如何延續畜禽小族群的遺傳多樣性

畜試所東區分所於2022年因禽流感，所有種鴨遭防疫處置。為重拾鴨隻研究應用，需從先前技轉種鴨場以種蛋方式分批引回8個命名品系。受限於時限、設備、場地，每個品系引回數量僅有100-150隻，且無系譜或分群資訊，該讓這個品系內的個體逢機配種嗎？

全世界的畜禽保種工作都可能面臨這樣的情境：為了延續一個瀕危或特殊的品系，需自有限的場域與資源中重建一個新的族群。然而，這類復育族群規模可能僅有百餘隻，且缺乏完整的血緣系譜紀錄。此時，遺傳漂變（genetic drift）成為主要的隱憂。

所謂遺傳漂變指的是在小族群中，交替基因頻率因逢機因素而產生變動，進而導致某些交替基因意外被固定，或基因頻率偏低的交替基因逐漸消失，在族群規模數百隻以下且配種未加控管的情況下益加明顯。

假設一個袋子中有紅色與藍色彈珠各500顆，隨機取100顆，兩種顏色彈珠的數量可能各接近50顆；若僅隨機取10顆，可能取到7顆紅色、3顆藍色的彈珠，抽樣結果較取100顆時更易偏離1:1的比例。若以這10顆彈珠作為親代繁殖下一代再逢機抽樣，藍色的彈珠可能越來越少，甚至消失。而封閉小族群的繁殖就像只取10顆彈珠，相較於大族群，族群內的遺傳多態性易下降，而個體間的近親係數易上升更快。最終可能導致繁殖或適應環境的相關性狀衰退（inbreeding depression）。

東區分所的各個種鴨品系的族群數量即符合前面提到的小族群。為使種原得以永續經營，在選拔的同時亦需避免嚴重近親衰退情形，我們在繁殖時會避開全、半同胞（同父母或異父母的兄弟姐妹）配種；或分不同公系家族後進行輪迴配種，每個公系家族每年與不同家族的母系配種。另亦利用微衛星標記進行跨世代的遺傳監測，確保族群遺傳多態性無明顯喪失。

許多科學家針對此問題也發展出一系列挑選配種個體與不同配種模式，讓小族群繁殖時在遺傳層面具備類似大型族群的穩定性與多樣性。例如：

1. 最小親緣選配（Minimum Coancestry Mating）

透過系譜估算個體間的遺傳相似度，優先讓關係最遠的個體進行配對，以抑制平均近親係數的上升速率。

2. 限制單一個體基因貢獻

為避免某些「超級公畜」或優勢個體在族群遺傳層面貢獻過高，可限制每隻種公畜的配種次數或使用更多來源的種公畜，以分散遺傳風險，使更多基因得以保留至下代。

3. 最適貢獻選拔（Optimal Contribution Selection, OCS）

結合育種價與個體親屬關係資訊，在所限近親係數上升的幅度內最大化遺傳改進，提供最適配種建議。

拜近年基因體與分子標記技術發展，對於系譜缺乏的族群，也可能透過如微衛星或SNP等分子標記構建遺傳距離或親屬關係矩陣後再套用上面的方式。

雖然每個族群的情境與限制不同，但上述方法可視為建構小型族群長期經營策略的基礎，不僅可減少遺傳漂變的影響，亦有助於延續族群的多樣性與適應性，為未來永續經營與產業應用的增加更多機會。