

黃金廊道灌區之農作淹水災害潛勢評估

Flood Hazard Assessment for Golden Agriculture Corridor

國家災害防救科技中心
副研究員

李欣輯

Hsin-Chi Li

國家災害防救科技中心
專案助理研究員

徐永衡*

Yung-Heng Hsu

國家災害防救科技中心
專案佐理研究員

黃暄穎

Hsuan-Ying Huang

國家災害防救科技中心
副研究員

陳永明

Yung-Ming Chen

國家災害防救科技中心
副研究員

張駿暉

Jing-Huei Jang

國家災害防救科技中心
研究員

林李耀

Lee-Yaw Lin

摘要

民國 101 年行政院農委會劃定高鐵沿線左右寬各 1.5 公里範圍內的農業用地為黃金廊道。但此區常年飽受地層下陷與淹水災害之危害，造成農業經濟發展的困境。為了明確瞭解黃金廊道內的淹水衝擊，本計畫依據不同降雨之淹水情境(200 mm/day, 350 mm/day, 600 mm/day)，分析黃金廊道內因地層下陷對農田作物(水稻、葡萄、毛豆類、蔥蒜類、果樹類等)造成的影響。依據本研究結果，在不同降雨之淹水情境下，黃金廊道歷年地層下陷造成的效應，將會「增加」區內農作物的淹水潛勢。對於受災面積最大的水稻，其受災淹水面積最大將增加 2.81%；蔥蒜類之受災淹水面積最大將增加 3.48%；毛豆之受災淹水面積最大將增加 2.38%。此結果將有助於相關單位為黃金廊道內未來農業防減災策略之參考。

關鍵字：黃金廊道，地層下陷，淹水災害，農作物。

ABSTRACT

Gold Agricultural Corridor, the wide range of 1.5 kilometers along high-speed rail, was designated by Republic Council of Agriculture in 2012. However, this region is

*通訊作者，國家災害防救科技中心專案助理研究員，23143 新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓，
hsu.yh@ncdr.nat.gov.tw

suffering by the problems of perennial land subsidence and flood disasters. For understanding the real impacts in Gold Agricultural Corridor, this study analyzed the flood stress of crops based on three kinds of rainfall scenarios (200 mm/day, 350 mm/day, 600 mm/day). According to the study results, we found that the disaster potential of flood area caused by subsidence will be increased. For the impact of rice, the largest affected area among other crops, its largest flood area will increase 2.81%. For the impact of scallion and garlic, its largest flood area will increase 3.48%. Finally, the impact of soybean, its largest flood area will increase 2.38%. These study results will be helpful for the planning of agricultural disaster prevention and reduction strategies.

Keywords: Gold agricultural corridor, Land subsidence, Flood impact, Crops.

一、前言

彰化與雲林縣地勢平坦，係臺灣農產業的主要生產地，但因臺灣中部水資源匱乏，因此眾多農林漁牧業者、工廠和自來水公司等業者，會以地下水作為替代水源，然而長期超抽的結果就成雲彰地區大規模地層下陷，加上每年的颱風衝擊，進而造成許多農業的損失。2001年的納莉颱風多處單日降雨量刷新歷史紀錄，除了造成北市市區嚴重受災之外，亦於中部彰化地區造成1,307公頃淹水面積，淹水深度最高達180公分；雲林地區淹水面積更高達4,670公頃，因內水宣洩不及導致淹水深度最深約120公分。2009年莫拉克颱風造成台灣有史以來最嚴重水災，南部5縣市更是重災區。雲林縣古坑鄉測得累積雨量高達1,952mm，造成彰化市淹水深度約60公分；雲林縣最大淹水深度發生於口湖鄉，淹水深度約為80公分。2015年蘇迪勒颱風之強風造成全台多處農作物嚴重受災，造成彰雲地區包括花生、水稻、蔥、韭菜、葡萄、結球白菜等農作物共計約4,566公頃受損，農作物的損害率高達42%。

然而，依據農委會歷年農業年報統計結果，造成臺灣農業損失的氣象災害類型主要為颱風、豪雨、寒害、冰雹、焚風、乾旱等，其中致災最為嚴重的事件為颱風和豪雨，分別佔據農作物經濟損失之76.7%和21.8%，且均與淹水災害

最為相關。因此，行政院農業委員為促進本區水土資源和諧利用，協助紓緩地層下陷，於2013年開始的八年計畫，優先於高鐵沿線地區推動「黃金廊道農業新方案暨行動計畫」，期望以節水、友善環境、提高農民所得的「樂活農業」為施政主軸，期望帶動當地農業經濟發展。本研究目的即為針於黃金廊道範圍內，受到地層下陷後與淹水潛勢之影響下，對黃金廊道內農田作物造成的災害情形進行潛勢評估，進而提供給相關單位作為防減災策略之規劃參考。

二、淹水對作物之影響

臺灣產值最高的前三大農產品類型，依序為果品、蔬菜、水稻(楊純明, 2010)，陳守泓等(2007)根據歷史資料統計出，中部地區之農業災害以颱風及豪雨為主，其中彰化、雲林為好發生地區，林學詩(2007)指出，造成蔬菜受損、產銷失調的農業氣象災害以颱風、雨害為主，因此黃金廊道區域的農業生產田區，是一個容易暴露於高風險環境的農業區。

臺灣西部地區降雨多發生在5月至9月，短延時強降雨及長延時豪大雨，常對作物生長發育引發障礙，除雨滴對於作物植株產生的機械性傷害外，地表過多的逕流水體亦會沖毀植株與田地。此外，由於氧氣在液體中的擴散效率遠低於在氣體中1,000倍(Armstrong, 1979)，因此土壤中

過多的水分將造成植物根部處在缺氧或低氧的環境，在此種湛水(waterlogging)的逆境下，植物細胞被迫由有氧呼吸，轉換成效率較低的發酵代謝途徑產生能量(Dennis *et al.*, 2000; Liao and Lin, 2000)，進而影響作物產量，根據彭德昌(2006)田間試驗結果，發現宿根性蔬菜龍鬚菜、韭菜、紅鳳菜經湛水 48 小時處理後，產量減少 25.5%至 59.2%。另一方面，作物在不同生育時期對湛水反應不同，甘藍生育後期受影響大，小胡瓜則在生育初期受影響較大(張志因與黃鵬，1995)，而大豆在營養生長期與生殖生長期皆易受影響(Oosterhuis *et al.*, 1990; Scott *et al.*, 1989)，過多的水分也會造成果樹裂果、落果的情形發生，影響品質及產量甚鉅(張致盛等，2009)，此外，淹水後如遇高溫高濕的耕作環境，也易助長疫病蟲害的發生(邱安隆與方尚仁，2009)。

除旱田作物外，部分溼地植物發展出能適應湛水環境的生存策略，產生及調控乙烯、ABA 等植物荷爾蒙(Liao and Lin, 2000; Jackson, 2008)，增加細胞通氣組織及不定根的發展，提高氣體交換效率。在淹水(submergence)的環境下，水稻則採取停止生長或節間伸長的逃離策略(Nishiuchi *et al.*, 2012)，面對植株完全或部分被洪水淹沒的逆境，雖然水稻能調適面對此種環境，但仍會對其生長造成影響，繆韋瀚等(2012)以臺灣慣用水稻品種臺稈 9 號、臺中秈 10 號及臺中秈 17 號為參試品種，發現淹水逆境抑制水稻分蘗能力，降低淹水後恢復生長時株高與分蘗之生長速率。

三、研究方法

針對近年黃金廊道灌區內之農作物因地層下陷可能增加之淹水衝擊，本研究須先針對彰雲地區之近年該區地層下陷的情況說明；其次是針對黃金廊道內重要農作物進行蒐整；接者，再針對「無」及「有」地層下陷的情況進行淹水潛勢模擬，文中選取 3 種不同的降雨情境(200 mm/day、350 mm/day、600 mm/day)各別討論；最後針對黃金廊道灌區內之各項重要經濟作物，進行淹水潛勢評估與建議。

3.1 地層下陷總量分析

依據民國 81 年至 101 年間之檢測資料顯示(洪志銘等，2014)，彰化地區最大下陷速率達每年 54 公釐，民國 81 至 90 年間，彰化地區以大城鄉為主要下陷中心，下陷量以扇形方式往外逐漸遞減；90 至 99 年間，下陷中心往內陸移動，近年下陷速率最大的地點出現於溪州鄉。

雲林地區民國 88 年之前，下陷中心位於沿海鄉鎮，88 年以後下陷中心集中於褒忠鄉、土庫鎮與元長鄉，目前整個雲林地區下陷的主要重點地區為虎尾鎮、土庫鎮、元長鄉與褒忠鄉等 4 個鄉鎮，近年(101 年)發生最大下陷速率約每年 7.4 公分，地點位於虎尾鎮。

3.2 雲彰地區之重要作物

依據農試所提供之彰雲「農地土地覆蓋圖-衛星及航照影像判釋成果」資料，其中因農試所針對各項作物調查的時間不同，其圖層的建置年份也不同。在彰化縣全部作物部份，應用圖層為水稻(2014，一期作)、毛豆(2013，一期作)、蔥(2011，裡作)、柑果類(2011)、番木瓜(2011)、葡萄(2010)；在雲林縣全部作物部份，應用分析的圖層為水稻(2013，一期作)、蔥蒜(2009，裡作)、毛豆(2011，一期作)、柑果類(2011)、茶樹(2011)、番木瓜(2011)。

依據上述農作物資料，彰化農耕土地面積最大的作物為水稻約佔 47.1%、葡萄約佔 2.1%、蔥蒜類約佔 1.0%、毛豆約佔 0.5%、及少部分的柑果類及番木瓜類(<0.1%)，其他作物約佔 49.3%(多為葉菜類)；雲林農耕最大農作面積亦為水稻，佔土地面積約為 34.8%、蔥蒜類約佔 7.0%、毛豆約佔 2.0%、茶樹約佔 0.3%、番木瓜類約佔 0.2%、及少部分柑果類(<0.1%)，其他作物約佔 55.8%(多為葉菜類)。然由於台灣淹水災情主要受到颱風和梅雨之影響，經常發生於每年 4 月至 10 月，於此期間內生長與收穫之作物易受到淹水衝擊，本研究將彰雲地區各農作物之生長週期整理如圖 1，藉以評估每年汛期之颱風豪雨對各項作物之影響程度。

由前述的分析中，彰雲地區主要作物皆以水

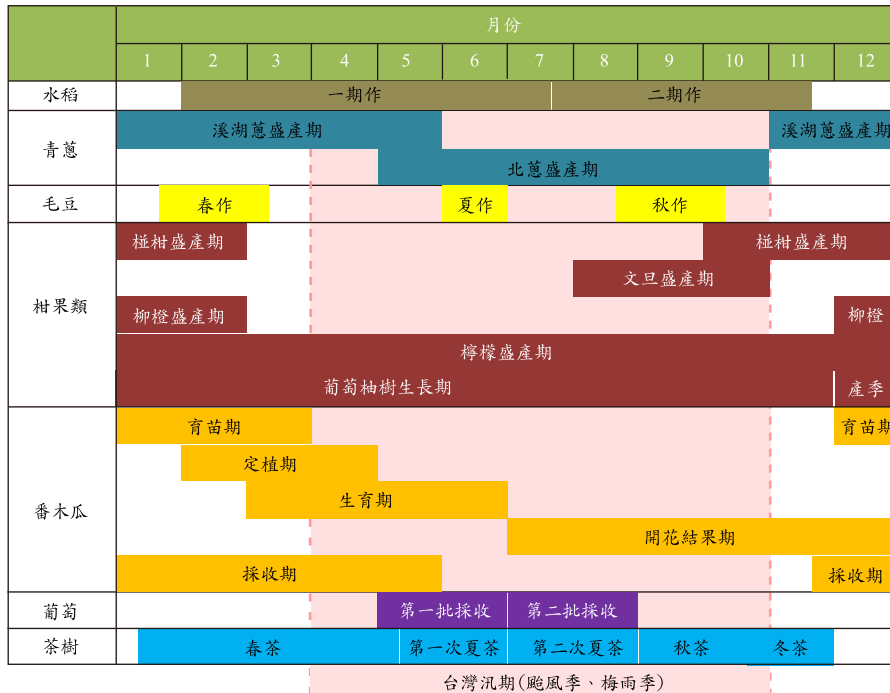


圖1 雲彰地區盛產作物甘特圖(本計畫整理)

稻為主。臺灣水稻生長期一期作為2月至7月上旬，二期作為7月下旬至11月。水稻依不同生長期依序為秧苗期、分蘗期、孕穗期、抽穗期、成熟期等。當汛期開始期(3至4月)，一期稻作生長正從秧苗期進入分蘗期，營養生長迅速，此時期的生長與每公頃穗數有關，若遭遇淹水災害，則會造成分蘗數減少降低產量(繆韋瀚等，2012)。至5月後，水稻進入成熟期，此時遭颱風豪風侵襲，將發生倒伏，甚至是穗上發芽的情況，毛豆在展葉期(V4期)與開花盛期(R2期)遭逢淹水，光合作用及固氮作用等生理機制受到影響，這些情形都會嚴重影響作物產量及品質。另外，青蔥及蒜類屬彰雲地區重要經濟的作物，蔥蒜類屬旱作不耐淹水，因此旱作宜以高畦搭配畦面覆蓋栽培為佳(林學詩，2007)，以降低淹水衝擊。

3.3 地層下陷之淹水潛勢模擬

本研究以2維零慣性波(non-inertia wave)傳遞理論為基礎(Yen, *et al.*, 2001)，利用2維交替方

向顯式(ADE)差分法建立2維地表漫地流數值模式，以模擬地表漫地流之水流動態、淹水範圍及淹水深度。模式並可納入降雨、入滲、重力排水、抽水站及河川溢堤等多項功能。前提假設為堤防均無潰決之情況下，並考慮區域排水以堰流方式排入主要河川。另外，本研究之模擬結果，亦依據經濟部水利署區域排水整治及環境營造計畫(104~109年)，將區域排水的量能亦納入分析。

研究中所使用之DTM資料係由國立中央大學太空及遙測中心提供，為民國89年的航照資料處理而得，網格為40公尺×40公尺，資料內容含各點之UTM國際座標與高程資料。

3.3.1 淹水模擬結果之驗證

本研究採用之二維淹水模式參數，例如曼寧糙度、排水出口堰尺寸、係數、以及外水位等，均以經濟部水利署規劃報告計算而得，以確保模擬結果之準確性。模擬結果顯示彰化淹水地區主要分佈在彰化市、花壇鄉三家春排水，員林鎮石筍排水，社頭鄉第二排水分線、田尾鄉海豐崙排

彰化地區民國81年至103年累積下陷量等值線

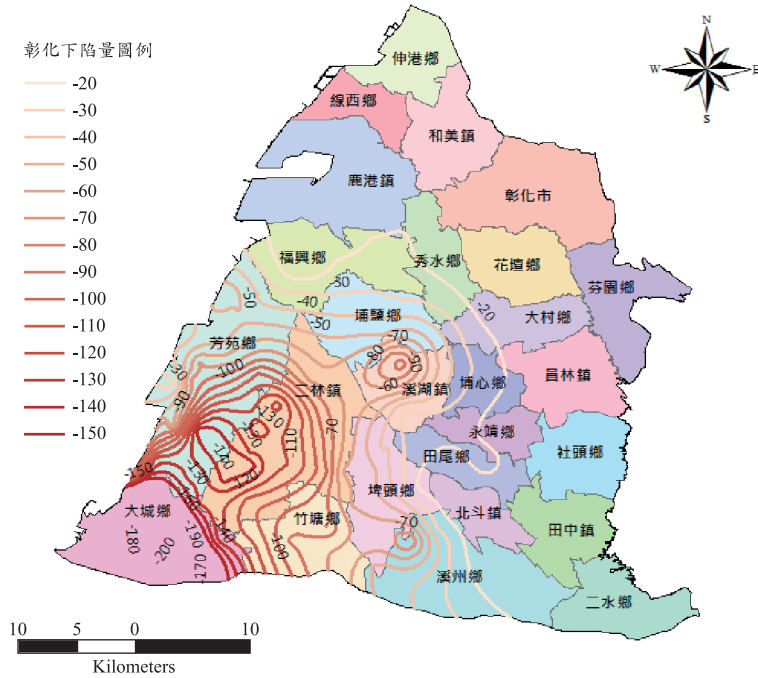


圖2 彰化縣歷年地層下陷量等值線圖(資料來源：水利署，本研究繪製)

雲林地區民國81年至103年累積下陷量等值線

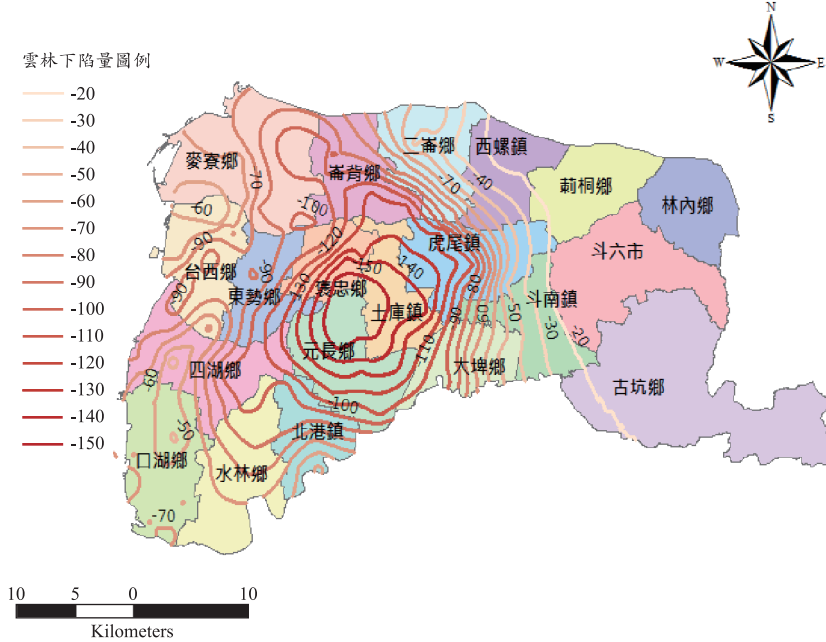


圖3 雲林縣歷年地層下陷量等值線圖(資料來源：水利署，本研究繪製)

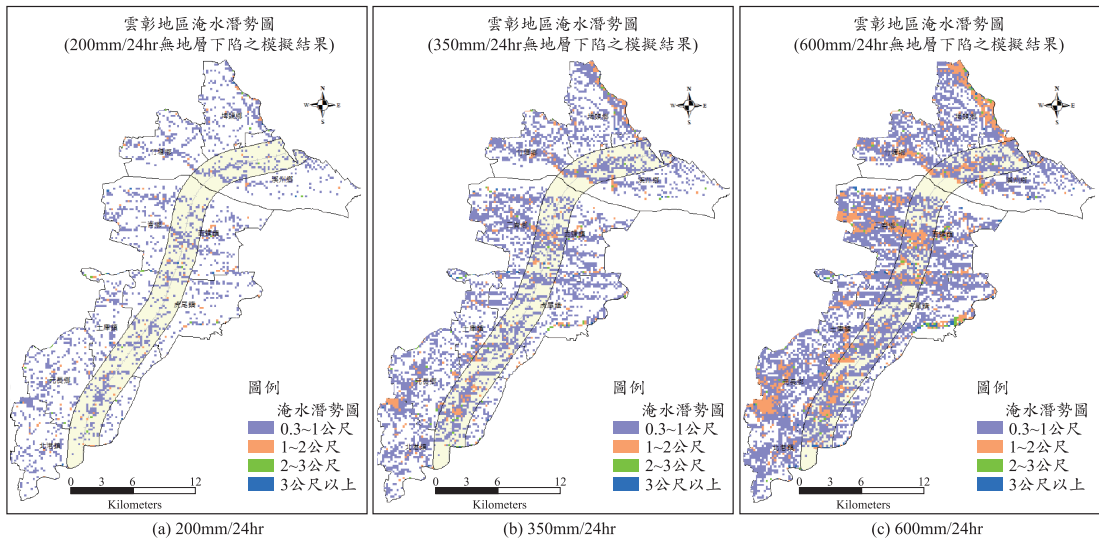


圖4 彰雲地區淹水模擬分析(對照組)

水、芳苑鄉新寶排水、二林鎮源成排水附近。雲林模擬淹水地區主要分布於大埤鄉及斗南鎮西臨北港溪地區、崙背鄉與二崙鄉之中北部地區、褒忠鄉與崙背鄉交界之新虎尾溪沿岸等低窪地區。模擬結果與彰雲歷年淹水調查範圍相比較相當接近，顯示本模式可提供可靠之淹水資訊。詳細的模式理論與校驗過程可參考彰化縣與雲林縣淹水潛勢資料(許銘熙，2001)。

3.3.2 不同降雨延時之淹水模擬

依據圖 2 及圖 3 的資料，水利署監測彰雲地區之地層下陷的時間是從民國 81 年開始，但由於本研究取得較完整具精確的 DTM 資料，係為中央大學太空及遙測中心於民國 89 年的經航照處理的資料，因此本研究比較地層下陷的時間即從 89 年至 103 年期間共 15 年，並將 89 年模擬的當成「對照組(Baseline)」，103 年加入地層下陷影響的結果視為「比較組」。在湛水時間而言，一般旱作淹水超過 24~48 小時後(Oosterhuis *et al.*, 1990; Scott *et al.*, 1989; Sesay, 2009)，就會對生理機制產生影響，導致發芽率減少、葉片黃化、豆莢及根系腐爛等，進而造成產量減少，因此本研究在模擬之設定均以 24 小時的淹水為分析標準，作為後續作衝擊的分析。

依據上述的資料，進行三種不同降雨模擬情境(200 mm/day、350 mm/day、600 mm/day)的淹水模擬。在設計雨型方面，彰化使用後安寮雨量站、雲林採用嘉義雨量站記錄，分別以其 24 小時延時颱風雨之無因次設計雨型，將上述三種不同總降雨量，依設計雨型之百分比予以分配逐時降雨量，可推得不同總降雨量下之逐時設計降雨組體圖。最後「對照組」模擬之結果呈現於圖 4。從圖 4 得知，隨著降雨量增加，淹水程度也隨之加劇，其中黃金廊道內局部地區也出現較高的淹水情況。

接著將地層下陷的影響加入分析，進行「比較組」的淹水模擬。不過，為了突顯「對照組」及「比較組」的差異，本研究特別以差異分析的方式，呈現彰化及雲林黃金廊道地區內受影響的情況，如圖 5 及圖 6 所示。

圖 5 為彰化地區之黃金廊道內「地層下陷量」與「淹水增加量」之分佈情況，此區下陷最嚴重的地點位於埤頭鄉、溪州鄉及竹塘鄉交界，最大下陷量為-70 公分，隨著降雨量的增加，此區亦是淹水差異量上增加較多的地區。

圖 6 是雲林地區之黃金廊道內「地層下陷量」與「淹水增加量」之分佈情況，下陷量最大的地

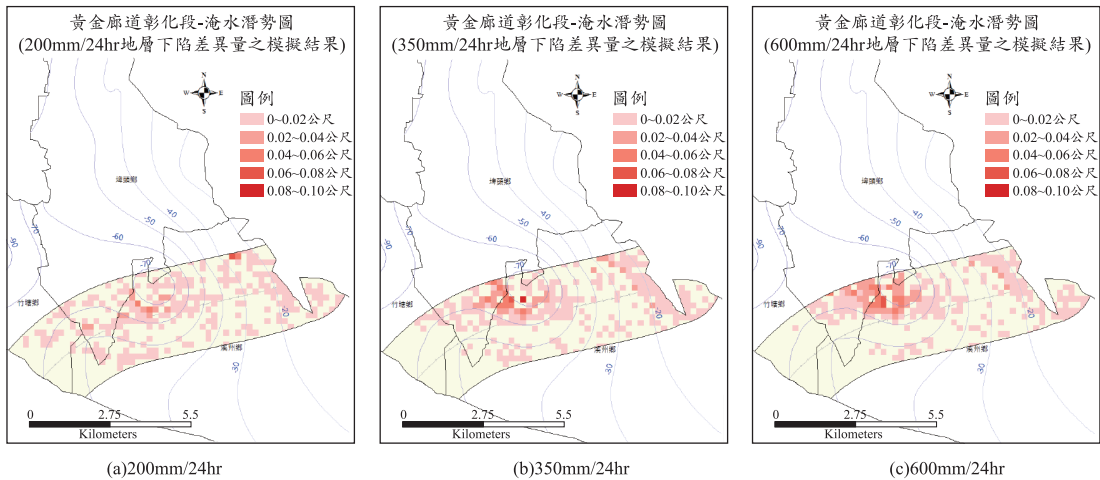


圖5 彰化地區黃金廊道內「地層下陷量」與「淹水增加量」之分佈圖

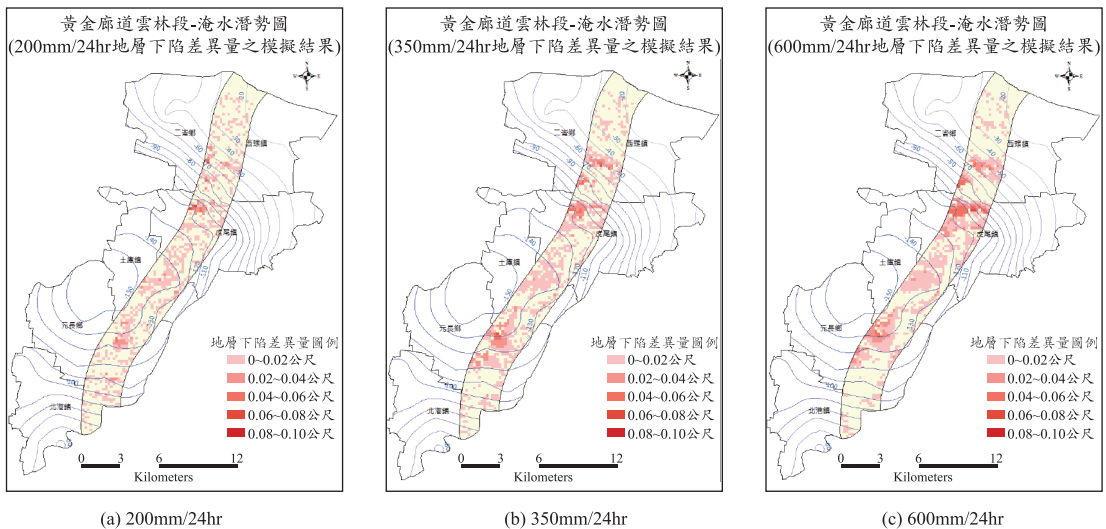


圖6 雲林地區黃金廊道內「地層下陷量」與「淹水增加量」之分佈圖

點位於元長鄉與土庫鄉交界處，最大下陷深度為-140公分至-150公分。然而因地層下陷而造成淹水高度增加的地點，除了下陷中心的元長鄉與土庫鄉交界處之外，局部地區如虎尾鄉北側、二崙鄉及西螺鄉南側交界處亦是淹水高度增量較多的區域。

四、黃金廊道內農作物之淹水衝擊分析

此節將依據 3 種不同降雨模擬情境(200

mm/day、350 mm/day、600 mm/day)，進行彰化地區黃金廊道內之特定農業區及一般農業區之淹水潛勢評估。其中由於本文受淹農地的計算方法是取「淹水範圍與農田的交集」，由圖 7 的資料顯示，區域排水或其他行水區的格網均無和農地交集，因此只要不是農地均會被排除，故本文計算農地淹水面積均是將行水區或區排扣除後的結果。再者，依據本研究實際調查的結果，現地農作物耕種的田埂或畦溝深度均會有 30~40 公

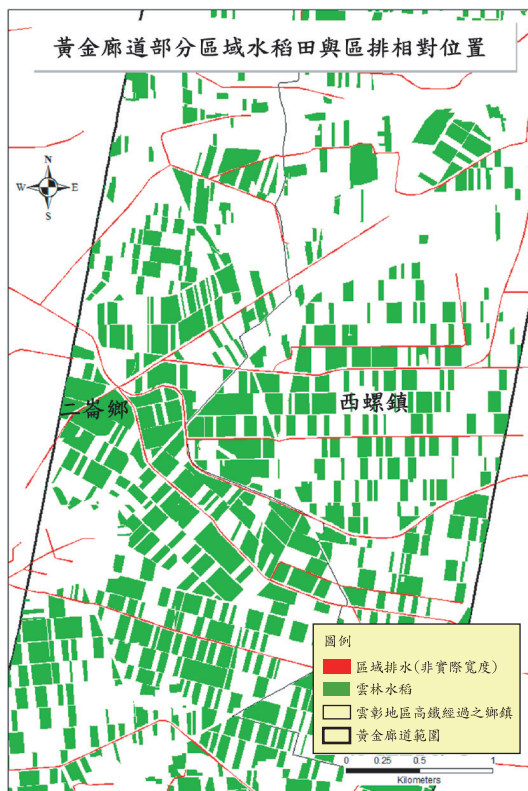


圖 7 黃金廊道部分區域水稻田與區排相對位置圖

分的高差，保護作物較不易受淹水影響。故本研究最後的模擬結果會再排除 30 公分以下的淹水地區，才進行後續分析。

4.1 黃金廊道彰化段的淹水衝擊結果

彰化縣主要作物以水稻為大宗，黃金廊道區段內水稻面積約 1,065.4 公頃，佔黃金廊道彰化段土地面積之 52.02%。由圖 8 可知黃金廊道內實際水稻分布的情況。接著再依據圖 5 彰化地區黃金廊道內「地層下陷量」與「淹水增加量」之模擬結果，套疊水稻圖資(如圖 8)後，不同降雨情境下之水稻淹水衝擊結果整理如表 1。

依據表 1 的分析得知，彰化水稻受淹水潛勢影響，「無」考慮地層下陷 200 mm/day 淹水潛勢淹水 30 公分以上之面積為 251 公頃；「有」考慮地層下陷 200 mm/day 淹水潛勢淹水 30 公分以上之面積 258 公頃，淹水面積增加 2.81%。在

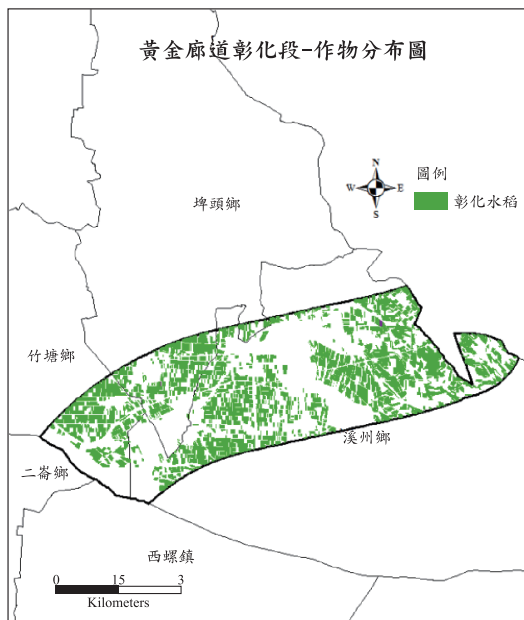


圖 8 黃金廊道彰化段-水稻分布圖

表 1 黃金廊道彰化段水稻之淹水衝擊分析

彰化段水稻田區	淹水潛勢(mm/day)		
	200	350	600
「對照組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	251	473	665
「比較組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	258	478	669
淹水面積增加比例(%)	2.81%	0.94%	0.52%

350 mm/day 淹水模擬分析部份，「無」考慮地層下陷 30 公分以上之面積 473 公頃；「有」考慮地層下陷 30 公分以上之面積 478 公頃，淹水面積增加 0.94%。最後在 600 mm/day 淹水模擬部份，「無」考慮地層下陷淹水 30 公分以上之面積 665 公頃；「有」考慮地層下陷 600 mm/day 淹水潛勢淹水 30 公分以上之面積 669 公頃，淹水面積增加 0.52%。由此可知，地層下陷的情況確會增加水稻受災的面積，但是隨著累積降雨量的增加，差異會逐漸不明顯。主要在於雨量 350 mm/day 及 600 mm/day 之降雨情境，無論有無下陷的情況，淹水災情均相當嚴重，因此地層下陷

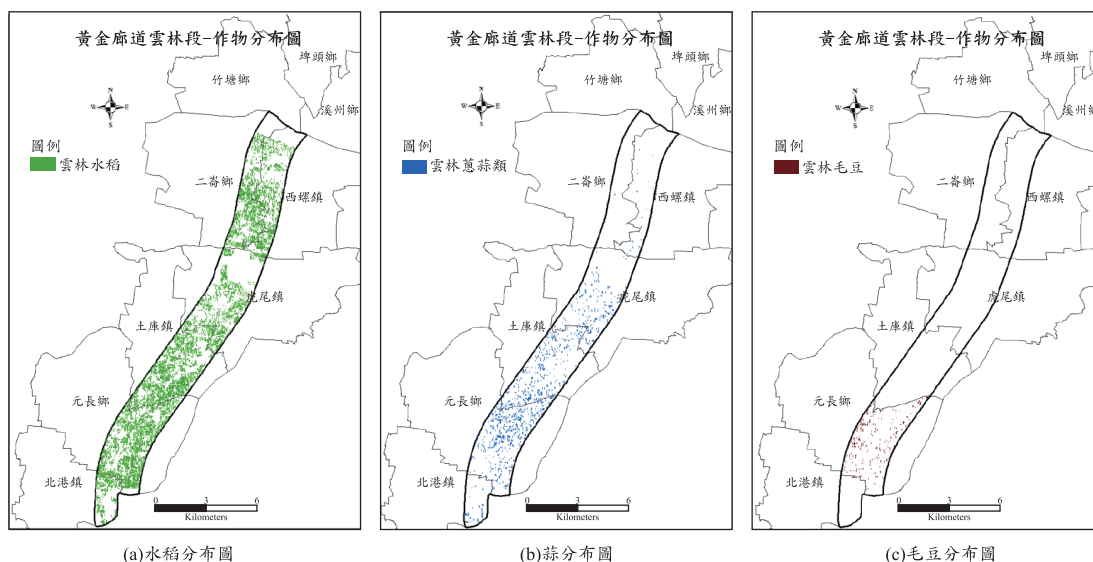


圖 9 黃金廊道雲林段-水稻、蔥蒜及毛豆分布圖

因素造成的淹水影響不大，與未下陷前的差異甚小。

4.2 黃金廊道雲林段的淹水衝擊分析

黃金廊道之雲林區段中，農業區面積約 6,258 公頃，佔該區黃金廊道面積 79.4%。其中依前文的分析，除了果樹及其他較不受淹水影響之作物外，主要易災作物即為稻米、蔥蒜類、毛豆，佔總農業區面積依次為 46.7%、7.4%及 1.5%。因此本研究雲林區段之黃金廊道最主要分析的農作物為稻米，亦是淹水面積最高的農作物，其次是高經濟價值的蔥蒜類及毛豆。黃金廊道內之各作物分布如圖 9 所示。

接著同樣依據圖 6 雲林地區黃金廊道內「地層下陷量」與「淹水增加量」之模擬結果，套疊作物圖資(圖 9)後，可求得各作物於 3 種降雨情境下之衝擊結果，分述如下：

4.2.1 水稻

依據分析結果(表 2)，雲林水稻受淹水之影響面積，於「無」考慮地層下陷 200 mm/day 淹水潛勢之淹水 30 公分以上面積為 717 公頃；「有」考慮地層下陷 200mm/day 淹水潛勢之淹水 30 公

表 2 黃金廊道雲林段水稻之淹水衝擊分析

雲林段水稻田區	淹水潛勢(mm/day)		
	200	350	600
「對照組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	717	1,307	1,878
「比較組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	704	1,320	1,887
淹水面積增加比例(%)	-1.81%	1.06%	0.51%

分以上面積 704 公頃，因地層下陷因素而增加淹水範圍之比例為 1.81%。在 350 mm/day 情境下，「有」考慮地層下陷之淹水 30 公分以上之面積為 1,320 公頃，因地層下陷增加影響範圍之比例 1.06%。最後在「有」考慮地層下陷影響，600 mm/day 淹水潛勢淹水 30 公分以上之面積 1,887 公頃；「無」考慮地層下陷淹水 30 公分以上之面積 1,878 公頃，影響範圍增加 0.51%。

4.2.2 蔥蒜類及毛豆類

依據統計結果(表 3)，在 200 mm/day 淹水情境下，因地層下陷造成之淹水面積將增加

表3 黃金廊道雲林段蔥蒜類之淹水衝擊分析

雲林段蔥蒜類田區	淹水潛勢(mm/day)		
	200	350	600
「對照組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	118	195	284
「比較組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	115	202	288
淹水面積增加比例(%)	-2.18%	3.48%	1.37%

表4 黃金廊道雲林段毛豆之淹水衝擊分析

雲林段毛豆田區	淹水潛勢(mm/day)		
	200	350	600
「對照組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	16	39	56
「比較組」淹水 30 公分以上面積(公頃)	13	40	58
淹水面積增加比例(%)	-16.66%	0.89%	2.38%

-2.18%；在 350 mm/day 淹水情境下，因地層下陷造成之淹水面積將增加 3.48%；最後在 600 mm/day 淹水情境下，因地層下陷造成之淹水面積將增加 1.37%。另外在毛豆的分析，依據表 4 的結果。在 200 mm/day、350 mm/day 及 600 mm/day 的淹水情境下，因地層下陷造成之淹水面積將增加的比例分別為-16.66%、0.89%及 2.38%。

4.3 黃金廊道淹水綜整衝擊分析

綜整上述兩縣市的分析結果，發現農作物的淹水面積與降雨量有正向顯著的影響，也就是說雨量愈大造成的受災面積愈大，特別是稻米影響最大。彰雲地區之黃金廊道內稻米合計總面積約 3,992 公頃，在 200 mm/day 的降雨情境下，稻米淹水面積合計為 968 公頃，受淹比例為 24%；在 350 mm/day 的降雨情境下，稻米淹水面積為 1,780 公頃，受淹比例為 45%；在 600 mm/day 的降雨情境下，稻米淹水面積合計 2,453 公頃，受淹比例為 61%。因此降雨量的多寡對於田區受淹

面積比例的影響是增加的趨勢。

但在雲林地區 200 mm/day 降雨情境下結果，無論是稻米、蔥蒜或毛豆卻是呈現負值，在淹水面積在 200 mm/day 的降雨情境下，淹水面積變化比例分別為-1.81%(少約 13 公頃)、-2.18%(少 3 公頃)及-16.66%(少約 3 公頃)。但進一步分析 200 mm/day 情境下之三作物淹水差異量為負值的主要原因，在於此 200 mm/day 降雨情境於雲林地區地層下陷所造成的淹水範圍大多分佈於 10~30 公分高度之間，但表 2、表 3 及表 4 的計算結果只考量 30 公分以上的淹水面積不易淹水(考量現地的畦田高度)，因此反應不出地層下陷的影響。但若比較 30 公分以下的面積(以稻米為例)，將發現 200 mm/day 情境下因地層下陷造成的淹水面積將比無下陷情況增加 2.87%，且增加淹水面積更比只考量淹水 30 公分以上情境下多 53 公頃，因此可以得知地層下陷擴大了 30 公分以下的淹水面積，但因本研究忽略 30 公分以下淹水的面積，因此 30 公分以上淹水面積反而呈現減少的比例。

五、結 論

行政院農委會劃定高鐵沿線左右寬各 1.5 公里範圍內的黃金廊道，進行地層下陷對於區內農作物之淹水衝擊分析。文中採用 3 種不同降雨模擬情境(200 mm/day、350 mm/day、600 mm/day)，進行彰雲地區黃金廊道內之特定農業區及一般農業區(共約 8,306 公頃)淹水潛勢評估，並以地理資訊圖層的呈現方式，討論農作物受災的分佈情況。然而，本研究考量多半農作物耕種的田埂或畦溝深度均有 30~40 公分，積水小於 30 公分的地區，較不易造成農作物受損，因此 3 種不同情境淹水模擬結果均會排除 30 公分以下的淹水地區，再進行分析。

依據不同降雨情境之分析結果，黃金廊道歷年地層下陷造成的效應，對區內農作物的淹水潛勢是「有影響的」。依據不同降雨的淹水模擬情境，對於受災面積最大的稻米，其受災淹水面積最大將增加 2.81%(彰化區段 200 mm/day 情境

下)；對蔥蒜類的影響，其受災淹水面積最大將增加3.48%(雲林區段350 mm/day 情境下)；最後對於毛豆類的影響，其受災淹水面積最大將增加2.38%(雲林區段600 mm/day 情境下)。唯本文的評估受限於現有農作物圖資，雖已包括重要農作物，但依據本研究現勘結果，黃金廊道內旱作輪耕的種類及頻率比預期來的高，未來可再加入此一課題加以探討，將可提升評估的準確度。

誌 謝

本研究感謝行政院農業委員會經費支持(104農科-1.2.4-科-a3)，使研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 林學詩，「蔬菜農業氣象災害與因應策略」，作物、環境與生物資訊，4：23~34，2007。
2. 邱安隆、方尚仁，「颱風災害後作物防疫之策略與措施」，天然災害作物復育之病害管理研討會專刊，65~70，2009。
3. 洪志銘、游景雲、葉長城、黃德秀，「我國地下水資源政策之研究」，國家發展委員會，台北市，2014。
4. 張志因、黃鵬，「浸水逆境對小胡瓜及甘藍生長及產量之影響」，花蓮區農業改良場研究彙報，10：63~78，1994。
5. 張致盛、陳怡靜、張林仁，「臺灣果樹農業氣象災害與因應策略」，作物、環境與生物資訊，6：61~71，2009。
6. 陳守泓、李炳和、姚銘輝、申雍，「中部地區農業氣象環境與災害發生潛勢分析」，作物、環境與生物資訊，4：345~352，2007。
7. 楊純明，「農業氣象災害之因應策略」，作物、環境與生物資訊，7：63~71，2010。
8. 彭德昌，「颱風災害後農作物之肥培管理」，花蓮區農業專訊，56：16~18，2006。
9. 繆韋瀚、郭介煒、張素貞，「分蘖期稻株生長對淹水之反應」，作物、環境與生物資訊，9：184~192，2012。
10. 經濟部水利署，「區域排水整治及環境營造計畫(104~109年)」，62，2014。
11. 許銘熙，「彰化縣淹水潛勢資料」，2001。
12. 許銘熙，「雲林縣淹水潛勢資料」，2001。
13. Armstrong, W., "Aeration in higher plants", *Advances in botanical research*, 7, pp. 225-332, 1979.
14. Dennis, E.S., Dolferus, R., Ellis, M., Rahman, M., Wu, Y., Hoeren, F.U., Grover, A., Ismond, K.P., Good, A.G. and Peacock, W.J., "Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants", *Journal of Experimental Botany*, 51, pp. 89-97, 2000.
15. Jackson, M.B., "Ethylene-promoted elongation: an adaptation to submergence stress", *Annals of Botany*, 101, pp. 229-248, 2008.
16. Liao, C.T. and Lin, C.H., "Physiological adaptation of crop plants to flooding stress", *Proceedings of the National Science Council, Republic of China. Part B, Life sciences*, 25, pp. 148-157, 2001.
17. Nishiuchi, S., Yamauchi, T., Takahashi, H., Kotula, L. and Nakazono, M., "Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice", *Rice*, 5, pp. 2, 2012.
18. Oosterhuis, D.M., Scott, H.D., Hampton, R.E. and Wulschleger, S.D., "Physiological responses of two soybean cultivars to short-term flooding", *Environmental and Experimental Botany*, 30, pp. 85-92, 1990.
19. Scott, H.D., DeAngulo, J., Daniels, M.B. and Wood, L.S., "Flood duration effects on soybean growth and yield", *Agronomy Journal*, 81, pp. 631-636, 1989.
20. Sesay, A., "Influence of flooding on bambara groundnut (*Vigna subterranea* L.) germination: Effect of temperature, duration and timing", *African Journal of Agricultural Research*, 4, pp. 100-106, 2009.

21. Yen, B.C., and Tsai, C.W.S., “Noninertia wave vs. diffusion wave in flood routing”, *Journal of Hydrology*, 244, pp. 97-104, 2001.

收稿日期：民國 105 年 2 月 19 日

修正日期：民國 105 年 6 月 2 日

接受日期：民國 105 年 6 月 7 日