

氣候變遷與家畜禽健康的脆弱性
**Climate change and farm animal health
vulnerability**

T. S. Yang

楊天樹

Animal Technology Institute Taiwan
P. O. Box 23, Chunan, Miaoli, Taiwan
台灣動物科技研究所
e-mail : tsyang@mail.atit.org.tw

摘要

聯合國氣候變遷小組報告地球以每 10 年平均增加 0.2°C 速率暖化，並預估在本世紀末全球氣溫比目前提高 1.6 至 4°C。該報告預估地球生物圈不只是暖化問題，更重要的是氣象改變，包括多雨、乾旱等的異常變化，以及極端的狀況(例颱風等)的影響。美國國家研究院之報告也認為氣候變遷如果持續，將廣泛地損害自然生態體系及人類生活結構。

氣候變遷最大的憂慮是影響生態系統後，繼續對糧食供應、食品安全、水源、營養、空氣品質、過敏原以及更重要的健康問題的衝擊。疾病感染的憂慮包含廣泛，蟲媒、鼠媒、水媒等各種傳染病、職業病、紫外線傷害都可能與暖化有關。過去數十年來爆發的新種而嚴重的人類疾病中 2/3 與動物有關，這表示人畜共同傳染病對人類及畜禽都是主要健康威脅，而且因持續暖化而問題日趨嚴重。發生疾病除了環境條件之外，還要視個體的強健程度和防護措施而定。畜禽性能卅年來改進甚多，這是近代畜禽育種制度的成績，不過性能選拔也已引起解剖和生理上的負面效果，畜禽更容易緊迫敏感，也體弱容易染病。目前，畜禽已面臨不適其原本習性的環境，生理機制已在爭扎維持功能，免疫能力也已不足應付目前病原之侵襲。現代育禽「耐粗性」低落，讓其更難適應暖化的環境，更容易感染病害。另外，氣候變遷因影響飼料價格和其品質，這將迫使畜主採取更集約經營的方式以提高生產效率。不過，集約畜產已被認為是造成新種人畜共同傳染病的溫床，H1N1 流感就歸罪於豬群集約飼養。於是，更暖化促使更集約，結果導致更病害的效應，而加深了家畜與人類的健康危機。

畜產宜因應氣候變遷適當調整產業結構，調整方向有賴政府、學界、業界、消費者和各類社會團體共商，凝聚共識後再妥善擬定。

聯合國跨政府氣候變遷小組，Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)，第四次評估報告(2007)詳細說明在未來數十年內，全球氣溫將以每 10 年上升 0.2°C 的速率暖化；在 21 世紀末時，地球平均溫度將比目前增加 1.8°C 至 4°C。這不是幾乎感覺不出的零點幾度的暖化，問題在於整個世界氣象經歷更明顯的變遷，包括增加雨量、乾旱，以及增加各種自然災害(例如：風災和水患)的頻率和分佈。氣候變遷正在改變地球整個生態系統，直接或間接地影響人類健康。依據分析，「氣候變遷對 21 世紀全球最大的威脅是健康」(Costello et al., 2009)。從直接方面而言，這種威脅是透過各種獨立因子相乘的擴大影響，而產生隨後的綜合健康危害，包括改變疾病的流行模式，以及影響疾病藉宿主的傳播方式與比例。

氣候變遷和健康風險

氣候變遷是各氣象變因的相互作用和交感效應，再彼此綜合而成的複雜而連續放大的衝擊，正全面性地影響人畜健康。地區性的輕微氣候狀況改變，不論是溫度、海平面、雨量或突發極端事件(狂風、暴雨)，將引發後續的加乘累積效果，對人類健康將造成前所未見的威脅。氣候變遷將改變蟲媒、水媒、鼠媒等疾病的分佈；病原亦同樣地改變動態，可直接傳染或透過其他物質(例食物)影響人類福祉。病原的成熟、繁殖，地區內各種病媒的數量的密度，當然與暖化或氣象改變(乾旱等)相關。疾病宿主、寄生蟲等一般皆會隨暖化而繁衍和滋生，其體內的病原數量也可能增加，而我們被叮咬的可能和機會也提高。暖化估計將一般傳染病的感染範圍往南北兩極推移，也延長其感染期；同時，更加強其毒性、加深其感染程度。

蟲媒都是變溫動物，其生命週期與環境溫度習習相關。全球氣溫上升拓展了蟲蚤類的適宜生活區之外，增加雨量代表更多的繁殖區；此外，較繁茂的草叢又提供了更深密的隱藏區。當然，多雨、水患也提高了水媒疾病的風險。氣候變遷也關係啮齒動物的數量，增加病原宿主的比例。因而，蟲鼠之間彼此的質(病原)量(數目)，各因子之間之放大效應和加倍效果，更加重了我們的健康危機。例如，溫度影響蚊蟲體內病原的成熟和繁殖，也關係蚊蟲數量的多寡。因而，溫度提高可增加病原宿主的繁殖率、寄生蟲發展的周期性，以及隨後人畜被叮咬的頻度和感染之可能性。研究顯示溫度提

高 0.1°C，蚊子數量增加 10 倍(Pascual et al., 2006)，蚊子相關疾病(例虐疾、登革熱)的感染機率和範圍，極可能因而提高和擴大。

畜禽受氣候變遷影響的層面，除了因暖化有關的緊迫、疾病之威脅，以及極端狀況(風、雨災害等)之直接效應外，亦受間接後果之衝擊。例如，暖化效應促進微生物的滋生，而玉米等飼料原料中的黴菌毒素也因而提高。美國玉米帶這類問題已很明顯，有關專家近期也提出警告。畜禽的飼料品質惡化，難免影響其健康狀況，這也算是暖化的影響。當然，氣候變遷有礙作物收成而助漲了穀物價格，深化了人類缺糧的危機，也同時提高畜禽營養失衡的可能(畜主被迫使用劣等原料)，而降低動物的抗病能力，繼而增加了健康的風險。

間接方面而言，氣候變遷影響糧食生產和其他民生經濟，增加社會不安和政治動盪，這也容易損及各種預防、保險措施，而提高了大眾的疾病風險。暖化其他的間接效應還包括各種疾病預防措施，或是生物安全保障作法，皆日趨昂貴。在節能減碳、降低成本之考量下，健康防護疏失的機率增加，加上外界病原侵襲的危機提高，因而擴大畜禽健康風險。因此，畜牧獸醫因應氣候變遷的措施中，加強生物安全管控的急迫性，遠大於抗熱品種的選育。

氣候變遷能改變作物和其病蟲害或病原的關係，其結果影響作物的品質，而又形成額外的為害，這問題不僅是土壤鹽化、酸化、肥沃流失，而且是增加微生物的污染，威脅家畜和人類的健康(Havelear et al., 2010; Tirado et al., 2010)。最近 Wu et al. (2011) 文獻回顧和討論氣候變遷如何影響昆蟲的生命週期和地理性的分佈，以及其如何促進作物黴菌的感染。作者預估穀類污染將因暖化而提高。對鳥類和人類都會造成慢性的危害，進而提高健康和社會問題。

大氣中二氧化碳增加對穀物品質還有其他的困擾。提高環境中的二氧化碳濃度可降低植物中蛋白質、鐵、鋅含量，也許還有其他養分的濃度。另外，植物的產品或副產品可產生另種氣候變遷間接之健康危害，例如因應蟲害而增加作物化學藥劑後的污染。另外的案例是為節能減碳而提倡生質能源，例如美國興起的玉米發酵蒸餾生產燃油。發酵的剩餘物(DDGS)富含蛋白質，目前已應用於餵飼畜禽。然而，DDGS 因經過

蒸餾濃縮，因而黃麴毒素濃度增加了約三倍，而增加餵飼畜禽上的困擾。

暖化造成養分失衡或某些微量成分缺乏，對幼稚或成長中的畜禽影響更嚴重。母畜在環境變遷的影響下，其作用將延續至其後代。胎兒從受孕起到懷孕至哺乳(乳汁因各種因子而降低養分)都受環境變遷之影響。這些因子之綜合效用，將廣泛地牽涉到畜禽及人類之健康。極端的氣候變化和天災，除了直接造成死亡之外，也惡化了農作物收成以及其營養品質，隨後增加畜禽微量成份的缺乏與養分失衡的危機，提高疾病感染後的死亡率。

畜禽因應氣候變遷之脆弱性

歐洲於 2003 年之炎熱夏季，至少造成 7 萬人死亡，主要肇因為引發心臟血管和呼吸系統的疾病(Robine et al., 2008)；高溫也可能產生熱緊迫，增加中暑的案例和死亡率(Kovats and Ebi 2006)。美國加州 2006 年的夏季高溫是另一案例，增加的住院患者主要症狀也是心臟血管問題(Knowlton et al., 2009)。另外，都會區的居民較鄉村民眾更易受氣候變遷影響(McMichael et al., 2008)，這是因為城市民眾群居本來呼吸疾病較多之緣故(Ayres et al., 2009)。心臟和內臟器官功能之不足，可讓現代性能優良畜禽對環境變遷之應變，比其他動物更弱而易受害。

傳統的育種政策強調經濟性狀的選拔，目的是提高生長速率、瘦肉比例、飼料效率等。這些嚴格的選拔制度成績明顯；1970 年代肉雞需要 12 週才能長至 2-2.5 公斤，現代的優良品系只需 5 週即可。現代肉豬的背脂厚度僅有過去的一半，而母豬的年生產肉豬頭數已從 1970 年代的 20 頭到目前新的 40 頭目標。當然，乳牛的產乳量、蛋雞的產蛋量從 1970 迄今也是幾乎倍增。然而，高經濟性狀伴隨而來的負面效果是「降低抗病能力」，一些育種學家最近覺悟到過去的育種措施，其實並未擴充畜禽百萬年演化而來的體能，選拔只是「挪移」體能使用的方向，以及因高性能而「稀釋」了體質，於是，「增加」某種性能，其實是以「減少」他種性能為代價，而「膨脹稀釋」理論則是高生長速率(膨脹體型)，卻稀釋了解剖和生理功能，弄得高效率的畜禽骨骼強度不足，心肺功能負荷過度。

現代集約飼養的生長快速之豬、雞，已知都具有先天之心臟和骨骼問題，再加上密集空間，合理的推測其應比歐美城市區民更易受環境變遷之危害。畜禽的瘦肉率、生長速率或生產效率系統性地選育，早於 1920 年代，歐美各國即已開始展開。從 1960 年代起，畜禽育種已漸趨密集化而生產系統也轉為集約經營。然而，選拔高經濟性狀也產生了負面效應，例如足蹄問題和對緊迫或疾病的敏感(參閱 Rauw et al., 文獻回顧)。高生產性狀基因型的畜禽，其對一般生活的適應性已受到影響，這主要徵結在於體內組織發展障礙，不足以支持身體功能。

一般家豬在性成熟時(約 110 公斤)的心臟重量，約為體重之 0.003，而 90 公斤野豬的心臟大小則為體重之 0.006，此符合一般哺乳動物心臟大小之迴歸公式(公斤心重 = $0.0058 \text{ kg 體重}^{0.98}$ ，註：即約體重之 0.6%)。Engelhard 於 1966 年解釋家豬之體重相對心臟重量，太低的原因，認為是選拔生長速率的結果是限於軀體，心臟生長速率未能一起跟上。Yang and Lin (1997)報告野豬心臟大小可用 $y(\text{心臟重 1 g}) = 18 \text{ kgM}^{0.75}$ 表示，而現代家豬心臟的估計公式是 $y(\text{g}) = 12 \text{ kgM}^{0.75}$ ，包括中國梅山豬。依照這兩公式計算，100 公斤的野豬心臟重 570 g，而家豬要生長到 172 公斤時心臟才有此大小。這表示說家豬心臟支持身體的負荷量，為野豬之 1.72 倍。

生長快速豬隻的心臟功能，因而必須相對地提高才能應付較大軀體之所需。Yang and Lin (1997)估計家豬之心輸出量每分鐘約為 $285 \text{ ml/kgM}^{0.75}$ ，而野豬只有 $200 \text{ ml/kgM}^{0.75}$ ，或是家豬每分鐘心輸出量/g 心臟為 24，而野豬為 11。這表示家豬每克心臟的工作量為野豬的 2.18 倍。更甚的是家豬肌肉中微血管分佈的密度只有野豬的一半(Runsunen and Puolanne 2004)，這表示血液供應肌肉的物理限制，以及心臟功能必要承擔更重工作。

家豬心臟太小、功能受限，其功能又過度負荷，再加上微血管不夠、血液量供應不足，防礙了軀體內各種系統的功能，其後果是影響了體內生理狀況穩定，已造成不能適應日常生活。豬的心臟血管之循環功能不足，影響豬隻的福祉。Drolet et al., (1992) 報告，母豬在分娩過程中死亡的主因是心臟問題，尤其是心臟相對較小的母豬。最近的報告顯示(Van Essen 2011)：母豬的心臟功能不足是影響其健康之因。生長快速豬隻

心臟發育不足、功能不全，都係因軀體與器官發育速率不能一致的緣故。此外，家豬的肝臟重量也相對較低，只有野豬之 2/3。因此肝臟、心臟或可能是整個內臟器官相對較小，可以視為豬隻馴化和育種之解剖和生理上之變化。

現代的畜禽體弱(內臟功能不足)而易染病，於是氣候變遷形成健康內外交迫(體內抗病能力不足，體外病原強勢)的壓力，加倍地提高疾病的危機，也增加了人畜共同傳染病的風險。近年來地球逐漸暖化，而畜禽體能卻是逐漸弱化。這兩項彼此之間雖是負相關，但無因果關係而都是「工業化」和「商業化」的結果(圖 1)。過去這兩項變化各自獨立，不過目前卻有交互效應出現，例如「畜禽是暖化的主兇之一」，以及「弱化的畜禽難適應暖化的地球」。前者全球已有甚多的討論與爭議，而後者是最近的議題，其因涉及人畜共同傳染病和大眾健康，具絕對的重要性，但卻缺了應有的關注性。

面對暖化問題的策略

過去數十年來，連續地發生了好幾種新的流行病，而這些疾病的肇因 3/4 認為是與動物有關。美國衛生署(US Institute of Medicine)認為如果沒有合適的政策和措施，未來全球將遭「燬滅性之微生物風暴」侵襲，而暖化正促使風暴成型。暖化造成季節狀況的變化加上地區性的乾旱，迫使候鳥改變傳統的年度遷移路線，逼近南飛野生水鳥因尋另水源或中途休息之地，而接觸家禽養殖地和人類生活區。估計在 2005 年前後，在亞洲因禽流感防疫而撲殺的動物高達 1.4 億頭，經濟損失在 100 億至 150 億美元之間。有智之士「憂天」的理由，是怕更溫暖的世界更病害。

現代的畜產經營系統已被認為是引發疾病和散佈病原的主要元兇。流感 H1N1 俗稱豬流感，其是種人／豬／禽三合體之變種病毒，而變種的溫床歸罪於集約式養豬生產系統(Smith et al., 2009)。聯合國之衛生糧食、動物衛生三大組織曾發表聯合公報(WHO/FAO/OIE, 2004)提醒世人：人畜共同傳染病的新發現和傳播的危機和促成動力是「動物性蛋白需求持續增加所伴隨的畜牧集約化和其推廣」(expansion and intensification of animal agricultural)。不幸的是地球暖化將更鼓勵畜牧集約化和其推廣，提供更多機會讓新的人畜共同傳染病病原發展，促成更高的人類和畜禽健康危機

(圖 2)。

疾病發生的原因很多，有些受環境溫度因素的影響不高。此外，集約經營、密集飼養也不見得沒有益處。室外放養豬隻即承擔了更大感染人畜共同傳染病的風險；規模化的商業集約經營，方便群體環境之管控和整體的安全維護。集約系統內的畜禽其營養、衛生等條件也容易掌握和改善，疾病的預防監控，發生病變後的緊急處理也都較為有效和方便。粗放型的飼養反而讓畜禽暴露於不利健康的環境中(更多機會接觸病媒)，而增加疾病的風險。因而，適當的集約經營和嚴謹的管理制度，再配合盡責的人員操作，才是因應環境變遷之有效方法。

加強生物安全本是環境變遷下之重要因應措施，對人類、畜禽健康都有助益。不過，這些措施必定增加人物力等能量投入而增加碳足跡，除了提高生產成本之外也添加了暖化效應。不過，適當的預防措施也是節能減碳最佳手段，畢竟，預防勝於治療，疾病爆發後的處理成本遠大於預防的投入。另外，畜禽永續經營的講究共有八大下列要項。這些要項之平衡和優先順序或權重，因各種狀況而有差異，有賴產官學依社會狀況實際需要規畫和擬定。

畜產永續經營講究降低或減少八大影響要項之風險，其為：

- (1)暖化效應的風險：各行業都須減少碳足跡、畜牧亦不例外。
- (2)生物安全的風險：暖化促進病原活躍性、威脅人畜健康。
- (3)飼養成本高漲風險：氣候變遷影響作物收成、助漲穀物價格。
- (4)生物多樣性喪失風險：物種消失、生態容易失衡。
- (5)水質優養化之風險：河川池塘生態破壞。
- (6)土質酸化之風險：土壤微生物、植被群破壞。
- (7)剝奪動物福祉之風險：動物遭受不必要的苦難。
- (8)過度使用資材(礦物金屬)之風險：地球資源有限。

這些訴求許多是彼此矛盾的，例如，為了降低生物安全的風險，必須執行一些措施，而這些措施基本上是種能源投入，而增加成本和碳足跡。又例如，讓畜禽有機會在戶外活動是種福祉的講究，但卻增加生物安全風險。即使是簡單的如給予豬雞當地

生產的芻料(牧草)，表面上是節能減碳，事實上可能因增加排泄量，以及提高其中的氮而增加了排泄物的暖化效應和水質優養化的後果。另外，飼糧中提供合成胺基酸，可減少排泄量、提升消化率，但卻因精緻化讓畜禽少了攝食飽足感，而又涉及福祉的問題。因而，任何一項因子，不論是生物安全或暖化效應的考量，都涉及其他 7 項因子。所以，任何有關措施，則必須整體評估而互相妥協，讓最佳的政策便是整體風險最低的政策，即使可能某些項訴求不甚滿意。例如，為了降低生物安全的風險，保障人畜的健康，雖然增加了成本或提高暖化效應，或限制了畜禽福祉，但若整體風險評估仍是最底的狀況下，其還是較佳的政策。不過，這種評估需要各方參與，科學界、產業界、行政單位之外，大眾媒介、立法人員、社會團體(愛護動物、綠色聯盟等)以及消費者都應提出意見、建立共識，以方便政策的推動。

結論

氣候變遷的影響，不能只是著限於每 10 年才增加 0.2°C 之觀點，而是其引發系列性擴大性和綜合性的後續交感衝擊，其嚴重性是關係每個人的衛生安全，地球暖化當然也影響畜禽健康，而且其影響效應更為嚴峻，因為過去的育種制度和飼養策略，使得現代畜禽生長快速，但體能虛弱容易感染疾病。然而，問題不只限於畜群，也因有些變種病原成為人畜共同傳染病而直接威脅人類。因應這種威脅之最經濟有效手段當然是加強預防措施，從避免發生(阻絕於境外，不論是國境還是各動物合之門牆外)著手，而非是積極準備事件發生。氣候變遷造成之生物安全風險急遽提高，而國內認知的程度卻未普及，因應措施局限於抗熱品種之選育，以及排泄物處理的迷思。改善生產系統的生物安全作業，兼顧其他各項永續經營指標，需要各方的參與提供意見，也是目前急需展開的行動。

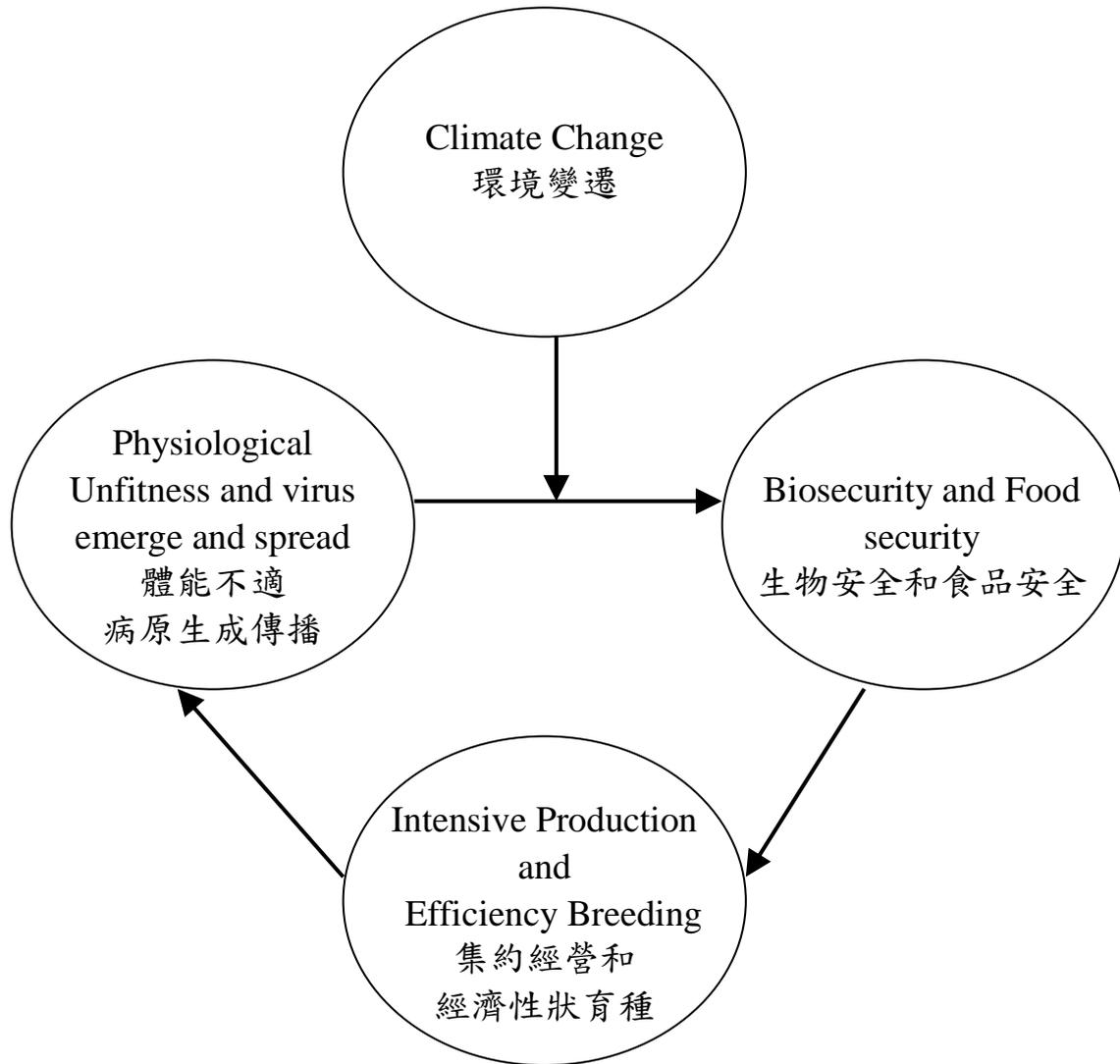


圖 1. 環境變遷啟動生物安全性和食品安全之惡性循環

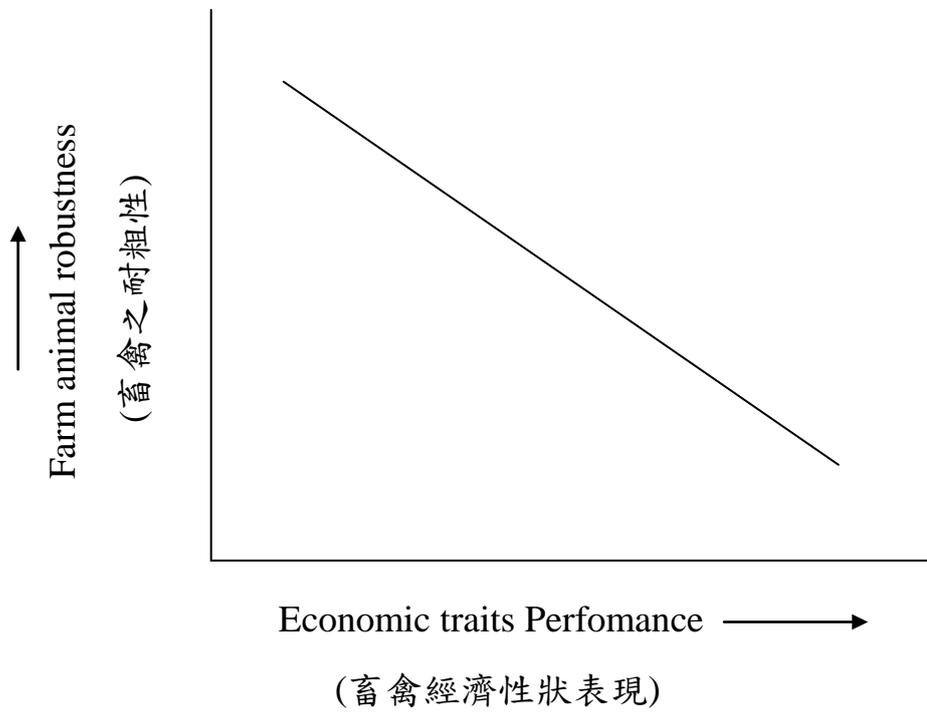
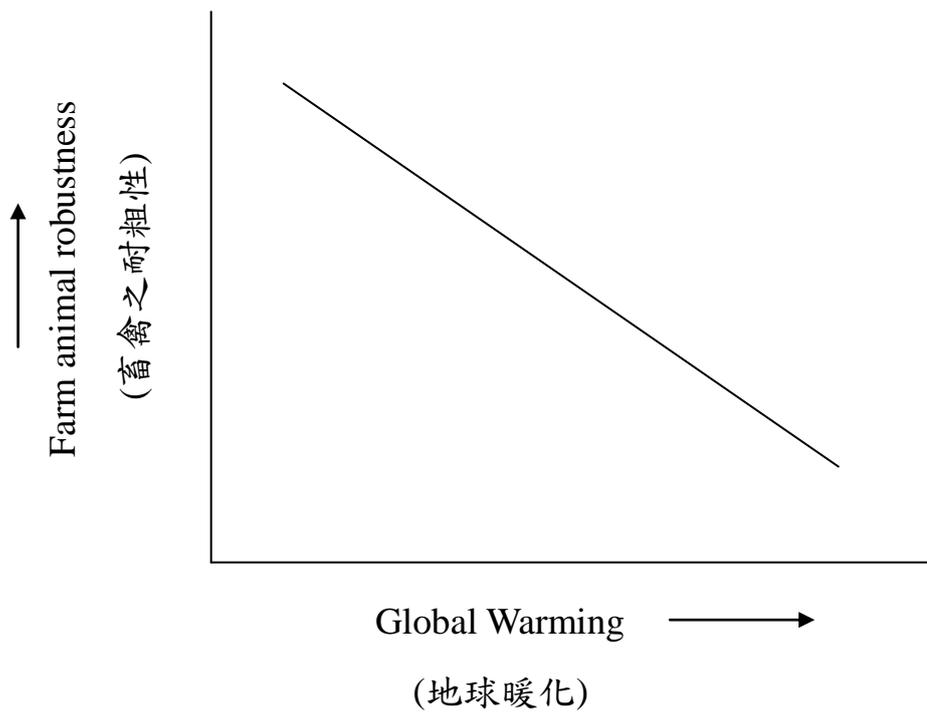


圖 2. 畜禽之耐粗性與地球暖化和經濟性狀表現之關係

REFERNECES

- Ayres, J. G., B. Forsberg and I. Annesi-Maesano; the Environment and Human Health Committee of the European Respiratory Society (ERS). Climate change and respiratory disease: a position statement. *European Respiratory Journal* 2009. DOI:10.1183/09031936.00003409.
- Costello, A., M. Abbas, A. Allen, S. Ball, S. Bell, R. Bellamy, S. Friel, N. Groce, A. Johnson, M. Kett, M. Lee, C. Levy, M. Maslin, D. McCoy, B. McGuire, H. Montgomery, D. Napier, C. Pagel, J. Patel, J. Antonio, P. de Oliveira, N. Redclift, H. Rees, D. Rogger, J. Scott, J. Stephenson, J. Twigg, J. Wolff and C. Patterson. 2009. Managing the health effects of climate change. *The Lancet* 373: 1693-1733.6
- Drolet, R., S. D'allaire and M. Chagnon. 1992. Some observations on cardiac failure in sows. *Canadian Veterinary Journal* 33: 325-329.
- Engelhardt, W. V. 1966. Swine cardiovascular physiology – a review. In *Swine in biomedical research* (ed. L. K. Bustad, R. O. McClellan and M. P. Burns), pp. 307-327. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington.
- Havelaar, A. H., S. Brul, A. De Jong, R. De Jonge, M. H. Zwietering and B. H. Kuile. 2010. Future challenges to microbial food safety. *International Journal of Food Microbiology* 139: S79-S94.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate change 2007. Impacts, adaptation, and vulnerability, Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, eds. Cambridge University Press, 2007.
- Knowlton, K., M. Rotkin-Ellman and G. King. 2009. The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits. *Environmental Health Perspectives* 117:61-67.
- Kovats, R. S. and K. L. Ebi. 2006. Heat waves and public health in Europe. *European Journal of Public Health* 16:592-599.

- McMichael A. J., P. Wilkinson, R. S. Kovats. 2008. International study of temperature, heat and urban mortality: the 'ISOTHURM' project. *International Journal of Epidemiology* 37:1121-1131.
- Pascual, M., J. A. Ahumada, L. F. Chaves, X. Rodó and M. Bouma. 2006. Malaria resurgence in the East African highlands: temperature trends revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103:5829-5834.
- Rauw, W. M., E. Kanis, E. N. Noordhuizen-Stassen and F. J. Grommers. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science* 56: 15-33.
- Robine, J. M., S. L. K. Cheung and S. Le Roy. 2008. Death toll exceeded 70 000 in Europe during the summer of 2003. *Clinical Research and Biosciences* 331:171-178.
- Runsunen, M. and E. Puolanne. 2004. Histochemical properties of fibre types in muscles of wild and domestic pigs and the effect of growth rate on muscle fibre properties. *Meat Science* 67: 533-539.
- Smith, G. J. D., D. Vijaykrishna, J. Bahl, S. J. Lycett, M. Worobey, O. G. Pybus, S. K. Ma, C. L. Cheung, J. Raghwani, S. Bhatt, J. S. M Peiris, Y. Guan and A. Rambaut. 2009. Origins and evolutionary genomics of the 2009 swine-origin H1N1 influenza A epidemic near-final version. *Nature* 459, 1122-1125.
- Tirado, M. C., R. Clarke, L. A. Jaykus, A. McQuatters-Gollop and J. M. Frank. 2010. Climate change and food safety: a review. *Food Research International* 43: 1745-1765.
- van Essen, G. J., J. C. M. Vernooij, J. A. P. Heesterbeek, D. Anjema, D. Merkus and D. J. Duncker. 2011. *Journal of Animal Science* 89: 376-382.
- Wu, F., D. Bhatnagar, T. Bui-Klimake, I. Carbone, R. Hellmich, G. Munkvold, P. Paul, G. Payne and E. Takle. 2011. Climate change impacts on mycotoxin risks in US maize. *World Mycotoxin Journal*. 4: 79-93
- WHO/FAO/OIE, 2004. Report of the WHO/FAO/OIE joint consultation on emerging zoonotic diseases.

Yang, T. S. and J. H. Lin. 1997. Variation of heart size and its correlation with growth performance and vascular space in domestic pigs. *Animal Science* 64: 523-528.

(原文於「防檢疫策略研討會：氣候變遷與人畜共通傳染病」2011年11月8-9日報告)