

人工輔助生殖技術 在畜產經濟動物之應用

撰文 | 畜產試驗所 蘇聖分、陳裕信

前言

隨著畜產生物科技的進步，人工輔助生殖技術（Assisted Reproductive Technologies, ARTs）已成為現代畜牧產業中不可或缺的繁殖技術。這些技術不僅能加速優良基因的延續，提高畜產品的品質與產量，也能在稀有品種保育與疾病預防控制方面發揮關鍵作用。在臺灣及世界各地，面對畜牧業的經濟壓力、土地資源有限與氣候變遷帶來的挑戰，人工輔助生殖技術的應用為產業提供了永續經營的新契機。本文將探討經濟動物的人工授精、活體取卵、體外受精及胚胎移植等主要益處之操作與實際應用狀況，及在牛、豬、羊等主要經濟動物之未來發展趨勢。

人工輔助生殖技術之概述與應用

人工輔助生殖技術泛指動物在自然交配之外，利用人為方式促進或完成動物繁殖過程的各項技術。這些技術的益處、應用及限制因素如下：

一、人工授精

（Artificial Insemination, AI）

採集公畜精液經稀釋處理後，於發情母畜以人工的方式將精液輸入其生殖道內，使精液與卵母細胞在母體內完成授精。

益處

- ① 防疫安全性高：可避免自然交配所造成的生殖道疾病或傳染病蔓延。
- ② 基因快速擴散：能使優良公畜的遺傳特性快速傳遞至更多後代，提高群體品質。
- ③ 降低飼養成本：減少公畜在養頭數與過度使用，節省場內飼養空間與成本。
- ④ 育種選拔效率提升：在短時間內可產生更多同源後代，增加選拔強度，有助於優秀品系的建立。
- ⑤ 精液冷凍保存：藉由冷凍保存技術，能長期保存優良公畜精液，利於遠距授精與遺傳資源保存。

應用

- ① 乳牛：普遍應用冷凍精液與繁殖紀錄系統，可有效提升乳牛的年產乳量，同時改善乳房健康與體型結構。
- ② 豬隻：已廣泛應用於商業繁殖場，可透過選擇優良公豬進行品種改良，同時減少公豬飼養數量以降低成本。每次授精均使用一次性器具，並在稀釋精液中添加抗生素，以防止病原感染。

限制因素

- ① 母畜發情監測不易：人工授精成功率高度仰賴準確掌握母畜發情期，若偵測不準，將降低授精時機的精確性與受胎率。
- ② 設施基礎不足：人工授精的成功仰賴精液採集、冷凍保存與運輸的完善設施。然而，多數中小型畜牧場缺乏恆溫保存設備與專用實驗空間，導致精液品質及授精效率難以穩定維持。
- ③ 管理制度與技術人力不足：現行多數畜牧場仍以人工觀察判斷母畜發情，缺乏精準監測與數據管理系統，導致授精時機難以掌握，影響受胎率。此外，專業技術人力不足，使人工授精的標準化操作與紀錄管理推行受限。以民國110年蘭嶼豬保育為例，農業部畜產試驗所與臺北市立動物園合作，利用低電壓

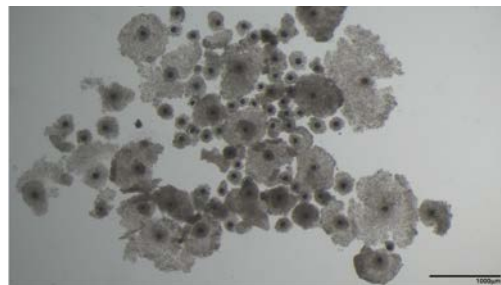
電擊採集公豬精液冷凍保存，待母豬發情時進行授精，成功誕生健康仔豬。此案例顯示，人工授精除能提升繁殖效率外，亦為保育遺傳資源與維護物種多樣性的關鍵技術，但其成功仍需仰賴完善設施與管理制度。

二、活體取卵 (ovum pick up, OPU)

利用超音波輔助器具，將採集器透過陰道壁，插入卵巢表面，將濾泡中的液體取出。

益處

- ① 可從尚未發情的母畜或年輕動物採卵：不受母畜發情週期限制，能提前利用優良個體的遺傳潛力。
- ② 取得品質較佳的卵母細胞：年輕或健康動物所取得的卵母細胞品質通常較佳，有助於提升後續體外培養與受精的成功率。

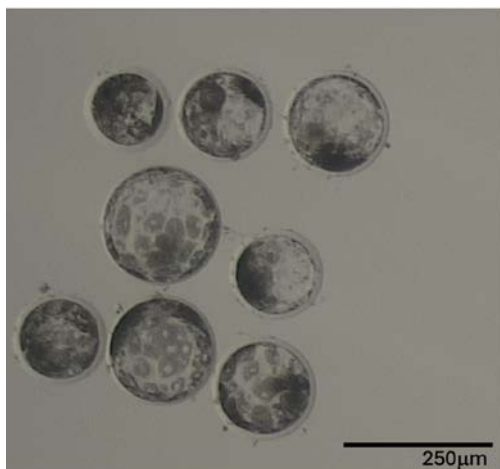


卵母細胞（豬）。

- ③ 可結合玻璃化冷凍技術保存卵母細胞：方便長期保存優良基因，並可

作為建立遺傳基因庫與進行品系保種的重要工具。

- ④ 可搭配體外受精（IVF）與胚胎移植（ET）技術：卵母細胞在體外受精後發育成囊胚，隨後將其移植到代理孕母的子宮中以完成妊娠。



囊胚（豬）。

- ⑤ 能短期內增加優良種畜數量：有效縮短世代間距，提升育種效率，並加速優良遺傳性狀在族群中的擴散。

應用

OPU 技術在乳牛中較為常見，主要應用於優良母牛卵母細胞的採集，進而進行體外受精（IVF）與胚胎移植（ET）。在動物繁殖方面，OPU 技術在歐美國家及日本已普遍使用，相較於臺灣因會操作 OPU 之專業技術員較少，且酪農朋友對於此技術也較陌生，故在國內尚未。

限制因素

- ① 操作需高端技術與儀器：須以超音波導引針具穿刺卵泡採卵，操作人員需具專業訓練。
- ② 設備成本高昂：需搭配超音波儀器、真空抽吸系統及無菌操作環境，中小型牧場難以自行負擔。
- ③ 採卵成功率受母畜狀況影響：包括卵巢功能、收集卵時機、飼養管理與營養狀況等。
- ④ 卵母細胞品質變異大：若收集卵頻繁或操作不當，可能造成卵巢損傷，影響後續繁殖。
- ⑤ 需完善的後續技術支持：整體流程須結合體外成熟、體外受精與胚胎培養等環節，並需在具備完善設備與無菌條件的實驗室中進行，以確保技術操作的穩定性與成功率。

三、體外受精 （In Vitro Fertilization, IVF）

於體外將卵母細胞與精子進行受精，經體外培養後移植至母體內。

益處

- ① 可增加受精卵數目：透過體外環境進行受精，可同時培育多個胚胎，進而提升可供胚胎移植（ET）使用的胚胎數量，有效提高整體繁殖效率。
- ② 提升胚胎移植操作之彈性：可依繁殖目標選擇適合的胚胎品質與最佳

移植時機，並有助於胚胎在不同品系、時期或地區間的靈活利用與長期保存。

- ③ 可利用年輕母畜之卵母細胞：無需等待母畜完全性成熟即可進行採卵，從而提前發揮其優良遺傳潛力。
- ④ 有助於縮短世代間距：可加速優良遺傳基因向下一代的傳遞，從而提升整體育種改良的速度與效率。

應用

IVF 技術主要應用於優良動物的繁殖改良，結合活體取卵（OPU）與胚胎移置（ET）技術，可加速優良遺傳基因的擴散。農業部畜產試驗所已成功建立牛隻與豬隻的體外受精及胚胎培養體系，並應用於繁殖生物學研究與品系保種。然而，由於此技術操作成本高且成功率仍有限，目前在臺灣的實際應用仍不普遍。

限制因素

- ① 技術與設備要求高：體外成熟、受精與胚胎培養過程需在嚴格控制條件下進行，須具備完善的實驗室設備與專業操作人員。
- ② 卵母細胞品質受多因子影響：採卵時機、母畜健康狀況與飼養條件等均影響卵母細胞成熟度與受精率。
- ③ 胚胎發育成功率不穩定：不同物種間體外受精後的胚胎發育率差異

大，需持續調整培養條件。

- ④ 成本較高、產業化程度有限：因設備、耗材與技術維護成本高，目前多以研究與示範為主，尚未全面商業化。
- ⑤ 技術整合需求高：須與活體取卵（OPU）、胚胎移置（ET）等技術配合，整體流程繁複且成功率受多方面因素影響。

四、胚胎移置 (Embryo Transfer, ET)

將合適且優良之胚胎，移置到代理孕母體內之技術。

益處

- ① 提高繁殖效率：一頭優良母畜可在短期內生產多頭後代，大幅增加優良基因傳遞的速度。
- ② 減少疾病傳播風險：胚胎經清洗處理後再移植，可降低生殖道疾病與病毒感染。
- ③ 保存遺傳資源：胚胎可經冷凍保存，用於基因庫建置及珍稀品種的復育，進而有助於族群重建與品系保種工作。
- ④ 加速育種與改良：結合人工授精（AI）與體外受精（IVF）技術，可有效縮短世代間距，並快速提升整體群體的遺傳品質。
- ⑤ 提高優良種畜利用率：可減少對公畜與母畜的重複配種壓力，進而降



低飼養成本並減少遺傳退化的風險。

應用

- ① 乳牛：為最普及的應用領域，透過超級排卵與胚胎移置技術，可加速優良乳牛遺傳基因的傳播，提升乳量、乳質、體型及繁殖性能。農業部畜產試驗所已建立穩定的操作系統以支援此技術的應用。
- ② 豬隻：主要以研究與示範為主，用於優良品系的保種與疾病防控。結合體外受精（IVF）與胚胎冷凍保存，可建立種原基因庫，保護與管理優良遺傳資源。

限制因素

- ① 技術門檻高：胚胎移置操作需由具備專業技術的人員執行，包括超級

排卵、胚胎採集及移植等程序，以確保整體流程的精確性與成功率。同時，必須有精確且完善的時間規劃，任何時程掌控不當都可能影響胚胎移植的成效。

- ② 設備與成本昂貴：整套技術流程須在設備齊全、條件受控的實驗室中進行，對中小型畜牧場而言，獨立建置與維持成本較為困難。
- ③ 胚胎品質與成孕率變異大：胚胎保存與移植條件稍有誤差，成孕率即大幅下降。
- ④ 代理母畜管理複雜：必須嚴格管控供胚與受胚母畜的發情週期同步性，若時間不同步，會導致胚胎的著床率與受胎成功率降低。

綜合上述各項技術在操作難度、成本、成功率及應用範疇上皆有所差異（如下頁附表），而在實際應用中，往

常見人工輔助生殖技術比較表

技術名稱	操作難度	成本	成功率
人工授精（AI）	中	低	高
體外受精（IVF）	高	高	中
胚胎移植（ET）	高	高	中
卵母細胞收集（OPU）	高	高	依卵品質

往採多種技術相互結合運用，以提升繁殖效率、加速基因改良進度，並確保生產的安全性。

未來展望與挑戰

目前臺灣畜牧業的人工生殖技術以人工授精（AI）最為普及，廣泛應用於乳牛、肉牛、豬及禽類產業。透過冷凍精液保存與遺傳評估系統，有效提升繁殖效率並加速遺傳改良。近年隨著生物技術進步，胚胎移植（ET）、體外受精（IVF）及活體取卵（OPU）等進階技術亦逐步導入，應用於優良基因擴散與品種保育。乳牛業運用AI加速遺傳改良並提升乳量與乳質；豬隻產業則藉AI降低公豬飼養成本並提高操作效率。然而，受限於高昂設備成本、技術人力不足與成功率不穩，進階技術仍多停留於試驗階段。而其未來展望與挑戰如下：

一、技術與資訊整合

各技術的相互結合搭配智慧農業

整合人工智慧將成為未來精準繁殖管理趨勢。

二、道德與法規問題

雖然技術帶來效率與經濟效益，但過度使用基因篩選與性別選擇將觸及動物倫理與社會討論，需建立相應規範。

三、技術普及性

中小型畜牧場受限於技術能力與設備，普及率仍有待提升。建議由政府推動人才培訓與技術輔助來提高技術及使用意願。

結語

人工輔助生殖技術在畜產經濟動物上扮演重要的角色，尤其是應用在乳牛與豬隻的產業已成趨勢。這些技術不僅促進基因改良，也提高經濟動物生產效益。但需謹慎面對動物倫理爭議與技術濫用的風險。未來，透過智慧農業整合人工智慧技術，人工生殖技術在畜牧產業勢必能將更加精準與多元的應用。🌱