

無線射頻辨識技術在基因轉殖作物生物安全管理之應用

曾清山¹ 陳森車² 關政平¹ 杜元凱¹ 陳涵葳¹ 吳明哲^{3,*}

摘要

曾清山、陳森車、關政平、杜元凱、陳涵葳、吳明哲。2014。無線射頻辨識技術在基因轉殖作物生物安全管理之應用。台灣農業研究 63(4):291–297。

無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification; RFID) 技術是一種將無線傳輸機制應用在標的辨識上的技術，透過微晶片標籤，可將資訊讀取連至後端資料庫，用以識別、追蹤與確認標的狀態。本研究目的是利用 RFID 技術在基因轉殖作物生物安全管理上，於各隔離設施出入口架設 RFID 設備，自動記錄基因轉殖作物進出過程與移動資料，透過網路即時傳送並儲存於後端資料庫。系統管理者可即時監控各項資訊，若有問題發生時，可迅速透過伺服器端之安全管理平台追溯並鎖定問題區域與事件發生時間。除及時掌控基因轉殖作物資訊外，並經由共同平台詳實記錄每一基因轉殖作物之轉殖品系、繁殖、遺傳性狀調查及生物安全評估等資料。可協助基因轉殖作物管理作業，減少基因轉殖作物外流之風險。

關鍵詞：無線射頻辨識、基因轉殖作物、生物安全。

前言

基因轉殖作物栽培不論種類、栽培面積及種植國家都逐年增加，然而各界對於基因轉殖作物及其產物在人畜食用安全性、基因污染及其他層面的生態環境安全問題仍存有疑慮，必須在特定的隔離試驗區進行相關的科學評估與研究，使其風險降至最低 (Chandler & Dunwell 2008)。國內生物技術進展迅速，陸續有轉殖不同基因之各種轉殖作物品系已開發成功。有鑑於此，政府於行政院農業委員會農業試驗所設置一處基因轉殖作物隔離試驗設施，包含密閉式溫室、半密閉式溫室、隔離溫室、隔離網室及隔離田，並且獲得農業委員會公告認可。隔離設施自 1997 年啟用以來陸續有水稻、木瓜、馬鈴薯、青花菜、香蕉、鳳梨、蝴蝶蘭、菊花等轉殖不同基因之轉殖品系，進行目標性狀評估與環境生態風險評估技術建立 (Chan *et al.* 2007; Tseng *et al.* 2008, 2012)。

各項隔離設施管理，主要是依據農委會農業試驗所「基因轉殖作物田間試驗作業管理規範」，來辦理基因轉殖作物試驗材料、人員、農機具及車輛出入之管制。然而各項進出資料龐大，單靠人力填寫紙本表格方式無法迅速登載安全管理記錄。況且每一隔離設施管制區均需配置管理人力，增加人事成本支出。無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification; RFID) 技術為近年發展應用非常迅速的一種無線通訊技術，主要是由讀寫器 (reader)、天線 (antenna)、電子標籤 (tag) 及應用系統 (application system) 等元件所組成，其操作原理如圖 1。讀寫器的天線發射一定範圍的無線電波，當電子標籤進入範圍內，讀寫器就能讀取電子標籤內所儲存的資訊，再藉由標籤所附帶的唯一序號提供給應用系統來進行分辨、管理及追蹤 (Yu 2007)。由於 RFID 能自動而快速地進行識別，同時具有非接觸式讀取、資料可更新、容量大的儲存資料、可重複使

投稿日期：2014 年 7 月 31 日；接受日期：2014 年 10 月 1 日。

* 通訊作者：wu@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所生物技術組技工。台灣 台中市。

³ 農委會農業試驗所生物技術組研究員兼組長。台灣 台中市。

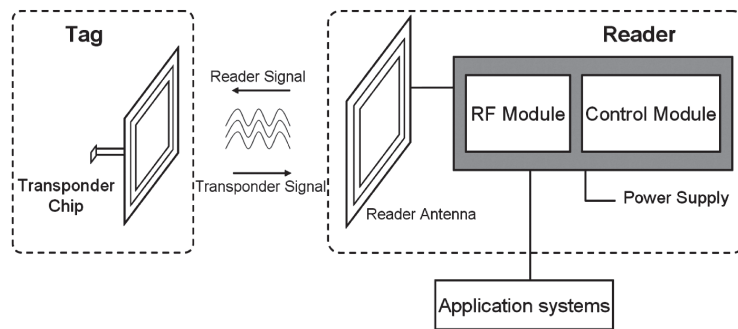


圖 1. 無線射頻辨識系統運作原理圖。

Fig. 1. The components of RFID system (Yu 2007).

用、可同時讀取多個辨識標籤及資料安全性佳等優點，使得無線射頻系統已經被應用在許多領域上，包括、醫療管理 (Macario *et al.* 2006)、倉儲管理 (Chow *et al.* 2006)、動物監控 (Kampers *et al.* 1999; Wang *et al.* 2006)、圖書管理 (Kern 2004) 與農產品管理 (Amador *et al.* 2009; Costa *et al.* 2013) 等。根據市調機構 IDTechEx (<http://www.idtechex.com>) 研究顯示，2014 年 RFID 市場將達 88.9 億元美金，2012–2013 年別為 69.6 億元與 77.7 億元美金。

本研究目的將應用無線射頻辨識技術在基因轉殖作物管理，協助各項隔離設施之基因轉殖作物試驗材料、人員、機具及車輛出入之管制、自動記錄進出過程與移動管理等履歷，以提高流程控管精準度，節省人力操作成本，進而提昇管理效率。除此之外，利用 RFID 記錄各項進出資料，可迅速追溯並鎖定問題區域及發生時間等，作為問題釐清與責任歸屬的依

據，有效減少基因轉殖作物外流之風險。

材料與方法

建置地點

本研究系統建置地點為農委會農業試驗所之基因轉殖植物田間試驗隔離園區 (TARI, 24°01'N, 120°41'E)，範圍包括密閉溫室、半密閉溫室、隔離溫室與隔離田。

系統評估

RFID 使用無線射頻的方式來進行辨識的工作，大致分成 (1) 低頻 (low frequency; LF); (2) 高頻 (high frequency; HF) 與 (3) 超高頻 (ultra-high frequency; UHF) 等三部份。每一種無線射頻都有其特性及適合應用的範圍，需考量設置地點的環境因素與管理物品的型態，選擇最適當的 RFID 架構 (表 1)。電子標籤以供電方式可以分成主動式標籤 (active

表 1. RFID 在各頻率之比較表。

Table 1. RFID frequencies comparison.

Item	Low frequency LF	High frequency HF	Ultra-high frequency UHF
Frequency	120–140 kHz	13.56 MHz	868–968 MHz
Multiple reads capability	Usually only single reads	Good	Excellent multiple reads capability
Data transmission rate	Slow data transmission rate	Higher data read rate than LF tags	Fast data transmission rate
Read field	Small Read Field, but easier to define – ideal for reading unique items at close range	Small Read Field, but easier to define – ideal for reading unique items at close range	Read field is much larger than LF or HF, but the radio waves can bounce off objects farther away. Excellent performance in environments with high tag density

tag)、被動式標籤 (passive tag) 與半主動式 (semi-active tag) 等 3 種。

由於 UHF 可一次讀取多個、縮短作業時間，透過非接觸式的感應方式，直接讀取訊息至資料庫內，辨識的速度快、距離長，同時可以讀取多個電子標籤，可減少人為疏失及人力操作，以提高工作效能。而被動式標籤技術成熟度較高、使用壽命可達 10 yr、尺寸較小、讀寫距離 3 m 以下。因此本系統採用 UHF 無線射頻及被動式電子標籤。

系統架構與規劃

基因轉殖作物生物安全管理系統架構示意圖如圖 2 所示，於各隔離設施出入口架設 RFID 設備及影像監控設備。利用 RFID 技術讀取基因轉殖作物試驗材料、人員及農機具之標籤資料，自動記錄進出過程與移動之時間資料，透過網路即時傳送並儲存於後端資料庫。RFID 感應到標籤資料同時啟動影像監控設備，即時記錄影像資料。系統管理者可即時監控各項資訊，若有試驗材料外流發生時，系統

管理者可迅速透過伺服器端之安全管理平台上追溯並鎖定外流區域與發生時間，以作為未來問題釐清與責任歸屬的依據。各階段作業流程如圖 3 所示，包括隔離試驗區使用申請、人員及基因轉殖作物 RFID 身份化、人員及基因轉殖作物安全管制與記錄、人員及基因轉殖作物資料追溯與查詢。

系統網頁

目前，最常用的 3 種動態網頁語言有 ASP (active server pages)、JSP (Java server pages)、PHP (hypertext preprocessor)。三者都提供在 HTML (hypertext markup language) 標記式語言中混合某種程序程式碼，由語言引擎解釋執行程序程式碼的能力。在 ASP、JSP、PHP 環境下，HTML 標記式語言主要負責描述信息的顯示樣式，而程序程式碼則用來描述處理邏輯。普通的 HTML 頁面只依賴於 Web 伺服器，而 ASP、JSP、PHP 頁面需要附加的語言引擎分析和執行程序程式碼。程序程式碼的執行結果被重新嵌入到 HTML 程式碼中，



圖 2. 本研究基因轉殖作物生物安全管理系統架構示意圖。

Fig. 2. The diagrams showing the framework of the transgenic crop biosafety management system in this study.

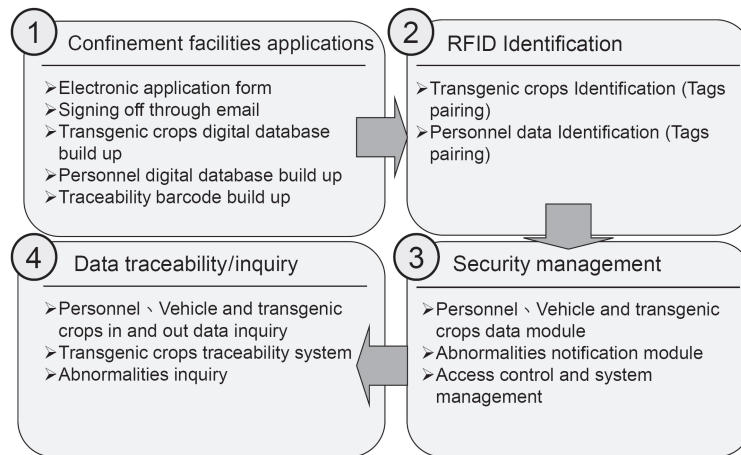


圖 3. 本研究基因轉殖作物生物安全管理系統作業流程示意圖。

Fig. 3. The diagrams showing the flowchart of the transgenic crop biosafety management system in this study.

然後一起傳送給瀏覽器。ASP、JSP、PHP 三者都是針對 Web 伺服器的技術，客戶端瀏覽器不需要任何附加的軟體支持。本系統開發工具與語言最後選用 PHP 5，係因安裝方便學習過程簡單，資料庫連接方便，相容性強，擴展性強，可以進行面向物件編程。PHP 5 提供了標準的資料庫介面，幾乎可以連接所有的資料庫，本系統資料庫為 SQL server。

結果與討論

系統功能說明

基因轉殖作物生物安全管理系統目前僅開放給相關研究人員申請(圖 4)，系統介面包括人員管理、影像監控管理、基因轉殖作物管理、各項申請單填寫及試區進出記錄查詢等五大項。人員管理介面提供使用建立會員基本資料，必須填寫姓名、單位、職稱、聯絡電話與住址。經申請核准後才能取得進入各項隔離試驗區的人員標籤卡片，未持有人員標籤卡片之非相關研究人員無法進入，以確保隔離試驗區基因轉殖作物外流之風險。影像監控管理介面提供各隔離設施出入口的即時影像資料及人員進出時的影像資料查詢，目前影像功能僅為監控及記錄用，未來將結合影像識別技術，即時進行人臉數目的計算，並確認接收到的 RFID 標籤數量與人臉數目是否相同，數量相同才會

開啟門鎖，不相同則會持續發出語音提示，請人員拿出 RFID 標籤，如此更能提昇人員的安全管理。

基因轉殖作物管理介面提供使用者建立新基因轉殖作物，填寫各項基本資料包含基因轉殖作物物種、轉殖系名稱、親本來源及單位數量等相關資料。利用清單選項可以查詢隔離試驗區所有基因轉殖作物的數量與進出時間，可以有效管理各個隔離試驗設施目前的使用情形。各項申請單填寫介面是將原本為紙本的申請單轉為電子化表單，包含隔離試驗區使用申請單、人員進出申請單、農機具放行單、出入場材料申請單及殘株處理報告單。透過電子化的表單輸入，節省填寫紙本表格的人力操作成本，提高流程控管精準度，進而提昇管理效率。隔離試驗區進出記錄查詢介面提供人員、試驗材料及農機具進出記錄查詢，若有試驗材料外流發生時，可迅速追溯並鎖定外流區域及發生時間等，作為問題釐清與責任歸屬的依據，有效減少基因轉殖作物外流之風險。

系統建置現況與效益評估

導入 RFID 技術，將有利於建立基因轉殖作物資料與追溯歷史資料，除了提供系統管理人員及時掌控基因轉殖作物進出資訊外，經由共同平台及 RFID 技術的應用，詳實記錄每一基因轉殖作物之轉殖品系資料、生產履歷，提

圖 4. 基因轉殖作物生物安全管理系統畫面及功能表。

Fig. 4. The homepage and menu of the transgenic crop biosafety management.

供研究人員建立基因轉殖作物隔離栽培、繁殖、遺傳性狀調查及生物安全評估等資料。其具體效益包含 (1) 節省人事成本由原來 5 人減至 2 人；(2) E 化管理資料完整性相對於紙本管理較容易保存且不易遺失；(3) 基因轉殖作物履歷追溯與資料查詢較簡單；(4) 基因轉殖作物外流風險相對於紙本管理比較低；(5) 相關技術可移轉至國內其他具有隔離設施單位應用如中興大學、中央研究院、亞洲蔬菜中心等。

基因轉殖作物管理系統雖然有效的節省人力成本，但在實際運用時仍遇到一些問題，如訊號干擾源問題：目前 RFID 技術仍無法保證能可一次讀取到所有 RFID 電子標籤的資訊，容易受到環境因子影響，有可能會因障礙物、金屬及水的反射干擾，而造成訊號的衰減降低定位精確度，且其讀取功率會隨使用時間增加而下降，導致其讀取無法達到 100%。另外，RFID 電子標籤雖然具有抗環境的耐性，但也無法保證永久不會損壞或者標籤遺失的可能，這是目前極具挑戰性且必須克服的問題。

結論

隨著國內生物技術進展迅速，已有許多轉殖不同基因之各種基因轉殖作物在農業試驗所基因轉殖植物田間試驗隔離園區進行評估試驗。積極應用資通訊科技來管制敏感試驗材料，協助提昇管理效率，降低基因轉殖作物外流的風險，是必然的策略。同時藉由基因轉殖作物管理系統詳實記錄每一基因轉殖作物之轉殖品系、繁殖、遺傳性狀調查及生物安全評估等資料，提供各研究單位開發基因轉殖作物後續之試驗研究平台。

誌謝

本研究感謝農委會資訊中心 E 化計畫 (100 農科-6.3.1-農-C2、101 農科-7.3.1-農-C21) 的支持，特表謝意。

引用文獻

Amador, C., J. P. Emond, and M. C. do Nascimento Nunes. 2009. Application of RFID technologies in

- the temperature mapping of the pineapple supply chain. *Sens. Instrum. Food Qual.* 3:26–33.
- Chan, L. F., W. P. Tseng, M. L. Wei, and H. Y. Lu. 2007. Plant growth and yield evaluation of phytase transgenic potato. *J. Taiwan Agric. Res.* 56:45–52. (in Chinese with English abstract)
- Chandler, S. and J. M. Dunwell. 2008. Gene flow, risk assessment and the environmental release of transgenic plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 27:25–49.
- Chow, H. K. H., K. L. Choy, W. B. Lee, and K. C. Lau. 2006. Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations. *Export Sys. Appl.* 30:561–576.
- Costa, C., F. Antonucci, F. Pallottino, J. Aguzzi, D. Sarriá, and P. Menesatti. 2013. A review on agri-food supply chain traceability by means of RFID technology. *Food Bioprocess Technol.* 6:353–366.
- Kampers, F. W. H., W. Rossing, and W. J. Eradus. 1999. The ISO standard for radiofrequency identification of animals. *Comput. Electron. Agric.* 26:27–43.
- Kern, C. 2004. Radio-frequency-identification in libraries. *Elec. Library* 22:317–324.
- Macario, A., D. Morris, and S. Morris. 2006. Initial clinical evaluation of a handheld device for detecting retained surgical gauze sponges using radiofrequency identification technology. *Arch. Surg.* 141:659–662.
- Tseng, C. S., M. T. Wu, H. C. Huang, M. H. Lai, and C. G. Chern. 2008. Field assessment of agronomic performance and biosafety of phytase-gene transformed rice. *J. Taiwan Agric. Res.* 57:175–182. (in Chinese with English abstract)
- Tseng, C. S., M. T. Wu, H. C. Huang, and Y. R. Lin. 2012. The green fence of Chinese hibiscus (*Hibiscus rosasinensis* L.) prevents pollen dispersal of transgenic rice (*Oryza sativa*). *Plant Prod. Sci.* 15:100–108.
- Wang, N., N. Zhang, and M. Wang. 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry- recent development and future perspective. *Comput. Electron. Agric.* 50:1–14.
- Yu, S. C. 2007. RFID implementation and benefits in libraries. *Elec. Library* 25:54–64.

Applications of RFID Technology for Transgenic Crops Biosafety Management

Ching-Shan Tseng¹, Sen-Ju Chen², Cheng-Ping Kuan¹, Yuan-Kai Tu¹, Hang-Wei Chen¹,
and Min-Tze Wu^{3,*}

Abstract

Tseng, C. S., S. J. Chen, C. P. Kuan, Y. K. Tu, H. W. Chen, and M. T. Wu. 2014. Applications of RFID technology for transgenic crops biosafety management. *J. Taiwan Agric. Res.* 63(4):291–297.

Radio Frequency Identification (RFID) is a technology that uses communication via radio waves to exchange data between a reader and an electronic tag attached to an object. The goals of this research were to improve the process control accuracy, save on labor operating costs, and thus enhance the management efficiency. Event triggered sensing and the use of information to log the access information platform to quickly trace and lock problem areas and time of occurrence. The study intends to use the multi-mode wireless automated identification transmission and tracking of transgenic crops in biosafety management, build transgenic crops database to provide data-based information to enhance gene transfer efficiency of transgenic crop management operations.

Key words: Radiofrequency identification, Transgenic crops, Biosafety.

Received: July 31, 2014; Accepted: October 1, 2014.

* Corresponding author, e-mail: wu@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellows, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Technician, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

³ Research Fellow and Director, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.