與標準差 (SD)

樣區	小麥 (n=11)	一作高粱 (n=23)	二作高粱 (n=30)	
	mean ± SD	mean ± SD	mean ± SD	
地景覆蓋類型 (%)	森林	23.82 ± 13.93	17.71 ± 9.46	14.76 ± 9.21
	農耕地	63.06 ± 14.87	64.04 ± 13.03	68.79 ± 15.21
	道路	4.26 ± 1.14	3.15 ± 1.50	5.26 ± 0.65
	內陸水體	0.59 ± 0.91	0.76 ± 1.44	0.31 ± 0.26
	建成地	5.15 ± 3.74	4.65 ± 5.73	7.36 ± 6.56
	草生地	0.52 ± 0.38	1.67 ± 2.04	1.19 ± 2.16
	裸露地	2.60 ± 2.28	8.02 ± 8.46	2.33 ± 2.65

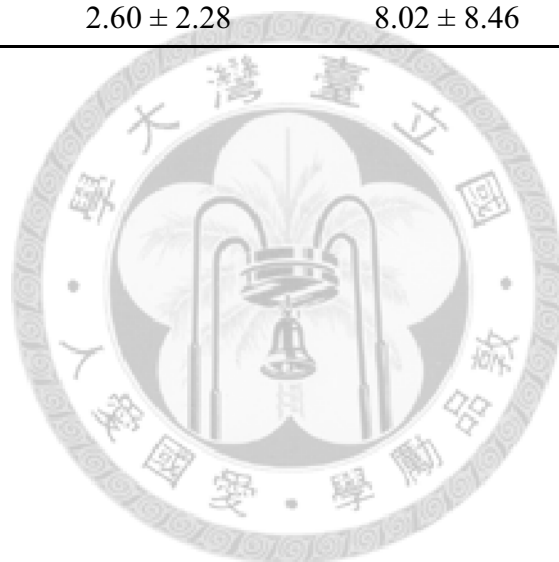


表 6、利用主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 小麥、一作高粱與二作高粱樣區半徑 500m 內的地景組成比例，將原始 7 個地景變數分析萃取出 3 個主成分的變異解釋

Principal Component	Initial Eigenvalues ¹⁾	Percentage variance (%) ²⁾	Cumulative percentage variance (%) ³⁾
1	2.217	31.667	31.667
2	1.369	19.552	51.219
3	1.202	17.175	68.394
4	0.889	12.706	81.100
5	0.738	10.536	91.637
6	0.585	8.363	100.000
7	0.000	0.000	100.000

Extraction Method: Principal Component Analysis.

- 1) Initial Eigenvalues 初始特徵值，為每一成分 (component) 所解釋原變數的變異量
- 2) Percentage Variance (%) 百分比變異，為已被解釋的變異對總變異的百分比
- 3) Cumulative percentage variance (%) 累積百分比，為百分比變異的累積。特徵值大於 1 才被選取

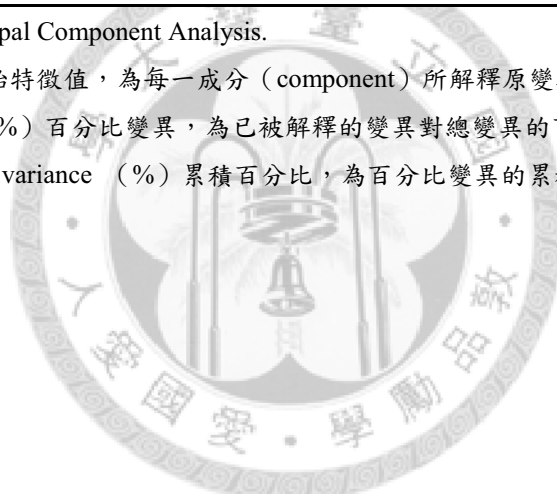


表 7、以主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 小麥、一作高粱與二作高粱樣區半徑 500m 內之地景組成比例後所得的 3 個主成分，與原始 7 種地景變數的皮爾森相關係數 (Pearson correlation coefficients)

variable	Component ¹⁾		
	Pri1	Pri2	Pri3
森林	0.858* ²⁾	-0.064	-0.018
農耕地	-0.990*	0.062	0.024
道路	0.039	-0.726*	0.103
內陸水體	0.123	0.634*	-0.074
建成地	0.475	-0.032	-0.749*
草生地	0.352	-0.346	0.583*
裸露地	0.365	0.556*	0.533

1) 3 components extracted.

2) *代表為各個成分 (component) 與其關係較密切的地景變數 (variable)



表 8、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 300m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對鳥類密度 (density) 的結果

Parameter ²⁾	DF	Mean Square	F Value	Pr>F
Pri1 ¹⁾	1	555.40	1.21	0.2733
Pri2	1	1995.81	4.35	0.0391
Pri3	1	495.66	1.08	0.3006
Crop	2	2386.96	2.60	0.0783
Stage	1	146609.09	319.64	<.0001

R Squared = .733

1) Pri1, Pri2, Pri3 為利用主成分分析樣區半徑 300m 內之地景組成比例，從 7 種地景組成變數中萃取轉換出 3 個新的地景主成分

2) 此迴歸模式以小麥的乳熟期為基準組，其截距項 (intercept) 為 79.28，各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=2.13$ 、 $\beta_{Pri2}=4.73$ 、 $\beta_{Pri3}=-1.98$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=12.80$ 、 $\beta_{二作高粱}=9.64$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-67.69$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$



表 9、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 300m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對種豐富度 (species richness) 的結果

Parameter ²⁾	DF	Mean Square	F Value	Pr>F
Pri1 ¹⁾	1	0.89	0.20	0.6574
Pri2	1	6.15	1.37	0.2440
Pri3	1	2.31	0.52	0.4740
Crop	2	130.46	29.09	<.0001
Stage	1	185.28	41.32	<.0001

R Squared = .473

1) Pri1, Pri2, Pri3 為利用主成分分析樣區半徑 300m 內之地景組成比例，從 7 種地景組成變數中萃取轉換出 3 個新的地景主成分

2) 此迴歸模式以小麥的乳熟期為基準組，其截距項 (intercept) 為 18.08，各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1} = -0.08$ 、 $\beta_{Pri2} = -0.26$ 、 $\beta_{Pri3} = 0.14$ 、 $\beta_{小麥} = 0.00$ 、 $\beta_{一作高粱} = -3.13$ 、 $\beta_{二作高粱} = -4.10$ 、 $\beta_{抽穗開花期} = -2.41$ 、 $\beta_{乳熟期} = 0.00$



表 10、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 300m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對種歧異度 (Shannon-Wiener's index) 的結果

Parameter ²⁾	DF	Mean Square	F Value	Pr>F
Pri1 ¹⁾	1	0.21	2.73	0.1010
Pri2	1	1.09	14.14	0.0003
Pri3	1	0.20	2.61	0.1089
Crop	2	1.04	13.51	<.0001
Stage	1	2.96	38.32	<.0001

R Squared =.410

1) Pri1, Pri2, Pri3 為利用主成分分析樣區半徑 300m 內之地景組成比例，從 7 種地景組成變數中萃取轉換出 3 個新的地景主成分

2) 此迴歸模式以小麥的乳熟期為基準組，其截距項 (intercept) 為 1.81，各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{\text{Pri1}}=-0.04$ 、 $\beta_{\text{Pri2}}=-0.11$ 、 $\beta_{\text{Pri3}}=-0.03$ 、 $\beta_{\text{小麥}}=0.00$ 、 $\beta_{\text{一作高粱}}=-0.39$ 、 $\beta_{\text{二作高粱}}=-0.25$ 、 $\beta_{\text{抽穗開花期}}=0.30$ 、 $\beta_{\text{乳熟期}}=0.00$

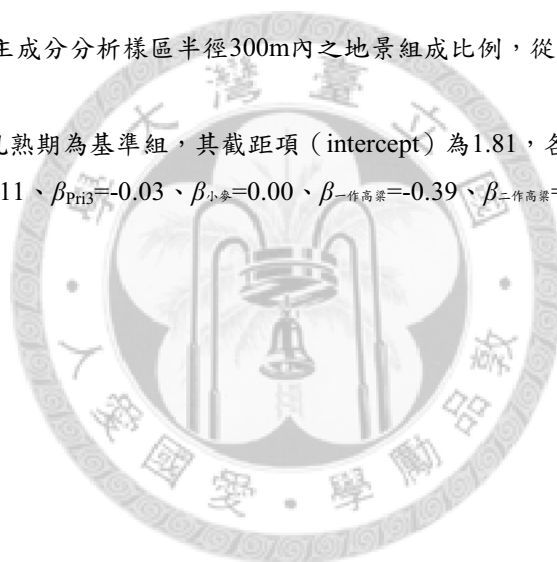


表 11、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 500m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對鳥類密度 (density) 的結果

Parameter ²⁾	DF	Mean Square	F Value	Pr>F
Pri1 ¹⁾	1	625.37	1.40	0.2395
Pri2	1	1808.40	4.04	0.0467
Pri3	1	2238.43	5.00	0.0272
Crop	2	1451.42	3.24	0.0425
Stage	1	128714.71	287.57	<.0001

R Squared = .740

1) Pri1, Pri2, Pri3 為利用主成分分析樣區半徑 500m 內之地景組成比例，從 7 種地景組成變數中萃取轉換出 3 個新的地景主成分

2) 此迴歸模式以小麥的乳熟期為基準組，其截距項 (intercept) 為 77.07，各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=2.25$ 、 $\beta_{Pri2}=-3.95$ 、 $\beta_{Pri3}=-4.51$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=14.04$ 、 $\beta_{二作高粱}=11.57$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-65.97$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$



表 12、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 500m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對種豐富度 (species richness) 的結果

Parameter ²⁾	DF	Mean Square	F Value	Pr>F
Pri1 ¹⁾	1	0.55	0.12	0.7270
Pri2	1	1.60	0.35	0.5531
Pri3	1	4.61	1.02	0.3143
Crop	2	138.89	30.78	<.0001
Stage	1	178.93	39.66	<.0001

R Squared =.470

1) Pri1, Pri2, Pri3 為利用主成分分析樣區半徑 500m 內之地景組成比例，從 7 種地景組成變數中萃取轉換出 3 個新的地景主成分

2) 此迴歸模式以小麥的乳熟期為基準組，其截距項 (intercept) 為 18.18，各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=-0.07$ 、 $\beta_{Pri2}=0.12$ 、 $\beta_{Pri3}=0.20$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=-3.17$ 、 $\beta_{二作高粱}=-4.24$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-2.46$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$



表 13、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 500m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對種歧異度 (Shannon-Wiener's index) 的結果

Parameter ²⁾	DF	Mean Square	F Value	Pr>F
Pri1 ¹⁾	1	0.13	1.57	0.2128
Pri2	1	0.16	1.93	0.1669
Pri3	1	0.59	7.04	0.0091
Crop	2	1.10	13.21	<.0001
Stage	1	2.48	29.72	<.0001

R Squared =.363

1) Pri1, Pri2, Pri3 為利用主成分分析樣區半徑 500m 內之地景組成比例，從 7 種地景組成變數中萃取轉換出 3 個新的地景主成分

2) 此迴歸模式以小麥的乳熟期為基準組，其截距項 (intercept) 為 1.84，各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{\text{Pri1}}=-0.03$ 、 $\beta_{\text{Pri2}}=0.04$ 、 $\beta_{\text{Pri3}}=0.07$ 、 $\beta_{\text{小麥}}=0.00$ 、 $\beta_{\text{-作高粱}}=-0.39$ 、 $\beta_{\text{三作高粱}}=-0.31$ 、 $\beta_{\text{抽穗開花期}}=0.29$ 、 $\beta_{\text{乳熟期}}=0.00$

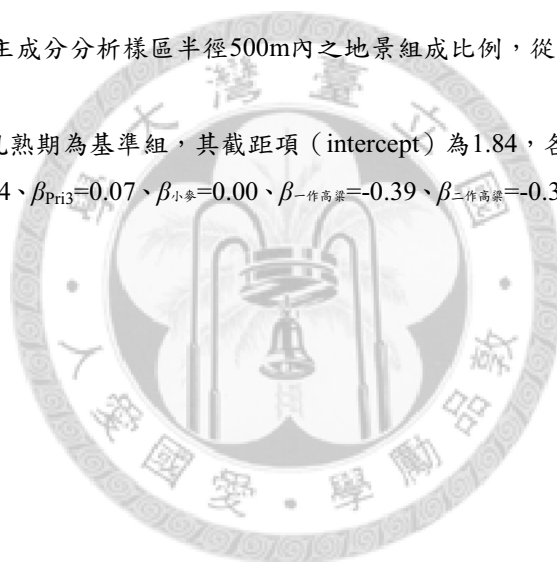


表 14、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 300m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對各危害鳥種族群密度的影響結果

鳥種	八哥 ²⁾	斑文鳥 ³⁾	環頸雉 ⁴⁾	麻雀 ⁵⁾	珠頸斑鳩 ⁶⁾	紅鳩 ⁷⁾	
Parameter	DF	Pr>F					
Pri1 ¹⁾	1	0.205	0.362	0.399	0.004**	0.064	0.701
Pri2	1	0.237	0.344	0.030*	<.001***	0.986	0.019*
Pri3	1	0.196	0.249	0.309	0.481	0.211	0.651
Crop	2	<.001***	0.059	0.003**	0.004**	<.001***	0.006**
Stage	1	<.001***	<.001***	0.137	<.001***	<.001***	0.004**

GLM-Multivariate analysis, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

1)Pri1, Pri2, Pri3為利用主成分分析樣區半徑300m內之地景組成比例,從7種地景組成變數中萃取轉換出3個新的地景主成分

2)所有迴歸模式皆以小麥的乳熟期為基準組,八哥迴歸模式的截距項 (intercept) 為13.23,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=0.95$ 、 $\beta_{Pri2}=-1.04$ 、 $\beta_{Pri3}=-0.96$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=6.05$ 、 $\beta_{二作高粱}=13.49$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-17.82$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

3)斑文鳥迴歸模式的截距項 (intercept) 為3.34,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=-0.75$ 、 $\beta_{Pri2}=-0.92$ 、 $\beta_{Pri3}=0.94$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=4.63$ 、 $\beta_{二作高粱}=5.44$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-5.93$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

4)環頸雉迴歸模式的截距項 (intercept) 為0.24,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=0.01$ 、 $\beta_{Pri2}=-0.04$ 、 $\beta_{Pri3}=0.01$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=-0.10$ 、 $\beta_{二作高粱}=-0.14$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-0.04$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

5)麻雀迴歸模式的截距項 (intercept) 為26.82,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=5.04$ 、 $\beta_{Pri2}=7.55$ 、 $\beta_{Pri3}=-1.18$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=11.33$ 、 $\beta_{二作高粱}=-3.63$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-23.57$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

6)珠頸斑鳩迴歸模式的截距項 (intercept) 為4.79,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=0.57$ 、 $\beta_{Pri2}=0.01$ 、 $\beta_{Pri3}=-0.38$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=4.29$ 、 $\beta_{二作高粱}=2.20$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-5.39$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

7)紅鳩迴歸模式的截距項 (intercept) 為0.39,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=0.05$ 、 $\beta_{Pri2}=-0.37$ 、 $\beta_{Pri3}=-0.06$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=1.13$ 、 $\beta_{二作高粱}=0.20$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-0.75$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

表 15、以一般性性模式 (General Linear model, GLM) 中的多變量分析 (Multivariate analysis) 檢定作物類型 (crop)、作物生長時期 (stage) 以及樣區半徑 500m 之 3 個地景主成分 (analysis by PCA) 對各危害鳥種族群密度的影響結果

鳥種	八哥 ²⁾	斑文鳥 ³⁾	環頸雉 ⁴⁾	麻雀 ⁵⁾	珠頸斑鳩 ⁶⁾	紅鳩 ⁷⁾	
Parameter	DF	Pr>F					
Pri1 ¹⁾	1	0.662	0.747	0.806	0.002**	0.483	0.526
Pri2	1	0.027*	0.102	0.468	0.019*	0.019*	0.056
Pri3	1	0.604	0.344	0.062	0.002**	0.229	0.316
Crop	2	<.001***	0.135	<.001***	0.004**	<.001***	<.001***
Stage	1	<.001***	0.002**	0.107	<.001***	<.001***	0.001**

GLM-Multivariate analysis, * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

1)Pri1, Pri2, Pri3為利用主成分分析樣區半徑300m內之地景組成比例,從7種地景組成變數中萃取轉換出3個新的地景主成分

2)所有迴歸模式皆以小麥的乳熟期為基準組,八哥迴歸模式的截距項 (intercept) 為13.03,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=0.33$ 、 $\beta_{Pri2}=1.71$ 、 $\beta_{Pri3}=-0.41$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=7.69$ 、 $\beta_{二作高粱}=13.63$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-18.73$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

3)斑文鳥迴歸模式的截距項 (intercept) 為3.64,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=0.26$ 、 $\beta_{Pri2}=-1.39$ 、 $\beta_{Pri3}=0.82$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=4.13$ 、 $\beta_{二作高粱}=4.52$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-5.31$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

4)環頸雉迴歸模式的截距項 (intercept) 為0.25,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=-0.00$ 、 $\beta_{Pri2}=0.01$ 、 $\beta_{Pri3}=0.01$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=-0.11$ 、 $\beta_{二作高粱}=-0.17$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-0.05$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

5)麻雀迴歸模式的截距項 (intercept) 為23.75,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=5.46$ 、 $\beta_{Pri2}=-4.15$ 、 $\beta_{Pri3}=-5.79$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=12.83$ 、 $\beta_{二作高粱}=0.42$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-22.31$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

6)珠頸斑鳩迴歸模式的截距項 (intercept) 為4.58,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=0.21$ 、 $\beta_{Pri2}=-0.73$ 、 $\beta_{Pri3}=-0.38$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=4.70$ 、 $\beta_{二作高粱}=1.96$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-5.05$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

7)紅鳩迴歸模式的截距項 (intercept) 為0.46,各自變數的迴歸係數 (β) 分別為 $\beta_{Pri1}=-0.08$ 、 $\beta_{Pri2}=0.26$ 、 $\beta_{Pri3}=0.14$ 、 $\beta_{小麥}=0.00$ 、 $\beta_{一作高粱}=1.29$ 、 $\beta_{二作高粱}=0.06$ 、 $\beta_{抽穗開花期}=-0.87$ 、 $\beta_{乳熟期}=0.00$

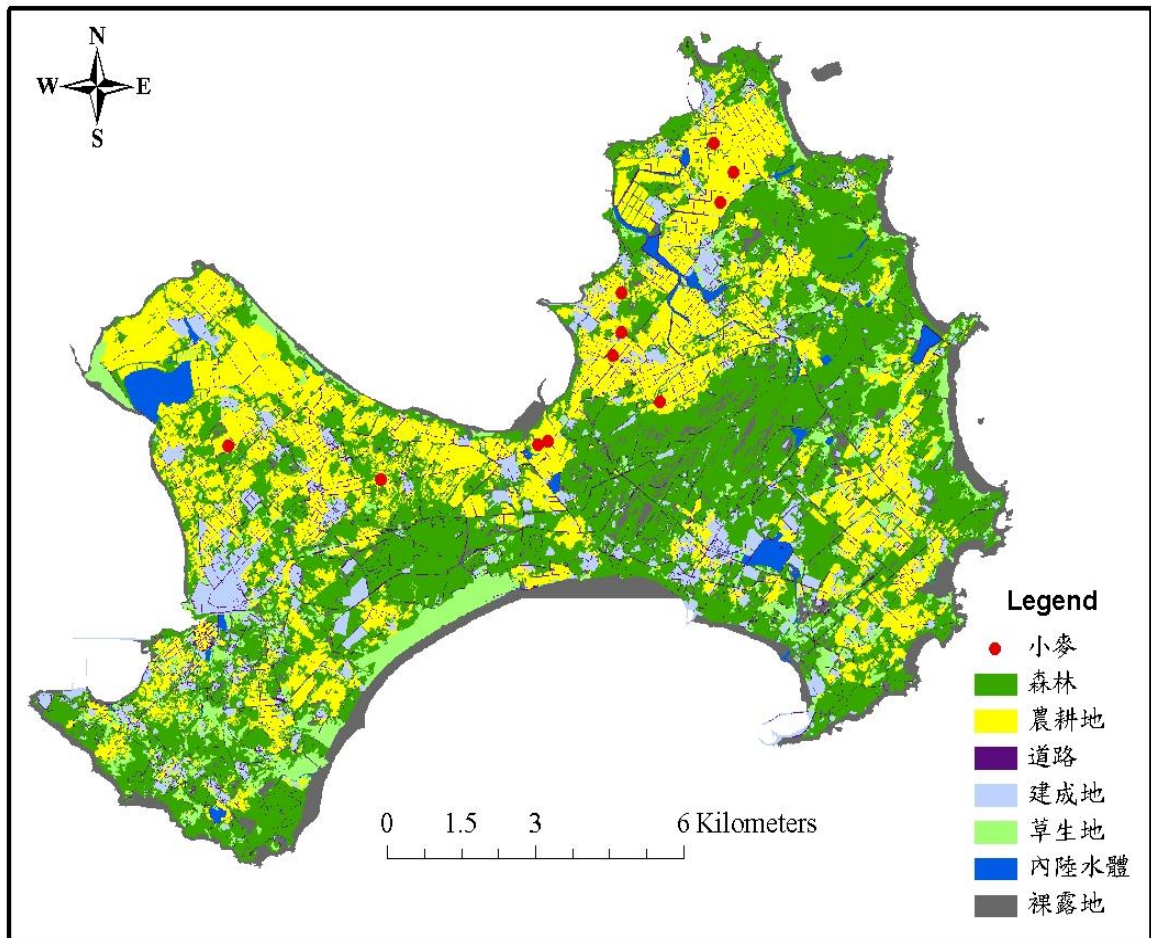


圖 1、金門地區之小麥研究樣區 (n=11) 與其周邊地景組成

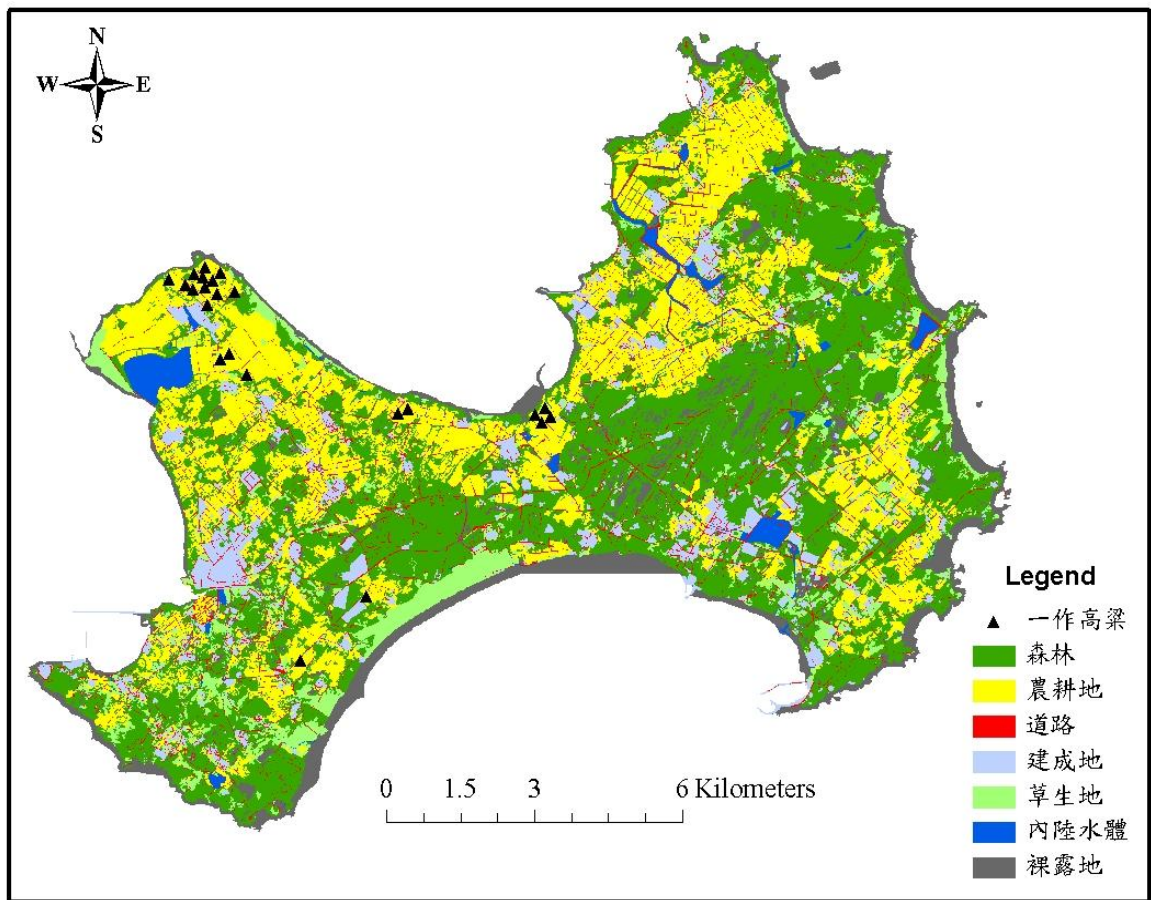


圖 2、金門地區之一作高粱研究樣區 (n=23) 與其周邊地景組成

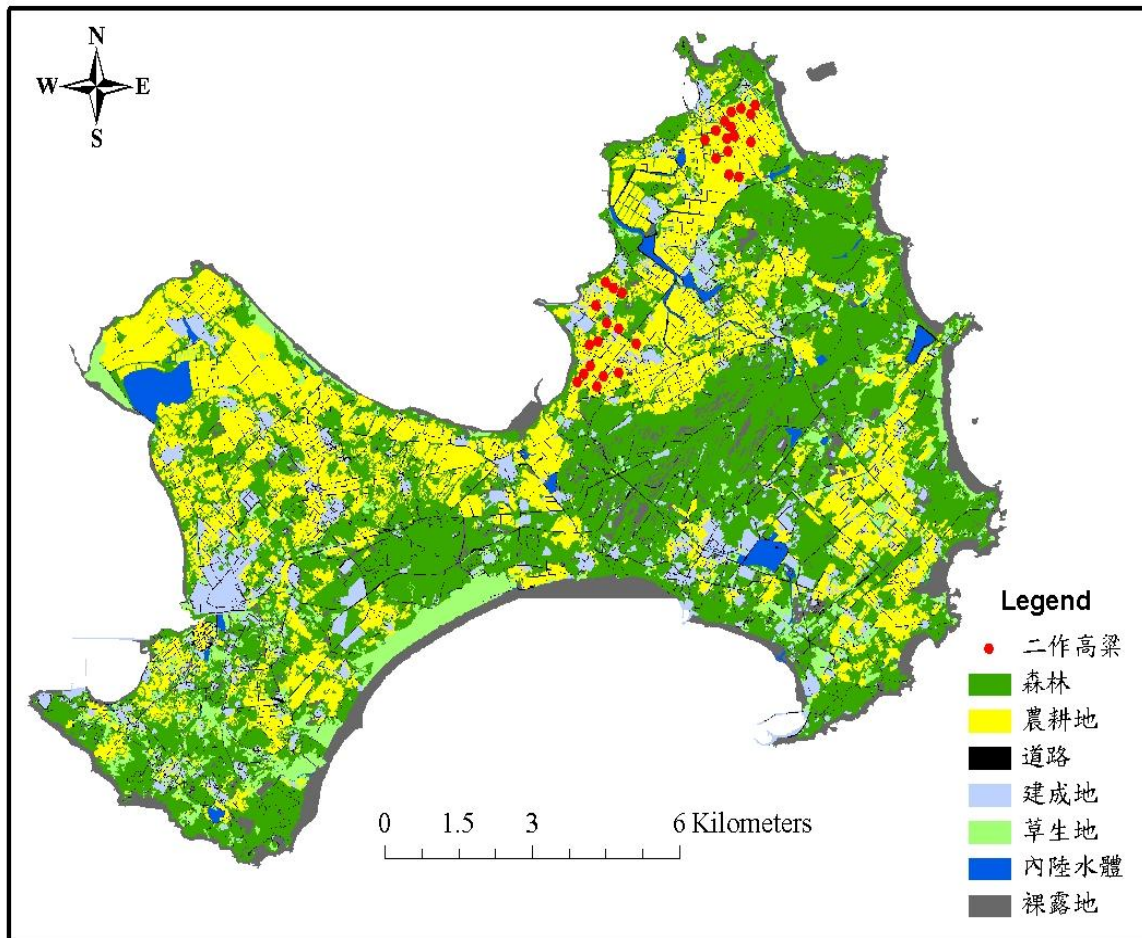


圖 3、金門地區之二作高粱研究樣區 (n=30) 與其周邊地景組成

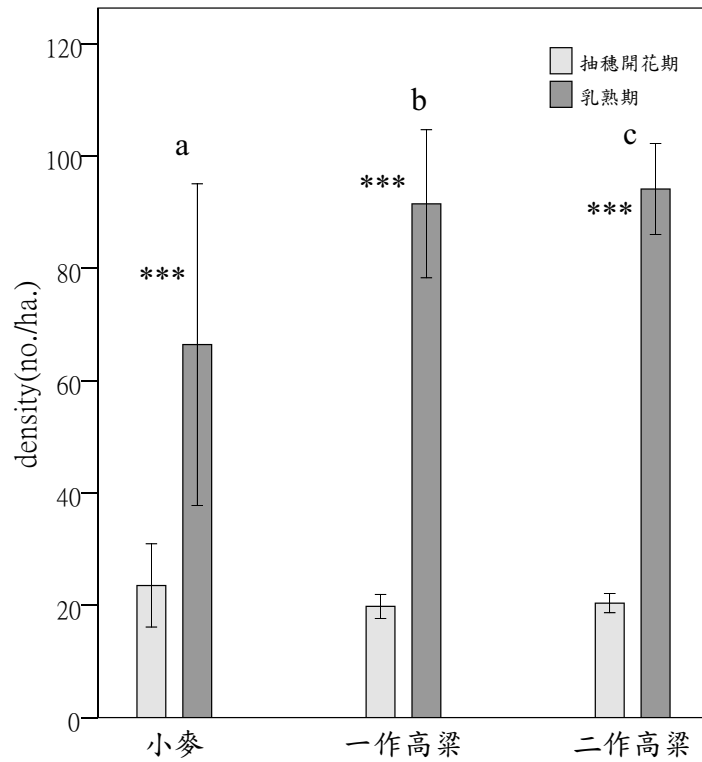


圖 4、小麥、一作高粱與二作高粱在抽穗開花期與乳熟期的鳥類密度 (density)。* 表示以 Mann-Whitney U test 檢測各類作物其抽穗開花期與乳熟期差異，* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, NS 無顯著差異。柱狀圖上方之 a,b 等不同小寫英文字母表以 Mann-Whitney U test 檢測兩兩作物類型間之差異，其 $p < 0.05$ 。

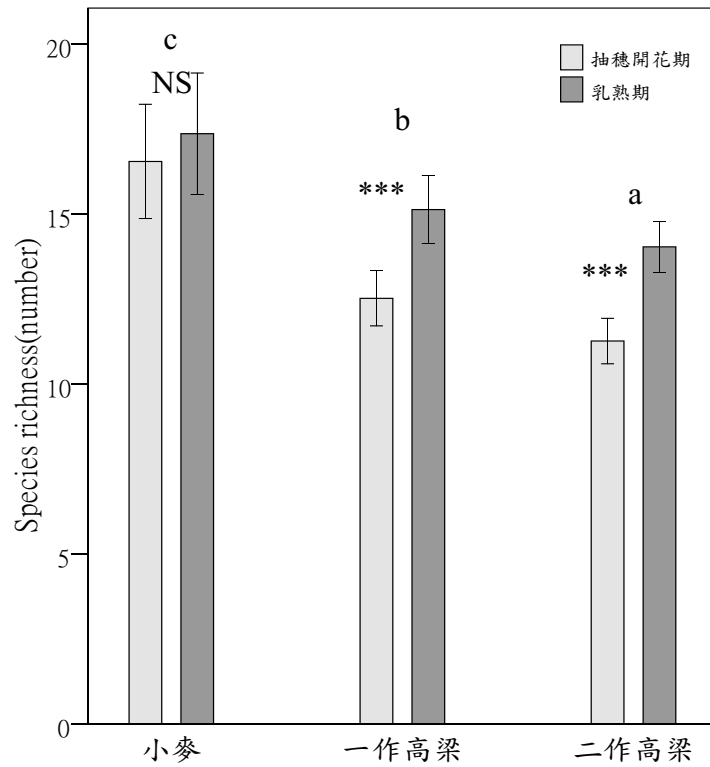


圖 5、小麥、一作高粱與二作高粱在抽穗開花期與乳熟期的鳥種豐富度 (Species richness)。* 表示以 Mann-Whitney *U* test 檢測各類作物其抽穗開花期與乳熟期差異，* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, NS 無顯著差異。柱狀圖上方之 a,b 等不同小寫英文字母表以 Mann-Whitney *U* test 檢測兩兩作物類型間之差異，其 $p < 0.05$ 。

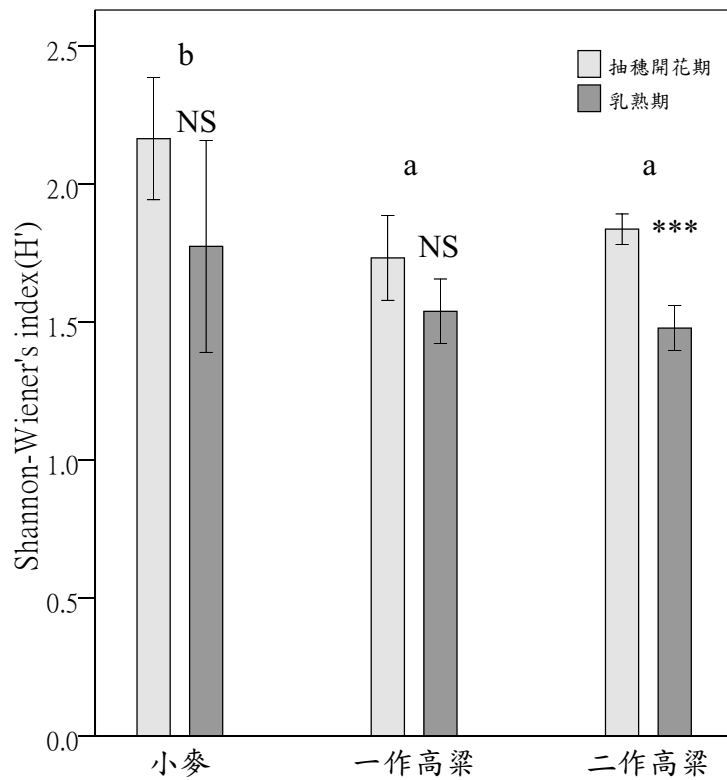


圖 6、小麥、一作高粱與二作高粱在抽穗開花期與乳熟期的鳥種歧異度 (Shannon-Wiener's index)。* 表示以 Mann-Whitney U test 檢測各類作物其抽穗開花期與乳熟期差異，* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, NS 無顯著差異。柱狀圖上方之 a,b 等不同小寫英文字母表以 Mann-Whitney U test 檢測兩兩作物類型間之差異，其 $p < 0.05$ 。

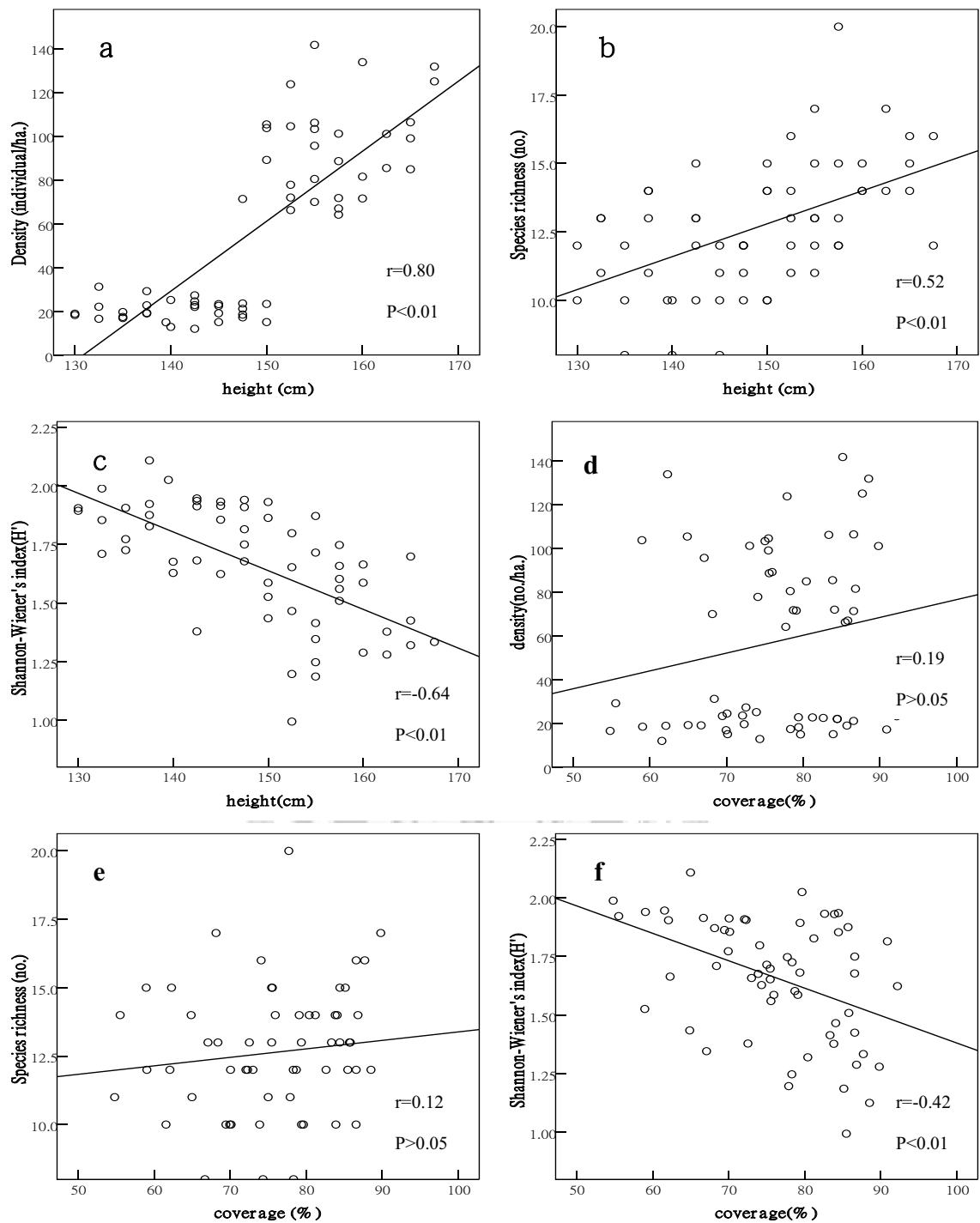


圖 7、以相關分析 (Analysis of correlation) 二作高粱高度及覆蓋度與鳥類群聚介量關係

- a: 高粱高度與鳥類密度呈顯著正相關 ($r=0.80$, $p<0.01$)
- b: 高粱高度與鳥種豐富度呈顯著正相關 ($r=0.52$, $p<0.01$)
- c: 高粱高度鳥種歧異度呈顯著負相關 ($r=-0.64$, $p<0.01$)
- d: 高粱覆蓋度與鳥類密度無顯著相關 ($r=0.19$, $p>0.05$)
- e: 高粱覆蓋度與鳥種豐富度無顯著相關 ($r=0.12$, $p>0.05$)
- f: 高粱覆蓋度與鳥種歧異度呈顯著負相關 ($r=-0.42$, $p<0.01$)

附錄一、鳥類定點計數法的調查時段與停留時間之先期試驗

定點計數法(point count)是調查陸棲鳥類最常使用的方法之一(許皓捷 2003)。當研究者欲以定點計數估算鳥類密度，主要有兩個因素影響調查準確性與鳥類密度估計值的正確性(丁宗蘇 1993)。一是觀察時段(Census period)：即一天中要選擇哪些時段調查，才可有效率地計數到大部分的鳥類，而又不至於低估鳥類密度增加誤差。二是計數時間(Counting period)：即每個調查點要停留多少時間觀察，才能計數到大部分的鳥類而又不至於重複計數而高估該樣點的鳥類密度，並且提高調查工作的效率(許皓捷 2003)。這兩個因素會隨季節、棲地類型與環境而有不同的最佳選擇，因此本研究在正式實驗開始前，先進行一個試驗，找出一日中最適合觀察鳥類之時段即決定每個調查點最適合停留的計數時間。

觀測站位於種植小麥的農耕地。一日最適合調查時段的研究，於 2007 年 3 月 25 日從日出至日落間進行定點計數，該日全日皆為晴天，日出後每隔一小時連續計數三十分鐘，以 10 分鐘為單位，記錄在這 10 分鐘內所察覺到的鳥類種類及隻數。共計數十二小時，360 分鐘。一點最適停留時間則再以每 2 分鐘為單位，記錄在該 2 分鐘新發現到的鳥類種類，持續直到 30 分鐘為止；由於鳥類被察覺的線索頻率可能有日週期的變化，因此參考前人研究(丁宗蘇 1993，許皓捷 1994)，只在日出至日出後四小時進行，共計四次。觀測人員只有一人，計數三十分鐘即離開觀測點。

一日最適合調查的時段(最佳觀察時段)結果

日出至日落之間每小時內平均察覺隻數(圖 1)與種數(圖 2)，以日出至日出後三小時最高，平均每分鐘可察覺到約 1.6 種、16 隻次以上；接近黃昏數量有顯著回升、種數則無，日落前三小時平均每分鐘可察覺到約 1.1 種、約 12 隻次以上。若察覺鳥種數以百分比表示(圖 3)，由日出至日落時間分為 12 個區段，正午均位在第 7 個時間區段，察覺度鳥種數最低。因此以日出至日出後三小時及日落前三小時為正式研究之觀察時段。

一點最適合停留的時間（最佳計數時間）結果

日出至日出後四小時之間的累積察覺鳥種數（圖 4），於連續計數六分鐘約可達到 80%，至此之後增加不大，因此以六分鐘為計數時間。



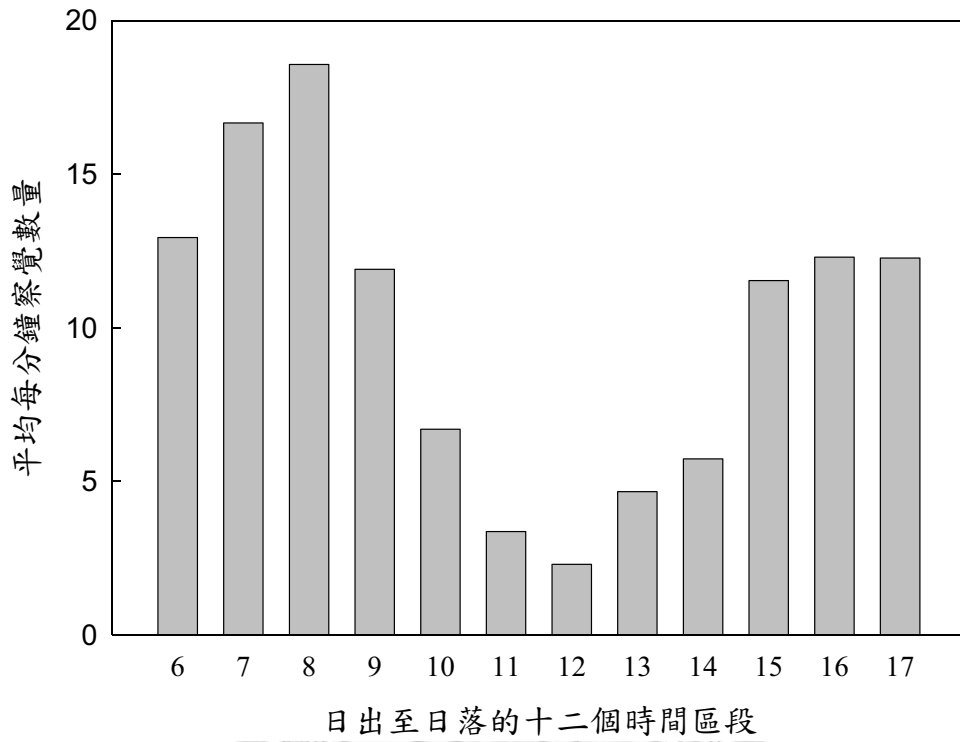


圖 1、先期試驗之結果，日出至日落每小時內之平均察覺鳥類隻數

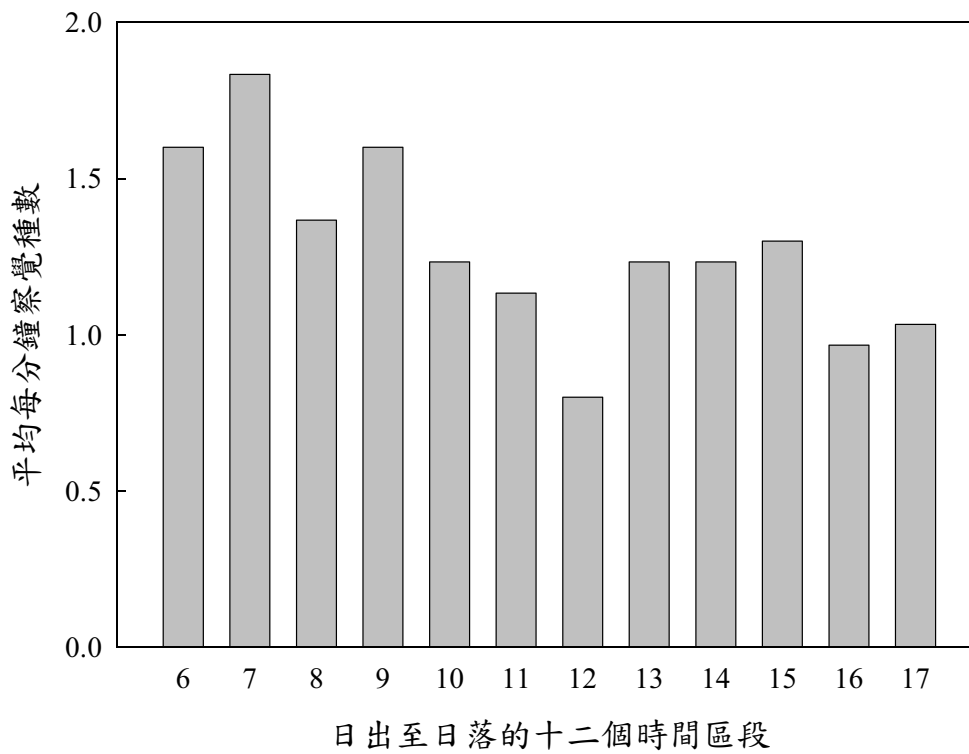


圖 2、先期試驗之結果，日出至日落每小時內之平均察覺鳥類種數

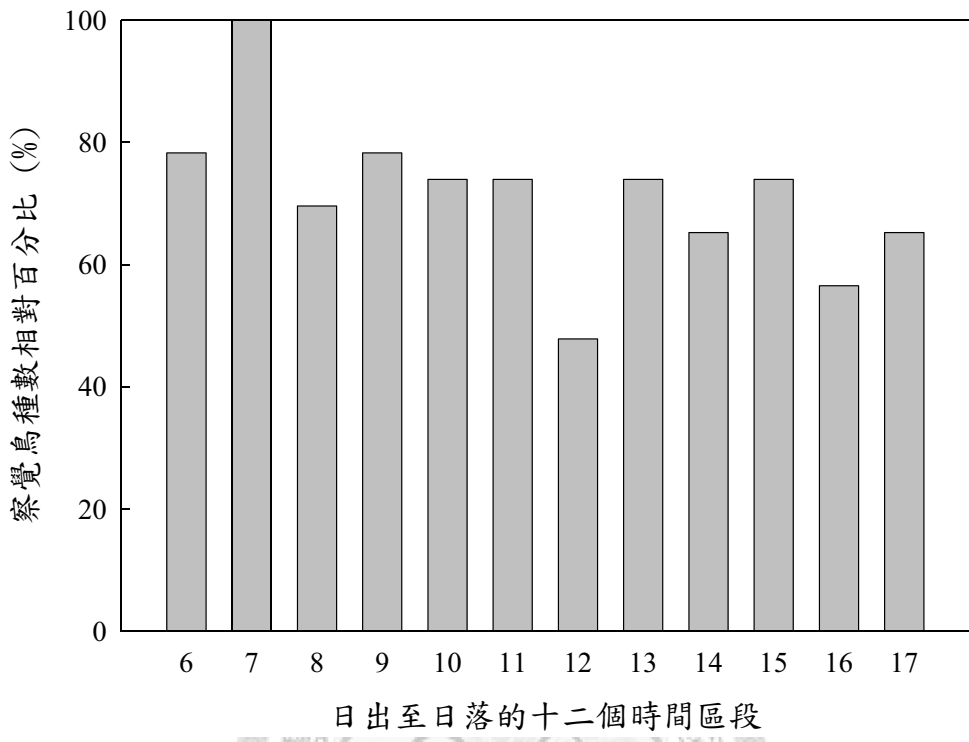


圖 3、察覺鳥種的日周期變化察覺鳥種數以百分比 (%) 表示

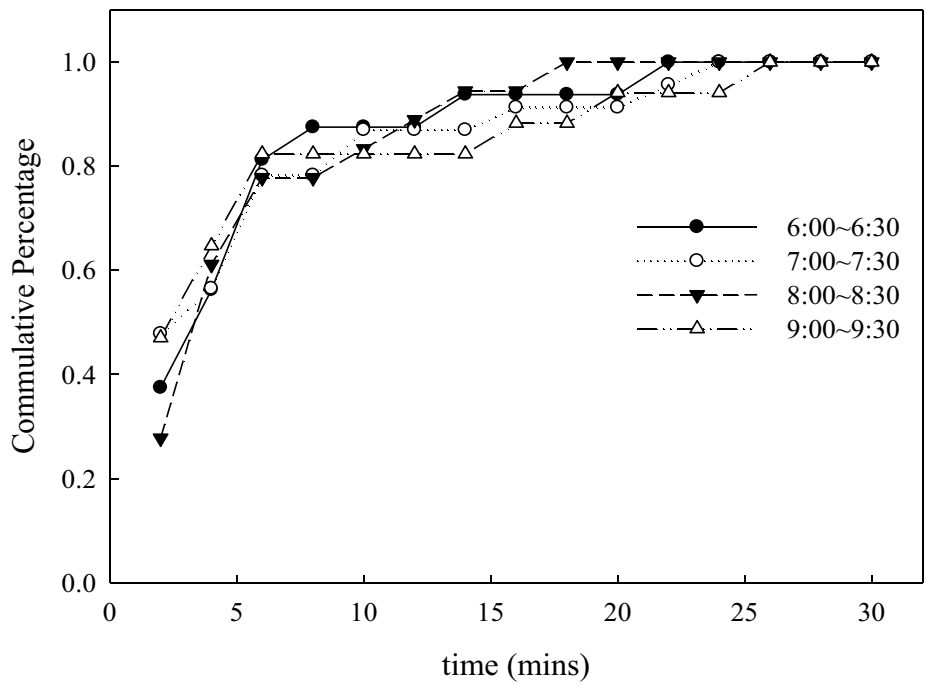


圖 4、先期試驗之結果，日出至日出後 4 小時內每個小時前 30 分鐘之累積察覺鳥類種數，每一條線代表每次 30 分鐘的調查。

附錄二、研究期間於小麥、一作高粱與二作高粱研究區域抽穗開花期與乳熟期所記

錄的鳥種名錄

代碼	學名	中文名	英文名	小麥		一作高粱		二作高粱		出現於農地者		危害者 ⁵⁾	非危害者	未知者	Status ³⁾
				1期 ¹⁾	2期 ²⁾	1期	2期	1期	2期	*	*				
		雞形目													
		Phasianidae 雉科													
Pc	<i>Phasianus colchicus</i>	環頸雉	Common Pheasant	*	*	*	*	*	*	*	*	*			R
		雁形目													
		Anas 雁鴨科													
Apa	<i>Anas poecilorhyncha</i>	花嘴鴨	Spotbill Duck	*	*	*	*	*	*	*	*		*		R
		鵞形目													
		Ardeidae 鷺科													
Aca	<i>Ardea cinerea</i>	蒼鷺	Grey Heron			*				*		*			W
Ab	<i>Ardeola bacchus</i>	池鷺	Chinese Pond Heron				*			*		*			W
Bi	<i>Bubulcus ibis</i>	黃頭鷺	Cattle Egret	*	*					*		*			W/M
Ea	<i>Egretta alba</i>	大白鷺	Great Egret			*				*		*			W/M
Ee	<i>Egretta eulophotes</i>	中白鷺	Intermediate Egret			*				*		*			W/M
Eg	<i>Egretta garzetta</i>	小白鷺	Little Egret	*	*		*			*		*			R/M
Is	<i>Ixobrychus sinensis</i>	黃小鷺	Chinese Little Bittern			*	*	*		*		*			M
Nn	<i>Nycticorax nycticorax</i>	夜鷺	Black-crowned Night Heron	*	*		*			*		*			R
		隼形目													
		Pandionidae 鷹科													
Ph	<i>Pandion haliaetus</i>	魚鷹	Osprey		*		*								W ⁴⁾
Bb	<i>Buteo buteo</i>	鵟	Eurasian Buzzard	*						*		*			W
Ec	<i>Elanus caeruleus</i>	黑翅鷲	Black-winged Kite			*	*	*	*	*		*			R
		鶴形目													
		Rallidae 秧雞科													
Ap	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	白腹秧雞	White-breasted Water Hen	*	*	*	*	*	*	*		*			R
Gc	<i>Gallinula chloropus</i>	紅冠水雞	Moorhen	*	*	*	*	*	*	*		*			R
		鶇形目													
		Scolopacidae 鶇科													
Gg	<i>Gallinago gallinago</i>	田鶇	Common Snipe	*	*		*			*		*			W
		Glareolidae 燕鶇科													
Gm	<i>Glareola maldivarum</i>	燕鶇	Eastern Collared Pratincole	*						*		*			M
		鴿形目													

續附錄二

代碼	學名	中文名	英文名	小麥		一作高粱		二作高粱		出現於農地者	危害者 ⁵⁾	非危 害者	未知 者	Status ³⁾
				1 期 ¹⁾	2 期 ²⁾	1 期	2 期	1 期	2 期					
	Columbidae	鴿形科												
Cl	<i>Columba livia</i>	野鴿	Rock Dove			*	*		*	*	*			R
Sc	<i>Streptopelia chinensis</i>	珠頸斑鳩	Spotted-necked Dove	*	*	*	*	*	*	*	*			R
Sta	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	紅鳩	Red-collared Dove	*	*	*	*	*	*	*	*			R
		鴿形目												
	Cuculidae	杜鵑科												
Css	<i>Centropus sinensis</i>	褐翅鴉鵂	Greater Coucal		*	*	*	*	*	*	*			R
Esa	<i>Eudynamis scolopacea</i>	噪鴉	Asian Koel				*							S
		雨燕目												
	Apodidae	雨燕科												
	Apodidae	雨燕科												
Aa	<i>Apus affinis</i>	小雨燕	House Swift			*	*	*		*		*		R/M
	Alcedinidae	翠鳥科												
Aas	<i>Alcedo atthis</i>	翠鳥	River Kingfisher				*		*					R
Cr	<i>Ceryle rudis</i>	斑翡翠	Pied Kingfisher				*			*		*		R
		White-throated												
Hs	<i>Halcyon smyrnensis</i>	蒼翡翠	Kingfisher		*	*	*		*		*	*		R
	Meropidae	蜂虎科												
Ms	<i>Merops superciliosus</i>	栗喉蜂虎	Blue-tailed Bee Eater	*	*	*	*	*	*	*	*	*		S
	Upupidae	戴勝科												
Ue	<i>Upupa epops</i>	戴勝	Hoopoe	*	*	*	*	*	*	*	*	*		R
		雀形目												
	Laniidae	伯勞科												
		灰頭紅尾												
L.a.1	<i>L.c.superciliosus</i>	伯勞	Brown Shrike		*	*	*	*	*	*	*	*		M/W
Ls	<i>Lanius schach</i>	棕背伯勞	Black-headed Shrike	*	*	*	*	*	*	*	*	*		R
	Dicruridae	卷尾科												
Dm	<i>Dicrurus macrocercus</i>	大卷尾	Black Drongo		*	*	*	*	*	*	*	*		S/R
	Corvidae	鴉科												
Ct	<i>Corvus torquatus</i>	玉頸鴉	Collared Crow	*	*		*		*	*	*	*		R
Pp	<i>Pica pica</i>	喜鵲	Black-billed Magpie	*	*	*	*	*	*	*	*	*		R
	Hirundinidae	燕科												

續附錄二

代碼	學名	中文名	英文名	小麥		一作高粱		二作高粱		出現於 農地者	危害者 ⁵⁾	非危 害者	未知 者	Status ³⁾
				1期 ¹⁾	2期 ²⁾	1期	2期	1期	2期					
Hr	<i>Hirundo rustica</i>	家燕	Barn Swallow	*	*	*	*	*	*	*	*			S/M
	Alaudidae	百靈科												
Ag	<i>Alauda gulgula</i>	小雲雀	Oriental Skylark	*	*		*	*	*	*		*		R
	Cisticolidae	扇尾鶯科												
Pf	<i>Prinia flaviventris</i>	灰頭鷓鴣	Yellow-bellied Prinia	*	*	*	*	*	*	*		*		R
Ps	<i>Prinia subflava</i>	褐頭鷓鴣	Tawny-flanked Prinia	*	*	*	*	*	*	*		*		R
	Pycnonotidae	鶉科												
Pss	<i>Pycnonotus sinensis</i>	白頭翁	Chinese Bulbul	*	*	*	*	*	*	*		*		R
	Sylviidae	鶯科												
Ao	<i>Acrocephalus orientalis</i>	大葦鶯	Great Reed Warbler						*	*		*		W
	Zosteropidae	繡眼科												
Zj	<i>Zosterops japonica</i>	綠繡眼	Japanese White-eye		*					*		*		R
	Sturidae	椋鳥科												
Ac	<i>Acridotheres cristatellus</i>	八哥	Crested Myna	*	*	*	*	*	*	*	*	*		R
Gn	<i>Sturnus nigricollis</i>	黑領椋鳥	Black-collared Starling				*	*	*	*		*		R
Scs	<i>Sturnus cineraceus</i>	灰椋鳥	Gray Starling					*	*	*	*	*		W
Ss	<i>Sturnus sinensis</i>	灰背椋鳥	Gray backed Starling					*	*	*	*	*		W
	Muscicapidae	鶲科												
Cssi	<i>Copsychus saularis</i>	鵲鴝	Oriental Magpie Robin	*	*	*	*	*	*	*		*		R
Mss	<i>Monticola solitarius</i>	藍磯鶲	Blue Rock Thrush		*					*		*		W/R
St	<i>Saxicola torquata</i>	黑喉鶲	Common Stonechat	*	*				*	*		*		W
	Ploceidae	麻雀科												
Pm	<i>Passer montanus</i>	麻雀	Eurasian Tree Sparrow	*	*	*	*	*	*	*	*	*		R
	Estrildidae	梅花雀科												
Lp	<i>Lonchura punctulata</i>	斑文鳥	Nutmeg Mannikin	*	*	*	*	*	*	*	*	*		R
	Motacillidae	鶺鴒科												
Rp	<i>Anthus cervinus</i>	赤喉鶺鴒	Red-throated Pipit	*	*					*		*		M
Agi	<i>Anthus gustavi</i>	白背鶺鴒	Petchora Pipit		*					*		*		M
Ah	<i>Anthus hodgsoni</i>	樹鶺鴒	Indian Tree Pipit	*						*		*		W
An	<i>Anthus novaeseelandiae</i>	大花鶺鴒	Richard's Pipit	*	*					*		*		W
As	<i>Anthus rubescens</i>	褐色鶺鴒	Buff-bellied Pipit		*					*		*		M
Ma	<i>Motacilla alba</i>	白鶺鴒	Pied Wagtail	*	*			*		*		*		R
Mc	<i>Motacilla cinerea</i>	灰鶺鴒	Grey Wagtail	*						*		*		W

續附錄二

代碼	學名	中文名	英文名	小麥		一作高粱		二作高粱		出現於 農地者	危害者 ⁵⁾	非危 害者	未知 者	Status ³⁾
				1期 ¹⁾	2期 ²⁾	1期	2期	1期	2期					
Mf	<i>Motacilla flava</i>	黃鶺鴒	Yellow Wagtail	*				*	*	*		*		M
	Fringillidae	雀科												
Cs	<i>Carduelis sinica</i>	金翅雀	Oriental Greenfinch	*	*	*	*	*	*	*		*		R
Em	<i>Eophona migratoria</i>	小桑鵲	Black-tailed Hawfinch				*		*	*		*		W
	Emberizidae	鵲科												
Ep	<i>Emberiza pusilla</i>	小鵲	Little Bunting	*	*					*		*		M
Es	<i>Emberiza spodocephala</i>	黑臉鵲	Black-faced Bunting	*						*		*		M
Er	<i>Emveriaz rutila</i>	鏽鵲	Chestnut Bunting		*					*		*		W
Essp	<i>E.s.spodocephala</i>	灰頭黑臉 鵲	Black-faced Bunting	*	*					*		*		W

1)抽穗開花期

2)乳熟期

3)R，留鳥；夏候鳥；W，冬候鳥；M，過境鳥；參考自梁皆得（2008）、廖東坤（2007）

4)夏天部分個體仍留滯金門

5)危害鳥種參考自袁孝維（2007）



附錄三、個別鳥種於小麥、一作高粱與二作高粱之族群密度 (no./ha.)

中文名	抽穗開花期	乳熟期	二作高粱			一作高粱			小麥			Krusal-Wallis				
			Mann-Whitney		U test ¹⁾	Mann-Whitney		U test	Mann-Whitney		U test	二作高粱	一作高粱	小麥	One Way ANOVA ²⁾	
			抽穗開花期	乳熟期		抽穗開花期	乳熟期		抽穗開花期	乳熟期						
小雨燕	0.0439	0.0015	**	0.0071	0.0000	NS	0.1246	0.0046	**	0.0000	0.0000	NS	0.0035	0.0646	0.0000	**
翠鳥	0.0043	0.0000	NS	0.0035	0.0000	NS	0.0092	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0018	0.0046	0.0000	NS
池鷺	0.0015	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0046	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0023	0.0000	NS
八哥	3.8229	17.9531	***	4.2901	29.9387	***	3.5152	19.1124	***	3.6633	4.8081	NS	17.1144	11.3138	4.2357	***
蒼鷺	0.0045	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0135	0.0000	NS	0.0000	0.0000	0.0067	NS
小雲雀	0.4222	0.2953	NS	0.0141	0.1945	**	0.0000	0.0046	NS	1.2525	0.6869	NS	0.1043	0.0023	0.9697	***
白背鸚	0.0000	0.0090	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0269	NS	0.0000	0.0000	0.0135	NS
樹鸚	0.0135	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0404	0.0000	NS	0.0000	0.0000	0.0202	**
大花鸚	0.4669	0.5297	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	1.4007	1.5892	NS	0.0000	0.0000	1.4949	***
大葦鶯	0.0000	0.0035	NS	0.0000	0.0106	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0053	0.0000	0.0000	NS
白腹秧雞	0.1398	0.1357	NS	0.0531	0.0955	NS	0.0969	0.2307	NS	0.2694	0.0808	NS	0.0743	0.1638	0.1751	NS
花嘴鴨	0.1731	0.3533	*	0.0106	0.0389	NS	0.0507	0.2399	NS	0.4579	0.7811	NS	0.0248	0.1453	0.6195	***
褐色鸚	0.0000	0.0090	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0269	NS	0.0000	0.0000	0.0135	**
鶯	0.0090	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0269	0.0000	NS	0.0000	0.0000	0.0135	NS
黃頭鶯	0.0000	0.2020	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.6061	NS	0.0000	0.0000	0.3030	**
野鴿	0.0123	0.0383	NS	0.0000	0.0318	NS	0.0369	0.0830	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0159	0.0600	0.0000	*
斑翡翠	0.0015	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0046	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0023	0.0000	NS
金翅雀	0.5018	1.7477	NS	0.0566	1.3652	NS	0.6274	3.4737	***	0.8215	0.4040	NS	0.0283	2.0506	0.6128	***

續附錄三

中文名	抽穗開花期	乳熟期	二作高粱			一作高粱			小麥			Krusal-Wallis				
			Mann-Whitney		Mann-Whitney		Mann-Whitney		Mann-Whitney		二作高粱	一作高粱	小麥	One Way		
			U test	抽穗開花期	乳熟期	U test ¹⁾	抽穗開花期	乳熟期	U test	抽穗開花期	乳熟期	U test			ANOVA	
褐翅鴉鵒	0.0043	0.0177	NS	0.0035	0.0212	NS	0.0092	0.0185	NS	0.0000	0.0135	NS	0.0124	0.0138	0.0067	NS
棕背伯勞	0.6101	0.9063	***	0.4279	0.7675	*	0.5674	0.7796	NS	0.8350	1.1717	NS	0.5977	0.6735	1.0034	**
白鶺鴒	0.0416	0.0090	NS	0.0035	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.1212	0.0269	NS	0.0018	0.0000	0.0741	**
灰鶺鴒	0.0090	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0269	0.0000	NS	0.0000	0.0000	0.0135	**
黃鶺鴒	1.1212	12.0200	NS	2.2423	16.8951	***	0.0000	0.0000	NS	0.0000	19.1650	**	8.4476	0.0000	9.5825	***
栗喉蜂虎	0.1106	1.3627	**	0.1627	0.3678	NS	0.1153	0.2860	NS	0.0539	3.4343	**	0.2653	0.2007	1.7441	NS
藍磯鶺鴒	0.0000	0.0045	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0135	NS	0.0000	0.0000	0.0067	NS
夜鷺	0.0105	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0046	0.0000	NS	0.0269	0.0000	NS	0.0000	0.0023	0.0135	NS
環頸雉	0.1257	0.1450	NS	0.0248	0.0707	NS	0.0830	0.1891	NS	0.2694	0.1751	NS	0.0477	0.1361	0.2222	**
灰頭鷓鴣	0.1148	0.1619	NS	0.1450	0.2087	NS	0.0646	0.1153	NS	0.1347	0.1616	NS	0.1768	0.0900	0.1481	**
魚鷹	0.0000	0.0121	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0092	NS	0.0000	0.0269	NS	0.0000	0.0046	0.0135	NS
麻雀	5.8804	28.5282	NS	4.6049	24.6124	**	6.4907	38.2248	***	6.5455	22.7475	NS	14.6086	22.3578	14.6465	***
喜鵲	0.0520	0.1615	NS	0.0106	0.0106	NS	0.0646	0.0969	NS	0.0808	0.3771	NS	0.0106	0.0807	0.2290	**
褐頭鷓鴣	1.0436	1.4880	**	0.9089	1.3652	**	0.4844	0.7150	NS	1.7374	2.3838	NS	0.4545	0.5997	2.0606	***
白頭翁	0.1862	0.4011	***	0.0813	0.2653	**	0.2214	0.4936	*	0.2559	0.4444	NS	0.1733	0.3575	0.3502	**
赤喉鸚	0.0359	0.0180	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.1077	0.0539	NS	0.0000	0.0000	0.0808	***
珠頸斑鳩	1.9116	6.6039	***	1.9877	6.4369	***	2.1174	10.9102	***	1.6296	2.4646	NS	4.2123	6.5138	2.0471	***
灰椋鳥	0.0000	0.0035	NS	0.0000	0.0106	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0053	0.0000	0.0000	NS

續附錄三

中文名	抽穗開花期	乳熟期	二作高粱			一作高粱			小麥			Krusal-Wallis				
			Mann-Whitney		Mann-Whitney		Mann-Whitney		Mann-Whitney		二作高粱	一作高粱	小麥	One Way		
			U test		U test		U test		U test		U test	U test	U test	ANOVA		
			抽穗開花期	乳熟期		抽穗開花期	乳熟期		抽穗開花期	乳熟期						
灰背棕鳥	0.0000	0.0224	NS	0.0000	0.0672	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0336	0.0000	0.0000	NS
黑喉鵠	0.1257	0.0600	NS	0.0000	0.0318	NS	0.0000	0.0000	NS	0.3771	0.1481	NS	0.0159	0.0000	0.2626	***
紅鳩	0.1271	0.8268	NS	0.0035	0.0177	NS	0.3644	2.4358	**	0.0135	0.0269	NS	0.0106	1.4001	0.0202	***
戴勝	0.0667	0.1190	NS	0.0813	0.2016	NS	0.0784	0.1015	NS	0.0404	0.0539	NS	0.1415	0.0900	0.0471	*
綠繡眼	0.0000	0.0135	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0000	NS	0.0000	0.0404	NS	0.0000	0.0000	0.0202	**

1)Mann-Whitney *U* test , * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

2)Krusal-Wallis One Way ANOVA , * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

