

2025年台灣養豬產業前景

李坤雄

台灣動物科技研究所 研究員

每隔10年左右，台灣就有新的重大議題會浮上台面並造成風潮而影響養豬產業；有些是正面的，有些則造成不利發展。早期「豬瘟疫苗」、「玉米加黃豆飼料配方」及「LYD三品種雜交肉豬模式」使「規模化養豬」得以在穩定中發展，從而大量外銷日本。1980年代中期以後，高漲的「環保」議題迫使養豬成本上升，但糞尿廢水汙染也因此相當程度有效解決。1997年，「口蹄疫」爆發則從此斷了養豬外銷。近年，人口、糧食、水資源、能源、溫室氣體、氣候變遷等問題則不尋常的同時出現，各式觀點雜陳；台灣養豬產業未來還有前景嗎？我個人看法是：「公元2025年，台灣人口約2,300萬，人均年豬肉消費量約30公斤。在進口黃豆、玉米條件下，維持65%左右豬肉自給率，在養約330萬頭豬、年產毛豬約530萬頭是可能的存在規模。」有此看法原因如下所述。

近年全球爭議性議題的關鍵是地球「人口太多」，加上「鼓勵消費」的「掠奪式」經濟發展模式，地球要超載了。漁撈是少數極重要可再生資源，惟全球漁獲近10年來已經到極限並顯著下降(台灣人年均魚類消費量從2001年23.4公斤下降至2009年15.5公斤)。「水」與「糧食」是「活命」最重要的可再生資源，預估全球人口達90億左右時會到極限(溫室氣體、氣候變遷實際影響仍不確定)。「石油」及「天然氣」是目前主要能源及石化產品原

料，是最重要的「不可再生」資源，預估在未來50年左右會基本上剩下貴到用不起。煤、油沙是另一不可再生能源，估計仍可使用約200年；但大量使用將使環境惡化，空氣品質下降，溫室氣體問題可能加劇。核燃料可用時間不明，估計可運作數百年(?)；惟高放射性廢料仍無法妥善處理。事實上，地球並不會有能源問題，只有價格問題。目前太陽能、風力發電等再生能源穩定成長；當石油、煤價格約為現在的三倍，此等再生能源將具價格競爭力。家戶分散式發電、儲電將使電力短缺問題有效舒緩。惟新「生質能源」科技(例如微藻煉油、纖維素生產酒精等)仍發展中，何者會勝出仍未可知，是否可支持90億人亦大有爭議。當數十年後，全球糧食僅夠糊口活命、運輸用能源貴到越洋國際貿易大量減少，現在的地球村是不是要變成孤立島？台灣呢？還有規模化養豬嗎？

聯合國報告，地球人口已於公元2009年突破「68億」；預估2025年，全球人口約「80億」，2050年以後穩定在約「90億」或更多。惟此推估係基於地球可生產足夠的糧食餵飽所有人口，而且沒有發生氣候、地質劇變，爆發高傳染性致命疫病或世界大戰等嚴重事件使人口大量減少。問題是，這些假設都不會發生嗎？假如運氣很好，都沒有發生，全世界會有足夠的水資源、耕地、能源及科技(基因工程)以生產更多的糧食使90億人吃飽嗎(90年代印度人年均穀物約200公斤，台灣、義大利約400公斤)？

「糧食」是「活命」的最重要物質，是國家、社會穩定最重要的支持力量；當任何因素導致糧食歉收吃不飽，所有不要命的事都稀鬆平常，是中外

歷史上「改朝換代」最普遍的模式之一。過去數十年來，全球糧食足供餵飽全球人口(到處可見胖子、進口農產品屢有抗爭即為明證)；但營養不良饑餓人口(每人每天攝入低於1,800卡路里熱量—世界平均約2,400卡，台灣2009年約2,800卡)仍因各國經濟力不一、政治腐敗、分配不均等原因而普遍存在。聯合國糧農組織(Food and Agriculture Organization, FAO)和糧食計劃署(World Food Programme, WFP)報告，全球饑餓人口在2009年為10.23億(這是多年來存在的不道德事實)。FAO、世界銀行、Worldwatch Institute及IFPRI(International Food Policy Research Institute)等均估計迄2020年，全世界人均糧食仍是微幅上升(重要前提是假設主要糧食作物沒有爆發高傳染性疫病至明顯減產)；惟人謀不臧、分配不均仍存在，饑餓人口仍將約為10億。2020年以後呢？目前看來，全世界穀物維持年產「20億噸以上」並不困難。假設地球人口峰值為90億，則人均為222公斤；吃飽是沒問題，但更嚴重的分配不均將會是更大的麻煩。況且，發達國家各掃門前雪的「生質能源」政策，假如競爭農地也許將導致「糧食實質短缺」，而惡化全球吃飽問題，並引至紛擾與戰爭。「鹽旱地墾植」及「近海水草耕作」可行嗎？「基改作物」會是繼綠色革命後不得不的選擇嗎？因此未來地球人類，在吃飽之餘，有多少草料、作物、糧食可以做為養殖目的以製造肉、蛋、魚、奶？家畜產業如何在競爭糧食下，不道德的事實存在並永續經營？

我個人相信，在水資源、能源、溫室氣體、氣候變遷等問題衝擊下，全球人口從現在的約70億增加至2025年約80億，仍可過「還可以」的日子，但

糧價波動會變大(人為炒作惡化之)。主要原因是全球糧食雖然可以足夠，但儲量緩衝空間變小；而石油、煤仍可支持現在的生活型態—交通運輸、人工養殖動物性蛋白質、酒、寵物。2025年以後，我個人不太相信人口會逐步上升至約90億；因為屆時地球某些重要資源可能面臨極限、不足而崩潰。期間，為搶奪資源，區域戰爭大概很難避免，而社會動亂亦可能成為常態至平均壽命下降、人口增加減緩。又假如有某些必然且不利人類事件發生(例如氣候劇變、高傳染性致命疫病等)，動亂必然導致人口減少，90億不會發生是很可能的事。當然，這些都是臆測，從現在到2025年的看法較可能事實發生；惟2025年以後時間太久了，變化太多，我相信任何人都看不準。台灣為孤懸海島，在遙遠未來，極少進出口貿易(含能源)的極端狀態下，約80萬公頃農地(含約40萬公頃水田：一公頃水田二期八個月可以產約8,000公斤糙米，一公斤米約3,500卡路里熱量；一公頃水田可讓約55人活命—約1,400卡/日/人)、水、陽光仍可勉強自產稻米、雜糧及其他作物供2,300萬人「活命」，惟其他生活品質的事則未可知。

1997年，台灣爆發口蹄疫；迄今，養豬產業仍持續向下調整中。按中央畜產會2009年「台灣養豬統計手冊」近九年資料顯示，養豬戶數從2001年13,753戶逐年減至2009年10,423戶；在養頭數則從約720萬頭減至613萬頭。肉類消費量從76.6公斤下降至73.7公斤，其中豬肉消費量從40.5公斤下降至38.1公斤；肉類自給率從85.6%下降至70.6%，豬肉自給率從98.5%下降至90.9%。我個人推估，台灣人年均肉類消費量將因高價格(2001年每100公斤

毛豬價格為新台幣3,976元，2009年上漲至6,343元)及素食健康取向因素逐漸減少至2025年65公斤，肉類自給率50%。2025年，假設台灣人口維持2,300萬，國民年所得新台幣90萬元，進口能源(石油、煤、天然氣等)價格為現在三倍、穀物價格為現在2.5倍，每度電價新台幣10元；豬飼料價格每公斤30元、100公斤毛豬價格15,000元，人均年豬肉消費量30公斤。屆時在養豬效率稍微提升及高漲能源、穀物價格(2001年豬飼料價格每公斤為新台幣8.25元，2009年上漲至12.98元)條件下，進口部分豬肉產品比進口黃豆(2000年代每年約進口230萬噸。2025年，進口150萬噸黃豆可產約25萬噸黃豆油供民生消費、120萬噸黃豆粕供做飼料)、玉米(2000年代每年約進口480萬噸，2025年，進口350萬噸玉米)養豬有效率而維持65%左右豬肉自給率是可能的存在型態；在養豬將從約600萬頭逐漸降至約330萬頭(上市毛豬活體重約100公斤、屠宰率約85%)，年產毛豬約530萬頭(週轉率約1.6)。外銷則因價格因素及豬瘟、口蹄疫(事實上不太可能清除)而幾乎沒有機會。不是副產物、副業養豬，不具經濟規模、生產效率差的養豬戶(價格因素)及退休後繼無人者將成為離開生產行列大宗。惟留下來的豬場假如沒有適度提高生產效率(養好豬加上改善飼養管理)仍將難過的過日子。

2001年上市毛豬平均活體重為112公斤，2009年為119公斤；週轉率(反映母豬繁殖效率及飼養管理水準)分別為1.45及1.43、飼料換肉率則為3.45及3.32。中央檢定南、北站種公豬生長性能多年來維持隻日增重約1.05公斤、飼料換肉率約2.15、平均背脂厚度約1.3公分。這些資料顯示，近十年來養豬

產業雖然少量增加差異化產品(產銷履歷、有機、SPF等)，但豬隻性能及飼養、管理技術水準僅維持平盤或小幅提升(也有可能是因離豬者而自然改善)。惟養豬戶技術水準差異甚大(台灣動物科技研究所多年資料顯示，最優及最劣25%豬場效率相差可達20~30%)，末段班改善空間極大(否則將因不敷成本淘汰)。技術水準中上者，在更降低生產成本壓力及節能減碳的趨勢下，飼養性能更好的豬應該可以更加考慮。問題是，好豬那裡來？

台灣現在肉豬基本上以LYD為主，占九成以上。早期進口種豬頗多，近十年來則從2001年進口221頭降至2009年為92頭。主要原因是近年來利用理論與技術成熟的傳統育種選拔(只要耐心做，3~5年必見功效)幾乎已經到頂，而發展中的蛋白質、分子標記(molecular marker)等以提高種豬性能的進步緩慢。又國內外種豬性能差距有限、氣候因素，自行在本島引種後配種、檢定、選留更為經濟；加上普遍利用「人工授精」引種亦使進口種豬並不合算。這種產業型態，維持或小幅提升生產效率很容易辦到，但很難大幅改善；是不是有其他方法改變？

傳統育種選拔在農作物可說發揮到極至，主要糧食作物(例如稻米、小麥)都是高度近交(inbreeding)，因此可以幾乎同時成熟、收割。小動物世代間距(generation interval)短者，例如小鼠、家禽等也可以是高度近交，基因相似度可超過99% (惟仍非百分之百相同)。中大型家畜(例如豬、牛)則太花錢及時間(新化畜產試驗所「畜試黑豬一號」及臺灣大學動物科學技術學系「李宋品系豬」是最佳案例)，因此各品種「基因歧異度」仍然很大，這也

是好的種畜配種效果不穩定的主要原因。養豬農友常有一個期望：養「抗病力強、體長骨架好，繁殖性能及母性好，生長快速、肉質美；且這些好性能又可遺傳下去」的好豬。這種特殊的好豬萬中取一、偶可發現，但年華老去，常常就不見了。既然傳統育種選拔方法幾乎已經發揮到頂，發展中的各式標記又有待突破，利用生殖科技「量產(mass production)」此等中大型種畜「染色體基因組(genomic) DNA (gDNA)及細胞質粒腺體DNA (mtDNA)」完全相同的「單源哺乳動物(monoclonal mammal)」就成為可以考慮的方向。

有一些方法已經證實可以產製單源哺乳動物，此包括早期胚分切(splitting)及2~8-細胞期胚的個別胚葉細胞(blastomere)培養、移置(embryo transfer)；此二技術有特定存在價值，惟均無法有效「量產」，對畜產業直接影響較屬有限。利用桃麗羊(Dolly)「體細胞核移置(somatic cell nuclear transfer, SCNT)」技術，雖然理論上可以得到很多體表型有問題(經常無法直接配種)的複製哺乳動物—gDNA相同、mtDNA都不相同，但高度複雜的人工操作及約3%的低成功率使其無法有效「量產」。美國雖有相關商業公司運作多年，但迄今對畜產業直接影響有限，前景似亦不樂觀。

對中大型經濟動物而言，技術足夠簡單、有相當程度產製效率而可「量產」「成群」「性能優良」「單源」家畜(例如豬)的技術對畜產業才會有實質影響。迄今，僅有小鼠染色體2套(2n)具多能分化(pluripotent)成個體所有種類細胞的「胚幹細胞(embryonic stem, ES, cell) —源自著床前早期胚具多能

分化細胞」及「誘發式多能幹細胞(induced pluripotent stem, iPS, cell) —從已分化細胞經外源基因誘發而得」組合4n (或2n)胚證實可得到基本上由「胚幹細胞或誘發式多能幹細胞所形成的小鼠(ES cell-, iPS cell-derived mouse)」，並具「性腺嵌合遺傳能力(germline transmission)」(本研究室可例行產製由「胚幹細胞所形成的小鼠」)。這二種數目可以「無限多」的多能細胞，可以相對簡單的技術與胚組合【顯微注射(microinjection)、聚合(aggregation)或共同培養(coculture)】，雖然成功率僅約5%，但所得小鼠gDNA及mtDNA都相同，體表型亦無問題而可「直接配種」。這是迄今爰用至家畜可能會對產業有機會發揮正面影響的方向之一。顯然，得到可用之「豬」「胚幹細胞」或「誘發式多能幹細胞」是目前最大的關鍵。惟豬以「傳統方法」在過去廿十多年未能成功建立具性腺嵌合遺傳能力胚幹細胞株。新近，本團隊使用「人工合成血清替代物(knockout serum replacement)」胚幹細胞培養液，並添加幹細胞「分化抑制劑」、「增殖促進劑」，可以簡單、省材料(10 μ L微滴)、快速(約3週P4即可冷凍並解凍增殖)，且極有效率(~50%)從傳統上極難建立胚幹細胞株之C57BL/6J及(基因轉殖) ICR等小鼠受精卵、2-細胞期胚~囊胚及相對應「單個胚葉細胞(blastomere)」例行建立之；此似為建立豬胚幹細胞株具潛力方向。

2009年，「豬」「誘發式多能幹細胞」被發表；2010年，得到嵌合豬(chimeric pig)。雖然是否可以篩選到具性腺遺傳生殖能力者仍待證實，惟似開啟另一扇研究大門。2009年，利用與多能分化有關的基因做出「轉錄因子

重組蛋白質(recombinant transcriptional protein)」，再和已分化細胞共同培養成功得到「似胚幹細胞」之小鼠及人「蛋白質誘發式多能幹細胞(protein-induced pluripotent stem cell, piPSC)」。2010年，導入轉變為誘發式多能幹細胞所需的四個關鍵蛋白質的「mRNA」，從而誘導已分化細胞轉變成「RNA誘發式多能幹細胞【RNA-produced (induced) pluripotent stem cell, RiPSC】」。

誘發式多能幹細胞係「去分化」【de-differentiation—將已分化體細胞(例如皮膚細胞、上皮細胞)在體外轉化成幹細胞】迄今最重大理論及實務突破，蛋白質與RNA誘發式多能幹細胞則是殺手級方法；惟二者是否可等同誘發式多能幹細胞或胚幹細胞仍待證實。相較誘發式多能幹細胞使用外源基因，蛋白質與RNA誘發式多能幹細胞沒有基因轉殖困擾；引發腫瘤可能性雖尚待確認，但理論上應不是問題。誘發式多能幹細胞及蛋白質、RNA誘發式多能幹細胞目前暫無法律問題，且在宗教、倫理、道德等層面爭議性較小；對許多實驗室而言，理論及技術面並不特別困難，成為主流趨勢事屬必然。

小鼠、人及豬誘發式多能幹細胞證實可行，按小鼠及人蛋白質與RNA誘發式多能幹細胞結果合理推估，「豬」「蛋白質或RNA誘發式多能幹細胞」成功機會相當高。假如順利成功得到具性腺遺傳能力豬蛋白質或RNA誘發式多能幹細胞，屆時以之「量產」抗病力強、體長骨架好，繁殖性能及母性好，生長快速、肉質美，且又可遺傳下去的好豬，將成為可行而實質影

響產業。

2009年，台灣在養種母豬591,653頭、種公豬25,645頭(公母比約23.1)，供應屠宰毛豬有874.6萬頭，每頭種母豬年上市毛豬約14.33頭(平均活體重118.79公斤)。2025年，假設台灣人口2,300萬、人均年豬肉消費量30公斤、65%豬肉自給率，上市毛豬活體重100公斤、屠宰率85%、週轉率1.6；則年產毛豬約530萬頭，在養豬約330萬頭、種母豬約31萬頭(每頭母豬年上市毛豬17頭)、種公豬約10,000頭(公母比約30)。2009年，假設種母豬年分娩二胎、50%發情種母豬使用複次人工授精、80%複次人工授精成功懷孕，則一年僅須約「1,000頭」供精種公豬提供超過「75萬劑」配種用稀釋精液(1,800頭公豬×每週採精2次×50週×60%精液可用×每次精液有7劑稀釋精液被使用)即可滿足須求。2025年，假設種母豬年分娩2.2胎、60%發情種母豬使用複次人工授精、85%複次人工授精成功懷孕，則一年僅須約「685頭」供精種公豬提供約「48萬劑」配種用稀釋精液(685頭公豬×每週採精2次×50週×70%精液可用×每次精液有10劑稀釋精液被使用)即可滿足須求。假如發展中「量產」 「單源豬(monoclonal pig)」科技成功，則年產50頭人工授精用的好種公豬(來自5~10頭好豬)並無問題；對「基因歧異度」也許有影響，對產業則有機會帶來「本質」的改變。

台灣養豬產業水準相當成熟，惟規模仍持續向下調整中。面對未來成本向上的不確定年代，發展出可以「量產」高品質「好豬」的科技似為我輩可以努力的方向之一，但願可見未來美夢成真。