



◎ 陳蕙婷、莊璧華、蘇安國

台灣水牛 的遺傳多樣性

大家常聽到的牛叫聲「哞」，
其實對水牛來說可是外星語呢！
水牛的叫聲很特別且多變，
最常聽到的是帶著濃濃鼻音的「壞—壞—壞」的聲音。



新月狀長角



咽喉部及頸下端的白色山形條紋



膝與飛節以下全白



蹄大而平整

水牛和大家熟知的荷蘭乳牛與其他品種的肉牛，如黃牛、安格斯牛等，差異可是滿大的，牠們在生物學分類上是不同屬的物種喔！荷蘭乳牛、黃牛等肉牛是牛科牛屬，水牛則是牛科水牛屬。而且，兩者的叫聲也有很大的差異，大家常聽到的牛叫聲「哞」，其實對水牛來說可是外星語呢！水牛的叫聲很特別且多變，最常聽到的是帶著濃濃鼻音的「壤—壤—壤」的聲音。

最佳農友—台灣水牛

現代社會中的都市小孩，對本土優秀農民幫手的代表「台灣水牛」已感到陌生了。世界上現存的水牛屬，主要有兩種不同

染色體對數的型別。一種是河川型水牛（river type, $2n = 50$ ），是水牛中的乳、肉兼用品種，部分可供役用。另一種是沼澤型水牛（swamp type, $2n = 48$ ），是役、肉用品種。

台灣水牛是屬於沼澤型水牛，牠們在外觀上有幾大特色：一對粗壯且長而向後彎曲的新月狀長角；咽喉部與頸下端各有一條白色山形條紋；尾巴短，不超過飛節，膝與飛節以下全是白色；蹄大而平整，行走於水田或沼澤時較不易下陷，適合在水田中工作。水牛是群居動物，白天時，牠們會集體行動，一起吃草和泡水。夜晚時，牠們會圍繞成圈，牛頭向外警戒，彼此互相保護。



水牛是群居動物，白天時，牠們會集體行動，一起吃草和泡水。夜晚時，牠們會圍繞成圈，牛頭向外警戒，彼此互相保護。（圖片來源：種子發）

水牛天生愛泡水，因為牠們的汗腺不發達不易散熱，泡在水裡可以大大減緩熱緊迫。除此之外，牠們也很愛在泥水裡打滾，藉由泥巴附著在牠們的皮膚上，不僅可以防曬還可以防堵體外寄生蟲寄居，實在是一舉兩得！

台灣水牛是先民於 16 世紀自廣東、福建引進台灣進行耕作。台灣光復後，政府曾頒布「耕牛保護措施」，明令規定耕牛未滿 13 歲齡不得屠宰肉用。二次大戰後國際上也有相關保護措施，規定未滿 7 歲的雌牛禁止屠殺。在台灣農村，曾流通一句

閩南諺語：「死豬全家福，死牛全家碌。」就可看出農耕水牛在農民心中占有很高的地位。

台灣地區水牛在光復初期快速增加，在 1960 年的全盛時期有 32 萬頭。但隨著工業起飛與農業機械化轉型，台灣的水牛頭數日漸減少。除了固有農村文化不吃水牛肉的背景外，水牛生長速度、繁殖效率等都比不上其他牛種，因此不易轉型為僅以生產水牛肉供消費者使用，導致目前台灣在養水牛頭數僅兩千餘頭，而且持續減少中。

在水牛的保種工作中，不僅要了解該群水牛的遺傳特質，更重要的是建立這群水牛的遺傳多樣性。

在育種選拔的過程中，不斷選留特定性狀與淘汰不符合經濟效益的個體，造成經濟動物的遺傳多樣性消失的速度並不亞於野生動物。

為保存珍貴的畜產資源，行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場（以下簡稱花蓮種畜繁殖場），於 1981 至 1984 年間，自花蓮縣玉里與富里、台東縣成功與池上、台北縣五股、台南縣及新竹縣等地共引進 39 頭母水牛及 2 頭公水牛，並於 1987 年正式成為國家級保種族群。這族群在花蓮種畜繁殖場已飼養 20 年，具有區域適應性並保有其族群遺傳特質。

遺傳多樣性的監控與維護

說到遺傳特質，大家一定要認識遺傳學之父—孟德爾先生。「孟德爾遺傳理論」清楚闡述了生物的簡單遺傳概念，即單一基因座的對偶基因型態調控了生物的外表型態。舉豌豆種皮例子來說，控制其表型的對偶基因「RR、Rr 及 rr」，分別表現出「皺種皮、皺種皮與光滑種皮」3 種外表型態，稱為質量性狀。然而生物體的遺傳表現並非都是如此簡單，像是身高、體重、胸圍等，都是由許多基因座共同調控，不同型態的基因組合控制了不同程度的表現，因此外表型態是連續性的變化，稱為數量性狀。

在花蓮種畜繁殖場的水牛保種工作中，不僅要了解該群水牛的遺傳特質，更重要的是建立這群水牛的遺傳多樣性。隨著環境氣候改變與人類文明演化進步，地球上已有數量眾多的物種走向滅絕，當野生動物不能適應居住環境的變遷，常造成物種數量急遽減少而導致容易絕種。可能是

因為該物種族群在演化生存過程中，慢慢喪失了遺傳多樣性，一旦地球環境急遽變遷時，該物種在沒有足夠遺傳多樣性的情況下，導致沒有個體可適應環境，最終走向物種滅絕的路。

然而不僅野生動物需重視遺傳多樣性，在經濟動物上也一樣重要。在育種選拔的過程中，為了擴大經濟利益，不斷選留特定性狀與淘汰不符合經濟效益的個體，造成經濟動物的遺傳多樣性消失的速度並不亞於野生動物。

為避免本土生物台灣水牛的遺傳特色消失，除了維持一定數量族群的保種工作項目外，利用分子遺傳標幟進行族群多樣性的監控與維護，避免因封閉配種而造成過度近親也是重要的工作項目。監控的標幟有：

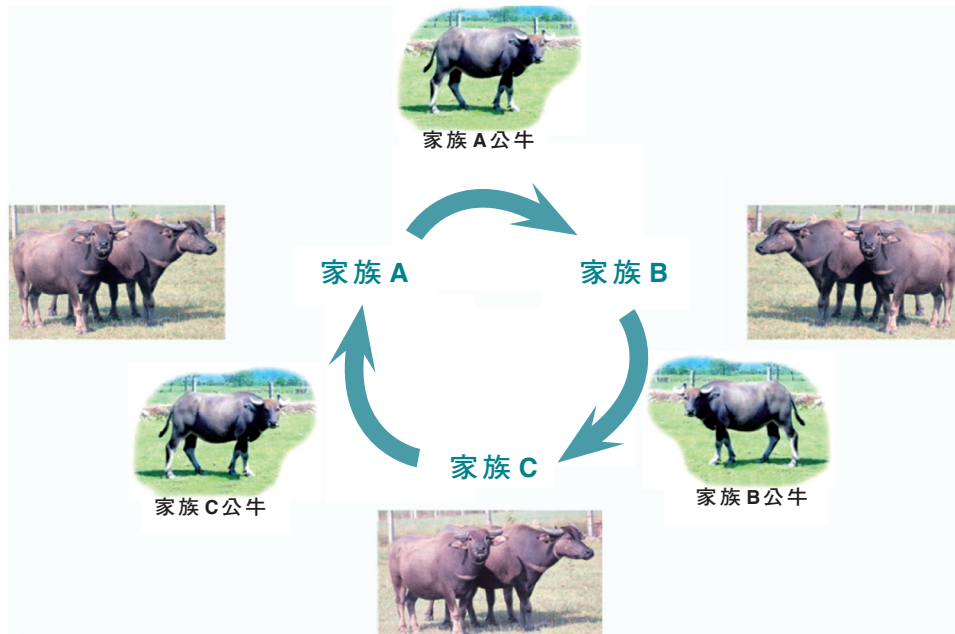
微衛星標幟 是基因組中以 1 ~ 10 個短片段核苷酸為單位的重複序列，又稱簡單重複序列或短縱列重複序列，大多位於基因組中的非轉錄區域，不易影響生物外表型，具有高度個體特異性且能穩定遺傳，常應用於家畜遺傳育種、類源分析、遺傳結構等分析。

粒線體 DNA 是封閉的環狀雙股 DNA，經由雌性動物卵細胞遺傳給子代，可自行複製，具有演化快速、種間差異大、族群內穩定性高、母系遺傳等特性，可用來探討動物種族或族群間的歧異度、親緣關係及物種演化上的關聯性。

除了上述的監控標幟外，還需搭配系譜資料與配種制度來完善維護遺傳多樣性

為避免台灣水牛的遺傳特色消失，除維持一定數量族群的保種工作外，利用分子遺傳標幟進行族群多樣性的監控與維護也是重要的工作。

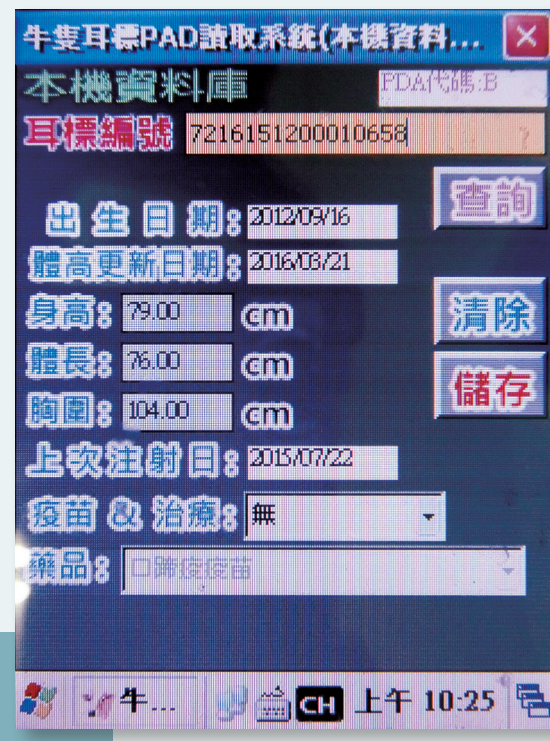
輪迴制度圖



的策略。花蓮種畜繁殖場運用輪迴配種系統減緩水牛族群近親程度上升的速率，實際運作方式是利用分析監控標幟基因的結果，把花蓮種畜繁殖場水牛群分成3個家族，選取不同家族的種公牛和自家家族母牛自然配種。下一次配種時，選取順時鐘順序的下一個家族的種公牛與自家家族母牛自然配種，如此周而復始以維持族群的高雜合度。

提升台灣水牛的性能

在機械設備自動化的時代，無線射頻系統（radio frequency identification, RFID）被廣泛利用，如捷運悠遊卡、門卡、農產品產銷履歷等。它以射頻訊號用無線方式傳送與接收數據資料。花蓮種畜繁殖場導入了RFID 超高頻電子耳標，作為水牛個體識別系統，並搭配客製化個人數位助理讀取電子耳標，以記錄水牛體型、疫苗注射等資料。



個人數位助理的資料畫面



自動電子地磅系統

此外，建置了 RFID 自動電子地磅系統。這地磅主體可承受牛隻重量高達 1.2 噸，在有效判讀水牛 RFID 電子耳標的同時，擷取過磅牛隻照片與過磅重量，並與後端 SQL 資料庫連線，自動化回傳資料庫，並記錄水牛體重。

花蓮種畜繁殖場在以水牛自動化飼養管理系統保育繁殖台灣水牛時，除了以傳統法的外表型選育下一代水牛外，還輔以新興技術的分子標幟選拔。利用個體基因組變異分析，了解特定基因標幟，並評量其與特定外表型性狀之間的關聯性（如生長性狀、抗病性、產乳量等），依序進行水牛子代的選拔與性能監控。其最終目的是在維持該群水牛族群遺傳多樣性之餘，提升台灣水牛族群的整體性能表現。

遺傳多樣性的展望

近年來，花蓮種畜繁殖場陸續建立了台灣水牛族群分布情況、生長及繁殖性狀紀錄、分子標幟的選育等資料，發現水牛的生長與繁殖性狀經選拔後，外表性狀的表現逐漸穩定且正向成長。然而，目前族

群的遺傳多樣性仍有逐漸降低的趨勢，可能是因近親配種所導致，或可能由於牛隻淘汰，遺傳多樣性隨之降低而造成。

因此，花蓮種畜繁殖場把這群水牛遺傳結構研究的結果，當作台灣水牛生物多樣性流失風險的評估指標，並努力推廣在地物種，冀望民間牧場參與分散保種的工作。花蓮種畜繁殖場未來會針對提升台灣水牛的飼養經濟效益，與擴大末端消費者市場的目標進行研究推廣，以增加農民飼養繁殖台灣水牛的意願。

陳蕙婷、莊璧華、蘇安國
農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場